

जून जुलै २०१५

शैक्षणिक **संदर्भ** अंक ९४

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 व मांडणी :**

यदिश ग्राफीक्स

**मुखपृष्ठ मांडणी :** विनय धनोकर**मुद्रण :** ग्रीन ग्राफीक्स**शैक्षणिक**

# संदर्भ

**अंक ९४****जून-जुलै २०१५**

पालकनीती परिवारासाठी

निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

संदर्भ, द्वारा समुचित एन्हायरोटेक प्रा. लि.,  
फ्लॉट नं. ६, एकता पार्क सोसायटी,  
निर्मिती शोरूमच्या मागे, अभिनव शाळेशेजारी,  
लॉ कॉलेज रस्ता, पुणे - ४११ ००४.  
फोन नं. २५४६०१३८

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

चेक 'संदर्भ सोसायटी'या नावे काढावेत.

पोस्टेजसहित वार्षिक वर्गणी : ₹ ३००/- अंकाची किंमत : ₹ ५०/-

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

**मुखपृष्ठाविषयी-**

बोन्साय म्हणजे वामनवृक्ष. मुखपृष्ठावरील पाईनचा वामनवृक्ष सुमारे चारशे वर्षांचा आहे. जपानमध्ये जोपासल्या गेलेल्या झाडांच्या वामनीकरण कलेचा तो एक उत्तम नमुना म्हणायला हवा. हिरोशिमावरचा बॉम्ब हल्ला पचवून आजही हा पाईन बटूवृक्ष दिमाखात उभा आहे, सर्वांचं आकर्षण ठरतो आहे. वामनवृक्षालाही नेहमीच्या वृक्षाप्रमाणे फुले येतात हे दाखवणारा बोगनवेलीचा वामनवृक्ष बाजूला दिसत आहे.

**कव्हर ४ वर**

व्हॉयेजर १ आणि २ सूर्याच्या अतिसप्त प्रभाव क्षेत्राच्या सीमेचा आणि त्या पलीकडील प्रदेशाचा शोध घेत आहेत. १९७७ पासून प्रवास करणारे व्हॉयेजर १ यान आता आंतरतारकीय क्षेत्रामध्ये पोहोचले आहे, त्याचा मार्ग दाखवणारे कल्पनाचित्र. लेख 'अवकाशातील आवाज' वाचा पान १२ वर .

\* सर्व चित्रे इंटरनेटवरून साभार

# अनुक्रमणिका

## शैक्षणिक संदर्भ अंक - ९४

- विषसेवन... कशातून? - संकलन : वैजयंती शेंडे ..... ३
- वामनवृक्ष - अंबरीश सोनी, अनुवाद : अ. चिं. इनामदार..... ७
- अवकाशातला आवाज - अमलेंदु सोमण ..... १२
- काबनडॉयऑक्साइडचा ढग - संकलन : नीलिमा सहस्रबुद्धे ..... २०
- शिकवण्यात नाटक - अनिल सिंह, अनुवाद : यशश्री पुणेकर ..... २३
- 📖 अग्निबाण - लेखांक - ८ - सुरेश नाईक ..... ३२
- 📖 चुंबकशक्ती कमी होत जाते का? - ब्रजेश पटेल, अनुवाद : गो. ल. लोंढे..... ३५
- सममिती मध्ये गणितीय काय आहे? - श्रेया खेमाणी,  
अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे-फडके ..... ३९
- 📖 पानांचा वर्णाभिलेख - प्रकल्प - किरण बर्वे ..... ५३
- 📖 अरेच्चा ! हे असं आहे तर ! - या. इ. पेरैलमन, रूपांतर : शशी बेडेकर ..... ५६
- एन्हायरन्मेंटल हिस्ट्री रीडर - प्रियदर्शिनी कर्वे..... ६१
- वाट चुकलेलं कोकरू - ओमा शर्मा, स्वैर रूपांतर : प्रीती केतकर ..... ६५
- १०० वर्षापूर्वी - ..... ८१



हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.



# विषसेवन.. कशातून ?

अलीकडेच मॅगी नुडलच्या बंदीची बातमी आली आणि मोनो सोडियम ग्लुटामेट (msg), शिसे (lead), अन्नातील भेसळ, असे शब्द कानावर पुन्हा पुन्हा पडू लागले. हे शब्द आपल्याला काही नवीन नव्हते. शीतपेय, लाल तिखट, हळद, वऱ्याचे तांदूळ यामधील भेसळ, तसेच कॅल्सिअम, डॅल्सिअम, गाजरे अशी फळे आणि भाज्यांमधून सर्रास वापरले जाणारे कृत्रिम रंग ह्यासारख्या पदार्थांतील भेसळीच्या बातम्या वेळोवेळी वाचलेल्या, ऐकलेल्या असतात. शिसे, पारा, कीटकनाशके अशा अनेक गोष्टी शरीराला हानिकारक असतात ह्याची चर्चाही अधूनमधून होत असते. अशा चर्चा होतात आणि विरतातही. कुठलीही भेसळ अपायकारक असते. परंतु जड धातूमध्ये मुख्यत्वे शिसे हे शरीरासाठी विष आहे. मानवी शरीराला घातकी असलेल्या खनिजांमध्ये शिसे अग्रभागी आहे. लहान मुलांच्या बाबतीत तर हे फार अपायकारक आणि जीवघेणे आहे. म्हणूनच शिशाच्या भेसळीची समस्या फारच गंभीर स्वरूपाची आहे आणि त्याची सरकारने तसेच प्रत्येक

सामान्य व्यक्तीने गांभीर्याने दखल घेणे गरजेचे आहे.

शिसे हे निसर्गतः पृथ्वीच्या कवचात आढळते. शिसे जैवविघटनशील (biodegradable) नाही. म्हणजे ते कुजत नाही, अनेको वर्षे मूळ स्वरूपातच राहते. त्यामुळे ते जमिनीत, हवेत, पाण्यात आपले अस्तित्व टिकवून राहते. जेव्हा शिसे पाण्यातून, खाण्यातून पोटात जाते किंवा त्वचेतून शोषले जाते तेव्हा शरीराला घातक ठरते. ते थोड्या प्रमाणात असेल तर शरीराला बाहेर टाकता येते. पण जेव्हा अधिक मात्रेत शिसे शरीरात जाते तेव्हा अनेक दुष्परिणामाना तोंड द्यावे लागते. बंगरूळचे जैवरसायन तज्ञ प्राध्यापक शुष्पील वेंकटेश सांगतात की, शिशाचे मानवी शरीरातले अर्ध आयुष्य (Half life) ९० दिवसांचे असते. पण अतिसेवनामुळे ते जर हाडात शिरले तर ३०-३५ वर्षे तिथेच चिकटून राहते आणि जैविक क्रियांना अडथळा आणते. अतिरिक्त शिसे यकृतावर वाईट परिणाम करते, हाडे ठिसूळ करते, मज्जासंस्था, किडनी, पुनरुत्पादन संस्था

भिघडवते. त्यामुळे उच्च रक्तदाब, रक्तदोष निर्माण होऊ शकतो. प्रसंगी फेपरे, बेशुद्ध अवस्था किंवा मृत्यूही येऊ शकतो. गर्भातील अर्भके आणि लहान मुलांच्या रक्तात शिसे पटकन शोषले गेल्यामुळे अतिशय घातक ठरते. रक्तातील अतिरिक्त मात्रेमुळे अनेक प्रकारचे पंगुत्व, मंदबुद्धित्व निर्माण होते. वाढत्या वयाच्या मुलांच्या आहारात वारंवार शिसेयुक्त पदार्थ आले तर ते शिसे हाडात शिरून मज्जासंस्थेवर परिणाम करू शकते. त्यांचा बुद्ध्यांक कमी होतो.

ह्या गंभीर समस्यांना तोंड द्यायचे कसे?

प्रथम हे शिसे शरीरात कसे पोचते आणि त्याचे स्रोत काय आहेत ह्याचा विचार करू.

मुख्यत्वे दूषित खाद्यपदार्थ, पिण्याचे पाणी आणि त्वचेच्या संपर्कात शिसेयुक्त पाणी किंवा धूळ येणे. त्वचेतूनही शिसे शरीरात प्रवेश करते. शिशाचा प्रमुख स्रोत आणि आपल्या देशातील समस्या पाहूया.

शिसेयुक्त धूळ : धूळ हा सर्वात जास्त धोकादायक आणि सहजपणे प्रदूषण करणारा घटक आहे. स्वच्छतेच्या अभावी आणि विशेषतः लहान मुलांमध्ये धुळीतून शिशाचा शरीरात प्रादुर्भाव होण्याचा सर्वात जास्त धोका असतो.

दुसरा स्रोत म्हणजे काही पाकीट बंद खाद्यपदार्थ आणि अन्नाचे हवाबंद डबे: आकर्षक जाहिराती आणि त्यात विदेशी

मालाचे कुतूहल असल्यामुळे ताज्या पदार्थाऐवजी पाकीटबंद आणि हवाबंद डब्यातले तयार पदार्थ (ready to eat) सर्रास वापरात येऊ लागले आहेत. उन्हाळ्याच्या दिवसात मिरची, हळकुंड दळून आणून वर्षभराची साठवण करण्याची पद्धत किंवा नाशत्यासाठी ताजे घरगुती पदार्थ बनवण्याची सवय हळूहळू बंद होऊ लागलीय. त्याऐवजी चकचकीत वेष्टनातील पदार्थ घरोघरी वापरात येऊ लागले आहेत. दुर्दैवाने या पदार्थात रंग वापरले असतील (विशेषतः पिवळा रंग) तर त्यातून, तसेच हे डबे, डब्याला जोडलेली झाकणे, प्लास्टिक वेष्टणे ह्यातूनदेखील शिसे शरीरात शिरू शकते ह्याची कल्पनाही बहुतांश जनतेला नसते. सगळ्याचा परिपाक म्हणून दूषित अन्नाचे सेवन वाढू लागले आहे.

विविध रंग : जुनी घरे, बिल्डींग यांना दिलेले शिसेयुक्त रंग हा एक धोकादायक प्रकार आहे. (अमेरिकेत १९७८ नंतर अशा रंगाना बंदी घातली असली तरी भारतात असे काही नियम नाहीत.) रंगांचे अवशेष मातीतही मिसळलेले असतात. त्यातच लहान मुले खेळतात आणि शिशाचा शरीरात प्रवेश



होतो. लहान मुलांच्या रंगीत खेळण्यांच्या रंगामधून पण शरीरात शिसे जाऊ शकते. होळीच्या रंगांमुळे डोळे, त्वचा यांना अपाय झालेला आपण अनेकदा ऐकतो. आपल्या देशात पवित्र मानला जाणारा सिंदूर आणि कुंकू यामध्येही शिशाचे प्रचंड प्रमाण असते. (६० ते ८५ टक्के) सगळ्यात धक्कादायक गोष्ट म्हणजे गणपतीच्या मूर्ती, तसेच नवरात्रीतील देवींच्या मूर्तींसाठी वापरण्यात येणाऱ्या रंगामध्ये शिसे आढळून येते. ह्या मूर्ती पाण्यात विसर्जित केल्यावर पाण्यात शिसे उतरते. हेच पाणी शरीराला हानिकारक होते. हे सर्व माहीत असूनसुद्धा ह्यावर कुठलेच नियंत्रण दिसत नाही. धार्मिक दबावाखाली कुठलेही निकष लावलेले दिसत नाहीत.

कारखान्यातील सांडपाणी, प्रक्रिया प्रकल्पातील सांडपाणी : शिशाचा हा एक प्रमुख स्रोत आहे. कारखान्यातील दूषित पाणी प्रक्रिया न करता नदीच्या प्रवाहात सोडले जाण्याचे अनेक प्रकार उघडकीस आले आहेत. हेच पाणी शेतीसाठी किंवा पिण्यासाठी वापरले गेले तर शिशाचा शरीरातील शिरकाव निश्चितच आहे. महाराष्ट्रातील उजनी धरणाच्या पाण्याच्या प्रदूषणाची ओरड कायमच ऐकायला मिळते.

सारे जग हादरवून टाकणारी आपल्या देशातील भोपाळ दुर्घटना कोण विसरू शकेल? २५ वर्षे उलटली तरी अजूनही त्या कारखान्याच्या परिसरातल्या जमिनीत आणि

जमिनीखालच्या पाण्यात पारा, शिसे, कीटकनाशकांचे विषारी अंश मोठ्या प्रमाणात आढळून येतात असा दावा सेंटर ऑफ एन्वायरन्मेंटल संस्थेने केला आहे. रासायनिक कचऱ्यामुळे हवेचे प्रदूषण तर होतेच शिवाय पावसाळ्यात हे रासायनिक पाणी जमिनीत मुरून जमिनीखालचे पाणीही प्रदूषित करते. युनिअन कार्बाईडच्या कारखान्यात वायू गळती मुळे २०००० बळी गेले, लाखो लोक दुर्धर आजाराने बेजार झाले. आणि आता पुढच्या पिढ्याही ह्या दुष्ट चक्रात अडकल्या आहेत.

याव्यतिरिक्त शिशाच्या बॅटरीचा बेकायदा पुनर्वापर, पाणी पुरवठ्यासाठी वापरात येणारे पाईप, खराब सुटे भाग, नळजोड हे शिशाचे स्रोत आहेत. चिनी मातीच्या भांड्यांवर चकाकी आणण्यासाठी कधी कधी शिसे वापरतात, काही प्रसाधने, काही स्थानिक उपचार-पद्धतींमुळेही शिशाचा प्रादुर्भाव होतो असे आढळून आले आहे.

शिशाची विषबाधा टाळण्यासाठी आपणही काही प्रमाणात प्रयत्न करू शकतो. सिंदूर, कुंकूवाचा वापर टाळणे, होळीत शिसेयुक्त रंगांचा वापर न करणे, मूर्ती विसर्जनाला विरोध करणे, रंग दिलेली खेळणी मुले तोंडात घालणार नाहीत याची काळजी घेणे इतके तर आपण सगळेजण नक्कीच करू शकतो.

संकलन : वैजयंती शेंडे



# वामनवृक्ष

लेखक : अंबरीश सोनी • अनुवाद : अ. चिं. इनामदार

आजकाल शहरातील व विशेषतः महानगरातील घरांचा आकार दिवसेंदिवस अधिकाधिक छोटा होत असून 'घरा' ऐवजी 'फ्लॅट' संस्कृतीचे प्राबल्य वाढते आहे. अशा परिस्थितीत स्वतःची बाग असावी व आपण बागकामाचा आनंद घ्यावा हे किती लोकांना शक्य असणार? अशा वेळी 'बोन्साय'च्यायोगे आपण आपल्या आवडीची झाडे घराच्या गच्चीत, बाल्कनीत, भिंतीवर, पोटमाळ्यावर किंवा इतरही मोकळ्या जागेत वाढवू शकतो.

'बोन्साय क्लब, भोपाळ'च्या सचिव रेवा जैन यांच्या घरी आम्ही दोनशे देशी - विदेशी झाडांचे बोन्साय पाहिले. त्यातले काही होते १५ वर्षांचे वृक्ष, विशेषतः वड, पिंपळ; तर काही होते काही महिन्यांचे वय असलेले, सहा इंचापेक्षा कमी आकाराचे 'मामे' (४ ते

५ इंच उंचीचे बोन्साय). त्यांना आपण वामनवृक्ष किंवा बटुवृक्षही म्हणू शकतो. गुलाब, बोगनव्हिलाचे काही प्रकार, तसेच 'शमी'चे दुर्मिळ बोन्साय, शोभेच्या फायकसचे काही प्रकार, अर्जुन, सेंटपेपर, उंबर, चिली, पेरू, गुलमोहर, कप अँड सॉसर, देशी पेरू, लिची आणि इतर कितीतरी देशी - विदेशी वृक्षांचेही बोन्साय त्यांच्याकडे होते. इतक्या प्रकारचे वृक्ष एकाच वेळी एकाच बागेत मी पाहिले नव्हते.

वृक्षांच्या वामनीकरणाचे (लघुकरणाचे, वृक्ष लहान करण्याचे) तंत्र आजकाल प्रचारात आहेत. आंबा, लिंब वगैरे विशाल वृक्षांचे बोन्साय कसे बनते, 'बोन्साय' केल्यावर त्यांना फळे, बिया येतात का? याच्या पाठीमागे काय विज्ञान आहे? या सर्व गोष्टी आपण या लेखात थोडक्यात पाहू.

## इतिहास

चीनमध्ये सुमारे एक हजार वर्षांपूर्वी बोन्सायची सुरुवात झाली असे मानले जाते. याला पुन-साई म्हणत, त्यातूनच बोन्साय हा शब्द घडला आहे. चिनी माणसे बोन्सायना वेगवेगळ्या पशूंचे आणि जनावरांचे आकार देत. याच्या पाठीमागे काही दंतकथा आणि समजुती होत्या. सुमारे बाराव्या शतकात झेन बुद्धिझ्मद्वारा बोन्सायचा जपानमध्ये प्रवेश झाला. थोड्याच काळात बौद्ध भिक्षूंच्या वर्तुळाबाहेर पडून बोन्साय जपानी प्रतिष्ठित व्यक्तींत पोहोचले. त्यांची प्रतिष्ठा आणि मानमरातब यांचे प्रतीक बनले. एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यापर्यंत बोन्सायची कला सर्वोच्च स्थानापर्यंत गेली. या सुमारास जपानमध्ये जाणाऱ्या प्रवाशांमार्फत या कलेचा प्रसार व प्रचार जपानबाहेर होऊ लागला.



## बोन्सायची कृती

वृक्षांचे लघुकरण / वामनीकरण केलेले पाहिले की पहिला प्रश्न आपल्यासमोर उभा राहातो की झाडांचे बोन्साय कसे होते? चला, आपण ही प्रक्रिया थोडक्यात पाहू.

प्रत्यक्षात, बोन्साय विज्ञान, कला आणि माळीकाम यांचा संगम आहे. बोन्साय बनविण्यासाठी लागते. मेहनत, प्रयत्न आणि बरीचशी सबुरी(पेशन्स). एखाद्या रोपट्याचे बोन्साय करण्यासाठी कोकोपीट, रेती आणि शेणखताचे मिश्रण करून मुद्दाम भुरभुरीत बनवलेली माती आणि उथळ ट्रे / भांड्याची आवश्यकता असते. छोट्या आकारावरून बोन्साय काही वर्षांतच होत असतील अशी कल्पना केलीत तर चुकाल, कारण रोपट्याचा बोन्साय वृक्ष व्हायला नेहमीच्या वृक्षाइतकी नाही पण अनेक वर्षे लागतात.

बोन्साय करण्याच्या रोपट्याला भरीव / दाट आणि मनात योजलेला आकार देण्यासाठी त्याच्या वाढणाऱ्या फांद्यांना सतत छाटत राहावे लागते. ज्या उंचीपर्यंत बोन्साय आपल्याला पाहिजे तेवढी उंची त्याने गाठल्यावर नव्या येणाऱ्या सर्व फांद्या कापाव्या लागतात. यामुळे बोन्साय त्याच उंचीपर्यंत



बोन्साय याचा जपानी भाषेतील अर्थ उथळ / पसरट भांड्यात झाड लावणे असा आहे. या शब्दाने बुटकी, जिवंत झाडे किंवा अनेक झाडे दर्शविली जातात. तसेच वृक्ष उथळ भांड्यात वाढवणे आणि त्यांची वाढ नियंत्रित करून त्यांना मनासारखा आकार देणे हेही या शब्दात अभिप्रेत आहे. बोन्साय केलेली झाडे नेहेमीसारखीच असतात, ती आनुवंशिकतेने बुटकी होत नाहीत. त्यांच्या फांद्या आणि मुळे विशिष्ट प्रकारे कापून आणि त्यांच्या फांद्यांना विशिष्ट प्रकारे



तारा बांधून त्यांना बुटके, पसरट आणि सघन बनविले जाते. बोन्साय कलेचा उगम चीनमध्ये झाला पण तिचा पाठपुरावा आणि विकास मुख्यतः जपानमध्ये झाला. खरेतर बोन्साय

करण्याची प्रेरणा आणि उदाहरणे निसर्गातूनच मिळतात. वाढायला कठीण परिस्थितीत रुजलेल्या, दगडाळ जागेत किंवा सापटीत वाढणाऱ्या वनस्पती आयुष्यभर खुरटलेल्या, नैसर्गिक बोन्साय बनतात.

अनेक वर्षांचे जुने असावेसे वाटणारे खोड, फांद्या आणि हवा - पाणी - वाऱ्याचा परिणाम झाल्यासारखी वाटणारी, उघडी पडलेली (पाडलेली) खोडालगतची मुळे यावर बोन्सायची गुणवत्ता ठरते. बोन्साय शंभर वर्षे किंवा त्याहून अधिक जगू शकतात आणि बहुमोल कौटुंबिक वारसा म्हणून ती एका पिढीकडून पुढच्या पिढीकडे सोपवली जातात. झाडांचा रंग आणि प्रमाण / आकार याच्याशी सुसंगत अशी भांडी, बहुधा मातीची आणि अनेक आकारांची मुद्दाम निवडली जातात. जपानमध्ये नर्सरीचा भाग म्हणून मोठ्या प्रमाणावर बोन्साय उद्योग चालतो.

अ. चिं. इनामदार

आडवा वाढतो आणि घनदाट होतो. यामुळे झाडाच्या उंचीऐवजी रुंदीत आणि पर्णसंभार वाढ होते.

### मुळे आणि लावणी(रिपॉटिंग)

रोपट्यापासून बोन्साय बनवण्याच्या प्रक्रियेत त्याला वेळोवेळी नव्या भांड्यात लावावे लागते. याला रिपॉटिंग म्हणतात. झाडांच्या प्रकारानुसार हा काळ ६ महिन्यांपासून १, २, ३ किंवा ४ वर्षे इतका असतो. रिपॉटिंग दरम्यान रोपट्याची मुळे कापतात आणि त्याला क्रमाक्रमाने थोड्या मोठ्या भांड्यांत हलवतात. मोठ्या भांड्यात मुळांची थोडी अधिक वाढ होते. मुळे मातीतून पाणी, क्षार

व पोषक तत्त्वे शोषून घेतात. मुळांत 'सायटोकायनिन' (growth regulator) नावाचे वाढनियंत्रक तयार होते. सायटोकायनिन उंची वाढवण्याला कारणीभूत असतात. यामुळे फांद्यांचा आकार आणि विस्तार नियंत्रित करताना मुळावरही काम करत राहावे लागते. झाड वाढताना मुळेही वाढतात पण रिपॉटिंग करताना मुळे कापली जातात, यामुळे मुळांची लांबी वाढण्याऐवजी ती जाड आणि भरदार होतात. वड, पिंपळासारख्या वृक्षांच्या बोन्सायमध्ये मुळांचा सुरुवातीचा काही भाग मुद्दाम मातीबाहेर ठेवतात. यामुळे बोन्साय प्राचीन असल्यासारखे वाटते. झाडाची दोन्ही टोके



(हवेतील आणि मुळाकडील) सतत कापत राहिल्याने झाड उंचीने वाढण्याऐवजी रुंदीने, जाडीने आणि घनतेने वाढते. सतत कापत राहिल्याने बोन्सायची मुळे आता एखाद्या उथळ ट्रेमध्ये मावू शकतात. उथळ ट्रे अशासाठी वापरायचा की खोल वाढण्याची मोकळीक मुळांना मिळू नये.



असतात. फळभाराने बोन्सायच्या फांद्या खाली वाकतात. अर्थात, झाडाचा आकार लहान असल्याने बोन्साय वृक्षाला मर्यादित संख्येतच फळे येतात. बोन्सायला फुले - फळे येण्याचा मौसम नैसर्गिकरीत्या वाढणाऱ्या झाडासारखाच असतो.

### मर्यादित वाढ हीच बनली नैसर्गिक प्रकृती

आपण झाडाला मर्यादित जागेत आणि विशिष्ट पद्धतीने वाढवल्यामुळे बोन्साय वृक्षाची मर्यादित वाढ हीच प्रकृति होते. मुळांची वाढ नव्या प्रकारे होते. खोडावर येणाऱ्या फांद्यांतले अंतर खूप कमी होते. फांद्यांतले अंतर कमी झाल्याने वृक्षाला दाटपणा येतो आणि या मर्यादा / बंधनातच बोन्साय सामान्य आणि परिपूर्ण वृक्ष होण्याचा प्रयत्न करते. पानांची सतत छाटणी आणि काढणी केल्यामुळे जसजसा बोन्सायवृक्ष वाढतो तसतसा पानांचा आकार लहान पण संख्या वाढती राहाते. यामुळे त्याच आकारात झाड भरीव दिसते. हे असे असले तरी (झाडांचा आकार लहान, पाने छोटी) बोन्साय वृक्षाच्या आणि नेहमीच्या वृक्षाच्या फुलांच्या आकारात फरक नसतो. आपण फळांनी लगडलेला बोन्साय पाहिला तर आपल्याला आश्चर्य वाटेल कारण यात फळेही सर्वसाधारण आकाराचीच

### बिया

बोन्साय वृक्षात फुले, फळे आणि बियाही असतात. या बिया आपण रुजवू शकतो आणि त्यांपासून आपल्याला नवीन रोपेही मिळतील, पण ती रोपे नेहमीसारखी असतील, बोन्साय (वामनीकृत - लहान आकाराची) नव्हे. याचा अर्थ, बोन्साय बनविण्यासाठी आपल्याला प्रत्येक वेळी नव्या रोपावर सर्व प्रक्रिया करावी लागेल.

कलेच्या माध्यमातून स्वतःला निसर्गाशी जोडून घेण्याचा बोन्साय हा आधुनिक आणि लोभस मार्ग आहे. योग्य काळजी घेतली तर बोन्साय वृक्ष शेकडो वर्षे जगू शकतात.

हिंदी संदर्भ अंक ९० मधून साभार.

लेखक: अंबरीश सोनी, हिंदी संदर्भ गटात सहभागी. अनुवाद: अ. चिं. इनामदार, वनस्पतीशास्त्राचे निवृत्त प्राध्यापक.

# अवकाशातला आवाज

२०१३ सालच्या सप्टेंबर महिन्यात या अंतराळातल्या आवाजाबद्दल सांगणारा हा लेख असोसिएटेड प्रेसने प्रसिद्ध केला. त्याचे हे रूपांतर

- १९७७ मध्ये १६ दिवसांच्या अंतराने 'नासा'च्या व्हॉयेजर १ व २ यानांनी उड्डाण केले.
- व्हॉयेजर १ यानाने २०१२ मध्ये सूर्यमालेच्या पलीकडे गेल्यानंतर अंतराळातले पहिले ध्वनिमुद्रण पृथ्वीवर पाठवले!
- 'नासा'ने प्लाझ्मा किंवा आयनीभूत वायूंच्या कम्पनांवरून ध्वनिमुद्रण केले.

व्हॉयेजर १ या यानाने ऑगस्ट २०१२ मध्ये सूर्यमालेचा उंबरा ओलांडला आणि सूर्यमालेच्या हद्दीपलीकडे जाणारे ते पहिलेच यान ठरले. त्यावेळी त्या यानाने हा अविश्वसनीय आवाज रेकॉर्ड केला आणि नियंत्रण कक्षाकडे पाठवला.

उंच आवाजातलं हे 'संगीत' आयनीभूत वायू किंवा प्लाझ्मामध्ये निर्माण झालेल्या कम्पनांतून निर्माण झालं. यानावर असलेल्या प्लाझ्मा-लहरी मापनाच्या यंत्राने हा 'आवाज' पकडला आणि रेकॉर्ड करून आपल्याकडे पाठवला.

(<http://www.jpl.nasa.gov/video/details.php?id=1347>)

पत्रकार परिषदेमध्ये या प्लाझ्मा लहरींच्या संशोधनाचे प्रमुख शास्त्रज्ञ डॉन गुनॅट म्हणाले "हे रेकॉर्डिंग ऐकताना, 'हा ऐतिहासिक क्षण आहे' हे आपण ध्यानात घेतले पाहिजे. सूर्याच्या प्रभावक्षेत्राच्या सरहद्दीनजीक अंतराळात झालेल्या आवाजाचे हे रेकॉर्डिंग मानवाने प्रथमच केलेले आहे."

