



शैक्षणिक प्रदर्शनी

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

अंक - ८
डिसेंबर २००० -
जानेवारी २००१

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुध्दे
संजीवनी कुलकर्णी
प्रदीप गोठोस्कर
नागेश मोने
प्रियदर्शिनी कर्वे

सल्लागार :

नरेश दधीच

अक्षरजुळणी व मुद्रण :

न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स
संजीव मुद्रणालय

पालकनीती परिवार पुणे व
एकलव्य, होशंगाबाद
यांच्या सहयोगाने हा अंक
प्रकाशित केला जात आहे.

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक - ८

डिसेंबर २००० - जानेवारी २००१

निर्मिती आणि वितरण

संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्णे रोड, पुणे ४११ ००४.

ई-मेल : karve@wmi.co.in

दूरध्वनी : ५४४१२३०

किंमत : रूपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रूपये १००/-



पाश्चात्य वाद्यवृंदात वेगवेगळ्या प्रकारची अनेक वाद्ये असतात. कॉन्सर्ट हॉलमध्ये अशा वाद्यवृंदाचे शास्त्रीय संगीत ऐकणे, हा एक वेगळाच अनुभव असतो. वाद्यवृंदातील सर्व वाद्यांचा स्वरमेळ व कॉन्सर्ट हॉलच्या विशिष्ट रचनेमुळे होणारे आवाजाचे प्रवर्धन यामुळे संगीताचे माधुर्य वाढते. काहीशा याच प्रकारे स्नानगृहात गाताना पुरुषांच्या आवाजाचे माधुर्य वाढते. कसे ते वाचा - ध्वनी : अनुस्पंदन या लेखात.

अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ८

डिसेंबर २००० - जानेवारी २००१

- चंद्र पडत का नाही ? ५
- चॉकोलेटचा इतिहास ११
- कठीण पाणी २५
- टोपोलॉजी आणि चतुरंग समस्या ३१
- खेलखेल में ४३
- ध्वनी : अनुस्पंदन ४८
- असे नर, अशा माद्या ५३
- कॉर्क ६३
- ध्वनीच्या शोधात ६७
- अनोखे 'शिक्षण' ७१

शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकाच्या नोंदणीसाठी रजिस्ट्रार ऑफ न्यूजपेपर्स ऑफ इंडिया, नवी दिल्ली, येथे अर्ज केलेला आहे. रजिस्ट्रेशनच्या तांत्रिक बाबींच्या पूर्ततेचा एक भाग म्हणून ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९ च्या अंकाला अंक १ (वर्ष १ - अंक १) समजले जाईल. त्यामुळे डिसेंबर २००० - जानेवारी २००१ च्या या अंकालाही अंक ८ (वर्ष २ - अंक २) म्हणणे आवश्यक आहे.

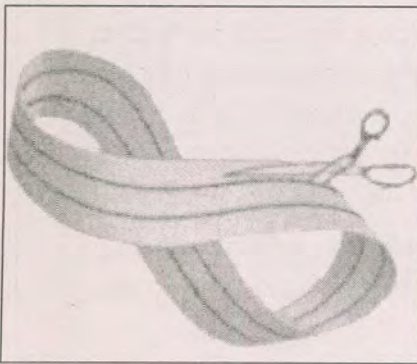
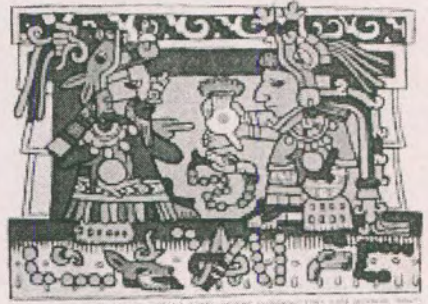
दुसऱ्या वर्षाची वर्गाणी भरणाऱ्यांना ऑगस्ट-सप्टेंबर २००० ते जून-जुलै २००१ असे सहा अंक मिळतील. यांवर अंक - ७, अंक - ८, अंक - ८, अंक - ९, अंक - १०, अंक - ११ लिहिलेले असेल.



चंद्र पडत का नाही ?.....५
चंद्राचा जन्म पृथ्वीपासून झाला असे म्हणतात. पृथ्वीवरून फेकलेली, निघालेली प्रत्येक गोष्ट परत पृथ्वीवर पडते हे आपण रोज पहातो. मग चंद्र खाली म्हणजे पृथ्वीवर का पडत नाही ?

चॉकोलेटचा इतिहास११

चॉकोलेट - हा पदार्थ प्राचीन काळी देवांचे अन्न म्हणून प्रसिध्द होता. तो तयार करण्याची सुरुवात कोणी, कधी केली ? त्यासाठी लागणारी झाडे कुणी लावली ? या सान्याची कहाणी वाचू या -



टोपोलॉजी आणि चतुरंग समस्या... ३१

टोपोलॉजी म्हणजे पृष्ठभागांचं शास्त्र. या शास्त्राचं आपण नावदेखील ऐकलं नसलं तरी यातले काही खेळ आपण आधीही खेळले असतील. या शास्त्राचा अभ्यास आणि उपयोग कसा करतात... ते लेखात वाचा.



