

डिसेंबर ०७-जानेवारी ०८

शैक्षणिक

# संदर्भ

अंक ४९

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 ४९

डिसेंबर ०७ - जानेवारी ०८

**पालकनीती परिवारसाठी**

**निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ**

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

● बरोक व रोकको कला या लेखातील सर्व  
चित्रे राम अनंत थत्ते यांच्याकडून साभार.

**पोस्टेजसहित**

**वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-**

**अंकाची किंमत : रुपये २०/-**

मुखपृष्ठावरील चित्रं, फ्रॅक्टल्सचं आहे. झाडांच्या फांद्या, नदीची वळणे, दगांची दाटी, समुद्रकिनारा, नेच्यासारख्या वनस्पतींची पाने अशी नैसर्गिक फ्रॅक्टल्सची अनेक उदाहरणे आहेत. फ्रॅक्टल्स हा आधुनिक गणिताच्या संशोधनाचा नवीन विषय आहे. काय आहेत फ्रॅक्टल्स ? जाणून घ्या पान २१ वरील लेखात.

निसर्गामध्ये वेगवेगळ्या कारणांनी बदल झालेले आढळतात. कव्हर तीनवर एकाच झाडाची एकाचवेळी काढलेली प्राजक्ताची फुले दिसताहेत. त्यांच्या आकारात पाकळ्यांच्या संख्येत आणि प्रकारात किती विविधता आढळते ! ही विविधता निसर्गातील वेगवेगळ्या प्रकारच्या बदलांमुळे दिसून येते. कोणते आहेत हे बदल ? वाचा पान ३ वरील लेखात.

# अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ४९

 बदल- किती प्रकार ? .....	३
● थॅलिडोमाईडचे प्रताप .....	९
● हवामान बदल व शाश्वत ऊर्जा .....	१८
● फ्रॅक्टल्स ... ..	२१
● कासवाचे कुटुंब .....	२६
● विश्वाचा व्याप .....	२९
● सापशिडी - नशिबाचा खेळ .....	४४
● असं करू का तसं करू .....	४९
● बरोक व रोकोको कला .....	५५
● तापदीप्त बल्बचे वारसदार .....	६३
● एक होता काऊ .....	६८
● अनारको आणि कबिला .....	७३



हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

## अभिनंदन !

महाराष्ट्र फाऊंडेशनने २००७ चा 'वैचारिक नियतकालिक' या विभागातला पुरस्कार पालकनीती या मासिकाला जाहीर केला आहे. पालकनीतीचे मनःपूर्वक अभिनंदन !

गेल्या पंधरा वर्षांपासून पालकत्वाचा विविध अंगानी वेध घेण्याचा उपक्रम पालकनीती राबवत आहे. यामध्ये वैयक्तिक पालकत्वाबद्दल वेळोवेळी सांगितले जातेच पण त्याच बरोबर सुजाण नागरिकांमध्ये सामाजिक पालकत्वाची जाणीव वाढवण्याचा प्रयत्नही केला जातो. वंचित आणि उपेक्षित मुलांबाबत सामाजिक प्रश्नांची चर्चा करणारे पालकनीती हे मासिक स्वरूपातलं व्यासपीठ आहे. परिवर्तन, लैंगिकता एक बहार, उत्सव साजरे करणं अशा अनेकविध विषयांवर सर्वांगीण चर्चा पालकनीतीच्या दिवाळी अंकांमधून केली जाते. येथून पुढच्या वाटचालीसाठी पालकनीतीला शुभेच्छा !

### - संदर्भचे प्रतिनिधी -

- १) श्री. नंदलाल जोशी, चंद्रमा - १७ ब, अंकुर, महाबँक सोसायटी, सावेडी रोड, अहमदनगर ४१४ ००१. फोन - ०२४१-२३२३६०७
- २) श्री. राजेंद्र गाडगीळ, सृजन व्यक्तीमत्त्व विकास प्रकल्प २३७, शिवाजीनगर, जळगाव - ४२५ ००१, फोन - ०२५७-२२२३९७१, मो. : ९४२३९७३११५
- ३) श्री. प्रकाश खटावकर, ३०४, सोमवार पेठ, सातारा, फोन - ९४२११२१३१९
- ४) श्री. शरद जोशी, ग्रंथ प्रसारक, अमर कल्पतरु को-ऑप. सोसायटी, देवी चौक, शास्त्रीनगर, डोंबिवली, (प.) जि. ठाणे फो-०२५१-२४८६९६७
- ५) सौ. स्मिता जोगळेकर, एम-२५२, रिझर्व्ह बँक क्वार्टर्स, नॉर्थ अँव्हेन्यू, सांताक्रुझ प.मुंबई-५४ फो - ०२२- २६६०२९४७
- ६) श्री. अरूण केशव खाडीलकर, १३ अ, आनंदवन हौसिंग सोसायटी, आरटीओ ऑफीसजवळ, विजापूर रोड, सोलापूर - ४१३ ००४ फो - ९८५००९३६२३
- ७) राजीव तांबे, ए/२०२, पूर्णिमा दर्शन, श्रीखंडे वाडी, डोंबिवली - ४२१ २०१ email : rajivcopper@yahoo.com.in
- ८) समुचित एन्हायरो-टेक प्रा.लि., फ्लॉट क्र.६, एकता पार्क को.ऑप.हौ. सोसा. निर्मिती शोरूममागे, लॉ कॉलेज रस्ता, पुणे ४११ ००४. फो - ०२०-२५४६०१३८
- ९) साधना मीडिया सेंटर, ४३१ शनिवार पेठ, वीर मारुती मंदिराजवळ, पुणे ३०.

## बदल - कित्ती प्रकार ?

लेखक : अ.चि. इनामदार

निःसर्गात आढळणाऱ्या विविधतेमध्ये काही विशिष्ट कारणां दिसतात. कधी सजीवांमध्ये भ्रोवतालच्या वातावरणानुसार काही बदल झालेले आढळतात. (variation) हे बदल सजीवांकडून स्वीकारले जातात (adoption) आणि पुढच्या पिढीत संक्रमित होतात. तर काही बदल जनुकीय रचनांच्या फरकामुळे आढळतात. (mutation) आणि असे बदल घडत घडत उत्क्रांती होते.

आपल्या हाताची पाच बोटे सारखी नसतात. कुत्र्यासारखे प्राणी पाहिले तर त्यांच्यात फरक आढळतात. उंची, रंग, शरीराचे अवयव, केसाळपणा वा केसांचा अभाव इत्यादि गोष्टीत हे फरक दिसतात. एकाच वनस्पतीच्या पानां-फुलां-फळांत फरक असतात. एकाच प्रकारच्या अनेक वनस्पतीतही फरक असतात. एक 'आंबा' वनस्पती घेतली तर बनारसी, दशहरा, हापूस, पायरी, केशर, गावरान अशा आंब्यांच्या फळातील रंग, चव, गोडी, स्वाद वेगवेगळे असतात. एकाच कुटुंबातील आई-वडील व मुले यांच्यात काही साम्य तर काही फरक असतात. हे फरक जैव-वैविध्यामुळे असतात. बहुतेक

वेळा एका 'प्रमाण' (standard) गुण किंवा संख्येच्या आसपास, अलीकडे किंवा पलीकडे, कमी किंवा जास्त असतात. उदाहरणार्थ, माणसाची प्रमाण उंची १८० सें.मी. धरली, तर तीत १५० सें.मी. पासून २०० सें.मी. पर्यंत बदल होताना आढळतात. एखाद्या प्रजातीची 'लोकसंख्या' जेवढी जास्त, तेवढे हे बदल जास्त असतात. हे बदल उत्क्रांतीत महत्त्वाची भूमिका बजावतात, कारण लैंगिक पुनरुत्पादनात याच बदलांची फेरजुळणी होऊन पुढील पिढी साकारते.

म्हणजे समजा ५२ पत्यांपैकी १० निवडायचे, तर जेवढ्या शक्यता असतील त्यापेक्षा अनेक पटीनी जास्त शक्यता १०४

पत्यांतून १० निवडतांना असतात. हे बदल कशामुळे होतात ?

### बदलांमुळे विविधता

काही बदल आनुवंशिक असतात, म्हणजे माता-पित्यांच्या गुणसूत्रातून ते पुढच्या पिढीत येतात. याउलट, काही बदल एका व्यक्तीच्या आयुष्यात, सभोवतालच्या परिस्थितीमुळे घडून येतात. Nature म्हणजे आनुवंशिकता, नैसर्गिकरित्या गुणसूत्रातून मिळालेले गुणधर्म. Nurture म्हणजे प्रतिपाळ. एखादी व्यक्ती ज्या अधिवासात, परिस्थितीत वाढते त्या परिस्थितीमुळे घडून आलेले बदल. समजा एकाच प्रकारच्या वनस्पती चिखलात व कोरड्या जमिनीत वाढत असतील, तर त्यांच्या एकंदर रूपात व विशेषतः मुळांच्या वाढीत फरक असेल.

एकाच अधिवासात वाढणारे एकाच प्रकारचे सजीव विविध लक्षणात फरक दाखवितात. हे बदल उत्क्रांतीला कारणीभूत असतात. अशा बदलात आकार, उंची, रंग इत्यादी सहज पाहता-मोजता येणाऱ्या गोष्टी असतात. तसेच शरीरक्रिया व मानसिक वर्तन यातही बदल होऊ शकतात. जे बदल एखाद्या सजीवाच्या आयुष्यकाळात घडून येतात - म्हणजे जे आनुवंशिकतेने आलेले नसतात व जे गुणसूत्रांवर, जनुकांवर व लैंगिक पेशींवर परिणाम करीत नाहीत - ते पुढील पिढ्यात संक्रमित होत नाहीत. जे बदल परिणाम करतात, ते संक्रमित होतात.

असे काही बदल सजीवाला व त्याच्या प्रजातीला उपकारक असतात, (उदा. पाने खाणाऱ्या अळीचा रंग पानाशी मिळताजुळता असतो.) तर काही उदासीन असतात.

संक्रमित होऊ शकणारे बदल हे लैंगिक पेशीत बदल घडवितात, व त्याद्वारे (स्त्रीबीजाचे पुंबीजाने फलन झाल्याने, जनुकांच्या फेरजुळणीने) पुढील पिढीत जातात.

विशिष्ट अधिवासात वनस्पती किंवा प्राणी जगण्याला अधिक योग्य बनविण्यासाठी कायिक बदल होतात. समुद्रकाठच्या पक्ष्यांना लांब पाय असतात, कायम अंधाऱ्या बिळात राहणाऱ्या प्राण्यांना दृष्टी नसते, चिखलात वाढणाऱ्या केंदळ वृक्षांना श्वसन करणारी व तिरकी आधारमुळे असतात. या उलट काही कायिक बदल एका व्यक्तीच्या आयुष्यापुरते मर्यादित राहतात. लोहाराच्या दंडाच्या स्नायूंची वाढ चांगली होते. सभोवतालच्या परिस्थितीमुळे (उदा. हवामान, तापमान अन्नपुरवठा) असे बदल होतात. असे बदल आनुवंशिक नसतात.

हे बदल अनेकदा, छोट्या टप्प्यांत बदल सलगतेने होतात. उंचीतील, रंगातील, गंधातील फरकात अनेक दुवे असतात. म्हणजे माणसाच्या उंचीचे उदाहरण घ्यायचे तर १५० ते १८० सें.मी. यातील सर्व उंचीची माणसे असतात. त्यातली बहुसंख्य माणसे

मध्यम उंचीची असतात. जसे आपण टोकांकडे - Extreme limit - येऊ तशी ही संख्या कमी होते.

### बदलाची इतर कारणे

काही व्यक्तींना हात आणि / किंवा पायाला पाचऐवजी सहा बोटे असतात. हा बदल आनुवंशिकतेने आढळतो, पण दर पिढीत असतोच असे नाही. हा फायदेशीर बदल नाही, नुकसानकारकही नाही तर उदासीन आहे. एकूण बदल खालील कारणांमुळे होतात.

**सतत चालू असलेले बदल :** दोन पाने समान नसणे, एकाच झाडावर वेगवेगळ्या आकाराची फळे येणे वगैरे बदल जास्तीत जास्त संख्येत व नेहमी दिसतात. असे बदल



कधीकधी एखाद्या व्यक्तीला पाचपेक्षा अधिक बोटे असल्याचे आढळते.

परिस्थितीमुळे, अन्नाच्या पुरवठ्यामुळे वा त्याच्या अभावामुळे, सजीवाच्या अंतर्गत व बाह्य परिस्थितीमुळे होतात. ते आनुवंशिक नसतात. (डार्विन व इतरांच्या मूळ कल्पनेप्रमाणे या बदलांना फक्त परिस्थितीच कारण नसते. त्यांच्या मते, एखाद्या जनुकाच्या किंवा जनुक-समूहाच्या क्रियेवर बदल घडविणारे जनुक उत्परिवर्तनाने निसर्गात नेहमी निर्माण होत असतात, त्यामुळे हे घडते).

### उत्परिवर्तनाने एकाएकी होणारे बदल :

असे बदल अपघाताने किंवा सभोवतालच्या परिस्थितीत मोठे बदल झाल्याने घडून येतात. उत्परिवर्तनाचे अनेक प्रकार आहेत.

### संकरिकरणाने व आनुवंशिकता देणाऱ्या जनुकांच्या फेरजुळणीने होणारे बदल :

संकरित सजीवामध्ये त्याच्या आई-वडिलांची लक्षणे एकत्र होतात, त्यामुळे त्या दोघांपेक्षा संकरित सजीव वेगळा असतो. लैंगिक पुनरुत्पादनांत गुणसूत्रांची व त्यावरील जनुकांची फेरजुळणी होते व अपत्य मात्या-पित्यापेक्षा वेगळे असते, याचमुळे एका कुटुंबातील आई-वडील व मुले काही प्रमाणात सारखी असतात पण तंतोतंत सारखी नसतात.

**शिमरा :** कलम केलेल्या वनस्पतीत दोन वनस्पतींच्या संयोगाच्या ठिकाणी

काही मुकुल आल्यास, आणि त्यांची वाढ झाल्यास, दोन्ही वनस्पतींच्या लक्षणांचे मिश्रण झालेली वाढ होते.

शाकीय पद्धतीने वाढविलेल्या वनस्पतीत (उदा. केळ) मुकुलांच्या कायिक पेशीत उत्परिवर्तन होऊन नवीन प्रकार तयार होतो. 'कॅव्हेंडिश' ही केळ्याची जात, या पद्धतीने तयार झाली आहे. कधीकधी अशा गोष्टी फार उपयोगी व फायदेशीर होतात.

### अपवादात्मक बदल

बदलाची विविध, नेहेमी आढळणारी उदाहरणे आपण पाहिली. याशिवाय अपवादाने, तुरळक असणारी उदाहरणे पाहू.

### अँटाव्हिझम :

पूर्वी किंवा फार पूर्वी माणसाच्या पूर्वजांना शेपटे होती. हे लक्षण अनेक पिढ्यांनंतर अचानकपणे प्रगतून, शेपूट असलेले मूल जन्मते. ते शेपूट छोटे, स्नायूंनी बनलेले असून

त्यात हाड (मणके) नसते. माणसाचे पूर्वज केसाळ होते. रशियन डॉग-मॅन चा चेहरा केसाळ असतो. या पद्धतीच्या अपवादात्मक रीत्या दिसणाऱ्या बदलांना अँटाव्हिझम म्हणतात.

### रूपांतरणामुळे झालेले बदल :

एखादे जास्तीचे किंवा वेगळे काम करण्यासाठी पाने, मुळे, फुले यांचे रूपांतरण होते. पाने हे त्याचे सर्वात चांगले उदाहरण. छायाचित्र मध्ये स्वीट कॉर्न जातीच्या मक्याच्या कणसाचे आवरण (bracts) दिसते. बाहेरपासून आतपर्यंत पाहिल्यास ही रूपांतरित पाने आहेत हे स्पष्ट होते. वनस्पतींत सपुष्प वनस्पती अधिक उत्क्रांत आहेत, आणि फुले हा त्यांचा सर्वात महत्त्वाचा भाग, पानांचे अधिकाधिक रूपांतरण होऊन झाला आहे. हीच गोष्ट कमळ, गुलाब इत्यादी फुलातही स्पष्ट होते.



Teratology या संज्ञेने दाखविलेले बदल अनियमित तर असतातच, शिवाय अपवादात्मक व असाधारण असतात. छायाचित्रामध्ये स्वीट कॉर्न जातीच्या मक्याच्या एका कणसात दुसरे, अपूर्ण वाढीचे कणीस दिसते आहे. मक्याचे कणीस हे शाकीय (Foliage) पानाच्या कुक्षीत असलेल्या मुकुलापासून तयार होणारा फुलोरा (inflorescence) आहे. त्यात बाहेरच्या बाजूला अनेक आवरणे असतात. मक्याच्या कणीसात छोट्या दांड्यावर (axis)

अनेक आवरणे व प्रत्येक आवरणाच्या कुक्षीत एक मुकुल असतो. असे सर्व मुकुल सुप्त राहतात, अपवादात्मक रीत्या एखादा वाढला तर कणीसात दुसरे कणीस वाढते.

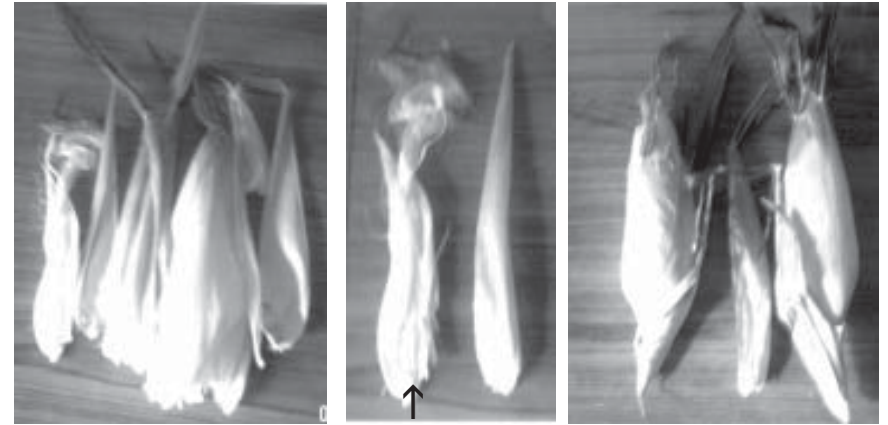
सजीवांची उत्क्रांती ही हजारो-लाखो वर्षे चालणारी, अतिसंथ प्रक्रिया आहे. उत्क्रांतीच्या ज्या तीन/चार उपपत्ति आहेत, त्यातल्या दोन मध्ये 'बदलांना' (variations) फार महत्त्वाचे स्थान आहे, कारण बदल हे उत्क्रांतीचा कच्चा माल आहे, सजीवांत सतत बदल होतात, त्यातले काही अनुकूल असतात व असे बदल असणारे सजीव जीवनकलहात टिकून राहण्याला सक्षम असून त्यांच्यामुळे उत्क्रांती होते असे हे सिद्धांत आहेत.



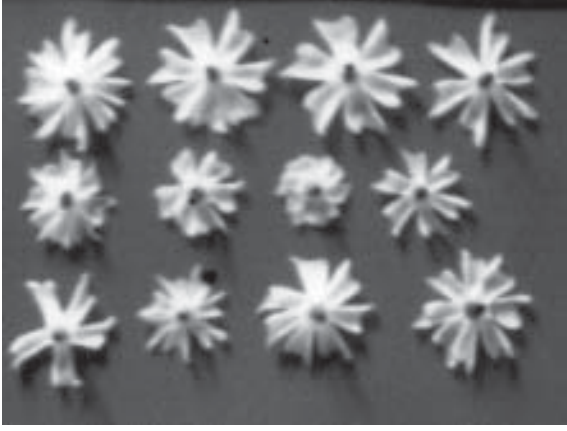
रशियन डॉग मॅन



शेपूट असलेले मूल



मक्याच्या कणसातील छोट्या दांड्यावर आलेले छोटेसे दुसरे कणीस



◀ एकाच झाडावरची एकाच वेळी काढलेली फुले यांच्या आकारात, पाकळ्यांच्या प्रकारात आणि संख्येत विविधता दिसते आहे.

अतिशय हळू चालणाऱ्या उत्क्रांतीचे बदल हे चालते-बोलते अंग आहे. निरीक्षणाने हे बदल आपल्या लक्षात येतात. निरीक्षणाला चिकाटी, आवड व फार तर एखादे बहिर्गोल भिंग लागते. शब्द, स्पर्श, रूप, रस, गंध इत्यादि मार्गांनी निरीक्षण करता येते. येथे काही गोष्टी निरीक्षणासाठी सुचविल्या आहेत.

\* संयुक्त पाने असलेल्या वनस्पतीची बीजपत्रे व सुरुवातीची पाने (त्यात संयुक्त पाने साध्या पानापासून झाली हे कळते. याच्या पाठीमागे एका सजीवाच्या जीवनेतिहासामागे त्याच्या प्रजातीचा जीवनेतिहास असतो (ontogeny recapitulates phylogeny हे तत्त्व आहे.)

\* गुलाब, कमळ, हिरवा चाफा इत्यादि फुलांचे निदलपुंज, दलपुंज, पुंकेसर, स्त्रीकेसर (ते रूपांतरण दाखवितात)

\* पानांचे बदलते आकार, रंग

\* वनस्पतींचे तणाव, ते डावीकडून आधाराभोवती गुंडाळतात की उजवीकडून ?

\* निरनिराळ्या प्रकारच्या वनस्पतींच्या पानांचा आयुष्यकाल

\* जलपर्णी वनस्पती पाण्यावर, चिखलात वाढते. एखाद्या जलाशयाच्या काठावर ती वाढत असेल, तर अधिवासाप्रमाणे तिच्यात काय बदल होतात ?

आपणास अशा कितीतरी गोष्टींचे निरीक्षण करता येईल. बदलांमुळे झालेल्या विविधतेतून वनस्पतीविषयी अधिकाधिक माहिती तर होईलच पण उत्क्रांतीच्या मार्गावरील बदल या पहिल्या दृष्याची ओळखही होईल.

लेखक : अ.चिं. इनामदार, फर्ग्युसन कॉलेजमधील वनस्पती शास्त्र विभाग प्रमुख (निवृत्त).

## थॅलिडोमाईडचे प्रताप

लेखक : पु.के. चितळे

पश्चिम जर्मनीत १९५६ साली कॅमी-ग्रीनथॉल या औषधे तयार करणाऱ्या एका कंपनीने थॅलिडोमाईड नावाने एक नवीन औषधाची निर्मिती केली. हे औषध मूलतः मानसिक ताण, निद्रानाश, दमा, सर्दी-पडसे, डोकेदुखी, खोकला, संधिवात आदि अनेक रोगांवर गुणकारी ठरले. निद्रानाशावर तर थॅलिडोमाईड फारच उपयोगी असल्याचे समजले जाऊ लागले. सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे स्त्रियांना गरोदरपणी होणाऱ्या उलट्या, मानसिक ताण आदीवर पण थॅलिडोमाईड फार प्रभावी सिद्ध झाले होते. दुसरी महत्त्वाची गोष्ट ही की थॅलिडोमाईड अत्यंत सुरक्षित औषध असल्याचे समजण्यात येत असे. कारण तेव्हापर्यंतच्या अनुभवावरून असा निष्कर्ष काढला गेला होता की जर चुकून किंवा जाणतेपणीसुद्धा हे औषध जास्त प्रमाणात घेतले गेले तरी त्यापासून अपाय होण्याची सुतराम शक्यता नाही. म्हणूनच १९५९ सालापर्यंत गरोदर स्त्रियांसाठी थॅलिडोमाईडचा वापर फार मोठ्या

प्रमाणात केला जाऊ लागला होता.

हे औषध पश्चिम जर्मनीशिवाय युरोपमधील इतर देशात तसेच इंग्लंडमध्येही वापरले जाऊ लागले. पण प्रत्येक देशात याला निराळे नाव देण्यात आले होते. उदा. पश्चिम जर्मनीत याचे नाव काँटरगॅन होते. इंग्लंड व त्याच्या राष्ट्रकुलातील काही देशात ते डिस्टावॉल या नावाखाली विकले जात असे. पोर्तुगालमध्ये त्याचे नाव साफेनॉन, कॅनडामध्ये टॉलिमॉल किंवा केवाडॉन होते. या शिवाय आसमावॉल, टेन्सीवॉल, व्हॉलग्राइन, व्हॉलजिस यासारख्या काही औषधातून पण थॅलिडोमाईडचा वापर मोठ्या प्रमाणात करण्यात येत असे.

१९५९ सालापासून युरोपमधील काही देश, इंग्लंड, कॅनडा, दक्षिण अमेरिका, ऑस्ट्रेलिया, जपान आणि इतर काही देशात जन्मापासूनच अपंग मुले जन्माला येऊ लागली. त्यांचे अपंगत्वही निराळ्या प्रकारचे असायचे. काहींनी एक हात किंवा पाय नसायचा, काहींना दोन्ही हात किंवा पाय



नसायचे, काहीना हाता-पायांची फक्त खुंटच असायची, काहीच्या हाता-पायांच्या बोट्यात हाडे नसून ती बेडकांच्या हाता-पायातील बोट्यांप्रमाणे त्वचेद्वारा एकमेकाला जोडलेली असायची. हाता-पायांच्या या विकृतीला फोकोमीलिया (Phocomelia) असे नाव देण्यात आले. ग्रीक भाषेत फोको म्हणजे सील प्राणी आणि मेलॉस म्हणजे हात-पाय असा अर्थ होतो. या मुलांचे सीलसारखे हात-पाय त्यांच्या काहीच उपयोगाचे नसायचे. या मुलांपैकी काहींचा त्यांनी जन्माला घातलेली अशी मुले पाहिली तेव्हा या गोष्टीवर विश्वास बसत नव्हता. त्यापैकी काहींनी निराशेपायी आत्महत्याही केल्या. काही केल्या या विकृतीचे कारण कळत नव्हते.

१९५९ साली जर्मनीत लहान मुलांच्या

इस्पितळातून फोकोमीलियाने विकृत असलेली बारा मुले जन्माला आल्याचे उघडीस आले. १९६० साली ही संख्या ८३ झाली. १९६१ साली हा आकडा ३००च्या वर गेला. याच सुमारास इंग्लंड, कॅनडा, ऑस्ट्रेलिया, जपान व इतर बऱ्याच देशांमध्ये फोकोमीलिया असलेली मुले मोठ्या संख्येने जन्माला येत असल्याच्या बातम्या येऊ लागल्या. १९६१ सालच्या एप्रिल महिन्यांनंतर फोकोमीलियामुळे जगभर हाहाकार पसरला. कारण फोकोमीलियाने विकृत असलेल्या मुलांची संख्या दहा हजारावर पोचली होती. सुमारे १९६२ सालापर्यंत जगाच्या विभिन्न भागात फोकोमीलियाने कमी-जास्त प्रमाणात विकृती असलेली मुले जन्माला येत राहिली. असे वाटू लागले होते की निसर्गाने आनुवंशिकतेचे सर्व नियम स्वतःच मोडीत काढले आहेत. नंतर काही दिवसांनी अशी विकृत मुले जन्माला येणे एकाएकी थांबले आणि असे वाटले की या विकृती पासून मानवजातीची कायमची सुटका झाली. पण पुढे काही काळानंतर पश्चिम जर्मनी, फ्रान्स, इंग्लंड आणि आयर्लंड या देशांच्या समुद्रकिनार्यालगतच्या भागात कमी-जास्त प्रमाणात फोकोमीलिया असलेली काही मुले जन्माला आल्याच्या बातम्या पुन्हा येऊ लागल्या. सावधानतेचा एक भाग म्हणून या भागात राहाणाऱ्या गरोदर स्त्रियांना त्या बाळंत

होईपावेतो दुसरीकडे कुठेतरी जाऊन राहाण्याचा वैद्यकीय सल्ला देण्यात आला.

बऱ्याच देशांचे शास्त्रज्ञ फोकोमीलियाच्या कारणांचा शोध घेण्यात गुंतली होती. फोकोमीलिया कशामुळे होतो, हे जाणून घेण्यास सर्वांचे जीवापाड प्रयत्न चालू होते. काहीना असाही संशय आला की हा कदाचित अणूबाँबस्फोटाचा परिणाम असावा. पण अजून फोकोमीलियाचे खरे कारण कळत नव्हते. १९६१ सालाच्या शेवटी दोन डॉक्टरांनी स्वतंत्रपणे फोकोमीलिया होण्याचे कारण शोधून काढले. यापैकी एक पश्चिम जर्मनीतील हॅम्बुर्ग शहरातले बालरोगतज्ञ डॉ. विड्काइंड लेंझ हे होते तर दुसरे डॉक्टर ऑस्ट्रेलियाचे होते.

आपल्या तपासणीत डॉ. विड्काइंड यांना



असे आढळून आले की, फोकोमीलियाने विकृत बालकांना जन्म देणाऱ्या मातांपैकी बहुतेक सर्वांना त्यांच्या गरोदर काळात केव्हातरी थॅलिडोमाईड असलेले काँटरगॅन हे औषध देण्यात आले होते. स्कॉटलंडमध्ये स्टर्लिंगशायर या शहरात १९६१ साली फोकोमीलियाग्रस्त १० मुले जन्माला आली होती. त्यापैकी ८ मुलांच्या आयांनी गरोदरपणी डिस्टॉलचे सेवन केले होते. ऑस्ट्रेलियात एका डॉक्टराला फोकोमीलिया झालेली ६ मुले आढळली. त्या सर्वांच्या आयांनी गरोदरपणाच्या सुरुवातीस डिस्टॉलचा उपयोग केला होता. कॅनेडामध्ये फोकोमीलिया झालेल्या दोन मुलांचे वडील डॉक्टर होते व त्यांनी स्वतःच आपल्या बायकांना त्या गरोदर असताना थॅलिडोमाईड दिले होते.