३६ वर्षांच्या कठोर परिश्रमानंतर व्हॉयेजर १ व २ या यानांनी मिळवलेल्या या माहितीला मनोहर संगीतच म्हणायला हवे. सूर्याच्या प्रभावक्षेत्राच्या सीमेवर आणि त्यापलीकडे असलेल्या अवकाशाचा शोध घेणं हा व्हॉयेजर १ आणि व्हॉयेजर २ यांचं सध्याचं ध्येय आहे.

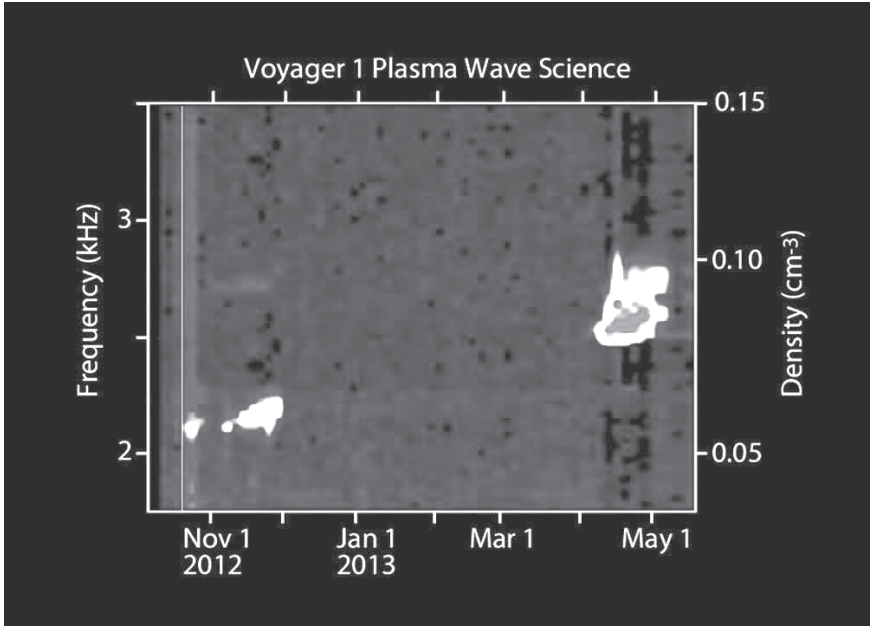
नासाच्या अधिकाऱ्यांना सांगितलं की यानावरच्या यंत्रांनी ऑक्टोबर ते नोव्हेंबर २०१२ आणि एप्रिल ते मे २०१३ या कालावधीत दोन वेळा ही कंपनी नोंदली.

शास्त्रज्ञांचा गट दोन्ही व्हॉयेजर यानांच्या दैनंदिन संपर्कात असला तरी व्हॉयेजर १ सुमारे १२०० कोटी मैलांवर (१९२० कोटी किमीवर), असल्यामुळे तिथला संदेश आपल्यापर्यंत पोचाला १७ तासांपेक्षा जास्त वेळ लागतो.

प्लुटोनियमच्या शक्तीवर चालणारी पृथ्वीबाहेरच्या ग्रहांच्या सफरीवर ३६ वर्षांपूर्वी पाठवलेली ही याने २०१३ मध्ये

सूर्यापासून ११५० मैल (१८४० किमी) अंतरावरून पुढे चालली होती. ती ज्या प्रदेशातून चालली होती, त्याला शास्त्रज्ञ 'आंतरतारकीय' प्रदेश म्हणजे दोन ताऱ्यांच्या मधली प्रदीर्घ थंड पोकळी असं म्हणतात.

'नासा'च्या मतानुसार व्हॉयेजर १ २०१२ सालीच या 'आंतरतारकीय' प्रदेशामध्ये शिरलं. खरं म्हणजे तिथे काही सीमारेषा आखून ठेवलेली नाही किंवा मैलाचा दगडही नाही. पण 'नासा'ला २०१३ मध्ये पुरावा मिळाल्यानंतर खात्री झाली की ग्रहांना व्यापणारा सूर्याच्या उष्ण प्लाझ्माचा बुडबुडा यानाने पार केला आणि सूर्याच्या



प्रभावक्षेत्राच्या ते आता बाहेर गेले आहे.

काही शास्त्रज्ञ अजून साशंक आहेत पण 'नासा'ने मात्र ही बातमी साजरी केली.

'नासा'च्या 'जेट प्रॉपल्शन लॅबोरेटरी'चे प्रमुख शास्त्रज्ञ एड स्टोन म्हणाले "ही एक महत्त्वाची पायरी आणि नव्या प्रवासाची सुरुवात आहे."

व्हॉयेजर १ आता तिथे सापडणाऱ्या कणांचा आणि इतर चमत्कारांचा अभ्यास करेल आणि त्या माहितीचा तपशील रेडिओ लहरींच्या साहाय्याने पृथ्वीकडे पाठवेल. इथे 'नासा'च्या शास्त्रज्ञांचा गट व्हॉयेजर १च्या संशोधनाची वाटचल पाहत आहे.

आपला हा 'आंतरतारकीय दूत' निरनिराळ्या संस्कृतींनी पाठवलेल्या

शुभेच्छा, गाणी आणि छायाचित्रे असलेली सोन्याचा मुलामा दिलेली 'डिस्क' घेऊन गेला आहे, न जाणो प्रवासात एखादी बुद्धिमान जमात भेटली तर?

मागच्या कव्हरवर दिसणारी दोन व्हॉयेजर याने अवकाशाच्या प्रक्षुब्ध 'हेलीओशिथ' नावाच्या प्रदेशाचा म्हणजे सूर्याभोवतालच्या विद्युतभारित कणांचा जो बुडबुडा आहे, त्याच्या बाह्य सीमेचा शोध घेत आहेत.

### व्हॉयेजरचे आंतरतारकीय 'मिशन'

व्हॉयेजर १ आणि २ ही याने अंतराळात सोडली त्याला आता ३६ वर्षे झाली आणि पृथ्वीवरून अजूनपर्यंत जिथे काहीही उडत



गेलेले नाही अशा अवकाशाच्या प्रदेशाचा ती जोडी शोध घेत आहे.

यांचा प्रवास सुरु झाला १९७७ मध्ये मुख्यत्वे गुरु आणि शनी या वायुग्रहांच्या शोधासाठी.

गुरूच्या 'आयो' नावाच्या चंद्रावरचे जागृत ज्वालामुखी, शनीच्या कड्यांच्या गुंतागुंतीचा तपशील अशा शोधानंतर त्यांच्यापुढे नवीन उद्दिष्ट ठेवलं गेलं.

व्हॉयेजर १ ने शनीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा गोफणीसारखा उपयोग करून प्लुटोच्या पलीकडे झेप घेतली.

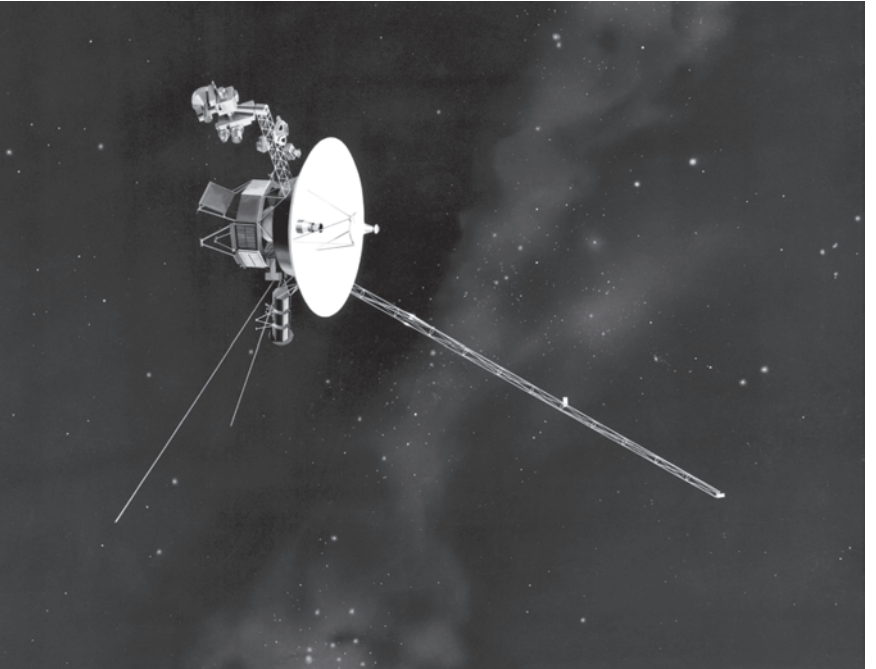
व्हॉयेजर २ पुढे युरेनस आणि नेपचून यांचा शोध घेण्यासाठी पुढे गेलं. या

बाह्यग्रहांना भेट देणारं तेवढं ते एकच यान!

दोन्ही यानांचं सध्याचं उद्दिष्ट आहे ते म्हणजे सूर्याच्या प्रभावक्षेत्राच्या सीमेचा आणि त्यापलीकडच्या प्रदेशाचा शोध.

एखाद्या छोट्याशा कारच्या आकाराच्या या यानात चुंबकीय क्षेत्र, विश्वकिरणे (कॉस्मिक रेज) आणि सौर-वात यांच्या अभ्यासासाठी उपकरणे आहेत.

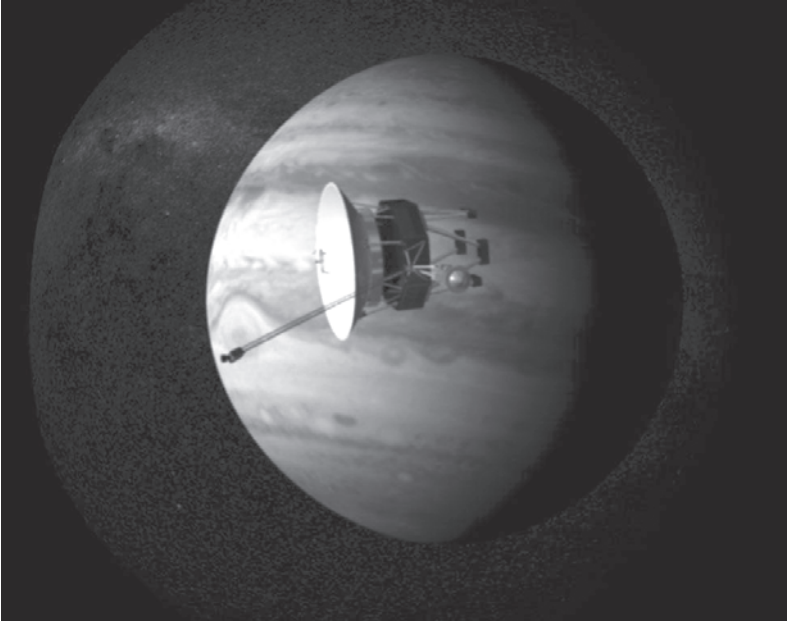
गेल्या वर्षी व्हॉयेजर १ चा मागोवा घेणाऱ्या शास्त्रज्ञांना एक अजब गोष्ट जाणवली. सूर्यापासून उत्पन्न होणारे विद्युतभारित कण अचानक अदृश्य झाले. आणि त्याचवेळी आकाशगंगेतील विश्वकिरणांची संख्या एकदम वाढली.



चुंबकीय रेषांच्या दिशेमध्ये काही जाणवण्यासारखा फरक झालेला नव्हता, त्यामुळे शास्त्रज्ञांच्या गटाने गृहीत धरलं की यान अजूनही सूर्याच्या प्रभावक्षेत्रात आहे.

शास्त्रज्ञांचा व्हॉयेजर गट चुंबकीय रेषांची दिशा बदलण्याची वाट पाहत होता. अशा कल्पनेनं की सूर्याच्या प्रभावक्षेत्राची सीमा ओलांडण्याची ती खूण असेल. शास्त्रज्ञांचा असा समज होता की, आंतरतारकीय अवकाश 'शांत' आणि स्थिर असेल. पण वस्तुस्थिती तशी नाही. सूर्यावर स्फोट झाला की त्यातून सूर्याच्या प्रभावक्षेत्रामध्ये दाबलहरी पसरतात. या

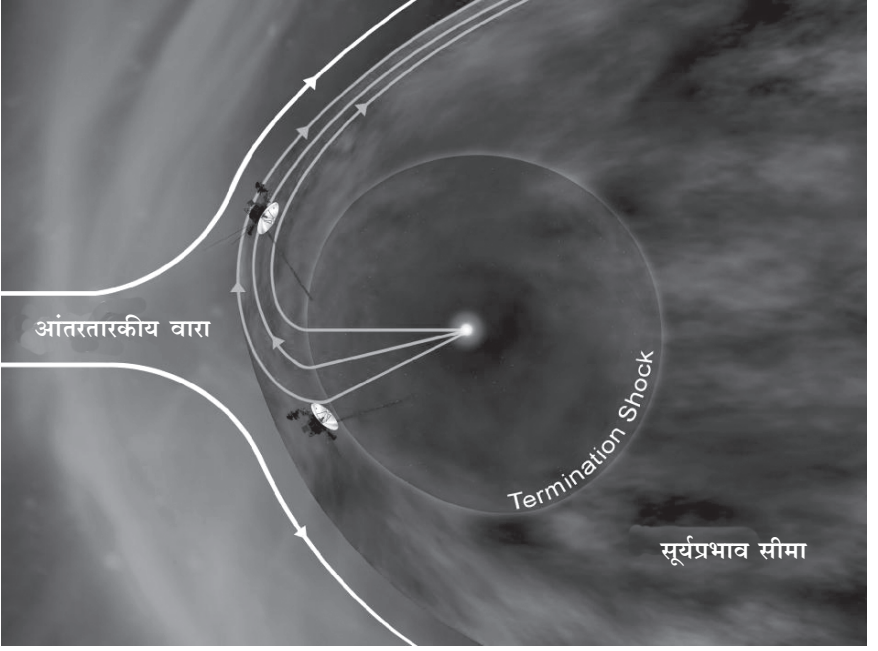
लहरी आंतरतारकीय अवकाशातल्या प्लाझमामध्ये पोहोचल्या की त्यात शॉकवेव्हस तयार होतात. त्यामुळे व्हॉयेजर सूर्याचे प्रगतक्षेत्र सोडून आंतरतारकीय अवकाशात पोहोचल्याबरोबर त्याला या शॉकवेव्हसच्या हादऱ्यांना तोंड द्यावे लागते. यातूनच शास्त्रज्ञांना यान आंतरतारकीय अवकाशात पोहोचल्याचा पुरावा मिळाला. पण मधल्या काळात सूर्यावर झालेल्या एका स्फोटानंतर गेल्या वसंत ऋतूत सभोवतालच्या अवकाशात घंटानादासारखा आवाज झाला आणि शास्त्रज्ञांना हवा तो पुरावा मिळाला, की मागच्या वर्षीच्या ऑगस्टमध्ये ही



व्हॉयेजर - १

११ x १०<sup>९</sup> मैलांवरच्या प्रदेशात जाताना.





व्हॉयेजर १ दक्षिण गोलार्धाकडून उत्तरेकडे जाणाऱ्या सौर वातामध्ये न्हाऊन निघते आहे.

सीमारेषा व्हॉयेजर १ ने ओलांडली.

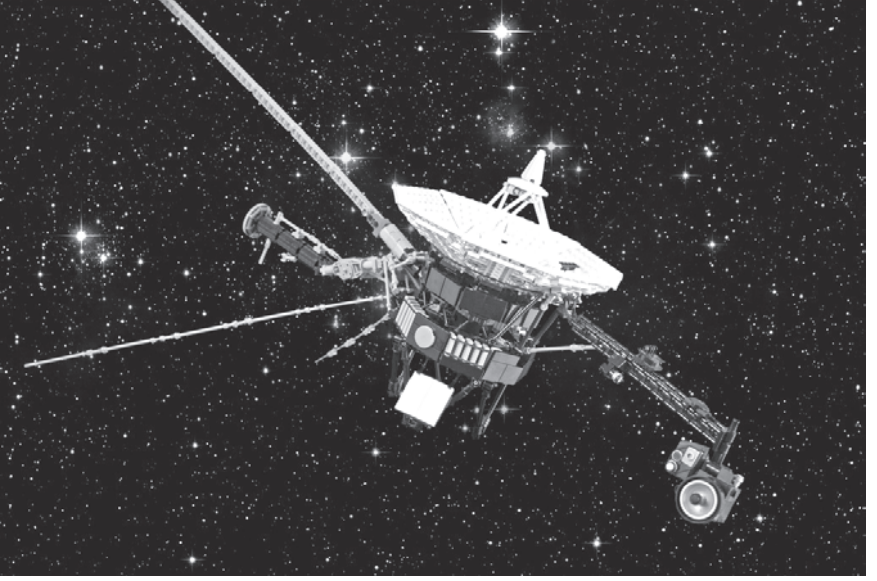
आयोवा विद्यापीठातले व्हॉयेजर शास्त्रज्ञ डॉन गुर्नेट यांनी 'सायन्स' या नियतकालिकात विधान केलं. “आम्हाला १० सेकंदात समजलं की आपण आता आंतरतारकीय अवकाशात आहोत.

व्हॉयेजर १ जवळ विद्युतशक्तीचा आणि नियंत्रणासाठी प्रणोदकाचा (प्रोपेलंट) साठा इतका आहे की त्याचा उपयोग करून यानावर असलेल्या सर्व उपकरणांच्या साहाय्याने ते इ.स. २०२० पर्यंत शास्त्रीय माहिती आपल्याला पाठवत राहू शकेल.”

फिस्क या शास्त्रज्ञाच्या मतानुसार चुंबकीय रेषांच्या दिशेमध्ये बदल का होत नाही हे कोडेच आहे.

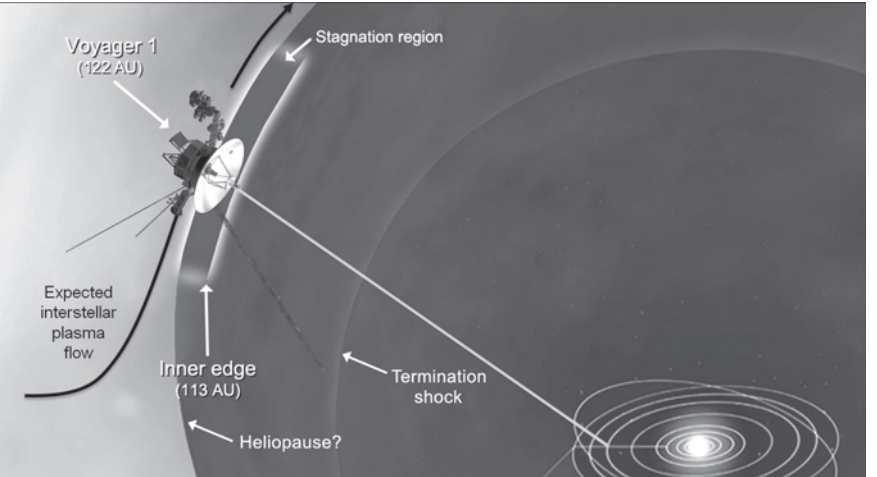
हार्वर्डचे अवकाश वैज्ञानिक जोनाथन मॅकडोवेल स्पष्टपणे म्हणतात, “अजून एकदोन वर्षांनी व्हॉयेजर १ ठोसपणे बाहेर गेल्याचे पुरावे मिळेपर्यंत मी विश्वास ठेवणार नाही.”

आपल्यातल्या बहुतेकांना असं वाटतं की व्हॉयेजर १ सूर्यमालेच्या पलीकडे गेलं आहे; पण खरं पाहता सूर्यमालेतले शेवटचे घटक म्हणजे सूर्याभोवती फिरणाऱ्या छोट्या



छोट्या बर्फासारख्या वस्तू ओलांडून जायला त्या यानाला अजून हजारो वर्षांचा प्रवास करावा लागणार आहे.

व्हॉयेजर २ सध्या सूर्यापासून फक्त ९५० कोटी मैल अंतरावर आहे. व्हॉयेजर १ पर्यंत पोहोचायला त्याला अजून ३ वर्षांचा



‘नासा’चं व्हॉयेजर १ आंतरतारकीय अवकाशात प्रवेश करण्याच्या बेतात असताना प्लाझ्माचा प्रवाह कसा असेल त्याचं कल्पनाचित्र.

## घंटानाद

व्होयॅजर १ अंतराळ यानाला आत्तापर्यंत तीन शॉकवेव्हजचा अनुभव आला. त्यातली सर्वात नवी होती फेब्रुवारी २०१३ मधली. ती तर अजूनही चालू आहे असे दिसते. या आधीच्या शॉकवेव्हमुळे संशोधकांची खात्री झाली की यान आता आंतरतारकीय अवकाशात गेलेले आहे.

संशोधकांच्या अपेक्षेप्रमाणे आंतरतारकीय अवकाश शांत, सुरळीत प्रवास करण्यासारखे दिसत नाही. तिथे बऱ्यापैकी शॉकवेव्हज भेटतात.

सूर्यामधून जेव्हा प्लाझ्माचे चुंबकीय ढग बाहेर फेकले जातात, तेव्हा दबावाचा एक तरंग निर्माण होतो.

जेव्हा हा तरंग आंतरतारकीय प्लाझ्मापर्यंत पोचतो. तेव्हा शॉकवेव्हज तयार होतात आणि प्लाझ्मामध्ये इतक्या हालचाली होतात की त्सुनामी तरंग निर्माण होतो.

या त्सुनामीचा आंतरतारकीय आयनीभूत वायूवर परिणाम होऊन वायूत स्पंदने (रेझोनन्स) तयार होतो व त्याचा घंटानादासारखा आवाजही येऊ लागतो. तेच हे आंतरतारकीय संगीत ! ते ऐकण्यासाठी : <http://www.jpl.nasa.gov/video/details.php?id=1347> वर जा.

ऑक्टो-नोव्हेंबर २०१२ दरम्यान पहिली शॉकवेव्ह भेटली तर दुसरी एप्रिल-मे २०१३ मध्ये. यावेळी व्होयॅजर सूर्यप्रभावाच्या सीमेबाहेर गेल्याची संशोधकांना खात्री वाटली. आता ज्या माध्यमातून व्होयॅजर १ प्रवास करत होते, ते आधी मोजले त्याच्या चाळीसपट घनता असलेले होते. इथल्या प्लाझ्मा रिंग जास्त वारंवारितेच्या आणि जास्त घनतेच्या होत्या. आता ही घनता जास्त असण्याचे कारण काय? शॉकवेव्हमुळे का माध्यमच जास्त घनतेचे असल्यामुळे? ते मात्र अजून समजलेले नाही.

अवधी लागेल.

यानांवरचं आण्विक इंधन त्यांना जेमतेम २०२५ पर्यंत पुरेल. नंतर मात्र सगळी उपकरणं बंद करून त्यांना गाशा गुंडाळावा लागेल.

माहितीजालावरून साभार.  
सविस्तर माहितीसाठी 'नासा'चे संकेतस्थळ पहा.

लेखक : **अमलेंदु सोमण**, मेटॅलर्जीकल इंजिनियर,  
संदर्भ संपादक गटात कार्यरत. ०९४२३००५६८९;  
[amalendusoman@gmail.com](mailto:amalendusoman@gmail.com)

# कार्बनडायऑक्साईडचा ढग

आपल्या पृथ्वीवर तीन तळी अशी आहेत, की तिथून अधूनमधून पूर येतात. साधेसुधे पाण्याचे पूर नव्हेत, तर हे पूर असतात कार्बनडायऑक्साईडचे !

ही तळी मात्र पाण्याचीच आहेत. मग त्यातून कार्बनडायऑक्साईडचा पूर कसा येईल?

सुरुवातीला असा पूर जेव्हा आला तेव्हा ते गौडबंगालच वाटलं असणार. खरं

तर या तळ्यांभोवती फिरणाऱ्या माणसांना त्यातून बाहेर पडणाऱ्या, घुसमटून टाकणाऱ्या वायूचा काही एक अनुभव होता. न्योस नावाचे एक सरोवर कामेरून देशात आहे. दुसरे मनौन नावाचेही त्याच देशात आहे. तिसरे किवू नावाचे तळे आहे कांगो देशामध्ये.

१९८६ साली एकदा, अचानक एके दिवशी न्योस या तळ्याजवळच्या गावातली हजारो गाईगुरे आणि शेकडो माणसे मृत्यू





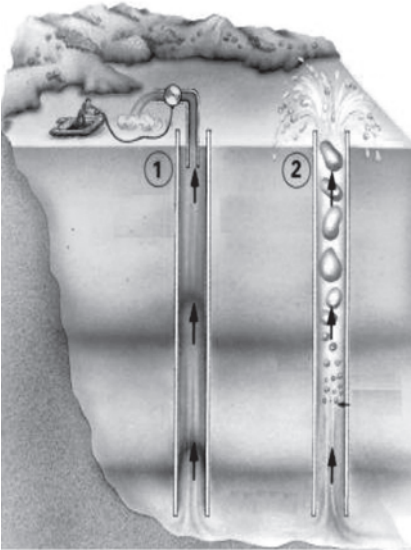
पावली. तपासणीवरून लक्षात आले, की कार्बनडायऑक्साईडमुळे होणारी घुसमट हे ह्याचे कारण आहे. आसपासच्या गावातही

कमी प्रमाणात पण अशा घटना घडल्या होत्या.

हे तळे एका निद्रिस्त ज्वालामुखीच्या



कुशीत निर्माण झालेले आहे. त्याच्या तळाशी एका बाजूला म्हणजे वितळलेल्या खडकाचा थोडा भाग आहे. त्यातून तळ्याच्या पाण्यात थोडाथोडा कार्बनडायऑक्साईड मिसळत राहतो. त्यामुळे पाण्याचे रूपांतर कार्बोनिक ॲसिडमध्ये होते. तळे अत्यंत खोल असल्यामुळे, तळ्यातील पाण्याचे वेगवेगळ्या तापमानाचे थर एकमेकांवर असतात. सर्वात तळाचे पाणी थंड आणि जास्त दबावाखाली असते, त्यात बराच कार्बनडायऑक्साईड विरघळलेल्या अवस्थेत राहतो. वरच्या बाजूचे पाणी जरा जास्त तापमानाचे असते आणि त्यावर दाबही कमी असतो. पाणी संध असते, त्या काळात पाणी कार्बनडायऑक्साईडमुळे संपृक्त होईपर्यंत तो पाण्यात विरघळत राहतो,



वायूचा निचरा

मात्र नंतर जर एखादा भूकंप किंवा भूस्खलन झाले, ज्वालामुखीचा उद्रेक झाला किंवा अगदी पावसाचे पाणी जरी एकाच बाजूला मिसळत राहिले तरी तो वायू प्रचंड प्रमाणात बाहेर पडतो. हवेपेक्षा दीडपट जड असल्याने तो बराच काळ जमिनीलगत राहतो. शेजारच्या दऱ्याशेतांमधून ओसंडत तो वाहू लागतो.

१९८६ मध्ये जेव्हा हा ढग निर्माण झाला, तेव्हा २३ कि.मी. परिसरात ५० मी. उंचीचा हा ढग ३-४ गावांमध्ये पसरला होता. ताशी २०-५० कि.मी. वेगाने तो ढग पुढे सरकला होता. १.२ घन कि.मी. वायू बाहेर पडला होता. ह्याच्या तडाख्यातून जे वाचले, त्यांनाही श्वसनाचे आजार, अंतर्गत जखमा आणि काहींना तर पक्षाघाताचा त्रास झाला. तळ्याचे नेहमीसारखे निळे पाणी लालबुंद झाले, पाण्याची पातळी मीटरभर खाली गेली आणि जवळची झाडेदेखील कोलमडून पडली होती. अशा दुर्घटना टाळण्यासाठी बऱ्याच संशोधकांनी एक उपाय सुचवला: तराफ्यांवर बसवलेल्या पाइपामध्ये पंप बसवून तळाच्या पाण्यातला वायू थोड्या थोड्या प्रमाणात सतत बाहेर काढत राहायचा. १९९२ आणि ९५मध्ये या प्रकारचे यशस्वी प्रयोग झाले आणि नंतर न्योस सरोवरात वायूचा निचरा करण्यासाठी व्यवस्था केलेली आहे.

