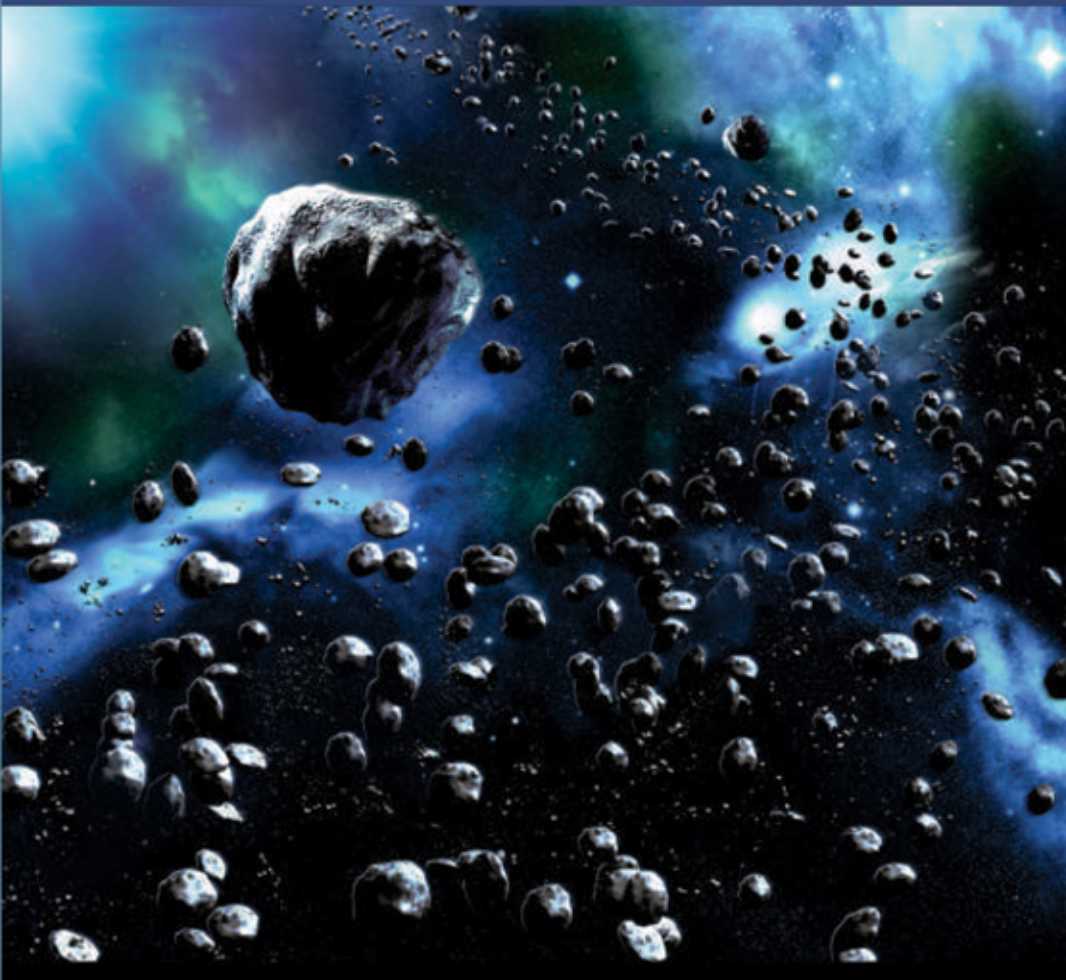


जून-जुलै २०१४

शैक्षणिक **संदर्भ** अंक ८८

शिक्षण आणि विज्ञान  
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



**संपादक :**

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे  
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी,  
अमलेंदु सोमण, यशश्री पुणेकर.

**विश्वस्त :**

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

**साहाय्य :**

ज्योती देशपांडे.

**अक्षरजुळणी :**

यदिश ग्राफिक्स

**मुखपृष्ठ, मांडणी, छपाई :**

रमाकांत धनोकर, ग्रीन ग्राफिक्स.

शैक्षणिक

**संदर्भ**  
अंक ८८  
जून-जुलै २०१४

पालकनीती परिवारसाठी  
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

संदर्भ, द्वारा समुचित एन्व्हायरोटेक प्रा.लि.  
फ्लॉट नं. ६, एकता पार्क को.ऑप.हौ.सोसा.  
निर्मिती शोरूमच्या मागे, अभिनव शाळेशेजारी,  
लॉ कॉलेज रस्ता, पुणे - ४११ ००४  
फोन : २५४६०१३८

E-mail : sandarbh.marathi@gmail.com  
web-site : sandarbhssociety.org

पोस्टेजसहित वार्षिक वर्गणी : ₹ ३००/-

अंकाची किंमत : ₹ ५०/-

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

### मुखपृष्ठाविषयी

अवकाशात, अगदी आपल्या सूर्यमालेतही अनेक गोष्टी आपल्याला अज्ञात आहेत. ग्रह, लघुग्रह आणि त्यापेक्षाही छोट्या आकाराचे पिंड म्हणजेच अॅस्टरॉइड्स आणि मेटिऑरॉइड्स अवकाशात फिरत असतात. त्यांचेच हे चित्र. त्यांच्या टकरीतून, घर्षणातून सतत उत्सर्जन होत असते. या हानिकारक उत्सर्जनापासून पृथ्वीचं रक्षण कसं होतं याबद्दल वाचा पान १० वरील लेखात.

### कव्हर ४ वर

चंद्राचा जन्म कसा झाला या विषयी अनेक विचारधारा मांडल्या गेल्या. त्यापैकीच 'महा आघात' या सिद्धांताचे काल्पनिक चित्र वरच्या बाजूला (लेख पान ६२ वर) आणि खाली पृथ्वीचे हानिकारक उत्सर्जनापासून संरक्षण करणारे चुंबकीय क्षेत्र. (लेख पान १० वर)

# अनुक्रमणिका

## शैक्षणिक संदर्भ अंक - ८८

- 📖 गप्पांचा अड्डा जमवूया ! - प्रकाश बुरटे ..... ३
- अवकाशातील हानीकारक उत्सर्जन - लेखांक-२ - सुरेश नाईक ..... १०
- 📖 अरेच्चा ! हे असं आहे तर ! भाग - ८ - शशी बेडेकर ..... १३
- दिसते किती ? पाहतो किती ? - विनय र. र. .... १७
- 📖 भास्कराचार्यांचे गणित - लेखांक - १ - किरण बर्वे ..... २२
- 📖 झाडाचा जीव - सरोज देशपांडे ..... ३१
- आपली सूर्यमाला : अज्ञात दहा गोष्टी - रूपांतर - अमलेंदू सोमण ..... ३६
- 📖 लॉग स्केल - अमलेंदू सोमण ..... ४२
- 📖 असं घडलं तर ? असंही शिक्षण : एक स्वप्नरंजन -
- लेखक : फ्रान्सिस कुमार, अनुवाद : गो. ल. लोंढे ..... ४४
- 📖 धरण कुठे बांधतात ? - लेखांक - २ - वैजयंती शेंडे ..... ४९
- टायर वाचवा, प्रदूषण टाळा - डॉ. मुरारी तपस्वी ..... ५६
- 📖 मूळ संख्या - नागेश मोने ..... ६२
- 📖 चंद्रसंभवाची कहाणी - वरदा वैद्य ..... ६४
- पाऊस पडेल का ? कावळ्याला विचारा !
- लेखक : विजय भट, शब्दांकन : विनय र. र. .... ७७

📖 हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

## प्रतिसाद

### न्यूटनचे नियम, विल्कझेकच्या अडचणी

शैक्षणिक संदर्भ/प्रा. अतुल फडके, फेब्रु.-मार्च २०१४, पृ. ३८.

आज साठ वर्षांचा असलेला प्रा. फ्रँक विल्कझेक हा आघाडीचा भौतिक शास्त्रज्ञ. पण याला ५० वर्षांपूर्वी शाळेत न्यूटनचे नियम शिकणे अत्यंत कठीण वाटले. हे विधान त्याने Physics Today च्या ऑक्टोबर २००४ च्या अंकात केले व योगायोगाने त्याला त्याच महिन्यात भौतिकाचे नोबेल पारितोषिक सुद्धा मिळाले. ही आश्चर्याची गोष्ट आहे की नाही?

कारण फ्रँक शाळेत असतांनासुद्धा अमेरिका अत्यंत प्रगत राष्ट्र होते. त्यांचा नील आर्मस्ट्रॉंग चंद्रावर जाऊन आला होता. हॅलिडे, रेसनिक यांसारख्या सुप्रसिद्ध भौतिकांच्या लेखांची पुस्तके भारतातील विद्यार्थीसुद्धा वापरायचे. तरीसुद्धा फ्रँकला न्यूटनचे नियम शिकणे अवघड वाटणे ही आश्चर्याची गोष्ट आहेच पण त्यामुळे मूलभूत भौतिकाचा पुन्हा सखोल अभ्यास करणे आवश्यक आहे हे ही स्पष्टपणे दिसते. म्हणून अध्यापनाच्या संशोधनात दिसलेले एक ठळक निरीक्षण येथे नमूद करतो.

अध्यापनातील संशोधनातून असे दिसते की, अनेक उच्च महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांना किंवा पदवीधरांना न्यूटनचे नियम नीट कळलेले नसतात. त्यामुळे ते गुणाधिष्ठित प्रचलित परीक्षांमध्ये न्यूटनच्या नियमानुसार उत्तरे देतात. पण शिक्षणतज्ज्ञांच्या गुणविरहीत प्रश्नावलींमध्ये ऑरिस्टॉटल सारखी म्हणजे न्यूटनच्या विरोधी - उत्तरे नकळतपणे देतात. अशा या विरोधाभासी विचारसरणीमुळे भौतिकाच्या आवडीवर विपरीत परिणाम होतो.

यामुळे गेली ३५ वर्षे भौतिकातील काही मूलभूत गोष्टींचा पुन्हा विचार करावा असे मत मी मांडत आहे. यावर मी १९९१ मध्ये प्रा. अब्दुस सलाम व २००७ मध्ये प्रा. मार्टिन पर्ल व प्रा. वॉल्टर कोन या तिन्ही नोबेल विजेत्यांबरोबर चर्चा केली होती. जिज्ञासूंना अधिक माहिती मी देऊ शकेन.

दिलीप वि. साठे

सदस्य / संपादकीय मंडळ,

www.Science Education Review.com, पुणे.

# गप्पांचा अड्डा जमवूया!

लेखक : प्रकाश बुरटे

आजरा इथं २००१ साली झालेल्या बालवैज्ञानिक संमेलनात मुलांना उद्देशून केलेल्या भाषणाचा संपादित अंश

माझ्या छोट्या मित्र-मैत्रिणींनो, परवा एक स्वप्न पडलं मला. त्यात इयत्ता, तुकड्या, माध्यम भाषा, वर्ग, तासिका, तासिका संपल्याचे टोल, पाठ्यपुस्तकं, विषयांची विभागणी, अभ्यासक्रम, परीक्षा, रिझल्ट, असल्या भानगडी मुळीच नसणारी शाळा समोर दिसत होती. माझी शाळा ! शाळेंला इमारत नव्हती आणि नावाची पाटीदेखील नव्हती. दाट झाडी होती. तुम्ही होतात आणि तुमच्या वयाच्या मुलांमुलीत शिंगं मोडून वासरांत शिरल्यासारखा मी, गप्पा-टप्पा करणारा, गाणी म्हणणारा, चित्रं काढणारा, खेळ खेळणारा वयस्क माणूस. तुम्ही तर काय, धमाल करायला आणि विज्ञानगप्पांचे

फड जमवायला त्या शाळेत एकत्र आला होतात. आपण काय नवीन केले ते छोट्या आणि मोठ्यांनाही तुम्ही दाखवत होतात. इतरांनी काय नवं केलंय हे पाहायची देखील तेवढीच तीव्र इच्छा तुम्हाला होती. एकमेकांना कोडी घालून डोकी खाजवायला लावण्यातदेखील कुणाला मजा येत होती. आपली शाळा म्हणजे तुमच्या मनातील प्रश्नांचा शोध घ्यायची मस्त जागा होती.

मलादेखील नेहमी काही प्रश्न पडतात. त्यातला पहिला प्रश्न म्हणजे आपल्याला प्रश्न मुळी पडतातच कसे काय? उत्तरांसाठी मी थोडा प्रयत्न केला. तो गप्पांच्या फडात सुरुवातीलाच सांगतो.



नुकतंच बोलायला-चालायला यायला लागलेली आसपासची मुलं आठवून पाहा. चालताना वेगाचं गणित जमलं नाही की धपाधपा पडतात. थोडं खरं-खोटं रडून पुन्हा पहिले पाडे सुरूच राहतात. पुन्हा पुन्हा ऐकून उच्चार करता येऊ लागलेल्या शब्दांचा वापर करायची कसरत चालू असते. बरोबर वापर होतोय का नाही याचा अंदाज घेत तोंडपट्टा सुरू असतो. सतत जागं राहून जगाकडं टकामका पाहायचं असतं. झोप कितीही गरजेची असली, तरी या मुलांना शक्यतो झोपायचं नसतं. अनेक अंगांनी त्यांचा वावर वाढत जातो. अजून कळत तर काहीच नसतं. पण कळून घ्यायची तर जबरदस्त इच्छा असते. सगळं जग कवेत घ्यायची त्यांची एकच घाई असते. सगळी लहान मुलं हाती येईल त्या गोष्टी खाली टाकून पाहतात, पाण्याशी खेळतात. यातून त्यांना काय काय कळत असेल कोण जाणे! पण त्यांना शिकण्याची मोठी घाई असते. त्यामुळंच कदाचित या वयाची मुलं असं कानात वारं शिरल्यासारखं करत असतील. साहजिकच या वयातल्या सर्व लहान मुलांना प्रश्नांची बाधा होते. 'हे असं का? आणि ते तसं का?' त्यांना सगळीकडे प्रश्नच प्रश्न दिसतात.

मोठ्यांवर प्रश्नांचा भडिमार चालू होतो. मोठी माणसं जे जे काही करत असतील ते ते करून पाहायची उत्सुकता पाठोपाठ येतेच. या शिकण्याला नेमकी दिशा नसते. आजूबाजूला चालू असणारी कामं, बोलण्या-ऐकण्यातील विषय, स्वतःचे शरीर, शरीराच्या गरजा आणि संवेदना या माध्यमातून मुलांचे दणदणीत वेगानं शिक्षण चालू असतं. पहिल्या पाच वर्षात मुलं काय काय शिकतात याची सविस्तर यादी करायचं ठरवलं तरी ते मोठंच आव्हान ठरेल. साधं बोलायला शिकताना रोज दोन-चार नवे शब्द त्यांच्या मनात शिरकाव करतात. व्याकरणाच्या अंगाने पाहू जाता, काय बरोबर काय चूक याचे ठोकताळे मनात साकारतात. मुख्य म्हणजे त्यांना बोलण्याची गरज भासते, कारण काही तरी सांगायचं असतं. काही एक विचार असतो. म्हणजे किती तरी नव्या विचारांशी त्यांची गट्टी जमत असणार. शिवाय कोणाला कधी काय विचारायचं, कुठं हट्ट करायचा, कुठं गूळ लावायचा, कुणाला किती मान द्यायचा... स्पर्श, रंग, गंध, ध्वनी, चव यांच्या पलीकडील अशा किती तरी गोष्टी मूल आत्मसात करतं. प्रश्न विचारणं हाच तर या शिक्षणाचा पाया असतो. पालकांनी





आपल्या मुलाच्या शिकण्याची त्याच्या जन्मापासून रोजनिशी ठेवायचा प्रयत्न करून पाहायला हरकत नाही.

मुलांना एकदा अशी प्रश्नांची बाधा झाली, की त्यावर उतारा हा उत्तरांचाच असू शकतो. हे सर्व मोठ्यांना दररोज दिसत असतं. पण काही तरी विपरीत घडतं आणि मोठ्यांचा तोल चुकतो. मुलाच्या हालचालींना, करामतींना आणि प्रश्नांना बांध घातले जातात. त्यामागे

सुरक्षिततेचं एक कारण असतं. दुसरं, या छोट्या मुलांच्या आगेमागे पळताना आणि त्यांच्या प्रश्नांना तोंड देता देता मोठ्यांना थकायला होत असावं. कारणं काही का असेनात, वाढत्या वयाबरोबर मुलांच्या प्रश्नांची संख्या हळूहळू रोडावते. नवं काही करून पाहायची हौस कमी होऊ लागते.

याच वयात मुलाला शाळेत घातलं जातं. पहिल्या पाच वर्षांतील उत्स्फूर्त शिकण्यासारखं हे शिक्षण नसतं. ती शाळा माझ्या स्वप्नातील शाळेसारखी तर मुळीच नसते. तिथं शाळेचं एक नवं जग मुलांच्यापुढं उलगडत जातं. हे जग जीवनापेक्षा वेगळं असतं. शाळेत ते जाणीवपूर्वक उभारलेलं असतं. प्रयोगशाळेत विशिष्ट परिस्थिती तयार केली जाते ना, तसंच काहीसं कृत्रिम जग. पण ते विद्यार्थ्यांच्या जीवनाचा महत्त्वाचा भाग बनून जातं. तिथे शिकवण्यासाठी निश्चित



व्यक्ती असते. विषय आणि इयत्तांप्रमाणे शिकवण्याची विभागणी केलेली असते. शिकवण्याचा वेग सरासरी मुलांना झेपेल असा ठेवायचा प्रयत्न असतो. थोडक्यात म्हणजे शिकवण्याचा एक आराखडा असतो. इथं मुलाच्या परिस्थितीच्या अटळ मर्यादा शिकवणाऱ्यांवर पडत नाहीत. शिक्षणाला विशिष्ट आराखडा असल्यामुळे एक स्वातंत्र्य उपलब्ध होतं. आराखडा असण्याचा दुसरा एक फायदा म्हणजे अनेक पिढ्यांनी कमावलेलं ज्ञान अर्करूपात देण्याची शक्यता निर्माण होते. साऱ्या ज्ञानाचा 'ये रे माझ्या मागल्या' म्हणत पुन्हा नव्यानं शोध घ्यावा लागत नाही. आधीच्या पिढीच्या माणसांच्या खांद्यावर नवी पिढी उभी राहू शकते. तिची क्षितीजं थोडी जास्त विस्तारतात. म्हणजेच माणसाची प्रगती होऊ शकते. आराखड्यात काही त्रुटी जाणवल्या तर तो बदलून जास्त

कार्यक्षम करणं शक्य असतं. इच्छा असेल तर शिक्षणांपासून वंचित राहिलेल्यांच्या गरजा लक्षात घेऊन नवा आराखडा तयार करता येतो. समाजातील विषमतेची दखल घेऊन एकाच वेळी अनेक आराखड्यांनुसार शिक्षण देणं तत्त्वतः शक्य असतं.

हे सारं खरं असलं तरी आराखडा असणं हे काही अंशी कारखान्यांतील उत्पादनासारखं असतं. पहिला तास भाषेचा, दुसरा गणिताचा, रविवारी आणि दिवाळीत शिकण्याला सुटी.... अशा आराखड्यात सगळ्या संबंधित मुलांची एक सरासरी पातळी गृहीत धरून शिकविले जाते. मुलांमुलांतील फरक, त्यांच्या भावविश्वातील बदल आणि खळबळींना जागा देणं कठीण असतं. हळूहळू



या आराखड्याला मुलं जुंपली जातात. उत्पादनाच्या दर्जा नियंत्रणाप्रमाणं शिकणाऱ्यांचं मूल्यमापन केलं जातं. अध्ययन-अध्यापनातील त्रुटी कमी करण्यासाठी चाचण्या घेण्याऐवजी त्याआधारे व्यक्तिगत फरकांना दर्जाचं लेबल दिलं जातं. परीक्षांच्या माध्यमातून उपलब्ध नोकऱ्यांशी शिक्षणाची अनेक प्रकारांनी सांगड घातली जाते. त्यामुळेच 'परीक्षार्थी' किंवा 'गुणवंत' किंवा 'माकिर्सस्ट' असे भलत्याच अर्थाचे शब्द 'विद्यार्थी' या शब्दाचे समानार्थी शब्द म्हणून प्रचारात आले आहेत. आराखड्याप्रमाणे शिक्षण देण्याचं ठरवल्यावर वरील प्रकारांच्या मर्यादादेखील येतात. आराखड्यात बदल करून मर्यादांवर मात करणं, किंवा त्या कमी करणं येवढंच शक्य असतं. परंतु आराखड्यानुसार शिक्षण देण्याचं मान्य करून त्याच्या मर्यादांना संपूर्ण रामराम ठोकणं अशक्य असतं.

मित्रांनो, तुम्ही शिक्षणासाठी शाळेत जाता आणि परीक्षांना तोंडदेखील देता म्हणून ही सगळी चर्चा येथे करावी लागली आहे. परीक्षांचे निकाल तुमचं भवितव्य ठरवतात, ही आपली ठाम समजूत आहे. काही परीक्षा जास्त महत्त्वाच्या असतात. साहजिकच तुम्ही या परीक्षांना महत्त्व देता. प्रश्नांचं महत्त्व परीक्षेच्या तराजूत तोलता. परीक्षेतील प्रश्नांची एक मजा असते. हे



प्रश्न तुम्हाला पडलेले असतातच असे नाही. त्यांची उत्तरं फारसा सायास न करता हाती आलेली असू शकतात. तुम्हाला उत्तरं पटलेली असणं गरजेचं नाही. तपासनिसांना पटली म्हणजे बास झालं. अनेकांना प्रश्नपत्रिका फुटावी असं



वाटतं. वर्ग, शिकवण्या आणि क्लासेसमधून 'अपेक्षित' प्रश्नांची सतत मागणी होत असते. 'काँपी करता आली तर धमाल' असं वाटतं. त्यामुळे होतं काय की परीक्षांचे प्रश्न आणि मनातले प्रश्न अशी प्रश्नांची स्वच्छ विभागणी होते. या विभागणीमुळे मनातले प्रश्न विचारण्याची सवय पार मोडकळीस येते. वयाप्रमाणे मनातल्या प्रश्नांचे रूप कसे बदलते हे पाहण्याची संधीसुद्धा हातातून निसटते.

पण दोस्तहो, आज तरी आपण आपल्या स्वप्नातल्या शाळेत आहोत. इतर वेळी तुम्ही आराखड्यानुसार शिकत असूनही मनात कुतूहल जपलं आहे. याचाच अर्थ मनातले प्रश्न विचारण्याची तुमची सवय अजूनही शाबूत आहे. प्रश्नांची उत्तरं शोधताना कुठून, केव्हा, कशी मदत मिळवायची याचं भान तुम्हाला येतं आहे. त्यासाठी स्वतः प्रयत्न करायचं महत्त्व तुम्हाला उमगलं आहे. प्रश्नांची उत्तरं हाती आल्यानंतरची डोळ्यातील ठळक चमक शुक्राच्या चांदणीप्रमाणे स्पष्ट

आहे. त्यातही मजा आहे, आणि मजेचा पोट वयाप्रमाणं बदलतोय. मित्रांनो, या आनंदाला कुणी मुकू नये असे तुम्हालादेखील वाटतं. परीक्षांच्या व्यवहारी गदारोळातही अशा आनंदाची जिभेवरील चव आणि डोळ्यातली चमक जपून ठेवा. त्यासाठी तुम्ही आणखी थोडे धैर्य नक्कीच अंगी बाणवाल.

पक्ष्यांचे आवाज अधून मधून ऐकू येऊ लागले आहेत. झोप संपत आली की स्वप्नं मिटणार. मग मला छान छान गाता येणार नाही की सुंदर सुंदर रंगी-बेरंगी चित्रं काढता येणार नाही. म्हणून घाई करत शेवटी प्रश्नांची एक छोटी यादी तुमच्या हाती सरकवतो. यादीतले सारे प्रश्न काही विज्ञानातले नाहीत. वेगवेगळ्या वयोगटातल्या मुलां-मुलींना पडलेले, वेगवेगळ्या वेळी विचारलेले आहेत. काही माझ्या आठवणीतले आहेत. ही यादी स्वतःच्या अनुभवांशी ताडून पहा. या निमित्तानं मनात काही नवं तरळलं, तर त्याबाबत संवाद साधा.

- बाळाच्या तळहातावर रेषा असतात, पण त्याच्या तळपायावर फारशा रेषा का नसतात ?
- सर्व लहान मुलं साधारणतः तीन वर्षापर्यंत आजूबाजूची भाषा बोलायला शिकतात. त्यावरून सर्व भाषा शिकायला सारख्याच सोप्या किंवा अवघड आहेत असे म्हणता येईल ?
- 'मी अंघोळ केलो', मुलगा आणि 'मी अंघोळ केली', मुलगी. ही वाक्यं कर्तरी प्रयोगाची आहेत का ?
- शाळेत शिक्षक का रागावतात ? ते परीक्षा का घेतात ?
- मुलांना मोठं झाल्यावर दाढी-मिशा का येतात ?
- झाडाची पानं हिरवी आणि फुलं मात्र रंगी-बेरंगी असतात याचं कारण झाडांना परागीकरणाच्या कर्तव्याची जाणीव असते, हे आहे का ?
- साबण लागल्यावर हळदीचे डाग लाल दिसतात. हळदीचा 'खरा' रंग लाल का पिवळा ?
- सापा-नागांची चाल नागमोडी का असते ?
- घरातील सारी माणसं तब्येतीनं टणटणीत असताना घरातील एखादाच आजारी का पडतो ?
- समाजात काही कामांना जास्त तर काही कामांना कमी मोबदला मिळतो. त्यामागं सर्वांना पटतील अशी विज्ञानाप्रमाणे काही कारणे आहेत का ?
- बुद्धिमत्ता/हुशारी/ज्ञान/माहिती यातील नेमके फरक कोणते ?
- देव म्हणजे नेमकं काय ? तो खरोखरच आहे का ?



- खरोखरीचं इंद्रधनुष्य असतं का? कधी कधी आकाशात एकाच वेळी दोन इंद्रधनुष्यं दिसतात. त्यातील रंगाचा क्रम एकसारखा असतो का?
- आकाशात सूर्य उगवताना, नंतर मार्गक्रमणा करताना आणि शेवटी मावळताना दिसतो. तरीही सूर्याभोवती पृथ्वी फिरते असं विज्ञान म्हणतं. मग निरीक्षणाचं विज्ञानात महत्त्व किती?
- लाकूड हलकं आहे म्हणून पाण्यावर तरंगतं. पाण्यापेक्षा जास्त घनता असणारं धातूचं ब्लेड पाण्यावर तरंगण्याचं कारण पृष्ठीय ताणाशी संबंधित आहे. विमान हवेत तरंगतं, त्याचं कारण काय असेल?
- भाकरी किंवा कणकेचा फुलका का फुगतो? भाकरीला आणि फुलक्याला केवळ दोनच पदर सुटतात, त्या तुलनेत चपातीला चार पदर सुटू शकतात, असं का?
- फोडणीमध्ये जिरं आधी, तर मोहरी नंतर तडतडते. जिरं आणि मोहरीच्या तुलनेत मिरं केव्हा तडतडतील? याचे योग्य उत्तर प्रत्यक्ष फोडणी न करता फक्त विचार करून देता येईल? दालचिनी तडतडत का नाही?
- काही तापमापकातील द्रव लाल रंगाचा दिसतो. तो द्रवदेखील पाराच असतो का?
- चुंबकत्व तयार होताना पदार्थांमधील कणांची रचना बदलते असे म्हणतात. तसं असेल तर चुंबकाला तडे का जात नाहीत?
- पृथ्वी हादेखील एक चुंबक आहे, असं म्हणतात. त्यामुळेच सगळे चुंबक दक्षिण-उत्तर दिशा दाखवितात हेही सांगितलं जातं. परंतु पृथ्वी हा चुंबक असायचं कारणच काय?

या प्रश्नांची उत्तरं कधी निरीक्षणातून तर कधी छोट्या प्रयोगांमधून मिळवताना मुलांना मजा येईल आणि विज्ञानशिक्षण आनंददायी बनेल. स्वप्नातल्या शाळेत तरी यापेक्षा वेगळं काय आहे?

फक्त कुतूहलाच्या आणि आपणहून शिकण्याच्या छंदावरच कदाचित माझ्या

स्वप्नातील शाळा चालत असेल. आणि तुम्ही तिथं मनमौजीसारखे येत असाल, माझ्या आयुष्यात आनंदाचे चार क्षण पेरायला !

लेखक : प्रकाश बुरटे,

अनेक वर्षे भाभा अणुसंशोधन केंद्रात काम.

विज्ञान शिक्षणात रस. त्यासंबंधी संशोधन आणि लेखन.

# अवकाशातील हानीकारक उत्सर्जने

लेखक : सुरेश नाईक

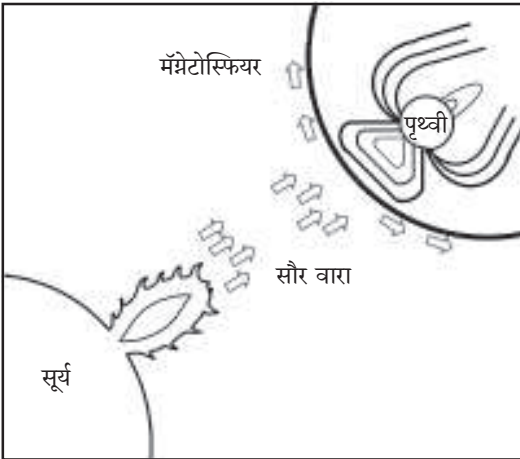
अवकाशाबद्दल अशी एक चुकीची समजूत असते की, ग्रह, तारे व इतर धूमकेतूसारखे पिंड यांच्यामधली पोकळी पूर्णपणे रिती आहे. परंतु प्रत्यक्षात सौरमालेमध्ये ग्रहापेक्षा छोट्या आकाराचे पिंड ('ग्रहिका' किंवा अॅस्टेरॉइड्स), उल्कापिंड (मिटीअॅरॉइड्स) हेही फिरत असतात. उल्कापिंड म्हणजे या सौरमालेच्या निर्मितीच्या वेळी धूमकेतू आणि ग्रहिका यांच्या टक्करीतून उत्पन्न झालेल्या

अतिशय छोट्या आकाराच्या धातू किंवा खडक यांनी बनलेल्या वस्तू आहेत. त्यांचा आकार वाळूच्या कणाइतका ते काही मीटरपर्यंत इतका असू शकतो. ज्या पदार्थांना आपण 'गळणारे तारे' म्हणतो, वास्तवात ते तारे नसून उल्कापिंड असतात. जेव्हा ते पृथ्वीच्या वातावरणात प्रवेश करतात तेव्हा हवेशी होणाऱ्या घर्षणामुळे त्यांचे ज्वलन होऊन त्यांच्या प्रकाशित मार्गक्रमणामुळे ते

दृष्टीस पडतात. यालाच आपण 'उल्कापात' असे म्हणतो.