या सर्व माहितीवरून फोकोमीलिया ही विकृती होण्याचे कारण गरोदरपणी थॅलिडोमाईड घेणे हेच आहे, अशी दाट शंका शास्त्रज्ञांना आली होती. पण तसे स्पष्टपणे लगेच जाहीर करणे शक्य नव्हते. कारण त्या काळात बहुतेक देशात औषध विक्रेत्यांनी विकलेल्या औषधांच्या नोंदी ठेवणे, डॉक्टरांनी आपल्या रोग्यास दिलेल्या औषधांच्या चिठ्ठ्या तयार करणे वगैरे पद्धती अस्तित्वात नव्हत्या. औषधांच्या उत्पादनावर आणि विक्रीवर सरकारी बंधने फारशी नसायची. बाजारात विकल्या



जाणाऱ्या औषधांची उपयुक्तता किंवा त्यापासून होणारे अपाय हे तपासण्यासाठी प्रभावी यंत्रणा नसायच्या. यामुळे कोणालाही कुठल्याही रोगावर औषध तयार करून उघडपणे विकणे फारसे अवघड नव्हते. डॉक्टरांच्या अभावी औषधाची विक्री त्याच्या गुणांसंबंधी केल्या जाणाऱ्या खऱ्या-खोऱ्या जाहिरातीवरच होत असे. यामुळे काही वेळा अनेक औषधांचा नको त्या वेळी नको त्या ठिकाणी वापर होऊन त्यापासून रुग्णाला फायद्याऐवजी अपायच होत असे. तात्पर्य हे की डॉ. लेंझ यांना कुठल्याही सबळ लेखी पुराव्याच्या अभावी थॅलिडोमाईडची निर्मिती करणाऱ्या औषध कंपनीला छातीठोकपणे असे सांगणे शक्य नव्हते की, 'फोकोमीलिया ही विकृती थॅलिडोमाईडमुळेच होते.' पण डॉ. लेंझ



डॉ. विडकाइंड लेंझ

यांचा आत्मविश्वास आणि चिकाटी दांडगी होती. म्हणून त्यांनी त्याही परिस्थितीत आटोकाट प्रयत्न करून काँटरगॅन तयार करणाऱ्या कंपनीच्या अधिकाऱ्यांना हे पटवून दिले की फोकोमीलिया ही विकृती काँटरगॅन व तत्सम औषधातून असणाऱ्या थॅलिडोमाईड या विषारी रसायनाचेच अपत्य आहे.

थॅलिडोमाईडच्या विक्रीवर तातडीने बंदी घालण्याचा निर्णय सर्वप्रथम ऑस्ट्रेलिया या देशाने घेतला. ही बंदी थॅलिडोमाईडचे दोष कळल्याबरोबर लगेच घालण्यात आली होती. या नंतर २८ नोव्हेंबर १९६१ रोजी पश्चिम जर्मनीतील स्वास्थ्य मंत्रालयाने थॅलिडोमाईड या रसायनाच्या निर्मिती, वितरण आणि विक्रीवर कडक निर्बंध घालण्यात आले. नंतर एक आठवड्याच्या आत इंग्लंडमध्ये व २ मार्च १९६२ रोजी कॅनडामध्ये थॅलिडोमाईडचा वापर वर्ज्य केला गेला. या पाठोपाठ एक-एक करून जगातील सर्व देशात थॅलिडोमाईडवर पूर्ण बंदी घातली गेली आणि आश्चर्य हे की, फोकोमीलियाने विकृत असलेली बालके जन्मास येणे बंद झाले. तरीही या नंतर बरेच दिवस काही देशात थॅलिडोमाईडचा वापर चालू होता.

१९५९ ते १९६२ या काळात जेव्हा बऱ्याच प्रगत देशात फोकोमीलियामुळे हाहाकार उडाला होता तेव्हा अमेरिका हा देश या विकृतीपासून पूर्णपणे मुक्त राहिला

होता. याचे सर्व श्रेय अमेरिकेत औषधाच्या निर्मिती व विक्रीवर असलेले कठोर सरकारी नियंत्रण व त्याहीपेक्षा जास्त एका कर्तव्यदक्ष आणि जागरूक महिला डॉ. फ्रान्सिस ओल्टम कॅल्सी यांना द्यावे लागेल. डॉ. कॅल्सी या अन्न आणि औषधी संचालनालयात प्रमुख वैद्यकीय अधिकारी होत्या. १९६० साली विलियम एस. मिरिल नावाच्या, १३४ वर्ष जुन्या प्रसिद्ध अमेरिकन औषध उत्पादक कंपनीने, निद्रानाशावर उपचार म्हणून काही औषधी गोळ्या बनविण्याचे ठरविले. कंपनीने या गोळ्यांमधून थॅलिडोमाईडचा वापर करण्यासाठी अमेरिकन सरकारची रीतसर परवानगी घेण्यासाठी अनुमती अर्ज अन्न आणि औषधी संचालनालयाकडे केला. हा अर्ज जेव्हा तपासणीसाठी डॉ. कॅल्सी यांच्या समोर



डॉ. फ्रान्सिस कॅल्सी

आला तेव्हा थॅलिडोमाईडचे दुष्परिणाम उघडकीस आले नव्हते. तरीही डॉ. कॅल्सी यांनी तो अर्ज नाकारला. कारण थॅलिडोमाईड घेणे कितपत सुरक्षित आहे, याबद्दल त्या साशंक होत्या. आपल्या तपासणीत त्यांना असे आढळून आले होते की, थॅलिडोमाईडचा इतर प्राण्यांवर होणारा परिणाम माणसावर होणाऱ्या परिणामापेक्षा भिन्न आहे. उदा. थॅलिडोमाईडमुळे माणसातील निद्रानाश बरा होतो पण प्राण्यांवर त्याचा हवा तसा परिणाम होत नाही. या साशंकतेमुळे थॅलिडोमाईड माणसासाठी वापरायला परवानगी देण्याअगोदर त्यांनी आणखी काही दिवस वाट बघण्याचा निर्णय घेतला. डॉ. कॅल्सीवर मिरिल कंपनीने दबाव आणण्याचा बराच प्रयत्न केला पण डॉ. कॅल्सी खंबीर राहिल्या आणि शेवटपर्यंत कुठल्याही दडपणाला बळी पडल्या नाहीत. सुमारे १९ महिने त्यांनी मिरिल कंपनीचा अर्ज काहीही निर्णय न घेता तसाच थोपवून ठेवला आणि त्यामुळेच थॅलिडोमाईड या महाविनाशकारी औषधाचा अमेरिकेत वापर होऊ शकला नाही. थॅलिडोमाईडचे भयंकर परिणाम जगजाहीर होताच ३० फेब्रुवारी १९६२ रोजी मिरिल कंपनीने थॅलिडोमाईडच्या वापरासाठी केलेला अर्ज आपण होऊन मागे घेतला.

अशा प्रकारे एका कर्तव्यदक्ष, प्रामाणिक आणि जागरूक अधिकाऱ्याच्या ठाम

निश्चयामुळे अमेरिका फोकोमिलियापासून मुक्त राहिला. अमेरिकन सरकार व जनतेच्या वतीने डॉ. कॅल्सीबद्दल आपली कृतज्ञता प्रदर्शित करण्यासाठी अमेरिकेचे त्यावेळचे राष्ट्राध्यक्ष केनेडी यांच्या हस्ते सरकारी अधिकाऱ्यांना देण्यात येणारे सर्वात मोठे पारितोषिक 'President's Award for Distinguished Federal Civil Service' डॉ. कॅल्सी यांना दिले गेले आणि त्यांचा योग्य तो गौरव करण्यात आला. संयोगाने भारतातही फोकोमिलियाचा प्रवेश झाला नव्हता. पण त्याचे कारण निराळे होते. फोकोमिलियाचा प्रवेश भारतात न होण्याचे फक्त एकच कारण असावे की तेव्हा भारताची गणना प्रगत देशात केली जात नसे. म्हणजे भारत कुठलीही नवीन गोष्ट आत्मसात करण्यात थोडा मागेच होता.

एप्रिल १९६२ नंतर थॅलिडोमाईडचे दुष्परिणाम जसजसे प्रकाशात येऊ लागले, तसतसे डॉ. कॅल्सीनी केलेल्या कामगिरीचे महत्त्व अमेरिकन जनतेला कळू लागले. तेथील एका मोठ्या सरकारी अधिकाऱ्याने 'अमेरिकेतील जनता आणि विशेष करून त्या काळात अमेरिकेत जन्माला येणाऱ्या सर्व बालकांच्या माता डॉ. कॅल्सी यांच्या ऋणातून कधीच मुक्त होऊ शकत नाहीत.' असे नमूद केले.

या घटनेपासून धडा घेऊन सगळ्या देशातून औषधांची निर्मिती, त्यांचा दर्जा,

विश्वसनीयता, विक्री आदींवर कडक नियंत्रण ठेवण्यासाठी कठोर नियम केले गेले आणि त्यानुसार सरकारी यंत्रणा उभारल्या गेल्या. ज्या देशातून अशा यंत्रणा आधीपासूनच अस्तित्वात होत्या त्या अधिक कडक आणि शिस्तबद्ध करण्यात आल्या.

एखादी भयंकर अकल्पित घटना प्रत्यक्षात होऊन गेल्यावर त्याबाबतीत जास्त ऊहापोह न करता तिच्यापासून भविष्यात उत्पन्न होणाऱ्या समस्यांवर अधिक भर देणे हे सुज्ञ माणसाचे लक्षण असते. याला अनुसरून हे पाहणे महत्त्वाचे ठरेल की थॅलिडोमाईड हे भयंकर रसायन जन्माला घालणाऱ्या कंपनीने आपल्या चुकीचे परिमार्जन करण्यासाठी कोणता मार्ग पत्करला? तसेच फोकोमिलिया होऊन जन्माला येणाऱ्या बालकांचे पुढे काय झाले? ही माहिती फार उद्बोधक, हृदयस्पर्शी आणि विचारांना चालना देणारी आहे.

थॅलिडोमाईड कंपनीचे संचालक व सर्व पदाधिकारी एक मानवतावादी, प्रशंसनीय व अत्यंत धाडसी दृष्टिकोन घेऊन फोकोमिलियामुळे उत्पन्न झालेल्या गंभीर परिस्थितीस तोंड देण्यास सिद्ध झाले. त्यांनी स्वतः होऊन या घटनेची सर्व जबाबदारी खुल्या दिलाने स्वीकार करण्याचे महान धाडस केले. असे करताना त्यांनी आपल्या कंपनीच्या भवितव्याचा विचार करण्याअगोदर फोकोमिलियामुळे अपंग

झालेल्या बालकांच्या भवितव्याचा विचार केला. कंपनीने फोकोमिलियाने ग्रस्त मुलांचा शोध घेतला. त्यांच्या पालकांना भरपाई म्हणून मोठ्या रकमा दिल्या आणि त्या बरोबर अशा मुलांच्या पुनर्वसनाची सर्व जबाबदारी पण कंपनीने घेतली. यामुळे कंपनीला फार मोठी आर्थिक हानी सोसावी लागली पण कंपनीने त्याची तमा बाळगली नाही. यात महत्त्वाचा आहे कंपनीचा मानवतावादी दृष्टिकोन. फोकोमिलियाने प्रभावित झालेल्या मुलांपैकी सुमारे ५० टक्के मुले जेमतेम एक वर्षच जगली. काही मुले यापेक्षा अधिक काळ जगली. पण त्यातून वाचलेली बहुतेक सर्व मुले कंपनीच्या मानवतावादी दृष्टिकोनामुळेच पुढे शक्य तेवढे समाधानी जीवन जगू शकली.

फोकोमिलियाने सर्वात जास्त प्रभावित देश होते पश्चिम जर्मनी, जपान, आणि इंग्लंड. इंग्लंडमध्ये थॅलिडोमाईडचा प्रवेश १९५८ साली झाला होता व त्या देशात फोकोमिलिया होऊन जिवंत राहिलेल्या मुलांची संख्या २५०च्यावर होती. या अनपेक्षित धक्क्यामुळे मुलांचे पालक, इतर नातलग, शेजारी वगैरे सर्व संबंधित लोक अगदी किंकर्तव्यमूढ झाले होते. अशा मुलांचे आता काय करावे, हे त्यांना सुचत नव्हते. सुरुवातीला या मुलांना इतर लोकांपासून लपवून ठेवण्याकडेच त्यांचा कल असायचा. बरेच डॉक्टरपण त्यांना

'तुमचे हे अपंग मूल तुम्ही अनाथाश्रमातच ठेवणे जास्त सोयीचे होईल', असा सल्ला देत असत. काही आई-वडिलांना अशा मुलांना जन्म दिल्याबद्दल अपराधीपणाची जाणीव होत असे व ते त्यांना अनाथाश्रमात ठेवण्यास सहज तयार होत असत. पण काही जन्मदाते असेही होते की ज्यांना नक्की ठाऊक होते की अशा मुलांना जन्म देण्यात त्यांचा काहीही दोष नाही. त्यांची संख्या अर्थातच थोडी होती. पण पुढे ही परिस्थिती बदलली.

मागारिट आणि अँलेक परकिस या जोडप्याला झालेल्या कॅथरीन नावाच्या मुलीला हातांची फक्त थोटेकच होती. पण तिच्या आईचे सर्व लक्ष फक्त तिच्या सुंदर बोलक्या डोळ्यांकडे असायचे. कॅथरीन तिच्या निष्पाप डोळ्यांनी तिच्याकडे एकटक बघत रहायची. मागारिटला कॅथरीनच्या डोळ्यांनी मोहिनी घातली. एकदा इस्पितळातील एका नर्सने मागारिटची समजूत काढताना असे सुचविले की कॅथरीनला अनाथाश्रमात ठेवणे सोयीचे होईल. हे ऐकून मागारिट एकदम किंचाळली आणि क्षणाचाही विलंब न करता तिने अगदी निःसंदिग्धपणे या गोष्टीला ठाम नकार दिला. मागारिटच्या नकाराचा प्रतिध्वनी सगळीकडे उमटला आणि मग बहुतेक सर्व फोकोमिलियाग्रस्त मुलांच्या पालकांनी असे ठरविले की आपण आपल्या अपंग मुलांना अनाथाश्रमात ठेवायचे नाही. त्यांना समाजापासून लपवायचे

नाही. या उलट आपल्या अपंग मुलांना शक्य तेवढे नैसर्गिक जीवन जगण्यास तयार करायचे.

आतापर्यंत अशा मुलांचे पालक आपल्या प्रश्नांचा विचार एक-एकट्याने करत असत. पुढे असे सर्व पालक एकत्र आले आणि त्यांनी Society for the Aid of thalidomide children या नावाने एक संस्था उभी केली. आता त्यांना आपल्या पाल्यांच्या सर्व प्रश्नांवर एकत्रितपणे विचार-विनिमय करणे, दुसऱ्यांच्या अनुभवांचा लाभ घेणे, त्यांच्यासाठी एकत्रितपणे प्रयत्न करणे आदी शक्य झाले. ते एकत्रित आल्यामुळे सर्वात मोठा लाभ हा झाला की समाजाचे लक्ष पण त्यांच्या प्रश्नांकडे ओढले गेले. त्यामुळे अनेक प्रामाणिक समाजसेवक, दानशूर आणि कर्तव्यदक्ष व्यक्तींनी मदतीचा हात पुढे केला. सर्वात अधिक निकड आर्थिक मदतीची होती. त्यासाठी एका विश्वस्त

निधीची उभारणा करण्यात आली आणि अल्प काळात त्यांच्यासाठी मोठा निधी जमविण्यात आला. आता या अपंग मुलांच्या पुनर्वसनासाठी आर्थिक, वैद्यकीय अथवा कुठल्याही प्रकारची मदत मिळविणे शक्य झाले होते.

या घटनेमुळे समाजावर पण एक मोठा मानसिक आघात झाला होता. या विकृत मुलांकडे बघण्याची सामाजिक दृष्टी बरेचवेळा तेवढीच किंवा त्याहीपेक्षा जास्त विकृत असायची. काही लोकांना तर या विकृत मुलांची घृणा वाटायची. आपल्या अपंग मुलाला घेऊन समुद्राकाठच्या वाळवंटात फिरायला गेलेल्या एका मातेस या बाबत अत्यंत घृणास्पद अनुभव आल्याची नोंद आहे. तिच्या असहाय्य मुलाला बघताच तिथे उपस्थित असलेल्या अनेक अतिजागरूक आया आपापल्या मुलांना लगबगीने काखोटीत घेऊन

तिच्यापासून शक्य तितक्या लांब पळाल्या. पण सामाजिक प्रबोधनामुळे पुढे ही परिस्थितीही बदलली. डॉक्टर, सामाजिक कार्यकर्ते, आर्दींची काही संगठित पथकं अगदी मनापासून जाणीवपूर्वक या कामाला लागली होती. या सर्वांनी अपंग मुलांबद्दल एक अत्यंत योग्य असा निर्णय घेतला की या मुलांना शक्य तितके आत्मनिर्भर बनविण्याचा आणि त्यांचे जीवन जेवढे स्वाभाविक होऊ शकेल तेवढे करण्याचा प्रयत्न करायचा. यासाठी या मुलांना अत्यंत उपयोगी पडणारे कृत्रिम हात-पाय, वीज किंवा गॅस वर चालणारी सुरक्षित असलेली काही लहान उपकरणे, चाकाच्या खुर्च्या, स्वयंचलित छोट्या मोटारी वगैरे मुद्दाम तयार करण्यात आल्या. या सर्व सुविधा उपलब्ध झाल्यावर या अपंग समजल्या जाणाऱ्या मुलांच्यात आश्चर्यजनक प्रगती झाली. फार अल्प काळात ही मुले त्यांच्या जन्मजात अपंगत्वाचा विचार करता किती तरी अवघड गोष्टी सहज करू लागली. उदा. सायकल व लहान मोटारी चालविणे, अश्वारोहण करणे, पाण्यात पोहणे, टायपिंग करणे आणि घरातली किती तरी कामे स्वतः करणे वगैरे. यामुळे त्यांना त्यांच्या दैनंदिन जीवनात अनेक बाबतीत आत्मनिर्भर होण्यास मोलाची मदत मिळाली.

आज ही सर्व मुले पन्नाशीच्या जवळपास पोचली असतील. त्यांच्या पुढील

जीवनाबद्दलची विशेष माहिती मला मिळू शकली नाही. तरीही असा विश्वास वाटतो की ती आता अपंग, असहाय अथवा बिच्चारी राहिली नसून सर्वसाधारण माणसांप्रमाणे किंवा त्याहीपेक्षा आत्मनिर्भर झाली असावीत. ती आपल्या पायांवर, मग ते भलेही कृत्रिमच का असोत, ठामपणे उभी असून इतर साधारण माणसांप्रमाणे समाधानी जीवन जगत असतील असे वाटते.

या भयंकर घटनेचा विचार करताना आपल्याही देशात झालेल्या अशाच काही भयंकर घटनांची आठवण आल्याशिवाय रहात नाही. आपल्या देशात १९८४ साली झालेली भोपाळची गॅस दुर्घटना, मुंबईतील जे.जे. इस्पितळात सदोष औषधांच्या वापरामुळे झालेले दुर्दैवी मृत्यू या घटना अशाच प्रकारच्या आहेत. या अपघातांमध्ये मृत्युमुखी पडलेल्या किंवा अपंग झालेल्या लोकांना आपल्या समाजाकडून, सरकारकडून आणि या अपघातांना जबाबदार असलेल्या व्यक्ती किंवा संस्थांकडून काय मदत मिळाली तसेच या लोकांची त्यांच्याकडे बघण्याची काय वृत्ती होती हा यक्ष प्रश्न मनात येतो. पण हा प्रश्न एखाद्या स्वतंत्र लेखाचा विषय आहे असे मला वाटते.

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

## हिंदी - संदर्भ

‘एकलव्य’ ही मध्यप्रदेशातील शालेय शिक्षणामध्ये सुधारणा घडवून आणण्यासाठी सतत कार्यरत असणारी संस्था आहे. त्यांच्यातर्फे चालविले जाणारे ‘शैक्षणिक संदर्भ’ हे एक शैक्षणिक विज्ञान आशयाचं हिंदी ‘ट्रिमासिक’ आहे. प्रत्येक अंकामध्ये विविध विषयांवरील मनोरंजक लेख वाचयला मिळतात. हिंदी भाषिक मित्रांसाठी अनमोल असं ज्ञान साधन!

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये १०० आहे.

पत्ता : एकलव्य, संपादन- चक्कर रोड, मालाखेडी, होशंगाबाद-४६१००१

वितरण : एकलव्य, इ-७, एचआयजी, ४५३,

अरेरा कॉलनी, भोपाळ-४६२०१६

# हवामान बदल व शाश्वत ऊर्जा

## भाग ३

लेखक : सर जॉन हॉटन • अनुवाद : प्रियदर्शिनी कर्वे

योगायोगाने नुकतीच नोबेल पारितोषिकांची घोषणा झाली आहे आणि यंदाचे शांततेचे नोबेल पारितोषिक अमेरिकेचे माजी उपाध्यक्ष श्री. एल. गोब व संयुक्त राष्ट्रसंघाचे इंटर गव्हर्नमेंटल पॅनल ऑन क्लायमेट चेंज (आयपीसीसी) यांना जाहीर झाले आहे. आयपीसीसीची ओळख करून घेऊ या, सर जॉन यांच्या शब्दात...

“जागतिक हवामानशास्त्र संघटना आणि संयुक्त राष्ट्रसंघाचा पर्यावरण कार्यक्रम यांनी संयुक्तरित्या १९८८ साली आयपीसीसीची स्थापना केली. १९८८ ते २००२ या कालावधीत पॅनलतर्फे केल्या जाणाऱ्या वैज्ञानिक मूल्यमापनाच्या कामाचं प्रमुखपद किंवा उपप्रमुखपद भूषवण्याचा बहुमान मला मिळाला. या मूल्यमापनासाठी माहिती पुरवणे किंवा आलेल्या माहितीचे परीक्षण करणे यासाठी वेगवेगळ्या देशांतील शेकडो वैज्ञानिकांनी काम केले. मोठ्या प्रमाणावर संदिग्धता असलेले निष्कर्ष आणि सर्वसाधारणतः सर्वांना आकलन झालेले व वादातीत असे निष्कर्ष एकमेकांपासून वेगळे काढण्याचे काम प्रामाणिकपणे आणि वस्तुनिष्ठपणे करणे, ही आमची जबाबदारी

होती. हवामानबदलाचं विज्ञान, त्याचे संभाव्य परिणाम आणि धोरणात्मक पर्याय यांवर भाष्य करणारे अहवाल आयपीसीसीने १९९०, १९९५ आणि २००१ साली प्रसिद्ध केले. आयपीसीसी २००१ हा अहवाल चार खंडांमध्ये विभागलेला आहे. प्रत्येक खंडात साधारण १००० पाने आहेत आणि संबंधित वैज्ञानिक संदर्भांची संख्या हजारांच्या घरात आहे. आयपीसीसी ही आंतरराष्ट्रीय आणि वेगवेगळ्या देशांच्या शासनांचे एकत्रित प्रतिनिधित्व करणारी संघटना आहे. त्यामुळे शासकीय धुरीणांसाठी अहवाल सारांश तयार करताना साधारण शंभर देशांच्या शासनांच्या प्रतिनिधींशी चर्चा करून प्रत्येक वाक्य न वाक्य सर्वसंमतीने निश्चित करण्यात आले आहे. यामध्ये जगातील सर्व प्रमुख देशांचा



समावेश आहे. दुसऱ्या कोणत्याही वैज्ञानिक विषयाचे मूल्यमापन इतक्या व्यापकपणे आणि काटेकोरपणे करण्यात आलेले नाही.

आयपीसीसीच्या कामाला जगभरातील वैज्ञानिकांचा पाठिंबा मिळाला आहे. मे २००१ मध्ये अनेक देशांच्या राष्ट्रीय विज्ञान अकादमींनी संयुक्तपणे आयपीसीसीला पाठिंबा देणारे एक पत्रक प्रसिद्ध केले. यात ऑस्ट्रेलिया, बेल्जियम, ब्राझिल, कॅनडा, वेस्ट इंडिज, चीन, फ्रान्स, जर्मनी, भारत, इंडोनेशिया, आयर्लंड, इटली, मलेशिया, न्यूझीलंड, स्वीडन आणि इंग्लंड या देशांच्या विज्ञान अकादमींचा समावेश आहे या पत्रकात म्हटले आहे - ‘हवामान बदल आणि त्याची कारणे या विषयावरील माहितीचा सर्वात विश्वसनीय स्रोत म्हणजे आयपीसीसी आहे, हे आम्ही नमूद करू इच्छितो. सर्वसंमती मिळवण्याच्या आयपीसीसीच्या पद्धतीला आमचा पाठिंबा आहे.’ २००१ साली अमेरिकेच्या राष्ट्रीय विज्ञान अकादमीने अमेरिकी सरकारला सादर

केलेल्या एका अहवालातही आयपीसीसीच्या निष्कर्षांना पुष्टी देण्यात आलेली आहे.

पण दुर्दैवाने काही प्रबळ हितशत्रू आयपीसीसीबाबत गैरसमज पसरवण्यासाठी करोडो डॉलर्स खर्च करताना दिसतात. सर्वप्रथम, मानवी कृतींमुळे हवामान बदलाची गती वाढल्याच्या मताला कोणताही वैज्ञानिक आधार नाही, अशी धारणा पसरवण्याचा प्रयत्न झाला. आता हवामान बदल होत आहे, हे मान्य केले जाते, पण त्याच्या तीव्र परिणामांच्या भाकितांबद्दल शंका व्यक्त केली जाते. ‘थांबा आणि पहा’ ही नीती अवलंबली तरी चालेल, समस्या गंभीर आहे असे दिसून आलेच, तर त्यावेळी योग्य त्या दुरुस्त्या सहज करता येतील, असेही मत मांडले जात आहे. पण अशा युक्तिवादांना कोणताही वैज्ञानिक आधार नाही.”

अलिकडे आयपीसीसीचा आणखी एक अहवालही प्रसिद्ध झाला आहे, आणि त्यात मानवनिर्मित जागतिक तापमानवाढ व त्याच्या संहारक परिणामांबद्दल आणखी ठोस शास्त्रीय पुरावे मांडण्यात आले आहेत. श्री. एल. गोब या विषयावर ठिकठिकाणी जे सादरीकरण करतात त्यावर आधारित ‘अँड इन्कन्विनिअंट ट्रुथ’ हा माहितीपट हे सर्व शास्त्रीय पुरावे अतिशय प्रभावीपणे मांडतो.

अनुवाद : प्रियदर्शिनी कर्वे, समुचित एनव्हायरोटेक प्रा.लि. या संस्थेच्या संचालक.



## सुरक्षा कवच

ज्यावर ठेऊ शकता विश्वास

## महासुरक्षा

### ठेव योजना

**बचत/चालू/मुदत ठेव**  
**खातेदारांसाठी**  
**जीवन विमा कवच**

- हमी रक्कम - रु. 1 लाख
- कमी प्रिमियम

आम्ही जाणतो आपलं मन

**बँक ऑफ महाराष्ट्र**  
एक कुटुंब. एक बँक.  
www.bankofmaharashtra.in

अखिल भारतीय निःशुल्क दूरध्वनी क्र :  
1800 - 222340 / 1800 - 220888

**महा**  
**गृह सुरक्षा योजना**  
**गृह कर्जा सोबत**  
**जीवन विमा कवच**

• अल्प किंमतीची एकल हप्ता विमा योजना  
• गृह कर्जाच्या बाकी रकमेसाठी विमा कवच

## फ्रॅक्टल

लेखक : डी. इंदुमती • अनुवाद : यशश्री पुणेकर

फ्रॅक्टल्स? हा काय नवीन प्रकार? बघू या फ्रॅक्टल म्हणजे काय ते. आपण शाळेत जे गणित शिकतो ते खूप जुन्या ज्ञानावर आधारित आहे. उदाहरणार्थ, भूमितीमध्ये आपण वर्तुळ, चौकोन आणि त्रिकोण शिकतो. त्यांचा शोध ख्रिस्तपूर्व ३०० वर्ष युक्लिड नावाच्या गणितज्ञाने लावला. फ्रॅक्टल्स भूमिती त्यामानाने खूपच नवीन आहे. अनेक गणितज्ञ सध्या फ्रॅक्टल्समध्ये संशोधन करीत आहेत. (तुम्हाला पण गणितज्ञ व्हायचंय का?)

सध्या आधुनिक गणिताबद्दल जगभर संशोधन चालू आहे. पण या संशोधनाबद्दल जाणून घेण्याआधी आपण फ्रॅक्टल्सबद्दल जेवढी शक्य तेवढी माहिती करून घेऊ.

आयबीएम मधील शास्त्रज्ञ बेनॉट मँडेलबोर्ट यांनी फ्रॅक्टल्सचा शोध लावला. समुद्रकिनारा आणि विजेचा लखलखाट या वेगळ्या भौमितिक रचनांचा अभ्यास करताना त्यांना फ्रॅक्टल्सचा शोध लागला. तुमच्या लक्षात येईल, निसर्गातील अनेक गोष्टी

चौकोन, त्रिकोण या आकारातल्या नसून वेगवेगळ्या गुंतागुंतीच्या भौमितिक रचना आहेत. बऱ्याच नैसर्गिक गोष्टी उदाहरणार्थ समुद्रकिनारा, फर्न इत्यादी फ्रॅक्टल्स आहेत.

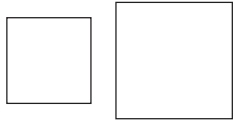
भारताच्या लांबलचक सागरकिनाऱ्याचे उदाहरण घ्या. किती लांब आहे तो? समजा तुम्ही किलोमीटरमध्ये मोजलं तर एक ठराविक आकडा मिळेल. मग मीटरपट्टीने मोजल्यावर काय होईल? कोणतं माप मोठं असेल. अर्थातच मीटरपट्टीचं. कारण किनारपट्टी काही सरळ नाही. त्यात अनेक वळणं आहेत. मीटरपट्टीनं तुम्ही जास्त वळणं आणि कंगोरे (nook & crannies) मोजू शकाल आणि तुमचं उत्तर जास्त बरोबर असेल. असं आहे तर सेंटीमीटरच्या पट्टीने तर अधिक अचूक उत्तर येईल. अगदी छोट्यातल्या छोट्या वळणाचं मोजमापही त्यामुळे घेता येईल. सेंटीमीटरपेक्षा कमी प्रमाणात मोजल्यावर उत्तर अजूनच अचूकतेकडे येईल. जितकं छोट्या प्रमाणाचं मोजमाप तेवढी अचूकता अधिक.