■ ■

संकलन : नीलिमा सहस्त्रबुद्धे

# शिक्षणात नाटक

## एक अनुभव

लेखक : अनिल सिंह • अनुवाद : यशश्री पुणेकर

शिक्षणात नाट्यसंयोजन हा काही नवीन विषय नाही. खरं तर नाट्य हे शिक्षणाचं अभिन्न आणि अनिवार्य अंग आहे असं म्हटलं तर अतिशयोक्ती वाटणार नाही. द अमेरिकन

असोसिएशन ऑफ स्कूल अॅडमिनीस्ट्रर्स, द अलायन्स फॉर एज्युकेशन आणि जॉन एफ केनेडी सेंटर फॉर द परफॉर्मिंग आर्टस् यांनी १९८५ मध्ये एकत्रितपणे एक शोधनिबंध



प्रकाशित केला. त्यात त्यांनी म्हटले आहे, “आपल्या देशाचे भविष्य आपण किती सर्जनशील निर्मिती करतो यावर आधारित आहे.” नाटक कोणत्याही व्यक्तीला सर्जनशील बनवण्याचे एक सक्षम माध्यम आहे.

भोपाळमध्ये वंचित मुलांसाठी काम करणाऱ्या ‘मुस्कान’ या संस्थेबरोबर काम करत असताना एका निवासी शिबिरात रंगमंचीय माध्यमातून मुलांना शिकवताना मी स्वतः खूप काही शिकलो. या शिबिरात आठ ते चौदा वयोगटातली पंचवीस मुलं पंधरा दिवस एकत्र होती.

या निवासी शिबिरात आम्ही रंगमंचीय क्रियाकलापांसाठी सामान्य चर्चेपासून, संवाद लेखन, अभिनयापर्यंत असा एक सहज क्रम बनवला. प्रत्येक पायरीवर व्यवस्थित काम केलं. पाहुया आम्ही काय केलं ते -

### वेगवेगळे आवाज

वेगवेगळे आवाज काढण्यातून आवाज ऐकणे, त्याकडे लक्ष देणे आणि त्याचा संबंध इतर क्रियाप्रतिक्रियांशी जोडण्याची कला विकसित होते. मुलांनी रेल्वे, पाऊस, कुत्र्याचे केकाटणे, कोकिळेचा कुहू असे अनेक आवाज काढले. काहीजणांनी तर रस्त्यावरच्या फिरत्या विक्रेत्यांच्या (भाजी, कुल्फी, रद्दी, भंगार, इ.) वेगवेगळ्या प्रकारच्या आरोळ्यांची हूबहू नकल केली. ब्रिजेशने सांगितलं ‘गावात



कल्हईवाला आला की त्याच्या विशिष्ट आवाजातल्या हाळीवरूनच आम्ही ओळखायचो - ई ई ई कल्हई ई ई लावारे.’

या सत्राच्या सुरुवातीला मी माझा अनुभव सांगितला. “एकदा तिसरीत असताना बालसभेत सांगण्यासाठी मी ‘पहाटे पहाटे कोंबडा आरवला’ ही कविता तयार केली. शनिवारचा दिवस उजाडला. बालसभा सुरू झाली. कविता म्हणायला मी सर्वांसमोर उभा राहिलो. पण तोंडातून शब्द काही फुटेना. पाय लटपटायला लागले. कोंबडा तोंडातच अडकून पडला, बाहेरच येईना. मी अस्वस्थ झालो. खूप प्रयत्न करून मेहनत घेऊन दोन महिन्यांनी ती कविता मला सर्वांसमोर म्हणता आली.’ या उदाहरणानंतर बोलताना अडखळणे, संकोच वाटणे, योग्य शब्दात न सांगता येणे अशा अनेक गोष्टींची चर्चा झाली.



आपल्याला जे वाटतंय ते सांगण्यासाठी 'कोंबड्याला बाहेर काढणे' असा वाक्प्रचारच आम्ही वापरू लागलो.

याशिवाय कितीतरी निरर्थक आवाज आम्ही काढून पाहिले. त्या आवाजातून त्यांच्या मनातले भाव, त्यांच्या मनातील संकोचाची पातळी दिसून येई. या अशा आवाजाच्या खेळातून त्यांना धीट बनायला, त्यांची भीड चेपायला मदत झाली. त्यांना व्यक्त होण्याची गंमत कळली. एका खेळात तर सगळ्यांना गोल बसवलं. एकाने उठून गोलाभोवती एक विशिष्ट आवाज काढत फिरायचं आणि पुन्हा जागेवर येऊन बसायचं. कोणी 'ऊ S S S' तर कोणी 'ई S S S' असा स्वर काढून गोल चक्कर मारली. यातून आपलाच आवाज मोकळेपणाने ऐकण्याचा आनंद त्यांनी घेतला.

### शारीरिक हालचाली (मुद्रा)

कोणतीही गोष्ट अभिव्यक्त करताना शरीर जेवढं उपयोगी तेवढंच बाधकही आहे. काही गोष्टी, हालचाली आपण सहज करतो पण शरीर साधारणतः ज्या स्थितीला अनुकूल नसतं ती करणं कठीण मानतं आणि ती करताना संकुचित हालचाली करतं. सरळ उभं राहणं, बसणं, झोपणं या सहजक्रिया आहेत पण मुद्दाम ठरवून केलेल्या शारीरिक हालचाली मोकळेपणाने करणं अवघड जातं आणि हेच अभिव्यक्तीला बाधक ठरतं.

यासाठी आम्ही भरपूर शारीरिक हालचालींचा उपयोग केला. कवायतीप्रमाणे हातपाय हालवणे, मान उजवीकडे, डावीकडे, वरखाली करणे, स्वतःभोवती फिरणे अशा अनेक हालचाली मुलांनी केल्या पण जेव्हा शरीर चेंडूसारखं गोलाकार करून घरंगळत जाण्याची वेळ आली तेव्हा गाडं अडलं. बऱ्याचजणांना ते जमलं नाही. पण हळूहळू त्यांच्यातला संकोच कमी झाला. चवड्यांवर बसून गुडघ्यांभोवती मिठी घालायची आणि स्वतःला लोटून घायचं ! या खेळाची नंतर त्यांना गंमत वाटू लागली. कित्येक वेळा आपल्या शरीराचा आपण किती तऱ्हेने उपयोग करू शकतो हेच आपल्याला माहिती नसतं. कितीतरी हालचाली आपण करू शकतो. त्यातून कायकाय व्यक्त होऊ शकतं याची छान चर्चा त्यावेळी झाली. यातून आतली (मानसिक) आणि बाहेरची (शारीरिक) दोन्ही बाधा नष्ट झाली. मोकळेपणा आला. शरीराच्या मोकळ्या हालचालीतून अभिव्यक्ती जास्त तीव्र झाली.

सगळ्यांना एकेक चिट्ठी दिली. त्यातल्या नावानुसार त्यांनी शारीरिक स्थिती किंवा हालचाल करायची होती. अपंग व्यक्ती, साप, स्कूटर, खुर्ची, घर, दरवाजा अशा अनेक गोष्टीत शरीराचं रूपांतर करायचं आणि त्या वस्तूप्रमाणे हालचाल करायची. यातून स्वतःच्याच शारीरिक क्षमतेचा त्यांना नव्यानेच शोध लागला.

‘एखादा कुत्रा थंडीमुळे इकडेतिकडे लपायची जागा शोधतो. कोणी त्याला हाकलून दिल्यावर एखाद्या कोपऱ्यात दबकून बसतो आणि शू करताना भिंतीवर किंवा खांबाजवळ पाय वर करून उभा राहतो. हे सगळं स्वतःला कुत्र्याच्या भूमिकेत नेल्यावर केलं आणि कुत्र्याबद्दल कणव वाटू लागली. आता मी काहीही बनू शकतो.’ राजा (गंगानगर)

‘कोणीतरी जोरात लाठीहल्ला करतंय आणि तुम्हाला फक्त काही करून स्वतःचा बचाव करायचाय. भीती वाटतेय पण फुर्ती पण आहे. अशावेळी तुम्ही शरीराला कसं कसं वाकवता, उलटंपालटं करता. हाताने मार अडवायचा प्रयत्न करता. हे सगळं केल्यावर मला वाटू लागलं की नाटकच करत राहावं.’ भोन्नू (बापूनगर)

### भावमुद्रा

शरीराच्या हालचालीतून, देहबोलीतून व्यक्त होण्याबरोबरच चेहऱ्यावरील हावभावातूनही उत्तम अभिव्यक्ती होते. कित्येकवेळा आपल्या मनातले भाव उत्कटपणे चेहऱ्यावर दिसतात पण कितीदातरी आपण ठरवलेले भाव चेहऱ्यावर आणू शकू असे नाही. कधी कधी तर साधारण चेहरा करून कसंतरी काम भागवलं जातं. यात आपल्या अभिव्यक्तीसह आपलं सगळं व्यक्तीमत्त्वच प्रतिबिंबित होत असतं.



वेगवेगळे चेहरे करणं, त्यावर विविध भाव दर्शवणं तसंच त्या भावनांची तीव्रता, खोली आणि नाट्यमयता जितकी अधिक तितकं आपलं सादरीकरण प्रभावी होतं.

मुलांनी दुःख, भीती, आश्चर्य, आनंद, प्रेम, तिरस्कार, कपट, चलाखी असे कितीतरी भाव चेहऱ्यावर सहजपणे व्यक्त केले. एखाद्या काल्पनिक प्रसंगात आपण तिथे आहोत असं समजून त्या पात्राच्या भावनेचा अभ्यास त्यांनी केला.

### दृश्य संयोजन

रंगमंचीय क्रियांमध्ये कितीतरी गोष्टी अभ्यासण्याजोग्या असतात. पण त्यात दृश्य संयोजन कारणे हे एक विशिष्ट कौशल्य आहे. इथे तर्क, आपसातील सहकार्य, तत्परता, स्थान, प्रकाश आणि वेगाची समज व संतुलन

या सगळ्याचाच अभ्यास करता येतो. सांघिक कार्य म्हणूनही ते महत्त्वाचं आहे.

ललीतकलांमध्ये नाटकच प्रेक्षकांसमोर जिवंत रूपात येते. प्रेक्षकांचा नाटकावर आणि नाटकांचा प्रेक्षकांवर प्रभाव पडतो. या अभ्यासात वेगवेगळ्या गटांना वेगवेगळ्या काल्पनिक घटना दिल्या. त्यानुसार त्यांनी त्या विस्ताराने मांडायच्या, सादर करायच्या होत्या. त्यातल्या वेगवेगळ्या मुद्यांचा विचार करायचा होता. घटना जशी असेल तशी पात्रं निवडायची होती. प्रसंग तयार करायचा, संवाद लिहायचे असं सांगितलं होतं.

रात्री बसस्टॅण्डवर उतरलेले बाहेरगावचे प्रवासी जेवणासाठी हॉटेल शोधत असताना एक खडूस पोलीस त्यांना भेटतो अशी घटना होती. मुलांची जबरदस्त कल्पनाशक्ती आणि व्यावहारिक समज या प्रसंगाच्या सादरीकरणात दिसून आली.

विरेद्र हॉटेलवाला झाला. शेजारच्या दुकानदाराशी त्याने जो संवाद केला तो व्यावहारिक समजदारीचा एक अस्सल नमुना होता. त्याने पोलीस, रात्रीची कटकट, कर्मचाऱ्यांची वानवा, महागाई अशा मुद्यांवर चटकदार संवाद लिहीले. तो म्हणाला, “लोकांना वाटतं हॉटेलच्या व्यवसायात फायदाच फायदा आहे पण इथं किती अडचणी आहेत हे आमचं आम्हाला ठाऊक. आता तो जाडगोला पोलीस फुकटात खायला येईल. भरपूर जेवेल आणि वर ओरडेल ‘चला १०

वाजले. हॉटेल बंद करा’. कसा धंदा करणार तुम्ही?’

दुकानदाराच्या संवादातून पूर्ण बाजाराचा देखावा निर्माण केला. प्रीती, राणी, गोपी व ब्रजेश प्रवासी झाले होते. गावातलं नवखेपण, रात्रीची भीती, हॉटेलची शोधाशोध त्यांनी कमालीच्या कौशल्याने दाखवली. जाडजूड बंटीने अनुभव आणि समजुतीच्या जोरावर रगेल पोलीस वठवला. प्रवाशांवर प्रभाव टाकण्यासाठी हॉटेलवाल्यावर गुरकावणारा बंटी, हा खरा बंटी नव्हताच ! तो एखादा रागीट, अडेलतडू पोलीस वाटत होता, इतकी ती भूमिका त्याने आत्मसात केली होती. ‘इतक्या रात्री कुठे भटकताय तुम्ही ? पोलीसाला हॉटेलचा पत्ता विचारता, मी काय रिक्षावाला वाटलो काय ? लुच्चेलफंगेच दिसताय तुम्ही. एकेकाला ठाण्यावर नेऊन सरळ करतो.’

दुकानदार दयाशंकर, प्रवासी, हॉटेलवाला सगळ्यांनी या पोलीसाच्या भूमिकेला जी साथ दिली ती सांघिक काम आणि समायोजनाची कमाल होती. दृश्य समायोजनात पात्रांच्या जागा, त्यांच्या हालचाली, त्यांची देहबोली, संवादातून प्रश्नोत्तरे, प्रसंग पुढे नेण्याची हातोटी, संपूर्ण घटना नाट्यरूपात सादर करण्याचे कौशल्य विकसित होते. आपल्या रोजच्या जीवनातही अशा कितीतरी घटना आपण बघतो.

‘मुलीला शिकायचंय आणि तिने

लवकर लग्न करायला नकार दिला' या घटनेत तर कमालीचं संयोजन पाहायला मिळालं. राजा, माधव, निर्मला, अजय, वर्षा, राणी, गोपी सर्वांनी आपसात भूमिका वाटून घेतल्या. पहिला प्रसंग तयार केला आणि मग करतच गेले. प्रत्येकाने आपापली भूमिका समरसून केली. उदाहरणार्थ, जेव्हा मुलीला बघायला मुलाकडचे आले तेव्हा मुलगी झालेल्या वर्षाने आईला दबक्या पण ठाम स्वरात सांगितले. "माई, मला आत्ताच लग्न करायचं नाही. माझ्याबरोबरच्या सगळ्या मुली पुढे शिकणार आहेत. मलाही तसंच शिकायचंय, काही झालं तरी मी शिक्षण सोडणार नाही."

मुलीची आई झालेल्या निर्मलाने गंभीरपणे मुलीचं म्हणणं ऐकून घेऊन तिच्या वडिलांना सांगितले. मुलीच्या वडिलांनी

म्हणजे अजयने बराच विचार केला, मग मुलाकडच्यांना योग्य शब्दात सांगितलं की मुलीला पुढे शिकायचंय. घाई करण्यात अर्थ नाही. घरात बसून लग्नाच्या गोष्टी करताना, आतबाहेर जाऊन संवादाची योग्य ती पातळी राखताना मुलांनी अतिशय प्रभावी अभिनय केला आणि प्रसंग परिणामकारक बनवला.

राजाने मोटारसायकलवर पत्नीला बसवून मुलीकडे जाण्याचा उत्तम अभिनय केला. माधव राजाची पत्नी झाला होता. ओढणीचा उपयोग करून त्याने ते पात्र जिवंत केलं. कुटुंबप्रमुखाची परिपक्वता राजा आणि अजय दोघांच्या वावरण्यातून दिसली. राजा म्हणाला, "निर्मलाताई, तुमचं म्हणणं ठीक आहे, पण इतकं चांगलं स्थळ परत मिळणं कठीण आहे. तरीही तुम्ही म्हणत असाल



तर मी मुलाला दोनतीन वर्ष थांबायला सांगतो.”

या दृश्य संयोजनाच्या अभ्यासाने परिस्थितीचं विश्लेषण, आपापल्या दक्षतेवर जबाबदारीचं वाटप आणि प्रसंग परिणामकारक होण्यासाठी दृश्य, संवाद, देहबोली या सगळ्यांचा विचार करण्याचं कौशल्य त्यांना मिळालं.

### वस्तूंचा सुयोग्य वापर

नाटकात पात्रांइतकच नेपथ्याला महत्त्व आहे. एका बंदिस्त रचनेऐवजी कल्पनाशक्ती आणि सर्जनशीलतेला वाढवण्याची क्षमता विकसित करण्यासाठी संपूर्ण रंगमंचाचा विचार करणे आवश्यक आहे. एखादी काठी तिच्या नेहमीच्या उपयोगापेक्षा इतर वेगळ्या गोष्टीसाठी वापरणे हे सर्जनशीलतेला वाढवणारेच असते. एक काठी प्रसंगाच्या मागणीनुसार कधी छत्री, कधी टॉर्च तर कधी मोटरसायकलचं हॅन्डल, खुरपी म्हणून वापरणं ही मुलांनी कल्पकतेनं योजलेली गोष्ट होती. गौरीने ओढणीचा उपयोग स्टेथोस्कोपसारखा केला. ओढणी गळ्यात अडकवून छातीचे ठोके ऐकण्याचा असा काही अभिनय तिने केला की विचारू नका.

### झटपट संवाद लेखन

जेव्हा एखाद्या प्रसंगावर संवाद लिहायची वेळ येते तेव्हा आत्तापर्यंतचा अनुभव, माहिती

आणि समजुतीवर आधारित प्रतिक्रिया दिल्या जातात. दिलेल्या त्या थोड्याशा वेळात त्या परिस्थितीचं विश्लेषण, तिच्यामागचं कारण, याप्रसंगी आपण काय केलं पाहिजे हा सगळा विचार करावा लागतो. या सगळ्या कसरतीमध्ये परिस्थिती समजून घेणं, तार्किकदृष्ट्या विचार करणं या क्षमता पणास लागतात. प्रसंगानुरूप संवाद रचताना आपलं मत, आपलं म्हणणं इतरांसमोर सांगण्याचं धैर्य मिळतं.

उदाहरणार्थ, एक काल्पनिक प्रसंग तयार केला. निर्मला आणि गुड्डी त्यांच्या मुलांना २५ टक्के आरक्षणाच्या कायद्यानुसार एका मोठ्या खाजगी शाळेत घालायला निघाल्या. यावर विरेंद्रला लगेच संवाद लिहायला सांगितलं. तो म्हणाला, “कुठे चालला आहात वहिनी?”

“दादा, आपल्या मुलांना चांगलं शिक्षण मिळायला हवं म्हणून त्या खाजगी शाळेत नाव घालणार आहोत” गुड्डी.

“आपल्याला २५ टक्के आरक्षण आहे” निर्मला.

विरेंद्र “वहिनी खरं सांगू का, हा सगळा बनाव आहे. मी पण गेल्या वर्षी माझ्या दोन्ही मुलांना कॉन्वेंट शाळेत घातलं होतं. पण काय झालं? रोजची कटकट. कधी हे आणा तर कधी ते आणा. रोजचे बूट मोजे, ड्रेस, स्वेटर, खेळाचे कपडे वेगळेचं, कधी ही फी भरा तर कधी त्याचे पैसे द्या. मी अगदी



वैतागलो. बरं मुलं तरी खूश होती का? तर नाही. तिथे शिक्षक त्यांना झोपडपट्टीवाले म्हणून टोमणे मारतात. इतर मुलं चिडवतात. त्यांनी साफ सांगून टाकलं की या शाळेत आम्ही जाणार नाही.”

“अरे, हे तर आम्हाला माहितीच नव्हतं” गुड्डी.

“पण मग काय करायचं. आपल्या मुलांना चांगलं शिक्षण कसं मिळेल?” निर्मला.

विरेद्र, “आपल्या वस्तीजवळच्या सरकारी शाळेतच मुलांना घालायचं. तिथे त्यांचे मित्रही असतात. सरकारकडे या शाळा योग्यरितीने चालवण्याची मागणी लावून धरू.”

या मुद्यावर खूप चांगलीशी चर्चा झाली. लगेच संवाद लिहीताना विरेद्रची भोवतीच्या परिस्थितीची जाण दिसून आली. मुलं त्यांच्या मनातलं योग्यरितीने सांगण्याचा चांगला प्रयत्न करत होती.

## संवादफेक

शब्दांचं योग्य, शुद्ध उच्चारण आणि व्याकरणदृष्ट्या योग्य वाक्यरचनेचा अभ्यास मनात साहित्याविषयी गोडी उत्पन्न करतो. बोलीभाषा हीच मातृभाषा असणे आणि शुद्धभाषेचं वातावरण भोवती नसणे यामुळे साहित्यापासून मुलं दूर जातात. त्यामुळे हा अभ्यास या मुलांना थोडा कठीण वाटू शकतो किंवा भाषेबद्दल नावड निर्माण होऊ शकते. पण संवादातून, खेळातून त्यांना शिकवलं तर त्यांना आनंद मिळेल आणि रस निर्माण होईल. हाच उद्देश मनात धरून नाटकातील स्वरचित संवाद योग्य तऱ्हेने बोलण्याचा सराव घेतला. स आणि श मधला फरक, योग्य ठिकाणी अनुस्वाराचा उच्चार, साधे आणि जोडाक्षरयुक्त शब्द योग्य समजुतीने बोलणे, कमी वापरले जाणारे शब्द, त्यांचे अर्थ असा सगळाच विचार केला गेला.

फळ्यावर लिहून काही अक्षरांचा उपयोग, शब्दरचना, उच्चार असा सामुहिक सराव घेतला. या अक्षरांपासून सुरू होणारी नावं, शब्द मुलांनी शोधून काढायची होती. पुन्हा पुन्हा बोलून एकमेकांच्या मदतीने उच्चार सुधारायचे, त्यांचे वाक्यात उपयोग करायचे असा सगळा अभ्यास होता. मोठे संवादही असेच सरावाने नीट म्हणता येऊ लागले. लिखित गोष्टी मोठमोठ्याने वाचण्याचा पण चांगला परिणाम झाला. खरंतर बरीचशी मुलं एका ओघात वाचू शकत नव्हती. अंदाज

लावून, वाक्यरचना करणं त्यांना कठीण जात होतं पण पुन्हा पुन्हा करण्याच्या सरावाने त्यांच्यात थोडीथोडी सुधारणा होत होती.

या सगळ्या गोष्टी मुलांना आपल्या वाटल्या. कोणाला बोलणं, कोणाला हावभाव करणं, कोणाला एकत्र काम करणं तर कोणाला नकळ करणं आवडत होतं. कोणी शारीरिक हालचालीत मशगुल होतं तर कोणी गाणं म्हणण्यात रमत होतं. काहीजण तर फक्त सगळ्यांबरोबर वावरत होते.

या सगळ्यामुळे नाटकाची तयारी तर झालीच पण खूप मजाही आली. शिक्षणातून आपण ज्या सर्वांगीण विकास आणि जीवन कौशल्याची अपेक्षा करतो त्यासाठी हे असे प्रयोग उपयुक्त ठरतात. यात नाटक / रंगमंच हे एक जिवंत माध्यम आहे. शरीराची लय, ताल, भावमुद्रा, आवाजातील चढउतार व त्यातून भावदर्शन या सगळ्यातून, त्याच्या उत्तम संयोजनातून अप्रतिम अभिव्यक्ती होऊ शकते. ही कौशल्ये जीवनात अनेक ठिकाणी उपयोगी पडतात. यातून आत्मविश्वास उंचावतो. रंगमंचीय क्रियांमधून अनेक कौशल्य विकसित होतात आणि निर्मितीची भावना संतुष्ट होते. अलिकडे सेंट्रल बोर्ड ऑफ सेकंडरी एज्युकेशनने (CBSE) ११वी व १२ वीच्या विद्यार्थ्यांसाठी रंगमंचीय कला हा ऐच्छिक विषय ठेवण्याचं ठरवलं आहे. यात ११ वीमध्ये जास्त सैद्धांतिक अभ्यास आणि १२ वीमध्ये प्रात्यक्षिकांवर भर द्यायचं



योजलं आहे. यात रंगमंचावरच्या नाटकाबरोबरच पथनाट्य, नाट्यवाचन इत्यादीचा समावेश आहे. याचा अभ्यासक्रम तयार करण्यासाठी तज्ज्ञांची एक विशेष समिती नेमली आहे.

आता इतर अभ्यासाप्रमाणे या अभ्यासक्रमाचे 'घोका आणि ओका' असे स्वरूप होऊ नये हीच इच्छा. एखाद्या प्रयोगाला औपचारिक स्वरूप आलं की त्याच्या परिणामावर मर्यादा येतात हाच अनुभव आहे, तसं इथं होऊ नये.

हिंदी संदर्भ, अंक १२ मधून साभार



लेखक : अनिल सिंह, वंचित मुलांसाठी, काम करणाऱ्या मुस्कान संस्थेसाठी बरीच वर्षे काम. सध्या भोपाळामधील आनंद निकेतन डेमोक्रेटिक स्कूलशी निगडीत.

चित्र : हिरा धुर्वे, चित्रकलेत रस, 'अदर थिएटर'शी निगडीत.

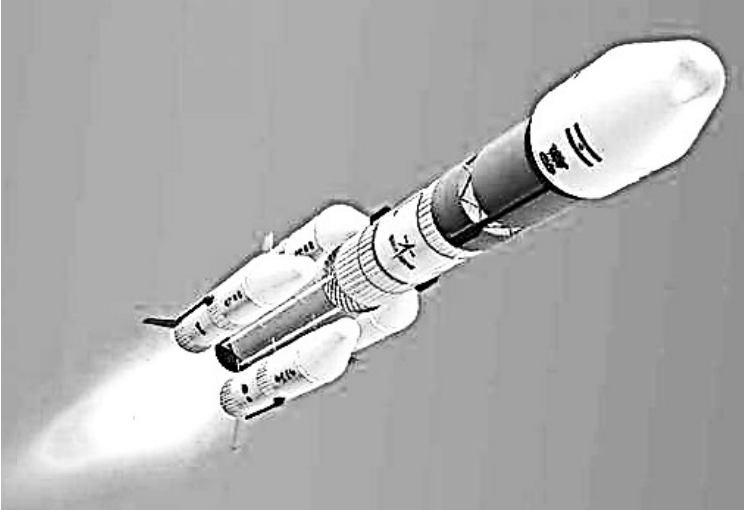
अनुवाद : यशश्री पुणेकर

## अग्निबाण

लेखक : सुरेश नाईक

अनेक शतकांपासून प्रचलित असलेल्या फटाक्याच्या दारूसारख्या मिश्रणापासून बनविलेल्या छोट्या आकाराच्या अग्निबाणापासून ते आकाशगंगेत उपग्रह सोडण्याची क्षमता असणाऱ्या शक्तिमान उपग्रहवाहकापर्यंत झालेली याची उत्क्रांती

विस्मयजनक आहे. युद्धात वापर करण्यासाठी बंदुकीची दारू भरून पहिला अग्निबाण बनविण्याचे श्रेय चीनला जाते. १२३२ मध्ये आक्रमक मंगोलियनांच्याविरुद्ध चिन्यांनी अग्निबाणांचा वापर केला. सतराव्या शतकाच्या उत्तरार्धात सर आयझॅक न्यूटनने





आधुनिक अग्निबाण तंत्रज्ञानाचा शास्त्रोक्त पाया रोवला. अठराव्या शतकाच्या अखेरीस म्हैसूरचा सुलतान हैदरअली व त्याचा मुलगा टिपू या दोघांनी ब्रिटिश सैन्याविरुद्ध लढताना अग्निबाणांचा वापर केला होता. त्याचा पल्ला दीड किलोमीटरचा होता. त्या काळात हे अंतर थक करणारे होते. रशियन शास्त्रज्ञ झोलोव्हस्की, अमेरिकन शास्त्रज्ञ रॉबर्ट गोदादे व जर्मन संशोधक हेमन ओवर्थ यांनीही या क्षेत्रात मूलभूत योगदान दिले आहे. १९३७ मध्ये दुसऱ्या महायुद्धात जर्मनीने वापरलेला व्ही-२ हा अग्निबाण ही अवकाशात प्रवेश करणारी पहिली मानवनिर्मित वस्तू होती. युद्धानंतर अमेरिकेत आलेल्या वेर्नहर फॉन ब्राऊन या जर्मन शास्त्रज्ञाने सुरुवातीस बांधणी केलेल्या व्ही-२ अग्निबाणाच्या धर्तीवरच आधुनिक अग्निबाणांची रचना करण्यात आली आहे.