या अवकाश पिंडाशिवाय शक्तिमान कण (हाय एनर्जी पार्टिकल्स) आणि वेगवेगळ्या प्रकारची उत्सर्जने यांनी अवकाशातली पोकळी भरलेली आहे.

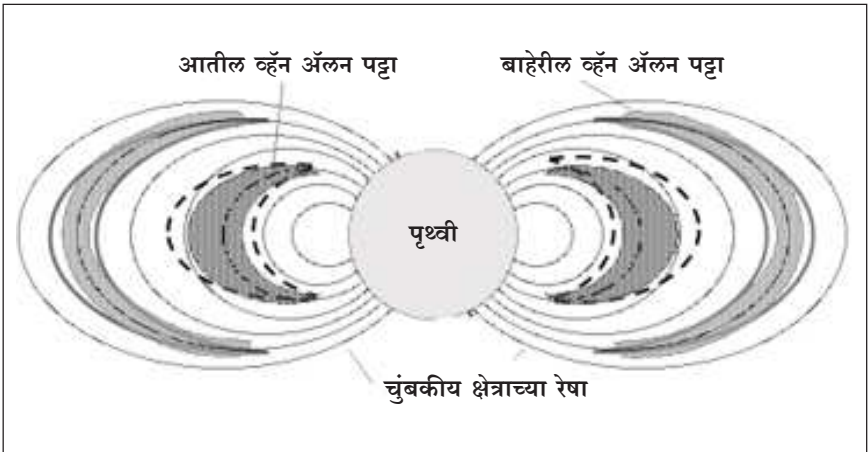
सूर्याच्या तीव्र उष्णतेमुळे बाहेरच्या बाजूला असलेले धन

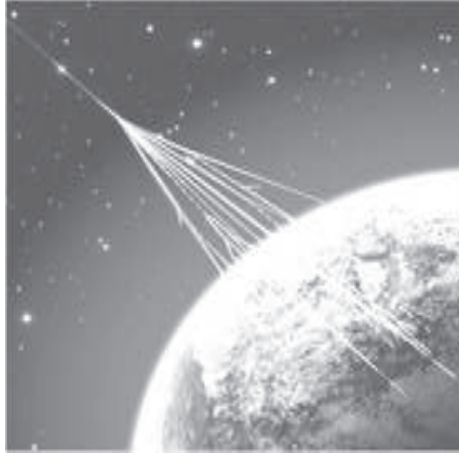


विद्युत्कण (प्रोटॉन्स) आणि ऋण विद्युत्कण (इलेक्ट्रॉन्स) यांना इतका जोराचा वेग प्राप्त होतो, की ते कण सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या बलावर मात करून निसटून जातात. परिणामी सूर्यापासून सर्व दिशांना बाहेरच्या बाजूला या विद्युत भारित कणांचा प्रवाह सातत्याने चालू असतो. या प्रवाहाला सौर वारा (सोलर विंड) असे म्हणतात. अवकाशात हे जोराने फिरणारे विद्युत भारित कण उपग्रहांच्या पृष्ठभागावर आपटायची शक्यता असते. त्यांच्या जोरदार वेगामुळे ते उपग्रहाच्या कवचाला भेदून त्याच्या कार्यात बाधा आणू शकतात. सूर्य विषयक आणखी एक प्रक्रिया म्हणजे सौर प्रज्वाल (सोलर फ्लेअर) ही होय. या प्रक्रियेद्वारे बाहेर पडणारी ऊर्जा लाखो मेगाटनच्या हायड्रोजन बाँबच्या स्फोटांइतकी जबरदस्त असते ! ही प्रक्रिया काही सेकंदापासून ते एका तासापर्यंत टिकू शकते. यावेळी धनकण व ऋणकण यांचा आवेग

आणि त्यांचे तापमान ही दोन्ही प्रचंड प्रमाणात वाढतात आणि त्यांच्यामुळे कृत्रिम उपग्रह व अंतराळवीर यांच्यावर गंभीर परिणाम होऊ शकतात.

पृथ्वीचे शक्तिमान चुंबकीय क्षेत्र अवकाशात ६०,००० किमीपर्यंत पसरलेले आहे. याला मॅग्नेटोस्फियर म्हणतात. सौर वारा आणि सौर प्रज्वाल यांच्या द्वारे पृथ्वीकडे येणारे शक्तिमान कण मॅग्नेटोस्फियरमध्ये सापडतात; त्यामुळे अवकाशातल्या या हानीकारक उत्सर्जनापासून आपला बचाव होतो. यामुळे पृथ्वीबाहेरच्या अवकाशात सुमारे १००० किमी ते ६०,००० किमी उंचीपर्यंत विद्युत चुंबकीय उत्सर्जनाचे दोन पट्टे आहेत. त्याचा शोध 'व्हॅन अॅलन' या शास्त्रज्ञाने लावला. त्यामुळे त्यांना 'व्हॅन अॅलन बेल्ट्स' असे म्हणतात. आतला व बाहेरचा हे दोन्ही पट्टे केळ्याच्या आकाराचे आहेत. आतील पट्टा धन विद्युतकणांनी समृद्ध





आहे. या धन कणांच्या जोरदार शक्तीमुळे ते उपग्रहांना, तसेच अंतराळवीरांना हानी पोचवू शकतात. त्यामुळे मानवविरहित उपग्रह तसेच मानवयुक्त उपग्रह आणि अंतराळवीर या पट्ट्यापासून शक्यतो दूर राहतात. या पलीकडील बाहेरच्या पट्ट्यातील जास्ती शक्तीचे ऋण कणही धोकादायक होऊ शकतात; परंतु इतक्या शक्तीचे ऋण कण बाहेरच्या पट्ट्यामध्ये खूपच कमी प्रमाणात आहेत. अर्थात उत्सर्जनापासून संरक्षण करणाऱ्या कवचाचा (शील्ड) वापर वेगवेगळ्या स्तरावर उपग्रहामध्ये केलेला असतो.

या शिवाय सौर मालेच्या बाहेरील अवकाशातून 'कॉस्मिक' किरणे सौर

मालेमध्ये येतात. त्यांच्यामध्ये मुख्यतः धन कणांचा समावेश असतो. त्यामधील अधिक जोमाचे कणही हानीकारक असतात.

सारांशाने असे सांगता येईल की अवकाशामध्ये सूर्यापासून निर्माण होणारी अतिनील (अल्ट्रा व्हायोलेट) व क्ष किरणे, सौर वारा आणि सौर प्रज्वाल यांच्याद्वारे उत्सर्जित होणारे शक्तिमान विद्युतभारित कण, उल्कापिंडाचे कण आणि कॉस्मिक किरणे यांच्यापासून मानवाला व उपग्रहांना धोका पोहोचू शकतो. पृथ्वी भोवतालच्या संरक्षक वातावरणामुळे आणि पृथ्वीच्या शक्तिमान चुंबकीय क्षेत्रामुळे आपला या अवकाशातील हानीकारक उत्सर्जनापासून बचाव होतो.



लेखक : सुरेश नाईक

ज्येष्ठ अवकाश शास्त्रज्ञ, देशाच्या १५ हून अधिक उपग्रह मोहिमांत मोलाची कामगिरी.

माजी समूह संचालक, इस्रो. निवृत्तीनंतर विद्यार्थ्यांमध्ये अवकाश संशोधनाबद्दल आस्था उत्पन्न होण्यासाठी भरपूर लेखन आणि व्याख्याने.



# अरेच्चा ! हे असं आहे तर !

भाग - ८

शशी बेडेकर

काही काही गोष्टी खरंच अगदी सोप्या आहेत असं वाटतं, पण त्यांचं स्पष्टीकरण द्यायची वेळ आली की मग मात्र आपल्याला डोकं खाजवावं लागतं. प्रश्न समोर आला की आपल्या डोक्यातील विचार चालू होतात. मनात उत्तर तयार होतं पण त्याचबरोबर, 'अरे ! आपलं उत्तर चुकलं तर ?' असं म्हणत आपण उत्तर न देता गप्प बसतो. पण मित्रांनो, असं कधीच करू नका. आपल्या मनातलं उत्तर मनात कधीच दाबून ठेवू नका. सरळ कोणालाही न भिता जे उत्तर मनात तयार झालं असेल ते सरळ सांगून टाकायचं.

आता तुमच्या मनातल्या उत्तरांच्या शक्यतांबद्दल सांगतो, अडीच शक्यता असतील.

शक्यता एक - तुमचं उत्तर पूर्णपणे बरोबर असेल. याचा अर्थ तुम्हाला प्रश्न कळला, समजला. त्याच्या उत्तरासाठी तुम्ही

तुम्हाला असलेल्या पूर्वज्ञानाचा, माहितीचा उपयोग करून किंवा उपयोजन करून योग्य निष्कर्षापर्यंत आलात.

शक्यता दुसरी - उत्तर पूर्णपणे चुकलं असेल त्याचा अर्थ एक तर तुम्हाला प्रश्न कळला नसेल, तसंच त्यावर केलेल्या विचाराची दिशा चुकत गेली असेल, त्यामुळे तुम्ही चुकीच्या निष्कर्षापर्यंत आला असाल.

शक्यता अर्धी - म्हणजे तुम्हाला प्रश्न कळला होता आणि बरोबर विचार करायला सुरुवात केली होती पण पुढे कुठेतरी विचारांची गाडी घसरली आणि चुकीच्या उत्तरापाशी येऊन थांबली. किंवा चुकीच्या विचाराने सुरुवात केली आणि पुढे जाताना विचारांनी योग्य दिशा जरी घेतली असली, तरी मिळालेल्या उत्तरात काही त्रुटी राहिल्या असतील किंवा तुम्ही लावलेला प्रश्नाचा अर्थच चुकला असेल.

जेव्हा तुम्हाला बरोबर उत्तर कळेल, तेव्हा तुम्ही का चुकलात, कसे चुकलात आणि कोणत्या पायरीला चुकलात हे कळेल आणि पुढच्यावेळी हे ज्ञान, माहिती किंवा विचार तुम्हाला उपयोगी पडेल. आणि त्यावेळी ह्या सगळ्या गोष्टींचा उपयोग होऊन तुम्ही बरोबर उत्तराकडे येऊ शकाल.

तुम्हाला एक छोटी गोष्ट सांगतो; ती कायम लक्षात ठेवा, म्हणजे तुमचं उत्तर चुकलं ह्याचं खूप वाईट वाटणार नाही. ह्या चुकाच तुम्हाला खरं शिकवत असतात, शहाणं करत असतात.

खूप वर्षांपूर्वीची गोष्ट आहे. एक शास्त्रज्ञ होता. त्याच्याकडे शिकायला आठ/दहा शिष्य होते. शास्त्रज्ञ नेहमी निरनिराळे प्रयोग करत असायचा. त्याचे शिष्य त्याला प्रयोगात मदत करीत असत. पूर्ण प्रयोग - प्रश्न, त्यासाठी लागणारं साहित्य, कृती, प्रयोग करताना मिळालेलं, केलेलं निरीक्षण आणि त्यावरून काढलेलं अनुमान हे नीट एका वहीत लिहून ठेवलं जायचं. शास्त्रज्ञाने असे जवळ जवळ हजार एक प्रयोग केले पण त्याचं नशीब असं की त्याचा एकही प्रयोग यशस्वी झाला नाही. तरी तो कधी वैतागला नाही, प्रयोग फसला तरी, पुढचा प्रयोग करायच्या तयारीला लागायचा. शेवटी तो थकला, म्हातारा झाला. आजारी पडून अंथरूणाला खिळला. तरी तो आपल्या प्रयोगाची वही खूप सांभाळायचा. शेवटी एका

शिष्यानं धीर करून 'ह्या फसलेल्या प्रयोगाच्या वहीचा उपयोग काय?' असं त्याला विचारलं (दोस्तांनो तुम्हाला काय वाटतं, त्या शास्त्रज्ञानं शिष्याला काय उत्तर दिलं असेल? तुमचं उत्तर चुकलं तरी काही हरकत नाही, ह्या लेखाच्या शेवटी ते दिलेलं आहे.)

आता तुमच्यासाठी प्रश्न. जेव्हा आपण पाण्याचा ग्लास किंवा चमच्यातील औषध ओठाजवळ घेतो, तेव्हा पाणी किंवा औषध आपल्या तोंडात कसं जातं?

तुमच्यासाठी ही रोजचीच क्रिया आहे, तुम्ही प्रत्येक वेळी भांडं तोंडाजवळ नेता आणि पाणी पिऊन तुमची तहान भागवता. पण त्या पाण्याला/औषधाला कसं कळतं की आता आपल्याला तोंडात गेलं पाहिजे!

सांगतो, नीट लक्षात घ्या. जेव्हा आपल्याला पाणी प्यायचं असतं तेव्हा (आपल्या नकळत) आपली छाती प्रसरण पावते त्यामुळे फुफ्फुसातील आणि तोंडातील हवा विरळ होते त्यामुळे त्या हवेचा दाब कमी होतो. ह्याऊलट बाहेरील हवेचा दाब जास्त असतो आणि हवा नेहमी जास्त दाबाकडून कमी दाबाकडे जाते. ही जास्त दाबाची हवा तोंडात जाण्याचा प्रयत्न करते वाटेत भांड्यातील पाणी/चमच्यातील औषध असतं त्यामुळे ते हवेबरोबर तोंडात जातं. बाटलीला तोंड लावून पाणी पितानाही काहीशी अशीच क्रिया घडते.

जर तुम्ही बाटलीचं तोंड तुमच्या तोंडात

घट्ट धरून पाणी प्यायला लागलात तर तुम्हाला ह्या अवस्थेत पाणीच पिता येणार नाही. आणि ह्याचं कारण : तोंडातील हवेचा दाब आणि पाण्यावरच्या हवेचा दाब सारखाच असल्यानं तुम्ही तोंडात पाणी ओढून शकणार नाही. त्यामुळे अगदी शास्त्रीय भाषेत बोलायचं झालं तर आपण नुसत्या तोंडानं नाही तर फुफ्फुसानं पाणी असतो. कारण छातीच्या प्रसरणामुळेच पाणी तोंडात जाऊ शकतं. समजलं?

आता एक साधी कृती तुम्हाला करायला सांगणार आहे.

साहित्य : कोकाकोला किंवा थम्सअपची मोठी दीड/दोन लिटरची रिकामी बाटली, एक फनेल, आणि पाण्याचा जग/भांडे.

कृती : रिकाम्या बाटलीच्या तोंडावर फनेल घट्ट बसवा आणि बाटलीत फनेलच्या साहाय्यानं पाणी भरायला सुरुवात करा.

निरीक्षण : सुरुवातीला पाणी बाटलीत भरलं जातं पण काही वेळानंतर पाणी बाटलीत न पडता फनेलमध्येच राहते. आता पाणी ओतायचे थांबवा. विचार करा हे पाणी बाटलीत न जाता फनेलमध्ये कसं राहिलं? आणि पाणी बाटलीत जाण्यासाठी काय करावं?

‘पाणी भरायची बाटली रिकामी आहे’

हे बोली भाषेतलं साधं उत्तर म्हणून ठीक आहे पण विज्ञानाच्या दृष्टीनं हे उत्तर चुकीचं आहे. ‘बाटली हवेनं पूर्ण भरली आहे’ हे उत्तर बरोबर. म्हणजे जर बाटलीत पाणी भरायचं असेल तर बाटली ‘रिकामी’ करून घ्यावी लागेल. पटतंय ना?

त्यामुळे हवा भरलेल्या भांड्यात पाणी ओततो तेव्हा हवेपेक्षा पाणी जड असल्याने पाणी हवेला बाहेर ढकलतं आणि हवेची ‘रिकामी’ झालेली जागा घेतं.

आता बाटलीत हवा आहे आणि हवा बाहेर जाण्याचा मार्ग बाटलीचे तोंड हाच आहे. पाणी ओतण्यासाठी आपण तोंडावर



फनेल ठेवलं म्हणजे आता हवेला फनेलमधून बाहेर पडावं लागेल.

आपण कृती सुरु केल्यावर सुरुवातीला हवा पटकन फनेलमधून बाहेर पडते आणि पाणी ती जागा घेते. पण नंतर पाण्यानं फनेल भरून गेल्यावर, आतील हवेचा बाहेर पडण्याचा एकमेव मार्ग बंद होतो. हवा खालून बाहेर जाण्याचा प्रयत्न करते आणि वरून पाणी आत यायचा प्रयत्न करते - थोडक्यात ट्रॅफिक जॅम होतो, आणि पाणी खाली पडत नाही.

अशावेळी तुम्ही एका हाताने फनेल जर थोडं वर उचललं तर लगेच त्या फटीतून हवा बाहेर जाईल आणि फनेलमधील पाणी बाटलीत जाईल. दर थोड्या थोड्या वेळानं पाणी भरत असताना तुम्हाला फनेल उचलावं लागेल आणि अशा तऱ्हेनं वाटली पाण्यानं पूर्ण भरता येईल.

आता लेखाच्या सुरुवातीला शास्त्रज्ञानं शिष्याला काय उत्तर दिलं असेल ते पाहू.

तो म्हणाला, “विज्ञानाची प्रगती ही माणसाला पडलेल्या प्रश्नांची उत्तरं शोधताना होते. मला जे प्रश्न पडले तसे प्रश्न इतरांच्याही डोक्यात येऊ शकतात. त्यासाठी कोणते



प्रयोग केले की चुकीचा निष्कर्ष मिळतो हे त्यांना माझी फसलेल्या प्रयोगाची वही वाचली की लक्षात येईल. त्यामुळे ते वेगळा प्रयोग करतील. त्यांचा वेळ वाचेल. त्यामुळे कोणता प्रयोग करू नये हे जगाला कळण्यासाठी ह्या वहीचा उपयोग होईल. म्हणून ही वही महत्त्वाची आहे!”

---

या. इ. पेरलमन यांच्या ‘फिजिक्स कॅन बी फन’ या पुस्तकातून साभार.

अनुवाद : शशी बेडेकर, निवृत्त मुख्याध्यापक.

# दिसते किती? पाहतो किती?

लेखक : विनय र. र.

**आ**पल्याला दिसणारी प्रत्येक गोष्ट आपण पाहतो का? हा प्रश्न जरा वेड्यासारखाच वाटतो का? आपल्याला दिसतं म्हणजे काय? आपण पाहतो, म्हणजे नेमकं काय करतो?

आपल्या शरीरातला एक महत्त्वाचा अवयव म्हणजे डोळा. कान, जीभ, नाक, त्वचा यांच्यामुळे मिळून जेवढं ज्ञान आपल्याला होतं त्याच्या पाचपटीपेक्षा जास्त ज्ञान एकट्या डोळ्यामुळे होतं. एकट्या म्हणजे एकच असं नाही, दोन्ही डोळ्यांमुळे. आपल्याला कधी कधी वर्गात शिकत असताना शिणल्यासारखं होतं. नवीन काही शिकायला नको - असं होतं. मग आपोआप डोळे जडावतात. त्यांची हालचाल मंदावते. डोळ्यांवरच्या पापण्या मिटतात. एकदम शांत वाटायला लागते. दुसऱ्या कोणी आपल्याकडे बघितलं तर त्यांना आपण बसल्या बसल्या झोपी गेलेले दिसतो. अर्थात वर्गातल्या

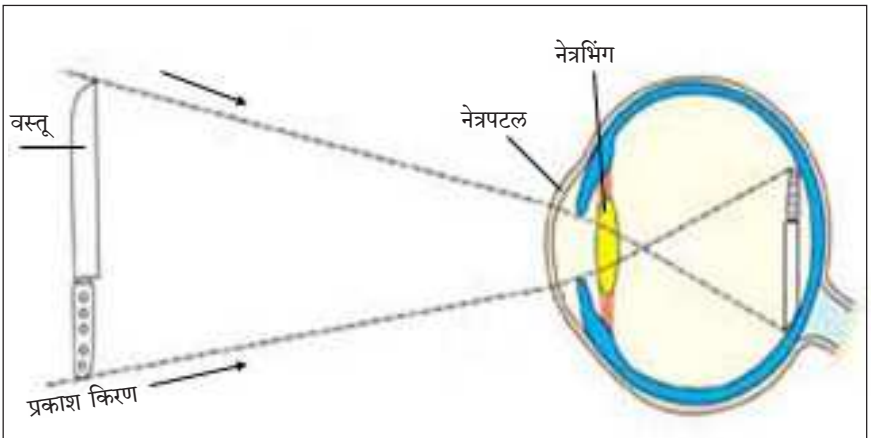
सगळ्यांची तोंडे आपल्यासारखीच समोर असली तर त्यांना आपण झोपी गेलेले दिसत नाही. पण, वर्गात आपल्याकडे तोंड करून शिकवणाऱ्या व्यक्तीला मात्र आपण लगेच दिसतो. मग ते आपल्याला झोपी गेल्याचा जाब विचारतात! मग पंचाईत होते. अशा वेळी एक युक्ती करता येईल का? एक डोळा बंद करून विश्रांती घ्यायची. अर्थात एक डोळा नुसता मिटून घेतलात तर आणखीच



पंचाईत होईल. मग तर डोळा मारल्याबद्दल आपल्याला जाब विचारला जाईल. ते टाळण्यासाठी एक युक्ती करता येईल. तळहाताने किंवा बोटानी हलकेच डोळा झाकून ठेवायचा. तेवढाच एका डोळ्याला आराम. थोडा वेळ डावा, थोडा वेळ उजवा डोळा झाकून ठेवायचा आणि आराम मिळवायचा. माझा अनुभव असा की एका डोळ्याला स्वतंत्रपणे आराम दिला तरी दोन्ही डोळे मिटून घेतल्याइतका शांतपणा कधीच अनुभवता येत नाही. त्याच्या निम्म्याइतकासुद्धा शांतपणा अनुभवता येत नाही. अगदीच नगण्य शांतपणा अनुभवता येतो. न झाकलेला डोळा मिटायला मागतोच.

असं का होत असेल? आपला डोळा काय करतो म्हणून त्याच्यावर इतका ताण येतो? आपला डोळा प्रकाशाचे किरण शरीरात जाऊ देतो. वर्तुळाकार रंगीत डोळ्याच्या मध्यावर एक काळ्या रंगाचे वर्तुळ दिसते.

त्याला डोळ्याची बाहुली म्हणतात. ती उजेडाच्या प्रमाणानुसार लहानमोठी होते. खूप उजेड असेल तर ती लहान होते आणि अंधूक उजेड असेल तर मोठी होते. याचा परिणाम म्हणून आपल्या डोळ्याच्या आतल्या भागात प्रकाश नियंत्रित प्रमाणात जातो. कधी कधी फारच प्रखर उजेड असेल तर लोक गडद रंगाच्या काचांचा चष्मा वापरतात, त्यामुळे डोळ्याच्या आत जाणारा प्रकाश कमी होतो. बाहेरचा प्रकाश डोळ्याच्या आत जाताना तो नेत्रभिंगातून जातो आणि डोळ्याच्या आतल्या भागावर पडतो. या भागात प्रकाशाने उद्दीपित होणाऱ्या गोलाकार तसेच शंकूच्या आकाराच्या पेशी असतात. त्यांच्या उद्दीपनामुळे डोळ्यांपासून मेंदूपर्यंत जाणाऱ्या मज्जातंतूमधून काही संदेश पाठवले जातात. मेंदूत पोचल्यावर त्यांचे अर्थ लावण्याचे काम होते. ते अर्थ समजल्यावर मेंदूत निर्णय होऊन पुढच्या कामाच्या आज्ञा शरीराला दिल्या





जातात. हे सर्व काम करण्यासाठी अर्थातच भरपूर ऊर्जा वापरली जाते. ऊर्जा कमी झाली की आपल्याला थकवा येतो. मग डोळ्यांकडून येणारे संदेश बंद करण्यासाठी मेंदू पापण्यांना जड करतो. पापण्या मिटल्या की प्रकाश डोळ्यात येत नाही. उद्दीपन, संदेश वहन, संदेशाचा अर्थ लावणे, आज्ञेचा निर्णय घेणे अशी कार्ये बंद पडतात. एखादा धगधगता कारखाना बंद पडल्यावर वाटतं तसं शांत होतं. मग कोणीतरी आपल्याला हलवून जागं केलं की पुन्हा डोळे उघडतात, प्रकाश डोळ्यात शिरतो आणि ही सारी धडधड सुरू होते. कधी कधी या दोन क्षणात मिळालेला शांतपणासुद्धा पुन्हा आपल्याला टवटवीत करून जातो. अधूनमधून काही वेळासाठी डोळे मिटून शांतपणा मिळवायला पाहिजे की नाही? दोन तासांच्यामध्ये डोळे मिटून शरीराला विश्रांती देणारे विद्यार्थी नंतरच्या तासाला अधिक टवटवीतपणे समजून घेऊ शकतात का? टि.व्ही. वरचे कार्यक्रम टक लावून बघत असताना मध्ये मध्ये घातलेल्या जाहिराती डोळ्यांना आराम देण्यासाठी असतात का? जाहिराती ग्राहक वाढवण्यासाठी असतात. आराम देण्यासाठी नाही पण तुम्ही डोळेझाक करून आराम मिळवू शकता.

डोळे झाकल्यावर काहीच दिसत नाही. मग डोळे उघडे ठेवल्यावर सगळं काही दिसतं का? बऱ्याच वर्षांपूर्वी म्हणजे १९७० साली

त्यावर एक संशोधन केले गेले. बास्केट बॉलच्या सामन्याचे व्हिडीओ शूटींग लोकांना दाखवण्यात आले. व्हिडीओ शूटींग बघतानाच खेळातला बास्केट बॉल खेळाडू एकदुसऱ्यांकडे कितीवेळा टाकतात हे मोजायचे असे प्रेक्षकांना सांगितले होते. सामना रंगात आलेला असताना गोरिलाचा पोशाख घातलेली एक व्यक्ती सामन्याच्या प्रेक्षकांपुढून काही वेळा गेली. सामना संपल्यावर व्हिडीओ बघणाऱ्यांना प्रश्न विचारले गेले. त्यात गोरिलाच्या पोशाखातल्या प्रेक्षकाबद्दल विचारले तेव्हा असे आढळले की केवळ २% प्रेक्षकांनी त्याला पाहिले होते. म्हणजे व्हिडीओमध्ये असून सुद्धा ९८% प्रेक्षकांना तो दिसलाही नाही. पुढे या प्रयोगात थोडी सुधारणा केली. व्हिडीओवरील सामना दाखवण्याआधी दिल्या जाणाऱ्या सूचनांमध्ये सामन्यात एखादा गोरिला दिसतो का पहा - अशीही सूचना केली जाऊ लागली. त्यावेळी गोरिला दिसणाऱ्यांचे प्रमाण वाढले. १२% प्रेक्षकांना तो गोरिला दिसला. तरी ८८% प्रेक्षक - चेंडूकडेच पहात होते. त्यांना गोरिला दिसला नाही.

महाभारतात द्रोणाचार्य कौरव पांडवांना धनुष्यबाण चालवायला शिकवत असतानाची गोष्ट. धनुष्याला बाण लावून झाल्यावर काय काय दिसतंय म्हणून द्रोणाचार्यांनी विचारलं. बऱ्याच जणांनी बरीच वेगवेगळी उत्तरं दिली.

अर्जुनाला फक्त झाडावरच्या पोपटाचा डोळाच दिसत होता. झाडावरच्या पोपटाचा डोळा सर्वांना लक्ष्य करायला सांगितला होता. अर्जुनाची नजर त्यालाच पाहत होती. इतकंच नाही अर्जुनाला पोपटाचा डोळाच तेवढा दिसत होता. म्हणजे बाकीच्या वस्तूंपासून निघणारे प्रकाश किरण त्याच्याही डोळ्यात जात होते पण ते त्याला 'दिसत' नव्हते. क्रिकेटमध्ये चिवटपणे फलंदाजी करणाऱ्या खेळाडूला क्रिकेटचा चेंडू फुटबॉल एवढा दिसतो म्हणे. म्हणजे गोलंदाज क्रिकेटचा चेंडू टाकत असताना त्याने चेंडूला दिलेली फिरकी, फलंदाज फुटबॉलला दिलेल्या फिरकीएवढ्या स्पष्टपणे पाहू शकतो.