असे नर, अशा माद्या..... ५३

घोडा, गाय, माणूस अशा सस्तन प्राण्यांत नर-मादी वेगवेगळे दिसतात. पण पक्षी, साप, बेडूक, मासे, माश्या, मुंग्या, यांच्यातील नर-मादी ओळखता येतात का ?

कॉर्क ६३

जुन्या काळच्या बाटल्यांना हल्लीसारखी प्लॉस्टिक किंवा धातूची झाकणे नसत. बाटलीच्या तोंडात घट्ट बसेल असे बूच असे. स्पिरीटच्या बाटलीला किंवा घरातल्या जुन्या सामानात अशी बुचे तुम्ही पाहिली असतील.



अनोखे 'शिक्षण'..... ७१

दीडशे वर्षापूर्वी लिहिलेल्या एका इंग्लिश कादंबरीमधील हा भाग अनेकांना अतिशय परिचित प्रसंगांची आठवण करून देईल.

अंक १ ते ६ मध्ये काय वाचाल ?

ऑगस्ट - सप्टेंबर १९९९ : • भूमिका • बटाटा प्रयोगशाळेत • धरतीची फिरती
• जलपातळीचा मर्मभेद • पायथागोरसचा विलक्षण सिध्दांत • प्राणवायूची देवाणघेवाण
• हवेतून हिरे ! • आनुवांशिकतेचे नियम शोधणारा धर्मगुरू - मेंडेल
• खोदून काढले एक गाव • कथा कॅलेंडरची • छोट्या प्रयोगाकडून मोठ्या उपयोगांकडे
• कुठे आहे माझ्या मित्राचे घर ?

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९ : त्या अनाम वीरांना • सात आश्चर्ये • रेणूभाराचा गुंता
• श्रावण मासी हर्ष मानसी • परीघाचे त्रिज्येशी नाते • डावं-उजवं
• मॅन्ग्रोवनं शिकवला नवा धडा • शॅमेलिऑन • हे अमर महाकवी • चंद्र छाया
• कंप सुटे पृथ्वीला

डिसेंबर १९९९ - जानेवारी २००० : रंग माझा वेगळा ! • बियांचे निःश्वास
• शीतलता देता घेता • ओळख आवर्तसारणीची • थायमस पुराण • माती रंगे खेळताना
• शून्याच्या पाठीमागे • गुरूनानकांचा दोहा • कोणे एके काळी
• इलेक्ट्रॉनचा शोध

फेब्रुवारी - मार्च २००० : वसुंधरा दिन • विश्वाच्या जन्मापासून • सूक्ष्मजीवशास्त्र
आणि पक्षीनिरीक्षण • मॅगेलानची पृथ्वीप्रदक्षिणा • गंधज्ञान • प्राण्यांना चाके का
नसतात ? • जड मूलद्रव्यांचे नामकरण • दिसामाशी वाढताना • बेटांवरील जीवसृष्टी
• लेंझचा नियम

एप्रिल - मे २००० : जांभया का येतात ? • बहुरूपी, बहुगुणी कार्बन • समुद्रातील
पाण्याचे प्रवाह • निर्जंतुक ! • निसर्गातील लयबद्धता • फाइनमन ब्राझीलमध्ये •
पावलाची कमान • पापणी लवायच्या आत • चमत्कार करू शकणारा माणूस

जून - जुलै २००० : मॅगेलानची देणगी • मुलांनी काय शिकावं • अन्वस्त वर्गसंख्या
आणि आपण • रंग मजेचे, तऱ्हेतऱ्हेचे • गुहेत दडलेला खजिना • भूगोलातील नकाशे
• लस द्या बाळा • चमत्कार करू शकणारा माणूस • लांडगा आला रे आला

शैक्षणिक संदर्भ अंक १ ते ६ एकत्रित संच उपलब्ध.

त्यासाठी रु. १३०/- मनीऑर्डर / चेक / ड्राफ्टने संदर्भ नावे पाठवावेत.

सोबत आपला संपूर्ण पत्ता द्यावा. अंक १ ते ६ एकत्रित संचासाठी असा उल्लेख करावा.



चंद्र पडत का नाही ?

पृथ्वीवरून वर फेकलेली प्रत्येक वस्तू परत पृथ्वीवरच येऊन पडते. झाडांवरून फळे नेहमी खालीच (पृथ्वीवर) पडतात. मग चंद्र किंवा अन्य उपग्रह पृथ्वीवर येऊन पडत का नाहीत ?