मुळातच आतापर्यंत मनुष्याने हाती घेतलेल्या सर्वात चित्तथरारक उपक्रमापैकी अवकाशाचा शोध हा एक होय. याचे मुख्य कारण म्हणजे या क्षेत्रामध्ये अनुभवाला येणारी प्रचंड आव्हाने पेलण्यासाठी माणसाचे बुद्धिमत्ता, कल्पकता व सृजनशीलता हे गुण पणाला लागतात. अवकाशातल्या अत्यंत जोखीमपूर्ण मोहिमा मनुष्याच्या साहसी व विजीगीषु वृत्तीला आकर्षित करतात. महाकाय अग्निबाणांना पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून अवकाशात घेऊन जाणे ही अत्यंत कठिण

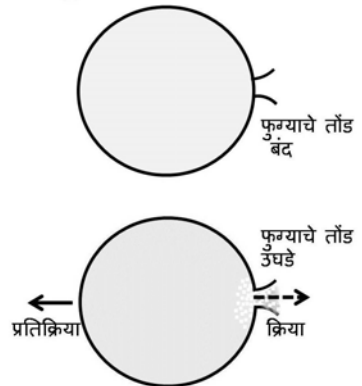
समस्यांपैकी एक होय. यासाठी रॉकेट इंजिन उपयोगी पडते.

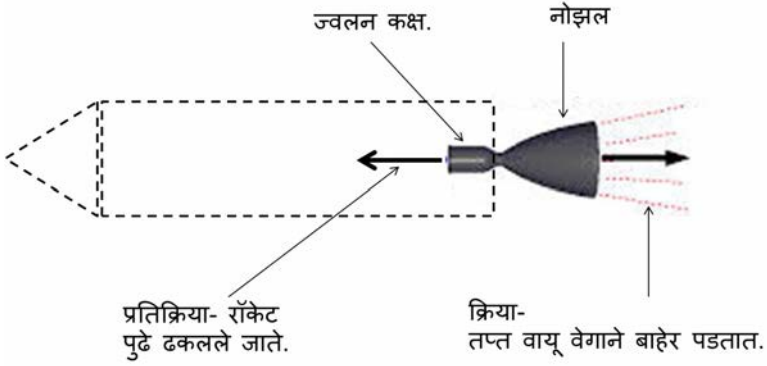
### अग्निबाणाच्या कार्याचे मूळतत्त्व

तसे पाहिले तर रॉकेट - इंजिनाचे मूळ तत्त्व इतके सोपे आहे, की आपण एखादे मॉडेल - रॉकेट अल्प खर्चात बनवून हवेत उडवूही शकतो; परंतु अवकाशात झेप घेणाऱ्या रॉकेट्सची इंजिन्स बनविणे इतके जटिल काम आहे, की आतापर्यंत जगातील सहाच देश अवकाशात पृथ्वीभोवतालच्या कक्षेत उपग्रह फिरविण्याचे तंत्रज्ञान आत्मसात करू शकले आहेत. हे देश आहेत अमेरिका, रशिया, युरोप, चीन, जपान आणि भारत.

अग्निबाणाचे मूळ तत्त्व समजून घेण्यासाठी एक सोपे उदाहरण म्हणजे ज्याचे तोंड बंद केलेले आहे, असा पूर्ण हवा भरलेला रबराचा एक फुगा घ्या. फुग्याचे तोंड

### आ.-२ अग्निबाणाचे मूळ तत्त्व- फुग्याचे उदाहरण





उघडल्यानंतर फुग्यामधील हवा तोंडाकडील दिशेने बाहेर पडते व फुगा त्याच्या विरुद्ध दिशेने ढकलला जातो. आपण जेव्हा अग्निबाणाबद्दल विचार करतो तेव्हा क्वचितच फुग्याविषयी विचार मनात येतात; परंतु या दोन्हीमध्ये खूपच साम्य आहे. एकच लक्षणीय फरक असा, की अग्निबाणामधला दाबाखाली असलेला वायू हा रासायनिक इंधनाच्या ज्वलनाद्वारे तयार करण्यात आलेला असतो. इंधन जळाल्यामुळे तयार होणारा व प्रचंड दाबाखाली असलेला तप्त वायू अग्निबाणाच्या तळाशी असलेल्या चिंचोळ्या नळकांडातून बाहेर पडतो. नळीचे चिंचोळे तोंड ज्या घटेच्या आकाराच्या भागामध्ये उघडते त्याला 'नोज़ल' (Nozzle) असे म्हणतात. या प्रक्रियेमुळे तप्त वायूच्या वस्तूमानाचा (Mass) प्रवेग (Acceleration) प्रचंड प्रमाणात वाढतो. व त्यामुळेच अग्निबाण उलट दिशेत ढकलला जातो. अशा प्रकारे रॉकेटचे कार्य न्यूटनने मांडलेल्या तिसऱ्या नियमानुसार

होते. हा नियम असे सांगतो की 'प्रत्येक क्रियेला तितकीच व विरुद्ध प्रतिक्रिया असते.' याबाबतीत नेहमी विचारला जाणारा प्रश्न असा की, 'अवकाशात हवा नाही तर तेथे कोणत्या गोष्टीला ढकलून अग्निबाण पुढे जाऊ शकतो?' या प्रश्नाचे उत्तर वरील माहितीवरून स्पष्ट होईल. तप्त वायूचा झोत वेगाने नोज़लमधून बाहेर पडण्याच्या क्रियेची प्रतिक्रिया म्हणून अग्निबाणाची विरुद्ध दिशेत पुढे जाण्याची हालचाल घडून येते. अवकाशात हवा नसल्याने घर्षण कमी झाल्याने उलट तेथे अग्निबाण अधिक वेगाने प्रवास करू शकतो.



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.

# चुंबकशक्ती कमी होत जाते का ?

लेखक : ब्रजेश कुमार • अनुवाद : गो. ल. लोंढे

लहानपणापासूनच माझ्या मनात चुंबकाबद्दल फार कुतूहल होते. चुंबकाबद्दल तऱ्हेतऱ्हेचे प्रश्न माझ्या मनात निर्माण होत होते. एखाद्या चुंबकाच्या साहाय्याने दुसऱ्या लोखंडी पदार्थात चुंबकत्व आणले तर मूळ चुंबकाची शक्ती कमी होते का हा त्यापैकीच एक असलेला प्रश्न माझा पिच्छा सोडीत नसे. बालपणी व किशारावस्थेत (वय ११ वर्षे ते १५ वर्षे) असतानामुद्धा माझ्या या प्रश्नाचे उत्तर मला मिळत नव्हते. माझ्या मनातला प्रश्न मनातच राहिला होता.

गेल्या वर्षी होशंगाबाद येथील एकलव्य संस्थेने विज्ञान शिक्षकांसाठी प्रशिक्षण शिबीर आयोजित केले होते. त्यावेळी कित्येक शिक्षकांनी आपल्या मनातील शंका व शास्त्रीय



प्रश्न अगदी मोकळेपणाने विचारले तेव्हा मी पण चुंबकाविषयी माझ्या मनात कित्येक वर्षे घोळत असलेला 'एक चुंबकाने दुसऱ्या लोखंडी पदार्थात चुंबकत्व आणले तर मूळ चुंबकाची शक्ती कमी होते का?' हा प्रश्न विचारला.

विज्ञान शिक्षकांनी जे प्रश्न विचारले होते, त्यापैकी काही प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यासाठी प्रथम शिक्षकांचे छोटे छोटे गट करण्यात आले. प्रत्येक गटाला दिलेल्या एका प्रश्नाचे उत्तर विचार विनिमय करून व आवश्यक प्रयोग आणि निरीक्षणे करून शोधायला सांगितले. आमच्या गटाकडे चुंबकशक्तीबद्दलचा मी विचारलेला प्रश्न सोपविला होता. आम्हा सर्वांना आमच्या प्रयोगाची निरीक्षणे व निष्कर्ष प्रशिक्षण शिबीराच्या शेवटच्या दिवशी सांगायची होती.

विचारविनिमय करून आमच्या गटाने असे ठरवले की दिलेल्या चुंबकाची शक्ती किती आहे हे प्रथम ठरवावे लागेल. त्यासाठी

आम्ही एक चुंबकसूची मागून घेतली व चुंबकाचा उत्तर ध्रुव आणि त्यापासून बऱ्यापैकी अंतरावर चुंबकसूचीचा उत्तर ध्रुव समोरासमोर ठेवले. मूळ चुंबक स्थिर ठेवून चुंबकसूची हळूहळू चुंबकाकडे सरकवली, जेव्हा अपसरण क्रिया घडली तेव्हा चुंबकाचा उत्तर ध्रुव आणि चुंबकसूचीचा उत्तर ध्रुव यातील अंतर मोजले. ते ३२ सेंटीमीटर भरले यावरून चुंबकाची शक्ती समजली.

दुसऱ्या लोखंडी पदार्थावर हाच चुंबक घासला तर चुंबकाची शक्ती कमी होते का हे अजमावण्यासाठी आम्ही प्रयोग केला. त्या प्रयोगासाठी आम्ही ५ सेंटीमीटर लांबीचा सायकलच्या आरीचा (स्पोकचा) एक तुकडा घेतला. व त्या तुकड्याच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत दिलेला चुंबक ३० वेळा घासला (एक स्पर्श पद्धती). त्या आरीच्या तुकड्यात चुंबकत्व आले आहे का हे तपासून पाहण्यासाठी आता आम्ही मूळ चुंबकाऐवजी तो तुकडा एका बाजूला स्थिर ठेवून त्याच्यासमोर पूर्वीप्रमाणेच चुंबकसूची त्याच्याकडे हळूहळू सरकवली. थोड्याच वेळात अपसरण क्रिया घडली. त्यावरून आरीच्या तुकड्यात चुंबकत्व आले आहे हे स्पष्ट झाले.

पुढच्या प्रयोगासाठी आम्ही मूळ चुंबक व आता तयार झालेला तार चुंबक वापरला. मूळ चुंबकाचा उत्तर ध्रुव आणि तार चुंबकाचा उत्तर ध्रुव पूर्वीप्रमाणेच काही अंतरावर ठेवले.

मूळ चुंबक स्थिर ठेवला व तार चुंबक त्या मूळ चुंबकाकडे हळूहळू सरकवला. जेव्हा अपसरण क्रिया झाली तेव्हा पूर्वीप्रमाणेच दोन्ही उत्तर ध्रुवातील अंतर मोजले ते पूर्वी इतकेच म्हणजे ३२ सेंटीमीटर भरले. या निरीक्षणावर आम्ही विचार केला तेव्हा आम्हाला असं वाटलं की आरीच्या तुकड्यात चुंबकत्व आणताना त्या मूळ चुंबकाची शक्ती अगदी सूक्ष्म प्रमाणात कमी झाली असेल आणि तो बदल आम्हाला मोजणे अशक्य झाले असेल.

यानंतर आम्ही एक जंगी (?) प्रयोग करायचा ठरवला व त्याची तयारी सुरू केली. प्रथम सायकलच्या स्पोकचे प्रत्येकी सहा सेंटीमीटर लांबीचे पंधरा तुकडे कापून घेतले. ते तुकडे गटागटाने ठेवता येतील असे तीन डबे घेतले. नंतर त्या तुकड्यांचे तार चुंबक / कमजोर चुंबक एकस्पर्शपद्धतीने तयार केले. प्रत्येक तारेच्या प्रत्येक तुकड्यावर दिलेला चुंबक २० वेळा एकस्पर्शपद्धतीने घासला व



ते तुकडे चुंबकित केले. त्या कमजोर चुंबकांपैकी पाच चुंबकाना अ१, अ२... अ५ अशी नावे दिली. पाच चुंबकाच्या दुसऱ्या गटातील चुंबकांना ब१, ब२,... ब५ अशी नावे दिली व त्याचप्रमाणे पाच चुंबकाच्या तिसऱ्या गटातील चुंबकांना क१, क२, ...

क५ अशी नावे दिली. त्याप्रमाणे डब्यांनाही अ, ब, क नावे दिली. नंतर आम्ही तीन समूहात विभागून पुढीलप्रमाणे प्रयोग केले.

समूह अ - प्रथम अ१, अ२, ..... अ५ या तार चुंबकांचे (कमजोर चुंबकाचे) दक्षिण ध्रुव आणि उत्तर ध्रुव चुंबकसूचीच्या

हा अनुभव वाचून असं वाटेल की एखाद्या चुंबकाने कोणत्याही लोखंडी पदार्थाला चुंबकत्व दिल्याने चुंबकाची शक्ती कमी होते. पण खरं तर लोखंड, कोबाल्ट, निकेल या मिश्र धातूंनी बनलेल्या कोणत्याही स्थायी चुंबकाने एखाद्या लोखंडी पदार्थाला चुंबकत्व दिले तर त्यांची शक्ती अजिबात कमी होत नाही. स्थाई चुंबकाचे चुंबकत्व सामान्य स्थितीत कायम राहते.

इथे हे समजून घ्यायला हवं की कोणत्याही चुंबकाचे चुंबकीय बल सूक्ष्म पातळीवर एकाच दिशेने असते. त्यामुळे एखाद्या चुंबकाचे चुंबकत्व नष्ट करताना सूक्ष्मपातळीवरील चुंबकीय बलाची दिशा बदलावी लागते.

चुंबकत्व नष्ट करण्याची एक पद्धत म्हणजे चुंबकाला त्याच्या क्युरी तापमानापर्यंत गरम करणे. क्युरी तापमान म्हणजे त्या तापमानाला चुंबकाचे चुंबकक्षेत्र अस्ताव्यस्त होते आणि फॅरोमॅग्नेटिक पदार्थाचे चुंबकत्व एकदम कमी होऊ लागते. वेगवेगळ्या फॅरोमॅग्नेटिक पदार्थांसाठी क्युरी तापमान वेगवेगळे असते. उदा. लोखंडाचे क्युरी तापमान ७७० डिग्री सेल्सियस तर कोबाल्टचे ३४० डिग्री सेल्सियस आहे.

चुंबकाला हातोड्याने ठोकून ठोकून त्याचं चुंबकत्व कमी करता येतं पण वर सांगितल्याप्रमाणे स्थाई चुंबकत्व कायम राहतं. कमी शक्तीच्या चुंबकावर हातोडीने ठोकल्यामुळे फॅरोमॅग्नेटिक पदार्थ विखरून जातात आणि त्यामुळे चुंबक शक्ती कमी होऊ शकते. पण स्थाई चुंबकाद्वारे इतर लोखंडी पदार्थांना चुंबकत्व दिल्याने मूळ चुंबकाची शक्ती कमी होते का याबाबत अधिक संशोधनाची गरज आहे.

साहाय्याने ओळखून नेलपॉलिश वापरून तार चुंबकांवर ध्रुवदर्शक खुणा केल्या व दिलेल्या चुंबकाच्या साहाय्याने अपसरण पद्धती वापरून त्या तार चुंबकांची शक्ती मोजली.

त्यानंतर त्या तारचुंबकातील चुंबकत्व नाहीसे करण्यासाठी ते वेगवेगळ्या पदार्थांवर प्रत्येकी २० वेळा घासले ते पुढीलप्रमाणे  
अ१ तारचुंबक लोखंडावर घासला.  
अ२ तारचुंबक स्टीलवर घासला.  
अ३ तारचुंबक अॅल्युमिनिअमवर घासला तर  
अ४ तारचुंबक फरशीवर घासला आणि  
अ५ तारचुंबक कशावरच घासला नाही.  
नंतर अ डबा घेऊन त्याच्या पाचही पुडात ते तारचुंबक ठेवले. ते समांतर ठेवले व एकाचा दक्षिण ध्रुव आणि दुसऱ्याचा उत्तर ध्रुव शेजारी शेजारी येतील असे ठेवले. समूह ब आणि समूह क साठी वरील अ समूहाप्रमाणेच कृती केली फक्त ब डब्यातील सर्व तारचुंबकाचा

एकच ध्रुव एका दिशेला ठेवला आणि क डब्यातील सर्व तारचुंबक विस्कळीत ठेवले.

वरील तिन्ही प्रयोग समूहांचे निरीक्षण आम्ही अनुक्रमे २४, ४८ व ७२ तासानंतर केले. व सर्व तारचुंबकांची शक्ती मोजली.

हा प्रकल्प पूर्ण केल्यानंतर त्यात अजून काहीतरी कमतरता राहिली आहे असे आम्हाला जाणवले व पुन्हा तो प्रकल्प पूर्वीपेक्षा जास्त काळजी घेऊन पहिल्यापासून करणे आवश्यक आहे असे वाटले. तारचुंबकांची चुंबकशक्ती नष्ट करण्याच्या प्रयोगात ती काही अंशी कमी झाली असे वाटे पण पुढच्या ४८ व ७२ तासात ती शक्ती भरून निघाली असे आढळलेले पाहून आम्ही तर चक्रावूनच गेलो. हे कोडे सोडवणे अजून शिल्लक आहे. आपण त्यासाठी आम्हाला मदत करू शकाल का?

हिंदी संदर्भ, अंक ९२ मधून साभार



हिंदी अनुवाद : ब्रजेश कुमार, कानपूरच्या जागृती बालविकास समितीत कार्यरत  
मराठी अनुवाद - गो. ल. लोंढे, निवृत्त प्राचार्य.

## हिंदी संदर्भ

वार्षिक वर्गणी रुपये १५०/-.

पत्ता : एकलव्य, इ-१०, बी.डी.ए. कॉलनी,  
शंकर नगर, शिवाजीनगर, भोपाळ - ४३२०१६.

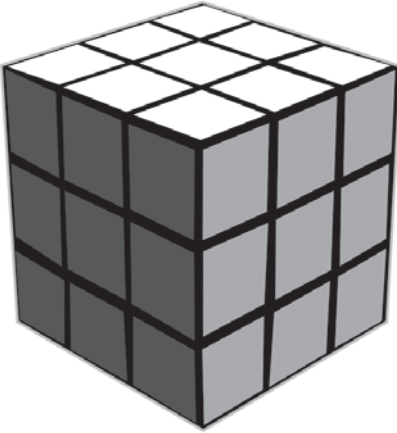
# सममिती मध्ये गणितीय काय आहे?

लेखक : श्रेया खेमाणी • अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे-फडके



साधारणपणे आपण सममितीला आकाराचा एक गुणधर्म मानतो. पण सममितीची संकल्पना गणितामध्ये सुद्धा आहे. कुठल्याही सममित गोष्टी आपल्याला अशा प्रकारे बदलता येतात की बदललेल्या अवस्थेतसुद्धा सममितीचा गुणधर्म कायम राहिल. हे कोणत्या प्रकाराने करता येते, किती प्रकारे करता येते, आणि ते वापरून सममित गोष्टींचे विश्लेषण कसे करता येते, हे आपण गणिताच्या गुपथेअरीद्वारा समजून घेऊ शकतो. केवळ भौतिकशास्त्र आणि रसायनशास्त्रातच नाही तर रोजच्या जीवनातसुद्धा सममिती आढळते. उदा. रूबिक क्यूब, कापडावरची नक्षी, वर दाखवल्याप्रमाणे काही पॅटर्न्स वगैरे. ह्या सगळ्याबद्दल आपली समज वाढते, ती गणितीय विचारामुळे.

१९७४ मध्ये एरनो रुबिकने एक असे खेळणे विकसित केले, ज्याची मोहिनी जगावर आजही कायम आहे. तुम्हीसुद्धा कधी ना कधी हे रंगीत आणि जादुई खेळणे पाहिले असेल, ज्याला आपण आज 'रुबिक क्यूब' म्हणून ओळखतो. तुमच्यापैकी अनेकांनी ह्या खेळण्याचे कोडे सोडवण्यात कित्येक तास घालवले असतील आणि काही लोक ते सोडवण्यात यशस्वीसुद्धा झाले असतील. पण कदाचित असेही असू शकेल की तुम्हाला ह्या खेळण्याबद्दल काहीच माहीत नसेल. अशा लोकांसाठी खाली एका अस्पर्शित रुबिक क्यूबचे चित्र दिले आहे. (चित्र-१) क्यूबचा प्रत्येक पृष्ठभाग नऊ चौरसांपासून



चित्र १: सुरुवातीच्या स्थितीत असलेला, अस्पर्शित रुबिक क्यूब. ह्यातील प्रत्येक पृष्ठभाग एका वेगळ्या रंगाचा असतो. हा पृष्ठभाग एकाच रंगाच्या ९ चौरसांपासून बनलेला असतो.

बनला आहे आणि चित्रामध्ये क्यूबची जी स्थिती दाखवली आहे, त्यात एका पृष्ठभागावर एकाच रंगाचे चौरस आहेत. खरे तर चौरस म्हणजे छोटया छोटया क्यूब्सचा see oil समूह आहे. ह्या छोटया क्यूब्सपासूनच रुबिक क्यूब बनला आहे. जर क्यूब हातात घेऊन त्याचा तळ थोडा वेळ फिरवत राहिलो तर तळात वेगवेगळे रंग एकत्र झालेले दिसतील. क्यूब त्याच्या पूर्वस्थितीला आणण्याचा कुठलाही स्पष्ट मार्ग नाही, हे तुमच्या लक्षात येईल. क्यूब त्याच्या अस्पर्शित पूर्वस्थितीत आणण्याचे कोडेच ह्या खेळातले आव्हान आहे.

बऱ्याचदा लोक हे खेळणे किती किचकट आहे किंवा गणितीय आहे, असे म्हणताना दिसतात.

बऱ्याचदा लोक कुठलेतरी खेळणे, संगीताची धून किंवा कुठल्यातरी नक्षीबद्दलही 'हे किती गणितीय आहे!' असं म्हणतात. अशा स्वरात 'गणितीय' हा शब्द म्हटला जातो की 'गणितीय'च्या ऐवजी 'सुंदर' हा शब्द सुद्धा वापरला जाऊ शकतो... 'सुंदर आणि रहस्यमय' असे म्हणणे जास्त चांगले आहे. तुम्हाला काय वाटते? असे म्हणणाऱ्यांचा आशय काय असेल?

रुबिक क्यूबमध्ये असे काय आहे, जे त्याला गणितीय बनवते? अगदी निरागस वाटणाऱ्या ह्या खेळण्यात असे काय आहे, ज्यामुळे गणितज्ञांनी त्याच्या गणितीय गुणाचे



विश्लेषण करण्यासाठी अनेक शोधनिबंध लिहीले?

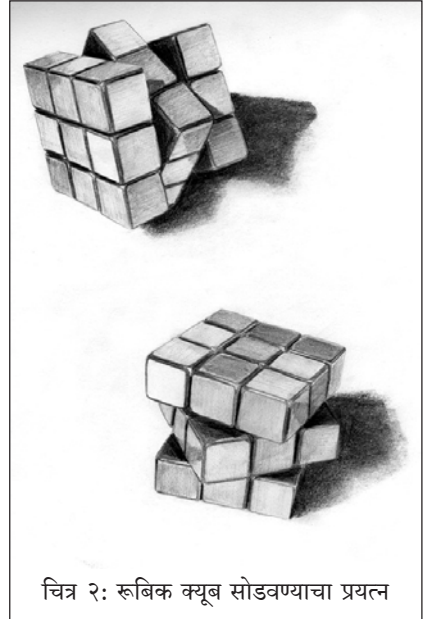
फक्त रूबिक क्यूब एक रेग्युलर पॉलिहायड्रॉन (नियमित बहुतल) आहे. नक्कीच ह्यामागचे कारण एवढेच नाही. एरनो रूबिक स्वतःसुद्धा काही गणितज्ञ नव्हते. एका कवी आणि विमान-इंजिनीअरच्या घरी जन्मलेल्या रूबिकनी आर्किटेक्चरचा अभ्यास केला आणि नंतर इंटिरिअर डिझाईन शिकवू लागले. त्यांना कदाचित हे माहिती नव्हते की त्यांनी बनवलेले खेळणे काही वर्षांतच विश्वविख्यात होईल. १९८२ साल उजाडता उजाडता रूबिक क्यूब घराघरात पोहोचू लागला होता आणि ऑक्सफर्ड इंग्लिश डिक्शनरीचा भाग बनला होता. जगभरात आत्तापर्यंत दहा कोटीपेक्षा जास्त रूबिक क्यूब विकले गेले आहेत.

**रूबिक क्यूब, गणित आणि सममिती**  
रूबिक क्यूबवर एक नजर टाकली की आपल्या लक्षात येते की ह्या खेळण्यात कुठलेही आकडे नाहीत, ना त्यात काही समीकरण सोडवायचे आहे. मग त्यात गणितीय असे आहे काय? 'रूबिक क्यूब किती प्रकारांनी सोडवला जाऊ शकतो' असा प्रश्न आपण विचारला किंवा 'किती पायऱ्यांनंतर सगळे रंग एकत्र असलेल्या स्थितीतून सुरुवातीची स्थिती आणता येते' असा प्रश्न विचारला तर त्याचे उत्तर

शोधण्यासाठी मात्र आपल्याला गणिताची मदत घ्यावी लागेल. गणिताची जी शाखा आपल्याला ह्या प्रश्नांची उत्तरे देते, ती आपल्याला एका आश्चर्यजनक अशा जगात घेऊन जाते आणि ते जग आहे, 'सममिती'चे. खरे तर, कुठल्याही गणितीय कलेत, संगीताच्या तुकड्यात किंवा रूबिक क्यूब सारख्या खेळण्यात जी दिसते, ती सममितीच आहे. सममितीचा गणिताशी काय संबंध आहे, हे समजून घेण्याआधी, आपण हे समजून घेऊ की 'सममिती' म्हणजे काय आणि ती कशी 'मोजता' येते.

### सममितीचे गुणधर्म

जेव्हा वेगवेगळ्या बाजूंनी पाहूनसुद्धा ती वस्तू



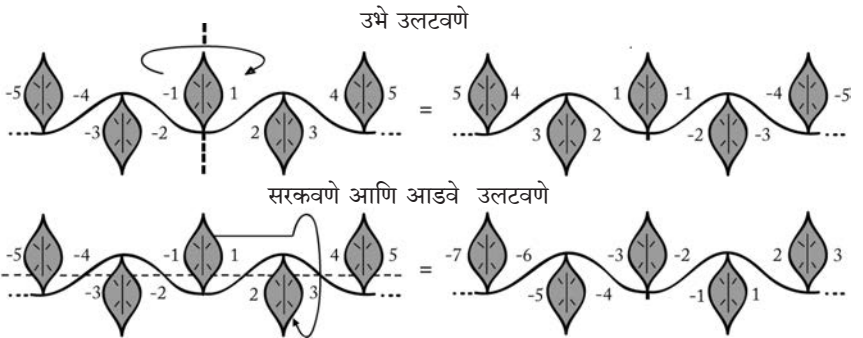
चित्र २: रूबिक क्यूब सोडवण्याचा प्रयत्न

सारखीच दिसते, तेव्हा तिला आपण समरूप म्हणतो. उदाहरणार्थ, असे मानले जाते की मानवी शरीर द्विपक्षी सममित असते, कारण आपला डावा आणि उजवा भाग जवळजवळ सारखेच असतात. जेव्हा आपण आरशासमोर उभे राहतो तेव्हा आपण आणि आपले प्रतिबिंब जवळजवळ सारखेच असते. छताला लावलेल्या पंख्यामध्ये तीनपक्षी घूर्णीय किंवा चक्रीय सममिती असते. आपण जर पंखा १२० अंशात फिरवला (वर्तुळाचा एक तृतीयांश भाग) तर सुरुवातीची आणि नवीन स्थिती ह्यामध्ये काही फरक नसेल.