असाच एक प्रयोग क्षयरोगतज्ज्ञांवर करण्यात आला. फुफ्फुसांच्या आतल्या वायुकोशांचे क्ष किरणांनी काढलेले फोटो त्यांना तपासायला दिले. त्या फोटोत एका माकडाची रेखाकृती बेमालूमपणे बसवली होती. या तज्ज्ञांनी क्ष किरण फोटोंची तपशीलवार पाहणी केली. त्यातले अनेक बारकावे त्यांनी सांगितले. पण एकाही तज्ज्ञाला फोटोतील माकडाची रेखाकृती दिसली नाही. दिसली नाही की त्यांनी पाहिली नाही?\*

कधी कधी तुम्हाला दिसलेल्या पण तुम्ही न पाहिलेल्या गोष्टीचा परिणाम तुमच्या वर्तनावर होतो का? भूत, प्रेत, परी, राक्षस

\* सायकोलॉजिकल सायन्स, खंड २४, पृष्ठ १८४८

या सगळ्या ऐकीव गोष्टी आहेत. पण त्यांच्याबद्दलच्या गोष्टी ऐकून ऐकून आपण न पाहताही त्या आपल्याला दिसतील असा अनेकांचा समज होतो. निर्जन, अंधाऱ्या, अनोळखी प्रदेशातून जाताना अचानक कोणीतरी समोर टपकेल या धास्तीने सरकत्या सावल्या, पाने, फांद्या, झाडे यांच्यामधून त्या आकृत्या दिसायला लागतात.

मेरी लॅदम, युनिवर्सिटी ऑफ टोरांटो, कॅनडा यांनी केलेला एक प्रयोग -

इंटरनेटच्या माध्यमातून जगभरच्या लोकांशी संपर्क साधणाऱ्या एका कंपनीत एक प्रयोग करण्यात आला. त्या कंपनीत काम करणाऱ्या लोकांना एका धर्मादाय संस्थेसाठी आर्थिक मदत गोळा करण्यासाठी एक संपर्क यादी देण्यात आली. मदतीसाठी आवाहन करताना कसे बोलावे, संस्थेची माहिती कोणती द्यावी, संस्थेच्या कामाची गरज काय? संस्थेला कशाकशाची गरज आहे? देणगी दिल्याने देणगीदाराबद्दल कशी कृतज्ञता राहिल इत्यादी इत्यादी गोष्टींबद्दलच्या सूचनाही सर्वांना देण्यात आला. काही जणांच्या सूचनेच्या कागदावर वरच्या बाजूला शर्यतीत जिंकलेल्या एका खेळाडूचे छोटेसे चित्र छापण्यात आले होते. दोन आठवड्यांनंतर या लोकांच्या कार्याचा आढावा घेण्यात आला. शर्यतीत जिंकलेल्या खेळाडूच्या छायाचित्रासकट असलेल्या सूचनांचा कागद ज्यांना ज्यांना दिला होता,

त्यांच्या जमा देणगीचा आकडा छायाचित्र नसलेल्यांच्या पेक्षा अधिक होता. हाच प्रयोग पुन्हा दुसरीकडे, तिसरीकडे केल्यावरही हीच निरीक्षणे आली. छायाचित्रवाल्या लोकांकडे-सूचनापत्रावरच्या छायाचित्राबद्दल विचारणा केल्यावर प्रत्येकाने - कोणतं छायाचित्र? अशी विचारणी केली. त्यांनी ते पाहिलंही नव्हतं, त्याचा परिणाम मात्र दिसला होता. विशेष दखल न घेता नुसत्या अस्तित्वानेही सकारात्मक परिणाम होतो हे या प्रयोगाने सिद्ध केले. दृष्टीपलीकडे असलेल्या अदृष्टातून प्रभाव पडतो तर !

नेदरलँडमध्ये मांसाहारी खाद्यपदार्थ मिळणाऱ्या दुकानाबाहेर मधुमेह्यांनी कमी कॅलरीयुक्त पदार्थ खाण्याने होणारे फायदे सांगणारी माहिती लावली होती. ती सहज जाता येता नजरेस पडे. त्यानंतर काही काळाने एकंदर आढावा घेतला तेव्हा असे आढळले की - दुकानात 'फ्री' मिळणारे अधिकचे खाद्यपदार्थ नाकारण्याचे प्रमाण वाढले. योग्य जागी लावलेल्या जाहिरातीचा इशारा दिसून गेल्यावरसुद्धा डोळ्यापुढे राहतो.

'धूम्रपानास बंदी' या सूचनेची पाटी

मात्र तसा परिणाम करत नाही. भारतात आजकाल सिनेमाच्या आधी सिनेमातील कोणीही अभिनेते (धूम्रपान करताना सिनेमात आढळले तरी) धूम्रपानाला प्रोत्साहन देत नाहीत अशी पाटी दाखवली जाते. एखाद्या प्रसंगात धूम्रपान, मद्यपान असे काही असेल तर लगोलग धूम्रपान, मद्यपान आरोग्याला घातक आहे - अशी पाटी दाखवतात. धूम्रपान करणाऱ्यांच्या मॅदूला संगणक - संवेदक जोडल्यावर असे आढळले की चित्रपटात 'नो स्मोकिंग' अशी सूचना येते त्या वेळेस त्यांना सिगरेट ओढण्याची इच्छा तीव्र होते. अशा प्रकारे धूम्रपानी लोकांना पाटी दिसते, ती ते पाहतात आणि नोंद घेतात की बाहेर जाऊन धूम्रपान करायचे आहे. त्यामुळे अनेक देशांनी 'नो स्मोकिंग' पाट्या दाखवण्याऐवजी - धूम्रपानाची दाहक चित्रे दाखवायला, छापायला सुरुवात केली आहे.

पाहू आता त्यात कोणाला काय काय दिसते !

लेखक : विनय र. र.

निवृत्त प्राध्यापक, मराठी विज्ञान परिषदेचे पदाधिकारी, सामाजिक कार्यकर्ता.

## संदर्भची वेबसाईट पाहिलीत का?

[sandarbhsociety.org](http://sandarbhsociety.org)

यामध्ये संदर्भची मुखपृष्ठे आणि आधीच्या काही अंकातले वाचनीय लेख.

# भास्कराचार्यांचे गणित

लेखांक - १

लेखक : किरण बर्वे

शरदकाकांकडे 'आम्ही मित्र' जमले होते. एप्रिलचे दुपारचे रणरणते ऊन आणि शरदकाकूंची नजर, ह्यामुळे आज मंडळी निवांतपणे घरातच जमली होती. अर्थात डोक्याला खुराक मिळावा म्हणूनच. शरद काकांनी बोलिंगसाठी स्टार्ट घेतला. 'सध्या कुणाचा ९०० वा जन्म सोहळा चालू आहे?' चुकून 'ज्ञानेश्वर' म्हणता म्हणता नेहा थांबली, कारण चिमटा ! 'भास्कराचार्य' उत्तर आले. पुढचा प्रश्न जरा बरा होता. 'पहिला का दुसरा?' हिमांगीला दुसरा नंबर, दुसऱ्यांदा मिळालेले श्रीखंड, पावभाजीसुद्धा नको असे, ती काही बोलायच्या आतच जोरदार चिमटा ! 'दुसरा म्हणजे भास्कराचार्य दुसरे' (चिमटे कोण मोजतोय).

हळूहळू बोलिंग अवघड होत होती. चिमटे मागे पडून डोके खाजवायची वेळ होती. 'त्यांनी काय केले?' छोटा भीमने बिन्धास्त उत्तर दिले, 'पुस्तक लिहिले'. सगळेच हसले. हिरमुसला होत छोटा भीम म्हणाला, 'कुठलाही मोठा माणूस पुस्तक लिहितो आणि ते आम्हाला वाचायला सांगतात.' आता त्याच्या प्रांजळ कबुलीने सर्व हसले.



‘कुठले पुस्तक म्हणजे ग्रंथ लिहिला?’ एकेक प्रश्नाला गळत जाणाऱ्यातील आम्ही मित्र नव्हतो. ‘लीलावती, अजून बीजगणित’ शेखरदादाने ‘गोलाध्याय, सिद्धांत शिरोमणी’ सांगत आपली एन्ट्री जाहीर केली. (हिमांगी सावरून बसली). शरदकाकांनी सांगितले, ‘लीलावती, बीजगणित हे सुमारे ६०० वर्षे गणिताचे पाठ्यपुस्तक होते. रंजक शिकवा, मुलांना कृतीतून शिकवा म्हणतात, त्याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे लीलावती आणि बीजगणित ही पुस्तके.’

आज बीजगणित ग्रंथातले कोडे सोडवूया. कोडे म्हणताच सगळे सरसावले. शरदकाकू दिसेल न दिसेल अशा खोलीत आल्या.

एकाजवळ काही चेंडू होते. त्या चेंडूंच्या संख्येला तीनने गुणले आणि त्यातून सात वजा केले. मग येणाऱ्या उत्तराला दोन ने भागले आणि संख्या आली ४. एवढे चेंडू छोटा भीमला दिले तर सुरुवातीला किती चेंडू होते?

‘अगदीच फुसके’ म्हणत सुहृदने ५ असे उत्तर सांगितले. मग ५ चेंडू आपल्याला दाखवून भीम्याला ४ वगैरे चर्चेला शरदकाकांच्या जरा वरच्या आवाजातील वाक्याने लगाम बसला ‘कोडे तर पुढेच आहे, निकलता आ रहा’ मुलांनी त्यांचे पुढील वाक्य ओरडून साजरे केले. ‘है नकाब आहिस्ता आहिस्ता’

‘समजा मी चार चेंडू उरले सांगितलेच नाही तर काय?’

हे जरा कठीणच होते. ‘४ ने सुरुवात केली तर उरले अडीच.’ शेखरदादाने समजावून सांगितले, ‘तेथे फसवणूक नाही. पूर्णांक संख्या यावी असा सुरुवातीचा आकडा सांगा.’

विशालने ३ उत्तर सांगितले. उरले एक.

शेखरदादा म्हणाला ‘उत्तर ऋण आले तरी चालेल, तेवढे त्याच्याकडून घेऊ. सुरुवातीचेही चेंडू ऋण असतील तर चालतील तुमच्याकडून घेऊ. तर मित्र हो गमतीतून हळूहळू आपण महत्त्वाच्या गणिताकडे आणि नंतर ह्या प्रकारच्या सर्व गणितांच्या उत्तरांकडे जाणार आहोत.

Stay tuned, best is yet to come !’

हळूहळू मजा येत होती. कधी उत्तर यायचे कधी नाही, मात्र जरा वेळाने मित्र थकले कारण काका, दादाची करामत थांबेच ना. सारखे अजून अजून म्हणत राहिले, आणि आश्चर्य म्हणजे उत्तरे येत राहिली, येत राहिली. अखेर काकांनी दादाला सुनावले वाह्यातपणा पुरे झाला. दादाने मुलांना समजावले, ‘एक उत्तर आले तर अनंत उत्तरे येतात!!’ ‘काय?’ अभूतपूर्व ओरडा झाला, केवळ सवय असल्यानेच शेजाऱ्यापाजाऱ्यांची धावपळ झाली नाही. ‘तुम्हाला आता ही सर्वपद्धत आणि भास्कराचार्यांची त्याला सुटसुटीतपणा देणारी रीत

हे सर्व शिकवतो.' आता मात्र हॉल भरू लागला, शेजारचे सहसा न येणाऱ्या मुलांचे सुज पालक त्यांना घेऊन आले. इतका आरडाओरडा ऐकल्यावर तीसुद्धा उत्सुकतेने आली. आपले कोडे आपण शब्दातून समीकरणात आणू या.

$$(३क्ष - ७)/२ = पूर्णांक = य म्हणजे ३क्ष - २य = ७.$$

ह्या समीकरणाचे पूर्ण अंकी एक उत्तर माहीत असेल तर अनंत उत्तरे मिळतात.

३ आणि २ चा म.सा.वि. १ आहे. आता  $क्ष० = ५$  आणि  $य० = ४$  हे एक उत्तर आहे. एक उत्तर मिळाल्यावर, त्यापासून अनंत उत्तरे काढण्याची एक पद्धत आहे. क्ष आणि य च्या सहगुणकांचा ( $क्ष = ३$ , आणि  $य = -२$ ) म.सा.वि. ह्यांचा वापर करून अशी उत्तरे काढता येतात.

$क्ष = क्ष० + (-२)/(म.सा.वि.) \times प$ , आणि  $य = य० - (३)/(म.सा.वि.) \times प$ . वेगवेगळ्या पूर्णांकी किमती जर प च्या जागी टाकल्या तर, प्रत्येक वेळी जो क्ष आणि य येईल ते समीकरणाचे उत्तर असेल !! ह्याची सिद्धता अगदी सोपी आहे, क्ष आणि य च्या किमती समीकरणात घातल्या की लगेच समजेल.  $प = १$  तर उत्तर ३, १,

$प = ३$  तर उत्तर -१, -५ तसेच  $प = -२$  तर उत्तर ९ आणि १०. अशी उत्तरे मिळत राहतात. वेगळ्या गणितात -२ म्हणजे य चा सहगुणक आणि ३ म्हणजे क्ष चा सहगुणक टाकायचे आहेत. खल्लास, झक्कास !

म्हणजे आपल्याला सर्वप्रथम म.सा.वि. काढावयाची पद्धत शिकली पाहिजे. मित्रांनी जल्लोष केला, 'आम्हाला येते. युक्लिडची पद्धत.' १४ आणि २६ च म.सा.वी. काढू.

$$२६ = १४ \times १ + १२$$

$$१४ = १२ \times १ + २$$

$१२ = २ \times ६ + ०$ . बाकी शून्य आली आहे. त्याच्या अगोदरची बाकी म्हणजे २ हा म.सा.वि.

'आपण म.सा.वि. काढायची युक्लिडची पद्धत बघितली. हीच पद्धत भारतातही वापरली जात असे. त्यात आश्चर्य नाही कारण अंकगणित ज्या व्यवहारावर आधारित असते तो व्यवहार जगात सारखाच आणि सर्वच ठिकाणी बुद्धिमान लोक होते, असतात आणि असतील (तुमच्यासारखे)?

सुहृदने अखेर विचारले, 'हे जरा जाते थे जपान पहुंच गये चीन असे होत आहे का?' गाणे माहीत असलेले हसले. अगोदर कोडे, वेगळेच कोडे मग एकही उत्तर नाही ते अनंत उत्तरे... काय चाललाय काय? शेखरदादा वदे 'मित्र हो, आता ह्या सिनेमातील सस्पेन्स





उलगडायला सुरुवात झाली आहे. STAY TUNED BEST IS YET TO COME’.

‘आपण ५५ आणि ७ चा म.सा.वि. असा काढू. म.सा.वि. १ आहे हे, आपल्याला माहीतच आहे. रीतीप्रमाणे  $५५ = ७ \times ७ + ६$ ;  $७ = ६ \times १ + १$ .

ह्यावरून आपण प्रथम  $५५$  क्ष +  $७$  य =  $१$  हे समीकरण सोडवू. काय कोडे समजले ना? म्हणजेच आपल्याला अशा दोन पूर्णांक संख्या शोधायच्या आहेत की एकीला  $५५$  ने गुणून त्यात दुसरीला  $७$  ने गुणल्या वर आलेले उत्तर मिळवल्यावर  $१$  यायला हवे. बघा जमतंय का? म.सा.वि. काढायच्या पायऱ्या एका खाली एक लिहून बघा.

$$५५ = ७ \times ७ + ६$$

मोठ्या संख्येला (सहगुणकातील) लहान संख्येने भागावे आणि बाकी मांडावी.

लहान संख्येला अगोदरच्या बाकीने भागावे परत भागाकार आणि बाकी लिहावी.

$७ = ६ \times १ + १$  आता बाकी  $१$  आली आणि म.सा.वि. एक येऊन ही उतरंड संपली.  $५५$  ला  $७$  ने भाग देऊन आलेल्या बाकीने  $७$  ला भागायचे म्हणजे

‘ज्या संख्येने अगोदरच्या पायरीत भागले त्या संख्येला आलेल्या बाकीने भागायचे’, ही क्रिया बाकी शून्य येईपर्यंत करत राहावे. शून्याच्या आधीची बाकी म्हणजे म.सा.वि. आपल्याला एक (म.सा.वि.) उजव्या बाजूस हवा आहे मग उरलेले पलीकडे टाका. म्हणजे एक बरोबर काहीतरी असे समीकरण हवे आहे. ते काहीतरी दिलेल्या पूर्णांकाच्या भाषेत हवे आहे. मग आणू एक एका बाजूस.

$$७ - ६ \times १ = १$$

जरा बरं दिसतंय ना? आता काय बरे करूया?  $७$  आणि  $५५$  पाहिजेत.

शरदकाका एकीकडे आणि दादा दुसरीकडे मोबाईल नुसताच कानाला लावून बघत

बसले. मुलांशिवाय इतरांनी बोलायचे नाही हा नियम आज मात्र मोडला गेला. अजित म्हणाला 'त्या वरच्या पायरीत ५५ आणि ७ आहे आणि त्यांच्याबरोबर ६ आहे', आणि मित्रांनी सुद्धा गिल्ला केला 'खालती ७, ६ आणि १ (!) बरोबर आहे.' हशा आणि टाळ्यांनी हॉल दुमदुमला. शरद काका म्हणाले अजून उत्तर कुठे सांगितलेत ?

$$१ = ७ - ६ \times १.$$

$$६ = ५५ - ७ \times ७.$$

वरच्या समीकरणात सहाची ही किंमत घाला खेळ खल्लास !

$$१ = ७ - (५५ - ७ \times ७) \times १ = \text{म्हणून } १ = ७ - ५५ \times १ + ७ \times ७$$

$$= ७ \times ८ - ५५ \times १ \text{ हे समीकरण } १ \text{ आहे. } ५५ \text{ क्ष} + ७ \text{ य} = १$$

याचे एक उत्तर मिळाले : क्ष = -१ आणि य = ८.

ही समीकरणे Diophantine equation म्हणून ओळखली जातात हे आपण पाहिलेच आहे. भारतीय गणिती अशा समीकरणाना कुट्टक म्हणतात. बीजगणित ग्रंथातील कुट्टक प्रकरणातील पहिल्या श्लोकात भास्कराचार्य म्हणतात (स्वैर अर्थ) -

'ज्या संख्येस एका संख्येने गुणून जो गुणाकार येईल त्यामध्ये दुसरी संख्या मिळवली किंवा वजा केली आणि उत्तराला एका पूर्णांकाने भागले असता भागाकार निःशेष पूर्णांक येतो, अशी संख्या कोणती ती सांगा,' अशा प्रकारच्या उदाहरणास कुट्टक असे म्हणतात. गुणकासाठी भाज्य, भाजकाला हार आणि जी मिळवायची किंवा वजा करायची संख्या असते, तिला क्षेपक म्हणतात. अशा प्रकाराने आपली परिभाषा स्पष्ट करून म.सा.वि. आणि कुट्टक सोडवायच्या रिती दिल्या आहेत. ही नावे तूर्तास सोडून देऊ पण त्यांचा अर्थ समजायला सोपाच आहे.

३ क्ष + ६ य = ५ ह्या समीकरणाला उत्तर नाही कारण ३ आणि ६ ला ३ ने भाग जातो, डाव्या बाजूला ३ ने भाग जातो पण उजव्या बाजूस जात नाही हे शक्य नाही. असे सर्व सांगून म.सा.वि. काढायची आपण बघितलेलीच रीत तंतोतंत दिलेली आहे. भास्कराचार्य विशेषतः बीजगणित ग्रंथात पटकन अवघड गणिताकडे जातात. ते गणित घेऊन आपल्या पद्धतीने करू, मग भास्कराचार्यांची सोपी मांडणी बघू. सोप्या गणितात मात्र आपली पद्धत सोपी वाटू शकते.

बीजगणित ग्रंथात विचारलेले हे गणित करूया.

एका संख्येस १०० ने गुणून आलेल्या गुणाकारामध्ये ९० मिळवले आणि ६३ ने भागले तर भागाकार पूर्ण धन संख्या येते तर अशी संख्या सांगा.

१०० x क्ष + ९० = ६३ x य... क्ष काढावयाचा आहे, य म्हणजे भागल्यानंतर आलेली पूर्ण संख्या. चला सुरु करू मागच्यासारखी उतरंड.

$$१०० = ६३ \times १ + ३७$$

१०० ला ६३ ने भागले, बाकी ३७

म्हणजेच ३७, १०० आणि ६३ च्या भाषेत ३७ = १०० - ६३ x १.

पुढची पायरी... बाकीने ज्या संख्येने भागले तिला भागणे. ६३ ला ३७ ने भागणे.

$$६३ = ३७ \times १ + २६. ६३ ला ३७ ने भागले, बाकी २६.$$

म्हणजेच २६, ६३ आणि ३७ च्या भाषेत २६ = ६३ - ३७ x १ असेच, करत राहू.

एका मागून एक बाकीने भागायचे, मग आलेल्या बाकीने अगोदरच्या बाकीला.

म्हणजे आता जिने भागले तिला भागावे... करत रहा करत रहा

$$६३) १०० ( १$$

$$\underline{६३}$$

$$३७) ६३ ( १$$

$$\underline{३७}$$

$$२६) ३७ ( १$$

$$\underline{२६}$$

$$११) २६ ( १$$

$$\underline{११}$$

$$४) ११ ( २$$

$$\underline{८}$$

$$३) ४ ( १$$

$$\underline{३}$$

$$१$$

आता उलटे जात जात १०० आणि ६३ च्या भाषेत, १ लिहायचा. भागाकाराची जी रीत आणि पद्धत आहे ती सद्ध्याच्या बीजगणितात आणि भास्कराचार्यांनी वापरलेल्या पद्धतीत सारखीच आहे. बाकी कमी कमी होत जाते, आपण म.सा.वि.पर्यंत पोचतो, ही घसरगुंडी संपते. कोड्याचे उत्तर काढण्यासाठी ही घसरगुंडी चढायला हवी.

घसरगुंडीवरून खाली परत खालून वर !

$$१०० = ६३ \times १ + ३७$$

$$६३ = १ \times ३७ + २६$$

$$३७ = १ \times २६ + ११$$

$$२६ = २ \times ११ + ४$$

$$११ = २ \times ४ + ३$$

$$४ = १ \times ३ + १$$

$$१ = १ \times १ + ०$$

$$३७ = १०० - १ \times ६३$$

$$२६ = ६३ - १ \times ३७$$

$$११ = ३७ - १ \times २६$$

$$४ = २६ - २ \times ११$$

$$३ = ११ - २ \times ४$$

$$१ = ४ - १ \times ३$$

उजवीकडे लिहिलेली समीकरणे वापरून उतरंड चढूया.

$$१ = ४ - ३ \times १$$

$$१ = ४ - (११ - ४ \times २) = ४ \times ३ - ११$$

४ आणि ३ च्या भाषेतील १ ला आपण ११ आणि ४ मध्ये आणले. अजून अजून एक पायरी वर चढत आपण १ ला १०० आणि ६३ मध्ये लिहिणार आहोत, तयार? थोडेसे सुस्तावलेले मित्र हुशार झाले.

$$१ = (२६ - ११ \times २) \times ३ - ११ (४ = २६ - ११ \times २ वापरून)$$

$$१ = २६ \times ३ - ११ \times ७$$

आता ११ ची किंमत

$$११ = ३७ - २६ \times १ वापरू.$$

गंमत येते आहे ना? चला तर मग

$$१ = २६ \times ३ - (३७ - २६ \times १) \times ७ = २६ \times १० - ३७ \times ७$$

आता २६ = ६३ - ३७ \times १

$$१ = ६३ \times १० - (१०० - ६३ \times १) \times १७$$

$$= ६३ \times १० - १०० \times १७ + ६३ \times १ \times १७ \quad (१ = १७०१ - १७००)$$

$$= ६३ \times २७ - १०० \times १७$$

$$१ = १०० \times क + ६३ \times प$$

$$क = - १७, प = २७ (समीकरण १)$$

१०० आणि ६३ चा म.सा.वि. १ त्यांच्या भाषेत लिहिला.

हा सर्वात महत्त्वाचा टप्पा होय.

आपल्याला हवे आहे.

$$१०० \times \text{क्ष} + ९० = ६३ \times \text{य}$$

$$१०० \times \text{क्ष} - ६३ \times \text{य} = ९०.$$

समीकरण १ ला ९० ने गुणूयात, खेळ खल्लास !

$$९० = १०० \times (-१७ \times ९०) + ६३ \times (२७ \times ९०)$$

$$९० = १०० \times (-१५३०) + ६३ \times २४३० \text{ तेव्हा आपले उत्तर } -१५३०$$

ही फारच मोठी उत्तरे झाली. अनंत उत्तरांच्या नियमानुसार

$$-१५३० + ६३ \times \text{ख} \text{ आणि } २४३० - १०० \times \text{ख} \text{ ही उत्तरे आहेत.}$$

ख २४ असताना उत्तरे येतात..... १८ आणि ३०.

आता शेवटी भास्कराचार्यांची मांडणी लक्षात घेऊ, नक्कीच मजा येईल.

भास्कराचार्यांच्या पद्धतीची सुरुवात आपण बघितलेल्या पद्धतीसारखीच आहे.

१०० ला ६३ ने भागणे, मग आलेल्या बाकीने (३७ ने) भागणे इत्यादी.

मात्र भास्कराचार्य (पद्धत कदाचित आधीचीही असू शकेल, पण स्पष्टपणे बीजगणित ग्रंथात आलेली आहे.) आलेल्या भागाकारावर लक्ष देतात.

ओळीने भागाकार आले, १, १, १, १, २, २ आणि अखेर १.

२६ ला ११ ने भागले की आणि ४ ने ११ ला भागले की भागाकार २ आला आहे इतर वेळी १.

त्यांचा क्रम अतिशय महत्त्वाचा आहे. १, १, १, २, २ आणि अखेर १. आता भास्कराचार्यांच्या शब्दात ह्यांची एक वल्ली (वेल) तयार करू. वेलावर जशी पाने वर वर चढत जातात आणि नजर खालून वर आणि वरून खाली सहज सरकते तसेच पुढे होणार आहे. म्हणून वल्ली. (भास्कराचार्य उत्तम कवी, रसिक, न्यायशास्त्री वगैरे होते. त्यावेळच्या सर्व विषयात प्रथम क्रमांकाचे विद्वान होते, उगाच नाही रसाळपणे गणित शिकवू शकत.)

ओळीने एकाखाली भागाकार लिहा.

आलेले भागाकार लिहून झाले.

१
१
१
२
२
१
९०
०

गणित

$$१००\text{क्ष} + ९० = ६३ \text{ य}$$

ह्यातील ९० ला क्षेपक म्हणतात.

९० ते असो, हा ९० आता १ खाली लिहायचा. त्याखाली ०.

आता ही भास्कराचार्यांनी सुचवलेली मांडणी झाली. (आता त्याला algorithm, loop म्हणतात.) म्हणजेच वल्ली तयार झाली. ह्यात उपन्तीमांक, (खालून दुसरा अंक) ९० आहे. ह्याने त्याच्या वरच्या अंकास म्हणजे १ स गुणून अंतीमांक पुसून ० मिळवून तो अंक ९० आता गळून दुसऱ्या ९० च्या वर आला. खालचा अंक ० पुसला. वल्लीतील एक पान कमी झाले. आता हीच क्रिया एकामागून एक करावयाची आहे. तय्यार, हुशार?

मित्र आणि मंडळी सरसावली. परत खालून दुसरा ९० याने त्याच्या वरच्या २ ला गुणायचे त्यात शेवटी ९० मिळवायचा. शेवटचा ९० पुसायचा. पुढील वल्ली तयार झाली. ती आता आडवी मांडू.

$$१ \mid १ \mid १ \mid २ \mid २ \times ९० + ९० (२७०) \mid ९०.$$

परत त्यात  $२७० = ३ \times ९०$  याने वरील अंक २ ला गुणून त्यात शेवटचा ९० मिळवला आले  $७ \times ९०$  वल्ली बनली  $१ \mid १ \mid १ \mid ७ \times ९०.$

हळूहळू पाने कमी होतायत पण जाडजूड वजनदार होत आहेत, खरं ना?

$$\text{पुढे } १ \mid १ \mid १० \times ९० \mid ७ \times ९०$$

$$\text{त्यानंतर } १ \mid १७ \times ९० \mid १० \times ९०.$$

$$\text{सरते शेवटी } २७ \times ९० \mid १७ \times ९० \text{ आले.}$$

या प्रमाणे दोनच राशी, पाने, वल्लीत उरली की मग उत्तर काढता येते.

$$२७ \times ९० = २४३० \text{ यास } १०० \text{ ने भागून } ३० \text{ राहिले}$$

आणि खालच्या  $१७ \times ९० = १५३०$  ला हार  $६३$  ने भागल्यावर बाकी उरली  $१८$  आणि हे  $१८$  आपले उत्तर !!

उत्तर तेच आले, मात्र छोट्या आकड्यांवर एकाच पद्धतीने क्रिया करत करत आपण सहजी उत्तरापाशी आलो. अशा प्रकारची अजून काही गणिते दोन्ही प्रकाराने सोडवू हा निश्चय करत मुले आणि मंडळी पांगली. मात्र मनात भास्कराचार्य ह्या अजब गजब वल्लीबद्दल आदर आणि अभिमान सोबत घेऊनच.



---

लेखक : किरण बर्वे, गणित शिकवण्याची आवड, मो. - ९४२३० ९२०३४

# झाडाचा जीव

लेखक : सरोज देशपांडे

मी नेहमी घरात बाटल्यांमध्ये पानं ठेवते, सुंदर रचना करून. पाण्यातच ठेवलेली असल्यामुळे कुठे गेलं तरी पाणी घालण्याचा प्रश्न नसतो. प्रकाशही पुरेसा असतो. कुंड्या ठेवण्यापेक्षा हे सोपं असतं. सोय आणि शोभा, दोन्ही साधतं. येणाऱ्याजाणाऱ्यांनाही ते बघायची सवय लागली आहे. एकदा दोनतीन

कुंड्याही त्यांच्या सोबतीला आल्या. मैत्रीण आली होती. ती म्हणाली, 'कुंड्या कशा काय आणल्यास?' मी म्हटलं, 'ती झाडं आजारी आहेत, त्यांच्यावर नीट लक्ष ठेवायला आणल्या. बघते कशी सुधारायची ते.' मैत्रीण म्हणाली, 'संगीताने झाडं बरी होतात म्हणे. बघ प्रयत्न करून.' ऐकवावं





का त्यांना संगीत? सुधारतील ती? कसं कळणार ती कशाने सुधारली? संगीताने की दुसरे उपाय केले त्यामुळे? ती थोडीच सांगणार आहेत 'आम्हाला फार बरं वाटलं हो संगीतामुळे' असं? आणि त्यांना कळत तरी असेल का?