किनाऱ्याच्या छोट्यातल्या छोट्या वळणावरच्या प्रत्येक बिंदूतलं अंतर मोजता आलं तर सर्वांत मोठं उत्तर मिळेल. - यालाच 'नैसर्गिक फ्रॅक्टल्स' म्हणतात.

'फ्रॅक्टल्स' हे स्वयंसदृश (self similar) असतात. स्वयंसदृशचा अर्थ अगदी विशिष्ट आहे. भूमितीमध्ये दोन आकृत्यांचा आकार सारखा असेल तर आपण त्यांना समरूप समजतो. दोन चौकोन, दोन त्रिकोण समरूप केव्हा असतात? पाहू या.

एक उदाहरण घेऊ. खाली दिलेल्या आकृत्या बघा.

१. हे दोन चौरस समरूप आहेत.

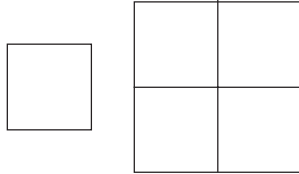


२. हे दोन चौकोन समरूप नाहीत.



३. या आकृतीतील चौकोन समरूप आहेत.

आता शेवटच्या आकृतीत नीट बघा. उजवीकडचा चौकोन हा डावीकडच्या



चौकोनाच्या दुप्पट आहे. लांबीतही आणि रुंदीतही. आपण असं म्हणू या की ते २ : १ या प्रमाणात आहेत. इथे संबंधित बाजू तर प्रमाणात आहेतच पण कोनही सारखे आहेत त्यामुळे हे चौकोन समरूप आहेत.

**समरूपता कशी ठरते?**

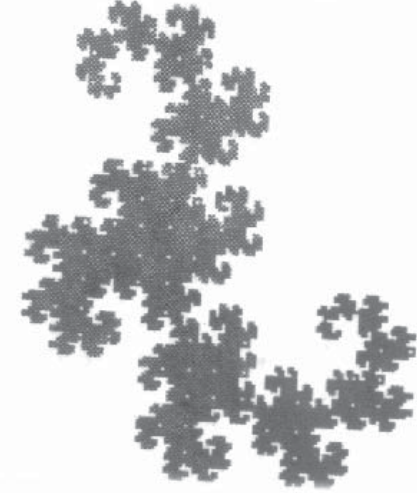
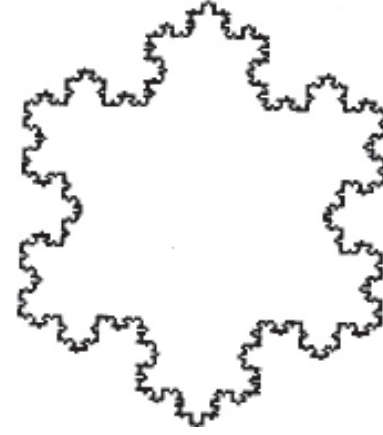
जरा वेगळ्या तऱ्हेने विचार करू या. एक आकृती झूम केल्यानंतर दुसऱ्या आकृतीवर ठेवून बघायची. झूम करताना कोणतीही आकृती प्रमाणबद्ध मोठी होते, ती थोडी फिरवावी किंवा सरकवावी लागेल पण जर त्या दोन्ही आकृत्या समरूप असतील तर एकमेकांवर व्यवस्थित बसतील. म्हणजे एक आकृती दुसऱ्याची प्रतिकृती (कॉपी) असेल.

आता खालची आकृती पहा. रेषेच्या बरोबर मध्ये एक त्रिकोण काढून आणि प्रत्येक कोनाशी एक ठळक बिंदू दिला की ही आकृती तयार होते.



आता या आकृतीच्या प्रत्येक रेषाखंडावर असेच त्रिकोण काढा. बघा अशी आकृती होईल.

आता पहिल्या आकृतीच्या किती प्रतिकृती तयार झाल्या? नवीन आकृतीतही



डायनॉसॉर फ्रॅक्टल

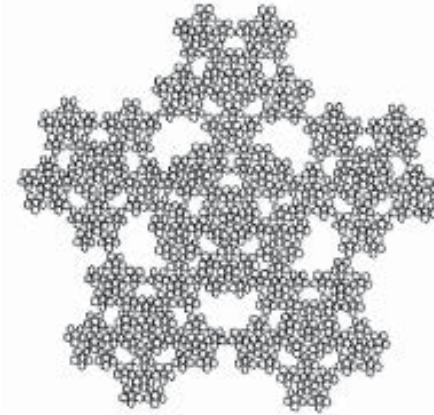
प्रत्येक रेषाखंडावर त्रिकोण करित गेल्यास काय मिळेल? आता असे छोट्यात छोटे त्रिकोण काढत गेलात तर तुमचा फ्रॅक्टल तयार होईल. समजा एका रेषाखंडापासून सुरु करण्याऐवजी आपण समभुज त्रिकोणापासून

सुरुवात केली तर आपल्याला कोक्स स्नोफ्लेक फ्रॅक्टल मिळेल.

**कोक्स स्नोफ्लेक फ्रॅक्टल**

हा स्नोफ्लेक फ्रॅक्टल समभुज त्रिकोणातून तयार करता येतो. समभुज त्रिकोणात आपण

प्रत्येक रेषेवर त्रिकोण टाकत गेलो, (याला उपसादन (iterations) असं म्हणतात.) तर हळूहळू बर्फाच्या स्फटिकासारखी आकृती तयार होते. आता या त्रिकोणात किमान तीन उपसादने करा आणि कोणती आकृती होते ते बघा. आता तुमच्या लक्षात येईल, की फ्रॅक्टल्स उपसादनांमुळे तयार करता येतात, आणि ती स्वयंसदृश असतात.

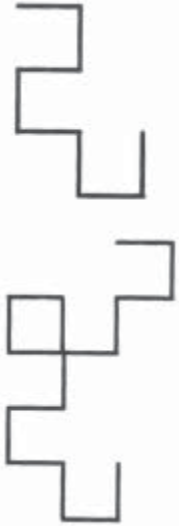


## फ्रॅक्टल्स तयार करा.

जरासा ताठ कागद घ्या. घडी घातल्यावर त्याचा आकार तसाच रहायला हवा. या कागदाची २×३० सें.मी. ची एक पट्टी घ्या. उपसादन करण्याची पद्धत तशी सोपी आहे. पहिली घडी म्हणजे कागद मधोमध दुमडा. तो ९० अंशापर्यंत उघडा. तो असा दिसेल -



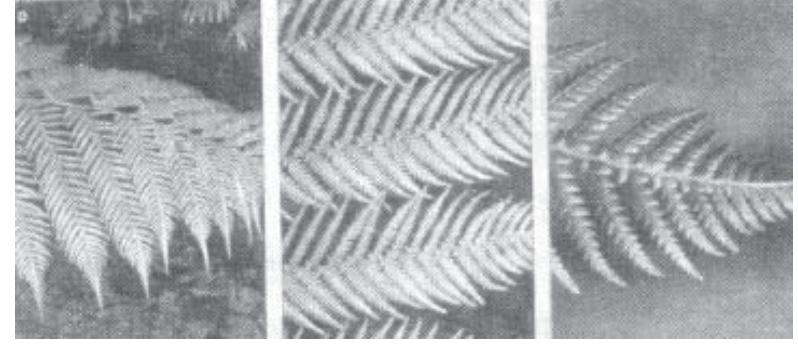
आता पुन्हा सुरु करा. कागद मध्यावर दुमडा. पुन्हा निम्मा दुमडा. या घड्या अगदी दाबून व्यवस्थित बसवा. उघडल्यावर काय दिसेल? बघा. प्रत्येक वेळेला घडी घालताना ९० अंशाचा कोन होईल याची दक्षता घ्या आणि सगळ्या घड्या एकाच बाजूने (दिशेने) घाला. एकदा वर दुमडायचं मग खाली असं नको.



आता पुढचे उपसादन कोणते? कागदाची पट्टी तीन वेळा दुमडा प्रत्येक वेळेस निम्मावर दुमडा. ९० अंशावरच घड्या घाला. उघडून पहा. अशाच चार घड्या घालून पहा. आता आपले चौरस अधिक जवळ आल्यासारखे वाटतील. आता आकार इंटररेस्टिंग होत जातील. तुम्ही जर लांबलचक पट्टी घेतलीत तर पाचव्या-सहाव्या घड्यांच्या नंतर खूप गुंतागुंतीची रचना मिळेल. सातवं उपसादन करणं तर कठीणच होतं. कागद दुमडणं जवळजवळ अशक्यच होतं. छोटासा डायनॉसॉर तयार होतोय. ५० व्या उपसादनानंतर चित्रात दाखवल्याप्रमाणे आकृती तयार होईल. ती स्वयंसदृश्य आहे.

वारंवार उपसादनातून फ्रॅक्टल्स कशी निर्माण होतात हे लक्षात आलं ना? अशी काही इतर उदाहरणे तुम्हाला

माहिती आहेत का? असल्यास आम्हाला जरूर कळवा.



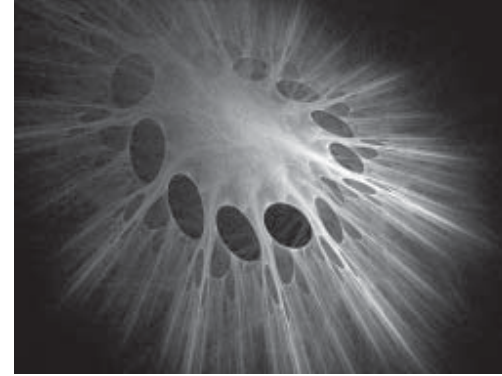
## नैसर्गिक फ्रॅक्टल्स

जंगलात फिरत असताना मोठमोठी झाडं भोवती उभी असतात. तितक्यात तुम्हाला नेच्याचं झाड दिसेल. नेच्याचं पान नैसर्गिक फ्रॅक्टल्सचं अगदी उत्तम उदाहरण आहे. त्याचे पिसासारखे पर्णल, त्यांची एक ओळ आणि त्या ओळींमधल्या छोट्या पर्णलांची एक ओळ. नेच्याचे पान हे झाडाची एक

छोटी प्रतिकृतीचं मानलं पाहिजे. झाडावर जशा खोडावर फांद्या आणि पानं येतात. त्याप्रमाणे त्या पानाची रचना असते. आणि ती त्यामुळेच स्वयंसदृश असते.

झाडांच्या फांद्या, नदीची वळणे, ढगांची दाटी, विजेच्या लखलखाटाने तयार होणारी आकृती, कीटकांचे इतस्ततः उडणे, पक्ष्यांचे आकाशात उडणे, लपलपणाच्या ज्वाळा,

भूकंपाने जमिनीला पडणाऱ्या भेगा अशी अनेक नैसर्गिक फ्रॅक्टल्सची उदाहरणे आहेत. आपल्या शरीरात सुद्धा फुफुसे, अन्ननलिका, मूत्रपिंडे, मेंदूमधील मज्जापेशींची गुंतागुंतीची रचना या सर्व ठिकाणी फ्रॅक्टल्स सापडतात.



जंतरमंतर जुलै-ऑगस्ट ०७ मधून साभार.

लेखक : डी. इंदूमती, चेन्नई येथील द. इन्स्टिट्यूट ऑफ मॅथेमेटिकल सायन्सेस येथे कार्यरत.

अनुवाद : यशश्री पुणेकर.

# कासवाचे कुटुंब

अनुवाद : ज्योती देशपांडे

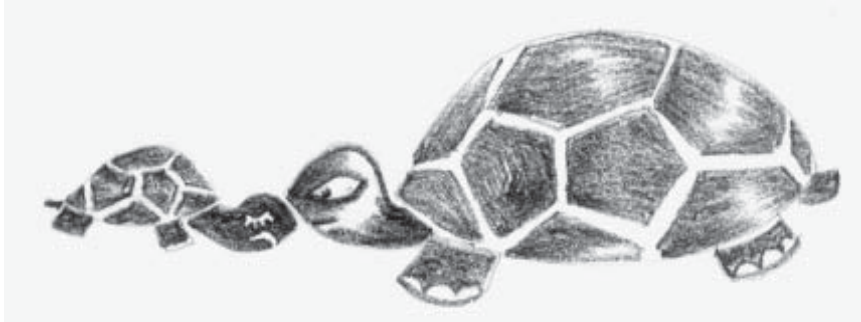
एका कासवाची आई अस्वस्थपणे हॉस्पिटलमधील ऑपरेशन थिएटरबाहेर फेऱ्या मारत होती. तिचा मुलगा छोटा कासव पोटदुखीमुळे आजारी होता. त्याला काहीच खाता येत नव्हतं आणि तो नेहमीसारखा वागत नव्हता. तो त्याच्याबरोबरीच्या कासवांमध्ये खेळतही नव्हता. काय झालंय त्याला - काहीच कळत नव्हतं. डॉक्टरांना पण त्याच्या आजारपणाबद्दल काहीच समजत नव्हतं. त्यांनी सांगितलं तुम्ही आता त्याला माणसांच्या डॉक्टरांकडेच दाखवा. म्हणून कासवाची आई कासवाला डॉक्टरांकडे घेऊन आली होती.

डॉक्टरांनी कासवाचं पोट तपासलं, दाबून बघितलं. स्टेथोस्कोपने तपासलं आणि 'आपल्याला त्याचा x-ray काढावा लागेल' असं सांगितलं. कासवाच्या पिलाच्या

पोटाचा x-ray काढून पाहिला तर काय दिसलं माहिती आहे? छोटासा प्लॉस्टिकचा तुकडा पोटांमध्ये आढळला.

कासवाच्या आईला अतिशय आश्चर्य वाटलं? कासवं कधीच प्लॉस्टिक खात नाहीत. महासागरामध्ये राहणारे कोणीच प्लॉस्टिक वापरत नव्हते. तरी हे कसं काय झालं, तिलाही समजेना. डॉक्टरांनी सांगितलं की आपल्याला पिल्लाच्या पोटाचं ऑपरेशन करावं लागेल. आणि पोटातला प्लॉस्टिकचा तुकडा काढून टाकावा लागेल. म्हणजे पिल्लू पुन्हा पाहिल्यासारखं होईल. तेच ऑपरेशन चालू होतं आणि त्याची आई ऑपरेशन थिएटरबाहेर अस्वस्थपणे येरझारा घालत होती. ऑपरेशन संपायला एक तास होता म्हणून कासवाची आई बाहेर पडली.

लोक इकडेतिकडे फिरत होते. कोणी



प्लॉस्टिकच्या कपमधून कॉफी पिताहेत. काहीजण प्लॉस्टिकच्या बशीतून खाताहेत. रस्त्याच्या पलीकडे काही लोक प्लॉस्टिकच्या पिशव्यांमधून भाजी घेऊन जात होते, प्लॉस्टिकच्या पिशवीतून काही वस्तू घेऊन जात होते. तिच्या लक्षात आलं की माणसं प्लॉस्टिकचा खूपच वापर करतात.

कासवाच्या आईने काही जणांना थांबवून विचारले "का तुम्ही इतका प्लॉस्टिकचा वापर करता?" "प्लॉस्टिक खूपच स्वस्त आहे, प्लॉस्टिक वापरायला खूपच सोईस्कर आहे. दर वेळी कापडी पिशवी नेणं लक्षात राहात नाही. प्लॉस्टिकच्या पिशव्या सगळीकडे मिळतात." अशी उत्तरं लोकांनी दिली. "पण वापरून झाल्यावर त्या प्लॉस्टिकचं तुम्ही काय करता?" कासवाच्या आईने विचारलं. 'आम्ही प्लॉस्टिक वापरतो आणि केराच्या टोपलीतून टाकून देतो. पुढे त्याचं काय होतं, आम्हाला माहिती नाही.' असं उत्तर मिळालं.

कासवाच्या आईच्या लक्षात आलं की हे दुखणं या प्लॉस्टिकमुळेच झालेलं आहे. ती हॉस्पिटलला जाण्यासाठी परत फिरली. तिला जाताना जागोजागी पडलेल्या प्लॉस्टिकच्या पिशव्या दिसल्या. तिच्या लक्षात आलं की या पिशव्या अशा तऱ्हेने समुद्रातमुद्धा पोहोचल्या असतील. प्लॉस्टिक वर्षानुवर्षे जसंच्या तसं टिकून रहातं. त्याला काहीही होत नाही. आणि समुद्रात प्राण्यांच्या

नकळत ते प्लॉस्टिक पोटात जात आहे. समुद्र, नद्या, महासागर या प्लॉस्टिकमुळे प्रदुषित होत आहेत.

तिच्या डोक्यांवरून काही पक्षी उडत जात होते. त्यातील एक पक्ष्याने तिला विचारले, "तू इथे काय करतेस?" तिने आपली सर्व कहाणी सांगितली. तेव्हा तो म्हणाला की पक्ष्यांनाही हल्ली प्लॉस्टिकचा त्रास होतो आहे.

रोज एखाद्या तरी पक्ष्याच्या पोटात प्लॉस्टिकचा तुकडा जातो, आणि त्याला हॉस्पिटलमध्ये न्यावं लागतंय. कासवाच्या आईला खूप वाईट वाटलं. सर्व प्राणीमित्रांवर या प्लॉस्टिकचा खूपच वाईट परिणाम होतोय पण तरी माणसे प्लॉस्टिक वापरणं सोडत नाहीत.

एक तास होऊन गेला होता. कासवाची आई हॉस्पिटलमध्ये परत आली. आल्या आल्या डॉक्टरांनी बातमी दिली, "कासव बाळाची तब्येत आता चांगली आहे. ऑपरेशन व्यवस्थित झालं. पण आता पुन्हा असं होता कामा नये. प्लॉस्टिक परत पोटात जाऊ नये याची काळजी घ्या." कासवाला हॉस्पिटलमधून घरी पाठवलं. पण आईला बरंच मोठ बील भरावं लागलं. तिला जाणवलं की भलेही प्लॉस्टिक खूप स्वस्त असेल पण त्यापासून निर्माण होणाऱ्या समस्या खूपच मोठ्या आहेत.

जंतरमंतर मार्च एप्रिल ०७ मधून

अनुवाद : ज्योती देशपांडे, संदर्भ गटात सहभागी.



# विश्वाचा व्याप मोजायचा कसा ?

लेखक : डॉ. कृ.दा. अभ्यंकर

आनंद

## प्रास्ताविक

शिवशंकर किती मोठा आहे हे मोजण्यासाठी ब्रह्मदेव वर व विष्णू खाली गेले पण त्यांना शंकराचा अंत सापडला नाही, असे महिम्नस्तोत्रात वर्णन आहे. हल्लीच्या विज्ञानयुगात सृष्टीच्या मापनासाठी एकीकडे भौतिकशास्त्रज्ञ लहानात लहान अणुगर्भाचा अभ्यास करून त्याचे गूढ शोधण्यात गुंतले आहेत, तर दुसरीकडे खगोलवैज्ञानिक संपूर्ण विश्वाचा व्याप मोजण्यात गर्क झाले आहेत. ही दोन्ही टोके अजून हातात आली नसली तरी निसर्गासंबंधी ज्ञानात पुष्कळच भर पडली आहे. या शास्त्रीय शाखा प्रयोग आणि गणिततंत्रामुळे सर्वसामान्य माणसांना फार कठीण वाटतात. काहीतरी गौडबंगाल करून शास्त्रज्ञ आपल्याला भूल तर पाडीत नाहीना अशीही त्यांना शंका येते.

वस्तुस्थिती अशी नसून रोज व्यवहारातल्या तत्वांचा तर्कशुद्ध उपयोग करून नवी माहिती मिळवली जाते. अशा रीतीने विश्व किती मोठे आहे हे जाणून

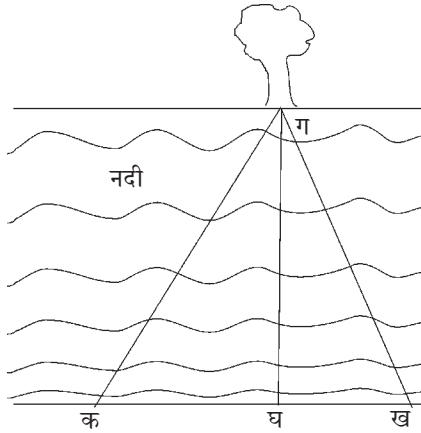
घेण्याच्या प्रयत्नात खगोलवैज्ञानिक पायरीपायरीने कसे दूरवर पोहोचतात हे या लेखात पाहू. आइन्स्टाइनने संपूर्ण विश्व मर्यादित असल्याचा निष्कर्ष काढून त्याचे आकारमान व वस्तुमान मोजले अशी विधाने वाचून आपल्याला अचंबा वाटतो. त्यासंबंधीचे कुतूहल थोड्या अंशाने तरी पूर्ण होईल व शास्त्रीय पद्धतीचे आकर्षण वाढेल अशी आशा आहे.

आपल्या हाताशी सापडणाऱ्या गोष्टींचे आकारमान प्रत्यक्षपणे ठरविता येते. खोलीतल्या टेबलाची लांबी-रुंदी-उंची फूटपट्टीने मोजता येते. त्यापेक्षा मोठ्या घराच्या फ्लॉटची किंवा शेतजमिनीची मोजणी सर्वेक्षकाच्या साखळीने करतात. तसेच कीटाणुसारखे सूक्ष्मपदार्थ मायक्रोस्कोपमधून पाहून व एका स्केलवर सरकवून त्यांचा आकार ठरविला जातो. परंतु अतिसूक्ष्म अणू किंवा इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपनेही दिसत नाहीत, त्यांचा व्यास अप्रत्यक्षपणेच मोजावा लागतो. तरीही हे पदार्थकण प्रयोगशाळेतच

अभ्यासता येतात; उपकरणांच्या साहाय्याने हाताळता येतात. उलट ग्रह, तारे, तारामंडळे इत्यादी आकाशातील ज्योतींची अंतरे व आकार त्यांच्यापर्यंत न पोहोचताच मोजावयाचे असतात. हे कसे शक्य होते ते आता पाहू.

### ग्रहमालिका

आपल्या दृष्टीला कोणती वस्तू जवळ व कोणती वस्तू दूर आहे हे सहज समजण्याचे मुख्य कारण आपल्याला दोन डोळे आहेत हे होय. या द्विनेत्रदृष्टीची (बायनॉक्युलर व्हिजनची) प्रचीती पाहण्यासाठी पुढील प्रयोग करावा. एक हात लांब करून त्याचे पहिले बोट सरळ उभे धरा व त्याच्याकडे एकदा डावा डोळा बंद करून व एकदा उजवा डोळा बंद करून पाहा, म्हणजे ते बोट समोरच्या भिंतीवर सरकताना दिसेल. बोट जितके जवळ धराल तितके त्याचे जास्त

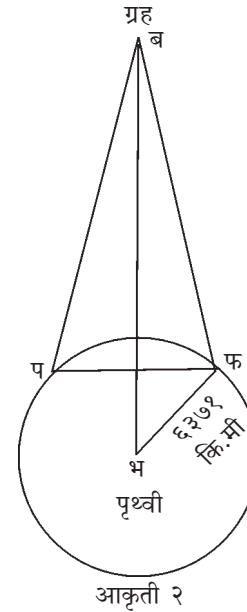


आकृती १

चलन होईल. याला 'दृक्लंबन' किंवा 'पॅरॅलॅक्टिक चलन' म्हणतात. त्यामुळेच आपल्याला वस्तूंची सापेक्ष अंतरे ठरविता येतात, अर्थात् याची आपल्याला तशी जाणीव नसते. याच तत्त्वाचा उपयोग सर्वेक्षक (सर्व्हेयर) त्रिकोणमापनाच्या (ट्रॅंग्युलेशनच्या) पद्धतीत करतो. आकृती क्रमांक १ मध्ये दाखविलेल्या नदीची रुंदी मोजावयाची असल्यास तो दोन डोळ्यांच्या ऐवजी 'क' व 'ख' असे दोन बिंदू नदीच्या या काठावर निवडतो. मग तेथून पलीकडच्या काठाशी असलेले 'ग' हे झाड थियोडोलाइटच्या साहाय्याने पाहतो.

अशा रीतीने 'गकख' आणि 'गखक' हे कोन मोजल्यावर 'क-ख' हे अंतर टेपने मोजले असल्यामुळे त्रिकोणमितीचा उपयोग करून 'ग-घ' ही नदीची रुंदी पलीकडे न जाताच काढता येते. याच प्रयोगाची पुनःपुन्हा आवृत्ती करून पृथ्वीचा परीघ मोजतात. त्यावरून तिची त्रिज्या सरासरी ६३७१ किलोमीटर असल्याचे माहीत झाले आहे. त्यामुळे पृथ्वीच्या पाठीवरील कोणत्याही दोन ठिकाणांचे अक्षांश-रेखांश माहीत असल्यास त्यांचे पृष्ठभागावरील किंवा सरळ रेषेतील अंतर गणिताने काढता येते.

आता कोणत्याही दूरच्या वस्तूचे अंतर अचूक मिळविण्यासाठी जितके ते अंतर जास्त असेल त्या प्रमाणात 'क-ख' ही पायारेषाही अधिक लांब घ्यावी लागते.



आकृती २

उदाहरणार्थ, पृथ्वीचा नैसर्गिक उपग्रह चंद्र, शुक्र व मंगळ हे पृथ्वीच्या शेजारचे ग्रह विशाल अवकाशाच्या मानाने अगदी जवळ असले तरी पृथ्वीच्या पाठीवरील अंतरापेक्षा पुष्कळच दूर आहेत. त्यांची अंतरे मोजण्यासाठी पृथ्वीच्या पाठीवर फिरून आकृती क्रमांक २ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे 'प' आणि 'फ' ही हजारो मैल अंतरावर असलेली ठिकाणे निवडतात. तेथून त्या ग्रहाची एकाच वेळी पाहणी केल्यास नक्षत्रमंडळातील त्याची स्थिती वेगळी असल्याचे दिसून येते. त्यावरून 'पबफ' हा पॅरॅलॅक्टिक कोन निश्चित करता येतो आणि 'प-फ' हे अंतर माहीत असल्याने ग्रहाचे 'ब-भ' हे अंतर काढता येते. अशा रीतीने

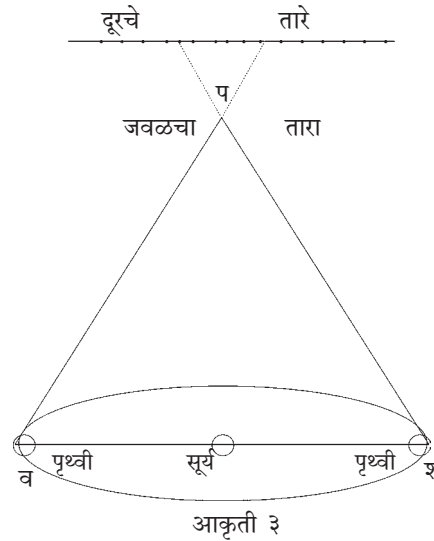
चंद्राचे सरासरी अंतर ३,८४,००० किलोमीटर निघते. अलीकडे रडार तंत्राच्या साहाय्याने याला पुष्टी मिळाली आहे. रडार पद्धतीत लघु तरंगांयाम रेडिओलहरी पृथ्वीवरून चंद्राकडे पाठवितात. आणि तेथून परावर्तन पावून त्या परत आल्या म्हणजे अतिसंवेदनाशील रेडिओ रिसिव्हरने पकडतात. त्यावरून जाण्या-येण्याचा पूर्ण प्रवास करण्यास साधारणपणे २.५६ सेकंद लागतात असे आढळते. रेडिओलहरींचा वेग ३ लाख कि.मी./सेकंद एवढा असल्याने चंद्राचे अंतर ३,८४,००० कि.मी. आहे हे प्रत्यक्ष रीतीनेच समजते. या प्रयोगात रेडिओलहरींना इकडून तिकडे निरोप घेऊन जाणाऱ्या दूताप्रमाणे वागविले जाते. रडारच्या साहाय्याने शुक्राचे अंतर व त्याची त्रिज्या या गोष्टी आता अचूक माहीत झाल्या आहेत.

ग्रहमालेतील सर्व ग्रहांची सूर्यापासूनची सापेक्ष अंतरे केप्लरच्या व न्यूटनच्या सिद्धांतावरून पूर्वीच माहीत होती. तेव्हा कोणत्याही एका ग्रहाचे अंतर किलोमीटरमध्ये मोजल्यास इतर सर्व ग्रहांची खरी अंतरे चटकन मिळतात. इरॉस नावाचा एक लघुग्रह पृथ्वीपासून २५५ लाख किलोमीटर इतका जवळ येतो, त्यामानाने शुक्राचे कमीत कमी अंतर ४५० लाख कि.मी. आहे. म्हणून इरॉसचा पॅरॅलॅक्स मोजणे सर्वांत सोपे आहे. इ.स. १९३० मध्ये इरॉस पुष्कळ जवळ

आला असताना जगातील कित्येक वेधशाळांनी मिळून त्याचे अंतर मोजले होते. त्यावरून आणि रडारने मोजलेल्या शुक्राच्या अंतरावरून आपल्या ग्रहमालेचा आकार निश्चित केला आहे. त्याप्रमाणे पृथ्वीचे सूर्यापासून मोजलेले सरासरी अंतर १४.९६ कोटी कि.मी. आहे, या अंतरास 'अॅस्ट्रॉनॉमिकल युनिट' असे नाव आहे.