आता भिंतीवर काढलेले चित्र-३ पहा. एका आडव्या रेषेवर पुढे सरकवून किंवा त्याच रेषेला संदर्भ मानून हे चित्र जर फिरवले तर किंवा एका उभ्या रेषेला संदर्भ मानून फिरवले तर चित्रातील नक्षी (पॅटर्न) बदलत नाही. अशी नक्षी पुनःपुन्हा वापरून किनार तयार करतात. त्यालाच फ्रीज पॅटर्न (frieze pattern) म्हणतात.

आपण वस्तूची किंवा प्रतिबिंबांची सममिती कशी मोजू शकतो? आपण ह्या वस्तू किंवा नक्ष्यांच्या आकाराचा किंवा रचनेचा विचार करत आहोत, त्यांच्या 'रंग' वगैरे गुणधर्मांचा नाही. त्यामुळे केवळ 'सारखे दिसणे' सोडून इतरही काही गुणधर्मांचा विचार करूया, ज्यामध्ये ही नक्षी त्याच मितीमध्ये चपखल बसेल. सममिती मोजण्यासाठी आपण अशा सगळ्या प्रकारांची एक यादी करू. ज्या प्रकारांनी आपल्याला नक्षी फिरवून परत मूळ अवस्थेमध्ये आणता येईल आणि तिचा आकारही कायम राहील.

जेव्हा आपण रूबिक क्यूबचा विचार करतो तेव्हा आपण त्यातील छोट्या छोट्या क्यूबच्या विविध रचना पाहत असतो. क्यूबची रचना अशा प्रकारे केलेली आहे की तो कुठल्याही प्रकारे फिरवला तरी पुन्हा पूर्वीच्या आकारात येतो. अशा परिस्थितीत क्यूबचा अभ्यास करणे म्हणजे त्याच्या सममितीचा अभ्यास करणे होय.



चित्र ३:

तुम्ही कदाचित विचार करत असाल की 'ह्या सगळ्यामध्ये गणित कुठे आहे?' खरे म्हणजे, क्यूबचे वेगवेगळे भाग एकत्र येऊन एक समूह बनवतात, ज्याला गणितज्ञ 'ग्रुप' म्हणतात. असे समूह काही विशिष्ट नियमानुसार ह्या समूहांमध्ये असलेल्या मूलभूत संरचनांचा अभ्यास आणि त्यांचे अर्थपूर्ण वर्गीकरण यावरून आपण त्यांच्या वर्तनाची भविष्यवाणी करू शकतो.

चला, आता जरा रूबिक क्यूबचे बारकाईने निरीक्षण करून हा ग्रुप अनौपचारिक पद्धतीने किंवा स्थूलमानाने समजून घेऊ.

रूबिक क्यूबच्या डिझाईनमुळे, तो किती प्रकारांनी फिरवता येतो हे ठरते. खरे तर आपण म्हणू शकतो की असे केवळ सहाच मार्ग आहेत. सहा पृष्ठभागांपैकी प्रत्येक पृष्ठभाग ९० अंशामधून घड्याळाच्या दिशेने फिरवणे. अर्थात, तुम्ही कोणताही पृष्ठभाग १८० अंश घड्याळाच्या दिशेने किंवा ९० अंश घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने सुद्धा फिरवू शकता. पण ते एखादा पृष्ठभाग ९० अंशातून दोनदा किंवा तीनदा फिरवल्याप्रमाणेच होईल आणि ३६० अंशातून फिरवणे म्हणजे काहीच न करण्यासारखे आहे. तर ह्यावरून आपण एका महत्त्वपूर्ण निष्कर्षाप्रत पोहोचतो की

- **पूर्वनिर्धारित चालीचे प्रकार ठरावीक आहेत.**

आपण क्यूबचा पृष्ठभाग कितीही वेळा

फिरवलात तरी त्याला तितक्याच वेळा उलटे फिरवून तुम्ही क्यूब पूर्वस्थितीला आणू शकता.

म्हणजेच ह्याचा अर्थ असा की,

- **प्रत्येक क्रिया रिव्हर्सिबल आहे.**  
पत्त्यांमधल्या खेळाप्रमाणे उलटसुलट करता येणारी. (जिथे तुमची हार - जीत हातात आलेल्या पत्त्यांवर अवलंबून असते) किंवा फासा फेकण्यावर अवलंबून असणाऱ्या एखाद्या खेळाप्रमाणे, (ज्यात पुढच्या वेळी फाशावर कुठला आकडा येईल हे तुम्हाला माहिती नसते,) रूबिक क्यूब काही संधी किंवा योगायोगावर अवलंबून असणारा खेळ नव्हे. त्याचा कोणताही पृष्ठभाग जेव्हा तुम्ही फिरवता तेव्हा त्याचा एक ठरलेला परिणाम असतो, जो कोणत्याही प्रकारे फिरवणाऱ्याचे कौशल्य किंवा भाग्य ह्यावर अवलंबून नसतो. त्यामुळे,
- **प्रत्येक कृतीचा परिणाम आधीच कळू शकतो.**  
आणि शेवटी, पृष्ठभाग कोणत्याही क्रमाने फिरवण्याच्या कृतीने बनलेली संपूर्ण कृती हीसुद्धा एक कृतीच आहे, ही कृती सूचीबद्ध मूलभूत पायऱ्यापासून बनलेली असली पाहिजे, हीच एक अट आहे. ह्या कृतींचा क्रम कोणता असावा? ह्यावर

काही बंधन नाही. मूलभूत पायऱ्यांचा एक क्रम क्यूबला अशा स्थितीत पोहोचवतो जिथून दुसरा क्रमसुद्धा लागू करता येतो. त्यामुळे मग आपण म्हणू शकतो की,

- **कोणत्याही क्रमाने लागू केलेली मूलभूत पायऱ्यांची एकूण कृतीसुद्धा एक क्रिया आहे.**

क्यूबची आपण अजून काही निरीक्षणे करू शकतो, पण सध्यापुरती आपली रूची ह्या चार निरीक्षणांवर अवलंबून असलेल्या गणिती परिणामामध्येच आहे. ही निरीक्षणेच क्यूबच्या सममितीचे वर्णन करण्यासाठी पुरेशी आहेत. जर आपण ह्या निरीक्षणांची व्याख्या नियमांप्रमाणे केली तर अनौपचारिक पद्धतीने आपण असे म्हणू शकतो की एक ग्रुप अशा पायऱ्यांचा किंवा कृतींचा एक संग्रह आहे, जो वरील चार नियमांचे पालन करतो.

### रूबिक क्यूबची उकल

अव्यवस्थित क्यूब बघून तो कुठल्या प्रकारे फिरवला की पुन्हा व्यवस्थित होईल ह्याचा अंदाज करणे जवळजवळ नेहेमीच अशक्य असते. अशावेळी क्यूबच्या भूलभुलैयात अडकलेल्या माणसाला सर्वात आवश्यक हेच असेल की कुठून तरी त्याला मूलभूत

पायऱ्यांचा अनुक्रम मिळावा, म्हणजे तो क्यूबची उकल करण्याच्या दिशेने पुढे सरकेल. म्हणजे तुम्ही आता जिथे उभे आहात तिथून तुम्हाला जिथे जायचे आहे त्या ठिकाणाचा रस्ता सुचवणाऱ्या नकाशाप्रमाणेच हे आहे. अशा प्रकारचा रस्ता बनवण्याचा अर्थ असा आहे की क्यूबच्या सर्व संभाव्य स्थिती आणि त्यांच्यामधील संबंध दर्शवणे.

म्हणजेच आपल्याला मूलभूत पायऱ्यांचे सर्व अनुक्रम आणि त्यांच्या मधले परस्पर संबंध कसे आहेत हेसुद्धा पाहावे लागेल. आपण आधीच पाहिले आहे की रूबिक क्यूबशी संबंधित चाली किंवा कृती मिळून एक ग्रुप बनतो. मुळात सहा मूलभूत पायऱ्यांनी बनलेल्या एका विस्तृत सूचीचा हा एक भाग असेल. ज्या नकाशाबद्दल आपण बोलत आहोत तो नकाशा म्हणजे सगळ्या संभाव्य कृतींपासून बनलेल्या ह्याच ग्रुपचा एक क्रमवार आराखडा असेल. रूबिक क्यूबवर अनेक पुस्तके आणि शोधनिबंध आहेत, जे आपल्याला ही माहिती देतात. पण आपण कल्पना करू शकता की असा आराखडा खूपच मोठा असेल.

ह्या ग्रुपचा आकार (म्हणजेच चालींची संख्या) आहे, ४३२५२००३२७४४८९८५६००० - ही एवढी मोठी संख्या वाचणेसुद्धा एक मोठे काम आहे. उघड आहे की रूबिक क्यूबच्या

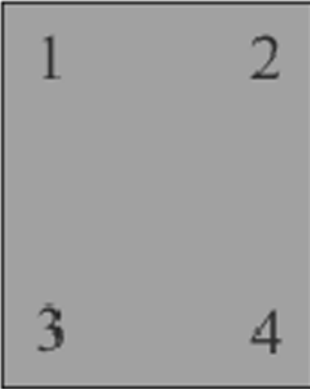
चालींचा इतका मोठा आराखडा बनवणे काही पोरखेळ नाही आणि ह्या लेखात तसा प्रयत्नसुद्धा आपण करणार नाही. पण आपण एक सोपे उदाहरण घेऊन त्या आराखड्याशी संबंधित संकल्पना समजून घेण्याचा प्रयत्न करू.

चित्र-४ मध्ये दिलेला आयत पहा. ह्या आयताच्या सममितीचा विचार करायचा झाला तर आपल्याला सर्व संभाव्य स्थिती किंवा रचना आणि त्यांचे संयोजन ह्याबद्दल विचार करावा लागेल, ते वापरून आपण हा आयत त्याच्या सुरुवातीच्या स्थितीत आणू शकतो. सोपे पडावे म्हणून आपण आयताचा विचार पलंगावर ठेवलेल्या गादीच्या रूपात करू शकतो. (चित्र-५) ही गादीला किती प्रकारे पलंगाच्या चौकटीत बसवता येऊ शकेल?

दोन शक्यता चटकन मनात येतात, ती गादीच्या लांबी किंवा रुंदीचा संदर्भ घेऊन गादी उलटी केली की मिळतात. आपण त्याला उभे उलटवणे (लांबीला संदर्भ मानून उलटवणे) आणि आडवे उलटवणे (रुंदीला संदर्भ मानून उलटवणे) असे म्हणूया.

वाटले तर आपण गादी १८० अंशात घडयाळाच्या दिशेने सुद्धा फिरवू शकतो. (चित्र ७) हवे तर घडयाळाच्या उलट दिशेत सुद्धा फिरवू शकतो. पण हे १८० अंशात घडयाळाच्या दिशेने फिरवण्यासारखेच झाले)

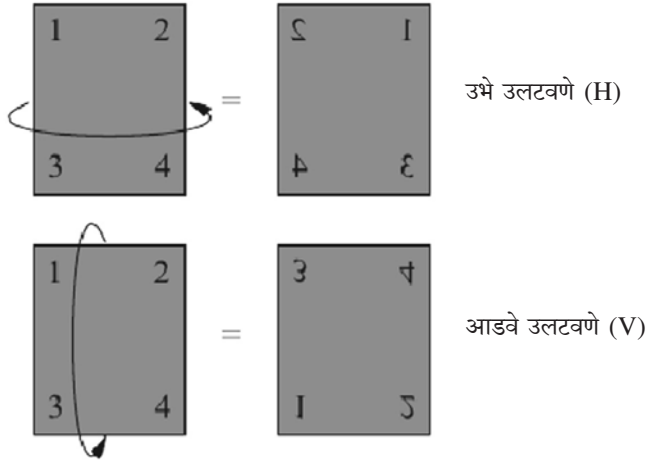
आता आपल्याला ह्या चालींचे संयोजन बघावे लागेल. लक्षात घ्या की लांबी हा संदर्भ मानून गादीला दोनदा उलटे केले तर आपण पहिल्याच स्थितीत पोचतो. त्याचप्रमाणे रुंदीला संदर्भ मानून गादी दोनदा उलटवली तरी ती पुन्हा पहिल्याच स्थितीला



चित्र ४: आयताचे कोन आकड्यांनी दाखवले आहेत.



चित्र ५: गादीचे कोपरे आकड्यांनी दाखवले आहेत.



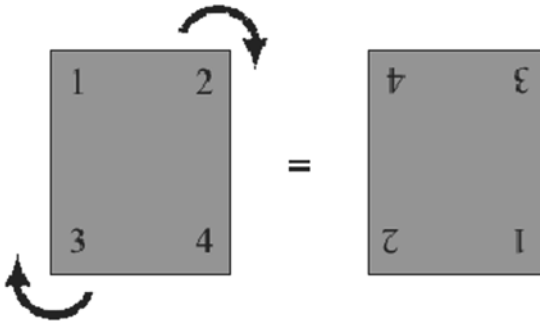
चित्र ६

येते. अशा प्रकारे आपण म्हणू शकतो की  $HH = VV = N$  ( $N$  या चालीत काहीही केले गेलेले नाही.) बाणांच्या मदतीने आपण हे चित्र ८ मध्ये पाहू शकतो.

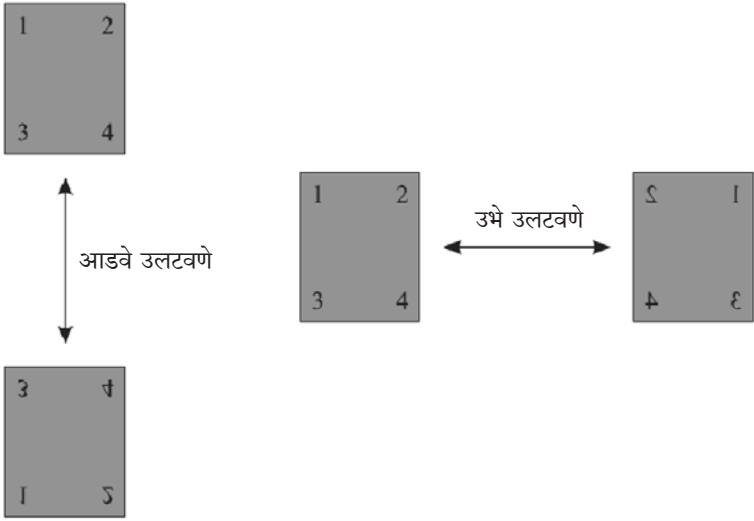
जर आपण एकदा उभे उलटवण्यानंतर एकदा आडवे उलटवले तर चित्र ९ प्रमाणे परिणाम दिसेल.

त्याच प्रमाणे एकदा आडवे

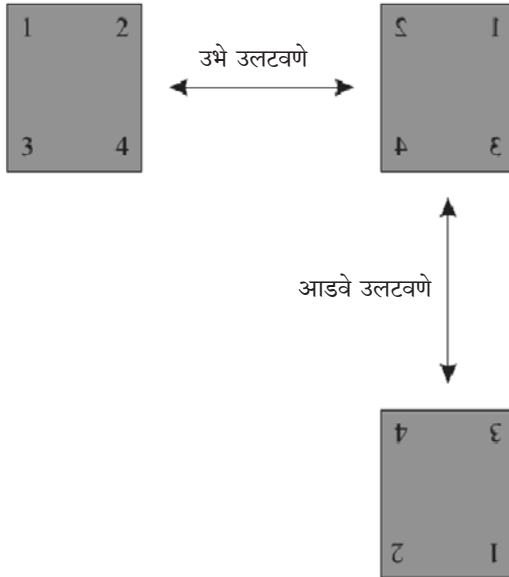
उलटवण्यानंतर एकदा उभे उलटवले तर त्याचा परिणामसुद्धा ह्यासारखाच असेल. ह्याशिवाय, गादी १८० अंशातून उलटवण्याचा परिणामसुद्धा असाच असेल. (चित्र ७ पहा.) तेव्हा आपण म्हणू शकतो की  $HV = VH = R$  कारण  $R$  हा  $H$  आणि  $V$  च्या संयोजनातूनच बनला आहे. त्यामुळे त्याच्याकडे वेगळे लक्ष द्यायची गरज नाही.



चित्र ७ : घड्याळाच्या दिशेत १८० अंशात फिरवणे (R)



चित्र ८



चित्र ९

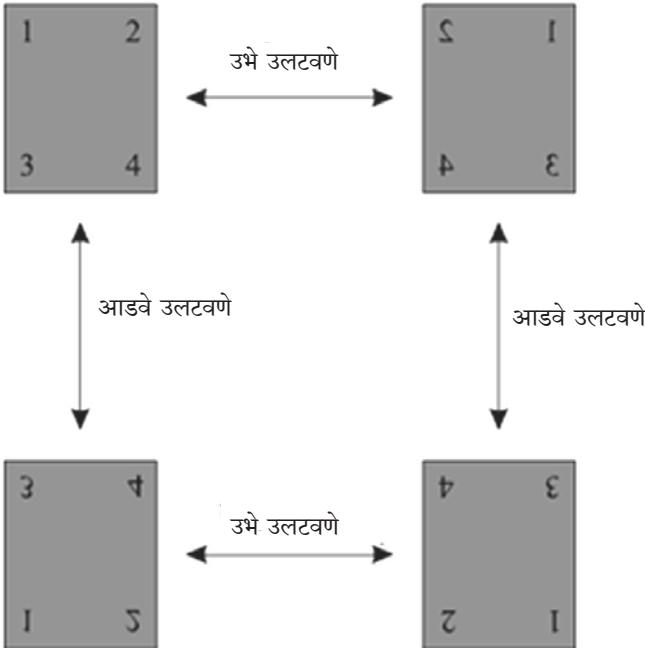
म्हणजेच आपल्याला आता फक्त दोनच चालींशी देणे घेणे आहे. उभे उलटवणे (H) आणि आडवे उलटवणे (V)

पुढे जाण्याआधी तुम्ही याची खात्री करून घ्या की ह्या दोन्ही चाली, आपण लिहिलेल्या ४ नियमांमध्ये बसतात. ही खात्री केल्यावर ह्या ग्रुपशी संबंधित आराखडा बनवण्यासाठी लागणाऱ्या सगळ्या चालींचे **संयोजन** तपासून घ्या. हे करताना आपण ह्या ग्रुपच्या सगळ्या शक्यतांची सूची करू आणि त्याबरोबरच त्यांचे आपसातील संबंधसुद्धा लक्षात घेऊ. एका चित्राच्या

मदतीने आपण हे चांगल्या प्रकारे दाखवू शकतो. (चित्र १०)

### आयताच्या सममितीचा ग्रुप

अर्थात, रूबिक क्यूबप्रमाणेच ह्यातसुद्धा चालींच्या संयोजनाचा क्रम कसाही असू शकतो. तुम्ही विचार करत असाल की चालींची अशी अगणित **संयोजने** बनवता येतील आणि ती सममितीच्या ग्रुपच्या आराखड्यात बसतील का नाही? तुम्ही काही **संयोजने** बनवून पहा. तुमच्या लक्षात येईल की, चालींचे कसेही संयोजन केले तरी



चित्र १०



आयतावरचा परिणाम पुढीलपैकी एक असेल.  
काहीही परिणाम नाही (N)

उभे उलटवणे (H)

आडवे उलटवणे (V)

आणि उभे व आडवे उलटवणे (HV)

उदाहरणार्थ चालींचे हे संयोजन बघा:

उभे उलटवणे - आडवे उलटवणे - उभे उलटवणे - आडवे उलटवणे. चित्र १० मध्ये दाखवलेल्या आराखड्यावरून हे स्पष्ट आहे की ह्या संयोजनाचा आयतावर कुठलाही परिणाम होणार नाही. चिन्हांच्या रूपात बोलायचे तर HV, HV = N. अनौपचारिक प्रकाराने का होईना, हे का बरोबर आहे - ते शोधण्याचा प्रयत्न करा.

चित्र १० मध्ये वास्तविक आयताच्या समरूपतेचा पूर्ण आराखडा आहे. रुबिक क्यूब प्रमाणेच जर आपल्यासमोर हा प्रश्न असेल की आयत कुठल्याही स्थितीतून

	N	H	V	HV
N	N	H	V	HV
H	H	N	HV	V
V	V	HV	N	H
HV	HV	V	H	N

चित्र ११ : ग्रुपच्या संयोजनाचा तक्ता :

ह्यावरून आपल्याला कळते की संयोजनांचा आयतावर काय परिणाम होतो. उदाहरणार्थ गादीला N नंतर फिरवले की परिणाम असेल V

त्याच्या पूर्वस्थितीत न्यायचा आहे, तर हा आराखडा आपल्याला मार्ग दाखवेल.

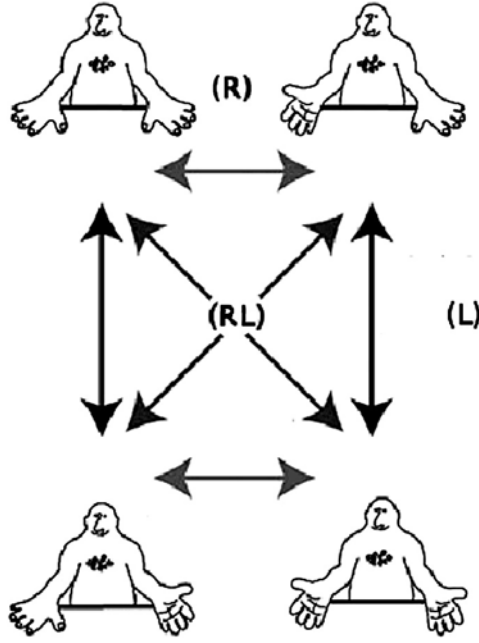
आपण यासाठी एक तक्ता करू.

पहिली चाल पहिल्या रकान्यात आणि दुसरी चाल वरच्या ओळीत अशा पद्धतीने आपण त्या दोन्हीचा परिणाम तक्त्यामध्ये पाहू शकतो. (चित्र ११)

**रोजच्या व्यवहारात आयताच्या सममितीच्या ग्रुपची उदाहरणे :**

आयताची सममिती दर्शवणारा हा ग्रुप विजेच्या बटणांच्या जोडीशी संबंधित तर्कापासून पाण्याच्या अणूंच्या सममिती सारख्या काही अनपेक्षित ठिकाणी सुद्धा दिसतो. ग्रुप थेअरी अगदी वेगळ्या वाटणाऱ्या गोष्टीमध्ये अंतर्भूत असलेले साम्य उघड करते.

उदाहरणार्थ, भौतिकशास्त्रज्ञ रिचर्ड फाईनमेन ह्यांचा हा मजेदार किस्सा. यामुळे त्यांना युद्धकाळात सैन्याच्या तुकडीत भरती होण्यातून सवलत मिळाली होती. तपासणी करण्यासाठी जेव्हा त्यांना सेनेच्या मनोचिकित्सकाने दोन्ही हात दाखवायला सांगितले तेव्हा फाईनमेननी एक हात उलथा आणि दुसरा पालथा ठेवला. जेव्हा चिकित्सक म्हणाले, असे नाही, नीट ठेवा, तेव्हा फाईनमेननी दोन्ही हात पलटले. सरळ हात उलटा आणि उलटा हात सरळ. फाईनमेन खरे तर केवळ एक बौद्धिक खेळच खेळत



चित्र १२

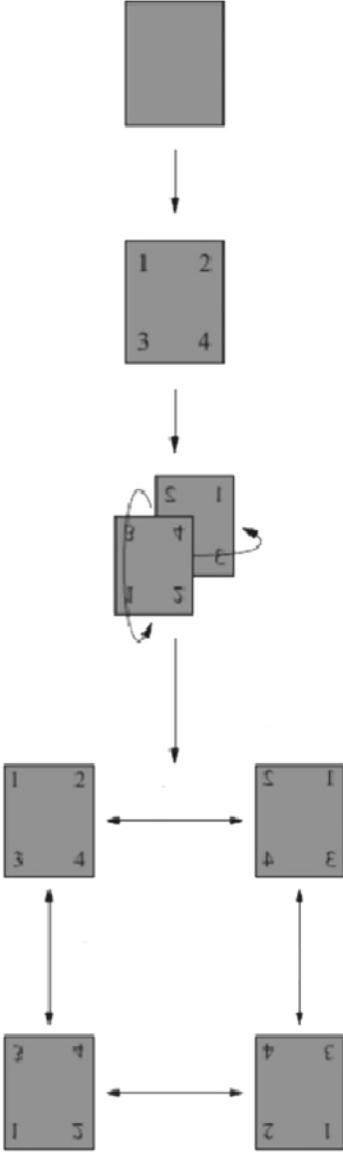
नव्हते तर ग्रुप थिअरीशी निगडीत एक छोटी गंमत करत होते. फाईनमेन चिकित्सकाला आपले हात ज्या प्रकारे दाखवू शकले असते, त्या सर्व प्रकारांचा विचार करा. हे सर्व प्रकार चित्र १२ मध्ये दाखवले आहेत.

हे ओळखीचे वाटते आहे का? चिन्हाचा R उपयोग उजवा हात पलटण्यासाठी, L चा वापर डावा हात पलटण्यासाठी.

RL चा उपयोग दोन्ही हात पलटण्यासाठी आणि N चा काहीही न करण्यासाठी, असे करत एक तक्ता बनवा. तुमच्या लक्षात येईल की हा तक्ता

आयताच्या सममितीच्या ग्रुपच्या आराखड्याप्रमाणेच आहे. आपण दोन अगदी वेगवेगळ्या आणि एकमेकांशी काही संबंध नसलेल्या दोन स्थितींमध्ये एक सारखा पॅटर्न शोधला, ही कमालच नाही का?

दोन अगदी वेगवेगळ्या संदर्भातील संबंध / नाते शोधण्यात ग्रुप थिअरी आपल्याला मदत करते. ग्रुपच्या **संकल्पनेचा** उपयोग सममितीचे वर्णन करण्यासाठी असंख्य ठिकाणी केला जातो. संख्यांचे जग, तसेच अणूंचे, स्फटिकांचे आकार ह्यापासून किनारींच्या नक्ष्यांपर्यंत ग्रुप थिअरीच्या मदतीने आपण अनपेक्षित ठिकाणीसुद्धा एक



१. सममिती मोजण्यासाठी वस्तूच्या एकसारख्या दिसणाऱ्या भागांना क्रमांक दिल्यामुळे वस्तूची बदललेली स्थिती ओळखता येईल.
२. वस्तू परत मूळ स्थितीत आणण्यासाठी ज्या चाली कराव्या लागतील त्या सर्वांचा एक ग्रुप तयार करावा. यावरूनच वस्तूच्या सममितीचे मापन करता येते.
३. चालीच्या संयोजनांच्या संपूर्ण यादीवरून चालींच्या ग्रुपचा आराखडा बनवा.

चित्र १३

सारखा पॅटर्न ओळखू शकतो. हेच तिचे सौंदर्य! गणितासारखा विषय, आपल्या आसपासचे जग आणि घटनांचा किती परिणामकारकरीत्या उलगडा करतो ह्याचे आश्चर्य वाटते. उदाहरणार्थ, आपल्याला असे वाटू शकते की नक्षीच्या किनारी (फ्रीज पॅटर्न) बनवण्याच्या अगणित शक्यता आहेत. पण ग्रुप थेअरी आपल्याला सांगते की कोणत्याही फ्रीज पॅटर्नला आपण ७ पैकी एकाच ग्रुपच्या मदतीने समजावून घेऊ शकतो. ह्याच प्रकारे, सगळे वॉलपेपर पॅटर्न्स (दोन मितींमध्ये केलेले) फक्त १७ मधल्या एका ग्रुपचा भाग असतात. असे म्हणतात की स्पेनमधील भव्य महाल, अलहम्ब्राच्या भिंतींवर ह्या सर्व १७ वॉलपेपर ग्रुपशी संबंधित पॅटर्न्स आहेत.