तसं म्हटलं तर माणसांबद्दल बोलावं तसं झाडांबद्दल मी नकळतच बोलून जाते. छाटणीविषयी बोलताना मी म्हणते, 'लहान पोराला कसं कान पकडून नीट दिशेला न्यावं

लागतं, तसंच नको त्या फांद्या छोटून झाडाला दिशा द्यावी लागते. किंवा, आपण स्वतः झाडाचं सगळं करणं वेगळं आणि दुसऱ्या कोणीतरी करणं वेगळं. ते म्हणजे दाईने मुलांना वाढवण्यासारखं.' असं सहज बोललं जातं, कारण बहुधा मनात एक जाणीव असते की झाडं सजीव सृष्टीचा एक भाग आहेत. आणि ते खरंच आहे. झाड उगवतं, म्हणजे जन्माला येतं; वाढतं; म्हातारं होतं आणि वठतं म्हणजे मरून जातं. जन्म-मरणाचा हा कालक्रम

### वनस्पती आणि संगीत

संगीतामुळे वनस्पतींच्या वाढीला चालना मिळते हे अनेक लोकांनी प्रयोग करून दाखविले आहे, पण हे संशोधन याच्या पुढे गेले नाही. दोन शेजारी शेजारी ठेवलेल्या वाद्यांच्या तारा जर जुळलेल्या असतील तर एकाची तार वाजवल्यास दुसऱ्यातून नाद निघतो. याचा अर्थ असा की ध्वनिलहरींमुळे परिसरात कंपने निर्माण होतात. आपल्याला ध्वनी ऐकू येतो याचेही हेच कारण आहे.

जैव पेशींमध्ये निरनिराळ्या प्रकारचे व लांबीचे रेणू असतात. ध्वनीलहरींमुळे त्यांच्यातही कंपने निर्माण होत असली पाहिजेत परंतु कोणत्या तरंगलांबीच्या लहरींमुळे कोणता रेणू उद्धीपित केला जातो ह्याचा अजून तरी कोणी तपास केलेला नाही. यासाठी बाहेरचा कोणताही आवाज आत येणार नाही अशा कक्षात वनस्पती ठेवून त्यांना केवळ एकाच विशिष्ट तरंगलांबीचा ध्वनी 'ऐकविल्यास' त्याचा काय परिणाम होतो हे तपासले, तर वनस्पतींच्या पेशीतील कोणता रेणू त्या तरंगलांबीला प्रतिसाद देतो हे उरवता येईल. त्यानंतर त्या रेणूचे पेशीमध्ये कार्य काय - इत्यादी प्रश्नांचा विचार करता येईल. ज्वारी, करडई आणि तूर या पिकांमध्ये स्वपरागीकरण होतं. पण ज्या शेतात जास्त मधमाशा दिसतात तिथे उत्पन्न अधिक झाल्याचं आढळून आलं. मधमाशा त्यांना परागीभवनात मदत करत नाहीत पण तरीही त्या या फुलांकडे आकृष्ट होतात. मधमाशा नसलेल्या ठिकाणी उत्पन्न कमी आलं. मधमाशांचा गुंजारव उत्पादनावर परिणाम करत असेल का?

डॉ. आनंद कर्वे



सजीवाचाच असतो. पण सजीव असतात म्हटलं तरी झाडं वेगळी, पशु-पक्षी वेगळे. झाडं कुठे बोलतात, चालतात, आपल्याशी वागतात ?

झाडं सजीव खरी, पण सजीवांमध्येसुद्धा एक श्रेणी दिसते. सर्व सजीवांच्या जाणिवा, बौद्धिक पातळी या गोष्टी सारख्या नसतात. झाडांना तर आणखी एक मर्यादा असते. ती स्वेच्छेने हालचाल करू शकत नाहीत. फार काय, आपल्या जागेवरून हलूही शकत नाहीत. सर्वच सजीव आपल्या भावना आणि विचार एकाच पद्धतीने व्यक्तही करू शकत नाहीत. जलचर, पक्षी, प्राणी असा चढत्या भाजणीचा क्रम त्यात आढळतो. मनुष्याच्या सर्व क्षमता सर्वात उच्च दर्जाच्या असतात. त्याखालोखाल काही प्राणी असतात.

आणि म्हणूनच जीवशास्त्राच्याही दोन भिन्न शाखा आढळतात. वनस्पतिशास्त्र आणि प्राणीशास्त्र. अशी दोन वेगळी शास्त्रं मानण्याचं एक कारण या सजीवांच्या सजीवतेच्या पातळीमधला मूलभूत फरक. तो आहेच, म्हणून झाडं आपल्याशी वागत नसावीत.

पण खरंच वागत नाहीत झाडं ? की न बोलता वागतात ? बागेत रमणाऱ्या माणसांचे अनुभव वेगळे असतात. बाग हा माझा नुसता छंद नाही तर माझं मन बागेत गुंतलेलं असतं. माझं मैत्र आहे झाडांशी. माझा रोजचा बराच वेळ बागेत जातो. सगळ्या झाडांपाशी जाऊन मी ती बघते. एखादं वाळकं पान, काटकीसुद्धा मला आवडत नाही. नाही म्हणता दोन-अडीचशे तरी झाडं-रोपं आहेत बागेत. त्या प्रत्येकाची मी रोज वास्तपुस्त करतेच.

एखाद्यालाही न भेटणं मला आवडत नाही. त्यांना भेटणं एखाद्या मित्र-मैत्रिणीला भेटण्यासारखंच असतं. त्यांना काय वाटत असेल माझ्याविषयी? मैत्री? झाडाला काही वाटू शकतं? कधी विचारच नव्हता केला. पण झाडांना संगीत ऐकवा म्हटल्याने तो विचार मनात घुसलाच.

आधी लक्षात न आलेल्या कितीतरी गोष्टी आता जाणवल्या. काही कारणाने लागोपाठ काही दिवस मी नेहमीसारखी झाडापाशी रेंगाळत फेरी मारली नाही की जास्वंदी कमी फुलतात. एखाद्या झाडाला एखादी जागा खूप आवडते. तिथून हलवलं की ते रुसतं. पानांची काही झाडं मग भरघोस पानं फुटवत नाहीत. अडेनिअमसारखी झाडं निष्पर्ण होऊन जातात. त्या जागी असेपर्यंत

असहकार पुकारतात. नाही पानं, नाही फुलं. काही नुसतीच मलूल होतात. खरंच की ! हे सगळं मी पाहिलेलं आहे. माझा मधुमालतीचा वेल गच्चीत काही केल्या वाढत नव्हता. मला वाटलं, तो एकटा पडला आहे. मी आणखी काही कुंड्या वर नेऊन ठेवल्या. म्हटलं, याला सोबत होईल. आणि खरंच तो वाढायला लागला नीट. माझ्या वर्षानुवर्षं न फुलणाऱ्या बहाव्याला मी वैतागाने धमकी दिली. म्हटलं, यावर्षी फुलला नाहीस तर कापून टाकीन. त्या वर्षीपासून तो भरघोस फुलायला लागला. याला काय म्हणावं? झाडं आपल्या भावना तर पोहोचवत नसतात त्यांच्या मार्गाने? न चालता, न बोलता?

मग आणखीही काही गोष्टी आठवल्या. बऱ्याच झाडांचं पाणी विशिष्ट वेळी तोडावं



लागतं. गुलाबाची छाटणी झाल्यावर त्याचं पाणी बंद करायचं ते त्याला नवे कोंब फुटेपर्यंत, म्हणजे साधारण आठदहा दिवस. पाण्याशिवायच त्याला नवे कोंब येतात. लिंबाला बहर धरताना पाणी देणं बंद करायचं, तर आंब्याला मोहोर नवा असताना. निशिंगंध, ग्लॅंडिओला यासारख्या कंदांना तर आणखीच कठोर वागवायचं असतं. हंगाम ओसरल्यावर कांदे जमिनीतून बाहेर काढून एखाद्या रिकाम्या कुंडीत, वाळूत ठेवायचे. कोरडेच. पाणी घालायचं नाही. पाचसहा महिने ते तसेच ठेवायचे. नंतर त्यांना आपोआप कोंब फुटतात. कोंब चांगले सरसरून आले की मग ते पुन्हा जमिनीत लावायचे. रखरखीत उन्हाळ्यातही ते जगतात, टिकाव धरतात. कॅनडासारख्या खूप उत्तरेच्या प्रदेशात, जिथे चार महिने जमिनीवर काही फूट उंचीचा बर्फाचा थर असतो तिथेही जमिनीखालचे कंद जिवंत राहातात आणि बर्फ वितळून ऊन पडायला लागल्यावर सरसरून वर येतात. जिवटपणाची, जिवंत राहू शकण्याची वनस्पतींची क्षमता थक्क करून टाकणारी आहे. हे का घडतं? एका वनस्पतितज्ञांचं म्हणणं असं की झाडाला जेव्हा वाटतं, आपण आता मरणार, त्यावेळी ते नव्या उन्मेषांना जन्म देतं. नवे अंकुर फुटतात. त्याला मरायचं नसतं. झाडाला इतकं समजत असू शकेल? की या निव्वळ प्राणीप्रेरणा?

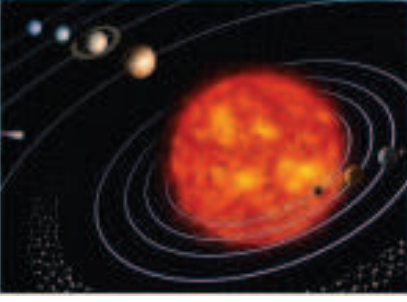
कदाचित असं असेल, मानसिक विकास कमी असतो तिथे शारीरिक क्षमता अधिक प्रबळ असतात. म्हणून छाटणीनंतर पाणी तोडलं की आपोआपच नवे धुमारे फुटतात. झाडं हे सगळं आपल्यासारखं विचार वागूरे करून करीत असतील असं नाही वाटत. कदाचित ती प्रतिक्षिप्त क्रिया असेल. झाडांच्या थोड्या वरच्या सजीवतेच्या पातळीवरचे मासे कसे वागतात? डॉल्फिनसारखे काही जलचर फारच बुद्धिमान असतात म्हणा. पण मासे तसे नसतात. झाडांमध्येही असा फरक असेल?

कसंही असो, शास्त्रीय दृष्टीने अगदी नक्की असं काही म्हणणं, काही निर्णायक मत देणं शक्य आहे असं नाही वाटत. ज्याने त्याने आपापला तर्क लढवावा, आपापलं मत मांडावं.

सजीवतेची जी काही श्रेणी असेल ती असो. प्रेमाने कुत्रा पाळणारे असोत, फिशटँकमध्ये मासे पाळणारे असोत, नाहीतर बागवाले असोत, मनापासून आणि प्रेमाने करणारे त्यांच्याशी नातं जोडतात. आणि त्यांचे प्रेमाचे विषय त्यांनाही प्रेम देतात. आपापल्या पद्धतीने.



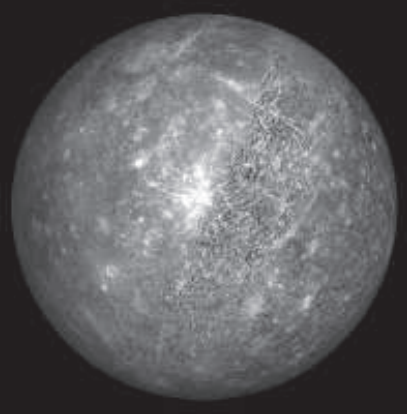
लेखक : सरोज देशपांडे, पुणे विद्यापीठात संस्कृत प्रगत अध्ययन केंद्र आणि ललित कला केंद्र येथे अनेक वर्षे अध्यापन, अनेक अनुवादित पुस्तके प्रकाशित. (साहित्य अकादमीचा अनुवाद पुरस्कार प्राप्त)



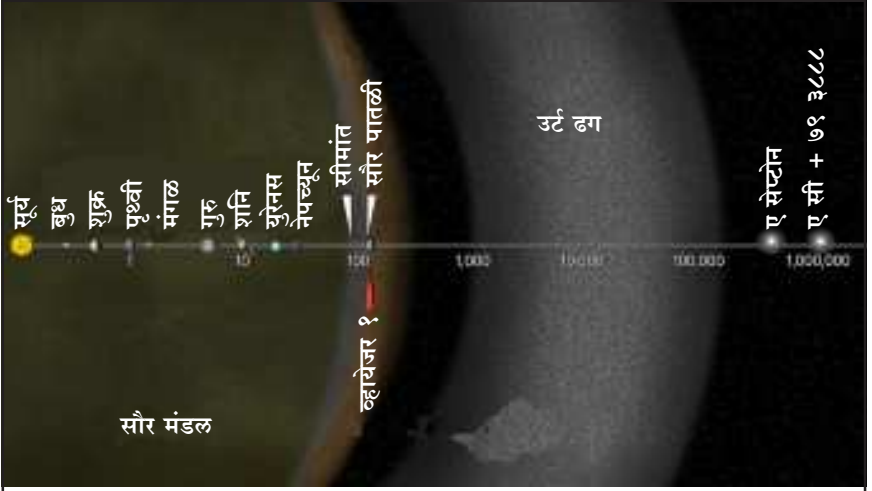
## आपली सूर्यमाला अज्ञात दहा गोष्टी

१. सूर्यमालेतला सर्वात तप्त ग्रह हा सूर्याच्या सर्वात जवळचा नाही!

आपल्याला सर्वांनाच ठाऊक आहे की बुध हा सूर्याला सर्वात जवळचा ग्रह आहे. सूर्यापासून बुधाचं अंतर पृथ्वीच्या निम्म्याहून कमी आहे. त्यामुळे बुध हा सर्वात तप्त ग्रह आहे असं वाटलं तर त्यात अनैसर्गिक काहीच नाही. मात्र बुधाच्या पलीकडे ३ कोटी किमी अंतरावर असलेला शुक्र हा सर्वात तप्त ग्रह आहे. त्याचं कारण म्हणजे बुधावर वातावरण



जवळपास नाहीच, म्हणून सूर्यापासून मिळालेली उष्णता धरून ठेवायला लागणारं पांघरूण त्याच्याकडे नाही. याउलट शुक्राच्या वातावरणाची जाडी पृथ्वीच्या वातावरणाच्या १०० पट आहे. सूर्यापासून मिळालेली ऊर्जा धरून ठेवायला हे पुरेसं आहे, पण हे वातावरण बहुतांशी कर्बोद्विद्राणिल ( $CO_2$ ) वायूचं, ग्रीनहाऊस गॅसचं आहे. सूर्यापासून येणारी ऊर्जा हा वायू मुक्तपणे येऊ देतो, पण गरम झालेल्या पृष्ठभागावरून निघणाऱ्या लांब तरंगलांबीच्या (इन्फ्रारेड) किरणांना मात्र हे वातावरण अपारदर्शक असतं. त्यामुळे शुक्राचं तापमान अपेक्षित तापमानापेक्षा खूपच जास्त आहे. म्हणून शुक्र हा सूर्यमालेतला सर्वात तप्त ग्रह आहे. शुक्राचं सरासरी तापमान सुमारे ४७० अंश से. आहे (या तापमानाला शिसे आणि जस्त हे धातू द्रवरूपात असतात!) पण बुधाचं सरासरी तापमान ४३० अंश से. असते. शिवाय वातावरण नसल्यामुळे दिवस-



सूर्यमालेचे कल्पनाचित्र : अंतरे लॉग स्केलमध्ये आहेत. १AU=पृथ्वीचे सूर्यापासून अंतर (सुमारे १५ कोटी किमी). नासाने अवकाशात पाठवलेले 'व्हायेजर १' हे यान सुमारे १२५AU अंतरावर आहे.

रात्रीच्या तापमानात काहीशे अंशांचा फरक असतो. शुक्रावर मात्र कार्बनडायऑक्साईड वायूच्या वातावरणाचा खूप जाड थर असल्यामुळे तिथलं तापमान दिवसरात्रीच्या कोणत्याही वेळी आणि पृष्ठभागावरच्या कोणत्याही जागी स्थिरच असतं.

## २. प्लुटो भारतापेक्षाही लहान आहे.

भारताची दक्षिणोत्तर लांबी आहे २९९३ किमी आणि पूर्वपश्चिम लांबी आहे ३२१४ किमी. प्लुटोचा व्यास आहे फक्त २२४० किमी. दुसऱ्या कोणत्याही ग्रहापेक्षा तो लहान आहे; म्हणूनच काही वर्षांपूर्वी त्याचं ग्रहपद काढून घेऊन त्याची बटु ग्रह (dwarf planet) म्हणून पदावनती झाली.

## ३. कित्येक विज्ञानकथांच्या लेखकांना लघुग्रह क्षेत्राची पुरेशी माहिती नसते.

कितीतरी विज्ञानकथांमध्ये आणि चित्रपटांमध्ये अवकाशयानाला धोकादायक अशा लघुग्रहक्षेत्रातून प्रवास करत आहेत, अशा प्रकारची वर्णने / दृश्ये असतात. खरं म्हणजे आपल्याला माहित असलेला लघुग्रहांचा पट्टा मंगळ आणि गुरु यांच्या कक्षांच्या मध्ये आहे. आणि जरी हे लघुग्रह कित्येक हजार कदाचित त्याहीपेक्षा जास्त असले तरी ते इतके विखुरलेले आहेत की कोणत्याही यानाबरोबर त्याची टक्कर होण्याची शक्यता अगदी नगण्य आहे. नुसता फोटो काढण्याची संधी मिळण्यासाठीदेखील अतिशय काळजीपूर्वक आणि अचूकपणे



यानाचा मार्ग आखावा लागेल; टक्कर तर दूरच राहिली! त्यामुळे दूर अवकाशात अवकाशयानाला एखादा लघुग्रहांचा पुंज आडवा येईल आणि त्यातला एखादा धडक देईल अशी शक्यताच नाही.

#### ४. शिलारसाऐवजी पाण्यापासून ज्वालामुखी होऊ शकतील.

ज्वालामुखीचं नाव घेतलं की आठवतात ते व्हेसुवियस, फुजी, किंवा निकोबार मधले केव्हातरी जागृत होणारे ज्वालामुखी. ज्वालामुखीसाठी तप्त शिलारस जमिनीखाली असायला लागतो, बरोबर? नाही, असंच काही नाही! जमिनीखाली असलेला उष्ण, द्रवरूप असा खनिजांचा किंवा वायूचा साठा जेव्हा उसळून जमिनीवर येतो, तेव्हा ज्वालामुखी तयार होतो. ती जमीन मग पृथ्वीवरची असो की एखाद्या

ग्रहाच्या किंवा कुठल्याही अंतराळातल्या वस्तूच्या पृष्ठभागावरची असो! त्या खनिजाची रासायनिक रचना निरनिराळ्या प्रकारची असू शकते. पृथ्वीवरच्या ज्वालामुखीची नाळ ज्या शिलारसाशी जोडलेली असते, तो सिलिकॉन, लोह, मॅग्नेशियम, सोडियम ... इत्यादीपासून तयार झालेल्या जटिल खनिजांनी बनलेला असतो. लो नावाच्या गुरूच्या उपग्रहावरचा शिलारस सल्फर आणि सल्फरडायऑक्साईड पासून बनलेला असतो. पण शनीचा इंसेलाडूस नावाचा उपग्रह, नेपच्यूनच्या ट्रिटॉन आणि अशा इतर काही उपग्रहांमध्ये हा शिलारस असतो पाण्याचेदेखील असू शकतात ते ! होय, पाण्याचा. काय होतं, आपलं पाणी या विश्वात कुठेही असलं, तरी जेव्हा गोठतं तेव्हा प्रसरण पावतं. त्याचा प्रचंड दाब तयार होतो, पृथ्वीवरच्या शिलारसासारखाच! मग तिथला ज्वालामुखी उसळून येतो. आता पटलं





ना की ज्वालामुखी पाण्याचेदेखील असू शकतात ते? पृथ्वीवर मात्र जेव्हा पाणी उष्ण शिलारसाच्या सान्निध्यात आल्यामुळे तापतं तेव्हा छोट्या प्रमाणात उसळून जमिनीवर येतं ते उष्ण पाण्याच्या झऱ्यांच्या स्वरूपात.

**५. सूर्यमालेची वेस फक्त प्लुटोपर्यंतच नाही तर त्याच्या हजारपट पलीकडेपर्यंत आहे.**

आपल्या लाडक्या प्लुटोला तर आपण आता पूर्ण ग्रह म्हणून मानत नाही, तरीही आपल्याला अजूनही वाटतं की सूर्यमाला प्लुटोच्या कक्षेपाशी संपते. आता प्लुटोच्या कितीतरी पलीकडून सूर्याभोवती भ्रमण करीत असलेल्या कित्येक वस्तूंचा शोध लागला आहे. धूमकेतू जन्माला येतात त्या दोन जागांपैकी एक म्हणजे कुईपर पट्टा. हा ५०

ते ६० AU अंतरावर आहे. त्याच्या पलीकडे असलेला ऊर्ट नावाचा धूमकेतूंचा ढग सूर्यापासून सुमारे ५०,००० AU (जवळ जवळ अर्ध प्रकाश वर्ष) अंतरावर आहे म्हणजे प्लुटोच्या हजार पटींहूनही दूर!

**६. पृथ्वीवरच्या जवळजवळ सगळ्याच गोष्टी या दुर्मीळ मूलद्रव्यांपासून बनलेल्या आहेत.**

पृथ्वीवर प्रामुख्याने असलेली मूलद्रव्ये म्हणजे लोह, प्राणवायू, सिलिकॉन, मॅग्नेशियम, सोडियम, कॅल्शियम, निकेल, अॅल्युमिनियम इ. ही जरी साऱ्या विश्वात उपलब्ध असली तरी ती अत्यंत त्रोटक प्रमाणात आहेत, हायड्रोजन आणि हेलियम ही मूलद्रव्ये अतिप्रचंड प्रमाणात आहेत. त्यामुळे पृथ्वी अत्यंत दुर्मीळ मूलद्रव्यांपासून

बनलेली आहे. तसं पाहिलं तर अंतराळात पृथ्वीची जागा काही विशेष किंवा खास नाही. कदाचित असं झालं असेल की ज्या ढगापासून पृथ्वीची उत्पत्ती झाली त्यात हायड्रोजन आणि हेलियम ही मूलद्रव्ये मोठ्या प्रमाणात असतीलही. पण हे अत्यंत हलके वायू असल्यामुळे उत्पत्तीच्या प्रक्रियेमध्ये सूर्याच्या उष्णतेमुळे ते अंतराळात फेकले गेले आणि पृथ्वी उत्पन्न झाली.

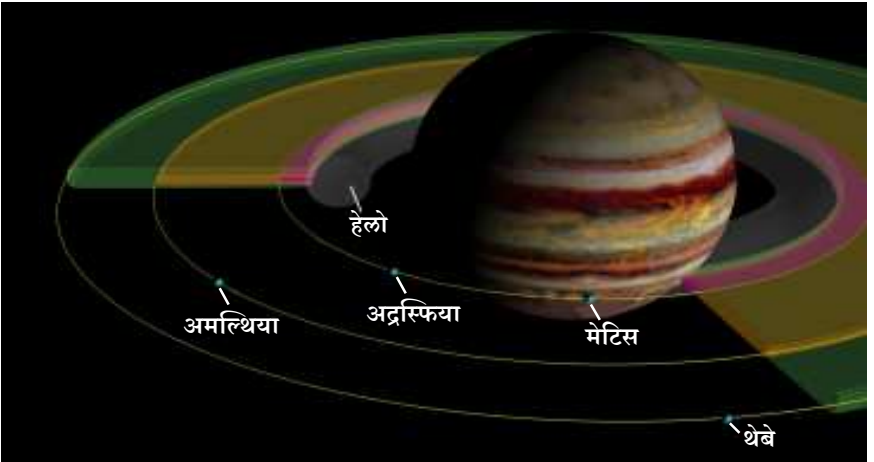
**७. आपण आणले नाहीत तरी पृथ्वीवर मंगळावरचे खडक आहेत.**

सहारा वाळवंट, अंटार्क्टिका आणि इतर काही ठिकाणी सापडलेल्या खडकांचे अनेक प्रकारे पृथक्करण केल्यावर असं सिद्ध झालं की ते मंगळावर उत्पन्न झालेले असणार. उदा. काही खडकांच्या पोकळ्यांमध्ये

सापडलेले वायू मंगळावर असलेल्या वायूंच्या रासायनिक पृथक्करणाशी तंतोतंत जुळतात. त्याचं कारण असंही असेल की एकदा बराच मोठा अशनी मंगळावर धडकल्यामुळे किंवा ज्वालामुखीच्या प्रचंड मोठ्या उद्रेकामुळे हे खडक दूर फेकले गेले आणि पृथ्वीवर येऊन पोहोचले.

**८. गुरूवर सूर्यमालेतला सर्वात मोठा महासागर आहे.**

पृथ्वीच्या पाचपट अंतरावरून सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या गुरूने, त्याच्या आकारमानामुळे हायड्रोजन आणि हेलियम पृथ्वीच्या तुलनेत खूप मोठ्या प्रमाणात धरून ठेवले. वस्तुतः गुरू हा बहुतांशी हायड्रोजन आणि हेलियमचाच बनलेला आहे. त्याचं वस्तुमान आणि त्याचे रासायनिक घटक यांचा



गुरू

विचार करता विज्ञानाच्या नियमांनुसार त्याच्या थंड ढगांच्या खाली दाब इतका वाढलेला असेल की तिथे द्रवरूप हायड्रोजन असायला हवा. संगणकावरच्या मॉडेलनुसार सूर्यामालेतला हा सर्वात मोठा महासागर आहे आणि त्याची खोली सुमारे ४०,००० किमी इतकी आहे म्हणजे जवळजवळ पृथ्वीच्या परिघाइतकी !

### १. अगदी छोट्या वस्तूंनादेखील चंद्र असू शकतात.

पूर्वी असं वाटलं होतं की ग्रहांसारख्या मोठ्या वस्तूंनाच उपग्रह किंवा चंद्र असू शकतात. किंबहुना, ग्रहाची अशी व्याख्याच केली गेली होती की उपग्रहाला आपल्या गुरुत्वाकर्षणामुळे जो कक्षेत नियमित करून ठेवू शकतो तो ग्रह. त्यामुळे छोट्या वस्तूंना उपग्रह असणं कसं शक्य आहे, असं वाटायचं. आता हेच पाहा की बुध आणि शुक्राला उपग्रह नाहीतच. मंगळाला अगदी छोटेसे आहेत. पण १९९३ मध्ये गॅलिलिओ यान फक्त ३२ किमी व्यासाच्या इडा नावाच्या लघुग्रहाजवळून गेलं आणि त्याला असं दिसलं की त्याला एक केवळ दीड किमी व्यासाचा उपग्रह आहे - डाक्टिल नावाचा! तेव्हापासून आतापर्यंत सुमारे २०० छोट्या ग्रहांच्या भोवती भ्रमण करणारे उपग्रह सापडले आहेत. आता करा ग्रहाची व्याख्या!

### १०. आपण म्हणजे आपली पृथ्वी सूर्याच्या पोटातच आहे.

आपल्याला वाटतं सूर्य हा १५ कोटी किमी अंतरावरचा एक उष्ण गोळा आहे. पण खरं पाहिलं तर सूर्याचं वातावरण त्याच्या दृश्य पृष्ठभागाच्या पलीकडे कितीतरी दूरवर पसरलं आहे. आपली पृथ्वी त्या विरळ अशा वातावरणातूनच भ्रमण करते. जेव्हा सूर्यवाताचे झोत उत्तर आणि दक्षिण ध्रुवाजवळ ध्रुवीय प्रकाश (अरोरा) उत्पन्न करतात तेव्हाच ते सिद्ध होतं. त्या अर्थाने आपण सूर्याच्या आतच आहोत. तरीही सूर्याचं वातावरण पृथ्वीजवळच संपत नाही. ध्रुवीय प्रकाश (अरोरा) गुरुवर, शनीवर, युरेनसवर आणि दूरच्या नेपच्यूनवरदेखील दिसले आहेत. वस्तुतः बाह्य सौर वातावरण (त्याला हेलिओस्फियर म्हणतात) जवळजवळ १०० AU इतक्या दूरपर्यंत म्हणजे १६ अब्ज किमीपर्यंत पसरलं आहे. सूर्याच्या अवकाशातल्या गतीमुळे ते अश्रूच्या थेंबाप्रमाणे दिसेल आणि त्याची शेपटी कदाचित कित्येक खर्व (१०० अब्ज) किमी पर्यंत जाईल.