### सूर्याचा परिसर

याच्या पुढची पायरी ग्रहमालेच्या बाहेर पडून ताऱ्यांची अंतरे मोजणे. तारे फार दूर असल्यामुळे त्यांचा पॅरेलॅक्स (दृक्लंबन) मोजण्यासाठी लागणारी पायारेषाही लांब असली पाहिजे. येथे पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते त्या कक्षेचा उपयोग होतो. आकृती क्रमांक ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सहा महिन्यात



पृथ्वी तिच्या कक्षा व्यासाच्या 'व' टोकापासून 'श' टोकापर्यंत जाते. या दोन बिंदूंचे अंतर ३० कोटी किलोमीटर आहे हे आपल्याला अगोदरच समजले आहे. तेथून ताऱ्यांचे दुर्बिणीच्या साहाय्याने अवलोकन केल्यास जवळचे तारे दूरच्या ताऱ्यांच्या मानाने चलित झालेले दिसतात. त्यावरून 'प' हा कोन मोजता येतो. त्याच्या अर्धभागास ताऱ्याचा 'ट्रिग्नॉमेट्रिक पॅरेलॅक्स' म्हणतात. सर्वात जवळच्या 'अल्फा सेंटॉरी' या ताऱ्याचा पॅरेलॅक्स एक विकलेपेक्षाही कमी (०".७५) आहे. या अत्यंत लघुकोनाची कल्पना येण्यासाठी एक पैसा तीन किलोमीटर दूर नेल्यास तो जेवढा मोठा दिसेल तेवढीच मोठी पृथ्वीची ३० कोटी किलोमीटर व्यासाची संपूर्ण कक्षा अल्फा सेंटॉरीपासून दिसेल हे लक्षात घ्यावे. आकाशातील इतर सर्व तारे याहून अधिक दूर असल्याने त्याचे पॅरेलॅक्स कोन त्याहूनही कमी आहेत. म्हणून पॅरेलॅक्स मोजण्यास फारच कठीण वेध घ्यावे लागतात. त्यामुळे इ.स. १८३८ पर्यंत एकाही ताऱ्याचे अंतर मोजले गेले नव्हते. आता मात्र पाच-सहा हजार ताऱ्यांचे पॅरेलॅक्स सूचिबद्ध झाले आहेत.

ताऱ्यांच्या दूरपणाची कल्पना येण्यासाठी काही प्रमाणे लक्षात ठेवावी. ताऱ्याचा पॅरेलॅक्स १ विकला असल्यास त्याचे अंतर १ पारसेक, १/२ विकला असल्यास २ पारसेक असे म्हणतात. पारसेक हेच

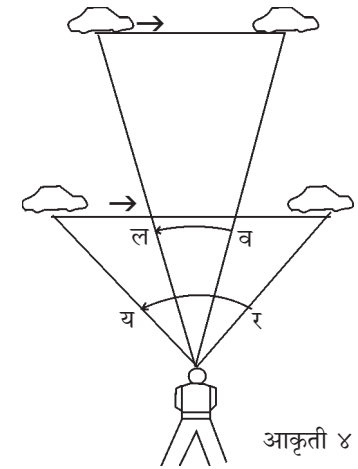
खगोलविज्ञानात अंतर मोजण्याचे मूळ प्रमाण मानतात. ते जवळजवळ २ लाख अॅस्ट्रॉनॉमिकल युनिट किंवा ३ परार्ध ( $3 \times 10^{13}$ ) किलोमीटर इतके भरते. एवढ्या अंतरावरून प्रकाश आपल्यापर्यंत पोहोचण्यास सव्वातीन वर्षे लागतात, म्हणून या अंतरास सव्वातीन प्रकाशवर्षे असेही म्हणतात. एका वर्षात प्रकाश  $9.4 \times 10^{12}$  (जवळपास १ परार्ध) किलोमीटर अंतर कापतो, या अंतरास प्रकाशवर्ष नाव असून तेही अंतराचे प्रमाण म्हणून वापरतात. उदाहरणार्थ, सर्वात जवळचा 'अल्फा सेंटॉरी' तारा १.३३ पारसेक किंवा ४.३३ प्रकाशवर्षे दूर आहे. व्याधाचे अंतर २.७ पारसेक किंवा ८.८ प्रकाशवर्षे, चित्रा नक्षत्राचे अंतर ६५ पारसेक किंवा २१८ प्रकाशवर्षे, इत्यादी. आपल्या डोळ्यांना दिसणारे बहुतेक तारे अत्यंत दूर असल्यामुळेच सूर्याइतके किंवा त्याहून कित्येक पटींनी तेजस्वी असूनही मंद दिसतात.

### संख्याशास्त्राचा उपयोग

ट्रिग्नॉमेट्रिक पॅरेलॅक्स मोजून २० पारसेक किंवा ६० ते ६५ प्रकाशवर्षे इतपत अंतरे मोजता येतात. त्यापुढे पृथ्वीची कक्षाही पायारेषा म्हणून अपुरी पडते. पण इतके दूर जाऊन आपण अजून आकाशगंगेचा एक दशसहस्रांश भागही टापूत आणलेला नाही, विश्वाची तर गोष्टच सोडा. यानंतर आपल्याला वेगळ्याच तत्वांचा आणि

संख्याशास्त्राचा उपयोग करावा लागतो. त्यातही आपले नेहमीचे अनुभव कामास येतात.

आकृती क्रमांक ४ मधील मुलगा दोन समांतर रस्त्यांवरून जाणाऱ्या मोटारीकडे पाहत आहे. सर्वसाधारणपणे मोटारीचा वेग सारखाच (ताशी ५० कि.मी.) धरल्यास जवळच्या रस्त्यावरून जाणारी मोटार जोरात व दूरच्या रस्त्यावरून जाणारी मोटार हळू जात आहे असे वाटते. कारण ज्या वेळात जवळची मोटार 'य-र' हा मोठा कोन कापते त्याच वेळात लांबची मोटार 'ल-व' हा लहान कोन कापते. या कोनीय गतीस विशिष्ट चलन (प्रॉपर मोशन) म्हणतात. अंतर जास्त तितके विशिष्ट चलन कमी, दुसऱ्या शब्दात विशिष्ट चलन अंतराच्या व्यस्त प्रमाणात असते. हा अनुभव आपल्याला आगगाडीतून जाताना पण येतो. जवळची झाडे व इमारती



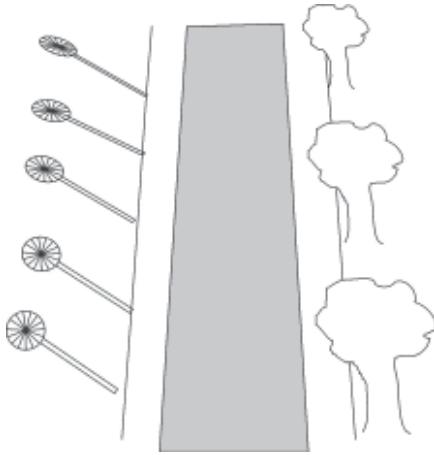
भरकन मागे जातात, परंतु दूरची झाडे फारच हळू हळू मागे सरकतात. अवकाशातही आपण असाच आगगाडीचा प्रवास करीत आहोत.

आकाशातील निरनिराळ्या तारांची त्रिज्यीय गती वर्णपटले मापकाने मोजली असता आपला सूर्य २० कि.मी./सेकंद या वेगाने अभिजित (लायरा) नक्षत्राच्या दिशेत जात आहे असे आढळते. परिणामी सर्व तारे उलट्या दिशेत प्रवास करताहेत असे दिसते. त्यात जवळच्या ताऱ्यांचे विशिष्ट चलन जास्त व दूरच्या ताऱ्यांचे कमी असते. म्हणून विशिष्ट चलन मोजून ताऱ्यांची अंतरे आजमावता येतात. पृथ्वीच्या कक्षाव्यासाएवढे अंतर सूर्य सहा महिन्यात कापतो आणि दहा वर्षांत ते अॅस्ट्रॉनॉमिकल युनिटच्या ४० पट होते. म्हणून ताऱ्यांचे विशिष्ट चलन पॅरॅलॅक्सपेक्षा अधिक होते व मोजण्यास सोपे जाते. अशा रीतीने २००० पारसेक किंवा ६००० प्रकाशवर्षांपर्यंतची अंतरे मोजतात. अवकाशातून एकसाथ फिरणाऱ्या ताऱ्यांच्या गटांना किंवा समूहांना त्याचप्रमाणे सारखाच रंग आणि सारखेच दृश्य तेज असणाऱ्या ताऱ्यांच्या गटाला ही पद्धत विशेष उपयोगी पडते. या पद्धतीने रोहिणीशकट ४१ पारसेक (१३० प्रकाशवर्षे) व कृत्तिकापुंज १२६ पारसेक (४०० प्रकाशवर्षे) दूर आहे असे समजले आहे.

तारकासमूहांची किंवा तारामंडळांच्या

समूहांची अंतरे मोजण्याची आणखी एक पद्धत आहे. तिचे तत्त्व समजण्यास आकृती क्रमांक ५ मधील रस्त्याच्या बाजूची झाडे पाहावी. त्यात जवळचे झाडे मोठे व दूरची झाडे लहान वाटतात. गावकरी माणसे पायवाटेने प्रवास करतात तेव्हा झाडे, घरे इत्यादी वस्तूंच्या आकारावरून गाव किती दूर आहे याचा अंदाज घेतात. त्याचप्रमाणे तारकासमूह, आंतर्ज्योतीय अवकाशातील वायुमेघ, किंवा रेडिओ ज्योती यांचे आकार मोजून त्यांची अंतरे काढण्याचा प्रयत्न खगोलवैज्ञानिक करतात.

विशिष्ट चलन किंवा आकार यांसारख्या वस्तूप्रमाणे बदलणाऱ्या गुणांवरून एक एक ताऱ्याचे किंवा प्रत्येक तारकासमूहाचे अंतर बरोबर निघत नाही. परंतु सरासरी अंतरे चांगली समजतात. कारण ह्या पद्धती



आकृती ५

संख्याशास्त्रावर अवलंबून आहेत. उदाहरणार्थ, बैलगाडी, मोटार आणि विमान एकाच अंतरावर असली तरी त्यांचे विशिष्ट चलन वेगळे राहिल कारण या वाहनांचा वेग भिन्न असतो. तेव्हा विशिष्ट चलनाचा उपयोग करताना आपण कोणत्या गटातील वस्तू पाहत आहोत हे अगोदर ठरविले पाहिजे. असाच तर्क आकाराच्या बाबतीत करावा लागतो. मुले, बाया आणि पुरुष यांची उंची वेगवेगळी असते. म्हणून व्यक्तीच्या आकारावरून अंतर ठरविताना आपणांस दिसणारी व्यक्ती कोणत्या गटात बसते ते आपण कपड्यांवरून किंवा इतर प्रकारे अगोदर ठरवितो. एवढे करूनही चूक होण्याचे आणखी एक कारण आहे. एकाच गटातील सर्व व्यक्ती सारख्या आकाराच्या नसतात. पुष्कळदा या भिन्नतेचा उपयोग करून आपण व्यक्ती ओळखतो. दूरवरून येणारा माणूस नेहमीपेक्षा ठेंगणा वाटतो तेव्हा तो उंच असलेले गंपूनाना नसून ठेंगणा सदूमामा असला पाहिजे असे आपण निदान करतो. संख्याशास्त्रातील हे खाचखळगे लक्षात ठेवूनच विशिष्ट चलन, आकार इत्यादीचा उपयोग गटांची अंतरे मोजण्यात केला पाहिजे.

### ताऱ्यांचे दीप्तिमान

आता आपण अंतर मोजण्याच्या एका महत्त्वाच्या पद्धतीकडे वळू. आकृती क्रमांक ५ मध्ये रस्त्याच्या डावीकडे असलेले दिवे

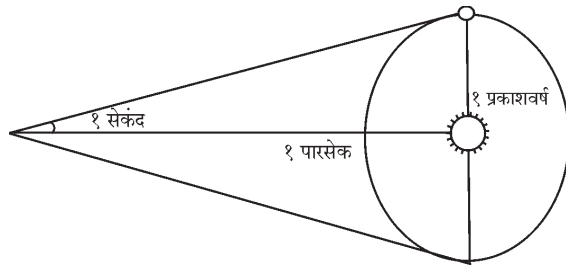
पाहिल्यास जवळचा दिवा जास्त प्रखर दिसतो व जसजसे दूर पाहावे तसे दिवे मंद होत गेलेले दिसतात. दिव्यांचे तेज अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते. म्हणजे दुप्पट अंतरावरचा दिवा चौपट मंद, तिप्पट अंतरावरचा दिवा ९ पट मंद, इत्यादी. तेव्हा दिव्याचे तेज मोजून त्याचे अंतर काढता येईल. येथेही सर्व दिवे एकसारखे असतील तरच उत्तर बरोबर निघेल. जवळचा साधा दिवा दूरच्या सर्चलाइटपुढे पुष्कळदा फिका वाटतो. कारण सर्चलाइटचे अंगभूत तेज साध्या दिव्याच्या कितीतरी पट असते. परंतु दूरवर दिसणारा दिवा कोणत्या प्रकारचा आहे, म्हणजेच त्याचे अंगभूत तेज किती आहे, हे इतर प्रकारे ठरविता आल्यास त्याचे दृश्य (भासणारे) तेज मोजून अंतर काढता येईल. ही पद्धत ताऱ्यांच्या बाबतीत अत्यंत उपयोगी ठरली आहे. ताऱ्यांचा वर्णपट पाहून किंवा त्यांच्या प्रकाशातील परिवर्तन मोजून ताऱ्यांचा प्रकार व त्याचे अंगभूत दीप्तिमान (अॅब्सोल्यूट ल्युमिनॉसिटी) ठरविता येते. म्हणून त्याचे दृश्य दीप्तिमान (अॅपरन्ट ल्युमिनॉसिटी) मोजून अंतराचा अंदाज करतात. यात आणखी एक गोष्ट लक्षात घ्यावी लागते. आजूबाजूस धुके पसरले असेल तर सर्वच दिवे व्यस्तवर्गीय नियमापेक्षा जास्त मंद दिसतात. धुक्यामुळे आपल्याकडे येणाऱ्या प्रकाश किरणातील ऊर्जा इकडेतिकडे पसरून विकीरित होते.

दूरच्या दिव्याच्या प्रकाशावर याचा जास्त परिणाम होतो. ताऱ्यांच्या मधील अवकाशातही धूलिमेष आहेत. त्यामुळे ताऱ्यांचे तेज मंद होते व ते जास्त लालसर दिसतात. हा लालपणा मोजून धूलिमेषाची जाडी व त्यामुळे येणारे मंदपण आजमावता येते.

आता आपण अवकाशातून दूर अंतरापर्यंत चमकणाऱ्या काही ज्योतीचे गुण पाहू. आपला सूर्य व अल्फा सेंटॉरी हे एकाच प्रकारचे म्हणजे पृष्ठभागावर ५८००°केल्विन तपमान असलेले पिवळ्या रंगाचे तारे आहेत. त्यांचे अंगभूत दीप्तिमान ताऱ्यांच्या मानाने मध्यम प्रकारचे आहे म्हणून ते फार दूरपर्यंत दिसणार नाहीत. उदाहरणार्थ सूर्य अल्फा सेंटॉरी इतका म्हणजे साधारण एक-सव्वा पारसेक दूर नेल्यास तो पहिल्या प्रतीचा ठळक तारा वाटेल. पण त्याला आणखी दसपट दूर नेल्यास तो जेमतेम डोळ्यांस दिसेल आणि त्याहून दूर नेल्यास दुर्बिणीशिवाय दिसणार नाही. म्हणून दूरची अंतरे मोजण्याच्या दृष्टीने सूर्यासारखे मध्यम प्रतीचे तारे कामाचे नाहीत. याच्या उलट मृग नक्षत्रातील तारे ३०० पारसेक, किंवा १००० प्रकाशवर्षे, दूर असून चांगले ठळक दिसतात, कारण ते सूर्याच्या ६० हजार पट प्रकाशवान आहेत.

त्यापैकी बेटेलग्यूस हा लाल तारा सोडल्यास बाकीचे २० ते ४० हजार केल्विन पृष्ठतपमानाचे अतिउष्ण निळे तारे आहेत. ते ३००० पारसेक (दहा हजार प्रकाशवर्षे) अंतरावरूनही डोळ्यांस दिसतील व अँड्रोमीडा तारामंडळाइतके, म्हणजे २० लाख पारसेक दूर नेल्यावरही मोठ्या दुर्बिणीच्या साहाय्याने त्यांचे छायाचित्रण करता येईल. म्हणून अंतरे मोजण्यासाठी त्यांचा उपयोग होतो.

अतिउष्ण निळ्या ताऱ्यांपेक्षा परिवर्तनशील (रूपविकारी) तारे शोधणे अधिक सोपे असते. परिवर्तनशील ताऱ्यांचे प्रकाशमान आवर्तरूपाने बदलते, कारण त्यांचे स्पंदन (आकुंचन-प्रसरण) होत असते. ते एकदा आकुंचन पावल्याने उष्ण व अधिक प्रकाशमान, आणि अर्ध्या पर्यायकालानंतर प्रसरण पावल्याने थंड व कमी प्रकाशवान होतात. या परिवर्तनाचा आवर्तकाल काही ताऱ्यात ८-१२ तास असतो तर दुसऱ्या टोकावर ४००-५००



आकृती ६

दिवसांपर्यंतही असतो. स्पंदमान ताऱ्यांचे दोन गट महत्त्वाचे आहेत. एक गट 'RR-लायरी' सारख्या ताऱ्यांचा व दुसरा गट 'डेल्टा सेफीड' सारख्या ताऱ्यांचा. RR-लायरी गटातील ताऱ्यांचा आवर्तकाल अर्धा ते एक दिवस असतो. त्यांचे सरासरी पृष्ठतपमान १०,००० केल्विन व रंग पांढरा असतो. विशिष्ट चलन पद्धतीने त्यांचे अंगभूत दीप्तिमान सूर्याच्या साठ-पट असते असे समजले आहे. दुसरे डेल्टा सेफीड जातीचे तारे हिरव्या-पिवळ्या रंगाचे असून त्यांचे पृष्ठतपमान ६००० ते ८००० केल्विन असते. त्यांचा आवर्तकाल ३२ ते ४० दिवस असतो व अंगभूत दीप्तिमान आवर्तकालावर अवलंबून असते. २ दिवस आवर्तकालाचा तारा सूर्याच्या हजारपट प्रकाश फेकतो आणि आवर्तकाला बरोबर वाढत वाढत ४० दिवस आवर्तकाल असलेल्या ताऱ्यांचे अंगभूत दीप्तिमान सूर्याच्या दहा हजार पट होते. याला खगोलविज्ञानात 'आवर्तकाल-दीप्तिमान संबंध' असे नाव आहे. प्रकाशातील परिवर्तनामुळे दोन्ही प्रकारचे तारे चटकन ओळखता येतात.

### आकाशगंगा व तारामंडळे (गॅलॅक्सी)

RR-लायरी गटातील तारे गोलाकार तारकासमूहात विशेष करून सापडतात. त्यामुळे गोलाकार तारकासमूहाचे अंतर मोजता येते. चाळीस पन्नास वर्षांपूर्वी शाप्ले या खगोलवैज्ञानिकाने १०० गोलाकार

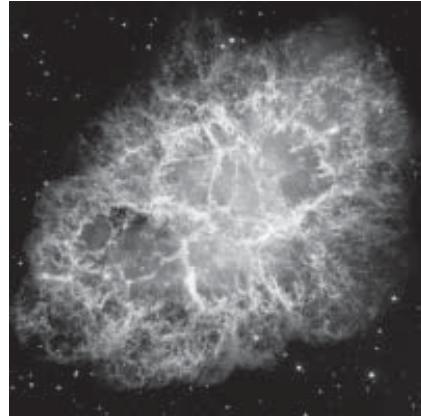
तारकासमूहांची अंतरे मोजली. तेव्हा त्या सर्वांची मिळून एक मोठी गोलाकार रचना असल्याचे समजले. त्याचे केंद्र धनुराशीच्या दिशेत ३० हजार प्रकाशवर्षे अंतरावर आहे असे त्यास आढळून आले. आपली आकाशगंगा त्याच दिशेत सर्वांत जाडी व दाट असल्याने वरील केंद्र आकाशगंगेच्या मध्यावरच आहे असा निष्कर्ष निघाला. अलीकडच्या रेडिओ खगोलवैज्ञानिक वेधावरून त्याला पुष्टी मिळाली. आकाशगंगा म्हणजे एक मोठे तारामंडळच आहे हे त्यावरून दिसून आले. गेल्या ५० वर्षांत या 'आपल्या तारामंडळाची' पुष्कळच माहिती गोळा झाली आहे. त्याचा आकार एका भिंगाकार तबकडीसारखा असून त्यात सूर्याएवढे १०० अब्ज तारे आहेत. तबकडीचा व्यास १ लक्ष प्रकाशवर्षे (३० हजार पारसेक) व जाडी ६ हजार प्रकाशवर्षे (२ हजार पारसेक) आहे. संपूर्ण आकाशगंगा स्वतःच्या अक्षाभोवती फिरत असून तिच्यात चक्रभुजांची ठेवण आहे. आपला सूर्य आकाशगंगेच्या केंद्राभोवती २०० कि.मी./सेकंद या वेगाने फिरत असून एक प्रदक्षिणा पुरी करण्यास त्याला २० लक्ष वर्षे लागतात, इत्यादी.

अँड्रोमीडा नक्षत्रात आपल्या आकाशगंगेसारखेच एक तारामंडळ आहे. फार दूर असल्यामुळे ते एका अंधुक अभ्रिके सारखे दिसते. तसेच दक्षिण

गोलार्धात 'मॅगेलानचे मेघ' या नावाने ओळखली जाणारी दोन तारामंडळे आहेत. यांची अंतरे मोजण्यास डेल्टा सेफीड गटाचे तारे आणि सूर्याच्या ६० हजार पट तेजस्वी असलेल्या गोलाकार तारकासमूहांचा उपयोग करतात. त्यांचे दृश्य प्रकाशमान मोजून आणि प्रकाशाचा व्यस्तवर्गीय नियम लावून अँड्रोमीडा तारामंडळाचे अंतर २२ लक्ष प्रकाशवर्षे व मॅगेलानच्या मेघांचे अंतर १.८ लक्ष प्रकाशवर्षे निघते. इतर जवळच्या तारामंडळाची अंतरे याच पद्धतीने मिळतात. त्यानंतर त्यांचे आकारमान, वस्तुमान व रचना यांची माहिती करून घेणे सोपे होते. आकार, वस्तुमान, अक्षभ्रमण, चक्रभुजांची ठेवण इत्यादी सर्व बाबतीत अँड्रोमीडा तारामंडळ म्हणजे आपल्या आकाशगंगेची थोडी मोठी आवृत्तीच आहे असे आढळते. शेवटी आपली आकाशगंगा, अँड्रोमीडा तारामंडळ, मॅगेलानचे मेघ आणि इतर १९-२० तारामंडळे मिळून एक स्थानीय गट आहे हेही समजते.

स्थानीय गटांच्या बाहेर पडण्यास आतापर्यंत वर्णन केलेल्या कोणत्याच ज्योतींचा उपयोग होत नाही. येथे स्फोटमान ताऱ्यांचा उपयोग करतात. प्रदीर्घ उत्क्रांत अवस्थेत ताऱ्यांचा स्फोट होतो. तेव्हा त्यांचे दीप्तिमान कितीतरी पटींनी वाढते. काही महिन्यांनी स्फोट शमतो व ते तारे पूर्ववत् दिसू लागतात. थोड्याच वेळापुरते

प्रकाशतात म्हणून अशा ताऱ्यांना नवतारे (नोव्हा) असे नाव आहे. सर्वात अधिक दीप्तिमान असतात तेव्हा ते सूर्याच्या १० लाख पट तेजस्वी होतात व दूर अंतरापर्यंत दिसतात. प्रत्येक तारामंडळात दरवर्षी ३०-४० नवताऱ्यांचा स्फोट होतो. पण त्यांच्याहून जबरदस्त महास्फोट दाखविणारे अतिदीप्तिमान नवतारे (सुपरनोव्हा) दोन-तीनशे वर्षात एकदा बार उडवतात. परमोच्च क्षणी सूर्याच्या १० कोटी पट प्रकाश फेकीत असल्यामुळे प्रखर सर्चलाइटप्रमाणे ते फार दूरपर्यंत आपले अस्तित्व जाहीर करतात. असाच एक अतिदीप्तिमान नवतारा इ.स. १०५४ मध्ये चिनी लोकांना कर्क राशीत दिसला होता. त्या वेळी तो भर दिवसा आकाशात चमकत असे. त्याच्या स्फोटाने उत्पन्न झालेली अभ्रिका प्रसरणाने आता बरीच मोठी झालेली दिसते, तिला 'क्रॅब



क्रॅब अभ्रिका

अभ्रिका' (क्रॅब नेब्युला) असे नाव आहे. दूरच्या तारामंडळात असा महास्फोट झाला म्हणजे काही दिवस त्याच्या छायाचित्रात एक प्रकाशवान तारा दिसतो. त्याचे दृश्य प्रकाशमान मोजून तारामंडळाचे अंतर काढतात. अशा रीतीने ३०-४० कोटी पारसेक, किंवा १ अब्ज प्रकाशवर्षांपर्यंतची अंतरे मोजता येतात. एवढ्या अंतरापर्यंत १०० ते १००० तारामंडळे सामावलेले २० तारामंडळसमूह तसेच हजारो सुटी तारामंडळे सापडली आहेत.

### विश्व

मोठ्या दुर्बिणीतून घेतलेल्या छायाचित्रात १०-२० कोटी तारामंडळे आढळतात. त्यापैकी १०-२० लाख तारामंडळे १ अब्ज वर्षांच्या प्रकाश कक्षेत येतात. बाकी सर्व तारामंडळे याहून दूर आहेत. त्यांची अंतरे मोजण्यास अतिदीप्तिमान नवतारेही कुचकामी ठरतात. म्हणून तारामंडळाचे समूह शोधून त्यांचे आकार, तसेच त्यांच्यातील सर्वात तेजस्वी तारामंडळाचे दृश्य दीप्तिमान मोजून त्या समूहांची अंतरे काढण्याची संख्याशास्त्रीय पद्धत वापरतात. परंतु डॉप्लर परिणामावर आधारलेली वर्णपटीय पद्धत अधिक फलदायी ठरली आहे, तिचा आता विचार करू.

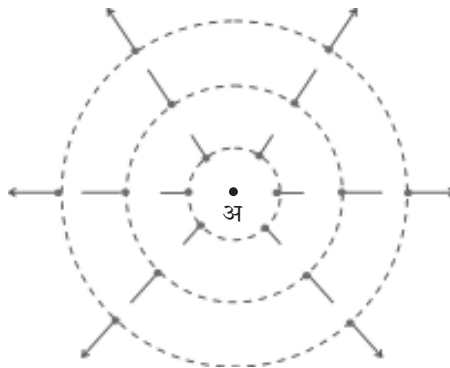
कधी कधी छोट्या स्टेशनावर गाडीची वाट पाहत असताना एखादी मेल गाडी धडधडत समोरून जाते. त्या वेळी तिची

शिटी लक्ष देऊन ऐकली तर गाडी आपल्याकडे येत असताना तिचा स्वर कर्कश (तीव्र) वाटतो व ती दूर जाऊ लागली म्हणजे तोच स्वर घोगरा (मंद) झालेला असतो. याचा अर्थ येणाऱ्या गाडीच्या शिटीतील ध्वनिलहरींची आंदोलन संख्या आहे त्यापेक्षा जास्त व जाणाऱ्या गाडीच्या शिटीतील आंदोलनसंख्या आहे त्यापेक्षा कमी भासते. तसेच ध्वनिलहरींची तरंगलांबी मोजली तर येणाऱ्यांची कमी व जाणाऱ्यांची जास्त भरेल. या निसर्ग प्रकारास 'डॉप्लर-परिणाम' असे शास्त्रीय नाव आहे. तो प्रकाशलहरींच्या बाबतीतही अनुभवास येतो. पृथ्वी सूर्याभोवती ३० कि.मी./सेकंद या वेगाने फिरत असल्यामुळे कोणत्याही क्षणी ती जिकडे जात असेल त्या दिशेतील तारे याच वेगाने आपल्याकडे येत असल्यासारखे भासते. परिणामतः त्यांच्या वर्णपटातील शोषणरेषा नीलभागाकडे म्हणजेच कमी तरंगलांबीकडे सरकलेल्या दिसतात. (ब्लू शिफ्ट) त्याच वेळी विरुद्ध गोलार्धातील ताऱ्यांच्या वर्णपटरेषा लालभागाकडे म्हणजे अधिक तरंगलांबीकडे सरकलेल्या आढळतात, (रेड शिफ्ट) कारण हे तारे पृथ्वीपासून दूर जात आहेत असे वाटते.

वर्णपट रेषांच्या स्थितीतील हा बदल एक वर्षाच्या आवर्तकालाने पुनःपुन्हा होत असतो. तो वजा केला की ताऱ्यांची स्वतःची त्रिज्यीय गती समजते. उदाहरणार्थ, गामा

लियोनिस (सिंह राशीतील तिसरा तारा) ३७ कि.मी./सेकंद या वेगाने आपल्याकडे येत आहे, तर रोहिणीचा तारा आपल्यापासून ५४ कि.मी./सेकंद या वेगाने दूर जात आहे.

या 'रेड शिफ्ट'चा शोध ७० वर्षांपूर्वी लागला. सर्व तारामंडळाच्या वर्णपटातील वर्णरेषा लाल भागाकडे सरकलेल्या असतात असे आढळून येते. अर्थात् सर्व तारामंडळे आपल्यापासून दूर जात आहेत असा निष्कर्ष निघतो. त्यांचा दूर जाण्याचा वेग अंतराच्या समप्रमाणात वाढतो असे हबल या खगोल वैज्ञानिकास दिसून आले, म्हणून त्याला हबलचा नियम म्हणतात. आकृती क्रमांक ६ मध्ये तो स्पष्ट केला आहे. तेथे चित्रित केलेल्या तारामंडळाचे वेग बाणांनी दाखविले आहेत. पहिल्या, दुसऱ्या व तिसऱ्या वर्तुळातील तारामंडळे 'अ' या आकाशगंगेपासून एकपट, दुप्पट व तिप्पट दूर आहेत. त्याचप्रमाणे बाणांनी दाखविलेला



आकृती ७

त्यांचा दूर जाण्याचा वेगही एकपट, दुप्पट व तिप्पट आहे. हबलच्या नियमाचा अर्थ संपूर्ण विश्वच प्रसरण पावत आहे असा होतो. त्याचा प्रसरणाचा वेग दर लाख पारसेकला १० कि.मी./सेकंद आहे. तेव्हा २० कि.मी./से. वेग म्हणजे २ लाख पारसेक अंतर, १०० कि.मी./से. वेग म्हणजे १० लाख पारसेक अंतर, असा तर्क लावून अतिदूरच्या तारामंडळांची अंतरे मोजता येतात.