हल्लीच प्राथमिक शाळेच्या अभ्यासक्रमात समरूपतेच्या संकल्पनेला जागा देण्यात आली आहे.

पदवीच्या स्तरावर दुसऱ्या किंवा तिसऱ्या वर्षी ग्रुप थेअरीचा अभ्यास केला जातो. अशावेळी प्राथमिक शाळेच्या अभ्यासक्रमात समरूपतेचा समावेश योग्य आहे की नाही, हे सांगणे अवघड आहे.

पण पुढच्यावेळी एखादी उघडपणे समरूप दिसणारी गोष्ट पाहून कुणी म्हणाले की, ही गोष्ट अगदी गणितीय आहे, तर तुम्ही हसत म्हणू शकता, “तुम्हाला काय म्हणायचेय ते मला बहुतेक समजले आहे!”

## संदर्भ सूची :

1. Carter N.C. (2009). Visual group theory. Washington D.C. : Mathematical Association of America.
2. Strogatz, S. ( 2010, May 2) Group Think. Retrieved from <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2010/05/02/group-think/>
3. Joyner, D. (2002). Adventures in group theory: Rubik's cube, Merlin's machine, and other mathematical toys. Baltimore: Johns Hopkins University Press

हा लेख स्टीव्हन स्त्रोगेट्झ ह्यांनी लिहिलेल्या आणि न्यूयॉर्क टाइम्समध्ये काही वर्षांपूर्वी छापल्या गेलेल्या ‘ग्रुप थिंक’ ह्या लेखावरून सुचला आहे. स्ट्रोगेट्झ काही ठिकाणी नाथन कार्टर लिखित पुस्तक ‘व्हिज्युअल ग्रुप थिअरी’चा सुद्धा आधार घेतलेला आहे. ह्या पुस्तकातील काही भागांचे रूपांतरण ह्या लेखात वापरले आहे. ग्रुपच्या संकल्पनेच्या औपचारिक अभ्यासासाठी पहा : Artin, M. ( 2011). Algebra. 2<sup>nd</sup> ed. Boston : Prentice Hall. , Dummit, D. steven , & Foote, R. M. (2004). Abstract Algebra. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, NJ : Wiley., Herstein, I.N. (1996). Abstract algebra. 3<sup>rd</sup> ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall.



**श्रेया खेमाणी :** गणितामध्ये पदव्युत्तर शिक्षण, एकलव्यच्या गणित अभ्यासक्रम शोध आणि सामग्री विकास गटाशी संबंधित आहेत. रायपूर, छत्तीसगड मध्ये एका मजूर संघटनेच्या शाळेबरोबरसुद्धा काम करतात. गणित आणि राजकारणाचे नाते समजून घेण्यासाठी प्रयत्नशील.

shreykhemani@gmail.com

मराठी अनुवाद : ज्ञानदा गट्टे-फडके,

साँपटवेअर इंजिनीअर, भाषांतराची आवड.

प्रकल्प २ :

## पानांचा वर्णाभिलेख

लेखक : किरण बर्वे

वनस्पतींना प्रकाशसंश्लेषणामुळे ऊर्जा मिळत असते. प्रकाशसंश्लेषण आणि पानातील इतर प्रक्रिया रंगद्रव्यामुळे घडत असतात. क्लोरोफील म्हणजेच हरितद्रव्य मुख्यत्वे प्रकाशसंश्लेषणात भाग घेते. क्लोरोफील सूर्याच्या किरणामधून ऊर्जा घेऊन त्या ऊर्जेचा वापर करून काही रासायनिक क्रिया घडवून आणते. ह्या रासायनिक क्रियांमध्ये रासायनिक ऊर्जा निर्माण होते. ही ऊर्जा वनस्पतीच्या जगण्यासाठी आणि वाढीसाठी आवश्यक असते. ती वनस्पतींच्या जीवनाचा आधार आहे. क्लोरोफीलच्या बरोबर पानामधे केरिटोनाॅइड्स ही रंगद्रव्येसुद्धा असतात. केरिटोनाॅइडसचा रंग लाल, नारिंगी ते पिवळा अशा रंगाच्या छटांमध्ये असतो. ही रंगद्रव्ये प्रकाशसंश्लेषणाला मदत करतात आणि पानांचा आकार, ताकद टिकवून ठेवतात. झाडांच्या वाढीच्या काळात पानात क्लोरोफील जास्त असतात आणि केरिटोनाॅइड्स झाकली गेलेली असतात.

पानगळतीच्या ऋतूपूर्वी हळूहळू क्लोरोफीलचे प्रमाण कमी होते. पानांचा हिरवेपणा कमी होतो. त्या वेळेला काही काही झाडांच्या पानावर पिवळ्या, नारंगी छटा दिसायला लागतात.

झाडांच्या वेगवेगळ्या प्रजातीत क्लोरोफीलचे आणि केरिटोनाॅइड्सचे प्रमाण वेगवेगळे असते. त्यावरूनच पानांच्या रंगाची विविधता पाहायला मिळते. क्रोटनची रंगीबेरंगी झाडे पाहिलेली आपल्याला आठवत असतीलच.

ह्या प्रकल्पात विद्यार्थी वेगवेगळ्या प्रजातीच्या झाडांची पाने घेऊन त्यातील क्लोरोफील आणि इतर रंगद्रव्ये यांचे प्रमाण काढायचा प्रयत्न करतील.

ह्या प्रकल्पाच्या साहाय्याने वेगवेगळ्या प्रजातींच्या झाडांतील पानांमध्ये कोणती विविध रंगद्रव्ये असतात याचा अभ्यास करता येईल. कागदाच्या साहाय्याने वर्णाभिलेख (क्रोमॅटोग्राफी) पद्धतीचा वापर करून हा

अभ्यास कसा करता येईल ते पाहूया. या पद्धतीत विशिष्ट प्रकारचा फिल्टर कागद किंवा क्रोमॅटोग्राफीसाठी मिळणारा कागद वापरता येईल.

### साहित्य :

- १) ज्या झाडाची पाने घेणार, ते झाड कोणत्या प्रजातीचे आहे हे शोधण्यासाठीचा कोष.
- २) चहा, कॉफी गाळण्यासाठी वापरला जाणारा फिल्टर कागद किंवा विकत मिळणारा / प्रयोग शाळेतील क्रोमॅटोग्राफीसाठीचा कागद.
- ३) आयसोप्रोपील अल्कोहोल.
- ४) पारदर्शी चिकट पट्ट्या.
- ५) सुटे पैसे.
- ६) पेन्सिली

- ७) छोटे काचेचे बीकर किंवा पारदर्शी ग्लासेस.
- ८) असेल तर कॅमेरा.

### कृती :

- १ वेगवेगळ्या झाडांची पाने गोळा करा. झाडाची प्रजाती त्या झाडाच्या गुणधर्मावरून ठरवा. प्रत्येक पानाची नोंद ठेवा. शक्य असेल तर पानांचे फोटो काढून वहीत प्रजातीनुसार चिकटवा.
- २ तुमच्या मते ह्या पानांमध्ये कोणती रंगद्रव्ये असतील, त्यांचे साधारण प्रमाण किती असेल ह्याचा अंदाज बांधा ते विधान लिहून ठेवा. ह्यासाठी पानांचे रंग मदत करतील. कोणत्या रंगाचे रंगद्रव्य कोणते असते, हे माहिती



- करून घ्या आणि वरील नोंदी आणि विधानं नेमकी लिहिण्याचा प्रयत्न करा.
- ३ रंगविश्लेषणासाठी वापरण्यात येणाऱ्या कागदाचे घेतलेल्या बीकर किंवा ग्लासेसच्या उंची एवढे आणि एक इंच रूंदीचे तुकडे करा. एकेका कागदाच्या पट्टीवर एक एक प्रजातीचे नाव लिहा.
- ४ ह्या कागदाच्या पट्ट्यांवर खालून एक इंच वर पेन्सिलने हलकी रेघ ओढा.
- ५ पानाची सूर्याकडे तोंड असलेली बाजू वर, बाहेर येईल अशा पद्धतीने ते पान नाण्यावर / सुट्ट्या पैशावर गुंडाळा.
- ६ प्रत्येक प्रजातीच्या पानाच्या कागदी पट्टीसाठी एकेक ग्लास घ्या. गुंडाळलेले पान ग्लासच्या तळाशी ठेवा. त्यात एक इंचापेक्षा कमी उंचीपर्यंत आयसोप्रोपील अल्कोहोल भरा.
- ७ पेन्सिल घ्या. त्या पेन्सिलवर लांब अशी कागदी पट्टी चिकटपट्टीने चिकटवा. ग्लासवर पेन्सिल अशा पद्धतीने ठेवा की पट्टी बरोबर अल्कोहोलच्या पातळीला लंब असेल त्या पट्टीचे टोक अल्कोहोलमध्ये बुडवा. अल्कोहोल रेषेच्या खाली असेल ह्याची काळजी घ्या.
- ८ कागदातून अल्कोहोल हळूहळू वर सरकेल. रंगद्रव्ये अल्कोहोलमध्ये विरघळतात. त्या विरघळलेल्या

रंगद्रव्यांसह अल्कोहोल वर वर जाईल. हे अल्कोहोल उडून गेले की कागदांवर वेगवेगळ्या उंचीवर वेगवेगळे रंग दिसायला लागतील. अल्कोहोल वरपर्यंत पोचले की थांबा.

- ९ वेगवेगळ्या पट्ट्यांची तुलना करा. कोणत्या झाडाच्या पानात कोणती रंगद्रव्ये आहेत त्याची सारणी तयार करा. तुमचे अंदाज किती बरोबर आले?

कागदी पट्ट्यांचे फोटो घेऊन संगणकावर किंवा वहीत तुम्ही माहिती लिहून काढा. फोटो नसले तरी हरकत नाही सविस्तर वर्णन करून माहिती लिहा.

### अधिक विचार करायला दिशा.

- कागदी पट्टीवर वेगवेगळे रंग वेगवेगळ्या उंचीवर दिसले का? कारण काय?
- कागदी पट्टीची उंची बदलली तर काय होईल?
- त्याच झाडाची पाने वेगवेगळ्या मोसमात घेऊन हा प्रयोग केला तर कोणते निष्कर्ष मिळतील?

ह्याशिवाय अनेक प्रश्न तुमचे तुम्हालाच पडलेले असतील ते प्रश्न आणि तुम्ही शोधलेली उत्तरे कळवा.



लेखक : किरण बर्वे, मो. - ९४२३० १२०३४

# अरेच्या ! हे असं आहे तर !

भाग - १३

लेखक : या. इ. पेरैलमन • रूपांतर : शशी बेडेकर

मी शाळेत असतानाची गोष्ट आठवत आहे. विज्ञानाचा तास चालू होता. सरांनी रासायनिक समीकरणांचा एक प्रश्न विचारला आणि त्याचे उत्तर माझ्या दोस्ताला विचारले. माझा मित्र अगदी अबोल, बुजरा असल्याने त्याने त्या दिवशी उत्तर देताना खूप गोंधळ घातला. त्याला सर वारंवार समजावून सांगत होते पण त्यामुळे त्याचा आणखीनच गोंधळ वाढत होता आणि ह्याचा परिणाम म्हणजे त्याने त्या प्रश्नाची तीन उत्तरे दिली आणि ती तिन्ही चुकीची होती. अख्खा वर्ग त्याच्या उत्तरांना हसत होता. (आमच्यापैकी बऱ्याच जणांना त्याचे उत्तर माहीत नव्हते पण त्या वयात दुसऱ्याची फजिती होताना आपण हसतोच.) शेवटी सर वैतागले आणि म्हणाले, “अरे देवानं अक्कल वाटली तेव्हा काय चाळण घेऊन गेला होतास?” आणि तास संपल्याची

घंटा झाली. माझ्या मित्राने तेव्हा ‘मैद्याची’ असं उत्तर दिलेलं नक्की आठवत आहे. (त्याला सरांचा चाळणीचा प्रश्न हा अभ्यास क्रमातीलच आहे असं वाटलं होतं.)

तसंच शाळेत असताना बाटलीतल्या राक्षसाची गोष्ट वाचलेली आठवत आहे. तो राक्षस सारखा काय काम करू? असं म्हणून काम मागत असे. काम पूर्ण झालं की दुसरं काम शेवटी गोष्टीतला हुषार मुलगा त्याला चाळणीतून पाणी आणायला सांगतो आणि राक्षसापासून सुटका करून घेतो.

मित्रांनो तुम्हाला चाळणीतून पाणी नेता येईल का? हसू नका. हा अशक्य वाटणारा प्रश्न भौतिक शास्त्रज्ञांना पडला. मित्रांनो ह्यासारखेच अवघड अशक्य प्रश्न शास्त्रज्ञांना पडले, त्यांची उत्तरे त्यांनी शोधली. निरनिराळे शोध लागले आणि विज्ञानाची प्रगती झाली.

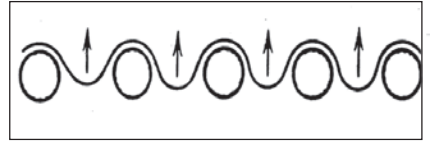


आपला प्रश्न आहे, चाळणीतून पाणी कसं नेता येईल? अगदी सोपं आहे. त्यासाठी आपल्याकडे साधारण १५ सें.मी. व्यासाची आणि १ मि.मी. पेक्षा लहान छिद्रे नसलेली चाळण, पाणी आणि पॅरॅफिन किंवा मेण. ही चाळणी वितळलेल्या पॅरॅफिनमध्ये तीन चार सेकंद बुडवून बाहेर काढायची. तुमच्या सुपीक डोक्यात प्रश्न येईल की आपण करत असलेल्या प्रयोगातील घटक बदलला, त्यामुळे प्रयोगच वेगळा झाला. त्यामुळे प्रयोग सुरू केल्यावर ज्या गोष्टी घेतल्या आहेत त्यात बदल झाला की प्रयोग बदलतो आणि त्यातून मिळणारे निष्कर्ष ही बदलले जातील असं तुम्हाला चाळण द्रव पॅरॅफिनमध्ये बुडवल्यावर वाटेल पण तसं नाही. अजूनही आपण घेतलेली चाळण ही चाळणच आहे. तुम्ही सुईच्या साहाय्याने तिची छिद्रे आहेत हे तपासू शकता.

आता ह्या चाळणीत अगदी हळूवारपणे तुम्ही पाणी ओतले तर पाणी खाली सांडत नाही हे तुमच्या लक्षात येईल आणि चाळणीतून पाणी नेता येईल.

आपल्या चाळणीतून पाणी खाली का पडत नाही? तुमच्या विचारांना उत्तराच्या दिशेने नेण्यासाठी आणखी एक प्रयोग करा. एक ड्रॉईंग पेपर घ्या. त्यावर मेणाने तुमचे नाव लिहा आणि तो पूर्ण कागद तुमच्या आवडत्या रंगाने रंगवा. ह्या प्रयोगाला सुरुवात केल्यावर तुमच्या लक्षात येईल की तुमचे

नाव सोडून बाकीचा पूर्ण कागद रंगवला गेला आहे. तुम्ही कितीही प्रयत्न केलात तरी तुमच्या नावावर रंग बसत नाही कारण पाणी (रंग) मेणाला धरू शकत नाही, ओलं करू शकत नाही. अगदी तशीच क्रिया चाळणीच्या बाबतीत घडते. चाळणीत ओतलेलं पाणी पॅरॅफिनला ओलं करू शकत नाही त्यामुळे पाण्याचा अतिशय पातळ असा थर चाळणीत तयार होतो पाण्याच्या रेणूंमध्ये असलेल्या परस्पर आकर्षण बलाने पाणी चाळणीच्या छिद्रात जमा होते, फुगते आणि त्यामुळे पाणी खाली पडू शकत नाही. आकृती पहा.



### आकृती १

गंमत म्हणजे ही चाळणी पाण्यात सोडल्यास त्यावर तरंगत असल्याने चाळणीची बोटही तुम्ही करू शकाल.

मित्रांनो तेल, मेण ह्यांना पाणी ओलं करीत नाही. ह्या गुणधर्माचा उपयोग शास्त्रज्ञांनी वेगळ्याच प्रकारे करून घेतला. लोखंडाच्या वस्तूंचा वापर सुरू झाल्यावर, त्या वस्तू जर पाण्याच्या संपर्कात आल्या तर त्या गंजतात. त्यामुळे वस्तू गंजू नये म्हणून काय करता येईल ह्याचं उत्तर शास्त्रज्ञांना वरच्या गुणधर्मात मिळालं. लोखंडी वस्तूंना

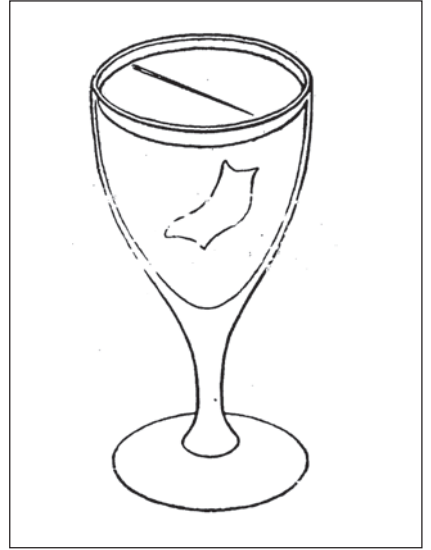
जर पाणी, बाष्प ह्यांच्यापासून दूर ठेवलं तर लोखंडी वस्तू खराब होत नाहीत. त्यामुळे लोखंडी वस्तूंना ऑईलपेन्ट, तेल वगैरे लावतात. तसंच पितळी भांडी स्वयंपाकघरात तशीच वापरली तर काही पदार्थांची त्यावर क्रिया होऊन तो पदार्थ शरीराला अपायकारक ठरतो. त्यामुळे पितळी भांड्याला आतून कमी क्रियाशील अशा जस्ताचा मुलामा देतात याला कलहई असं म्हणतात.

विज्ञान अनेक नियम गुणधर्म ह्यांनी खचाखच भरलेलं आहे. त्यातलाच एक - ज्या पदार्थाची घनता कमी असते तो पदार्थ / वस्तू जास्त घनतेच्या पदार्थावर तरंगतो. बर्फ आणि पाणी मूलतः एकच पदार्थ आहेत पण एक स्थायरूप, एक द्रवरूप. पाण्याचे बर्फात रूपांतर होताना पाण्याची घनता कमी होते आणि बर्फात रूपांतर होते. त्यामुळे पाण्यावर बर्फ तरंगते. ह्याच्या उलट म्हणजे ज्या पदार्थाची घनता जास्त आहे तो पदार्थ कमी घनतेच्या पदार्थात बुडतो. लोखंडाची घनता पाण्याच्या घनतेपेक्षा जास्त आहे पण पाण्याच्या घनतेपेक्षा कमी आहे. त्यामुळे लोखंडाचा खिळा पाण्यात बुडतो तर पाण्यावर तरंगतो.

सुई, टाचणी, ब्लेड ह्या वस्तू लोखंडापासून बनल्या आहेत म्हणजे त्यांची घनता पाण्यापेक्षा जास्त आहे त्यामुळे वरच्या नियमाने पाण्यात ह्या वस्तू बुडतील. पण थोडे प्रयत्न केलेत तर ह्या वस्तू घनता जास्त

असूनही तुम्ही पाण्यावर तरंगत ठेवू शकाल. त्यासाठी साहित्य : ग्लास, पाणी, कोरडी सुई, सिगरेट पाकीटातील पातळ कागद.

ग्लासातील पाण्यावर पातळ कागद पसरून ठेवा. तो तरंगेल त्यावर हलकेच सुई ठेवा. दुसऱ्या सुईने पातळ कागद हळूहळू पाण्यात ढकला. कागद पाण्यात बुडून जाईल पण सुई पाण्यावर तरंगत राहील.

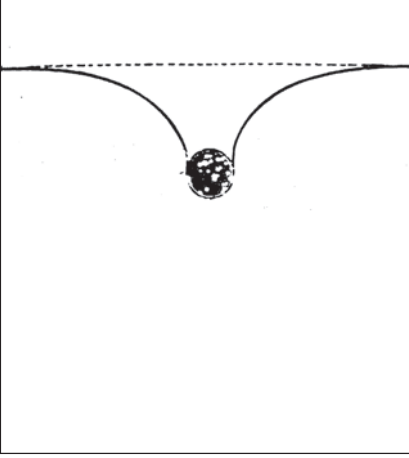


### आकृती २

ग्लासच्या बाहेरच्या बाजूने लोहचुंबक फिरवून पाण्यावर तरंगणारी सुई बोटीसारखी फिरवू शकता. खूप प्रयत्न केल्यानंतर पाण्यावर कागद न ठेवता तुम्ही बोटात सुई धरून पाण्यावर तरंगत ठेवू शकाल. पाण्यात सुई सोडताना सुई पाण्याच्या पातळीला

समांतर अशी सोडण्याची काळजी घ्यायला हवी.

ह्याच प्रकारे ब्लेड, टाचणी ह्या वस्तूही तुम्ही पाण्यावर तरंगत ठेवू शकाल. ह्याचं कारण म्हणजे तुमच्या हातातून स्रवणारा ग्रीस सारखा तेलकट पदार्थ ह्या वस्तू हाताळताना त्यांना लागतो. पाण्यात सोडल्यावर तेलामुळे पाणी ह्या वस्तूंना ओलं करू शकत नाही. खालच्या आकृतीत तेलकट पदार्थांमुळे पाण्याच्या पातळीला पडलेला खड्डा दिसू शकतो.



### आकृती ३

तुम्ही सर्वांनी 'अगदी पिसाप्रमाणे हलकं' 'as light as feather' हा शब्द प्रयोग ऐकला असेल. तुम्ही जर ५/६ व्या मजल्यावर राहात असाल तर गॅलरीत उभं राहून कबूतर किंवा कावळ्याचं पिस खाली

सोडून निरीक्षण करा. अतिशय सुंदर गिरक्या घेत खाली जाताना दिसेल. बऱ्याच जणांना वाटेल की पिस हे खरोखर हवेपेक्षा हलकं आहे पण विज्ञानाच्या दृष्टीने पिस हे हवेपेक्षा जवळजवळ शंभरपट जड आहे. आणि त्याच्या विशिष्ट आकारामुळे ते हवेतून गिरक्या घेत जमीनीवर पडते.

The man who weighed nothing या नावाची H. G. Wells ह्यांची एक विज्ञान कथा आहे. त्यात एक खूप जाडा माणूस असतो. त्याला वजन कमी करण्याचे एक रसायन मिळते. ते तो पितो आणि इतका हलका होतो की गॅसच्या फुग्याप्रमाणे छताला जाऊन चिकटतो. कथा वाचताना खूप मजा येते. पण त्या कथेतील घटनांवर भौतिकशास्त्र आक्षेप घेऊ शकते नव्हे; घेतेच.

कथेचा नायक वजन कमी झाले तरी तरंगू शकणार नाही. आर्किमिडीजचा वस्तूच्या तरंगण्याचा नियम आठवा. कारण तो तरंगण्यासाठी त्याचे बदलेलल्या अवस्थेत कपड्यासकट वजन त्याने विस्थापित केलेल्या हवेपेक्षा कमी असते, तरच तो तरंगू शकला असता.

आपण एक उदाहरण घेऊया. सर्वसाधारण माणसाचे वजन साठ किलो. ही व्यक्ती टबात गेल्यावर आपल्या वजनाइतके पाणी विस्थापित करेल. हवा नेहमीच्या अवस्थेत पाण्यापेक्षा ७७० पट हलकी

असल्याने त्या व्यक्तीने विस्थापित केलेल्या हवेचे वजन जास्तीत जास्त ८० ग्रॅम इतके असेल. कथेतील नायक जाड आहे म्हणजे १३० ग्रॅम इतकी हवा विस्थापित करेल. त्यामुळे ते रसायन घेतल्यावर त्याला हलकं वाटेल पण तो कपड्यासकट हवेत तरंगू शकणार नाही.

थोडक्यात विज्ञानातील कल्पनांना आपल्या कल्पनेने ताणून त्यात काही बदल करून लेखक विज्ञानकथा लिहितात. त्यांच्या साहित्यानी मागच्या काही पिढ्यांचे खूप रंजन केलेले आहे. काही विज्ञान कथाकारांची नावे दोस्तांसाठी देतो. एच. जी. वेल्स, हॅन्स अँडरसन, अँसिमोव्ह, ज्यूल व्हर्न, कॅरोनिन, डॉ. जयंत नारळीकर, क्लार्क, पु. ग. वैद्य, इ. ह्या लेखकांनी कथांमधून केलेल्या

कल्पनांवर शास्त्रज्ञांनी वैज्ञानिक दृष्टीने विचार आणि प्रयोग करून निरनिराळे शोध लावले आहेत. ह्या लेखकांच्या कथा तुम्ही अवश्य वाचायला हव्यात.

हवेच्या दाबाचा अभ्यास करणारा प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ टॉरिचेली याचे एक प्रसिद्ध वाक्य आहे. ते म्हणजे, आपण सारे हवेच्या समुद्राच्या (वातावरणाच्या) तळाशी आहोत, जड वस्तू जशा पाण्यात बुडतात त्याप्रमाणे हवेत बुडालेले आहोत. आणि त्यामुळेच आपण जमिनीवर व्यवस्थित चालू शकतो आणि आपण जर हवेपेक्षा हजारोपट हलके झालो तर हवेच्या समुद्रावर तरंगू शकू. ■■

या. इ. पेरिलमन यांच्या 'फिजिक्स कॅन बी फन' या पुस्तकातून साभार.  
अनुवाद : शशी बेडेकर, निवृत्त मुख्याध्यापक.

## विज्ञान परीक्षा : मराठी विज्ञान परिषद, मुंबई

फक्त शालेय विद्यार्थीच नव्हे तर प्रौढ व्यक्तीही परीक्षेस बसू शकतात अशी पोस्टाद्वारे विज्ञान परीक्षा मराठी विज्ञान परिषदेतर्फे घेण्यात येते. जशा इंग्रजी, संस्कृत, चित्रकला परीक्षा होतात तशाच या परीक्षा आहेत. या परीक्षेचा अभ्यासक्रम परीक्षार्थ्यांच्या घरी पोस्टाने पाठवला जातो. या परीक्षेचे वैशिष्ट्य म्हणजे परीक्षार्थ्यांना अभ्यासक्रमात दिलेले प्रयोग, प्रकल्प घराच्या घरीच करायचे असल्यामुळे, त्यासाठी कोणाचीही मदत घेता येते. तसेच उत्तरपत्रिका विद्यार्थ्यांना जमेल तेव्हा परंतु दिलेल्या मुदतीत सोडवायची असते. प्रथमा (सातवी), द्वितीया (आठवी), तृतीया (नववी) अशा तीन इयत्तांसाठी परीक्षा मराठी व इंग्रजी माध्यमातून घेण्यात येते. अधिक माहितीसाठी ०२२-२४०५४७१४ / २४०५७२६८ या दूरध्वनीवर संपर्क साधावा.