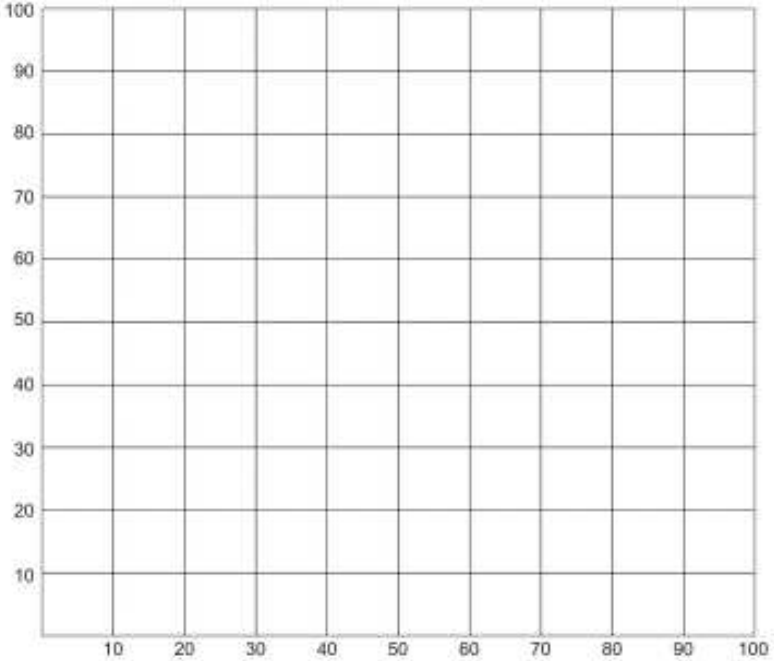
लारी सेशन्स यांनी लिहिलेला हा ब्लॉग कम्युनिटी कॉलेज ऑफ अरोरा, कोलोराडो येथील प्राध्यापक डॉ. व्हिक्टर अँडरसन यांनी ऑक्टोबर २०१० मध्ये दिलेल्या व्याख्यानावर आधारित आहे.

रूपांतर : अमलेंद्र सोमण ९४२३००५६८१, amal.sandarbh@gmail.com

# लॉग स्केल

आपण आलेख काढतो तेव्हा साधारणपणे दोन्ही अक्षांवर लिनियर स्केल किंवा नैसर्गिक मोजपट्टी वापरतो. पण आपल्या सोयीसाठी जेव्हा आपण लॉग स्केल वापरतो त्यावेळी नेहेमीची नैसर्गिक मोजपट्टी न वापरता त्या संख्येच्या लॉगची (किंवा १० च्या घातांकाची) किंमत आपण आलेखात वापरतो. आलेखाच्या नेहेमीच्या मोजपट्टीमध्ये १, २, ३ ... असे आकडे असतात. लॉग स्केल मध्ये १, १०, १०० असे असतात.

खूप मोठ्या संख्या जेव्हा आपल्याला आलेखात दाखवायच्या असतात, तेव्हा नैसर्गिक मोजपट्टी वापरून काढलेला आलेख गैरसोयीचा ठरतो. सोबतच्या आकृतीमध्ये सूर्यमालेतील ग्रहांच्या जागा नैसर्गिक मोजपट्टी वापरून आणि लॉग स्केल वापरून दाखवल्या आहेत. अंतरांची व्यवस्थित कल्पना येण्यासाठी नैसर्गिक मोजपट्टी वापरून काढलेला आलेख नक्कीच उपयोगी पडतो. पण उपलब्ध जागेमध्ये अधिक तपशील दाखवायचा असेल तर लॉग स्केलला पर्याय नाही.

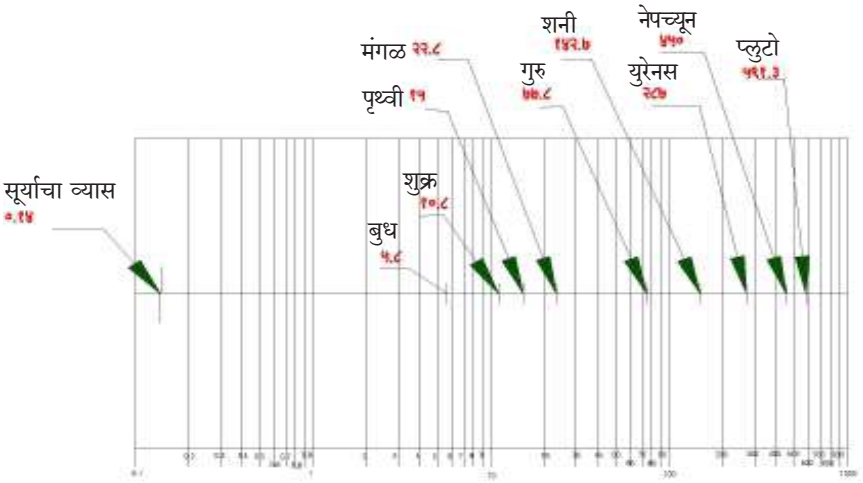


नैसर्गिक मोजपट्टी (लिनियर स्केल)

तसंही पाहिलं तर आपल्या अगदी नकळत आपण लॉग स्केल वापरतच असतो. आपण जेव्हा संगीत ऐकतो तेव्हा वरच्या स्वरांची कंपनं आपल्याला जाणवतात ती खालच्या स्वरांच्या कंपनांच्या पटीमध्ये असतात. जर मंद्र सप्तकातल्या सा ची कंपनसंख्या क असेल तर मध्य सप्तकातल्या सा ची कंपनसंख्या २ X क असते. तार सप्तकातल्या सा ची कंपनसंख्या ४ X क असते आणि अतितार सप्तकातल्या सा ची कंपनसंख्या ८Xक असते.

याचाच उपयोग करून ध्वनिप्रदूषण मोजताना डेसिबल ही मोजपट्टी वापरली जाते, भूकंपाची तीव्रता मोजताना वापरले जाणारे रिश्टर स्केल देखील लॉग स्केलमध्येच असते. कॅमेऱ्यात वापरले जाणारे उजेडाची तीव्रता सांगणारे f स्केल हे देखील लॉग स्केलमध्येच असते. इतकेच नव्हे तर आम्लता मोजण्याचे pH हे प्रमाण, ताऱ्यांचा brightness मोजण्याची मोजपट्टी, भूगर्भशास्त्रात स्फटीकांचा आकार मोजण्याचे क्रुम्बेन स्केल किंवा पारदर्शक नमुन्यांमध्ये किती उजेड शोषला जातो ते मोजण्याचे स्केल ही सर्व लॉग स्केलच्या उपयोगाची उदाहरणे आहेत. संगणक वापरात येण्यापूर्वी जो स्लाईड रूल वापरला जात असे त्याच्यावरच्या खुणाही लॉग स्केलमध्येच असत.

अमलेंदू सोमण



सूर्यापासूनची अंतरे 'कोटी किलोमीटर'मध्ये लॉग स्केल

# आरं घडलं तर?

## आरंही शिक्षण : एक स्वप्नरंजन

लेखक : फ्रान्सिस कुमार • अनुवाद : गो. ल. लोंडे

आमचे तंदूर (ओव्हन) एकदा अचानक नादुरुस्त झाले. म्हणून दुरुस्तीला माणूस आला होता. तंदूरची दुरुस्ती चालू होती. तारेचे तुकडे, जुन्या जळालेल्या टोस्टचा चुरा, आणि तशाच काही बारीकसारीक पदार्थांचा कचरा तंदूरच्या जवळपास पसरला होता. तंदूरचे काम झाल्यावर कंट्रोल पॅनेलचे झाकण लावणार, तोच मी ते झाकण स्वच्छ करण्यासाठी त्याच्याकडून मागून घेतले. ते जेव्हा मी बारकाईने पाहू लागले, तेव्हा त्यातील धूळ, कोळीष्टके, आणि दोन-तीन लहान अंडाकार दिसले. मी ते अंडाकार लक्षपूर्वक पाहिले व आश्चर्यचकितच झाले! ते मी हातात घेतले. जवळच पडलेल्या एका काचेच्या तुकड्यावर ठेवले व तो काचेचा तुकडा घेऊन मी तशीच घराच्या परसदारी येऊन

बसले. जवळपासची मुलं आपापल्या घरी अभ्यास करित होती. मी त्यांना मोठ्याने हाका मारल्या. अभ्यासाची पुस्तकं खाली ठेवून ती मुलं धावतच आली. माझ्या हातातील गोष्टी कुतुहलाने पाहू लागली.

### तंदूरमधील शोध

त्या तीन वस्तू काय असतील बरं, मुलांनी गर्दी करून त्या वस्तूंना हात लावून पाहिलं. तेव्हा त्यांना असं वाटलं की त्या तीन वस्तू म्हणजे नक्की चिमणीच्या पिलांच्या



कवट्या असतील. पण मग विजेवर चालणाऱ्या कंट्रोल पॅनेलच्या सापटीत येऊन लहानग्या चिमण्या काय करित असतील? या विचाराने त्या वस्तूंचं आम्ही सर्वांनी अगदी काळजीपूर्वक आणि सूक्ष्म निरीक्षण केलं. आमचे डोळे निरीक्षणाला सरावले तेव्हा त्या वस्तू कवट्या नसून वरचे जबडे - हो जबडेच असले पाहिजेत... कारण दोन्ही बाजूंनी अणकुचीदार दात व दाढाही दिसल्या. आम्ही शोध चालू ठेवला तेव्हा एक लांब शेपूट व फासळीचे हाड दिसलं. बापरे ! स्वयंपाकघरातील उंदरांची खुडबुड आमच्या अंगवळणी पडली होती. पण हे काय? इलेक्ट्रिकल तंदूरच्या कंट्रोल पॅनेलमध्ये उंदीर शिरला होता? आता मात्र अगदी कहर झाला! कंट्रोल पॅनेलमध्येच उंदराची पिळं जन्मली आणि तेथून ती बाहेरच पडू शकली नसतील का? ती पिले अशी कशी मेली? त्यांच्या शरीराचे इतर भाग कोठे गेले? असे आमचे तर्कवितर्क सुरू झाले.

विचार करायला तर पुष्कळच वाव होता. तिथे जमलेल्या मुलांपैकी एकाला मी घरून एक रिकामी काडेपेटी व थोडा कापूस आणायला पाठवले. या गोष्टी शाळेत नेऊन शास्त्र शिक्षकांना द्याव्यात अशी माझी इच्छा होती. पण ही कल्पना मुलांच्या पचनी पडेना.

“शाळेत? शास्त्र शिक्षकांना? कशाला? ते असलं काही घेऊन काय करणार? ते तर फक्त तोंडी माहिती सांगतात

आणि लिहून घ्यायला लावतात.”

भारतातल्या शाळांमध्ये मी गेली तीसेक वर्षे काम करित असल्यामुळे शास्त्रशिक्षक कसे शिकवतात व विद्यार्थी कसे शिकतात हे मला चांगलंच माहीत होतं. तरीसुद्धा मला फार दुःख झालं. त्या यःकश्चित तीन कवट्यांसदृश वस्तूंमुळे किती समृद्ध आणि ज्ञानवर्धक असे शैक्षणिक वातावरण निर्माण झालं असतं !

मी काय केलं असतं? माझ्या हाती असा वर्ग असता, तर मी ती काडेपेटी वर्गात आणून क्रमाक्रमाने सर्व विद्यार्थ्यांमध्ये फिरवली असती. त्यामुळे प्रत्येक विद्यार्थ्याला त्या कवट्या हाताळता आल्या असत्या. काडेपेटीच्या वजनाचाही अंदाज घेता आला असता. नंतर चर्चा केली असती. कदाचित मुलांनी त्या उंदरांना मजेदार नावं दिली असती. उंदरांची पिले तंदूरमध्ये कशी पोहचली असतील? पिळं घरी आली नाहीत म्हणून त्यांच्या आईला काय वाटलं असेल? अशा प्रश्नांच्या उत्तरांची आम्ही कल्पना करू शकलो असतो. धोकादायक इलेक्ट्रीक तंदूरऐवजी आम्ही त्या पिलांना घर करण्यासाठी, एखादी





पेटी, एखादी जुनी वहाण, अडगळीत पडलेली एखादी बाटली, एखादा बटाटा, यासारखा एखादा चांगला पर्याय देऊ शकलो असतो. एक उंदीर स्वतःच्या घरात काय काय जमवेल? खाऊ कसा साठवेल?

यांची काही उत्तरे आम्हाला वाचनालयातल्या काही गोष्टींच्या पुस्तकात सापडली असती. वर्गातील नेहमीची कामं सांभाळून या गप्पांसाठी आम्हाला आठपंधरा दिवस नक्कीच लागले असते. उंदरांबद्दलचे आमचे खरे अनुभव आम्ही लिहून काढले असते, चित्रे काढली असती, ती सारी भिंतींवर लावली असती.

विद्यार्थ्यांनी काढलेली चित्रे मी जशीच्या तशीच स्वीकारली असती. त्यात सुधारणा केली नसती. काहीही बदल केला नसता. चित्र कसं काढावं ते शिकवलं नसतं. कारण लेखाचं किंवा चित्राचं वर्णन करताना मुलं जी भाषा वापरतात त्या भाषेमध्ये सुधारणा करण्याकडे शिक्षिकेचं लक्ष गेलं असतं. त्यामुळे भाषा शिकण्याची संधी मुलांना मिळाली असती. लहान मुलांकरिता माहिती लिहून दिली असती. मोठ्या मुलांकरिता चित्रकलेवर भर दिला असता व



त्यामुळे त्यांची निरीक्षण शक्ती वाढवली असती. त्यांच्यासाठी तीन कवट्या तीन टेबलांवर ठेवल्या असत्या. मुलांनी गटागटाने बहिर्गोल भिंग किंवा चष्याची काच वापरून, कवट्यांचे निरीक्षण करून आपापल्या वहांमध्ये चित्र त्यांना जशी येतील तशी काढली असती. चित्रे समोरून, डावीकडून, उजवीकडून पाहून काढली गेली असती. निसर्गाचे अभ्यासक ज्याप्रमाणे आपल्या निरीक्षणांची नोंद 'फिल्डबुक' मध्ये करतात त्याप्रमाणे मुलांनी सुद्धा आपापल्या वहीत नोंदी केल्या असत्या.

उंदरांबद्दल लिहिता लिहिता मुलांचं शब्दभांडार वाढलं असतं. तसंच योग्य विशेषण शोधण्याचं कौशल्य वाढलं असतं. उंदीर पाहून आपल्या मनात काय काय येतं याचं वर्णन त्यांनी शब्दबद्ध केलं असतं. दुसऱ्या वर्गातील मुलंही एखादी उंदराची गोष्ट व त्यासोबत योग्य चित्र आणून देऊ शकली असती. मोठी मुलंही या उपक्रमात भाग घेऊ शकली असती. लहान मुलांनी लिहिलेल्या गोष्टीपैकी एखादी गोष्ट निवडून सर्वानुमते त्यात नवीन पात्र व नवीन परिस्थितीची भर टाकून मूळ गोष्टीचा विस्तार करण्याचे काम करता आलं असतं. अशा अनेक गोष्टी संकलित करून त्याचं एक पुस्तकच तयार झालं असतं. त्या पुस्तकाला सुंदरसं कव्हर लावून आठवड्याच्या शेवटच्या दिवशी या कथा इतर मुलांना वाचून दाखवल्या गेल्या असत्या.

यासाठी मोठ्या मुलांना खालच्या वर्गात बोलावलं गेलं असतं. लाजाळू व मुखस्तंभ मुलांना बोलतं करण्याचा हा एक सुंदर मार्ग आहे.

स्वयंपाकघरातील खाण्याचे जे बहुविध जिन्नस उंदीर आपल्या बिळात लपवून ठेवतात, यापैकी कोणते पदार्थ मुलांना आवडतात व कोणते पदार्थ उंदरांना आवडतात या विषयाचा एक तुलनात्मक चार्ट मोठ्या मुलांकडून तयार करून घेता आला असता. त्यावरून ज्या प्रकारची खाद्य वस्तू उंदरांना प्रिय आहे त्या प्रकारची खाद्य वस्तू मुलांना प्रिय आहे का हे पडताळून पाहता आलं असतं. न आवडणाऱ्या खाद्य व वस्तूवर कोणते संस्कार केले असता ती मुलांना आवडेल हे शोधून काढता आलं असतं.

पश्चिमी साहित्यात उंदीर व त्यांचे शत्रू यांच्याबद्दल जवळजवळ कोणत्याही वयाच्या मुलांना उपयुक्त अशी बडबडगीते कविता, अभिनय गीते (Action songs) मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध आहेत. त्यातील निवडक गाणी सादर केली असती. आवडणारी गाणी ठसक्यात कशी म्हणायची हे मुलांनी शिकून घेतलं असतं.

त्यावर एखादं नाटक बसवण्याची ही नामी संधी ठरली असती. मुलांचा एक गट गोल करून बसला असता. त्यातील काही बालकलाकार 'हिकरी डिकरी' झाले असते.

हिकरी डिकरी गाण्याचा अर्थ समजावून घेतला असता.

Hickory dickory dock

The mouse ran up the clock

The clock struck one

The mouse ran down

(त्या निमित्ताने घड्याळांचे प्रकारही

सांगता आले असते.)

उरलेली नाराज मुले घड्याळ झाली असती व एका जागी घड्याळासारखी स्थिर राहिली असती. हिकरी डिकरी उंदरांनी त्यांच्या अंगावरून उड्या मारल्या असता नंतर सर्वांनीच तुरूतुरू धावणाऱ्या उंदरांची नकल करित धमाल उडवून दिली असती. हाय ! तेवढ्यात तेथे एक मांजर टपकले असते. अशा वेळी लाजाळू मुलांची भूमिका उठून दिसली असती. लाजाळू मुलांना भीती व्यक्त करायला ही चांगली संधी असते. ती सोडायला नको.



ज्या वस्तू मुलांना खजिन्यासारख्या वाटतात त्या वस्तू त्यांनी शिक्षक/शिक्षिकांना दाखवल्या तर पुढे काय होते हे मी प्रत्यक्ष पाहिलं आहे.

एखाद्या मुलीला एखादा वेगळाच दगड सापडतो. ती तो शाळेत आणते. म्हणते 'मॅडम, मला एक जीवाश्म सापडला आहे.'

मॅडमला वाटते 'काय घाणेरडेपणा आहे!' त्या मुलीवर खेकसतात, तो दगड कचऱ्याच्या टोपलीत टाकतात. त्या मुलीच्या हातावर छड्या मारतात, म्हणतात, "कुठला घाणेरडा दगड घेऊन आलीस तू? आणि म्हणे हा जीवाश्म आहे ! चल जा बाहेर जाऊन हात धुवून ये."

दुसऱ्या शाळेत थोडा वेगळा अनुभव आला. मुलीने आणलेल्या दगडाच्या नमुन्यावर एक प्रश्नार्थक नजर टाकून शिक्षिका म्हणाल्या, "हं, हे तू फार छान केलंस. आता तुझ्या जागेवर जाऊन बैस बरं." जरी त्या वेळी मॅडम खडकांबद्दलचा पाठ घेत असल्या आणि जरी त्यांचा उदार दृष्टिकोन असला, तरी मुलीने आणलेल्या त्या दगडाबद्दल त्या चकार शब्दही उच्चारणार नाहीत !

असं का होतं? मला दोन कारणे दिसतात.

१) त्याच इयत्तेच्या वेगळ्या तुकडीत जर वेगळी शिक्षिका तोच पाठ्यभाग शिकवीत



असेल तर दोघींच्या शिकवण्याच्या पद्धतीत कुठेच वेगळेपणा येऊ नये याची काळजी घेतली जात असावी.

२) शिकवण्याचा विषय त्या शिक्षिकेला आवडत नसावा.

शिकायच्या - शिकवायच्या कितीतरी संधी नेहमी आपल्या सभोवार असतात - एखाद्या मुलाच्या खिशात त्याच्या आवडीचा दगड असेल तर त्या दगडाकडे शिक्षक अगदी सहजपणे दुर्लक्ष करू शकतात पण एखाद्या ठिकाणी कावळे व पोपट जमून कलकलाट करीत असतील, जवळच गुरे चरत असतील तर तिकडेही मुलांनी दुर्लक्ष करायचे का? भरीस भर म्हणजे प्रत्यक्षात एखादा सुंदर आणि वेगळ्या प्रकारचा पक्षी आला, तरी त्याला पाहण्याची संधी कोणी घेत नाही!

इतकेच काय, समजा एखादा पक्षी दिसलाच, तर तो तिथे कोठून आला? अगोदर तो कोठे होता? तो येथेच का आला? येथे आला नसता तर कोठे गेला असता? अशी उत्सुकता कोणाच्याही मनात उत्पन्न होत नाही. मुलांच्या मनातील आश्चर्य, रहस्य, उत्सुकता यासारख्या भावना गोठलेल्या असतात. आणि त्याची जबाबदारी आपल्याकडेच आहे.

हिंदी शैक्षणिक संदर्भ ८८ मधून साभार

लेखक : फ्रान्सिक कुमार,

अनुवाद : गो. ल. लॉडे, निवृत्त प्राचार्य

# धरण कुठे बांधतात ?

लेखांक - २

लेखक : वैजयंती शेंडे

“धरणाच्या जागा निवडताना कोणकोणते निकष लावतात हे आपण पाहिलं, ते आठवतंय ना?” “हो” मुलांनी गजर केला. “जिथे पाणी भरपूर, खोल घळ, अरुंद दरी...” मुलांची यादी सुरू झाली. “छान छान चांगलंच कळलयं तुम्हाला. हे निकषाचे प्राथमिक मुद्दे पाहिले आणि धरण बांधणीतले पायाचं महत्त्वही पाहिलं, आठवतंय ना?” “हो, आणि मावशी आपण पायाच्या खडकांची कोणकोणती माहिती मिळवणं आवश्यक आहे हे पण पाहिलं” अतुल म्हणाला. “आज आपण खडकांची ही माहिती भूभौतिकी, भूवैज्ञानिक पध्दतीने कशी मिळवतात ते पाहूया.”

“प्रथम नियोजित धरणाच्या परिसरात आकाशातून काढलेल्या आणि उपग्रहावरून घेतलेल्या फोटोंवरून संपूर्ण भागाच्या रचनेचा अभ्यास केला जातो. खडकांची सर्वांगीण माहिती कळण्यासाठी त्या जागेवर ठिकठिकाणी खोल छिद्रे घेऊन जमिनीच्या विविध स्तरातील खडकांचे नमुने घेतात,

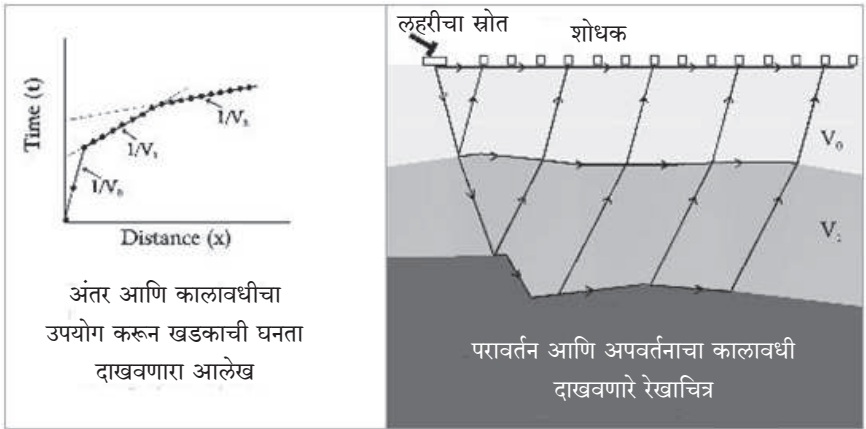
त्यांची प्रयोगशाळेत चाचणी करतात. त्यांची ताकद, पारगम्यता अशा अभियांत्रिकी गुणांबद्दल माहिती मिळवली जाते. ही प्राथमिक माहिती, सखोल भूभौतिकी पध्दती वापरून तपासली जाते. ‘इलेक्ट्रिकल साउंडिंग’, ही भूभौतिकी पध्दत वापरून प्रतिरोध (resistivity) मोजला जातो. अग्निजन्य खडकांचा प्रतिरोध सगळ्यात जास्त, गाळाच्या खडकांचा सगळ्यात कमी तर रूपांतरित खडकांचा मध्यम असतो. जितका खडक अभेद्य तितका प्रतिरोध जास्त. खडकामधल्या पाण्याच्या प्रमाणावर पण प्रतिरोध अवलंबून असतो. खडकात जितके जास्त पाणी तितका प्रतिरोध कमी. मग पारगम्य खडकांचा प्रतिरोध कमी की जास्त सांगा बरे?” मी विचारले. “कमी” नेहा पटकन म्हणाली. “अगदी बरोबर”.

“भूकंपीय लहरींच्या अपवर्तनाचा अभ्यास करून वेगवेगळ्या थरातील खडकांची प्रत आणि खोलीबद्दलची संपूर्ण माहिती मिळवतात. ह्यालाच ‘भूकंपीय

अपवर्तन पध्दती' म्हणतात. जेव्हा लहरी एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात जातात तेव्हा काही प्रमाणात परावर्तन तसेच काही प्रमाणात अपवर्तन होते.” मी समजावून सांगत त्यांना एक आकृती काढून दाखवली. या पध्दतीत एक प्रक्षेपक (Energy source) आणि ठरावीक व सारख्या अंतरावर शोधक (detectors) वापरले जातात. प्रक्षेपकाच्या जागी उंचीवरून हातोडा किंवा वजन सोडून लहरी निर्माण केल्या जातात. ह्या लहरी विविध थरांमधून प्रवास करतात. एका विशिष्ट कोनात अपवर्तित लहरी दोन थरांच्या सीमेलगत प्रवास करतात आणि पुन्हा अपवर्तित होऊन शोधकापर्यंत पोहोचतात. जवळच्या शोधकापर्यंत थेट लहरी आधी पोहोचतात तर लांबच्या शोधकापर्यंत अपवर्तित लहरी आधी पोहोचतात. लहरींचे प्रक्षेपण आणि प्रथम आगमनातील कालावधी

नोंदविला जातो. प्रक्षेपक व शोधक यांमधील अंतर आणि ह्या कालावधीचा उपयोग करून प्रत्येक थरामधील लहरींच्या गतीचा अभ्यास केला जातो. जितकी गती जास्त तितका खडक चांगल्या प्रतीचा. कारण घनता जास्त असेल तर लहरींचा वेग अधिक असतो हे आपल्याला माहित आहेच. ही पद्धत वापरून जमिनीखालच्या थरांची जाडी व प्रत शोधून काढतात.”

“अरे बापरे !” अतुल म्हणाला, “माझी समजूत होती की कॉलेजमधून एकदा पास होऊन बाहेर पडले की अभ्यास संपला.” मी हसून म्हटले, “अरे वेड्या, खरा अभ्यास तर नंतरच चालू होतो.” पण असा धमाल अभ्यास करायला जास्त आवडेल, असं सगळ्यांचं म्हणणं पडलं. मला आता त्यांना उदाहरणं देऊन विषय स्पष्ट करायचा होता. नाहीतर इकडून तिकडे आला वारा... गेला



अंतर आणि कालावधीचा उपयोग करून खडकाची घनता दाखवणारा आलेख

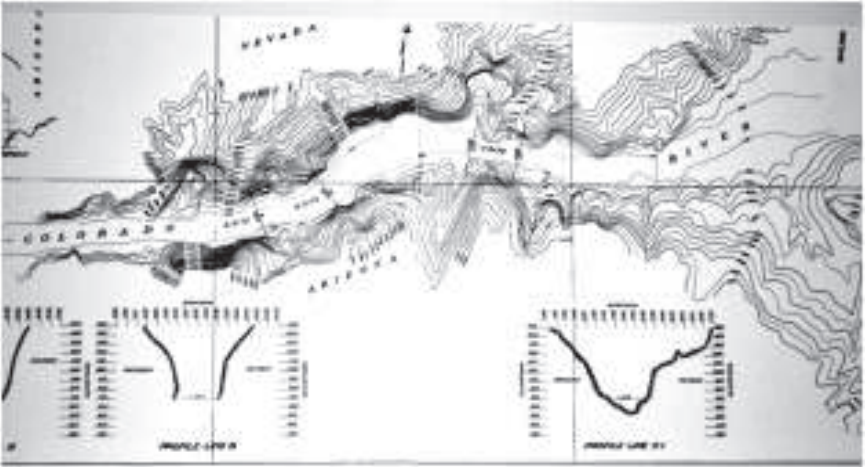
परावर्तन आणि अपवर्तनाचा कालावधी दाखवणारे रेखाचित्र

वारा... असं नको व्हायला. पण खाऊचं मध्यंतर झाल्यावरच पुढं जायचं असं ठरलं.

मी पुन्हा सुरुवात केली. “तुम्हाला महाराष्ट्रातली कोणकोणती धरणं आठवतात सांगा बरं?” मग जवळपासची सगळी धरणं आठवून कुठलं धरण कोणत्या नदीवर असा खेळच सुरू झाला. मीना म्हणाली “मावशी मला कोयना धरण खूप आवडलं. आम्ही तिथे बोटिंग पण केलं. मग ह्या धरणाची जागा कशी निवडली?” मला हवा असलेला प्रश्न विचारल्यामुळे मी एकदम सरसावून बसले. “भारताच्या दख्खनच्या पठारावर ३-४ महिनेच पाऊस पडतो आणि तोही अपुरा, बेभरवशाचा. पर्जन्यछायेचा प्रदेश आहे ना तो.”

“त्यामुळे धरणाची गरज इंग्रजांचं राज्य

आलं तेव्हा त्यांच्याही लक्षात आलेली होती. त्याच काळात पठारी दुष्काळग्रस्त भागाला दिलासा आणि सिंचनाखालच्या जमिनीतून मिळणारा वाढीव महसूल लक्षात घेऊन सरकारनं बिल या अभियंत्याला पाहणी करण्याचं काम दिलं. १९०१ मध्ये त्यांनी सर्वेक्षण सुरू केलं. बिल यांनी सर्वेक्षण पाहणीनंतर मुळा कालवा, मुठा कालवा, भीमा, धोड, धोम, कुकडी आणि कोयना प्रकल्पांच्या योजनेचा प्रस्ताव मांडला. पण प्रत्यक्षात कोयना धरण बांधायला १९५४ साल उजाडले. म्हणजे पाहा की मागच्या सरकारने सुरू केलेल्या कामातून योजना पुढे सरकत राहतात आणि सर्वसाधारणपणे ज्या वेळेस राजकीय इच्छाशक्ती असते त्यावेळेला साकार होतात.”