या प्रकारे अलीकडे शोधलेल्या कासार ज्योतींची अंतरे मोजली आहेत. या ज्योती अत्यंत दूर आहेत. त्यांपैकी सर्वात दूरच्या '३ C ९' संबोधनाने ओळखल्या जाणाऱ्या कासारचे अंतर अडीच अब्ज पारसेक निघाले. कारण त्याचा दूर जाण्याचा वेग २,४०,००० कि.मी./से. म्हणजे प्रकाशवेगाच्या ८०% इतका मोठा आहे. तेव्हा हबलचा नियम लावल्यास आणखी अर्धा अब्ज पारसेक दूर गेल्यास तेथील तारामंडळांचा वेग प्रकाशवेगाएवढा असेल. म्हणून त्या ज्योतींचा प्रकाश आपल्यापर्यंत कधीच पोहोचणार नाही आणि त्या पलीकडे विश्व आहे की नाही ते आपल्यास समजण्यास काहीच मार्ग नाही. यावरून तीन अब्ज पारसेक, किंवा १० अब्ज प्रकाशवर्षे, ही दृश्य विश्वाची सीमा ठरते.

संपूर्ण दृश्य विश्वात ३ अब्ज तारामंडळे व प्रत्येक तारामंडळात १०० अब्ज सूर्याएवढे

तारे असावेत असा आकाशाच्या छायाचित्रातील तारामंडळाची संख्या मोजून अंदाज मिळतो. त्याप्रमाणे संपूर्ण विश्वाचे वस्तुमान  $१०^{५४}$  ग्राम (एक हजार जलधि जलधि जलधि ग्राम) भरते. विश्वाचे प्रसरण उलटविल्यास १० अब्ज वर्षांपूर्वी विश्वातील सर्व पदार्थ एकाच बिंदूत केंद्रित झाला होता असे अनुमान निघते. त्या वेळी एक महास्फोट (बिग बँग) होऊन विश्वप्रसरणास सुरुवात झाली म्हणून तो विश्वाच्या उत्पत्तीचा काळ समजावा. विश्वाचे हे ठोकळ चित्र सूक्ष्म वेधांमुळे व आइन्स्टाइनच्या सर्वसाधारण सापेक्षतेच्या सिद्धान्ताचा अवलंब करून काहीसे बदलावे लागेल. परंतु त्याचे विवेचन करण्यास येथे जागा नाही.

### खगोलीय वस्तूंचे आकार

एखाद्या वस्तूचे अंतर माहित झाल्यावर तिचा आकार काढणे फार सोपे आहे. आकार किंवा लांबी (d) अंतराच्या (r) मानाने पुष्कळ कमी असल्यास तिची कोणीय लांबी ( $\theta$ ),  $\theta = d/r$  या समीकरणाने प्राप्त होते. त्यावरून  $d = r\theta$  हे समीकरण लिहिल्यास अंतर (r) व कोणीय लांबी  $\theta$  यांचा गुणाकार केल्यास आपल्याला खरी लांबी काढता येईल. येथे कोन  $\theta$  नैसर्गिक पद्धतीत म्हणजे रेडियनमध्ये मोजायचा असतो. उदाहरणार्थ सूर्याचे अंतर १४.९६ कोटी किलोमीटर व त्याची कोणीय त्रिज्या ९६०'' म्हणजे (सेकंद) किंवा ०.००४६५ रेडियन आहे. यावरून त्याची

त्रिज्या  $R = ६.९६$  लक्ष किलोमीटर येते. तसेच चंद्राचे अंतर ३.८४ लक्ष किलोमीटर व त्याची कोणीय त्रिज्या ९३२'' म्हणजे ०.००४५२ रेडियन भरते म्हणून त्याची खरी त्रिज्या १७३८ किलोमीटर आहे हे काढता येते. अशाच रीतीने ग्रह, तारकासमूह, तारामंडळे या पसरत वस्तूंचे आकार मोजता येतात. परंतु ताऱ्यांचे आकार मोजणे कठीण जाते, कारण मोठ्यातल्या मोठ्या २०० इंच व्यासाच्या दुर्बिणीतूनही तारे बिंदुरूपच दिसतात. त्यांचे बिंब दिसत नाही. त्यामुळे त्यांचा कोणीय व्यास मोजणे शक्य नसते.

काही जवळच्या किंवा मोठ्या ताऱ्यांचा व्यास मात्र स्टेलर इंटरफिरॉमीटर (तारकेय व्यतिकरण मापक) या उपकरणाने मोजता येतो. अशा प्रकारे ८.०७ प्रकाशवर्षे अंतरावरील व्याधाचा कोणीय व्यास ०.००५९ सेकंद आल्यामुळे त्याची त्रिज्या सूर्याच्या २.१२ पट म्हणजे २.१२R एवढी निघते. तसेच ५८७ प्रकाशवर्षे अंतरावरील बेटेल्ग्यूस या ताऱ्याचा कोणीय व्यास ०.०३४ सेकंद असल्याने त्याची त्रिज्या २५०R इतकी भरते. हा तारा किती मोठा आहे याची कल्पना करावयाची असेल तर त्यात सूर्याच्या जागी आणल्यास पृथ्वीची कक्षा त्याच्या आत समावून जाईल हे लक्षात घ्यावे. म्हणूनच अशा ताऱ्यांना 'महतम तारे' (सुपरजायंट) अशी संज्ञा मिळाली आहे. हे तारे हर्ट्झस्पुंग-रसेल आलेखाच्या ईशान्य

भागात आढळतात. त्यांच्या तुलनेत सूर्य, व्याध इत्यादि प्रमुख श्रेणीच्या ताऱ्यांना 'लघु तारे' (ड्वार्फ) म्हटले जाते.

सर्वच ताऱ्यांना वरील सोपी पद्धत लागू पडत नसल्याने त्यांचे आकार काढण्यासाठी खगोलवैज्ञानिक आणखी एक पद्धत वापरतात. त्यात भौतिकीतील कृष्णपिंडांना लागू पडणाऱ्या स्टीफन्सच्या नियमाचा उपयोग करतात. या नियमाप्रमाणे कृष्णपिंडाच्या पृष्ठातून प्रत्येक वर्ग सेंटीमीटर क्षेत्रफळापासून बाहेर पडणारा ऊर्जास्रोत  $F = \sigma T^4$  एवढा असतो. येथे  $T$  हे पृष्ठतपमान व  $\sigma$  हा स्टीफन्सचा स्थिरांक होय. आता एखाद्या ताऱ्याची त्रिज्या  $R$  असल्यास त्याच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ  $4\pi R^2$  एवढे होईल. आणि त्याचे पृष्ठतपमान  $T$  असल्यास त्याचे निरपेक्ष दीप्तिमान  $L = 4\pi R^2 \times \sigma T^4$  या समीकरणाने काढता येईल. याच समीकरणातील निरपेक्ष दीप्तिमान  $L$  व पृष्ठतपमान माहीत झाल्यास ताऱ्याची त्रिज्या  $R$  निघेल.

या पद्धतीचे स्पष्टीकरण करण्यासाठी

आपण 'व्याध' ताऱ्याचे उदाहरण घेऊ. व्याध हा एक युगलतारा आहे, त्याच्या दोन घटकांना व्याध A व व्याध B म्हणतात. या दोन्ही ताऱ्यांचे वर्णपट एकसारखेच दिसतात. तेव्हा त्यांचे पृष्ठतपमान समान असले पाहिजे. ते साधारण  $10000$  केल्विन येते, कारण वर्णपटाचा गट A आहे. परंतु व्याध B त्याच्या सहचराच्या म्हणजे व्याध Aच्या मानाने  $10000$  पट कमी तेजस्वी दिसतो दोन्ही तारे आपल्यापासून सारख्याच अंतरावर असल्यामुळे व्याध A चे अंगभूत दीप्तिमानही व्याध B पेक्षा  $10000$  पटींनी अधिक असले पाहिजे. त्याअर्थी वरील समीकरणाप्रमाणे Bची त्रिज्या A पेक्षा  $100$  पटींनी कमी असली पाहिजे. ती जवळजवळ पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दुप्पट भरते. परंतु व्याध B चे वस्तुमान मात्र सूर्याएवढे आहे (कसे ते पुढच्या लेखात समजेल) तेव्हा याची पदार्थघनता पाण्याच्या एक लाख पट निघते. म्हणूनच त्याच्या एका आगपेटीभर पदार्थाचे वजन एक टन होईल असे म्हणतात.

या लहान व अतिघन ताऱ्यांना लघुत्तम

### श्रद्धांजली

संदर्भचा हा अंक तयार होत असतानाच एक दुःखद बातमी आली. ज्येष्ठ शास्त्रज्ञ डॉ. कृ.दा. अभ्यंकर यांचे हैद्राबाद येथे दीर्घ आजाराने निधन झाले. संदर्भसाठी अतिशय आस्थेने त्यांनी त्यांची लेखमालिका पाठवलेली होती. ती गेल्या अंकापासून चालू आहे. डॉ. कृ.दा. अभ्यंकर यांना कृतज्ञतापूर्वक श्रद्धांजली.

तारे असे नाव आहे. ते हर्ट्झस्पुंग आकृतीत नैऋत्य कोपऱ्यात आढळतात. त्याहून लहान तारे म्हणजे न्यूट्रॉन तारे, ते आपल्याला पल्सारच्या रूपात सापडतात. कॅंब अभिकेच्या केंद्रभागी असाच एक अक्षभ्रमण करणारा न्यूट्रॉन तारा आहे. त्याची त्रिज्या केवळ  $10$  किलोमीटर असावी असे भौतिकीच्या तत्वांवरून कळून येते. अशा रीतीने ताऱ्यांचे आकार-त्रिज्या  $10$  किलोमीटर ते सूर्याच्या  $500-1000$  पटीपर्यंत आहेत असे ज्ञान होते. तसेच विरल व गोलाकार तारकासमूहांचे व्यास  $5$  ते  $100$  प्रकाशवर्षे आणि तारामंडळाचे व्यास  $3000$  ते  $100000$  प्रकाशवर्षे असतात असे दिसते.

शेवटी एका विचित्र योगायोगाकडे आपले लक्ष वेधू इच्छितो. सर्वांच्या परिचयाच्या सूर्य व चंद्र या ज्योतींची अंतरे जवळजवळ त्यांच्या आकाराच्या प्रमाणात आहेत. दोघांच्या बाबतीत हे गुणोत्तर जवळजवळ  $400$  आहे. त्यामुळे दोघांचे कोणीय व्यास सारखेच म्हणजे अर्धा अंश भरतात. अर्थात पृथ्वीची व चंद्राची कक्षा लंबवर्तुळाकृती असल्यामुळे दोघांचेही कोणीय व्यास कमीजास्त होतात. त्यामुळे

कधीकधी चंद्राच्या कोणीय व्यास सूर्यपेक्षा मोठा असतो. त्याचमुळे सूर्याचे बिंब चंद्रबिंबाने झाकले जाऊन खग्रास सूर्यग्रहण लागणे शक्य होते. सूर्य सर्वांत जवळचा तारा असल्यामुळे त्याचे आपल्याला सूक्ष्म व सतत अवलोकन करता येते. सूर्याचे बिंब, बिंबमध्यापासून कडेपर्यंत कमी होत जाणारी त्याची तीव्रता - लिंबडार्कनिंग, त्याच्या पृष्ठभागावर दिसणारे प्रवहन, सौर डाग, सौर प्रकूट, सौर उद्रेक इत्यादींचे अवलोकन व अभ्यास गेली  $1-2$  शतके चालू आहे. सौर प्रकूट सोडल्यास हे सर्व प्रकार सूर्याच्या नेहमी दिसणाऱ्या प्रकाशगोलावर दिसतात. आजकाल सौरप्रकूटही स्पेक्ट्रोहीलियोग्राफ या यंत्राने ग्रहण नसताना पाहण्याची सोय झाली आहे. परंतु प्रकाशगोलाबाहेरील वर्णवलय व किरीट हे भाग मात्र केवळ खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळीच दिसतात. त्यामुळे ग्रहणांचे वेध घेणे ही वैज्ञानिकांच्या दृष्टीने अतिमहत्त्वाची पर्वणी ठरते.

लेखक : कृ.दा. अभ्यंकर, हैद्राबाद येथील खगोल भौतिक शास्त्रज्ञ आणि विज्ञानप्रचारक.

या लेखामधे उल्लेख झालेल्या व्याध, रोहिणी, बीटलम्यूस (काक्षी मृगामधे) अल्फा सेंटॉरी (नरतुरंगामधे), अँडोमीडा (देवयानी) हे सर्व तारे नुसत्या डोळ्यांनी दिसतात. तुम्ही रात्रीच्या आकाशात हे सारे तारे ओळखू शकता ना ? त्यासाठी सृष्टिज्ञानचा 'आकाशदर्शन अटलास' हे पुस्तक फार उपयुक्त आहे.



# सापशिडी - नशिबाचा खेळ

लेखक : अभिजित देशपांडे • अनुवाद : मीना कर्वे

खेळ हे वेगवेगळ्या प्रकारचे असू शकतात. उदा. मैदानी खेळ, ज्यामध्ये शारीरिक चापल्य आणि चेंडूसारख्या साधनांचा उपयोग केला जातो. पण उन्हाळ्याची सुट्टी असेल तेव्हा काय खेळायचं? अंग भाजणाऱ्या तळपत्या उन्हाच्या वेळी घरात बसून खेळायचे बैसे खेळ सगळ्यांना जास्त आवडतात. ह्या खेळांमध्ये बहिणी, भाऊ, इतर नातेवाईक, मित्रमंडळी, एवढंच काय तर घरातले वयस्कर लोकही सहभागी होऊ शकतात. दुपारच्या टळटळीत उन्हाच्या वेळी सगळ्यांनी मिळून खेळायचे पत्ते किंवा कॅरमसारखे खेळ कुणाला आवडत नाहीत? **डावपेच, नशिब का आणखी काही?** आपल्याला हे खेळ का आवडतात? तर ह्या खेळांमध्ये आपल्याला सगळ्यांना जिंकण्याची 'संधी' असते म्हणून. ह्या संधीच्या शक्यतेमुळे हे खेळ अतिशय आकर्षक ठरतात.

हे खेळ जिंकण्यासाठी नशिब तर असावं लागतंच, त्याशिवाय तुम्हाला तुमच्या पुढे

असणाऱ्या वेगवेगळ्या शक्यतांची जाण असावी लागते. त्या ज्ञानावर तुम्ही तुमचे खेळण्याचे डावपेच आखू शकता आणि त्याप्रमाणे तुम्ही खेळता. बॅकगॅमन हे ह्या प्रकारच्या खेळाचं उत्तम उदाहरण आहे. ह्या खेळात फासा कसा पडतो ह्यावर तुमचं जिंकणं अवलंबून असलं, तरीही जास्त चांगले खेळणारे खेळाडू त्यांच्यापेक्षा कमी चांगल्या खेळणाऱ्यांवर नक्कीच मात करू शकतात. हीच गोष्ट ब्रिज किंवा पोकर ह्यांसारख्या पत्यांच्या अनेक खेळांनाही लागू पडेल. ह्या खेळांमध्ये सुद्धा बुद्धीची वैचारिक पातळी अतिशय वरच्या दर्जाची असावी लागते.

## नशिबाचे खेळ

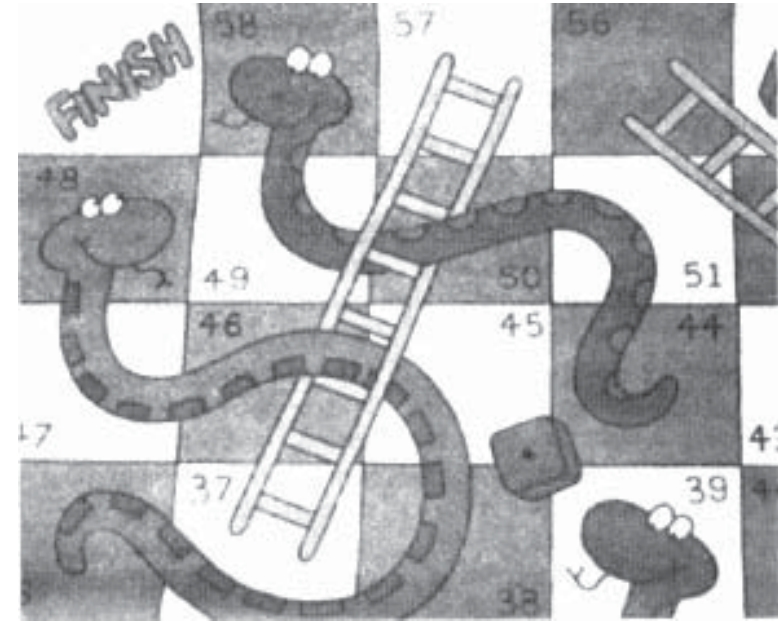
काही काही खेळांमध्ये जय-विजय हा केवळ नशिबावर अवलंबून असतो. असे खेळ म्हणजे साप-शिडी किंवा रूलेट. अशा खेळांमध्ये सगळ्यांना जिंकण्याची सारखीच संधी असते. जास्त चांगलं खेळण्यासाठी काही डावपेच आखण्याची ह्यात काहीच

गरज नसते. उदा. साप-शिडी सारख्या खेळात प्रत्येक जण कधी ना कधी शेवटच्या चौकटीपर्यंत पोचणारच असतो. जो सगळ्यात प्रथम शेवटच्या चौकटीत पोहोचतो तो इथं विजयी ठरतो. हा खेळ सगळ्यांचा आवडता असण्याचं कारण म्हणजे इथं कुणीही 'जास्त चांगला' खेळाडू नसतो आणि सगळ्यांना जिंकण्याची समान संधी असते. तुम्ही हरलात म्हणजे काहीतरी फार वाईट घडलं असं होत नाही, कारण तुम्ही दुसऱ्या वेळी जिंकण्याचीही शक्यता असतेच. हीच गोष्ट सगळ्यांना ह्या खेळाकडे आकर्षित करते! आपण साप-शिडीकडे जरा जवळून बघू या. आपल्याला

ह्या खेळातील सापाच्या आणि शिड्यांच्या रचना जरा वेगळ्या प्रकारच्या आणि जास्त आव्हान देणाऱ्या अशा करता येतील का?

## साप आणि शिड्या

ऐतिहासिक पुराव्यांनुसार भारतामध्ये ख्रि.पू. दुसऱ्या शतकात हा खेळ अस्तित्वात असल्याचा उल्लेख आढळतो. नैतिकता शिकवण्यासाठी ह्या खेळाचा उपयोग केला जात असे असं म्हणतात. ब्रिटिशांनी हा खेळ १८९० मध्ये इंग्लंडला नेला आणि तिथूनच तो युरोप आणि जगात इतर ठिकाणी माहीत झाला. सोबतच्या आकृतीत बांग्लादेशामधील हाताने बनवलेल्या साप-शिडीच्या खेळाचे चित्र आहे. तुम्ही साप-



शिडीचा खेळ शेवटी कधी खेळलात हे आठवतंय का? हा खेळ फक्त लहान मुलांनीच खेळायला योग्य आहे की मोठी माणसंही त्यात सहभागी होऊ शकतात? तुम्हाला काय वाटतं? खरं सांगायचं तर तुम्हाला आवडेल त्याच्याबरोबर तुम्ही हा खेळ खेळू शकता, हो की नाही?

खेळाच्या चित्राकडे बघा. दिलेल्या सूचना अंमलात आणा आणि खेळायला लागा!

### स्वतःची सापशिडी तयार करा.

पहिली पायरी म्हणजे वळवळणाऱ्या सापांची आणि शिड्यांची वेगवेगळ्या लांबीची चित्रं कापून तयार करणं. ही लांबी आपण कशी

ठरवायची? अर्थातच चौकटीचा आकार जेवढा मोठा असेल त्यावरच ती अवलंबून असणार. चित्रचौकट बघा. काही सापाचा आणि काही शिड्यांचा आकार साधारणपणे चौकटीच्या एकूण आकारमानाच्या निम्म्याने ठेवावा. (तो साधारणपणे ४ ते ६ चौकोन व्यापेल.) एक साप किंवा शिडी बऱ्यापैकी लांब आकाराची करावी, ती इतकी लांब पाहिजे की ८ ते ९ चौकोन तिने व्यापले जावेत) आणि काही सापांची अन् शिड्यांची लांबी आखूड ठेवावी.

आता, ह्या साप-शिड्या वेगवेगळ्या दिशांना झुकलेल्या अशा ठेवाव्यात. त्याच्यामुळे आडव्या बाजूशी वेगवेगळे कोन

साधले गेले असावेत. एखादा जास्त सरळ आकाराचा साप किंवा शिडी तुम्हाला थोडेच चौकोन वर किंवा खाली नेईल. तुम्ही आडव्या बाजूशी संपूर्ण समांतर असासुद्धा साप किंवा शिडी ठेवू शकता. फक्त सापाचे डोकं त्याच्या शेपटीपेक्षा जास्त मोठा आकडा असलेल्या चौकोनात आलं पाहिजे.

सापांचे अन् शिड्यांचे आकार कापून झाल्यावर आपल्याला चौकटीवर ते चिकटवायचे आहेत, पण नक्की कुठे कुठे? दोन शिड्या किंवा साप हे एकाच चौकोनातून निघणं अशक्य आहे हे ध्यानात ठेवावं. पण एका सापाच्या शेपटीचं टोक आणि दुसऱ्या सापाचं डोकं हे दोन्ही एकाच चौकोनात असू शकतात किंवा एखाद्या शिडीची पहिली पायरी आणि सापाचं शेपूट हेही एका चौकोनात असू शकतात. ह्याचा अर्थ असा की तुम्ही एका सापावरून खाली उतरून लगेच पुन्हा दुसऱ्या सापावरूनही खाली उतरून जाल; किंवा एका सापावरून खाली शेपटाकडे उतरला तर लगेच शिडीवरून वर जाऊ शकाल. हे सगळं एकाच खेळीत तुम्हाला करता येईल!

साप अन् शिड्यांची लांबी आणि त्यांच्या चौकटीवरील जागा ह्या दोन गोष्टींवर तुम्ही शेवटच्या चौकोनात किती सहजपणे पोहोचू शकाल हे ठरतं. (बहुतेक वेळा हा आकडा १०० असतो) म्हणून ह्यात एक युक्ती योजावी लागते. चौकटीवरील

शिड्यांवरून आपण किती अंक मिळवणार आहोत आणि सापांवरून आपण किती अंक गमावणार आहोत हे आपल्याला मोजता येतं. ह्या दोन्ही अंकांचं परस्परंशी प्रमाण (ratio) किती आहे त्यावरून आपल्याला १०० अंक किती सहजपणे मिळवता येतील ते कळतं. चित्रातील चौकटीमध्ये एकूण २२५ अंक आपण त्यातील सापांमुळे गमावणार आणि एकूण १२२ अंक शिड्यांमुळे मिळवणार असं दिसून येईल. म्हणून मग आपण आणखी काही शिड्या त्या चौकटीत घालू, त्यामुळे गमावलेल्या व मिळवलेल्या अंकांची संख्या सारखीच राहिल. पण जर आपण बऱ्याच जास्त शिड्या ठेवल्या आणि त्यासुद्धा जर जास्त लांबीच्या ठेवल्या. तर खेळाचा डाव खूपच लवकर संपुष्टात येईल.

तर हे असं आहे, अगदी सोपं आहे ना? मग तुम्ही स्वतःच हे का करून बघत नाही आणि त्याचा परिणाम काय होतो हे स्वतःच का अनुभवत नाही? तर मग चौकट तयार करा अन् खेळून बघा! तुम्हाला किती हवे तेवढे साप आणि शिड्या चौकटीत ठेवा आणि त्यामुळे काय काय होईल ह्याचे निष्कर्ष काढा! खेळ अगदी लवकर संपेल किंवा दीर्घ काळ चालेल अशा दोन्ही प्रकारांच्या रचना करून बघा. किंवा खेळ जास्तीत जास्त रंगतदार कसा होईल तेही करून बघा! पण हे करताना तुमचा खेळ जलद / धीमा / रंगतदार का होणार आहे

### नशीबाचा योग आणि फाशांचे खेळ.

विचार करा.

१ - फासा फेकल्यानंतर कुठला अंक जास्तीत जास्त वेळा वर येण्याची शक्यता असते? कोणता अंक कमीत कमी वेळा येईल?

उ. जेव्हा आपण फासा फेकतो तेव्हा कुठलाही अंक वर येण्याची सारखीच शक्यता असते.

२. जर आपण दोन फासे घेऊन खेळलो तर आपण दोन्ही फाशांवरील अंकांची बेरीज करू शकतो. कोणते अंक आपल्याला मिळतील? कोणती बेरीज अधिक वेळा मिळेल किंवा कमी वेळा मिळेल?

उ. दोन अंकांची बेरीज ही २ पासून १२ पर्यंत कुठलीही असू शकेल. ८ ही बेरीज वेगवेगळ्या जोड्यांपासून मिळू शकते. ५ आणि ३, ३ आणि ५, ४ आणि ४. तेव्हा ही बेरीज जास्त वेळा येते. १२ ही बेरीज फक्त एकाच खेळीमध्ये येऊ शकते. ६ आणि ६. म्हणून कोणतीही बेरीज येण्याची शक्यता इथे सारखीच नसते. वेगवेगळ्या बेरजा येण्याच्या शक्यता किती आहेत ते शोधून काढा.

ह्याचं स्पष्टीकरण द्यायला मात्र विसरू नका ! तेव्हा तुम्हीच तुमच्या खेळाची रचना करण्याचा प्रयत्न करा आणि तुमचे निष्कर्ष तपासून बघा !

### काही वेगळे मार्ग

आपण सुरुवातीला म्हटलं होतं की साप-शिडीचा खेळ हा नशिबावर अवलंबून आहे. पण आपण त्याचे नियम बदलून तो अधिक रंगतदार करू शकतो किंवा काही नियमात सुधारणा करून जिंकण्यासाठी काही डावपेच आखायची शक्यता ठेवू शकतो. उदा. खेळतांना तुम्ही २ फासे वापरू शकता. तुम्ही दोन्ही फाश्यांवरचे ठिपके मोजून तुमचं नाणं तेवढ्या अंकांवर सरकवू शकता. - तुम्ही एक फासा तुमचं नाणं वर सरकवण्यासाठी

वापरू शकता आणि दुसरा फासा तुमच्या प्रतिस्पर्ध्याचं नाणं खाली सरकवण्यासाठी वापरू शकता. अशा रीतीने खेळायचं झाल्यास तुम्ही अनेक शक्यतांचा विचार करून आपले डावपेच ठरवू शकाल. तुम्ही आणि तुमचा प्रतिस्पर्धी सापाच्या किंवा शिडीच्या किती जवळ आहे ह्याचं तुम्हाला काळजीपूर्वक निरीक्षण करावं लागेल. नाहीतर तुम्ही प्रतिस्पर्ध्याला खाली उतरवण्याऐवजी वर चढायलाच मदत कराल असं व्हायचं !



जंतरमंतर जुलै-ऑगस्ट ०७ मधून साभार.

लेखक : अभिजीत देशपांडे, आयआयटी मद्रास.  
अनुवाद : मीना कर्वे

## असं करू का तसं करू ?

लेखक : कौशिक बसू • अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुद्धे

नीना आणि प्रवीण नुकताच परदेश प्रवास करून परतले आहेत. येताना त्यांनी परदेशातल्या कुणा बेटावरून दोन अँटिक वस्तू आणल्या होत्या. त्या अगदी सारख्याच होत्या. पण विमान प्रवासात त्या दोन्ही फुटल्या. विमान कंपनीचा मॅनेजर त्यांना नुकसान भरपाई द्यायला तयार आहे. पण त्या अँटिक वस्तूंची किंमत ठरवायची कशी?

“असं करू या - तुम्ही दोघं दोन स्वतंत्र खोल्यात जाऊन मला हा फॉर्म भरून द्या.”

फॉर्मवर योजना लिहिली आहे. दोन डॉलर ते शंभर डॉलर यांच्या दरम्यानची किंमत त्यांनी सांगायची. पण अट अशी आहे की दोघांनी फॉर्मवर लिहिलेल्या किंमतीपैकी कमीत कमी किंमत दोघांनाही मिळणार आहे.

जो जास्त किंमत लिहील त्याला २ डॉलर दंड आणि जो कमी किंमत लिहील, त्याला २ डॉलर बक्षीस मिळेल.

दोघांनी सारखीच किंमत लिहिली तर तीच दिली जाईल.

आता ते दोघं काय किंमत लिहितील त्याचा अंदाज आपण बांधायचा आहे. आपण इथे असलो तर आपण काय किंमत लिहू बरं?

अशा प्रकारचे प्रश्न आणि त्यावर लोकांची येणारी उत्तरे यांचा अभ्यास करणारे याला गेम थिअरी म्हणतात. हे प्रवाशांचं कोडं ९४ साली तयार केलेलं आहे

लोक कोणताही निर्णय घेताना कसा घेतात? पूर्णपणे 'तर्क' वापरतात का 'कॉमन सेन्स' का अनमान धपक्यानं ? ते जाणून घेण्यासाठी अशीच अनेक कोडी आता तयार झाली आहेत. अनेकांनी यावर प्रयोग करून उत्तरं काढली आहेत. त्यावरून निर्णय-प्रक्रियेबद्दलची काही समजूत जरी मिळाली असली तरी प्रवाशांचं कोडं कोडंच राहिलं आहे.