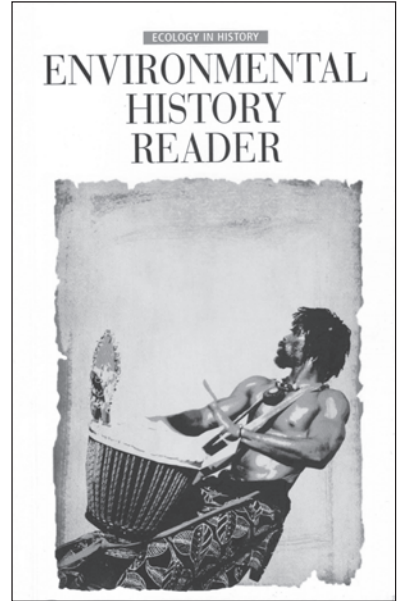
## पुस्तक परिचय

# एन्व्हायरन्मेंटल हिस्ट्री रीडर

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

शाळेत शिकवला जाणारा इतिहास विषय हा मुख्यतः भूतकाळातील राजकीय आणि सामाजिक घडामोडींपुरताच मर्यादित असतो. कधीकधी वैज्ञानिक शोधांचा किंवा संकल्पनांचा, किंवा वैज्ञानिकांचा इतिहास विज्ञानाच्या अभ्यासकांच्या वाचण्यात येतो. पण पर्यावरणाच्या चशम्यातून इतिहासाबाबत केलेले लेखन क्वचितच पाहाण्यात येते, आणि त्यातही हा विषय जर अतिशय रंजक पध्दतीने आणि सोप्या भाषेत मांडलेला असेल, तर दुधशर्करा योगच. सेंटर फॉर सायन्स अँड एन्व्हायरन्मेंटने प्रकाशित केलेले 'एन्व्हायरन्मेंटल हिस्ट्री रीडर' हे असेच अत्यंत वाचनीय आणि संग्राह्य असे पुस्तक आहे. पुस्तकात जगभरातल्या वेगवेगळ्या ऐतिहासिक घटनांमागची पर्यावरणीय कारणे तसेच त्या घटनांचे पर्यावरणावर झालेले परिणाम यांची थोडक्यात माहिती देणारे अनेक छोटे छोटे लेख आहेत. हे लेख नुसतेच

माहितीवजा नाहीत, तर विचारप्रवर्तकही आहेत. इतिहासातल्या या पर्यावरणीय धड्यांमधली शिकवण आज आजूबाजूला घडणाऱ्या घटनांचा अन्वयार्थ लावतानाही उपयोगी पडणारी आहे. पुस्तकाचे अधिक वर्णन करण्यापेक्षा त्यातील काही अंशांचा



अनुवादच या पुस्तकाचा चांगला परिचय करून देईल.

बंगळुरूमधली पाण्याची तळी हे प्रत्यक्षात मोठी नदी नसल्यामुळे तयार केलेल्या टाक्या आहेत.

बंगळुरू शहर अनेक वेगवेगळ्या कारणांनी जगप्रसिद्ध आहे. माहिती तंत्रज्ञानाचे हे एक महत्त्वाचे केंद्र आहे. समुद्रसपाटीपासून ९२० मी. उंचीवर असल्याने इथले हवामान आरामदायी आहे, म्हणूनही बंगळुरू शहराचे नाव आहे. शहरात मध्यवर्ती तसेच आजूबाजूला असलेल्या मोठमोठ्या बागांमुळे बगिच्यांचे शहर असे बिरुद बंगळुरूला मिळाले आहे. या शहराचे फारसे माहीत नसलेले एक वैशिष्ट्य म्हणजे इथे असणारी अनेक तळी. बंगळुरू महानगरपालिकेच्या आकडेवारीनुसार या शहरात एकूण १९८ तळी आहेत.

बंगळुरूची ही तळी नैसर्गिक नाहीत, तर मानवनिर्मित आहेत. ठिकठिकाणी बंधारे घालून वाहाते पाणी अडवून ही तळी निर्माण करण्यात आली आहेत. आग्नेय दिशेला कोरामंगल आणि चल्लगाथा, ईशान्य दिशेला हेब्बळ, पश्चिमेकडे वृषभावती ही तीन खोरी बंगळुरू शहरात येणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहांवर नियंत्रण ठेवतात. काही शतकांच्या कालावधीत या खोऱ्यांच्या उतारांवर एकापाठोपाठ एक ओळीने असलेल्या टाक्यांच्या मालिकाच तयार झाल्या आहेत.

एका टाकीतून ओसंडून वाहणारे पाणी पुढच्या टाकीत पाणथळ जागेतून वाहत जाते. या ठिकाणांमधून कालवेही बांधण्यात आले आहेत. अशा पध्दतीने टाक्यांच्या सहा मालिका तयार झाल्या. या प्रत्येक मालिकेतून पाण्याचा प्रवाह नियंत्रित करण्यासाठी कालव्यांची दारे लोकसहभागाने संचालित केली जात असत. बंगळुरू शहरातून कोणतीच मोठी नदी प्रवाहित होत नसल्यामुळे अशा प्रकारच्या रचनेची गरज पडली. नदीच्या अभावापोटी पावसाचे पाणी साठवून त्यातूनच शेतीला पाणीपुरवठा, घरगुती पाणीपुरवठा, आणि मासेमारीसारखे घरगुती उद्योग या सर्व गरजा भागवणे गरजेचे होते. या टाक्यांमुळे हे शक्य झाले.

१५३७ साली कॅपेगौडा या स्थानिक सरदाराने बांधलेला मातीचा किल्ला आणि त्याच्याशी संलग्न वस्ती या सुरूवातीतून बंगळुरूचे आता अस्ताव्यस्त पसरलेले महानगर बनले आहे. टाक्यांजवळ सापडलेल्या शिलालेखांनुसार पावसाच्या पाण्याच्या संधारणाची ही सर्व यंत्रणा बंगळुरू शहराच्या स्थापनेपूर्वीची आहे. अगारा टाकीजवळ सापडलेला असाच एक शिलालेख तर नवव्या शतकातील तारखा दाखवतो. दक्षिण बंगळुरूमधील कुडलू आणि बेगूर टाक्याही याच सुमाराला बांधल्या गेल्या असाव्यात असे इतिहास दर्शवतो. बंगळुरूचा दक्षिण भाग साधारण इ.स. ३५० मध्ये पश्चिम

गंगा घराण्याच्या अधिपत्याखाली आला. इ.स. १००० पर्यंत येथे याच घराण्याचे राज्य होते. केंपेगौडा, त्यांचे वारस, आणि पुढे ब्रिटिश राज्यकर्त्यांनी टाक्या बांधण्याची आणि त्यांच्या देखभाल दुरूस्तीची पारंपरिक व्यवस्था कायम ठेवली.

यामध्ये देखभाल दुरूस्तीची व्यवस्था चांगलीच गुंतागुंतीची होती. या टाक्यांच्या (कानडी भाषेत केरे) परिसरात रहाणाऱ्या नागरिकांच्या जुन्या आठवणींमधून या व्यवस्थेचे अंतरंग उलगडतात. प्रत्येक टाकीच्या आजुबाजूला असणाऱ्या खेड्यांकडे त्या टाकीच्या देखभाल दुरूस्तीची जबाबदारी असे. यामध्ये बंधान्याची डागडुजी, टाकीतला गाळ काढणे, आणि कालव्यांची डागडुजी या कामांचा समावेश होता. ही जबाबदारी असणाऱ्यांमध्ये निरगुंती समाजाचा महत्वाचा सहभाग होता. निरगुंती समाजातील लोक कालव्याची देखभाल करत, आणि त्याबदल्यात त्यांना कसण्यासाठी जमीन इनाम म्हणून दिली जात असे.

१८९७ साली तत्कालीन मैसूर राज्याच्या पुरातत्व विभागाचे संचालक, बी. एल. राइस यांनी संकलित केलेल्या मैसूर गॅझेटमध्ये या व्यवस्थेचा उल्लेख आढळतो. त्यांनी म्हटले आहे, टाक्यांच्या बांधकामात किंवा दुरूस्तीत केलेल्या योगदानापोटी किंवा

त्यांच्या देखभाल करण्याच्या अटीवर बक्षीस म्हणून दिलेली करमुक्त किंवा अतिशय कमी करआकारणी लावलेली इनामी जमीन म्हणजे कोडिगी इनाम जमीन. टाक्यांच्या वार्षिक किरकोळ दुरूस्तीसाठी केरेबंदी आणि केरेकुलागा इनामे दिली गेली. इनाम म्हणून कसण्यासाठी दिलेल्या जमिनीत टाक्यांच्या खालच्या बाजूला असलेल्या पाणथळ जागेचाही समावेश असे. या जमिनींमध्ये तांदूळ किंवा ऊस अशा जास्त पाणी लागणाऱ्या पिकांची लागवड करता येई. मात्र कोणाला कोणती जमीन मिळणार हे ठरवण्यात जातींच्या उतरंडीचा हात असे. बहुतेकवेळा सबळ असलेल्या वरच्या जातींकडे सुपीक पाणथळ जमिनी जात.

स्वातंत्र्यानंतर सरकारने ही पारंपरिक व्यवस्था मोडीत काढून देखभाल दुरूस्तीची अधिक एककेंद्रीत व्यवस्था उभी करायला सुरुवात केली. मैसूर (व्यक्तिगत व अवांतर) इनाम निर्मूलन कायदा १९५४ साली अस्तित्वात आला. याचा उद्देश बहुदा इनाम जमिनींच्या वाटपाची जातीयवादी पध्दती मोडीत काढणे हा असावा. मात्र या कायद्याचा परिणाम टाक्यांच्या देखभाल दुरूस्तीच्या व्यवस्थेवर झाला. सिंचन विभागासारख्या सरकारी खात्यांकडे, विशेषतः मोठ्या टाक्यांच्या देखभाल दुरूस्तीची वाढती

एन्व्हायरन्मेंटल हिस्टरी रीडर,

प्रकाशक : सेंटर फॉर सायन्स अँड एन्व्हायरन्मेंट, २०१५, किंमत : रु. ४५०/-

जबाबदारी आली. सध्या बंगळुरू शहरातल्या टाक्यांची देखभाल बंगळुरू महानगरपालिका करते. वेगवेगळ्या कालखंडात वेगवेगळ्या खात्यांनी (उदा. वन खाते) या कामात भूमिका बजावली आहे. बंगळुरूतील टाक्यांच्या विषयाचा अभ्यास करण्यासाठी १९८६ साली लक्ष्मण राव समिती स्थापन करण्यात आली होती. या समितीच्या शिफारशीमुळे वन खाते या विषयाशी जोडले गेले.

वन खात्याने या टाक्यांकडे केवळ पर्यावरणीय दृष्टिकोनातून पाहिले. यामुळे या टाक्यांबद्दलच्या चर्चेलाही एक वेगळे वळण मिळाले. याचाच परिणाम म्हणून टाक्यांना तळी म्हणून संबोधले जाऊ लागले. बंगळुरूच्या शहरी पर्यावरणात या नवीन नामकरण झालेल्या तळ्यांना पर्यावरणीय आणि सामाजिक महत्त्व प्राप्त झाले. निसर्गप्रेमींनी या तळ्यांच्या देखभाल दुरूस्तीबाबतच्या निर्णयांवर प्रभाव टाकायला सुरुवात केली.

या आधीच्या स्वरूपात टाक्या किंवा केरे यांना सांस्कृतिक महत्त्व होते. बऱ्याच टाक्यांच्या स्वतःच्या देवता (उदा. मुनीश्वरा, दुग्गलाम्मा, गंगाम्मा, इ.) होत्या आणि त्या देवतांची देवळेही बांधली गेली होती. ३५० हेक्टर जागेत पसरलेल्या दक्षिण

बंगळूरूमधल्या बेलांदुरसारख्या काही मोठ्या केरेंच्या काठी वार्षिक उत्सव भरत होते. मात्र वाढत्या शहरीकरणामुळे तसेच प्रदूषणामुळे बहुतेक सर्व नागरी तळ्यांशी संबंधित अशा परंपरा आता खंडित झाल्या आहेत.

२००२ साली स्थापन करण्यात आलेल्या तळी विकास प्राधिकरणाने तळ्यांच्या देखभालीचे खाजगीकरण करण्याचा प्रयत्न केला, पण एन्वायरमेंट सपोर्ट ग्रुप या स्थानिक स्वयंसेवी संस्थेने तो हाणून पाडला. बंगळुरू जिल्हा तसेच कर्नाटकातील इतरही नगरपालिकांच्या अखत्यारीतील तळ्यांच्या पुनरुज्जीवनासाठी व संवर्धनासाठी निर्माण केलेल्या या प्राधिकरणाने मनुष्यबळ व आर्थिक बळाच्या अभावाचे कारण पुढे करून तळ्यांच्या देखभालीच्या कामात खाजगी क्षेत्राचा सहभाग मागितला होता. त्याबद्दल्यात या तळ्यांच्या परिसराचा वापर व्यावसायिक कारणांसाठी करून उत्पन्न कमावण्याची संधी या कंत्राटदारांना मिळणार होती. पण कर्नाटक उच्च न्यायालयाने ही योजना रद्दबातल ठरवली, आणि बंगळूरूमधील तळ्यांच्या देखभालीची जबाबदारी पुन्हा शहराच्या महानगरपालिकेकडे आली.

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे,

समुचित एन्हायरोटेक संस्थेच्या संस्थापक संचालक. priyadarshini.karve@gmail.com



# वाट चुकलेलं कोकरू

लेखक : ओमा शर्मा स्वैर रूपांतर : प्रीती केतकर

ती उशीवर कसंतरी डोकं ठेवून गाढ झोपली आहे. किंचित उघड्या तोंडातून तिची सरळ दंतपंक्ती चमकत्येय. ओठ किंचित सुकलेले, अनियमित चाललेला श्वास... सशाच्या पिळगट निरागस दिसत्येय. चुरगळलेल्या

चादरीचा बराचसा भाग पलंगाखाली लोंबतोय. सकाळचे साडेअकरा वाजलेत. सुट्टीच्या दिवशी ती अशा तऱ्हेनं झोपलेली असते की जसं काही कधी उठायचंच नाहीय. तशीच आताही झोपत्येय. मी एकदोनदा



प्रेमानं तिला उठवायचा प्रयत्नही केला, 'बेटा समीरा, ऊठ बरं, ब्रेकफास्ट तयार आहे.' पण ते तिच्या कानात शिरलंच नाही. तिच्या मुडपलेल्या पायामुळे तयार झालेल्या त्रिकोणात आळसावून पडलेल्या कास्परनं मात्र डोळे उघडले. पण तोही जरा ज्यादाच झालाय, तिनंच लाडावून ठेवलाय त्याला.

खरं तर ती झोपलेलीच बरी असते. उठल्यावर हमखास असं काहीतरी वेडंवाकडं वागते की तुम्हाला राग आलाच पाहिजे. नाशत्याला पराठे केले असले तर अगदी ओकारी आल्यासारखा चेहरा करून ऑक करेल... म्हणजे नाशत्याला कोणी पराठे खातं का! दिलिया - नको, पोहे - मला नाही आवडत, सँडविच - रोज काय तेच! उपमा-दुसरं काही नाहीये का! मॅगी ठीक आहे. पण बेटा, रोज काय तेच नूडल्स खायचे? मग काय झालं?

पोट बिघडतं

माझंच बिघडेल ना?

पण आम्हालाही त्रास होईल.

तुम्हाला कशाला त्रास होणाराय!

काल तुला मायग्रेनचा त्रास झाला होता ना?

मग?

डॉक्टरांनी मैदा, चॉकलेट, कॉफी घेऊ नको असं सांगितलंय.

पण मी कॉफी कुठे घेतल्येय?

नूडल्स तरी मागत्येसच ना?

मम्माSSS! ती ओरडली.

इथे मम्मा काय करणारेय.

पापा, कशाला कटकट करताय?

तिला माझी कटकट होते ह्या गोष्टीनी मी आता अस्वस्थ होत नाही. अल्लड आहे, तिचं बोलणं काय मनावर घ्यायचं. एकुलती एक असल्यानं थोडी लाडावलेली आहे, त्यामुळे तर तिच्या बोलण्याचं वाईट वाटून घ्यायचं कारणच नाही.

आत्ताआत्तापर्यंत तिचं बोलणं किती छान वाटायचं. सगळं काही समजून घ्यायची धडपड, प्रत्येक बाबतीत पडणारे प्रश्न पापा, आपल्या कातडीच्याखाली काय असतं? रक्त.

त्याच्याखाली? हाडं.

हाडं म्हणजे? बोन.

आणि त्याच्याखाली? काही नाही.

कातडी बाजूला केली तर काय होईल?

रक्त वाहील.

रक्त संपल्यावर काय होईल?

बोन दिसतील.

ती तर मी खाऊन टाकीन. का?

कास्पर नाही का खात?

तो कुत्रा आहे.

पापा, तो कुत्रा नाहीय.

अस्सं? मग कोण आहे?

कास्पर ! कास्पर हे नाव आहे. प्राणी म्हणजे... हे हो काय पापा, तुम्ही म्हणजे ना...

रोज रात्री झोपताना तिला गोष्ट सांगावीच

लागायची. ती ऐकताना नेहमी असले प्रश्न विचारून भंडावून सोडायची. गोष्टीचा हीरो कोण याची ती फर्माईश करणार - कोल्हा आणि माकड, चित्ता, सिंह आणि बोकड, पोपट, मांजर, हत्ती आणि अस्वल. अस्वल सोडून बाकी सगळ्या प्राण्यांची इंग्रजी नावंच माहीत असल्यामुळे ती इंग्रजीतच घ्यावी लागायची. गोष्टीचे काही निकष पाळावेच लागायचे. उदा. त्यातली पात्रं कल्पनेच्या स्तरावर काहीही गोंधळ घालू देत, पण त्यात दुःखद



असं काही असता कामा नये. गोष्ट कितीही वेडीवाकडी वळणं घेऊ दे पण सुसंगत असली पाहिजे, तिला शेवट नसला तरी चालेल पण ती निरर्थक असता कामा नये आणि शेवटची अट म्हणजे ती लांबलचक तर असलीच पाहिजे. शेवटच्या अटीबाबत मला नेहमी हार पत्करावी लागायची. असं झालं की जिंकण्याच्या उन्मादात कूस बदलून, माझ्याकडे पाठ फिरवून झोपून जायची. पण

आता..

आता किती बदलल्येय. अगदी घुमी झाल्येय. काही बोलावं तर ऐकणारच नाही. आणि ऐकलं तरी न ऐकल्यासारखं करेल. बेटा, आज शाळेत काय झालं? मी जबरदस्तीनं तिला बोलतं करण्याच्या प्रयत्नात.

काही नाही! तिचं दोनअक्षरी उत्तर.

आणखी खोदून विचारायचा प्रयत्न केला तर

चिडून म्हणते, पापा, तुम्हाला नक्की काय हवंय?

तुझा नंबर खूप खाली जातोय बेटा.

हांSSS खरंतर तुम्हाला हेच विचारायचंय!

नाही गं, म्हणजे तेही विचारायचंय...

कितीवेळा तेचतेच विचारणार आहात?

तसं नाही गं, पण तुला काय होतंय?

काही नाही.

मग? मला नाही माहीत.

ठीक आहे. ती तावातावानं मम्मीकडे तक्रार

करायला निघून जाते. खरंतर मम्मी

समीरामुळेच त्रस्त आहे. पण घरातली शांती

अबाधित राखण्यासाठी ती समीराची बाजू

घेते. प्रगती - पुस्तक मिळतं तेव्हा किंवा

ओपन - डेसारखे अनेक प्रसंग नेहमी येतात

तेव्हा तिला मूग गिळून गप्प बसावं लागतं.

शिकवणी लावूनसुद्धा गणितात मागच्यावेळी

बारा मार्क पडले होते आणि आतातर आठच! ठीक आहे. पुढे गणित घेणार नाही.

ती पुढे काय करेल हा प्रश्न नाहीय. जे वर्गात

शिकवलं जातं ते तिला समजण्याचा प्रश्न

आहे. भूगोलाच्याबाबतीतही तीच अवस्था

आहे.

पुढे काय करणार आहे ही?

सगळ्यांची मुलं काहीनाकाही करतात तसं

हीपण करेल.

पण कसं? सगळं इतकं सोपं आहे का?

इतका विचार नका करू.

मुलीचा बाप असूनही मी नाही विचार करणार

तर कोण करणार? येणारा काळ किती कठीण

आहे. स्वतःच्या पायावर उभं राहण्यासाठी

तिला काहीतरी तर करावंच लागेल ना.

आपण काही तिला जन्माला पुरणार

नाही. ज्यांची मुलं बोर्डात पहिली येतात



असे आईबाप भाग्यवान खरेच ! त्यांची मुलं आयआयटी, मेडिसिनला जातात, वर्तमानपत्रात त्यांचं फोटोसहित गुणवर्णन छापून येतं. आणि इथे पास होण्याचीसुद्धा मारामार.

ती निदान पास तरी होतेच ना. होते. पण शिकवणी लावल्यामुळे. आमच्या घरच्यांना सरकारी शाळेची फीसुद्धा जड वाटत होती. आणि हिला खाजगी शाळेत घालूनही शिकवणीशिवाय चालत नाही.

तुम्ही आपल्या काळाप्रमाणे तिच्याबद्दल विचार का करता? आपल्याला ज्या पद्धतीनं वाढवलं गेलं त्याचं सावट तिच्या आयुष्यावर पडणं योग्य आहे का?

माझं बोलणं सरळसरळ उडवून लावलं जात होतं. मलाही तसं वागण्याची बिलकूल इच्छा नाहीय. पण ज्या तऱ्हेनं परिस्थिती बिघडत चालल्येय त्यामुळे राहवतही नाही. तिला सगळ्या सुखसोयी मिळतायत हे ठीकच आहे पण त्यामुळे ती बिघडून नको जायला. त्यादिवशी केमिस्ट्रीच्या मिस रॉड्रिक्सनं बोलावलं होतं. ज्यांची ती, एकेकाळी आवडती विद्यार्थिनी होती त्याच त्यादिवशी जवळजवळ अंगावर धावूनच आल्या, “गृहपाठ करणं तर दूरच, जर्नल्ससुद्धा पूर्ण करत नाही. वर्गात समीकरण - संतुलन शिकवून झालंय. आणि ही आयर्नचं चिन्ह आय लिहिते मग आयोडीन कसं दाखवणार?”

माझी समजूत घालताना मीरा अगदी संयमानं वागते पण तिच्यावर वेळ आली की मात्र तिचा हात उठतो. नाहीतर मग आकांडतांडव करून माझ्या नाकर्तेपणामुळे, तटस्थतेमुळेच ती असं वागल्येय - असं म्हणून तोंड फुलवून बसते. समीराकडे लक्ष द्यायला मला फक्त रविवारी वेळ मिळतो. रोज तर मीराच तिला सांभाळते. पण ती तरी किती सांभाळून घेणार...

शाळेत जायच्यावेळी रोज बूट-मोज्यांची शोधाशोध करावी लागते. कारण आदल्या दिवशी शाळेतून आल्यावर बुटाची नाडी न सोडता बूट काढून, एक इकडे - दुसरा आणखी कुठेतरी फेकलेला असतो. पाण्याची बाटली तर दर आठवड्याला हरवते. तिला ताजं अन्न मिळावं म्हणून डबेवाला लावलाय पण त्याचीही काही कदर नाही. पुस्तकं तर एखाद्या रद्दीवाल्यासारखी हाताळते. आम्ही आमची सेकंडहँड घेतलेली पुस्तकंसुद्धा पुढच्या वर्षी कोणालातरी वापरता यावीत म्हणून जपून वापरत होतो. आणि ही नवीन पुस्तकांच्या नोव्हेंबर - डिसेंबरमध्येच चिंध्या करते.

मॅडम शाळेतून आल्यावर घाईघाईनं बाथरूमला जावं तितक्या तातडीनं आल्याआल्या तडक फेसबुकमध्ये शिरतात आणि तासनतास त्यातच दंग! तेव्हा खाण्यापिण्याची शुद्ध नसते की थंडी - उकाडा कसली जाणीवही नसते. लोकांची मुलं बघा



कशी आल्याआल्या गृहपाठ करायच्यामागे लागतात.टीव्हीसुद्धा नाही बघत. आणि ही आमची मात्र... नंबर खाली जायचीच जिथे भीती नाही तिथे गृहपाठाची काय कथा. तिचे हजाराच्यावर फेसबुक फ्रेंडस आहेत हे मी ऐकून आहे.

एक दिवस लॉगआउट करायला विसरली होती. मीरानं जेव्हा तो चालू केला तेव्हा तो अकॉॅट पुन्हा चालू झाला. कायकाय चित्रविचित्र फोटो आहेत त्यावर. टेक्नॉलॉजीनं माकडाच्या हातात कोलीत दिलंय. किती आणि कुठल्याकुठल्या मुलांना मित्र बनवलंय कोणास ठाऊक. ह्या वयाची मुलं म्हणजे... मुर्लीनीच सांभाळून राहायला हवं. पण ही तर जरासुद्धा ऐकत नाही. मी जर तिच्याजवळ जाऊन बसलोच तर लगेच ती विंडो

मिनिमाइज करते, नाहीतर एस्केप बटण दाबते. ना बेस्टचा अर्थ माहित्येय ना फ्रेंडचा, पण तरीही डझनभर बेस्ट फ्रेंड्स आहेत. मी काही सांगायला, समजावायला गेलो तर 'झालं ह्यांचं सुरू' किंवा 'आता पुरे' असं म्हणून उडवून लावते. सगळ्या मित्रमैत्रिणींकडे आहे म्हणून लाडीगोडी लावून माझ्याकडून ब्लॉकबेरी वसूल केला. मी विचार केला की होऊ दे तिच्या मनासारखं. एकच तर मुलगी आहे. तिला का कशाची कमतरता पडू घायची. दररोज मोबाईलच्या आकर्षक जाहिरातींची कात्रणं आईला दाखवायची. माझा मोबाईल घेऊन हवा तसा हाताळायची आणि अगदीच काही नाही तर ब्रिक्स नाहीतर मला माहित नसलेले कुठलेकुठले खेळ खेळायची. पण तिच्या मोबाईलला मात्र

कायम पासवर्डचं कुलूप असतं. त्यामुळे मला हात चोळत बसावं लागतं. ह्यावरूनच समजतं ना, की नक्की काहीतरी करू नयेत अशा गोष्टी करत असणार. जर सगळं काही स्वच्छ-शुद्ध असतं तर पासवर्डची किंवा फोनच्याबाबतीत इतकं पझेसिव्ह असण्याची काय गरज होती?

त्यादिवशी मी दिवाणखान्यात एकटाच आयपीएलची मॅच बघत बसलो होतो. तेवढ्यात मीरा आली आणि मला गप्प राहण्याची खूण करून हळूच बेडरूममध्ये घेऊन गेली.

समीरा झोपली होती. आज चुकून तिचा मोबाईल डायनिंग टेबलवर राहिला होता. झोपतानासुद्धा ती नेहमी तो तिच्या उशीखाली ठेवते. तोसुद्धा सायलेंट मोडमध्ये. मोबाईलसारख्या तिच्या खाजगी गोष्टींमध्ये डोकावायचा किंवा टीकाटिप्पणी करण्याचा मला किंवा मीराला काहीही अधिकार नाहीय ! ती केव्हा, कोणाशी, काय बोलते ह्याच्याशी आमचा काय संबंध! बीबीएम म्हणजे ब्लॅकबेरी मेसेंजर सर्व्हिस चालू करून घेतली आहे. हवे तेवढे फोटो, मेसेज किंवा व्हिडीओ



पाठवा. त्यादिवशी आलेले सगळे संदेश वाचायला मिळाले. आपलंच मूल असली भाषा वापरतंय यावर विश्वास बसेना. एकाही शब्दाचं स्पेलिंग बरोबर नव्हतं. वासप, लोल, बीटीडब्ल्यू, ओएमजी, टीटीवायएल आणि जेकेचा भडीमार होता. मीरानं सांगितलं की ती क्रमशः व्हॉट्स अप, लाफ आउट लाऊड, बाय द वे, ओ माय गॉड, टॉक टू यू लेटर आणि जस्ट किडिंगची संक्षिप्त रूपं आहेत. हे एकवेळ ह्या पिढीचं व्याकरण म्हणून मान्य केलं तरी ह्याच्याशिवाय जे काही लिहिलं

होतं ते पाहून टुकार हिंदी चित्रपटातील संवाद आठवावेत. आधी फरज़ान नावाच्या मुलाबरोबर हिचं नाव जोडलं गेलं होतं. थोड्या दिवसापूर्वी त्याची हकालपट्टी केलेली दिसली. हल्ली साहिल आणि सारांश नावाची कोणीतरी पकडल्येत. फेसबुकच्या तिच्या प्रोफाईल पिक्चरबद्दल त्यांना मतं देण्याची जबरदस्ती केल्येय. अधर्माधिक गोष्टी तर स्माईलीजमधूनच सांगितलेल्या असतात. त्यामुळे तशाही त्या समजतच नाहीत. विषय म्हणून मराठी - अवर मदर टंग यूनो खूप फालतू बोअरिंग आणि कठीण ! पण बातम्या, निरोपांचं आदानप्रदान करताना या भाषेतील निवडक देशी शिव्यांचा मात्र सगळेजण मुक्त हस्तानं वापर करतात, आपणही काळाबरोबर आहोत हे सिद्ध करण्यासाठी!.