ह्या आकृतीत ज्या वळणावळणाच्या रेषा आहेत, त्यातील प्रत्येक रेषा ही समोच्च रेषा आहे.

त्या रेषे वर जमिनीची उंची/खोली सारखी आहे. ही आकृती टोपोशीटची आहे.



### कोयना धरण आणि शिवसागर जलाशय, महाराष्ट्र

“त्यामुळे विसाव्या शतकात जेव्हा शहरांना पाण्याचा सततचा पुरवठा आणि उद्योगधंद्यांना वीजपुरवठा ह्यासाठी ‘धरण धरण’ एकच गजर झाला, तेव्हा प्रत्यक्ष धरण बांधायचं ठरलं. यासाठी पश्चिम घाटातील भौगोलिक रचना म्हणजे, खोल दरीमधून वाहणारी कोयना आणि तिच्या पात्रातून वाहणारे सह्याद्रीच्या डोंगररांगातल्या पावसाचे धोधो पाणी ह्याचा उपयोग करून कोयना नदीवर मोठा प्रकल्प उभा झाला. कोयना धरण हे १०३ मीटर उंचीचं असून रबल कॉन्क्रीटचं आहे. कोयना धरण हे भारस्थायी प्रकारचं म्हणजे स्थैर्यासाठी प्रामुख्याने स्वतःच्याच भारावर म्हणजे वजनावर अवलंबून असणारं आहे. चारी टप्प्यात मिळून

ह्या प्रकल्पाची विद्युत निर्मिती क्षमता १९६० मेगावॉट आहे. राज्याच्या एकूण विजेच्या गरजेपैकी बरीचशी वीज कोयना प्रकल्प पुरवतो. म्हणूनच ह्या कोयना प्रकल्पाला महाराष्ट्राची भाग्यरेखा समजलं जातं.”

“आता मला सांगा, कोयना नदी कुठे उगम पावते?” “महाबळेश्वर” मुले उत्तरली. “नंतर तिचा अर्धा प्रवास समुद्राला समांतर रेषेत दक्षिण दिशेने जवळजवळ ६५ कि.मी होतो. नंतर पाटण तालुक्यातल्या हेळवाक ह्या ठिकाणी ती पूर्वेकडे वळते आणि कराड येथे कृष्णेला जाऊन मिळते. पठारावरच्या बाकीच्या नद्या फक्त उगमापाशी खूप पाऊस आणि बाकी कमी पावसाच्या प्रदेशातून वाहतात. पण कोयना नदीचा अर्धा प्रवास



समुद्राला समांतर, जास्त पावसाच्या डोंगरभागातून होत असल्यामुळे तिच्या हेळवाकपर्यंतच्या बोटीच्या आकाराच्या खोऱ्यात ५००० मिलिमीटरपेक्षा जास्त पाऊस पडतो. शिवाय ती फक्त अर्धा किलोमीटर रुंद अशा खिंडीतून पूर्वेकडे वळते. हे कोयनेचे वैशिष्ट्य, दुख्खनच्या पठाराचा उत्तम, मजबूत बसाल्ट प्रकारचा खडक तसेच कोयनेचा प्रवाह आणि पोफळी गाव यांच्यामधील ४९० मीटर उंचीचा सरळ खडा कडा ही जागा वीजनिर्मितीच्या दृष्टीने बिल ह्यांना योग्य वाटली. परंतु काही कारणांनी हे काम कागदावरच राहिलं. नंतर विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला उद्योगधंद्यांना लागणाऱ्या विजेसाठी टाटा कंपनीने भीरा, भिवपुरी,

खोपोली ह्या प्रकल्पांबरोबर कोयना प्रकल्पाचाही विचार केला होता. तसे १९१० मध्ये कोयनेचे सर्वेक्षण पण हाती घेतलं होतं. नंतर मुळशीचे काम पूर्ण झालं पण कोयनेचं काम पुन्हा मागं पडलं. आणि २० वर्षे ती योजना कागदातच अडकून पडली. पण विजेची गरज वाढतच गेली. पुन्हा १९४५ मध्ये इलेक्ट्रिक ग्रिड कंपनीने नियोजनाचे काम हाती घेतले आणि जळकेवाडी इथं म्हणजे आताच्या धरणाच्या ३०० फूट वरच्या बाजूला कॉन्क्रीट धरण सुचवलं. नंतर देशमुखवाडी या ठिकाणाची निवड झाली. अखेर अनेक नेत्यांच्या पुढाकाराने १६ जानेवारी १९५४ ला कोयना धरणाच्या बांधकामाचा शुभारंभ झाला. कोयना



धरणामुळे निर्माण झालेला जलाशय



हूवर धरण आणि मीड जलाशय, नेवाडा, अमेरिका

प्रकल्पाचा हा इतिहास, धरण, विद्युतगृह, बोगद्यांची रचना आणि बांधणी, पर्यावरणाचे मुद्दे, जलाशय आणि भूकंप वगैरेची माहिती 'कहाणी कोयनेची' ह्या पुस्तकात उषा तांबे यांनी अतिशय रंजक पध्दतीने मांडली आहे जरूर वाचा."

“मावशी तू अमेरिकेला जाऊन आलीस ना? तुझ्या फोटोत एका धरणाचा पण फोटो होता बघ. काय ग नाव त्याचं हू हू असं काहीतरी...” “हो, हूवर धरण” “मग त्याची गोष्ट सांग ना,” मुले म्हणाली.

‘अतिशय शक्तिमान आणि वेगवान अशी कॉलोराडो नदी ही नैऋत्य अमेरिकेसाठी जीवनदायिनी समजली जाते. नैऋत्य

अमेरिकतला बराचसा भाग वाळवंटी, त्यामुळे एकीकडे दुष्काळाचे सावट असे तर दुसरीकडे हिवाळ्यानंतर वितळलेल्या बर्फामुळे नदीकाठच्या भागात पूरपरिस्थिती ओढवायची. त्यामुळे दुष्काळी भागात पाणी, पूरनियंत्रण आणि विजेसाठी हूवर धरण बांधलं गेलं.

“प्राथमिक सर्वेक्षणानंतर ह्या धरणासाठी प्रथम आठ जागा निवडल्या गेल्या. ह्यासाठी भूस्तररचना, जलाशयाची अपेक्षित क्षमता, रेल्वेसारख्या वाहतुकीच्या सोयी, ज्या शहरांना पाणीपुरवठा, विद्युत पुरवठा होणार तिथपासूनचे अंतर ह्या निकषांचा विचार केला गेला. विस्तृत

अभ्यासानंतर त्यातल्या दोनच जागा योग्य वाटल्या. त्या म्हणजे boulder canyon आणि black canyon. भूस्तरभंग दोषामुळे boulder canyonची जागा मागे पडली आणि मग आपले नेहमीचे निकष म्हणजे चांगल्या खडकापर्यंत पोहोचण्यासाठी वरच्या थरांची कमीत कमी जाडी, अभेद्य अपारगम्य खडक,” “अतुलच्या डोक्यासारखा” मध्येच नेहा म्हणाली. “अरुंद दरी, मोठे जलाशय निर्माण होईल असे खोरे, जवळच्या अंतरावर बांधकामाचे साहित्य मिळेल आणि मोठ्या शहरांपासून सहज पोचता येईल अशी जागा” मुलांनीच यादी पूर्ण केली. “ह्या निकषांमुळे नंबर लागला black canyon चा.”

१९३६ साली नेवाडा आणि अरिझोना राज्यांच्या सीमेवर, कॉलोराडो नदीवर बांधलेले हे धरण ३७९ मीटर लांब, २२१ मीटर उंच व २०८० मेगावॉट निर्मिती क्षमता असलेले आहे. हे धरण कमानी पध्दतीचे आहे. त्यावरचे भार प्रामुख्याने बाजूच्या अभेद्य खडकांवर सोपवले जातात. त्या काळातले हे सर्वात उंच आणि अत्याधुनिक तंत्रज्ञानाचा वापर करून बांधलेले धरण आहे बर का ! धरणबांधणीमधला हा वस्तुपाठच म्हणाना ! अमेरिकेतली १० लाख एकर

आणि मेक्सिकोतली ५ लाख एकर जमीन ह्या धरणामुळे सिंचनाखाली आलीय. लासवेगास, लॉसएंजेलिस, सान डीएगो सारखी महत्त्वाची शहरेही बऱ्याच प्रमाणात ह्याच धरणावर अवलंबून आहेत. वाळवंटी भागात आज दिसणारी समृद्धी आणि झगमगती शहरे हे परिवर्तन हूवर धरणामुळेच शक्य झाले. हं पण त्याचं नाव तेव्हा वेगळ होतं बरं का !

black canyon ही जागा निवडली जाऊनसुद्धा धरणाला boulder धरणच म्हटले जायचे. पण घोरोघरी मातीच्याच चुली तसे देशोदेशी पाणी वाटप तंटे. नंतर सात राज्यांच्या पाणीवाटपाच्या समस्येवर यशस्वी तोडगा काढण्यात महत्त्वाचा वाटा असलेल्या हर्बर्ट हूवर ह्या अमेरिकेच्या ३१व्या अध्यक्षानाच्या सन्मानार्थ १९४७ मध्ये त्याला हूवर हे नाव दिले. आणि मुलांनो तिथे तर एका प्रदर्शनात - धरणाची जागानिवड, बांधणीचे टप्पे, वीज कशी तयार होते, ह्या सगळ्या गोष्टी आणि त्याच्याशी निगडित मूळ वैज्ञानिक तत्त्वे, प्रत्यक्ष प्रयोग आणि प्रतिकृती, तक्ते असे मांडलेले आहेत.

मुलं त्याचे फोटो बघण्यात अगदी हरवून गेली.



लेखक : वैजयंती शेंडे, केंद्रीय जलविद्युत अनुसंधान शाला येथून मुख्य अनुसंधान अधिकारी म्हणून निवृत्त, धरणाच्या बांधकामाच्या स्थैर्यासंबंधीच्या विविध अभ्यासात संशोधन.

# टायर वाचवा, प्रदूषण टाळा

लेखक : डॉ. मुरारी तपस्वी

भारतात दळणवळणाच्या साधनात गेली काही वर्षे वेगाने भर पडतेय. महानगरातच काय पण लहान लहान शहरातूनही अरुंद रस्त्यावर ट्रॅफिक जाम पहायला मिळतो. नव्या वाहनांची इंजिन पूर्वीच्या वाहनांच्या मानाने कमी प्रदूषणकारी आहेत. सीएनजी सारख्या इंधनाचा वापर ते आणखी कमी करतो असं आढळलं आहे. पण एका महत्त्वाच्या बाबीकडे दुर्लक्ष होतंय का काय, ते न कळे. या वाहनांना जे टायर्स लावले जातात त्याचं उत्पादनही वाहनांच्या वाढीच्या प्रमाणात वाढतंय. याचं उत्पादन करणाऱ्या संघटनेच्या माहितीनुसार २०१२-१३ साली सुमारे ९ कोटी २२ लाख टायर्सचं उत्पादन झालं. यातली सुमारे १४% ट्रक, बससारख्या अवजड वाहनांची टायर्स, २६% चार चाकी मोटारी, जीप्स यांची; तर ४८% दुचाकींची होती. उरलेल्या १२ टक्क्यात ७% वाटा पिकअप सारख्या वाहनांचा आणि ४% ट्रॅक्टरांच्या टायर्सचा समावेश आहे. वाहन

मालकाकडे या टायर्सची झीज झाल्यावर ती फेकून देण्याव्यतिरिक्त काहीही पर्याय नसतो. ती जिथे बदलली जातात तिथेच सर्वसाधारणपणे ती सोडली जातात. यांचं पुढे काय होतं याचा विचार कधीच केला जात नाही.

वापरलेल्या टायर्सची मग वेगवेगळ्या पध्दतीने विल्हेवाट लागायला सुरुवात होते. महानगरात आणि मोठ्या शहरात ती गोळा करून त्याचा कच्चा माल म्हणून वापर करणाऱ्या कारखान्यांना पुरवठा होतो. पण हे सगळीकडे शक्य नसते. आणखी एक उपयोग सर्रास पहायला मिळतो तो म्हणजे



मासेमारी करणाऱ्या, खनिज वाहन नेणाऱ्या नौकांच्या कठड्याला तसंच या जिथे धक्क्याला लागतात त्या जागीही ती बांधलेली आढळतात. या नौका जेव्हा धक्क्यावर येतात तेव्हा त्या तेथे आदळून आघाताने त्यांचे आणि धक्क्याचे कठडे खराब होऊ नयेत म्हणून हे वापरले जातात. यातली बरीचशी टायर्स आगीच्या भक्ष्यस्थानीही पडतात. उत्तर भारतात रक्त गोठवून टाकणारी थंडी असते. बेघर जनतेला रात्रभर उब मिळेल अशा इंधनाची गरज असते. बराच वेळ, हमखास जळणारे आणि त्या मानाने विनाखर्चाचे इंधन म्हणून याकडे पाहिले जाते. याव्यतिरिक्त इतर अनेक कारणांसाठी - स्मशानात, रस्त्यावर डांबर घालताना ते वितळवण्यासाठी त्यांचा वापर मोठ्या प्रमाणात होतो त्याची आकडेवारी कुठेच उपलब्ध नाहीये. (आभार: U. Subramanyam, The Hindu मधून)

याशिवाय दंगेखोरांकडूनही याचा वापर मोठ्या प्रमाणात होत असतो. पण आता याला चाप बसावा. कारण फेब्रुवारीत न्यायालयाचा एक निर्णय वर्तमानपत्रात बातमी देऊन गेलाय. राष्ट्रीय हरित न्यायाधिकरणाने सार्वजनिक ठिकाणी - जसं रस्त्यांवर, वस्त्यांमध्ये वेगवेगळ्या कारणांसाठी निषेध व्यक्त करण्यासाठी - टायर जाळण्यावर बंदी आणली आहे. १४ वकिलांनी महाराष्ट्र प्रदूषण नियंत्रण मंडळाविरुद्ध या न्यायाधिकरणाकडे

याचिका दाखल केली होती. आतापावेतो टायर जाळण्यामुळे होणारे प्रदूषण टाळण्यासाठी कुठलाही कायदा नव्हता असं असिम सरोदे यांनी म्हणलं असल्याचं प्रसृत झालं आहे. या निर्णयानुसार स्थानिक पोलिसांवर याच्या कार्यवाहीची जबाबदारी टाकण्यात आली आहे. हा गुन्हा करणाऱ्यांवर आता न्यायाधिकरणाच्या कलम २६ नुसार गुन्हा दाखल करता येऊ शकतो आणि हा सिध्द झाल्यास दहा कोटी रुपयाचा दंडही ठोठावता येऊ शकतो. धुळ्यासारख्या तुलनेने लहान शहरातही याचा परिणाम जाणवतोय आणि तेथील सप्तर्षी जनसेवा फाउंडेशन सारखी सेवाभावी संस्था त्यासाठी लोकशिक्षणाचा प्रयत्न करतेय असं कळतं. नेपाळसारख्या निसर्गसुंदर देशात थंडीचे पाच महिने १० अंश सेल्सियसपेक्षा कमी तापमान असतं. तेथे वापरलेले टाकाऊ टायर्स सर्रास जाळले जातात. तेथील वैज्ञानिकांनी याच्या परिणामांचा केलेला अभ्यास प्रकाशित झाला आहे (अॅटमॉस्फिअरिक् एनव्हायरन्मेंट, खंड ४२, २००८, पृष्ठ ६५५५). त्यांचा आढावा आपल्याकरीताही चिंतनीय ठरावा.



टायर्स जाळल्यावर त्यातून जे वायू बाहेर टाकले जातात त्यात प्रामुख्याने कार्बन मोनॉक्साईड (CO), सल्फरडायऑक्साईड (SO<sub>2</sub>) आणि नायट्रोजनडायऑक्साईड (NO<sub>2</sub>) असतात. त्यांनी त्यांच्या प्रयोगासाठी चार चाकी मोटारी आणि दुचाकीच्या टायर्सचे प्रत्येकी दोन-दोन नमुने वापरले. ते नावाजलेल्या आणि उत्तम कंपन्यांनी बनवलेले होते याची काळजी घेतली गेली. मोटारींच्या टायर्सपैकी एक चिनी बनावटीची तर एक कोरियन आणि दुचाकींच्या टायर्सपैकी एक भारतीय तर एक जपानी बनावटीची होती. या टायर्सच्या वेगवेगळ्या भागातले नमुने काढून ते प्रयोगशाळेत जाळले गेले आणि त्यातून बाहेर पडलेल्या वायूंची मोजदाद केली गेली. प्रत्येक प्रयोग तीन-तीन वेळा केला गेला, ज्यायोगे प्रयोगजन्य त्रुटींचा परिणाम निष्कर्षात टाळता येणं शक्य झालं. त्यांना असं आढळून आलं की वेगवेगळ्या कंपन्यांच्या आणि वाहनांच्या (दुचाकी, चार

चाकी) टायर्समधून वेगवेगळ्या प्रमाणात वायू बाहेर टाकले जातात. याचाच अर्थ असा की या कंपन्या जेव्हा टायर्स बनवतात, तेव्हा त्यातील पदार्थांच्या वापरात एकवाक्यता नसते. ते वेगवेगळ्या प्रमाणात वापरले जातात. यात कार्बनमोनॉक्साईडचं प्रमाण किरकोळ तर सल्फरडायऑक्साईड मात्र मोठ्याच प्रमाणात उत्सर्जित होत असल्याचं दिसून आलं. आणखी एक बाब त्यांच्या लक्षात आली ती अशी की हे वायू एकमेकांशी व्यस्त प्रमाणात होते. म्हणजे ज्या टायर्समधून सर्वात कमी कार्बनमोनॉक्साईड निर्माण झाला त्या नमुन्यातून सर्वात जास्त सल्फरडायऑक्साईड वायू बाहेर टाकला गेला. नायट्रोजनडायऑक्साईडचं उत्सर्जनही मोजलं गेलं आणि तेही मध्यम प्रमाणात आढळून आलं. प्रयोगाच्या अखेरीस त्यांनी हे प्रमाण प्रत्येक टायरमागे त्याच्या वजनानुसार किती असेल याचा आढावा घेतला तो तक्ता क्र. १ मध्ये दिला आहे.



तक्ता १: प्रत्येक टायर जाळल्यानंतर होणारे विषारी वायूंचे (किलो ग्रॅममध्ये) उत्सर्जन		
वायू	चार चाकी वाहनाचे टायर (वजन ६.५ किलो)	दुचाकी वाहनाचे टायर (वजन २.५ किलो)
कार्बन मोनॉक्साईड (CO)	१.८९ x १० <sup>-४</sup> ते ३.१९ x १० <sup>-४</sup>	५.०० x १० <sup>-५</sup> ते ५.२५ x १० <sup>-५</sup>
सल्फर डाय ऑक्साईड (SO <sub>2</sub> )	४.४९ x १० <sup>-३</sup> ते ६.६० x १० <sup>-४</sup>	१.५३ x १० <sup>-३</sup> ते २.०५ x १० <sup>-३</sup>
नायट्रोजन डाय ऑक्साईड (NO <sub>2</sub> )	२.०० x १० <sup>-५</sup> ते ६.०० x १० <sup>-५</sup>	१.५० x १० <sup>-५</sup> ते १.६० x १० <sup>-६</sup>

टायरचं वजन ते कुठल्या वाहनाला वापरलं जातंय त्यावर अवलंबून असतं. उदा. ट्रकचं टायर प्रत्येकी ५२.५ किलो वजनाचं, तर पिक-अप सारख्या वाहनांच्या टायरचं वजन ११ किलो असतं (बेसल कन्व्हेंशन - संयुक्त राष्ट्रसंघाची मार्गदर्शक तत्वं, २०१३). यावरून या वाहनांचाही एक टायर जाळला गेला तर किती प्रमाणात विषारी वायूंचं उत्सर्जन होईल याचा वरील प्रयोगावरून अंदाज करता येईल. अर्थात मुक्त वातावरणात हे टायर जाळले जातात तेव्हा त्याच्या ज्वलनशीलतेचं प्रमाण, सभोवतालचं तापमान, आर्द्रता या सगळ्या बाबींमुळेही विषारी वायूंच्या उत्सर्जनात फरक पडू शकतो पण त्याबद्दल फारसं संशोधन झालेलं नाहीये. त्यामुळे अर्थात हा अभ्यास इतकंच सांगतो की इतर कारणांमुळे होणाऱ्या वायू प्रदूषणात टायर जाळून त्यात भर घालू नये. तेही

बऱ्यापैकी असतं आणि ही टाळता येण्यासारखी बाब आहे.

या विषारी वायूंपैकी, सल्फरडायऑक्साईड हा वायू अॅसिड मिश्रित पाऊस पाडण्यास कारणीभूत ठरतो. याचं ढगात मोठ्या प्रमाणात ऑक्सिडीकरण होतं तर बराचसा वायू वातावरणात तसाच राहतो आणि दुसऱ्या ठिकाणी हवेबरोबर वाहून नेला जातो. नायट्रोजनडायऑक्साईड शहरी भागात धुकं पसरवण्यास कारणीभूत ठरतो आणि शेवटी ओझोनच्या निर्मितीला निमंत्रण देतो. याचंही सल्फरडायऑक्साईड सारखं ढगात ऑक्सिडीकरण होतं आणि नायट्रिक अॅसिडच्या निर्मितीस तो कारणीभूत ठरतो. अॅसिड मिश्रित पाऊस मंदगतीनं जलचरांच्या मृत्यूस कारणीभूत ठरतोच पण जमिनीवरील वनस्पतीही यामुळे क्षतीग्रस्त होऊ शकतात. अॅसिड मिश्रित पावसाचा परिणाम प्रदूषण





झालेल्या जागीच न होता शेकडो चौरस किलो मीटर परिसरात जाणवतो. म्हणून या विषारी वायूंच्या निर्मितीचे सगळे लहान-मोठे स्रोत (यात टायर जाळण्यामुळे होणारं प्रदूषणही आलं) मुळापासून उखडून टाकायला हवेत किंवा त्यांची वाढ तरी होऊ देता कामा नये. सेंटर फॉर सायन्स अँड एनव्हायरॉन्मेंट या सेवाभावी संस्थेने २००७ साली भारतातल्या मोठ्या शहरातून होणाऱ्या सल्फरऑक्साईडस आणि नायट्रोजनऑक्साईडसच्या प्रदूषणाचा आढावा घेतला होता. त्यात त्यांना असं दिसून आलं की पश्चिम भारतातल्या शहरात भारतातल्या इतर शहरांच्या तुलनेत वातावरणातल्या नायट्रोजनडायऑक्साईडच्या पातळीच्या प्रमाणात फारसा फरक पडला नाहीये पण मुंबई, नागपुर, नासिक, पुणे आणि चंद्रपुर येथे मात्र ते वाढतं आहे. सल्फरडायऑक्साईडचं प्रमाण मात्र भारतात

एकूणच काही शहरं वगळता मानकाच्या मर्यादित आहे. महाराष्ट्रातील नासिक आणि चंद्रपुर ही शहरं मात्र अद्याप धोक्यातून बाहेर आली नाहीत. अर्थात टायर्सचं जाळणं हेच एकमेव कारण नाहीये (मुख्यत्वेकरून वाहनांमुळे होणारं प्रदूषण मोठ्या प्रमाणात आहे).

प्रदूषण कमी व्हायला हवं असं प्रत्येकालाच वाटत असतं. पण हे प्रदूषण कमी करण्यात सामान्य माणूस म्हणून आपला कसा हातभार लावता येईल हा प्रश्न वाचकाला नेहमीच भेडसावत असतो. बेसल कन्व्हेन्शनची मार्गदर्शक तत्त्वं यावर काही प्रकाश पाडतात ती अशी:

जिथं चालत जाता येत असेल तिथे वाहन टाळायचं. शक्यतो एकत्र प्रवास (सार्वजनिक वाहनांनी, सामायिक) करायचा. टायरचं आयुष्य कसं वाढेल आणि त्यांना लवकर



बाद करायची आवश्यकता भासणार नाही हे पाहायचं. यासाठी चाकात योग्य प्रमाणात हवेचा दाब, चाकांचं वेळोवेळी परीक्षण आणि देखभालही करायलाच हवी. जेव्हा एखादं टायर बाद होण्याच्या स्थितीस पोहोचतं तेव्हा ते रिट्रेडींग करणं शक्य



टायरचा पुनर्वापर

आहे का हे तपासून पाहायचं. हे सगळं करून झाल्यावर मात्र मग त्याची निकालात काढण्याची पाळी येते. याकरता सार्वजनिक व्यवस्था असणं गरजेचं आहे. नाहीतर ते जळणासाठी वापरलं जाण्याचीच शक्यता असते. अनेक उत्पादनांसाठी बाद झालेल्या टायर्सचा वापर कच्चा माल म्हणून केला जातो. त्याकरता लहान लहान शहरात ते गोळा करून अशा कारखान्यांपर्यंत ते पोहोचते करण्याची साखळी मात्र तयार व्हायला लागते. कृत्रिम गवत, खेळाचं मैदान, रूळाखालचे तळपाट (स्लिपर्स), कारखान्यांमध्ये जेथे घसरून पडण्याची शक्यता असते तेथे अंधारायच्या तक्तपोशी, कंटेनरचे अस्तर, सरकते पट्टे, पादत्राणं, छतावरची कौलं टायर्सपासून बनवली जातात. शिवाय स्थापत्य अभियांत्रिकीत भराव

घालायला, धूप होऊ नये म्हणून, उष्णता निरोधक वगैरे साठीही टायर्स वापरतात. अर्थात हे करतानाही त्यापासून पर्यावरणाची काही प्रमाणात हानी होतेच आणि ती कमी करण्याकरता वेगळी यंत्रणा असते. त्याचा विचार वैयक्तिक पातळीवर करणे अशक्य असते. यातून आपण एकच बोध घेऊ शकतो तो हा की जोपर्यंत ते टायर आपल्या वापरात असेल तोवर ते चांगले, अखेरपर्यंत वापरूया आणि किमान ते जाळले न जाता त्याची योग्य तऱ्हेने विल्हेवाट लागेल याबद्दल शक्य तितके समाजभान जागे करूया.

■ ■

लेखक : डॉ. मुरारी तपस्वी

इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ ओशनोग्राफी, पणजी येथून ग्रंथपाल म्हणून निवृत्त.

ग्रंथालयशास्त्रात विद्यावाचस्पती (डॉक्टरेट).

# मूळ संख्या

लेखक : नागेश मोने

शाळेत आपल्याला सुरुवातीला संख्या शिकविल्या जातात. मग हळूहळू बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार, भागाकार अशा क्रियाही शिकविल्या जातात. या क्रिया दोन संख्यांवर केल्या जात असल्याने त्यांना द्विपद क्रिया असे म्हणतात. एखाद्या संस्थेचा वर्ग करणे ही द्विपद क्रिया आहे पण एखाद्या संख्येचे वर्गमूळ काढणे ही द्विपद क्रिया नाही ती एकपदी क्रिया आहे. संख्यांची ओळच हळूहळू वाढत जाते आणि 'मूळसंख्या' आपल्या परिचयाच्या होतात. एखाद्या संख्येचे १ आणि ती संख्या असे दोनच अवयव असले की आपण त्या संख्येला 'मूळसंख्या' असे म्हणतो. काही वेळेस मूळसंख्यांना अविभाज्य संख्या असेही म्हटले जाते.

१ ते १० या पहिल्या १० संख्यांमध्ये २, ३, ५, ७ या चार संख्या मूळसंख्या आहेत. २ ही एकमेव सममूळसंख्या आहे. बाकीच्या सर्वमूळसंख्या विषम आहेत. अर्थात विषमसंख्या दरवेळेस मूळसंख्या असतेच असे नाही. उदा. ९, १५ या संख्या विषम आहेत पण मूळसंख्या नाहीत. १ ते २० या पहिल्या २० संख्यांमध्ये २, ३, ५,

७, ११, १३, १७, १९ या एकूण ८ संख्या मूळसंख्या आहेत. आपल्या मनात साहजिकच असे येते की १ ते १०० संख्यांमध्ये मूळ संख्यांची संख्या २५ आहे. आपण पुन्हा तर्क केला की १ ते १००० मध्ये मूळसंख्यांची संख्या ४०० असणार नाही पण २५० असेल तर तिथेही आपली फसगत होतेच होते १ ते १००० पर्यंत मूळ संख्यांची संख्या १६८ आहे! म्हणजे मूळसंख्यांची संख्या हळूहळू कमी कमी होत जाते. मग मनात शंका येते की मूळसंख्यांची संख्या मर्यादित (सान्त) आहे काय? या प्रश्नाचे उत्तर नकारार्थी आहे. मूळसंख्यांची संख्या अनंत आहे. युक्लिड या गणित तज्ञाने, मूळसंख्या अनंत असतात याची दिलेली सिद्धता अत्यंत सुंदर आहे. या सिद्धतेच्या काही पायऱ्या आपण पाहू.

$$१ \times २ = २, २ + १ = ३$$

$$१ \times २ \times ३ = ६, ६ + १ = ७$$

$$१ \times २ \times ३ \times ४ = २४, २४ + १ =$$

$$२५ = ५ \times ५$$

परिक्रमा दोन पायऱ्यांचे निरीक्षण केल्यास असे दिसते की १ पासून सुरू झालेल्या परिक्रमा क्रमाने दोन संख्यांचा

गुणाकार करून त्यात १ मिळविल्यास ३ ही मूळसंख्या मिळालेली आहे. ती २ पेक्षा मोठी आहे.

दुसऱ्या पायरीत क्रमाने परिक्रमा ३ संख्या घेतल्या आहेत व त्यांच्या गुणाकारात १ मिळवून ७ ही मूळसंख्या मिळविली आहे. ७ ही ३ पेक्षा मोठी मूळसंख्या आहे. पुढील पायरीत वरील पद्धती नुसार मिळालेल्या २५ या संयुक्त संख्येचे  $५ \times ५$  असे अवयव मिळतात. इथे ५ हे ३ पेक्षा मोठे आहेत.