### तर्कशुद्ध उत्तर

आता नीना आणि प्रवीण दोघांनी तर्क वापरायचा ठरवला तर काय उत्तर येईल पाहू. नीनाच्या डोक्यात पहिल्या प्रथम असंच येईल



### दैनंदिन संदर्भ हे पुस्तक पाहिलेत ना ?

आपल्या सुहृदांना  
भेट देण्यासाठी उत्तम पुस्तक  
किंमत रु. १००/-

रोजच्या आयुष्यातल्या ठळक  
गोष्टींमागचं विज्ञान जाणून  
घ्यायचं असेल तर हे पुस्तक  
जरूर वाचायला हवं !

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



की १०० डॉलर लिहू या. समजा त्या वस्तूची किंमत अगदी किरकोळ आहे. पण प्रवीणही नीनाइतकाच लोभी असेल तर दोघांना १०० डॉलर मिळून जातील. विमान कंपनीचा मॅनेजर नक्की वेडा असणार - असंही वाटून जाईल त्यांना.

लगेचच तिच्या लक्षात येईल की शंभर ऐवजी तिनं ९९ लिहिले तर तिला १०१ मिळून जातील! आता अर्थातच ही आयडिया प्रवीणलाही सुचेल. जर त्यांनीही ९९ लिहिलं तर नीनाला ९९ मिळतील. पण त्यानं ९९ आणि हिनं ९८ लिहिलं तर? त्याला ९८-२ आणि हिला ९८+२ मिळणार! आता असाच तर्क करून प्रवीणही ९८ लिहील आणि मग नीना ९७. आणि हा तर्कशुद्ध कारण विचार असाच पुढे चालू राहील. तो आकडा घसरत घसरत दोनवर येईपर्यंत. थोडक्यात म्हणजे तर्कशुद्ध उत्तर येतं २.

## गेम थिअरी

गेम थिअरीमध्ये अशा प्रकारचे तर्कशुद्ध उत्तर बरेचदा अपेक्षिले जाते. त्याला म्हणतात Backward Induction (म्हणूनच हा माणूस विमान कंपनीत मॅनेजर झाला असावा!)

हे कोडं सोडवणाऱ्यांनी जर विचार केला नसता तर त्यांना कमी किंमत लिहायचं सुचलं नसतं आणि त्यांना १०० डॉलर मिळून गेले असते.

या प्रवाशांच्या कोड्याचा कैद्याच्या कोड्याशी जवळचा संबंध आहे. दोन संशयितांना एका गंभीर गुन्ह्यासाठी अटक होते. त्यांची एकेकट्याची चौकशी होते. प्रत्येक संशयित एक तर दुसऱ्याने गुन्हा केलाय असं सांगून स्वतः सुटू शकतो, किंवा दोघेही गप्प राहून 'पुरावा नाही' अशी स्थिती आणू शकतात. हे कोडे प्रवाशांच्या कोड्यासारखे वाटत नाहीये का? जर प्रवाशाला निवडीसाठी २ ते १०० इतका वाव नसेल, फक्त २ किंवा ३ अशाच



शक्यता असतील तर गणिताच्या दृष्टीने ही दोन्ही कोडी सारखीच होतील.

गेम थिअरीमध्ये मिळणाऱ्या बक्षिसाचे एक कोष्टक मांडून पाहतात. इथे नीनाची निवड आडव्या रांगेत, प्रवीणची, निवड उभ्या रांगेत मांडून खाली प्रत्येक चौकोनात दोघांचे बक्षिस दिले आहे.

जेव्हा निवडीला २ किंवा ३ एवढाच वाव आहे, तेव्हा प्रवाशाचं किंवा कैद्याचं कोडं हे कोडं राहतच नाही. त्यांना एकच प्रभावी निवड उपलब्ध आहे : २ निवडणे किंवा दुसऱ्यावर आरोप करणे. याला प्रभावी निवड म्हणतात कारण दुसऱ्याने काहीही निवड केली तरी या निवडीचं बक्षिस चांगलं आहे. (प्रवीणने ३ निवडले तर नीनाला २+२ मिळतील आणि त्याने २ निवडले तर तिला २ मिळतील. मात्र नीनाने ३ निवडले तर तिला ३ किंवा ० मिळतील.)

परंतु पूर्ण कोष्टकाचा विचार करताना अशी प्रभावी निवड उपलब्ध नाही. २-३ ही निवड सोडली तर प्रवीणच्या उरलेल्या

४ ते १०० निवडी नंतर नीनाने २ पेक्षा जास्त आकडा लिहिला तर तिला नेहमीच जास्त बक्षिस मिळते.

गेम थिअरीमध्ये लोकांच्या निवडीचा अंदाज करण्यासाठी वेगवेगळ्या पद्धती वापरतात. त्या सर्व २,२ कडे झुकतात. पण प्रत्यक्षात आपण बहुतेकजण, (एकदा स्वतःच्या मनात डोकावल्यानंतर) मनापासून निवड केली की २ ची निवड करत नाही. आपली इच्छा / Intuition गेम थिअरीच्या विरुद्ध जाते.

पूर्वीची अर्थनीती असं म्हणत असे की लोकांना निवडीचे स्वातंत्र्य द्या, त्यातून जे मार्ग निवडले जातात (लोभीपणानं) ते २,२ सारखे असतात. त्यामुळे समाजाचा गाडा चालत राहतो. थोडक्यात लोकांचा लोभीपणा एकमेकांना वेसण घालत राहतो. आता गेम थिअरीने यातला फोलपणा दाखवून दिला आहे. पण अजूनही गेम थिअरीमधले गृहीत असेच आहे की लोकांची निवड ही लोभी असते आणि तिचा

नीना→

प्रवीण ↓	२	३	४	--	९८	९९	१००
२	२ २	४ ०	४ ०	--	४ ०	४ ०	४ ०
३	० ४	३ ३	५ १	--	५ १	५ १	५ १
४	० ४	१ ५	४ ४	--	६ २	६ २	६ २
--	--	--	--	--	--	--	--
९८	० ४	१ ५	२ ६	--	९८ ९८	१०० ९६	१०० ९६
९९	० ४	१ ५	२ ६	--	९६ १००	९९ ९९	१०१ ९७
१००	० ४	१ ५	२ ६	--	९६ १००	९७ १०१	१०० १००

अंदाज करता येतो.

मात्र प्रवाशांच्या कोड्याने या दोन्ही थिअरी चुकीच्या असल्याचे दाखवून दिले आहे. या कोड्यामध्ये कार्यक्षम निर्णय कोणता ठरतो? १००. कारण दोघांचे मिळून बक्षीस सर्वात मोठे असते. दोघांनी स्वतंत्रपणे 'लोभ' धरला तर निवड कमीकमी होत जाते. अर्थातच हे सिद्ध करणारी आणखीही अनेक कोडी आहेत.

हे प्रवाशांचं कोडं आपल्याला प्रत्यक्षातल्या इतर काही गोष्टींबद्दल खडबडून जागं करते.

जागतिक शस्त्रास्त्रस्पर्धा पावलापावलानं पुढे जाताना आपल्याला कोणत्या परिणामांकडे घेऊन चालली आहे त्यावर प्रकाश टाकते. दोन स्पर्धक कंपन्या आपल्या उत्पादनाची किंमत कमी करता करता स्वतःच रसातळाला कशा जाऊ शकतात हे दाखवण्यासाठीही ते वापरलं जातं. तरी दोन प्रश्न उरतातच.

- लोक आपली निवड कशी करतात ?
- गेम थिअरीला याचा अंदाज का करता येत नाही?

पहिल्याला उत्तर देता येतं. दुसऱ्याला फारसं नाही.

### प्रत्यक्षातली निवड

गेल्या दहा वर्षांत प्रवाशांच्या कोड्याला अनुसरून पुष्कळसे प्रयोग झालेत. अगदी प्रत्यक्ष पैसे वापरून एक प्रयोग व्हर्जिनिया

विद्यापीठात झालाय. निवड होती ८० सेंट ते २०० सेंट आणि बक्षीस ५ ते ८० सेंटपर्यंत बदलून पाहिलं. बक्षिसाच्या रकमेमुळे लोकांच्या निवडीवर परिणाम होतो का तेही तपासलं. लोकांनी ८०-८० मुळीच निवडले नाहीत. जेव्हा बक्षीस ५ सेंट होतं तेव्हा लोकांनी निवड सरासरी १८० होती. आणि ८० सेंट बक्षिसाच्या वेळी १२०!

त्याच त्याच लोकांना पुन्हा पुन्हा या प्रयोगात खेळू दिलं तेव्हा मात्र लोक ८०-८० निवडीकडे जाऊ लागले. तेव्हा बक्षीस मोठं होतं. छोट्या बक्षिसाच्या वेळी लोकांची निवड २००-२०० कडे वळू लागली.

दुसरा प्रयोग वेबवर, प्रत्यक्ष पैसे न वापरता झाला होता. त्यांनी १८० ते ३०० डॉलर निवडायचे होते. बक्षीस होतं ५ डॉलर. यात ७ देशातल्या २५०० लोकांनी भाग घेतला. यावेळी १३ टक्क्यांनी १८० निवडले आणि ५५ टक्क्यांनी ३००. सर्व गटांमध्ये हीच टक्केवारी होती.

आता या निवडीपर्यंत लोक कसे पोचतात हे मात्र गूढ आहे. हा प्रयोग करणाऱ्या रुबिनस्टाईननं याचे चार भाग केले.

- १) ३०० ही निवड तत्क्षणी भावनेच्या जोरावर होती.
- २) २९५ ते २९९ ही निवड थोडी धोरणानं, तर्कानं होती.
- ३) १८१ ते २९४ ही निवड सहज म्हणून होती.

४) १८० निवडणारे गेम थिअरीनुसार वागत होते.

आता हे अंदाज कशावरून काढले ते पाहू.

३०० वाल्यांना विचार करायला ७० सेकंद लागले.

२९५ ते २९९ : ९६ सेकंद : सर्वात जास्त

१८१ ते २९४ : ७० सेकंद

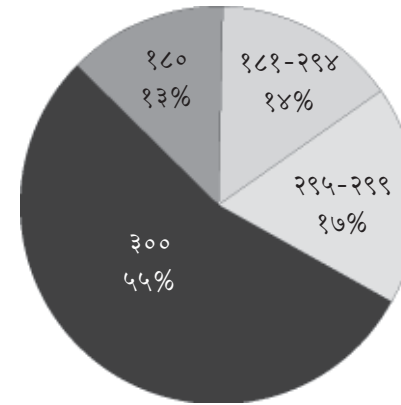
१८० : ८८ सेकंद

गेम थिअरीनुसार लोक निवड का करत नाहीत याची कारणे शोधण्याचा बराच प्रयत्न झाला आहे. काहीजण म्हणतात की बऱ्याच लोकांना तर्कशुद्ध कारण विचार / गणित करता येत नाही म्हणून डोकं न वापरताच निवड होते.

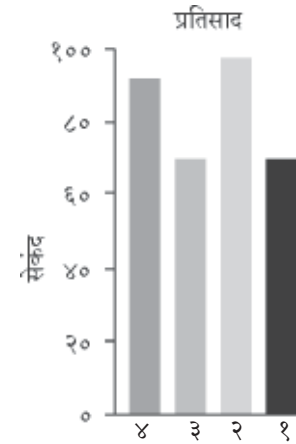
हे कारण काहीसाठी लागू पडतं, सगळ्यांसाठी नाही. २००२ मध्ये एकदा

जर्मनीतल्या होहेनहाईम विद्यापीठातल्या ५१ गेम थिअरीच्या प्राध्यापकांसह प्रवाशांच्या कोड्यातल्या मूळ २-१०० च्या निवडीचा प्रयोग झाला. इथे प्रत्यक्ष पैसे बक्षीस दिले होते. यावेळी ४५ जणांनी एकच विशिष्ट आकडा निवडला. उरलेल्या सहाजणांनी वेगवेगळे. ४५ मध्ये फक्त तिघांनी २ वापरला, दहाजणांनी १००, तेवीसजणांनी ९५ ते ९९ निवडले.

का बरं? बहुधा आपल्या डोक्यात लोभ आणि परोपकार जोडीनंच विणलेले असतात. आपल्या बरोबरच्या प्रवाशाला एकदा दोन डॉलर जास्त कमवण्याला आपली हरकत नसते म्हणून १००! म्हणजे लोभ आणि परोपकार यांच्या सतत चाललेल्या द्वंद्यावर आपलं वागणं अवलंबून असतं.



१. भावनेच्या जोरावर निवड
३. सहज निवड



२. धोरणाने व तर्काने निवड
४. गेम थिअरीनुसार निवड

याहून पुढे जाऊन अनेकांनी बरीच गुंतागुंतीची मॉडेल्स, गृहीते, स्पष्टीकरणे रचलीत पण त्यातून काही हाती लागत नाही.

### अनुत्तरित प्रश्न

सर्वसामान्य लोकांची निवड आणि त्यामागच्या कारणांचे अंदाज आपल्याला प्रयोगांमधून लावता आले. आता परोपकार, तर्क, सामाजिकता सगळं बाजूला काढलं तर काय निवड दिसेल? २ नक्कीच नाही. बरेचसे ९० पुढचे आकडे का निवडतात? आधुनिक गेम थिअरी, त्यातलं गणित, तंत्रं यानंतरही याचं उत्तर विचारात पाडणारं आहे.

समजा तुम्ही नू मी इथे पैसे कमवायलाच बसलोय. काय निवडू आपण? मला वाटतं तुम्ही मोठा आकडा घ्याल - ९० ते ९९ मधला. मग मी ९९ घ्यायला नको - ९८ चांगला राहिल. आता हे ज्ञान तुम्हालाही आहेच. म्हणजे ९० ते ९९ गेलेच. हे असं

थांबवायचं कुठे?

मी मनाशीच ठरवलं असतं - मरो तो तर्क नू ते गणित - मला मोठा आकडाच हवा. कदाचित ९५. माझा प्रतिस्पर्धी ही असंच करेल. पुढचे २ ने जास्त बक्षीस देणारे आकडे आम्ही विसरून जाऊ. आता ही तर्क सोडून देणारी मनःस्थिती ही सुध्दा एक प्रकारे तर्कपूर्णच आहे. जेव्हा दोघांही हा मार्ग घेतील तेव्हा दोघांचा फायदा होईल. ही तर्कपूर्ण पद्धत मॉडेलमध्ये बसवता येत नाही.

मात्र हाच टप्पा उद्या आपल्याला गेम थिअरीतले अनुत्तरित प्रश्न सोडवायचा मार्ग दाखवणार आहे. हाच मार्ग प्रवाशांच्या कोड्यामध्ये गुंफलेला आहे.

लेखक : कौशिक बसू, अर्थशास्त्राचे प्राध्यापक. कॉर्नेल विद्यापीठात विश्लेषक अर्थशास्त्र केंद्राचे संचालक

अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुद्धे,



## पालकनीती

### पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

मुलांच्या विकासात शिक्षणाचा आणि शिक्षकांचा मोठा वाटा असतो. त्यामुळे पालक आणि शिक्षक दोघांच्या दृष्टिकोनातून विचार करून 'पालकनीती' ठरवायला हवी.

या विचारांसाठी व्यासपीठ - पालकनीती. हे मासिक जरूर वाचा.

वार्षिक वर्गणी रु. १२०/-

पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, डेक्कन जिमखाना, पुणे ४. फोन : २५४४९२३०

## बरोक व रोकोको कला

(इ.स. १६००-१८००)

लेखक : राम अनंत थते

सतराव्या शतकातील युरोपीय कलेला 'बरोक' कला असे म्हणण्याचा प्रघात आहे. हा शब्द 'बारोको' ह्या पोर्तुगीज शब्दावरून आला. त्याचा शब्दशः अर्थ 'ओबडधोबड मोती' असा आहे. ह्या काळातील कलेला हीन व हलक्या अभिरुचीची कला ह्या अर्थाने हा शब्द वापरला गेला. कुठलीही गोष्ट 'नवीन' उदयाला येत असताना जुन्या विचारसरणीच्या लोकांना नव्या गोष्टींना नावे ठेवणे आवडते हे नक्की.

बरोक कलेची वैशिष्ट्ये पाहण्यापूर्वी परिस्थितीमध्ये पडलेला फरक पाहणे जरूरीचे आहे. ह्या काळामध्ये चर्चच्या धर्माचा पगडा लोकांवर असला तरी कलाकारांवर तेवढा उरलेला नव्हता. धर्मसत्तेला नाही म्हटले तरी प्रबोधन काळापेक्षा उतरती कळा निश्चितच लागलेली होती. राष्ट्रवाद व राजसत्तेने प्रखरपणे आपला जोर वाढवला होता. फ्रान्स, नेदरलंड, जर्मनी इतर देशांत लहान मोठे राजे, सरदार जहागीरदार निर्माण झाले व त्यामुळे कलाकारांना त्यांच्याचसाठी आपली कला वापरावी लागली. लक्झेम्बर्ग

राजप्रासादातील मोठ्या आकाराची रुबेन्सची चित्रे व व्हेलाथकेथ सारख्या कलाकारांची कला ह्याचे उत्तम उदाहरण आहे. चर्च सोडून बाहेर काढलेली गोथा, होगार्थ व रेंब्राँची चित्रे देखील त्याच प्रकारची आहेत.

हॉलंड, इंग्लंड, जर्मनी मधील काही प्रांतांमध्ये धार्मिक विषयांवर चित्रे काढणे बंद होऊन निसर्गचित्रे, पोर्ट्रेटमध्ये देखील राजेरजवाड्यांची वैयक्तिक चित्रे काढणे लोकांना जास्त आवडू लागले. धर्मसत्तेपासून दूर जाऊन ही कला सर्वापर्यंत वैयक्तिक आवडीमध्ये परावर्तित झाली.

प्रबोधन काळातील शिल्पकलेसारखी दिसणारी चित्रे आता द्विमिती चित्रासारखी दिसावयास लागली. छाया आणि प्रकाशाचा खेळ चित्रांमध्ये चित्रकार करू लागले. निसर्गचित्रे अथवा कामकरी माणसांची (धोबीण, चांभार, सुतार) चित्रे देखील प्रासादांच्या भिंतीवर फ्रेममध्ये जाऊन बसली. वास्तववादी चित्रनिर्मितीसाठी चित्रकार निरनिराळ्या पद्धती व युक्त्या वापरू लागले. वास्तुकलेमध्ये देखील छाया प्रकाशाच्या

खेळांनी बाहेरील दर्शनी भागावर गोलाकारी स्वरूप धारण करून वास्तूमध्ये नयनरम्यता आणली. याच काळांत वास्तूमधून उजेडासाठी चौक, उतरते मार्ग, मोठे द्वारमंडप, मोठमोठे जिने, दूरदूरची दृश्ये दिसू शकतील अशी चिंचोळी पाखी, बगीच्यांमधील कारंजी ह्या नव्या गोष्टींनी भर टाकली.

बरोक कलेत एक प्रकारची गतिमानता व हालचाल दिसते. ती तशी दिसावी म्हणून कलाकारांनी जवळचे दृश्य - लांबचे दृश्य, बहिर्वक्र-अंतर्वक्र रेषा व छाया-प्रकाशाच्या विरोधातून प्रकट केली. आपल्या कलाशाखेच्या व्यतिरिक्त बाकीच्या



कलाशाखांचा पण उपयोग करून त्याचा परिणाम रसिकांवर पडावा ह्यासाठी ते कलाकार धडपड करित असत.

मध्ययुगाप्रमाणेच ह्या काळातही वास्तुकलेला प्राधान्य मिळाले आणि इतर कला एकमेकांच्या जवळ आल्या. त्यामुळे एक नव्या प्रकारचा कलावंत उदयाला आला. तो वास्तुशिल्पी, शिल्पकार व सजावटकार अश्या सर्व गोष्टींचा जाणकार असणे आवश्यक झाले. बर्निनी हा अश्या प्रकारचा कलावंत होता. त्याचे 'सेंट थेरसाची परमानंदावस्था' हे शिल्प त्याची साक्ष आहे. ह्यामध्ये वास्तू, शिल्प व चित्र ह्या कलांची एकात्मता दाखवते. एका कलाशाखेच्या नियमांना अनुसरून दुसऱ्या कलाशाखेतील कृतीची निर्मिती हा प्रकार मायकेल एंजेलोने सर्व प्रथम केला म्हणून त्याला बरोक कलेचा जनक म्हणतात.

रंगीत संगमरवर, सोनेरी, ब्राँझचे पत्रे लावलेले कोरीव काम केलेले लाकडी फर्निचर ह्यामुळे निर्माण होणारी नेत्रदीपकता हे बरोक काळात खूपच लोकप्रिय झाले.

फ्रान्सच्या चौदाव्या लुईच्या मृत्यूनंतर १७१५ मध्ये फ्रान्समधील तत्कालीन डामडौल व भपकेबाज सौंदर्यापासून मुक्त होऊन कलाकारांनी परीसमध्ये छोटी छोटी घरे, इमारती पण त्याही आरामदायी अशा बांधल्या. बरोकचे स्वरूप आता

'रोकोको' कलेत परावर्तित झाले. फ्रेंच भाषेतील Racaille ह्या शब्दापासून हे नाव मिळाले. त्याचा अर्थ 'दगडी काम' अंतर्भागातील सजावटीसाठी अंतर्वक्र वा बाह्यवक्र रेषांचा उपयोग कलाकारांनी केला. जर्मनी व ऑस्ट्रियामध्ये ह्याचा विशेष प्रभाव होता. होगार्थ, इंगाझ गुंथेर, गार्डी, टायपोलो गोया ह्या कलाकारांची त्यावेळी खूपच चांगली छाप पडली.

बरोक काळातच इंग्लंडमध्ये रॉयल अकादमीची व फ्रान्समध्ये फ्रेंच अकादमीची स्थापना झाली. कलेच्या इतिहासात या संस्थांनी कलावंतांना शिष्यवृत्त्या, पुरस्कार देणे, त्यांच्या चित्रांची प्रदर्शने भरवणे,



'सेंट थेरसाची परमानंदावस्था' - बर्निनी

त्यांच्या कलेची ओळख करून देणे ह्या गोष्टींमुळे कला धर्मसत्ता व राजसत्तेच्या जोखडातून मुक्त होऊन खरोखरीच जनताभिमुख झाली.

ह्या काळातील फ्लेमिश चित्रकार म्हणजे पीटर पॉल रुबेन्स व व्हॅन डाइक हे पोर्ट्रेट्स अथवा पूर्णाकृती चित्रे काढणारे श्रेष्ठ चित्रकारांच्या पिढीतील शेवटचे कलाकार. डच चित्रकारांमध्ये जेकबव्हॅन व्हस्टायल ह्याची निसर्गदृश्ये, जान व्हर्मिअरचे 'तांबडी हॅट घातलेल्या मुली, व 'स्टुडिओत बसलेला कलावंत' ह्या चित्रांमध्ये छायाप्रकाश, खोली व स्पष्टता ही वैशिष्ट्ये दिसतात. सर्व डच कलाकारांमध्ये रेंब्राँ हा

श्रेष्ठ दर्जाचा चित्रकार होता. तसाच तो आम्ब्रेखाकारही (Etcher) होता. त्याने जवळजवळ ५००-६०० चित्रफलक रंगवले. अठराव्या शतकाच्या उत्तरार्धात इंग्लंडमध्ये व्हॅन डाइक, सर पीटर लेली, सर जॉफ्रे नेलर ह्यांनी मागणी तसा पुरवठा अशा पद्धतीने चित्रे रंगवली. ह्या बाहेरून आलेल्या कलावंतांचा परिणाम स्थानिक कलाकार विल्यम होगार्थवर पण झाला. क्लोद लोरे हा निसर्गचित्रकार व जॉन आंतवान वात्तो हा आणखीन एक फ्रेंच चित्रकार तेव्हा प्रसिद्ध होता.

बरोक काळातील प्रसिद्ध चित्रकारांनी  
काढलेली विविध चित्रे

पीटर पॉल रूबेन्स याचे सेल्फ पोर्ट्रेट ▶



व्हॅन डायक याचे Charls I of England ▶



▶ फ्रॅंक हॉल्सचे The Launching Cavalier



▶ जान व्हर्मियरचे  
view of Delft

▶ जान व्हर्मियरचे  
Young Girl



▶ निकोलस मार्क्सचे Idle Servants



पीटर पॉल रुबेन्स (१५७७-१६४०)

कलाविश्वाचा खराखुरा राजदूत.

हा चित्रकार, राजपुरुष, विद्वान व राजदूत म्हणून युरोपच्या इतिहासात आपला ठसा उमटवून आहे. स्वतः तो मध्यमवर्गीय कुटुंबात जन्मलेला. त्याचे आजोबा अँटवर्पचे. कातडी कमावणारे. त्याचे वडील जॉन रुबेन्स हे इटालियन युनिव्हर्सिटीचे पदवीधर. स्पॅनिश राजवटीत त्यांना प्रॉटेस्टंट पंथीय म्हणून कोलोनमध्ये विजनवासांत दिवस काढावे लागले. पीटरपॉल रुबेन्सचा जन्म सायजेन (जर्मनी) मध्ये १५७७ मध्ये झाला. वडिलांच्या मृत्यूनंतर पीटर



पीटर पॉल रुबेन्स आपल्या पत्नीसह

पॉल एका सरदार कुटुंबात हुजऱ्या म्हणून काम करू लागला. तेथे त्याला समाजात वावरण्याचे, रितीरिवाज, वागणूक ह्याचे शिक्षण चांगले तऱ्हेने मिळाले. त्याची स्वतःची चित्रकलेची उपजत आवड म्हणून त्याने एका साध्या पेंटरकडे नोकरी पत्करली. तो २३ वर्षांचा झाल्यावर तो इटलीला गेला. काही दिवसांनंतर व्हेनिस येथे एका पथिकाश्रमांत बसून पूर्वीच्या नामवंत चित्रकारांच्या कॉपीज करत असताना एक माणूस त्याच्यावर खूष होऊन म्हणाला, “वाहवा, ओरिजिनल चित्रापेक्षा देखील तुझे चित्र किती छान आहे. चल माझ्याबरोबर, मी तुला मांटुआच्या ड्युक विन्सेंझो गोंझाकडे घेऊन जातो. तेथे तुझे खरोखर

पीटर पॉल रुबेन्स आपल्या पत्नीसह  
चीज होईल.” मांटुआमध्ये दरबारामध्ये सरकारी पेंटर म्हणून रुबेन्सची नियुक्ती झाली.

नेदरलँडच्या राजाने त्याची कामे आवडल्यामुळे त्याची दरबारी पेंटर म्हणून नियुक्ती केली. तेथील टाऊन हॉलसाठी त्याने ‘अँडोरेशन ऑफ मॅगी’ हे चित्र अड्डावीस पूर्णाकृती व्यक्तिचित्रणे रंगवून तयार केलेले आहे. ‘डिसेंट फ्रॉम द क्रॉस’ हे त्याचे पेंटिंग सर्वोत्कृष्ट आहे.

वयाच्या बत्तीसाव्या वर्षी त्याने गावातील खानदानी कुटुंबातील इझाबेला नावाच्या मुलीशी लग्न केले. ती त्याच्यापेक्षा चौदा वर्षे लहान होती. त्यांना तीन मुले झाली.

सतरा वर्षे संसार केल्यानंतर एकाएकी इझाबेला मृत्यू पावली. नंतर रुबेन्सने राजदूत हे पद स्वीकारले. आपल्या ‘राजदूत’ ह्या पदाचे त्याने सार्थक केले. स्पेन व इंग्लंड ह्यांच्यातील वैर त्याने संपवले. स्पेनचा चवथा फिलीप व इंग्लंडचा चार्ल्स पहिला यांच्यात त्याने बऱ्याच प्रयत्नांनी सलोखा घडवून आणला व स्पेन व इंग्लंड मित्र बनले. दोन्ही देशांनी ह्या कार्याबाबत त्याला सरदारकी दिली. हे सर्व करत असताना आपल्या स्टुडिओमध्ये तो काम करीतच असे.

इझाबेलाच्या मृत्यूनंतर चारच वर्षांनी



डिसेंट फ्रॉम द क्रॉस

हेलेना फोरमंट नावाच्या सोळा वर्षांच्या मुलीच्या रुबेन्स प्रेमात पडला व तिच्याशी त्याने रितसर लग्न केले. त्यानी त्याच्या हेलेनाची पंधरा पेक्षा जास्त पोर्ट्रेट्स रंगवली. त्याच्या पौराणिक अथवा धार्मिक पेंटिंग्जसाठी तिने मॉडेल म्हणून काम केले.

काही दिवसांनी त्याला स्वतः चित्रे काढण्यासाठी शारीरिक बळ राहिले नाही तेव्हा त्याने आपल्या मदतीला ठेवलेल्या चित्रकारांची एक फळीच उभी करून पेंटिंग्ज केली. तो स्वतः चित्राच्या बाह्यरेषा काढून देत असे व मग त्यात त्याचे मदतनीस रंग

भरून अवकाश, मानवाकृती लँडस्केप, जंगली श्वापदे, स्थिर चित्रणे करीत असत. त्यांचे काम झाल्यानंतर शेवटचा हात मात्र रुबेन्स स्वतः मारत असे! त्या मदतनीसांमध्ये चांगले सिद्ध हस्त चित्रकार होते. त्यात अँथनी व्हॅन डाइक, फ्रान्स स्नीडर व जान बुधेल हे होते. ते सर्व त्याच्यासमवेत काम करण्यासाठी नेहमीच उत्सुक असत. रुबेन्स त्या सर्वांना चांगल्या तऱ्हेने मेहनताना देत असे.

आपल्या गिऱ्हाइकांना तो प्रामाणिकपणे सांगत असे की ह्या सर्व बाह्यरेषा व संकल्प चित्र माझे, चित्रामधील घर ही फ्रान्स स्नीडरची, अश्या तऱ्हेने मग तो किंमत सांगत

असे. एकदा एका गिऱ्हाइकाने वाद घालून सांगितले हे चित्र जर तुम्ही केले नाही तर ६०० फ्लोरीन का द्यावयाचे? त्यावर रुबेन्स म्हणाला “अहो सर्व चित्र मी केले असते, तर त्याची किंमत तुम्हाला दुपटीने मोजावी लागली असती!”