एके दिवशी नवी मुंबईच्या रस्त्यावर, बहुतेक मानखुर्दमध्ये कुठेतरी, डुकं शोधूनशोधून काहीतरी खाताना दिसली. बस, लगेच बाईसाहेबांची प्रश्नांची सरबत्ती सुरू झाली -

पापा, पिग्ज काय खातात ?

घाण

शीSSS का ?

त्यांचं तेच खाणं असतं बेटा, त्यामुळे त्यांना ते घाण नाही वाटत.

पितापुत्रीचा संवाद आता भलतंच वळण घेणार याचा नेहमीच्या अनुभवावरून अंदाज येऊन श्रीमती जोशींनी स्टॉप इट

म्हटलं. तेव्हा एकूण रागरंग पाहून मीही संभाषण आटोपतं घेतलं.

दोन वर्षापूर्वीची अशी ही खट्याळ, निरागस मुलगी, अचानक तिच्यात इतका बदल झालाय यावर विश्वासच बसत नाहीय. काही सांगतही नाही जसं काही आम्ही काही सांगण्यालायकच नाही आहोत. आताच तिला अडवलं नाही तर पूर्णपणे बिघडायला कितीसा वेळ लागणार? बाकी आता आणखी बिघडण्यासारखं राहिलंय तरी काय? मोबाईलच्या म्युझिकमध्ये फ्लोरिडा, ब्रुनो मार्स, एमेनिम, रिहाना आणि कोणजाणे कुठल्याकुठल्या विदेशी संगीतकारांची भरती करून ठेवल्येय. बघावं तेव्हा इयर - प्लग लावून बसलेली असते. बेबी टू नाईट आय अॅम लव्हिंग यू, लिप्स लाईक शुगर, इफ यू आर सेक्सी अँड यू नो क्लॉप युवर हँड असलं सगळं ऐकण्याचा काय अर्थ लावायचा? काही बोलायला गेलं तर म्हणते की त्यामुळे एकाग्रता वाढते. एक दिवस मी अगदी खोदूनखोदून विचारलं तेव्हा म्हणते कशी की ह्याला काही अर्थ नाहीय. हे फक्त संगीत आहे. कोणी मला सांगेल का की ह्यात कसलं संगीत आहे? सगळ्या गाण्यांमध्ये सारखाच हल्लागुल्ला. मनात घर करतील असे कोणतेच शब्द नाहीत, सूर नाहीत. सगळा नुसता कलकलाट! आणि तरीही ही इतक्या उद्दामपणे, मला काहीही न सांगता मी इतकी कटकट का करतो असं कसं म्हणू शकते?



सकाळी फिरायला जातो तेव्हा रोज भेटणाऱ्या एका परिचितानं सांगितलं की गेल्या शुक्रवारी दुपारी ही ब्ल्यू हेवनच्या लाऊंजमध्ये एका तिच्याच एवढ्या मुलाबरोबर एका कोपऱ्यात बसून आईस्क्रीम खात होती. मी घरी विचारलं तर मीरा म्हणाली की शाळेतून आल्यावर क्रॉसवर्ड बुकस्टोअरमध्ये मैत्रिणींना भेटायचंय असं सांगून गेली होती. मीरानंच तिला तिथे नेऊन सोडलं होतं. कुठे क्रॉसवर्ड आणि कुठे ब्ल्यू हेवन. बाहेर जाते तेव्हा आम्ही कोणी तिला फोन केलेला चालत नाही. केलाच तर उचलत नाही. नंतर,

तो सायलेंट मोडवर होता किंवा टॅक्सीच्या खडखडाटात ऐकू आलं नाही असे बहाणे करते.

मी माझ्याकडून प्रेमानं चुचकारण्याचा प्रयत्न केला. पण परिणाम शून्य! त्यादिवशी बेचैनीमुळे माझी झोपमोड झाली. दिवा न लावताच समीराच्या खोलीकडे गेलो तर काय, रात्री अडीच वाजता मॅडम बीबीएम करण्यात दंग होत्या! संतापानं अंगाची लाहीलाही झाली. राहवेना, खरं तर हातच उठायचा. पण तेव्हाच हेही जाणवलं की

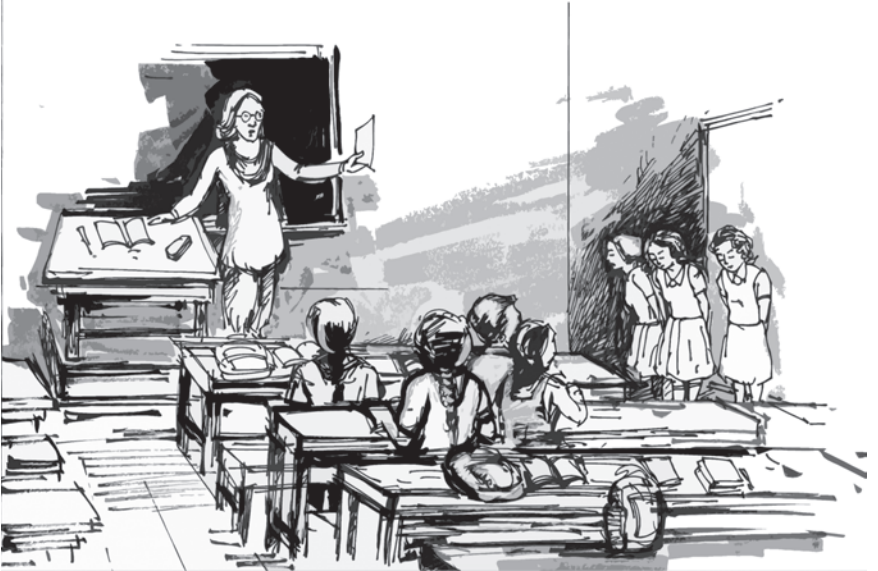


आमच्या लाडाचेच हे परिणाम आहेत. रात्री किती वेळ हे उद्योग करत असते कुणास ठाऊक. तरीच सकाळी उठायची टाळाटाळ करते. मी तिचा मोबाईल काढून घेतला. पण हिची हिम्मत इतकी की मलाच सुनावलंय मी तिचा मोबाईल पाहू शकत नाही म्हणून. पण का? मी खुद्द तिचा बाप पाहू शकत नाही असं काय आहे त्याच्यात? मीरा मधे पडली म्हणून मी तिला मोबाईल लॉक तरी करू दिला. साधं सफरचंद कापायची अक्कल नाही आणि बेगुमानपणे माझ्या तोंडाला

लागते! त्या दिवशी कापायला गेली आणि चाकू मनगटात घुसवून घेतलान.

मला अशीही भीती वाटत होती की ज्या मुलांबरोबर ती बीबीएमवर असते त्यांना शाळेच्या बहाण्यानं भेटत तर नाही ना? ह्या वयातलं आकर्षण अविचारी, अविवेकी असतं. मी कितीवेळा मरीन-ड्राइव्हवर किंवा आयनॉक्सचे सकाळचे शो सुटतात तेव्हा हिच्या वयाच्या, शाळेच्या युनिफॉर्ममधल्या मुलींना बाहेर पडताना पाहिलंय. तथाकथित समाजशास्त्रज्ञ त्यांना चक्र टीनेज कपल्स म्हणतात. आपली गुडघ्याएवढी दिवटी पोरं बाहेर असे गुण उधळतात यावर त्यांच्या आईवडिलांचा विश्वास तरी बसेल का? सीक्रेट व्हिडीओ कॅमेच्यानं रेकॉर्ड केलेले एमएमएस दररोज सक्क्युलेट होत असतात. एक्सप्रेसमध्ये

काही दिवसापूर्वी एक बातमी आली होती की नवयुग पब्लिक स्कूलमधल्या नववीतल्या ज्या मुलीनं नापास झाली म्हणून आत्महत्या केली, तिचं पोस्टमार्टेम केल्यावर कळलं की ती गर्भवती होती. तीही आईवडिलांची एकुलती एकच मुलगी होती. त्यांनीही तिला वाढवताना आमच्यासारख्याच डॉक्टरांकडे खेपा घातल्या असतील. चांगल्या शाळेत घालण्यासाठी जिवाचा आटापिटा केला असेल. शाळेत ओपन-डेच्यावेळी सगळी कामं टाकून हजेरी लावली असेल. ताप उतरावा म्हणून किंवा पोट बिघडण्याचं कारण न कळल्यामुळे औषध देण्याबरोबरच स्वतःच्या समाधानासाठी दृष्टही काढली असेल. मध्यरात्री उठून हळूच दिवा लावून तिला डास नाही ना चावत याची खात्री करून



घेतली असेल...!

अशा खुराड्यासारख्या फ्लॅटमध्ये कुत्रा पाळायला आपण तयार होऊ असं आम्हाला कधीच वाटलं नव्हतं. दोनतीन वर्षांपूर्वी जेव्हा कास्पर नव्हता तेव्हा कुठल्याही घाणेरड्या पिल्लाला खेळायला घेऊन यायची. एक बदामी रंगाचं मांजराचं पिल्लू होतं. त्याला त्याच्या आईनं टाकलं होतं किंवा ते वाट चुकलं होतं. त्याला आमच्या घरात आसरा मिळाला. पण तीनच दिवसात त्यानं सोप्यावर, टेबलाखाली आणि फ्रीजच्यामागे अशा जागा लोळण्यासाठी निवडल्या तेव्हा मग मीपण हात उगारला. दोन दिवस ते पिल्लू कधी पार्किंगमध्ये, कधी जनरेटरजवळ असं दिसायचं. पण तिसऱ्या दिवशी ते गायब झालं. माझ्यासकट सगळे त्याच्या शोधमोहिमेवर खूप फिरले.

जाऊ दे बेटा, बहुतेक एखाद्या कुत्र्यांनं त्याला खाल्लं असावं. शोधण्याचा प्रयत्न अयशस्वी झाल्यावर मी तिची समजूत घातली.

पापा, एका रात्रीत ते मोठं मांजर बनलं असं होऊ शकतं ना? मला शेजारच्या बिल्डींगमध्ये त्याच रंगाचं मांजर दिसलं.

कोणत्याही परिस्थितीत पिल्लू गायब होणं किंवा एखाद्या कुत्र्याकडून मारलं जाण्याची कल्पना तिला मंजूर नव्हती.

किती छोटं होतं ते! त्याला कशाला कोण मारेल?

हो हो, तू म्हणतेस तसंच असेल. बरेचदा असं होतं, तसं आत्ताही झालं असेल. आता घरी जाऊ या?

तिच्या समजुतीला दुजोरा देण्यासाठी मला आटोकाट प्रयत्न करावा लागला. तिच्या या निरागस वेडेपणामुळेच कास्परला आणणं भाग पडलं. एवढं हट्टानं त्याला आणलं खरं पण पुढे काय? एक दिवससुद्धा ती त्याला बाहेर घेऊन जात नाही. असं म्हणतात की ताण कमी करण्यासाठी पाळीव प्राण्यांची खूप मदत होते. पण इथे त्याच्यामुळे माझा मात्र ताण वाढत चालला होता.

संध्याकाळी घरी आलो तेव्हा मीराचं तोंड जरा जास्तच उतरलेलं दिसलं. तिच्या मूडमध्ये असे उतारचढाव नेहमीच होत असतात. त्यामुळे लगेच मी काही बोललो नाही. मौन हे लाख सुखांच्या तोलाचं असतं. कुठल्या बाबतीत बायकांची काय प्रतिक्रिया येईल हे कोणीतरी सांगू शकेल का? पण थोड्या वेळानं तिनंच अडखळत सांगायला सुरुवात केली.

आज तिच्या शाळेत गेले होते. मी आपण होऊन नव्हते गेले. तिच्या टीचरनी बोलावलं होतं.

तिच्या आवाजात एक प्रकारचा भकासपणा जाणवत होता. संभाव्य धोक्याच्या जाणिवेनं माझा आत्मविश्वास डगमगू लागला.

इट्स गेटिंग डॅंजरस. ती म्हणाली.

काय झालं?

तिनं शाळेंमध्ये आत्महत्येचा प्रयत्न केला. काय? कसा? माझ्या रागाची जागा आता भयानं घेतली. पेनचं टोक खुपसून ! आता मात्र मी काळजीत पडलो. केमिस्ट्रीची शिक्षिका मिस उमा पॉल बर्नीस किती चांगली आहे. काही दिवसांपूर्वीपर्यंत ही तिची आवडती विद्यार्थिनी होती. आता शत्रू झाल्येय. आणि का नाही होणार? दोनचार वाया गेलेल्या मुलींबरोबर मागच्या बाकावर बसून ही घाणेरड्या भाषेतल्या चिट्ठ्या पास करत होती. आज टीचरनं पकडलं. सर्वात जास्त चिट्ठ्या हिच्या हस्ताक्षरातल्या होत्या. मी स्वतः माझ्या डोळ्यांनी बघितलं. टीचरला कुरूप वेडी

चेटकीण म्हटलं होतं. शिक्षा म्हणून तिला पाच मिनिटं वर्गाबाहेर उभं केलं होतं. आणखीही दोन मुली होत्या. कुठला शिक्षक असलं काही सहन करेल. पण त्यामुळे हिला अपमान वाटला आणि वर्गात आल्यावर तिनं तळहातामध्ये पेनचं टोक खुपसलं. डेस्कवर रक्ताची धार लागली तेव्हा वर्गात गोंधळ माजला. मिस बर्नीसनं घाबरून मला फोन केला. मी त्यांची माफी मागितली आणि त्यांची परवानगी घेऊन हिला घरी घेऊन आले. घाबरल्यामुळे की आणखी कशानं पण तिला ताप भरला होता म्हणून क्रोसिन देऊन झोपवलयं. तुम्ही तिला काही बोलू नका.

मी सुन्न होऊन मीराकडे बघितलं. तिचे ओठ कोरडे पडले होते. गेल्या काही



दिवसातल्या सततच्या ताणामुळे तिची अवस्था अगदी चरकात पिळून काढल्यासारखी झाल्येय. किती दिवसात ती मोकळेपणानं हसली नाहीय. कधी हे तर कधी ते, सतत काहीतरी भानगडी चालूच होत्या. अशावेळी आम्ही अगदी गलितगात्र होऊन जातो. मला माहित होतं की आत्ता जर मी तिला धीर देण्यासाठी सांत्वनपर काही बोललो तर ती कोसळेल. म्हणून उसनं अवसान आणून मी म्हटलं, 'शिक्षकांना तर पराचा कावळा करण्यातच रस असतो. आईवडिलांची धावपळ उडवून देण्यात त्यांना मजा वाटते. ह्या वयाची सगळीच मुलं खोडकर असतात. तशी नसतील तरच उलट काळजी करायला हवी. त्या खोड्यांकडे खिलाडू पणे बघण्याऐवजी शिक्षक मुलांच्यातला हा रसरशीत जिवंतपणा मारून टाकण्यातच धन्यता मानतात. आणि मुंबईतल्या तथाकथित उत्तम शाळेची ही अवस्था! बाय द वे, आज जेवायला काय आहे?'

माझा पंधरा वर्षांचा सांसारिक अनुभव असा आहे की खाण्यापिण्याचा विषय काढला की बरेचसे प्रश्न आपोआप विरून जातात. पण माझ्या या सारवासारवीनं आणखीच उदास होऊन मीरानं तिच्याजवळच्या समीराच्या वहीतलं शेवटचं पान उघडून माझ्यापुढे ठेवलं. काय आहे?

सुसाईड नोट!

हा धक्का माझ्यासाठी जीवघेणा होता. वहीचं अर्धं पान भरलेलं होतं. वरच्या कोपऱ्यात संपूर्ण नाव, दुसऱ्या कोपऱ्यात संपूर्ण जन्मतारीख, त्याच्याखाली मरणाची तारीख-तारखेसमोर फक्त चालू वर्ष लिहिलेलं. निर्णय अमलात आणला जाईल, ती तारीख फक्त घालायची बाकी होती. एकदोन ठिकाणी केलेली खाडाखोड सोडली तर सगळं काही निबंध लिहावं तसं विचार करून लिहिलेलं होतं :

मला जगायचं होतं. मी तसा प्रयत्नही केला. पण हरले. आपल्या मनासारखं वागता येत नसेल तर अशा जिण्याचा काय फायदा? पापांना तर माझ्याशी काही देणंघेणंच नाहीय. मम्मीही तशीच झाल्येय. स्वमग्न! त्यांना माझ्या आनंदाशी काही मतलब नाहीय. माझा मोबाईलसुद्धा हिसकावून घेतला. मी मित्र-मैत्रिणींबरोबर स्लीप - ओव्हरसाठी जाऊ शकत नाही. त्या सगळ्यांना किती स्वातंत्र्य आहे. माझ्यामागे मात्र फक्त अभ्यास आणि अभ्यास. पण कोणालाच त्याची पर्वा नाहीय. मला माहित्येय, हे काही जीव देण्यासाठीचं सबळ कारण नाहीय. पण माझ्याकडे जगण्यासाठीसुद्धा तसं सबळ कारण नाहीय. अनामिका, यू आर माय बफ आय विल मिस कास्पर !

वाचतावाचता माझ्या डोळ्यासमोर आत्महत्येचं भीषण दृश्य साकार झालं. त्या

भीषण दुःस्वप्नातून सावरण्यासाठी मी मस्करीच्या सुरात बोललो, ड्राफ्टिंग बाकी छान आहे नाही? चुका अगदी कमी आहेत. आधारासाठी मी कसनुसं हसत मीराकडे पाहिलं. पण तिच्या डोळ्यात एक निष्ठुर अनोळखीपणाचा भाव होता. आयुष्यभराची कमाई कोणीतरी बेधडकपणे हिसकावून घ्यावी किंवा डोंगरउतारावर गाडीचे ब्रेक्स निकामी व्हावेत आणि समोर भयानक अंधाराशिवाय काहीच नसावं, असं वाटत होतं. असं काहीही कारण नसताना, कोणतीही सूचना किंवा संधी न देता जीवन नष्ट करता येतं? आणि का...?

सगळ्या वर्गाला आणि शिक्षकांना तिनं ह्याबद्दल सांगितलं होतं. मीराचा बराच काळ दडपून ठेवलेला राग उसळी मारून बाहेर पडत होता. माझी बोलतीच बंद झाली. तू तिचा मोबाईल जप्त केलास त्या रात्रीसुद्धा तिनं स्वयंपाकघरात जाऊन मनगटाची नस कापून घ्यायचा प्रयत्न केला होता. तिला सावरून घेण्यासाठी सफरचंद कापताना तिला कापलं असं तुला खोटंच सांगितलं.

माझा विश्वासच बसत नाहीय ! असं कसं होऊ शकतं? समोर आलेल्या विदारक सत्यामुळे आणि विश्वास कोसळून पडल्यामुळे मला घटनेच्या

गांभीर्याची प्रथमच जाणीव झाली.

हातच्या कांकणाला आरसा कशाला असं म्हणून तिनं मला डरपोकपणाची खूण असलेली समीराच्या तळहातावरची जखम दाखवली.

एखाद्या दिवशी सकाळी उठून रोजच्या रहाटगाड्याला जुंपून घ्यायचं जिवावर आलेलं असताना तुम्ही नाईलाजानं उठावं आणि डॉक्टरांनी गंभीर चेहऱ्यानं अतिरक्तस्रवामुळे मृत्यू असं सांगितल्यावर आयुष्यभर स्वतःला दोष देत राहावं... असं झालं नाही पण केव्हाही होऊ शकतं! या भीषण वास्तवाची मला जाणीव झाली.



एका कौन्सेलरचा पत्ता मिळवून मी त्यांना आज भेटूनही आले... त्यांच्या मते प्रकरण गंभीर आहे. आपण आणखी चान्स घेऊ शकत नाही.

मी एकदम आवेगानं उठून म्हटलं, असे काय जुलूम करतो आम्ही हिच्यावर? शाळेचे दिवस सोडले तर मॅडम त्यांच्या मर्जीप्रमाणे दुपारपर्यंत कधीतरी उठतात. आजपर्यंत एकही दिवस रात्री झोपताना दात घासलेले नाहीत. दर दोन महिन्यांनी दातातली कीड काढून हा नाहीतर तो दात भरून घ्यावा लागतो. उठल्याबरोबर तडक नेटवर बसणार. आधी बास्केटबॉल, सायकलिंग तरी करत होती आता तेही नाही. पुस्तकं, अभ्यास, जेवण सगळंच बोअरिंग वाटतं. एक वेळ हेही सगळं ठीक आहे. पण शाळेतली जर्नल्स पूर्ण करायलासुद्धा तुमच्याकडे वेळ नसतो? कामचुकारपणा करण्याची लाज वाटणं तर दूरच, त्याची साधी जाणीवही नाही? आमच्या बापाला आपलं मूल कितवीत आहे, विषय कोणते घेतल्येत कशाचा पत्ताही नसायचा.

सत्या, प्लीज! तू आपल्याशी तिची तुलना करू नकोस. माझ्या संतापावर ती नेहमी असंच थंडपणे पाणी ओतते. खरं कारण हे आहे की समीरासाठी जी काय धावपळ, मेहनत करावी लागते ती तीच करते, मी नाही. वाटणीनंतर एकत्र कुटुंबातील मिळकतीतला जो हिस्सा मिळाला तो तुटपुंजा

होता. म्हणून स्वतःचा व्यवसाय सुरू केला. व्यवसाय एकदमच नवीन प्रकारचा, अनलिस्टेड कंपन्यांचे शेअर्स विकण्याचा. खूप जोरात चाललाय असं नाही पण आज डोक्यावर हक्काचं छप्पर आहे, खायला प्यायला कमी नाहीय. कोणासाठी केलं मी हे सगळं? स्टेट बँकेतल्या नोकरीला चिकटून बसलो असतो तर कुठेतरी खेड्यापाड्यात काम करत बसलो असतो. मीराला हे काय माहिती नाही का? तिंनंही चौदा वर्ष डेबिट-क्रेडीट करत घालवलीच आहेत. तीन वर्षापूर्वी समीराकडे नीट लक्ष देता यावं म्हणून व्हीआरएस घेतलीन, आणि त्याप्रमाणे व्यवस्थित लक्ष दिलंही तिच्याकडे. खेड्यातली मुलंसुद्धा इन्जिनिअरिंग, मॅनेजमेंटमध्ये जातायत. घरातून कसलीही मदत नसताना नवीननवीन उद्योग उभे करतायत. हे सगळं मेहनतीशिवाय शक्य होतं का? बिल गेट्स, आईनस्टाईनचं उदाहरण फक्त एवढयासाठीच द्यायचं का..कारण म्हणे तेसुद्धा शाळेत असताना सामान्य विद्यार्थीच होते... हद्द झाली!

जरा थांबून मीरा म्हणाली, हे बघ सत्या, हा सगळा विचार करत बसायची ही वेळ नाहीय. आता फक्त तिची गाडी रुळावर कशी येईल हे बघायचंय. रोजच्या रोज येणाऱ्या बातम्या वाचून माझा तर धीरच खचतो.

तिच्या त्या थोडक्या शब्दातून तिची



काळजी, दुःख अचूक माझ्या मनाला भिडलं. मला माझ्या चुकीची जाणीव झाली. कालपरवाच तर बातमी आली होती की गेल्या पाच वर्षात भारतातल्या आत्महत्या करणाऱ्या मुलांची - विद्यार्थ्यांची संख्या दुप्पट झाल्येय. एकट्या मुंबईत शंभराहून अधिक आत्महत्या होतात. दीडशेकोटी लोकसंख्येच्या मानानं शंभर हा आकडा किरकोळ असेल पण दरवर्षी शंभरहून जास्त

कुटुंबांवर काय परिस्थिती ओढवत असेल. कितीकांचं आयुष्य आमूलाग्र बदलून जात असेल. पण घटनेतली आर्तता अलिप्तपणे निव्वळ आकडेवारीत व्यक्त केली जाते. आपणही त्यांच्यातच सामील व्हायच्या वाटेवर आहोत का?

मी हलकेच समीराजवळ जाऊन झोपलो. काही वर्षांपूर्वी तिला खुश करण्याचा एक रामबाण उपाय होता माझ्याकडे - तिला गुदगुल्या करणे. पण हल्ली ती गाढ झोपेत असतानाच फक्त मी तिला हात लावू शकतो. नाहीतर अर्धवट झोपेतसुद्धा ती पापा मला त्रास देऊ नका असं ओरडते.

आजही तिनं तसंच केलं पण आज तिच्या धुडकावण्याकडे बघण्याची माझी नजर बदलली आहे. थोड्या वेळानं ती उठून काही न बोलता बाहेर सोफ्यावर जाऊन झोपली. मी मीराला तिच्या आवडीचे नूडल्स, बर्गरसारखे फालतू पदार्थ करायला सांगितले. मीरानं आधीच पास्ता बनवला होता...

(पुढे चालू...)



अनुवाद : ओमा शर्मा, ॲडिशनल कमिशनर, आयकर विभाग. हिंदीतील युवा लेखक. मुंबईत वास्तव्य. वरच्या 'दुश्मन मेमना' या कथेसाठी २०१२ सालच्या रमाकांत स्मृति पुरस्कारानं सन्मानित. इंग्रजीतून हिंदीमध्ये अनुवाद करतात.

चित्रे : अनुपम रॉय. आंबेडकर युनिव्हर्सिटी दिल्ली इथे चित्रकलेत एम.ए. करत आहेत.



# १०० वर्षापूर्वी

जून १९१५ चा नॅशनल जिओग्राफिकचा अंक पहिल्या महायुद्धाच्या धुमश्चक्रीत सापडलेल्या इटलीमधल्या काही शहरांबद्दल होता. युद्धरेषेच्या जवळ असलेल्या या शहरांमधील वास्तुकला धोक्यात आलेली होती, त्याबद्दल चिंता व्यक्त करताना, हा सांस्कृतिक ठेवा कॅमेऱ्याच्या माध्यमातून जतन करण्याचा प्रयत्न या अंकात केला



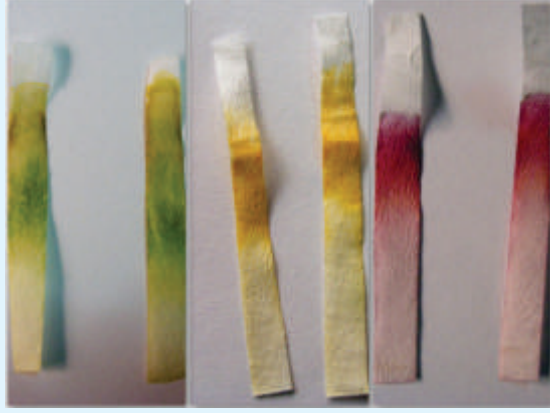
मॉनेस्ट्रीचा दरवाजा



मिलानचे दुसरे ड्यूक लुडोविको व त्यांची पत्नी एस्टेल यांचे मॉनेस्ट्रीमधील थडगे. आपल्या पत्नीमुळे लुडोविको हे चित्रकार व शिल्पकारांचे आश्रयदाते बनले. लियोनार्दो दा विंची यांचे द लास्ट सपर हे जगप्रसिध्द चित्र लुडोविको यांच्यासाठी काढले गेले होते.



मिलानचे पहिले ड्यूक गिआन व्हिस्काँटी यांनी १४ व्या शतकात या परिसराची रचना करवली.  
त्यांच्या स्मरणार्थ मॉनेस्ट्रीमध्ये हे वास्तुशिल्प उभे करण्यात आले आहे.



पानांमधील रंग असे वेगवेगळे करून पाहता येतात,  
कसे ते वाचा पान ५३ वरील लेखात



मॉनेस्ट्रीच्या खिडकीवरील नाजूक कलाकुसर

शैक्षणिक संदर्भ: जून-जुलै २०१५ 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.

---