म्हणजे प्रत्येक वेळी मोठी मूळसंख्या मिळते आहे असे युक्लिडचे म्हणणे!

संख्या जगतात मूळ संख्यांच्या शेकडो गुणधर्माना महत्त्वाचे स्थान प्राप्त झाले आहे. विशिष्ट संख्येपर्यंत मूळसंख्यांची एकूण संख्या किती असते हे सांगणारे सूत्र अद्याप सापडलेले नाही.

३७ मधील अंकांची उलटापालट करून मिळणारी ७३ ही संख्या, या दोन्ही संख्या मूळ संख्या आहेत. दोन अंकी संख्यांची आणखी एक जोडी तुम्ही शोधा.

११३ या संख्येतील अंकांपासून बनविलेल्या दोन अथवा तीन अंकी सर्वसंख्या मूळसंख्या आहेत विशेष म्हणजे ११३ ही लहानात लहान अशी तीन अंकी मूळसंख्या आहे.

संख्या आणि तिची दुप्पटसंख्या यांच्या दरम्यान मूळसंख्या आढळतेच आढळते.

तीन पेक्षा कोणतीही मोठी संख्या आणि त्या संख्येच्या दुप्पटीतून २ कमी करून

मिळणारी संख्या यांच्या दरम्यान कमीतकमी एक मूळ संख्या असतेच असते.

२, ३, ५, ७, ११, १३, १७, १९, २३, २९ या मालिकेत पहिल्या दहा मूळसंख्या आहे हे लक्षात घ्या. आत ८७५७१९३१९१ ही दहाअंकी संख्या आहे.

१) डावीकडून पहिली संख्या ८. ८ ला पहिल्या मूळसंख्येने म्हणजे २ ने भाग जातो.

२) डावीकडून पहिल्या २ अंकांनी ८७ ही संख्या तयार होते. ८७ ला दुसऱ्या मूळसंख्येने म्हणजे ३ ने भाग जातो.

३) ८७५ ही पहिल्या ३ अंकांनी तयार झालेली संख्या, ८७५ ला तिसऱ्या मूळसंख्येने म्हणजे ५ ने भाग जातो.

४) याप्रमाणे संपूर्णसंख्येला (संख्या १० अंकी आहे) १० ती मूळसंख्या २९ ने भाग जातो का तपासा.

विशेष म्हणजे ही मोठ्यातमोठी अशा प्रकारची संख्या आहे असे माईक किथ आणि काल्डवेल यांचे म्हणणे आहे.

मूळसंख्यांवर, इंग्लिश भाषेत शेकडो पुस्तके आहेत. मराठीत एकच उपलब्ध आहे. आपणही मूळसंख्यांची मराठीत शेकडो पुस्तके प्रकाशात आणूया मग पहा गणिताचे वातावरण व संशोधक कसे तयार होतात ते!



लेखक : नागेश मोने,  
विज्ञान आणि गणित विषयक लेखन आणि  
अध्यापन करतात.

# चंद्रसंभवाची कहाणी

लेखक : वरदा वैद्य

एका चंद्रदेवा तुमची कहाणी. आटपाट सूर्यमाला होती. केंद्रस्थानी सूर्य होता. सूर्याभोवती ग्रह फिरत होते. ग्रह लहान होते, मोठे होते. अवाढव्य होते, बारके होते. दगडाधोंड्यांचे होते, वातवायूंचे होते. त्यातच पृथ्वी फिरत होती.

एकदा एक गोल अवकाशातून फिरताफिरता पृथ्वीपाशी आला. दोघांची टक्कर झाली. टकरीमुळे उत्पात उसळला. त्यातून उडालेल्या धुळीने पृथ्वीभोवती फेर धरला. यथावकाश त्या धुळीचा गोळा झाला आणि पृथ्वीला प्रदक्षिणा घालू लागला. त्याचे नाव चंद्र ठेवले.

अशाप्रकारे निर्माण झालेला चंद्र तुम्हा - आम्हा सर्वांवर प्रसन्न होवो तुम्हा - आम्हांत खगोलशास्त्राची आवड निर्माण करो. ही चंद्रसंभवाची साठा उत्तरांची कहाणी पाचा उत्तरी सुफळ संपूर्ण.

जगभरातील विविध संस्कृतींमध्ये चंद्राच्या निर्मितीबाबत अनेक कपोलकल्पित

कथा पूर्वापार प्रचलित आहेत. चंद्राच्या शास्त्रीय अभ्यासाला सुरुवात झाली ती मात्र सतराव्या शतकामध्ये (१६१०) गॅलिलिओने त्याची दुर्बीण चंद्राकडे रोखली तेव्हा. त्यानंतर चंद्रसंभवाचे वेगवेगळे शास्त्रीय तर्क लोकांनी वेळोवेळी मांडले. ते तर्क कोणते, त्यातील प्रचलित तर्क कोणता, वगैरे गोष्टींकडे वळण्याआधी आपण चंद्राच्या भौगोलिक आणि रासायनिक जडणघडणीची थोडक्यात माहिती करून घेऊ.

चंद्र हा पृथ्वीचा एकुलता एक नैसर्गिक उपग्रह. सौरमालेतील उपग्रहांच्या आकाराच्या बाबतीत चंद्राचा पाचवा क्रमांक लागतो. पृथ्वीचा व्यास चंद्राच्या व्यासाच्या चौपट तर पृथ्वीचे वस्तुमान चंद्राच्या एकव्याऐंशी पट आहे. इतर ग्रहांचे नैसर्गिक उपग्रह त्या ग्रहांच्या तुलनेत खूपच छोटे आहेत. मात्र पृथ्वीला मिळालेला मोठा उपग्रह हा सौरमालेत वेगळा ठरतो.



### आकृती १

पृथ्वीप्रमाणेच चंद्रही दगडाधोड्यांचा बनलेला आहे. (चंद्राच्या अंतरंगासाठी आकृती १ पाहा.) पृथ्वीप्रमाणेच चंद्राच्या अंतरंगाचे तीन भाग आहेत - कवच (crust), प्रावरण (mantle) आणि गाभा (core). चंद्राच्या केंद्रस्थानीचा गाभा छोटा आहे. हा गाभा चंद्राच्या वस्तुमानाच्या सुमारे १ ते २ टक्के वस्तुमान असलेला आणि चंद्राच्या एकूण आकारमानाच्या केवळ २०% आकारमानाचा आहे. सौरमालेतील दगडाधोड्यांनी तयार झालेल्या (terrestrial) बाकी ग्रह - उपग्रहांमध्ये गाभ्याचा भाग त्या - त्या ग्रह - उपग्रहाच्या आकारमानाच्या सुमारे ५०% आकारमानाचा

आहे असे आढळते. चंद्राचा घन अंतर्गाभा २४० किलोमीटर त्रिज्येचा असून लोहयुक्त आहे तर द्रव बाह्यगाभा सुमारे ३०० किमी त्रिज्येचा असून तो प्रामुख्याने वितळलेल्या लोहापासून तयार झालेला आहे.

गाभ्याभोवती सुमारे ५०० किमी त्रिज्येचा सीमाभाग असून तो अर्धवट वितळलेल्या स्वरूपात आहे. चंद्राचे प्रावरण सिलिकेट खनिजांनी युक्त असून त्यात मॅग्नेशियम आणि लोहाचे प्रमाण मोठे आहे. कवच (अग्निजन्य खडकाचा प्रकार, ज्यात फेल्स्पारचे प्रमाण ९० टक्क्यांहून जास्त तर सिलिकेट खनिजांचे प्रमाण नगण्य असते) बनलेले आहे.

चंद्राला पृथ्वीभोवती एक फेरी मारण्यासाठी लागणारा वेळ (परिभ्रमण काळ) आणि स्वतः भोवती एक गिरकी घेण्यास लागणारा वेळ (परिवलन काळ) सुमारे सारखाच असल्यामुळे चंद्राची एकच बाजू कायम पृथ्वीकडे तोंड करून असते. चंद्राच्या ह्या दर्शनीभागावर अनेक विवरे, खाच-खळगे आहेत. चंद्रावरचे डाग म्हणजेच गडद रंगाचे भाग हे प्रत्यक्षात गोठलेल्या शिलारसाची (magma) पठारे आहेत, ज्यांना “मरिया” (मरिया म्हणजे लॅटिनमध्ये समुद्र) नावाने संबोधले जाते. मरिया चंद्राच्या दर्शनी भागापैकी सुमारे ३१% भाग व्यापतात. चंद्राच्या मागच्या बाजूवर मात्र फारच कमी मरिया आढळतात (एकूण भागाच्या सुमारे २%).

पृथ्वीच्या प्रावरणाच्या आणि चंद्राच्या वजनापैकी सुमारे अर्धे वजन हे ऑक्सिजनच्या समस्थानिकांचे (isotopes) आहे. ऑक्सिजनची  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  अशी तीन समस्थानिके असतात. पृथ्वीवरील बेसाल्ट (basalt) खडकांमधील आणि चंद्रावरील ऑक्सिजनच्या समस्थानिकांची घडण तंतोतंत सारखी आहे. अशनींमधील ऑक्सिजनच्या समस्थानिकांची घडण मात्र बेसाल्ट/चंद्राच्या तुलनेत फारच वेगळी आढळते.

चंद्राची निर्मिती सुमारे साडेचार अब्ज (billion) वर्षांपूर्वी वा सौरमालेच्या निर्मितीनंतर सुमारे ३० ते ५० दशलक्ष

(million) वर्षांनी झाली असे मानले जाते. चंद्राची निर्मिती कशी झाली असावी ह्याबाबत पूर्वीपासून अनेकांनी अनेक तर्क लढवले. त्यातील प्रमुख तर्क खालीलप्रमाणे -

**विखंडन (fission)** - चंद्र हा पूर्वी पृथ्वीचाच एक भाग होता. काही कारणाने तो पृथ्वीपासून दुरावला व तिच्या गुरुत्वाकर्षणात अडकून तिच्याभोवती फिरू लागला.

**प्रग्रहण (capture)** - चंद्र सूर्यमालेत इतरत्र तयार झाला. फिरता फिरता यथावकाश पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणात अडकून तिच्याभोवती फिरू लागला.

**सहनिर्मिती (conformation/ coaccretion/ condensation)** - चंद्र आणि पृथ्वी हे दोघेही (सौरमाला ज्यापासून तयार झाली त्या) मूळ तेजोमेघापासून तयार झाले. तेजोमेघातील घटकपदार्थ एकत्र येऊन पृथ्वी आणि चंद्र तयार झाले व एकमेकांभोवती फिरू लागले.

**महा-आघात (giant impact)** - सौरमालेच्या सुरुवातीच्या इतिहासात सुमारे मंगळाएवढ्या आकाराची एक ख-वस्तू पृथ्वीवर आदळली आणि त्या टकरीतून बाहेर अवकाशात फेकल्या गेलेल्या पदार्थाचे कडे पृथ्वीभोवती फिरू लागले. कालांतराने ह्या कड्यातील द्रव्ये एकत्र येऊन त्याचा चंद्र झाला. आता ह्या तर्काविषयी अधिक माहिती पाहू.

## विखंडन

विखंडन तर्कानुसार चंद्र हा पृथ्वीचाच भाग होता आणि तो काही कारणाने पृथ्वीपासून दुरावला वा सुटून निघाला. १८७८ मध्ये (सजीवांच्या उत्क्रांतीचा सिद्धांत मांडणाऱ्या सुप्रसिद्ध चार्ल्स डार्विनचा मुलगा) जॉर्ज हॉवर्ड डार्विनने चंद्रसंभवाचा विखंडन तर्क मांडला. डार्विनच्या तर्कानुसार पृथ्वीनिर्मितीच्या सुरुवातीच्या काळात मूळ पृथ्वीचाच असलेला आणि वितळलेला भाग सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणाने व अपसारी वा अपकेंद्री बलामुळे (centrifugal force) पृथ्वीपासून दूर फेकला गेला. तो पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे तिच्याभोवती फिरत राहिला. डार्विनने न्यूटनप्रणित (Newtonian) स्थितिगतीशास्त्राचा (mechanics) वापर करून विखंडित चंद्राच्या कक्षेचे मोजमाप व स्पष्टीकरण मांडले. त्यानुसार, चंद्राची कक्षा पूर्वी पृथ्वीच्या बरीच जवळ होती व हळूहळू ती रुंदावत गेली. चंद्राच्या रुंदावलेल्या कक्षेबाबतचा निष्कर्ष आधुनिक विज्ञानही मान्य करते. चंद्र अजूनही पृथ्वीपासून हळूहळू दूर जात आहे. विखंडन सिद्धांत त्याकाळी अतिशय लोकप्रिय आणि मान्यताप्राप्त ठरला.

आता असा प्रश्न निर्माण झाला की पृथ्वीचा नेमका कोणता भाग सुटून दुरावला? डार्विनने विखंडन तर्क मांडल्यानंतर सुमारे चार वर्षांनी प्रसिद्ध भूगर्भशास्त्रज्ञ ऑस्मंड फिशर यांनी डार्विनच्या तर्काला अशी पुस्ती

जोडली की चंद्र पृथ्वीपासून सुटून निघाल्यामुळे निर्माण झालेल्या खळग्यामध्ये पाणी भरून आताचा प्रशांत महासागर तयार झाला आहे. चंद्राची रासायनिक जडणघडण पाहता पृथ्वीच्या प्रावरणाची आणि चंद्राची रासायनिक घडण ढोबळमानाने सारखी असल्याचे आढळत असल्यामुळे हा तर्क लोकप्रिय ठरला. पृथ्वीच्या प्रावरणामध्ये लोहाचे प्रमाण फार मोठे नसल्यामुळे चंद्राचा गाभा छोटा असावा असे स्पष्टीकरण विखंडन तर्काने दिले.

विखंडन तर्क खरा मानायचा झाल्यास (चंद्र निर्माण होण्यापूर्वी) पृथ्वीचा कोनीय संवेग (angular momentum) सध्याच्या सुमारे चौपटीएवढा जास्त असायला हवा. म्हणजे पृथ्वीची परिवलन गती खूपच जास्त असायला हवी. तशी ती होती ह्याचे पुरावे सापडत नाहीत. त्यावेळची परिस्थिती पाहता पृथ्वी स्वतःभोवती एवढ्या प्रचंड वेगाने फिरत असणे शक्य नाही. पृथ्वी जर खरोखरीच फार वेगाने स्वतःभोवती फिरत असती तर तिच्या प्रावरणातील पदार्थांमध्ये व पर्यायाने चंद्रावरील पदार्थांमध्ये ह्या वेगवान गतीमुळे निर्माण होणाऱ्या ताणाच्या खुणा आढळायला हव्यात, त्या तशा आढळत नाहीत. कृत्रिम उपग्रहांनी मिळवलेल्या माहितीच्या विश्लेषणानंतर ऑस्मंड फिशर यांचा चंद्र आणि प्रशांत महासागराच्या जागेसंदर्भातला तर्कही चूक ठरला. प्रशांत

महासागराचे खोरे (Pacific basin) केवळ ७० दशलक्ष वर्षांपूर्वी तयार झालेले आहे. तेव्हा विखंडनाने चंद्रसंभव होणे शक्य नाही असा निष्कर्ष निघतो.

## प्रग्रहण

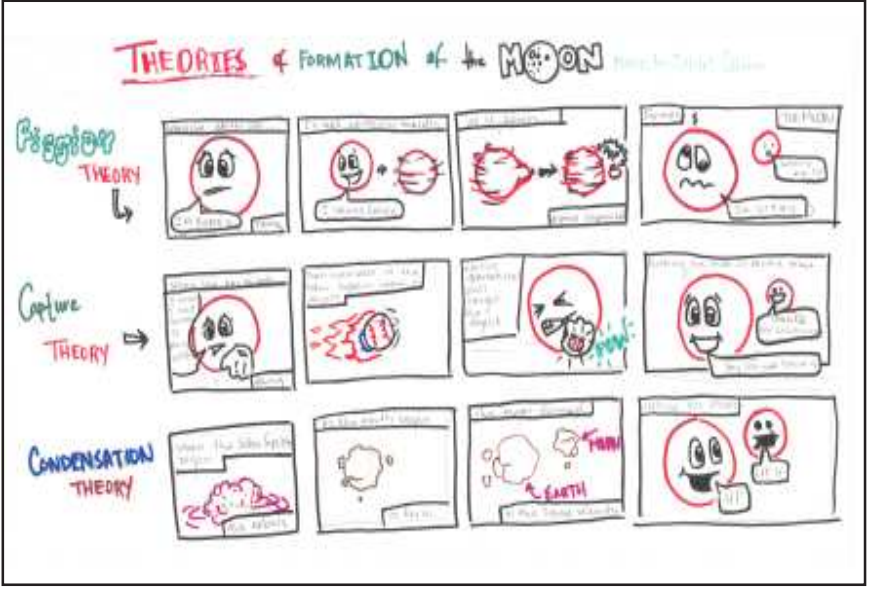
१९०९ साली खगोलशास्त्रज्ञ थॉमस जेफरसन जॅक्सन सी यांनी प्रग्रहण तर्क मांडला. प्रग्रहण तर्कानुसार चंद्राची निर्मिती सौरमालेत इतरत्र झाली. त्यामुळे चंद्राच्या रासायनिक घडणीचे पृथ्वीच्या घडणीशी साम्य असण्याचे कारण उरत नाही. इतस्ततः फिरता फिरता चंद्र पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात आला आणि तिच्याभोवती कायमचा फिरू लागला असे प्रग्रहण तर्क सांगतो. आता ही घटना घडायची झाल्यास त्यासाठी कोणती परिस्थिती असणे आवश्यक ठरते ते पाहू. सौरमालेतील इतर ग्रह-उपग्रहांच्या जोड्या पाहता पृथ्वीच्या आकारमानाच्या तुलनेत चंद्र खूपच मोठा आहे हे आपण आधी पाहिले. तर एवढा मोठा चंद्र तिच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या जाळ्यात अडकण्यासाठी तिचा आणि चंद्राचा वेग खूपच मंद असायला हवा. शिवाय चंद्राची गती पृथ्वीपाशी येताना कमी झालेली असायला हवी. चंद्राचा वेग कमी झाला नसता तर तो कालांतराने पृथ्वीच्या कचाट्यातून बाहेर सुटू शकला असता. मात्र तसे झाले नाही. चंद्र सौरमालेदरम्यानच्या अवकाशात इतरत्र तयार झाला असेल तर

त्याचा गाभा छोटा असण्याचे, त्यात लोहाचे प्रमाण (इतर ग्रह-उपग्रहांच्या तुलनेत) एवढे कमी असण्याचे कारण नाही. तेव्हा चंद्राच्या छोट्या गाभाचे स्पष्टीकरण हा तर्क देऊ शकत नाही. वेगवेगळ्या ठिकाणी तयार झालेल्या पृथ्वीच्या प्रावरणातील (बेसाल्ट खडक) आणि चंद्रावरील ऑक्सिजनच्या समस्थानिकांच्या (isotopes) तंतोतंत जुळणाऱ्या रासायनिक घडणीचे स्पष्टीकरणही हा तर्क देऊ शकत नाही. मंगळाचे दोन्ही उपग्रह (फोबॉस आणि डिमॉस) हे मंगळाला प्रग्रहणाने मिळाले आहेत. त्यांचा आकार मंगळाच्या तुलनेत खूपच लहान आहे, तसेच हे दोन्ही उपग्रह गोलाकार नाहीत तर लघुग्रहांप्रमाणे ओबडधोबड बटाट्यासारखे आहेत. चंद्राच्या मोठ्या आकाराचे स्पष्टीकरणही प्रग्रहण तर्क देऊ शकत नाही. सबब हा तर्कही मागे पडला.

## सहनिर्मिती

सहनिर्मिती तर्काला अनेक प्रसिद्ध वैज्ञानिकांचा पाठिंबा मिळाला होता. सहनिर्मिती तर्कानुसार पृथ्वी आणि चंद्र हे दोघेही सौरमालेत सध्या आहेत तिथेच मूळ तेजोमेघातील द्रव्यांपासून तयार झाले. त्यामुळे दोघांची निर्मिती एकाच सुमारास झाली असे हा तर्क मांडतो. दोघे सध्याच्या ठिकाणी तयार झाले असते तर दोघांचे आकारमान पाहता दोघे एकमेकांवर आदळून चंद्र





आकृती २ : चंद्रनिर्मितीच्या विखंडन (fission), प्रग्रहण (capture)

आणि सहनिर्मितीच्या (co-formation or condensation) तर्कांवर आधारित व्यंग्यचित्र.

मूळ मोठ्या आकारातील चित्र पाहण्यासाठी पुढील दुवा पाहा

-<http://cloe.boulder.swri.edu/images/formationTheoryLg.jpg>

पृथ्वीमध्ये विलीन झाला असता. तिच्याभोवती फिरत राहू शकला नसता. तसेच दोघे एकाच मूळ तेजोमेघापासून एकमेकांपासून जवळच्या अंतरावर एकाच सुमारास तयार झाले असते तर दोघांच्या रासायनिक जडणघडणीमध्ये, गुरुत्वाकर्षण शक्तीमध्ये, गाभ्यामध्ये आणि घनतेमध्ये एवढा फरक कसा, ह्या प्रश्नाचे उत्तर सहनिर्मिती तर्क देऊ शकत नाही. थोडक्यात काय तर हा तर्कही मागे पडला.

वरील तीन तर्कांवर आधारित एक

व्यंग्यचित्र जालावर सापडले, त्यासाठी आकृती २ पाहा.

### महा-आघात

चंद्राच्या निर्मितीबाबतच्या वरील तीन तर्कांची शहानिशा करण्याच्या उद्देशाने अपोलो मोहिम आखली गेली. अपोलो यानांनी चंद्रावरील दगड - मातीचे नमुने पृथ्वीवर आणले. मात्र त्यातून मिळालेली माहिती विदा (data) वरीलपैकी कोणत्याच तर्काला पुष्टी देत नाही. अपोलो विद्यातून उपस्थित प्रश्नांची



### आकृती ३ : महा-आघाताचे कल्पनाचित्र

उत्तरे मिळणे तर सोडाच, उलट आणखी प्रश्न निर्माण झाले. सत्तरीच्या दशकाच्या मध्यावर चंद्राच्या निर्मितीचा एक वेगळाच सिद्धांत आकार घेऊ लागला होता. खरे तर हार्वर्ड विद्यापीठातील रेजिनार्ल्ड डाली यांनी १९४६ साली आघातातून चंद्राच्या निर्मितीचा तर्क मांडला होता. मात्र त्याकाळच्या लोकप्रिय तर्काच्या पार्श्वभूमीवर ह्या नव्या तर्काकडे सगळ्यांचे दुर्लक्ष झाले होते. १९७४ साली मात्र हा तर्क खगोलशास्त्रीय वर्तुळात पुन्हा ऐरणीवर आला.

ह्या तर्कानुसार चंद्रसंभव झाला तो मंगळाएवढ्या आकाराची ख-वस्तू पृथ्वीवर आदळल्यामुळे.

१९७५ मध्ये डॉ. विलियम हार्टमन आणि डॉ. डॉनल्ड डेविस यांनी 'आयकॅरस'

ह्या सुप्रसिद्ध मासिकामध्ये महा-आघात सिद्धांताचे स्पष्टीकरण प्रकाशित केले. सौरमाला ग्रहनिर्मितीच्या शेवटच्या टप्प्यात असताना सौरमालेत लहान-मोठ्या उपग्रहांच्या आकाराचे अनेक गोल इतस्ततः फिरत होते. त्यातील काही गोल हे ग्रहांच्या गुरुत्वाकर्षणात फसून त्यांच्याभोवती फिरू लागले, तर काहींची एखाद्या ग्रहांशी टक्कर झाली. हार्टमन आणि डेविस यांच्या प्रारूपानुसार (model) त्यातील एका गोलाची पृथ्वीशी टक्कर झाली आणि पृथ्वीच्या प्रावरणातील धूळ आकाशात उडाली. त्या धुळीपासून चंद्र तयार झाला. ही आघाताची क्रिया चंद्राच्या विशिष्ट अशा भूगर्भीय घडणीचे स्पष्टीकरण देऊ शकते.

हार्टमन आणि डेविस ह्यांचा तर्क प्रसिद्ध

होण्याच्या सुमारास आणखी एका वैज्ञानिक जोडीने हाच तर्क स्वतंत्रपणे मांडला. आल्फ्रेड कॅमरुन आणि विलियम वार्ड ह्यांच्या प्रारूपानुसार सुमारे मंगळाएवढ्या आकाराचा गोल पृथ्वीवर आदळला. मात्र ही टक्कर समोरासमोर (head on) न होता स्पर्शरेखीय (tangential) होती. ह्याचा अर्थ आघात होतेवेळी पृथ्वीचे केंद्र आणि मंगळाएवढ्या गोलाचे केंद्र जोडणारी रेषा आणि त्या गोलाची कक्षा यांच्यातील कोन पंचेचाळीसाच्या जवळपास होता. त्यामुळे ह्या आघातातून बाहेर उडालेली धूळ ही मुख्यतः पृथ्वीचे कवच आणि प्रावरणाची आणि त्या गोलाच्या प्रावरणाची होती. त्यामुळे धुळीत सिलिकेटांचे प्रमाण प्रचंड तर लोहाचे प्रमाण नगण्य असणे साहजिक ठरते.

ग्रीक पुराणकथेनुसार 'थिया' (Theia) ही देवता चंद्रदेवता सेरेनला जन्म देते. त्यामुळे ह्या मंगळाएवढ्या ख -वस्तूचे नामकरण 'थिया' असे झाले. महा -आघात सिद्धांतानुसार थिया आणि पृथ्वी हे शेजार ग्रह होते. अर्थातच पृथ्वीचा आकार आणि पर्यायाने गुरुत्व थियापेक्षा मोठे असल्याचा परिणाम कालांतराने थिया पृथ्वीवर आदळण्यात झाला.

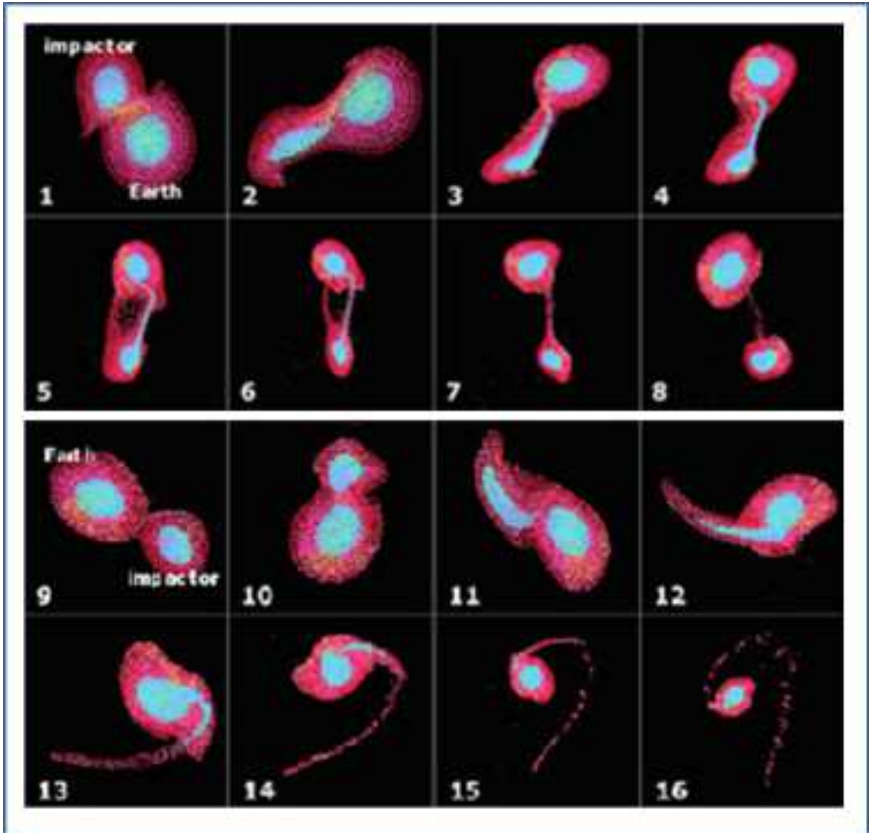
डॉ. कॅमरुन यांच्या प्रारूपानुसार महा - आघाताची संगणक - बतावणी (computer simulation) आकृती ४ मध्ये पाहा.

आकृती ४ मधील चित्रे ही चंद्रसंभवाच्या क्रियेतील टप्पे दर्शवितात. ही चित्रे डॉ. कॅमरुन यांच्या प्रारूपाच्या संगणक-बतावणीवर आधारित आहेत. चित्रांमध्ये निळ्या रंगाने लोह धातूचे अस्तित्व, तर केशरी-लाल रंगाने दगड-धोंड्यांचे प्रावरण दाखविले आहे. आघात होणाऱ्या दोन वस्तूपैकी लहान वस्तू ही थिया तर मोठी वस्तू पृथ्वी आहे. थिया व पृथ्वीची स्पर्शरेखीय टक्कर होते (चौकट १). त्या टक्करी मुळे पृथ्वी व थिया, दोघींचे तापमान वाढते आणि दोन्ही गोल आकार बदलतात (चौकट २), मात्र लहान थियाचा आकार पृथ्वीच्या मानाने खूपच बदलतो. थियाच्या गाभ्यातील काही लोह पृथ्वीमध्ये समाविष्ट होते, परंतु गाभ्याचा बहुतेक भाग थियामध्येच राहतो. आघाताच्या परिणामामुळे, चेंडू उसळावा तशी थिया पृथ्वीपासून थोडी दूर उसळते (चौकटी ३ ते ८). प्रत्यक्ष चंद्रसंभवाचे वेळी आतापर्यंतच्या घटना घडण्यासाठी फार तर अर्धा तास लागला असावा. चौकटी ३ ते ८ मधील गोलांचे आकार लहान दिसत आहेत, ते संपूर्ण चित्र सारख्याच आकाराच्या चौकटींमध्ये पूर्ण मावावे म्हणून. आघातामुळे गोलांचा आकार घटला असे ही बतावणी सुचवत नाही, हे लक्षात घ्यावे.