त्याच्या उतरत्या काळात त्याला संधिवाताने ग्रासल्यामुळे त्याला साधा ब्रश पण पकडता येईनासा झाला. तरीही त्याने त्याचे काम, त्याच्या मदतनीसांसमवेत चालूच ठेवले. एका वर्षात (१६३८) उत्तम तऱ्हेने काढलेली ११२ चित्रे त्याने स्पेनच्या



अॅडोर्शन ऑफ मॅगी

राजाला पाठवली. १६४० मध्ये हा महान कलावंत काळाच्या पडद्याआड गेला.

आजही तुम्ही अँटवर्पला गेलात तर तुम्हाला त्याचा कॅथेड्रलसमोरील पुतळा सलाम करताना दिसेल. अँटवर्पच्या प्रत्येक कानाकोपऱ्यात ‘रूबेन्स’ हे नाव कानात गुंजत राहिल.



लेखक : राम अनंत थत्ते, शिल्पकार. अजिंठा येथील गुंफांचा विशेष अभ्यास, ‘अजिंठा’ हे पुस्तक प्रकाशित अक्षरमुद्रा प्रकाशन

## तापदीप्त बल्बचे वारसदार

लेखक : विनय कांबळे • अनुवाद : स्वाती केळकर

विजेच्या दिव्याचा शोध लागण्यापूर्वी सूर्यास्तानंतर घर प्रकाशित करणं म्हणजे अगदी कटकटीचं, त्रासदायक आणि कठीण काम होतं. संपूर्ण घरात प्रकाश पडण्यासाठी कितीतरी मेणबत्त्या, तेलाचे दिवे आणि मशाली लावाव्या लागत. त्यामुळे प्रकाश पडत असे, मात्र आजूबाजूला सगळीकडे काजळी जमा व्हायची. विजेच्या दिव्याच्या शोधामुळे माणसाच्या जीवनशैलीत खूप बदल घडून आला, यात काही शंकाच नाही.

१९ व्या शतकाच्या शेवटच्या पंचवीस वर्षात जी काही नवी तंत्रज्ञानं विकसित झाली त्यातीलच एक म्हणजे विजेच्या बल्बचा शोध. अमेरिकेतील थॉमस अल्वा एडिसन आणि इंग्लंडच्या जोसेफ स्वान यांनी हा शोध लावला, त्याचा आजही मोठ्या प्रमाणावर उपयोग होतो.

जवळजवळ एक शतकभर जगाला

उजळवून टाकणारे बल्ब आता तंत्रज्ञानाच्या नवनवीन शोधांमुळे कालबाह्य होत चालले आहेत. बल्बमधील तारेच्या वेटोळ्यातून विद्युतप्रवाह जाताना तार त्याला विरोध करते. इतका विरोध करते की तार तापून त्यातून प्रकाश (आणि अर्थातच उष्णता) बाहेर पडते म्हणून या बल्बला तापदीप्त बल्ब म्हणतात. या बल्बमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या एकूण उर्जेच्या फक्त ५% भाग प्रकाश निर्माण करण्यासाठी वापरला जातो. बाकी ऊर्जा उष्णतेच्या रूपाने वाया जाते. ही वाया जाणारी ऊर्जा वाचवण्यासाठी वेगळं तंत्रज्ञान



वापरायला हवं जेणेकरून वीजकेंद्रांवर इंधनाची बचत होईल आणि वीज निर्मितीचा खर्च कमी होऊ शकेल. शिवाय या केंद्रांमधून वातावरणात सोडल्या जाणाऱ्या कार्बनडाय-ऑक्साईडचे प्रमाण कमी होईल.

याचमुळे जगातील अनेक देशांमध्ये एडिसनच्या बल्बवर आता बंदी आहे. जागतिक तापमानात वाढ करणाऱ्या कार्बन डाय ऑक्साईडचं उत्सर्जन कमी करण्यासाठी ऊर्जा बचत करणाऱ्या नव्या बल्बचा वापर करता येतो. अशा तऱ्हेचा प्रस्ताव सर्वप्रथम अमेरिकेतील कॅलिफोर्निया राज्याने मांडला. २०१२ पर्यंत परंपरागत बल्बवर बंदी आणली जावी अशी मागणी तिथे केली गेली. त्यानंतर लगेचच ऑस्ट्रेलियातही हा प्रस्ताव मांडला गेला. युरोपातील देशांनी २००९ पर्यंत बल्ब हटवण्याचे ठरवले आहे.

पण त्यासाठी परंपरागत प्रकाश देणाऱ्या बल्बचे स्थान घेऊ शकेल असा विश्वसनीय

पर्याय कोणता? आज बाजारात लहान सुटसुटीत कॉम्पॅक्ट फ्लुरोसंट ट्यूब (C.F.L.) उपलब्ध आहेत. हे दिवे म्हणजे फ्लुरोसंट ट्यूबचाच छोटा अवतार आहेत.

याशिवाय प्रकाश बाहेर टाकणाऱ्या डायोडवर (लाईट एमिटींग डायोड) आधारित दिवे मोटारीसाठी आणि प्रोजेक्टरद्वारे पडद्यावर चित्र दाखवण्याकरता वापरले जातात. हे आकाराने छोटे असले तरी त्यांचा उजेड मात्र भरपूर पडतो. आणि परंपरागत बल्बपेक्षा यांना विद्युतऊर्जाही कमी लागते. असं असलं तरी त्यात काही त्रुटीही आहेत. त्यांचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग होण्याआधी या तांत्रिक त्रुटी दूर करणं आवश्यक आहे. परंपरागत बल्बची किंमत १० रु. आहे

### सीएफएल दिव्यांचा संभाव्य धोका

प्रगत देशांमध्ये सीएफएल दिव्यांचा वापर आपल्यापेक्षा कितीतरी मोठ्या प्रमाणावर होतो. आपल्याकडे आपण अलिकडेच या दिव्यांचा प्रचार-प्रसार करण्यास सुरुवात केली आहे. ऊर्जाबचतीसाठी या दिव्यांचे महत्त्व वादातीतच आहे. पण त्यांचा वापर वाढवण्याच्या उत्साहाच्या भरात एका महत्त्वाच्या मुद्द्याकडे दुर्लक्ष होते आहे.

अमेरिकेत नवीन सीएफएल दिवा घेताना जुना निकामी दिवा दुकानदाराला परत करणे बंधनकारक आहे. त्याशिवाय नवीन दिवा विकत मिळतच नाही. दुकानदार निकामी दिवे उत्पादक कंपनीला परत पाठवतात आणि उत्पादक कंपन्यांवर या पारायुक्त दिव्यांची योग्य पद्धतीने विल्हेवाट लावण्याची कायदेशीर जबाबदारी टाकलेली आहे. आपल्याकडे अशी कोणतीही कायदेशीर तरतूद नाही. आणि केली तरी तिची अंमलबजावणी होईल अशी प्रभावी यंत्रणाही नाही. सध्यातरी सीएफएल दिवे खरेदी करणारे बहुतेक भारतीय आपला पहिलाच सीएफएल खरेदी करत आहेत. पण आणखी काही वर्षांनी निकामी झालेल्या आणि कचऱ्यात टाकून दिलेल्या सीएफएल दिव्यांमधील पाऱ्यामुळे पर्यावरणाच्या प्रदूषणाचा एक नवाच धोका उभा राहू शकतो.

तर सीएफएलची किंमत ८० रु. आहे. एलईडी ट्यूब थोड्या महाग म्हणजे १००० रुपयांपासून २५०० रुपयांपर्यंत आहेत. मात्र त्यांच्या किंमती झपाट्याने खालीही येत आहेत. पण एलईडी ची किंमत कमी होईपर्यंत तरी ऊर्जा बचतीचं साधन म्हणून आपण सीएफएल वापरू शकतो.

एकूण विद्युत ऊर्जेपैकी पाचवा किंवा सहावा हिस्सा प्रकाश निर्माण करण्यासाठी वापरला जातो. याचाच अर्थ असा की सीएफएल बल्बमुळे मोठीच ऊर्जा बचत होऊ शकते. एका पाहणीनुसार दिल्लीसारख्या शहरात जर सगळे लोक सीएफएल वापरू लागले तर ५०० मेगॅवॅटपेक्षाही जास्त ऊर्जा बचत होऊ शकते. उन्हाळ्यात दिल्लीला जवळजवळ ३५०० ते ३८०० मेगॅवॅट वीज लागते.

### सीएफएल काम कसा करतो?

सीएफएल मध्ये पाऱ्याची वाफ भरली जाते. जेव्हा या वायूमधून विद्युत प्रवाह सोडला जातो, तेव्हा त्यातून अतिनील म्हणजे अल्ट्राव्हायोलेट किरण बाहेर पडतात. हे किरण ट्यूबच्या आतल्या पृष्ठभागावरच्या संदीपक आवरणावर (फॉस्फरस) पडतात आणि त्यातून पांढरा प्रकाश उत्सर्जित होतो. हा प्रकाश अगदी आपल्या नेहमीच्या ट्यूब सारखाच असतो. फरक फक्त दिव्यांच्या आकारात असतो. सीएफएलचे आकार विशिष्ट असतात आणि त्यासाठी विशिष्ट

तंत्रज्ञानाचा वापर करावा लागतो. ते नेहमीच्या घरगुती बल्बच्या सॉकेटमध्ये बसावेत, टेबललॅम्प किंवा छतावरती बसवता यावेत म्हणून त्यांचा आकार विशिष्ट असतो. याखेरीज सीएफएल दिव्यांमध्ये आतच (बिल्टइन) ट्रान्सफॉर्मर असतो. त्यामुळेच ते घरगुती बल्बच्या सॉकेटमध्ये बसू शकतात. फ्लुरोसंट ट्यूब नेहमीच्या बल्बच्या सॉकेटमध्ये बसू शकत नाहीत.

एक गोष्ट मात्र लक्षात घ्यायला हवी की सीएफएल मध्ये पारा वापरलेला असतो. सीएफएल दिवा फुटल्यावर तो धोकादायक आणि हानिकारक होऊ शकतो. त्यामुळे सीएफएलच्या ग्राहकांना तो वापरताना काय काळजी घ्यावी याची सूचना देणं अत्यावश्यक आहे. सी.एफ.एल. दिवे किंवा ट्यूब फुटल्यास त्याच्या काचा काळजीपूर्वक नष्ट कराव्या लागतात. तापदीप्त बल्ब निकामी



झाल्यावर हाताळला तरी चालतो तशा सीएफएलच्या काचा विषारी असल्याने हाताळू नयेत.

### प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी)

एलईडी अर्धवाहक आहेत. त्यामुळे त्यांना विद्युत ऊर्जा मिळाल्यावर त्यातून प्रकाश उत्सर्जित होतो. त्यामुळे जेव्हा एलईडी अधिक स्वस्त आणि विश्वसनीय

होतील तेव्हा आपल्या घरातील प्रकाशामध्ये मोठाच बदल घडून येईल. कसा ते बघू.

नेहमीच्या तापदीप्त बल्बच्या तुलनेत सीएफएल अधिक कार्यक्षम आहेत. त्यांना जितकी ऊर्जा पुरवली जाते त्यापैकी फक्त



३०% ऊर्जा प्रकाशात रूपांतरित होते. एलईडीमध्येही सध्या ३०% ऊर्जेतून प्रकाश उत्पन्न होतो. पण पुढे हीच कार्यक्षमता ७०% पर्यंत जायची शक्यता आहे. घरगुती विजेसाठी एलईडीवर आधारित प्रकाशाचे

### एलईडी दिव्यांचा वापर आणि वीजनिर्मितीचे 'नवे' पर्याय

काही प्रमाणात एलईडी दिव्यांचा घरगुती प्रकाशासाठी वापर सुरुही झालेला आहे. अलिकडे बाजारात एलईडी वापरलेल्या विजेच्या विकत मिळतात. यात हाताने दाब देऊन किंवा एक हँडल फिरवून आतली बॅटरी चार्ज केली जाते. काही मिनिटे काम केल्यावर चार्ज झालेल्या बॅटरीवर एलईडी दिवा जवळजवळ अर्धा ते एक तास उजेड देऊ शकतो. सतत रात्रीच्या वेळी लोडशेडिंग असलेल्या भागांमध्ये साध्या विजेच्या वापरण्यापेक्षा अशी बॅटरी बदलावी न लागणारी विजेरी वापरणं सोयीचं आणि स्वस्त ठरतं. कोणतीही 'हालचाल' वापरून विजनिर्मिती करता येते, हे पूर्वीपासून माहीत आहे. पण आत्तापर्यंत फारसे कष्ट करावे न लागता व्यवहारात वापरता येईल इतक्या प्रमाणावर मानवी हालचालीतून वीजनिर्मिती करणे शक्य नव्हते. त्यामुळे दाब देऊन किंवा हँडल फिरवून वीजनिर्मिती करणारी यंत्र फार फार तर शैक्षणिक खेळणी म्हणून वापरली जात होती. पण एलईडीला मुळात अतिशय कमी वीज लागत असल्यामुळे वीजनिर्मितीचे हे पूर्वीचे अव्यवहार्य पर्याय आता अशा विजेच्यांसारख्या उपकरणांमध्ये व्यवहार्य ठरत आहेत. याच धर्तीवर पुढे जाऊन घरात सर्वसाधारण उजेड देता येईल इतक्या एलईडींना लागणारी ऊर्जा एखादी अतिशय सोपी यंत्रणा वापरून घरच्या घरी तयार करता येईल का ? विचार करा आणि आपल्या कल्पना आम्हालाही कळवा. नाविन्यपूर्ण कल्पनांना आम्ही जरूर प्रसिद्धी देऊ.

स्रोत मिळू लागले आहेत. पण त्यातून पांढरा प्रकाश निर्माण करण्यासाठी काही गोष्टी विकसित करणं आवश्यक आहे.

एलईडीवर काम करणाऱ्या एका सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञाने ३१ मार्च ०७ च्या न्यू सायंटिस्टच्या लेखात म्हटले आहे. "घरगुती विजेसाठी सुरुवातीला सीएफएल वापरले जातील पण नंतर त्यांची जागा एलईडी घेणार आहेत. इतके दिवस आपण तापदीप्त बल्ब कसे वापरत होतो याचं मला आश्चर्यच वाटतं."

इंटर गव्हर्नमेंटल पॅनल ऑफ क्लायमेट चेंज म्हणजेच आईपीसीसीच्या मे २००७ च्या चवथ्या रिपोर्टमध्ये सांगितलं आहे की १९७० पासून २००४ पर्यंत ग्लोबल ग्रीन हाऊस वायू उत्सर्जनात औद्योगिक क्रांतीच्या आधीच्या तुलनेत ७७% वाढ झाली आहे. याच काळात कार्बन डाय ऑक्साईडच्या उत्सर्जनात ८०% वाढ झाली आहे. (१९९० ते २००४ या काळात २८%) जगभरात ज्या प्रमाणात इंधन जाळलं जातयं ते प्रमाण जर असंच राहिलं तर २०३० सालापर्यंत हे धोकादायक उत्सर्जन ९०% पर्यंत पोचेल. भारत, चीनसह जगातल्या सर्वच देशांना प्रदूषण करणाऱ्या या वायूंचं उत्सर्जन कमी करण्याचे उपाय योजायला हवेत. पृथ्वीचं वाढतं तापमान रोखण्यासाठी प्रत्येक क्षेत्रातील प्रत्येक व्यक्तीचा सहभाग असणं गरजेचं आहे. यासाठी प्राथमिक उपाय म्हणजे सीएफएलचा वापर करणे. म्हणजे

पृथ्वीवरचं हे महासंकट टाळता येऊ शकेल. तापदीप्त बल्ब जेवढी ऊर्जा वापरतात त्यापेक्षा फक्त २० टक्के ऊर्जा वापरून सीएफएल दिवे प्रकाश निर्माण करतात. म्हणूनच ते १०,००० तास चालतात. (तापदीप्त बल्ब फक्त १००० तास चालू शकतात.) सीएफएलचा उपयोग वाढवणे याचाच अर्थ तापदीप्त बल्बचं उत्पादन कमी करणे. जिथे विजेच्या उत्पादनासाठी कोळसा वापरला जातो (बहुतेक ठिकाणी कोळसाच वापरतात.) तिथे सीएफएल वापरून सध्या बाहेर सोडल्या जाणाऱ्या कार्बन डाय ऑक्साईडमध्ये ६०० किलोग्रॅमपर्यंत (प्रत्येक सीएफएल मागे) कपात केली जाऊ शकते.

त्यामुळे आपण प्रत्येकाने या नवीन तंत्रज्ञानाचा स्वीकार केला पाहिजे. सीएफएल आता सर्वत्र उपलब्ध आहेत. त्यांच्या वापरामुळे आपण येणाऱ्या दशकात जागतिक तापमानवाढ रोखू शकतो. त्यामुळे आपले राहणीमानही बदलणार आहे. विजेचा कौशल्यपूर्ण वापर करणारी उपकरणे, चांगली उष्णतारोधक साधने आणि गरम/गार करण्याची सौर साधने वापरण्यावर आपण भर दिला पाहिजे.

ड्रीम्स जून ०७ मधून साभार.

लेखक : विनय कांबळे, ड्रीम्स या विज्ञानविषयक नियतकालिकाचे संपादक.

अनुवाद : स्वाती केळकर, संदर्भ गटात सहभागी.



## एक होता काऊ

लेखक : ब्रॅन्ड हैनरिख, थॉमस बुगन्यार ● अनुवाद : मीना कर्वे

निर्मात जंगली डोमकावळे हे साधारणतः अनेक जणांच्या गटातच आपलं खाणं खात असतात. आम्ही आधी वर्णन केल्याप्रमाणे अशावेळी ते मुख्यतः जास्तीत जास्त अन्न गोळा करून नंतर खाण्यासाठी लपवून ठेवतात. अशा परिस्थितीत एखाद्या कावळ्याला त्या ठिकाणी जमलेल्या इतर सगळ्याच कावळ्यांच्या मागे पळणं आणि त्या सगळ्यांच्याच अन्नसाठ्यांचा ठावठिकाणा पाहून ठेवणं सर्वस्वी अशक्य असतं. तरीही जे प्रौढ कावळे असतात ते आपल्या प्रतिस्पर्ध्यांना आपल्या अन्न लपवण्याच्या जागा कळू नयेत म्हणून काळजी घेताना दिसतात. आपल्या अन्नसाठ्यांवर हल्ला करू शकतील अशा संभाव्य हल्लेखोरांना ते कित्येक किलोमीटरपर्यंत पाठलाग करून हुसकावून लावतात. आमच्या बंदिस्त पिंजऱ्यात मात्र एखाद्या कावळ्याला प्रतिस्पर्ध्यांची सावध नजर चुकवणं शक्य होत नाही. अशा परिस्थितीत आपल्या प्रतिस्पर्ध्यांमधील 'जाणते' कोण न 'अजाण' कोण हे त्यांच्या

ध्यानात येते की नाही हे प्रयोगाद्वारे आपण शोधून काढू शकतो. माणसांमधील फरक तर त्यांना कळतो हे आपण आधीच्या प्रयोगात पाहिलंच आहे.

ह्या प्रयोगांच्या मालिकेत डोमकावळे इतर कावळ्यांमधील प्रत्येक कावळा स्वतंत्रपणे ओळखू शकतात (तसंच इतर प्रजातींमधील व्यक्तीव्यक्तींमधला - उदा. आम्ही - फरक ओळखू शकतात) ह्या ज्ञानावर आम्ही विसंबून होतो. आम्ही 'जाणते' पक्षी निर्माण केले - यांना प्रयोगातील पक्ष्याच्या अन्न लपवून ठेवण्याच्या जागेविषयी माहिती होते. त्यांच्या उलट ज्यांना माहिती नाही असे 'अजाण' पक्षीही निर्माण केले - ते ही लपवण्याची जागा बघू शकलेले नव्हते. नंतर आम्ही अन्न लपवून ठेवणाऱ्याला ह्या 'जाणत्या' आणि 'अजाण' प्रतिस्पर्धी पक्ष्यांबरोबर सोडले. ह्या प्रयोगामध्ये आम्ही हे तरुण पक्षी 'चोर' असलेल्या आणि नसलेल्यांमधील फरक जाणून घेऊ शकतात की नाही ह्यांचं निरीक्षण केलं. पण आम्ही बंदिस्त

पिंजऱ्याची जी रचना केली होती त्यामध्ये काही बदल करण्याची गरज आहे असं आमच्या लक्षात आलं.

ह्या बंदिस्त पिंजऱ्याचा मोठा भाग आम्ही लपवायच्या अन्नसाठ्यांसाठी राखून ठेवला. नंतर पिंजऱ्याचा लहान भाग एका अपारदर्शी भिंतीने वेगळा केला. त्या भिंतीला एक खिडकी केली व त्या खिडकीतून मोठ्या भागाकडे बघता येईल अशी सोय केली. खिडकीमागे पक्षी बसू शकेल अशी एक दांडी बसवली. पक्षी तिथे बसल्यानंतर त्याला खिडकीतून पिंजऱ्याच्या मुख्य भागातील अन्न लपवून ठेवणारा कावळा दिसू शकेल अशी सोय केली. त्याच्या शेजारीच जाळीच्या दुसऱ्या भागातही एक पक्षी ठेवला व त्याच्यासमोरील खिडकीवर मात्र पडदा लावून ठेवला. अशा रीतीने दोन्ही पक्ष्यांना अन्नसाठा करणाऱ्या पक्ष्याच्या हालचाली ऐकू येत होत्या, पण प्रत्यक्ष दिसत मात्र त्यातल्या एकालाच होतं.

नंतर साधारण ५ मिनिटांनी लहान भागातील दोन्ही पक्ष्यांना अन्न शोधण्यासाठी मोठ्या भागात सोडण्यात येणार होतं. त्यामुळे अन्न लपवणाऱ्या कावळ्यावर नजर ठेवण्यासाठी त्यांना उद्युक्त करण्यात आलं. ज्याला दिसत होतं तो पक्षी जास्तीत जास्त बघून ठेवण्याचा प्रयत्न करत होता आणि बघू न शकणारा पक्षी पडदा उचकटण्याचा प्रयत्न करत होता. (त्यामुळे आम्हाला तो पडदा अगदी घट्ट बसवावा लागत होता.)

अन्न लपवणाऱ्या पक्ष्याने तीन वेगवेगळ्या ठिकाणी अन्न लपवून ठेवल्यावर आम्ही त्याला मोठ्या भागातून काढून घेतलं. ५ मिनिटांनी त्याला आपलं लपवून ठेवलेलं अन्न गुप्त जागांमधून परत बाहेर काढण्यासाठी आत सोडलं. हे अन्न मिळवण्यासाठी त्याला एकट्याला सोडलं किंवा 'जाणत्या' आणि 'अजाण' पक्ष्यांच्या बरोबरही सोडलं.

जेव्हा चोरी होण्याची शक्यता आहे असं अन्न लपवणाऱ्या पक्ष्याला दिसून येतं तेव्हाच तो आपलं अन्न ताब्यात घेताना दिसतो. प्रयोगांमधून असं दिसून आलं की जेव्हा हा पक्षी 'जाणत्या' पक्ष्याबरोबर होता तेव्हा तो आपलं अन्न खरोखरच आपल्या ताब्यात घेत होता. तुलनेने असं म्हणता येईल की जेव्हा 'अजाण' पक्षी त्याच्या सोबत होता किंवा तो स्वतः एकटाच होता तेव्हा मात्र तो अन्न ताब्यात घेण्याचा फारसा प्रयत्न करताना दिसला नाही. त्याहूनही पुढची गोष्ट म्हणजे जेव्हा 'जाणता' पक्षी अन्न लपवण्याच्या जागेच्या २ मीटर जवळ आला तेव्हा अन्न लपवणाऱ्याने त्याला हुसकावून लावलं, याउलट 'अजाण' पक्ष्याकडे मात्र त्याने पूर्ण दुर्लक्ष केलं. अन्न लपवणाऱ्या कावळ्यांना त्यांचं असं एखादं गुप्तस्थान इतर कोणकोणत्या कावळ्यांनी बघितलं आहे हे आठवत असावं असा आमचा अंदाज होता, अन् त्या दोन प्रकारच्या कावळ्यांमधला जो फरक होता तोच आम्ही त्यांच्याविरुद्ध वापरला. गुप्तस्थान

निर्माण करणाऱ्या कावळ्यांना त्यांचं हे काम बघणाऱ्या कावळ्यांचा काय हेतू असेल याची पूर्वकल्पना होती. त्यामुळे त्यांच्या त्या चालीला ह्या कावळ्यांनी तोंड दिलं. पण 'जाणत्या' कावळ्यांनीही त्यांच्या त्या चालीला प्रत्युत्तर दिलं. 'जाणते' कावळे खजिना ठेवणाऱ्या कावळ्यांच्या हजेरीत त्यांच्या खजिन्याकडे थेट गेले नाहीत, तर ते त्यांच्या दूर जाण्याची वाट बघत काही अंतरावर थांबून राहिले. यावरून दुसऱ्यांना ज्ञान प्राप्त होईल याची जाण असणे आणि त्यानुसार दुसऱ्यांच्या प्रतिसादांचा अंदाज बांधणे ह्या विषयीचे निष्कर्ष आपण वरील प्रयोगातून काढू शकतो.

जरा वेगळ्या प्रकारचे काही प्रयोग आम्ही केले. एखादा 'जाणता' आहे हे त्याच्या वर्तनातून इतरांना कळतंय की काय हे पडताळून पाहण्याचा आम्ही प्रयत्न केला.

मग त्यासाठी एका माणसाला आम्ही गुप्तस्थानांची निर्मिती करून तिथेच काहीही न करता उभं केलं. पहिल्या प्रयोगांमधून आम्हाला दिसलं होतं की माणसाने बनवलेल्या खजिन्याकडे एखाद्या 'जाणत्या' कावळ्याबरोबर आपण दुसऱ्या 'जाणत्या' कावळ्याला सोडलं तर पहिला दुसऱ्यावर हल्ला चढवतो. तेच ह्याच्या उलट जर आपण 'अजाण' पण वरचढ अशा कावळ्याला त्याच्याबरोबर सोडलं (म्हणजे हा दुसरा कावळा त्याच्यावर हल्ला चढवेल अशी शंका त्याला आली) तर तो साधारण १० मिनिटं तरी खजिन्याकडे जायचा थांबतो. वरचढ कावळा दूर अंतरावर दुसरंच काहीतरी करतो आहे अशी त्याची खात्री झाली की मगच तो आपल्याला माहीत असलेल्या खजिन्याकडे जातो. तेव्हा 'जाणते' कावळे इतर कावळ्यांना आपल्या हालचालींमधून

अस्फुट सूचना देत असण्याची शक्यता आहे व या शक्यतेकडे दुर्लक्ष करून चालणार नाही. पण प्रयोगाचे निष्कर्ष मात्र ठामपणे सुचवतात की अशी शक्यता मुळीच नसते. 'जाणत्या' कावळ्यांचे वर्तन आश्चर्य वाटेल इतके सफाईदार असते, ते वर्तन दुसऱ्या कावळ्यांच्या वर्तनाचा अर्थ समजून आणि त्यांच्या पुढील प्रतिक्रिया काय असतील ह्याचा अंदाज घेऊनच केलेले असते.

### डोमकावळे काय विचार करतात ?

जे प्राणी आपल्या मनातले विचार प्रत्यक्ष मांडू शकत नाहीत अशांच्या विचारप्रक्रियेचं विश्लेषण करणं अतिशय अवघड असतं. खरं सांगायचं तर दुसऱ्या प्राण्याच्या मनात काय विचार चालले असतील ते आपण मुळीच सांगू शकत नाही, फार काय, दुसऱ्या माणसाच्या मनातलेही विचार आपणही माणूस असूनसुद्धा ओळखू शकत नाही. तरीही विज्ञान संशोधनात पूर्वापार चालत

आलेल्या काही साध्या-सोप्या नियमांनुसार आपण आपल्या प्रयोगांचे निष्कर्ष काढू शकतो. ह्या सर्व प्रयोगांवरून आपल्याला असं नक्कीच म्हणता येईल की डोमकावळे आपल्या बुद्धीचा उपयोग करून आपल्या वर्तनाची दिशा ठरवतात. मांस बांधलेली दोरी ओढून घेण्याच्या प्रयोगावरून ते तर्काला धरून विचार करू शकतात असं आपल्याला आढळलं. संभाव्य चोराविरुद्ध त्यांनी योजलेल्या उपायांवरून त्यांना आपले प्रतिस्पर्धी कोण आहेत हे ओळखता येतं आणि आपलं लक्ष ते त्यांच्यावर केंद्रित करतानाही दिसतात. आपल्याला हे समजलं आहे ह्याची जाणीवही ते प्रतिस्पर्ध्यांना करून देताना दिसतात, आणि आपल्या ह्या ज्ञानाचा उपयोग ते त्यांच्यावर कुरघोडी करण्यासाठी करतात हे त्यांच्या वर्तनावरून दिसून येतं. अन्नाचे साठे लपवण्यासाठी ते गुप्तस्थानं तर निर्माण करतातच, पण नंतर



प्रतिस्पर्ध्यांपासून बचाव करून आपले स्वतःचे साठे स्वतःसाठीच परत ताब्यात घेता येतील अशी योजनाही ते करू शकतात, हेही आपल्याला दिसून येतं.

शिकण्याची प्रक्रिया चालू असते, पण फक्त ही प्रक्रियाच सगळ्या हालचालींसाठी कारणीभूत नसते. कारण सगळ्या हालचाली तात्काळ कराव्या लागतात. त्यासाठी 'चुका आणि शिका' ही प्रक्रिया होण्याइतकी सवड मुळीच नसते. आम्हाला असं वाटतं की लहान वयात खेळण्याच्या क्रियांमधून ते अनुभव गोळा करतात आणि त्यातूनच ते शिकत जातात. ह्या शिक्षणाचा त्यांना पुढील आयुष्यात उपयोग होतो. तर्कावर आधारित विचार क्षमताही त्यातूनच विकसित होते. त्यामुळे आयुष्यात आपल्या प्रतिस्पर्ध्यांवर मात करणं आणि प्रत्यक्ष शिकार करणाऱ्या प्राण्याचा स्वतःसाठी



फायदा करून घेणं त्यांना शक्य होतं. दोरीवरून अन्न ओढून घेण्यासारख्या नाविन्यपूर्ण प्रसंगातही ते योग्य वर्तन करू शकतात ते ह्या ज्ञानामुळेच!