आता थिया पृथ्वीवर पुन्हा आदळते (चौकट ९), मात्र आता ती पृथ्वीमध्ये हळूहळू विलीन होते. थियाचा लोहागाभा

हळूहळू पृथ्वीच्या केंद्राकडे खेचला जाऊन पृथ्वीच्या गाभ्यात मिसळतो. आघातामुळे उडालेली धूळ, दगड-धोंडे नव्या पृथ्वीच्या भोवती फिरू लागतात (चौकटी १३-१६). कालांतराने ही धूळ व दगड-धोंडे एकत्र येऊन त्यांपासून चंद्राची निर्मिती होते (चित्र दाखविलेले नाही.) पृथ्वीभोवती फेर धरलेल्या

धुळीचा चंद्र होण्यासाठी सुमारे दहा वर्षांचा कालावधी लागला असावा असे हे प्रारूप सुचवते. एवढ्या थोडक्या कालावधीमध्ये तयार झालेला चंद्र अतिशय तप्त आणि वितळलेल्या स्वरूपात असावा. त्यामुळे चंद्रावरील वितळलेल्या शिलारसाच्या (magma) मरियांच्या अस्तित्वाचे



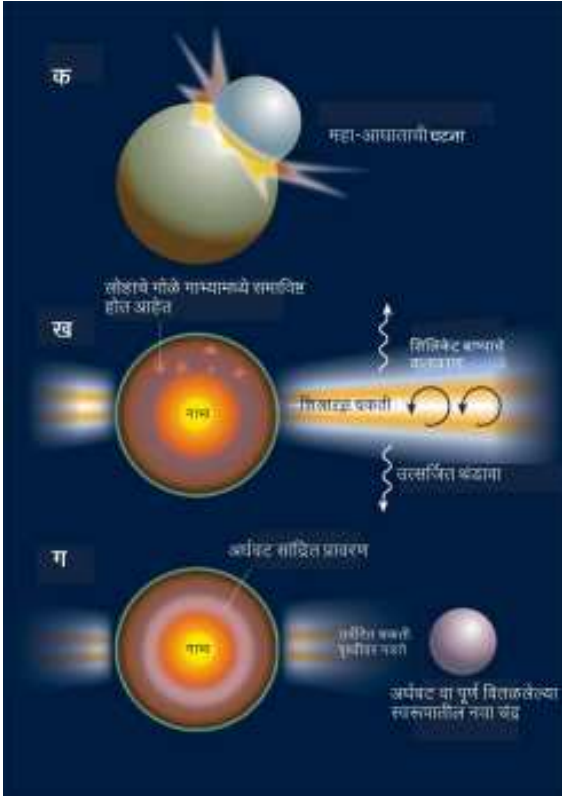
आकृती ४ : डॉ. कॅमरून यांच्या प्रारूपानुसार महा-आघाताची संगणक-बतावणी (computer simulation). ही आकृती [http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST\\_ID=446](http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST_ID=446) ह्या संकेतपानावरून साभार.

स्पष्टीकरण महा-आघात सिद्धांत देऊ शकतो.

महा-आघाताचा पृथ्वीवर कसा परिणाम झाला असावा हे आकृती ५ मध्ये दाखविले आहे.

पृथ्वी आणि चंद्रामध्ये प्रत्यक्ष आढळणाऱ्या काही रासायनिक आणि भूगर्भीय वैशिष्ट्यांचे स्पष्टीकरण देण्यास महा-आघात सिद्धांत कमी पडतो. उदाहरणार्थ, आपण आधी पाहिल्याप्रमाणे चंद्राच्या आणि पृथ्वीच्या ऑक्सिजन समस्थानिकांची रासायनिक घडण तंतोतंत सारखी आहे. जर

थिया हा स्वतंत्र गोल होता आणि चंद्रामध्ये थियाचाही काही भाग समाविष्ट झालेला असेल तर ह्या समस्थानिकांच्या घडणीमध्ये थोडा फरक दिसायला हवा. महा-आघात सिद्धांताकडे सध्या ह्याचे स्पष्टीकरण नाही. चंद्राच्या बेसाल्ट खडकांमध्ये आढळणाऱ्या बाष्पनशील पदार्थांच्या (volatiles) अस्तित्वाचे स्पष्टीकरण महा-आघात सिद्धांत देऊ शकत नाही - महा-आघातानंतर, आघातामुळे चंद्र तप्त होऊ वितळलेल्या स्वरूपात काही काळ असला तर बाष्पनशील



आकृती ५ : महा-आघाताचा पृथ्वीवर परिणाम.

([http://](http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/fig_tab/nature06582_F2.html)

[www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/fig\\_tab/nature06582\\_F2.html](http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/fig_tab/nature06582_F2.html)  
येथून साभार.)

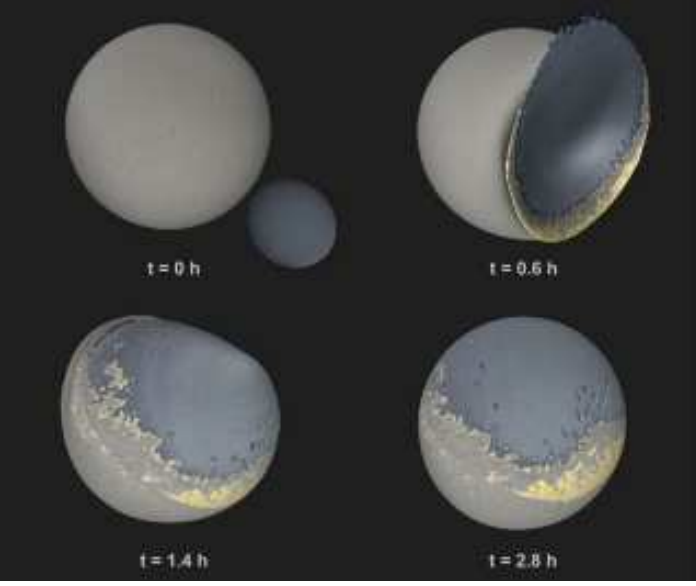
पदार्थ चंद्रावरून उडून जायला हवे होते. अशाप्रकारे महा-आघाताच्या सिद्धांतामुळे चंद्रसंभवाची कहाणी पाचा उत्तरी सुफळ झाली तरी साठा उत्तरी संपूर्ण मात्र होऊ शकत नाही. तरीही चंद्रसंभवाचा महा-आघात सिद्धांत आजच्या घडीला सर्वमान्य आणि लोकप्रिय सिद्धांत आहे.

### दोन चंद्र ?

चंद्राचा दर्शनी भाग त्याच्या मागच्या भागापेक्षा फारच वेगळा आहे. दर्शनी भागावर मरियांचे प्रमाण खूप (एकूण भागाच्या ३१%) तर मागील भागावर फारच थोडे (एकूण भागाच्या २%) आहे. दर्शनी भाग तुलनेने सपाट तर मागील भाग मोठ्या प्रमाणात उंच-सखल डोंगर-दऱ्यांचा आहे. चंद्राच्या दोन्ही बाजूंमधला फरक हा बुचकळ्यात टाकणारा आहे.

चंद्राच्या दोन भागांमधील फरकावर संशोधन करणाऱ्या सांताक्रूझच्या कॅलिफोर्निया विद्यापीठातील एरिक आणि मार्टिन जुट्झी यांच्या संगणक प्रारूपानुसार महा-आघातातून उडालेल्या धुळीचे सुरुवातीला एक नाही तर दोन चंद्र तयार झाले. त्यातील एक दुसऱ्यापेक्षा बराच मोठा होता. छोट्या चंद्राचा व्यास सुमारे १२०० किलोमीटर, तर मोठ्याचा व्यास सुमारे ३५०० किलोमीटर असावा. दोघांची रासायनिक घडण अर्थातच सारखी होती. छोट्या चंद्राला प्रावरण आणि कवच होते,

परंतु त्याचा गाभा अगदीच नगण्य होता, जवळपास नव्हताच म्हटले तरी चालेल. मोठ्या चंद्राला (मूळ धुळीच्या कड्यातील लोहाच्या कमतरतेमुळे) छोटा गाभा होता. निर्मितीनंतर काही काळ (सुमारे १० दशलक्ष वर्षे) हे दोन्ही चंद्र एकाच कक्षेमध्ये पृथ्वीप्रदक्षिणा करत होते. एवढ्या कालावधीमध्ये मोठ्या चंद्रावर शिलारसाचे समुद्र तयार होऊन ते थंड झाले होते. मोठ्या चंद्राची परिभ्रमण कक्षा रुंदावत गेली आणि त्याचा छोट्या चंद्राच्या कक्षीय स्थैर्यावर परिणाम होऊन कालांतराने छोटा चंद्र मोठ्यावर आदळला. मात्र हा आघात होतेवेळी दोन्ही चंद्रांची एकमेकांसापेक्ष गती मंद होती. छोटा चंद्र मोठ्या चंद्रावर आदळतेवेळी त्याची गती २ ते ३ किलोमीटर प्रतिसेकंद असावी असे हे प्रारूप सुचवते. ह्या मंदगती आघातामुळे मोठ्या चंद्रावर खड्डा पडला नाही, तर लहान चंद्रामधील पदार्थ मोठ्या चंद्रावर पसरले. त्यातून आघाताच्या जागेवर उंचसखल डोंगर-दऱ्या तयार झाल्या. त्याच वेळी छोट्या चंद्रावरील पदार्थाने मोठ्या चंद्राच्या आघातक्षेत्रातील पदार्थांना दूर लोटले. अशाप्रकारे तयार झालेल्या नव्या चंद्राची एक बाजू जड होती. कालांतराने चंद्र त्याच्या कक्षेत स्थिरावताना त्याची परिवलन आणि परिभ्रमण गती सारखीच होऊन परिणामतः त्याची एकच एक बाजू सतत पृथ्वीसमोर राहू लागली.



आकृती ६ : लहान व मोठ्या चंद्राची टक्कर.

संगणक-बतावणीचे दोन चंद्रांच्या आघातक्रियेतील टप्पे.

लहान व मोठ्या चंद्रांच्या मंदगती आघाताचे परिणाम आकृती ६ मध्ये पाहा.

१,२७० किमी. व्यासाचा लहान चंद्र ३५०० किमी. व्यासाच्या मोठ्या चंद्रावर २.४ किमी प्रति सेकंद वेगाने ४५ अंशातून आदळला. छोट्या चंद्राचे कवच फिक्या निळ्या रंगात, प्रावरण गडद निळ्या रंगात, मोठ्या चंद्राचे कवच राखाडी रंगात दर्शविलेले आहे. पिवळा रंग मोठ्या चंद्राच्या प्रावरणातील शीलारसाचे समुद्र दर्शवतो. आघातामुळे शीलारसाच्या समुद्राचा भाग चंद्राच्या दर्शनी भागाकडे (गोलाची खालची बाजू) ढकलला गेला, तर मागील भागावर (गोलाची वरची बाजू) छोट्या चंद्रावरील

पदार्थ पसरून उंचसखल प्रदेश तयार झाला.

चंद्रसंभवाच्या कहाणीतील साठ उत्तरे मिळवण्यासाठी अनेक वैज्ञानिक संशोधन करत आहेत. चंद्र आपल्याला नेहमीच जवळचा वाटत आलेला आहे. मानवी इतिहासातील घटनांच्या बाबतीत “चंद्र आहे साक्षीला” असे असले, तरी चंद्रसंभवाच्या घटनेची साक्ष कोण देणार ?

■ ■

मनोगत दिवाळी २०११ मध्ये पूर्वप्रकाशित

लेखक : वरदा वैद्य, एम.एस्सी., पेन्सिल्वानिया येथे वास्तव्य. त्यांचे खालील ब्लॉग जरूर पहा.  
<http://khagras.wordpress.com>

# पाऊस पडेल का ? कावळ्याला विचारा !

लेखक : विजय भट • शब्दांकन : विनय र. र.

मराठी विज्ञान परिषदेतर्फे गेल्या महिन्यात पावसाचा अंदाज या विषयावर  
विजय भट यांचे व्याख्यान आयोजित केले होते, त्याचा सारांश.

‘सांग सांग भोलानाथ, पाऊस पडेल का ?  
शाळेभोवती तळे साचून, सुट्टी मिळेल का?’

शाळेत जाणाऱ्या बहुतेक लहान मुलांना हे गाणे आवडत असणार. भोलानाथ उर्फ नंदी बैलाच्या, उभ्या होकारार्थी किंवा आडव्या-नकारार्थी-मान हलवण्यातून आपल्या समस्यांची उत्तरे मिळतात, असे अनेक जणांना वाटते. नंदीबैल धिप्पाड असतात, पोसलेले असतात. शिकलेले असतात. नंदीबैलवाला नसेल तर नंदीबैलाला कितीही प्रश्न विचारले तरी त्याची उत्तरं मिळत नाहीत. पण नंदीबैलवाला असेल आणि त्याच्या हातात नंदीबैलाची दोरी असेल तर नंदीबैल मान हलवून उत्तरं देतो. नंदीबैलवाल्याने दोरी कोणत्या प्रकारे ओढली की मान होकारार्थी हलते आणि कोणत्या प्रकारे ओढली की मान नकारार्थी हलते हे थोड्या निरीक्षणाने आपल्याला समजू शकते.

हेच ‘शिक्षण’ नंदीबैलवाल्याने नंदीबैलाला दिलेले असते. बैल पाळीव प्राणी झाल्यानंतर पुढे कधी तरी माणसाला ही युक्ती सापडली असेल. ज्या व्यक्तिला ती सापडली तिने गंमत म्हणून इतरांना दाखवली असेल. प्रश्न विचारल्यावर मान हलवून उत्तर देणाऱ्या बैलाला मग नंदीबैल म्हणून महत्त्व आले असेल. शंकर भगवानांच्या वाहन असलेल्या नंदीबैलावर लोकांची मुळात भक्ती होती ती विश्वासात आणि मग श्रद्धेत बदलली असेल.

आपल्याला एखादी समस्या त्रास देते, तिच्यामुळे आपण संकटात पडणार, आपल्याला वाईट दिवस येणार, दुःखांचा-कष्टांचा सामना करायला लागणार या कल्पनेने माणसे चिंताक्रांत होतात, हवालदिल होतात. संकटापेक्षाही संकट येणार या कल्पनेने जास्त हबकून जातात, दडपून जातात. ही भीती एका अर्थाने काल्पनिक असते, आपल्याच



विचाराने निर्माण झालेली असते. आपले आपण वॉर्ड विचार करणे थांबवले की ती भीती जाऊ शकते. दुसऱ्यांशी आपण त्या भीतीबद्दल बोललो आणि त्यांनी असं म्हंटल की - “छे, छे, असं काही होणार नाही” आणि आपण त्या बोलण्यावर भरोसा ठेवला की - आपल मन शांत होतं. भीती, दडपण, काळजी, चिंता दूर होते. संकट आलं तरी न डगमगता आपण त्याचा सामना करू शकू असं वाटायला लागतं. ही मोठी दिलासादायक गोष्ट असते. बोलण्याच्या व्यक्तिवर आपला जितका दाट भरोसा असेल तितके लवकर आणि मोठ्या प्रमाणात आपले दडपण दूर होते. याच मानसिक संबंधाचा वापर नंदीबैलवाल्याच्या माध्यमातून होतो.

भारतात वर्षाच्या विशिष्ट काळात पाऊस पडतो. अफ्रिका खंडाचा थोडा पूर्वेकडचा भाग, भारतीय उपखंड, आग्नेय आशिया ते ऑस्ट्रेलिया खंडाचा पश्चिमेकडचा काही भाग एवढ्या भौगोलिक क्षेत्रात मोसमी पाऊस पडतो. इंग्रजीत त्याला मान्सून म्हणतात. मौसम हा अरबी फारसी शब्द, मोसम हा मराठी शब्द. हे शब्द जवळजवळचे वाटतात ना? युरोप-अमेरिकेत मोसमी पाऊस नाही. वर्षभरात केव्हाही पाऊस पडतो. त्याचा तिथल्या लोकांनी अभ्यास केला. पाऊस पडण्याआधी हवामानात काय काय बदल होतात ते पाहिले. ढग, वारा, आर्द्रता, तापमान यांचा परस्पर संबंध तपासला. त्यांची

मोजमापे करण्याच्या पद्धती शोधून काढल्या, मापन यंत्रांचा शोध लावला. त्यांच्या अभ्यासातून एक शास्त्र बनवले-हवामानशास्त्र (मेटिओरॉलॉजी), ते अभ्यासणारे हवामानशास्त्रज्ञ (मेटिओरॉलॉजिस्ट). आकाशातून पडणाऱ्या उल्कांना इंग्रजीत मेटिऑर म्हणतात. उल्कापाताला मेटिऑर शॉवर म्हणतात. पावसाच्या शिडकाव्यालाही शॉवर म्हणतात. आकाशात वर्षणारे दगड असोत की पाऊसधारा त्यांचा अभ्यास करणे ज्या समाजात मान्य आहे तो विज्ञानाधिष्ठित समाज.

आपल्याकडे पाऊस पडण्याचा कालावधी ठरावीक असूनही त्याचा नीट अभ्यास झाला नाही का? वराहमिहीर या ऋषिंनी त्याचे शास्त्र मांडले. ते ग्रंथातही लिहून ठेवले. भारतात काही परंपरा लिखित नाहीत. एका पिढीने त्या पुढच्या पिढीला पाठांतर करून दिल्या. पावसाच्या किंवा हवामानाच्या बाबतीतली मौखिक परंपरा चालवण्याचे काम सहदेव भाडळी यांनी केले. या परंपरा अजूनही खेड्यात चालू आहेत. जैन मुनींमध्येही पावसाचे अंदाज स्थानिक पातळीवर सांगणाऱ्या परंपरा आहेत. त्या एका पिढीकडून पुढच्या पिढीकडे दिल्या जातात, त्यांचा पडताळा घेतला जातो. या परंपरांचा पद्धतशीर अभ्यास करून, त्यांची निरीक्षणे आणि निष्कर्ष, आडाखे आणि होरा यांमधील संगती शोधून काढली पाहिजे, मांडली पाहिजे. ते



वर्दी मिळाली की मग अग्निशमनाची गाडी येते. तसं कावळ्याचं घरटं झाडाच्या खालच्या भागात असेल तर अतिवृष्टीची वर्दी कावळ्याला लागलेली आहे हे समजून घेतले पाहिजे. अतिवृष्टी, पूर या संकटांचा सामना करण्याची तयारी केली पाहिजे. कावळ्याला दगड मारून कावळा उडून

कोणत्या परिस्थितीत किती प्रमाणात लागू पडतात याचा शोध घेतला पाहिजे. पावसाच्या आडाख्यांबाबत हे खास करून समजून घेतले पाहिजे कारण पावसाळा गेली अनेक शतके फक्त आपल्याच पूर्वजांनी पाहिला, अनुभवला.

कधी कधी त्यांनी लावलेली संगती उलटीही असेल. उदाहरणार्थ काही लोक कावळा आपले घरटे झाडाच्या खालच्या भागाशी करायला लागला की दगड मारून त्याला हुसकावून लावतात. कारण काय की कावळ्याचे घरटे झाडाच्या खालच्या बाजूला असले की अतिवृष्टी होते. जास्त पाऊस पडतो. पूर येतात. म्हणून कावळ्याला हुसकवतात. हे कसे आहे की अग्निशमनाची गाडी घंटा वाजवत आली की दगड मारून तिला परत पाठवले पाहिजे नाही तर आग लागते! खरं तर आग लागलेली असते, तिची

जाईल, अतिवृष्टी टळणार नाही.

कावळ्याचे घरटे झाडाच्या कोणत्या भागावर आहे. त्यावर तेथील पाऊसमानाचा अंदाज करता येतो. कावळ्याचे घरटे शेंड्याशी म्हणजे कमी पाऊस, मध्यावर म्हणजे मध्यम पाऊस तर खोडाजवळ म्हणजे जास्त पाऊस. त्यातही कावळ्याने दाट पानांचे झाड निवडले तर जास्त पाऊस, मध्यम पानांचे, पानगळ होणारे झाड निवडले तर मध्यम आणि खुरट्या पानांचे झाड घरटे बांधायला निवडले तर कमी पाऊस येणार. झाडांचे तीन प्रकार आणि झाडावरील जागेचे तीन प्रकार मिळून पाऊसमानाच्या नऊ छटा सांगता येतात अत्यल्प पासून अतिप्रचंड पर्यंत. शिवाय हा अंदाज वेगवेगळ्या ठिकाणी वेगवेगळा सांगता येऊ शकतो. याची पडताळणी करून बघायला कोण कोण तयार आहे? यात जरा ढोबळपणा असला तरी - अनेक ठिकाणचे

वेध घेऊन, उपग्रहावरची छायाचित्रे पाहून शेवटी हवामानाचा अंदाज काय सांगतो? - पश्चिम मध्य महाराष्ट्रात तुरळक ठिकाणी हलका ते मध्यम स्वरूपाचा पाऊस येण्याची शक्यता आहे. या अंदाजात आपल्या गावात किती आणि कधी, कसा पाऊस पडेल याची काही सूचना मिळते का?



काजवे, बेडूक, सरडे, चतूर, कावळे, पारवे, टिटवी, मेंढ्या, बकऱ्या, पावशा, मोर, कोळी, मासे इत्यादी प्राणी आणि विविध प्रकारच्या वनस्पती, त्यांचे बहार, पानगळ, गवतांचे प्रकार यांची निरीक्षणेही पावसाबाबत काही अंदाज सांगू शकतात.

अनेक निर्जीव गोष्टींच्या निरीक्षणातूनही पावसाचा अंदाज बांधता येतो. सूर्योदय आणि सूर्यास्ताच्या वेळेचे आकाशाचे रंग, ढगांचे आकार - प्रकार, ढगांतून फाकत येणारे प्रकाश किरण, चंद्राला-सूर्याला पडणारी खळी, दगडावर किंवा झाडाच्या पानांच्या शेंड्यावर दिसणारे दव, धुके या गोष्टीही आपल्याला हवामानाचा अंदाज देऊ शकतात. मात्र त्यासाठी डोळे उघडे ठेवून बघायला हवे. वाऱ्याचा आवाज कान देऊन ऐकायला हवा. हवेचा स्पर्श जाणवायला हवा. हवेचा

बदललेला वास पावसाच्या आगमनाची वर्दी देत असतो. आपल्या मनात अगदी खोलवर काय जाणीव होते, याचीही दखल घेतली पाहिजे. वास, चव, स्पर्श, ऐकणे, पाहणे या गोष्टी यंत्राने मापता येत नाहीत. त्यामुळे त्यांची वस्तूनिष्ठ नोंद करता येत नाही. मग निरीक्षण नाही म्हणून निष्कर्ष नाही, अनुमान नाही म्हणून मग त्याचे सूत्रही नाही. सूत्र नाही तर त्यात गणित कसले आणि गणित नाही तर विज्ञान असूच शकत ही धारणा बनली आहे. मग पाऊस पडेल का? या प्रश्नांचं उत्तर कसं मिळवायचं? आसपास बघून, अनुभवातून आलेल्या निष्कर्षातून! पावसाळा संपताना खेकडे लहान मुलासारखे हुंदके देऊन रडतात. या पावसाळ्याच्या शेवटी ऐकून पहा.

■ ■

लेखक : विजय भट

शब्दांकन : विनय र.र.

## ISON चं झालं तरी काय ?

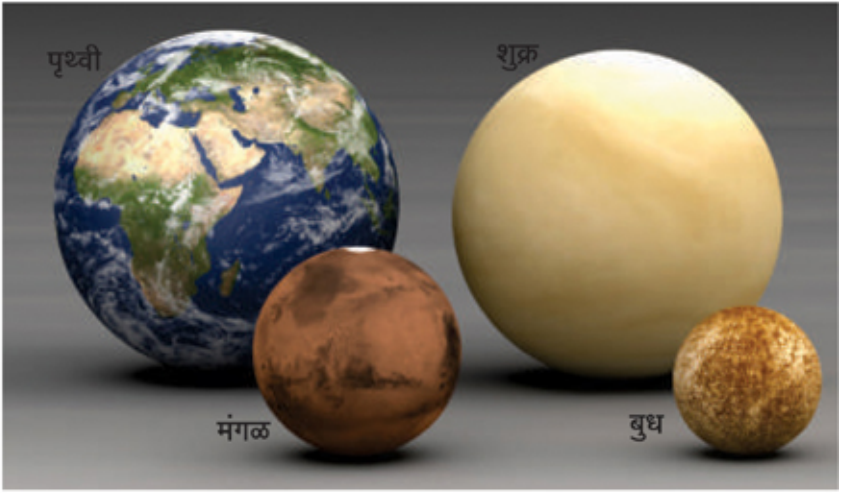


गेल्या वर्षीच्या थॅक्स-गिव्हिंगच्या दिवशी म्हणजे २८ नोव्हेंबर रोजी आयसॉनची सूर्याबरोबर भेट झाली. तो सूर्याच्या जवळ जाईपर्यंत आपण त्याचे वेध घेत होतो. सूर्याच्या किरणांमुळे त्याचा पिसारा मोठा होताना दिसला. शास्त्रज्ञ विचार करत होते की सूर्याच्या पलीकडून प्रदक्षिणा घातल्यानंतर हा धूमकेतू किती शिल्लक राहतो? काहींचा अंदाज होता तो जेमतेम दिसेल, काहींना तो दिसेल की नाही याचीच शंका होती, आणि तसंच झालं. नंतर आयसॉनचं दर्शन झालंच नाही. त्याची जी अपेक्षित कक्षा होती तिथे तो पुन्हा सापडला नाही.

त्याचं काय झालं असेल ते विचार केल्यावर सहजच लक्षात येईल -

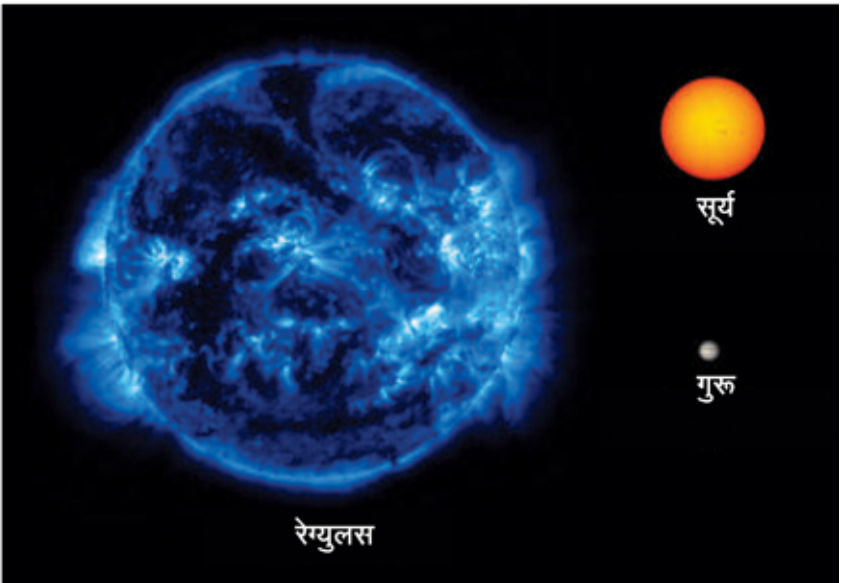
आपण सूर्यापासून १५ कोटी किलोमीटर अंतरावर आहोत. पृथ्वीवर कित्येक किमी जाडीचं वातावरणदेखील आहे. तरीही इथपर्यंत भरपूर उष्णता पोचते. लोखंडाचा पत्रा उन्हात असला तर तो हात भाजेल इतका तापतो. सूर्याच्या जरा आणखी जवळ गेलं तर साहजिकच अधिक उष्णता मिळते अन तापमान आणखी वाढतं. पृथ्वीच्या  $1/3$  अंतरावर (५ कोटी ८० लक्ष किमी वर) असलेल्या बुध या ग्रहावर वातावरणही नाही, त्यामुळे सूर्याच्या बाजूला असलेल्या प्रदेशाचं तापमान असतं ४३० अंश सें.

आयसॉन सूर्यापासून फक्त १० लक्ष किमी अंतरावरून गेला. त्यामुळे त्याचं तापमान ३००० अंश सें. पेक्षाही जास्त वाढलं. या तापमानाला दगडाचीही वाफ होते, तशी आपल्या आयसॉनची वाफ झाली असणार आणि सौर वातामुळे ती अंतराळात विखुरली असणार. म्हणून तो आपल्याला नंतर दिसलाच नाही. बिच्कारा !



आपल्या सूर्यमालेत १ मीटर पासून ते १० दशलक्ष मीटर किंवा त्यापेक्षाही जास्त व्यासाचे ग्रह, लघुग्रह, चंद्र आणि असंख्य तारे आहेत. खालील फोटोमध्ये मोठ्या आकाराच्या ताऱ्याच्या तुलनेत सूर्य आणि गुरु किती लहान दिसत आहेत. ग्रहांचे आकार आणि त्यांची अंतरे मोजायला विशिष्ट मापन पद्धती वापरली जाते. पण सर्वच ग्रह आणि ताऱ्यांना ती पुरेशी नसते. याच कारणासाठी लॉग स्केलचा वापर केला जातो.

त्याबद्दल वाचा पान ४२ वर .





शैक्षणिक संदर्भ : जून-जुलै २०१४ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913  
मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्त्रबुद्धे यांनी  
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.