माणूस सोडून इतर सजीवांपैकी किती प्रजातींमध्ये डोमकावळ्यांसारखी क्षमता असते हे आम्हाला माहीत नाही. ही क्षमता दुर्मिळ आहे असं आपल्याला म्हणता येणार नाही. पण प्रत्येक प्रजातीच्या सभोवतालचे पर्यावरण वेगवेगळे असल्याने त्यांच्याशी जुळवून घेण्याच्या प्रत्येकाच्या वर्तनाच्या क्रिया ह्या वेगवेगळ्या असतात, आणि त्या बऱ्याच मर्यादित असतात. डोमकावळ्यांमध्ये मात्र ह्या क्षमता अशा मर्यादित नसतात. त्यामुळे आम्हाला असं वाटतं की इतर कोणतेही पक्षी डोमकावळ्यांइतके खेळकर नसतात. त्यांना वेगवेगळ्या परिस्थितीला तोंडही द्यावं लागतं त्यामुळेच जगात सर्वात जास्त ठिकाणी हे पक्षी पसरलेले आहेत. माणसांसारखेच ते जगात सर्वत्र, वेगवेगळ्या पर्यावरणांमध्ये आपले अस्तित्व टिकवून आहेत.

सायंटिफिक अमेरिकन एप्रिल ०७ मधून साभार.  
लेखक : ब्रॅंड हैनरिख, जीवशास्त्राचे प्राध्यापक.  
थॉमस बुगन्यार, मानसशास्त्राचे प्राध्यापक.  
दोघांनी मिळून डोमकावळ्यांचा अभ्यास केला, त्यावर अनेक लेख लिहिलेत.  
अनुवाद : मीना कर्वे, समाजशास्त्राच्या अभ्यासक.

## अनारको आणि कबिला

लेखक : सतीनाथ षडंगी • अनुवाद : प्रीती केतकर

तुम्हाला कदाचित खरं नाही वाटणार पण अनारको आज एक पुस्तक तेही जुनंपुराणं, जीर्ण पानांचं, कुबट वास मारणारं - वाचण्यात अगदी दंग झाली होती. त्याचा स्पर्श, तो वास, ते वाचणं हे सगळंच अनारकोला आवडलं होतं. पुस्तक होतं भूगोलाचं. पण तो भूगोल शाळेत शिकवतात तसला नव्हता वेगळाच होता.

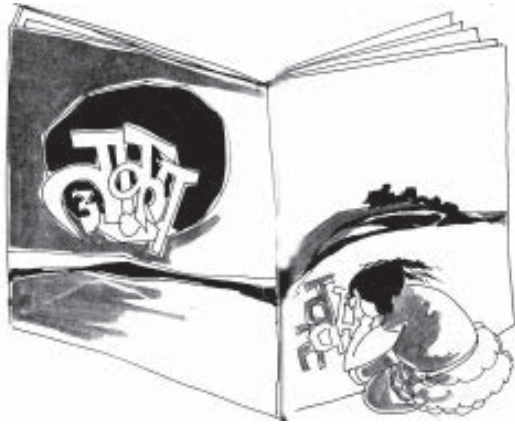
अनारको वाचत होती ... आफ्रिका नावाचा एक देश होता. तिथे सगळे पहाड, पर्वत आणि घनदाट जंगलं होती. त्या जंगलांमध्ये काळे आदिवासी राहत होते. सगळे एकत्र एका कबिल्यात राहत होते. सगळे मिळून गात, नाचत, खातपीत खूप धम्माल करायचे. ते सगळं काही एकमेकात वाटून घ्यायचे. सगळं म्हणजे अगदी सगळं - मग ते खाणं असो, थंडीनं कुडकुडणं असो



किंवा रडणं! पुस्तकात असं लिहिलं होतं की एकदा दुसऱ्या देशातला एक माणूस तिथे आला. कबिल्यातल्या लोकांना बघून त्याला एक कल्पना सुचली. तो मोठा माणूस त्याच्या देशात परत गेला. परत आला तेव्हा बरोबर चकचकीत अवजारं घेऊन आला. पण तो गोरा माणूस होता तिकडमबाज. कबिल्यात एकूण बावन्न लोक होते तरी त्यानं अवजारं आली एक्कावन्नच. आणि ती त्या लोकांना भेट दिली. पुढे असं लिहिलं होतं की कबिलेवाल्यांच्या जेव्हा लक्षात आलं की एक अवजार कमी आहे त्यामुळे एकाला कुणाला तरी ते मिळणार नाही तेव्हा यांनी ती सगळी अवजारं परत केली. हे बघून तो गोरा माणूस थक्कच झाला आणि मुकाटपणे सगळी अवजारं घेऊन आपल्या देशाला परत गेला. खरी गोष्ट अशी होती की त्याच्या देशात असं सगळं वाटून घेण्याचा रिवाजच

नव्हता. किंबहुना त्याच्या देशातले लोक तसा विचारसुद्धा करू शकत नव्हते. मग ह्या सगळ्याबद्दल त्या गोऱ्या माणसानं एक पुस्तक लिहिलं.

पुस्तक वाचता वाचता अनारको कल्पनेच्या राज्यात विहार करायला लागली. ती आफ्रिका नावाच्या त्या देशाची कल्पना करायला लागली. कसे असतील त्या कबिल्यातले लोक, कसे गात असतील, नाचत असतील, तिथली मुलं कोणते खेळ खेळत असतील तिथल्या आया कसा स्वयंपाक करत असतील. आणि तिथले सगळे बाबा काय काम करत असतील. अनारकोला वाटलं की तिथले आईबाबा मुलांना रागावत, मारत असतील की नाही. म्हणजे समजा, कबिल्यातल्या एखाद्या मुलाला खूप पेरू खाल्ल्यामुळे जुलाब व्हायला लागले तर त्याची आई त्याला रागावत असेल की नाही. अशा सगळ्या



कल्पना करताकरता अनारकोला प्रत्यक्ष तिथे जाऊन कबिल्यातल्या लोकांना भेटण्याची तीव्र इच्छा झाली. त्यांच्याबरोबर नाचावं, गावं, खावं, प्यावं, त्यांच्याशी खूपखूप गप्पा माराव्यात, ते लोक कसे आहेत हे समजून घ्यावं. अनारकोच्या मनातली ही इच्छा इतकी प्रबळ झाली की तिच्या छातीत जोरजोरात धडधड व्हायला लागली - आईशप्पथ !

म्हणून मग ती बाबांकडे गेली. बाबा पेपर वाचत बसले होते. आई चहा करत होती. बाबांजवळ जात ती म्हणाली, “बाबा, मला आफ्रिकेला जायचंय!” बाबा म्हणाले, “बरं बरं! चल, आता हातपाय धू आणि अभ्यासाला बस.” अनारकोला कळलं की तिचं बोलणं बाबांनी ऐकलच नाहीय. म्हणून ती जरा ओरडून म्हणाली, “बाबा, मला आफ्रिकेला जायचंय.” आता मात्र बाबांनी ऐकलं होतं. ते म्हणाले, “हो पण एवढं ओरडत्येस कशाला? कशाला जायचंय आफ्रिकेला?” तिनं अजून त्या कबिलेवाल्यांबद्दल पुरतं सांगितलही नव्हतं तोच बाबांनी तिला थांबवलं. ते म्हणाले, “तुला माहिती तरी आहे का आफ्रिका कुठे आहे ते? सात समुद्र ओलांडून जावं लागतं!” हे मात्र अनारकोला तितकसं रुचलं नाही. आफ्रिका सातासमुद्रापलीकडे कशाला

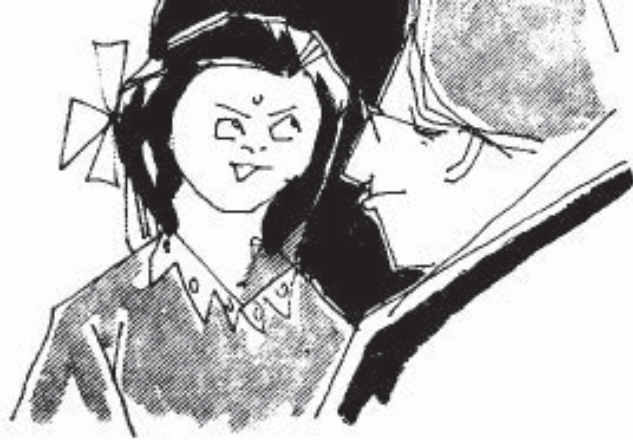
आहे? आणि त्या कबिलेवाल्या लोकांना तरी समुद्रापलीकडे वस्ती करायचं काय जडलं होतं - तेही सातसात! मग ती विचार करायला लागली की का बरं ते लोक समुद्राच्या पलिकडे राहात असतील? तेवढ्यात बाबांनी विचारलं, “आणि आफ्रिकेत गेल्यावर तुला काही झालं तर?” अनारकोला ह्या ‘काही होणं’ चा अर्थ माहित होता. आईबाबांच्या या ‘काही होणं’चा अर्थ सर्दी होण्यापासून ते मरण्यापर्यंत काहीही - असा होता. आणि हे अनारकोला चांगलं माहित होतं. म्हणून ती म्हणाली, “पण बाबा ‘काहीतरी’ तर कुठेही होऊ शकतं, अगदी इथेही! त्यासाठी आफ्रिकेला कशाला जायला हवं?” तिचं म्हणणं बराबरच होतं आणि बाबांचा मूडही चांगला होता म्हणून त्यांनी ते मान्य केलं. मग विचारलं, “एकटी कशी जाशील? कोण येणारे तुझ्याबरोबर?” खरं म्हणजे अनारकोनं एवढा सगळा विचार केलाच नव्हता. पण तरी तसंच ठोकून दिलं, “किं कु म्हणालाय की मी येईन तुझ्याबरोबर.”

“पण जायला पैसे कुठून आणणार? आफ्रिकेला तर विमानानं जावं लागतं. एवढे पैसे कुठून आणणार?” बाबांनी विचारलं. अनारको म्हणाली, “माझ्या डब्यात आहेत पैसे!” एव्हाना बाबा पुन्हा पेपर वाचायला लागले होते, त्यामुळे वाचता वाचता म्हणाले, “आफ्रिकेला जाण्यासाठी तसल्या

दहा हजार डब्यांमधले पैसे लागतील.” आफ्रिकेला जायला खूप पैसे लागतील हे कळल्यावर अनारको हिरमुसली झाली. पण तिनं ठरवलं की काहीतरी धडपड तर केलीच पाहिजे.

ती हळूच घराबाहेर पडली. ति ला माहित होतं की हलवायाच्या दुकानापलिकडे रतनमल शेटजींचं दुकान आहे. शेटजींच्या दुकानात सामान वगैरे काही नव्हतं. फक्त एक पांढरीशुभ्र गादी घातलेली असायची आणि एक लाकडी पेटी. त्या पेटीत खूपखूप पैसे असायचे. ती एकदोनदा शेटजींशी बोललीही होती. शेटजी तिच्याकडे पाहून हसायचे तेव्हा त्यांच्या डोळ्यात एक चमक दिसायची. आणि ते तिच्याकडे असे बघायचे की जणू काही अनारको म्हणजे कोणी जोकरच आहे. हे सगळं जरी खरं असलं तरी अनारकोनं विचार केला की पैशाची गरज असली की लोक त्यांच्याकडेच जातात. म्हणून तीही गेली आणि म्हणाली, “शेटजी मला पैसे पाहिजेत.” शेटजी हसत हसत म्हणाले, “किती हवेत?” अनारको म्हणाली, “खूपऽऽअं...वीस हजार रुपये!” आता मात्र शेटजींचे डोळे चमकले. ते म्हणाले, “उद्या सकाळी ये, तेव्हा देतो.” अनारकोला शेटजी इतक्या सहज तयार होतील असं वाटलंच नव्हतं. पण आता तयार झालेच आहेत हे बघून ती म्हणाली, “उद्या कशाला? आत्ताच द्या ना!” शेटजी





की तुम्हाला काय हवं आहे? म्हणजे जीवनात तुम्हाला काय पाहिजे?” अनारकोच्या तोंडून ‘जीवन’ हा शब्द ऐकून शेटजी जरा चकित झाले. थोडा वेळ त्याच अवस्थेत राहिले. थोडा विचार केला आणि मग

म्हणाले, “आत्ता नाहीयेत, सकाळी ये.” अनारकोला हे जरा विचित्रच वाटलं. तिनं विचारलं, “आत्ता नाहीयेत. मग सकाळी तरी कुठून येणार आहेत?” आता मात्र शेटजी खूप हसायला लागले. म्हणाले, “सकाळी मी माझं पैशाचं झाड हलवीन आणि तुझ्यासाठी पैसे गोळा करीन.” अनारकोला कळलं की शेटजी तिची चेष्टा करतायत. आता तर ते इतके हसत होते की त्यांचं पोट जोरजोरात हलत होतं. अनारको तिथून निघाली. तिला शेटजींचा खूप राग आला होता. आणि थोडासा आफ्रिकेचाही - ती इतक्या दूर कशाला होती! तेवढ्यात तिला काहीतरी सुचलं. ती परत शेटजींकडे आली आणि तिनं विचारलं, “ते जाऊ दे, शेटजी, तुम्हाला काय हवंय?” शेटजींचं हसू एकदम मावळलं आणि त्यांनी विचारलं, “म्हणजे? तुला काय म्हणायचंय?” अनारको पुन्हा बोलली, “मी विचारत्येय

बोलले, “माझी अशी इच्छा आहे की रविवारात एक स्वतःची बिल्डिंग असावी. खालच्या मजल्यावर दुकान असावं आणि धंदा जोरात चालावा.” शेटजी काय बोलतायत ते अनारकोला समजलं नाही. “दोनतीन वर्षात पुरेसे पैसे मिळवीन आणि देवाची कृपा झाली तर होईलही माझं दुकान, म्हातारपण सुखात जाईल.” शेटजी बोलतच होते पण अनारको तिथून केव्हाच निघून गेली होती.

रस्त्यावर आल्यावर तिला फुलपत्तीचा मोठा भाऊ दिसला. शाळेतून येताना अनारकोला तो नेहमी दिसायचा. गल्लीतल्या पानवाल्याकडे तो नेहमी पान खायचा आणि रस्त्यावर लालेलाल पिंक टाकायचा. तिला माहीत होतं की त्याच्या खिशात नेहमी पैसे असतात. तिला वाटलं चला, जरा यालाही चाचपून बघू या. म्हणाली, “दादा, मला पैसे हवेत.” फुलपत्तीचा भाऊ खिशात हात

घालणार तोच तिनं त्याला अडवलं, “थोडेसे नाही, खूप हवेत. वीस हजार रुपये!” त्यावर तो हसला आणि म्हणाला, “नंतर देईन तुला पैसे. आत्ता काही इथे इतके नाहीयत माझ्याकडे.”

अनारकोच्या मनात येतच होतं की आता हाही पैशाच्या झाडाबद्दल बोलणार तेवढ्यात तो दुसरंच काहीतरी बोलला. म्हणाला, “मला नोकरी लागली ना की मग ये माझ्याकडे.” अनारको निघणारच होती तेवढ्यात तिला एक प्रश्न विचारायची आठवण झाली, “दादा तुला काय हवं आहे?” अनारकोनं विचारलं. त्याला प्रश्न समजला नाही म्हणून तिनं परत विचारलं, “म्हणजे तुला काय हवं आहे? तुला काय व्हायचं आहे, कोण व्हायचं आहे?” जरा आश्चर्यानं तिच्याकडे पाहात तो म्हणाला, “हे बघ, तसं काही मला सांगता येणार नाही. पण मला एक नोकरी मिळावी एवढीच माझी इच्छा आहे.” दादा आणखी काही बोलायच्या आतच अनारको पाठ फिरवून चालायला लागली. ती घरी परत निघाली होती. तिच्या मनात येत होतं की निवडणुकीतले पांढऱ्या टोप्यावाले नेतेलोक गाडीतून नेहमी फुलपत्तीच्या घरी येत असतात. तिच्या दादाला नक्कीच मिळेल नोकरी.

घरी पोचेपर्यंत अंधार पडायला आला होता. अनारकोच्या लक्षात आलं की तिच्या

घरच्या नियमाप्रमाणे तिनं एव्हाना अभ्यासाला बसायला हवं होतं. म्हणून ती घराच्या मागच्या बाजूला गेली. खिडकीतून हात घालून मागचा दरवाजा उघडला, हळूच आत शिरली. दप्तरातलं भूगोलाचं पुस्तक काढून वाचायला लागणार एवढ्यात बाबा खोलीत आले. अनारकोनं आपण पुस्तक वाचण्यात दंग झाल्यामुळे बाबांना पाहिलंच नाही असं दाखवलं. पण हळूच डोळ्याच्या कोपऱ्यातून चोरून बघताना तिच्या लक्षात आलं की बाबा खुशीत दिसतायत, तेव्हा तिनं विचारलं, “बाबा, तुम्हाला काय पाहिजे? तुम्हाला कोण व्हायचंय?” बाबा तिच्याजवळ आले आणि तिच्या डोक्यावर हात ठेवून म्हणाले, “आमची एवढीच इच्छा आहे की तू खूप शिकावंस, परीक्षेत चांगले मार्कस् मिळवावेस, तुझा वर्गात पहिला नंबर यावा.” पण अनारकोला हे उत्तर नको होतं म्हणून तिनं परत विचारलं, “तसं नाही, तुम्हाला स्वतःसाठी काय हवंय?” बाबा थोडेसे अस्वस्थ वाटले. म्हणाले, “माझी इच्छा आहे की मला प्रमोशन मिळावं. गेली दोन वर्ष मिळालेलं नाहीय. खरंतर एव्हाना मिळालंच असतं...” असं बोलत बोलत कुणी एका ‘साला मद्रासी’ला शिवी देत ते खोलीबाहेर निघून गेले.

अनारको विचार करायला लागली - बाबांना कधी ना कधी प्रमोशन मिळेलच, दादाला नोकरी लागेल, रतनमलचं रविवारात

दुकानही होईल.  
प्रत्येकाला जे हवंय ते  
मिळेल. फक्त तिला मात्र  
तिला हवंय ते नाही  
मिळणार. मग तिला वाटलं  
की प्रमोशन, नोकरी,  
दुकान - ह्या काय इच्छा  
आहेत - कसल्या फालतू  
इच्छा आहेत ह्या! तिला  
जसं आफ्रिकेला जावंसं  
खूप खूप वाटत होतं तसं  
कोणालाच का वाटत नाही ?



मग तिनं भूगोलाचं पुस्तक काढलं -  
शाळेचं नाही, ते दुसरं. पुस्तक उघडून ती  
विचार करायला लागली... कबिल्यातल्या  
लोकांची काय बरं इच्छा असेल... विचार  
करत राहिली... करत राहिली...

लेखक : सतीनाथ षंडगी, भोपाळ ग्रुप फॉर  
इन्फार्मेशन अँड अॅक्शनशी संबंधित. पत्रकार आणि  
समीक्षक, नर्मदा बचाव आंदोलनात सक्रीय.  
अनुवाद : प्रीती केतकर, पालकनीतीच्या गटात  
सहभागी.

निर्मळ

रानवारा



रानवारा महिन्यातून एकदा मुलांना भेटायला येतो. मुलं फक्त उद्याची नागरिक नाहीत, आजचं  
मूल म्हणून आनंदानं जगण्याचा त्यांना हक्क आहे. मुलांचं मनोरंजन करावं, त्यांना खूप खूप  
माहिती द्यावी, भरपूर आनंद द्यावा - यासाठी रानवारा आहे.

अंकाची किंमत रु. १५/- वार्षिक वर्गणी रु. १५०/- सहामाही वर्गणी रु. ७५/-  
द्विवार्षिक वर्गणी रु. ३००/- आजीव सभासद फी रु. २०००/-

वंचित विकास संचलित - रानवारा  
४०५/९ नारायण पेठ, मोदी गणपतीमागे, पुणे ४११ ०३०.  
फोन - २४४५४६५८, २४४८३०५०

## अभिनंदन !

'संदर्भ'चे एक लेखक व हितचिंतक डॉ. आनंद कर्वे यांना २००७ सालचा 'ग्रामीण  
विकासासाठी विज्ञान व तंत्रज्ञानाचा वापर' या क्षेत्रातील 'जमनालाल बजाज पुरस्कार' मिळाला  
आहे, त्याबद्दल त्यांचे मनःपूर्वक अभिनंदन.

गेल्या चाळीस वर्षांमध्ये डॉ. कर्वे यांनी ग्रामीण विकासाच्या विविध पैलूंना स्पर्श करणारे  
संशोधन केले आहे. त्याचबरोबर या संशोधनाचा लाभ ग्रामीण लोकांनी आपले जीवनमान  
उंचावण्यासाठी करून घ्यावा, यासाठीही त्यांनी व अप्रोप्रिएट रुरल टेक्नॉलॉजी इन्स्टिट्यूट या  
त्यांच्या संस्थेतील सहकाऱ्यांनी अथक धडपड चालवली आहे.

हरबऱ्यासारख्या वनस्पती संध्याकाळी आपली पाने का मिटून घेतात. या डार्विनला न  
उलगाडणाऱ्या कोड्याचे उत्तर डॉ. कर्वे यांनी शोधून काढले, आणि त्या ज्ञानाचा वापर कृत्रिम  
प्रकाश वापरून शेतीचे उत्पन्न वाढवण्यासाठी केला जाऊ शकतो, हे दाखवण्यासाठी केला.  
करडईचे संकरित बियाणे तयार करण्यासाठी त्यांनी विकसित केलेली पद्धत जगभरात 'कर्वे  
पद्धत' या नावाने ओळखली जाते. उसाची लागवड करताना तीन डोळ्यांची टिपरी पेरण्याऐवजी  
पिशवीत एक डोळा लावून २ महिने वाढवलेले रोप शेतात लावले, तर उत्पन्न वाढू शकते, हे  
त्यांनी दाखवून दिले. यातून कमी जागा असलेले शेतकरी किंवा महिला बचतगट मोठ्या शेतकऱ्यांना  
उसाचं बेणं पुरवण्याचा व्यवसाय करून चांगली कमाई करू शकतात, हेही त्यांनी सिद्ध करून  
दाखवलं. समुद्रचं पाणी कोणतीही प्रक्रिया न करता शेतीसाठी वापरता येतं, हे त्यांनी प्रात्यक्षिक  
करून दाखवून दिलेलं आहे.

डॉ. कर्वे यांनी बांबूच्या वापराबाबतही महत्त्वाचं संशोधन केलं आहे. रासायनिक प्रक्रिया  
करून बांबूच्या काठीचं बाह्य वातावरणातील आयुष्य वाढवता येतं. अशा काठ्या लोखंडी  
कांबींच्या ऐवजी वापरल्या तर बराच खर्च कमी होतो. उदा. कुंपण, पिकाला आधार देण्याचे  
मांडव, नेटहाऊस, हरितगृह, इ. रचनांमध्ये याचा वापर करता येतो. ह्या पुढे जाऊन अतिशय  
स्वस्त अशी पाण्याची टाकी, बांबूचे सौर वाळवण यंत्र, अशा काही नव्या रचनाही त्यांनी  
विकसित केल्या. रोपवाटिका व्यवसायात वापरता येतील अशी विविध सोपी तंत्रे डॉ. कर्वे यांनी  
शोधून काढली आहेत. वड, पारिजातक अशा वृक्ष प्रजातींची पहिल्या वर्षापासून कुंडीत फुलं  
येणारी रोपं तयार करण्याची किमया त्यांना साध्य झाली आहे. हिमालयात वाढणाऱ्या आयुर्वेदिक  
वनस्पती पश्चिम महाराष्ट्रातही वाढवता येतात, ऑस्ट्रेलियन अकेशियाच्या शेंगापासून साबण  
तयार करतो, अशा अनेक उपयुक्त गोष्टी त्यांनी प्रयोगातून सिद्ध केल्या आहेत.

गेल्या दहा वर्षांपासून त्यांनी जैवऊर्जेच्या क्षेत्रात लक्षणीय काम केले आहे. शेतातील  
काडीकचऱ्यापासून कोळसा बनवणे, उच्च ऊर्जामूल्य असलेल्या पदार्थांपासून शेणाशिवाय बायोगॅस  
तयार करणे अशी काही तंत्रे त्यांनी विकसित केली आहेत.

उच्च ऊर्जामूल्य असलेले पदार्थ कमी मात्रेत खत म्हणून वापरले तर नैसर्गिक शेती यशस्वी आणि व्यवहार्य ठरू शकते, असा त्यांना विश्वास वाटतो. हाच विश्वास प्रयोगातून पडताळून पहाण्यासाठी डॉ. कर्वे जमनालाल बजाज पुरस्काराची रक्कम वापरणार आहेत. पुढील संशोधनासाठी डॉ. कर्वे यांना शुभेच्छा !

\*\*\*

शैक्षणिक  
संदर्भ

सभासदत्व नोंदणी

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✓ खूण करा.
मागील उपलब्ध सर्व अंक (३२)	रु. ६५०/-*	
वार्षिक वर्गणी	रु. १२५/-	
एकूण		बँक ड्राफ्ट / चेक <sup>+</sup> /मनी ऑर्डर

\*(पोस्टेजसाठी रु. ६०/- जादा पाठवावेत.)

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु. ....

बँक ड्राफ्ट/चेक/मनीऑर्डरने संदर्भ च्या नावे पाठविले आहेत.

+ पुण्याबाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५/- अधिक पाठवावेत.

बँक ड्राफ्ट आणि चेक 'संदर्भ सोसायटी' नावे पाठवावे.

नाव \_\_\_\_\_

पत्ता \_\_\_\_\_

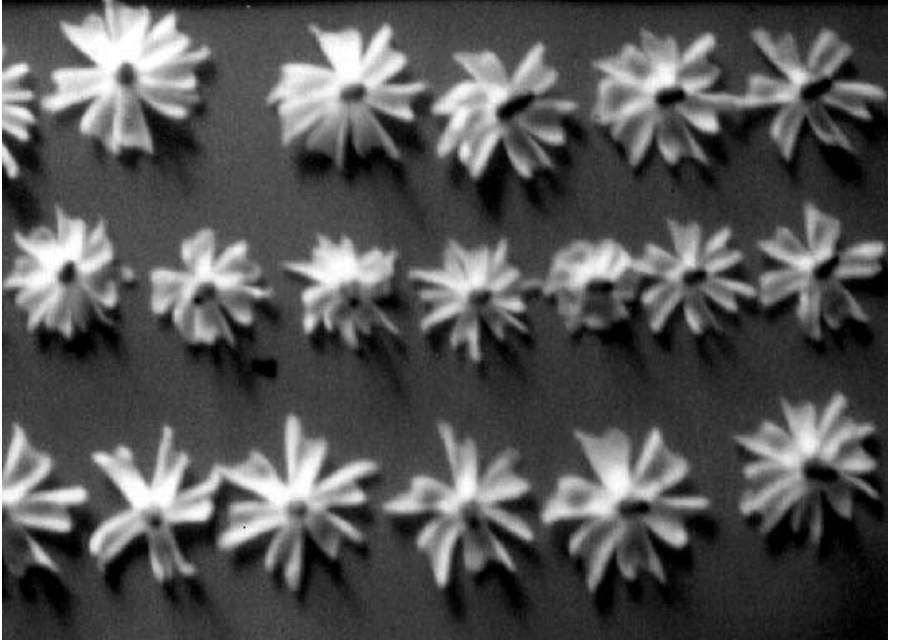
फोन :

तारीख

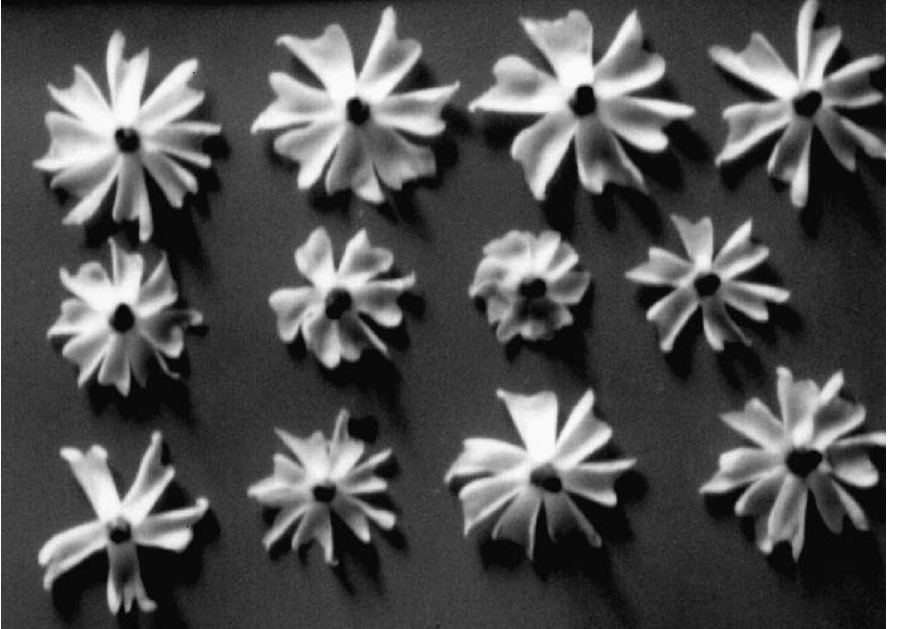
संदर्भबद्दल माहिती कोणाकडून मिळाली \_\_\_\_\_

संदर्भ, १) द्वारा पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक,  
संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.

२) १३१/२९, वंदना अपार्टमेंट्स, ब्लॉक नं. ९, आयडियल कॉलनी,  
कोथरूड, पुणे ३८. फोन : ०२०-५४६१२६५. वेळ : १२.३० ते ४.



प्राजक्त फुलांच्या आकारात पाकळ्याच्या  
संख्येत आणि प्रकारात दिसून येणारी विविधता



शैक्षणिक संदर्भ-डिसेंबर ०७-जानेवारी ० CRNI 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.