लेखक : छाया दुबे • अनुवाद : पुष्कर शिवदे

पृथ्वीवरून वर फेकलेली प्रत्येक वस्तू परत पृथ्वीवरच येऊन पडते. झाडांवरून फळे नेहमी खालीच पडतात. आपण कितीही जोर लावून उंच उडी मारली तरी पुढच्याच क्षणी धाडकन् परत पृथ्वीवर येऊन आदळतो. टाकलेला गोळा किंवा धनुष्यातून सुटलेला बाण शेवटी पृथ्वीवरच येऊन पडतात. या सर्व घटनांमागे जे बल कार्य करते आहे ते आपल्या चांगल्याच परिचयाचे आहे. ते म्हणजे गुरुत्वाकर्षणाचे बल. ह्या बलाच्या प्रभावामुळेच वस्तू खाली पडतात, इतकेच नव्हे तर आपल्या आजुबाजूला असलेली हवाही ह्याच बलाच्या प्रभावामुळे पृथ्वीसभोवती चिकटून आहे. गुरुत्वाकर्षणाचे

हेच बल चंद्राला पृथ्वीकडे खेचते. पण मग असा प्रश्न येतो की, चंद्र किंवा अन्य ग्रह पृथ्वीवर पडत का नाहीत ?

ह्या प्रश्नाने न्यूटनलाही बराच त्रास दिला होता. न्यूटनच्या आधीही अनेक शास्त्रज्ञांना अशा तऱ्हेच्या बलाची कल्पना होती व त्यांनी त्यासंबंधी आपले सिद्धांतही मांडले होते.

सूर्याच्या आकर्षण-शक्तीमुळेच ग्रह त्याच्या भोवती फिरतात हे न्यूटनने दाखवून दिले. न्यूटनच्या लक्षात आले की ग्रहांचे सूर्याभोवती फिरणे, उपग्रहांचे ग्रहांभोवती फिरणे किंवा पृथ्वीकडे वस्तू आकर्षित होणे ह्या सर्व घटना केवळ एकाच बलाचा परिणाम आहेत.

न्यूटनने केपलरच्या नियमांचा सखोल अभ्यास केला. त्यातील पहिल्या नियमानुसार ग्रह दीर्घवर्तुळाकार कक्षेत सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालतात. केपलर असे मानत असत की, 'असे कोणते तरी बल आहे, की जे ग्रहाला त्याच्या कक्षेत फिरत ठेवते.'

बरोबर ह्याविरुद्ध गॅलिलिओचे असे म्हणणे होते की 'ग्रहाला गतिमान राहण्यासाठी कोणत्याही बलाची गरज नसते, जर कोणताही ग्रह गतिमान असेल तर तो त्याच दिशेत एक समान गतीने तोपर्यंत पुढे जात राहील, जोपर्यंत कोणतेही बाह्य बल लावून त्याला थांबविले जात नाही'

गॅलिलिओचा हाच नियम न्यूटनने पुढे विकसित केला व त्यातून न्यूटनचा जडत्वाचा नियम तयार झाला.

कोणते बल ग्रहांना गतिमान ठेवते, ह्यापेक्षा कोणत्या बलामुळे ग्रह सरळ रेषेत पुढे न जाता गोलाकार कक्षेत फिरत राहतात, ही समस्या न्यूटनपुढे होती. ह्याचा अभ्यास करतानाच न्यूटनला गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाचा शोध लागला. हा नियम विश्वातल्या प्रत्येक वस्तूला लागू होतो. या नियमामुळेच सूर्याभोवती ग्रह, ग्रहाभोवती उपग्रह फिरत राहतात. पृथ्वीवर वस्तू टिकून राहतात, तेही ह्याच नियमामुळे.

न्यूटनच्या नियमानुसार विश्वातल्या कोणत्याही दोन वस्तू (ज्यांचे काही वस्तुमान

आहे) एकमेकांना एका विशिष्ट बलाने आकर्षित करतात, तेच गुरुत्वाकर्षणाचे बल होय. हे बल त्या दोन वस्तूंच्या वस्तुमानाच्या गुणाकाराच्या प्रमाणात वाढते व त्या वस्तूंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात कमी होते.

ह्याचा अर्थ वस्तुमान जेवढे अधिक तेवढे त्यामधील आकर्षण बल अधिक, तसेच त्यांच्यामधील अंतर जेवढे जास्त तेवढे आकर्षण बलाचे प्रमाण कमी.

यामुळेच पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण बलाचा परिणाम चंद्र, सूर्य, ग्रह व अन्य अवकाशीय वस्तूंचा होतो, पण प्रचंड अंतरामुळे हा परिणाम वेगाने कमी होत जातो. तथापि अत्यंत दूर असलेल्या अवकाशीय वस्तूंचा हा परिणाम नगण्यच असतो. म्हणूनच अवकाशीय वस्तूंच्या गतीला आपण अनेक भागांमध्ये पाहतो. जसे सूर्याभोवती ग्रहांचे फिरणे, ग्रहांभोवती उपग्रहांचे फिरणे. पण ह्या सर्व अवकाशीय वस्तूदेखील एकमेकांना गुरुत्वाकर्षणाच्या बलानेच आकर्षित करतात. जसे पृथ्वी-गुरुला, गुरु-शनीला, शनी-चंद्राला. त्यामुळे हा नियम एक सार्वत्रिक (सर्व विश्वाला लागू होणारा) नियम आहे.

ह्या गुरुत्वाकर्षणाच्या बलानेच वर फेकलेल्या सर्व वस्तू परत पृथ्वीवर येऊन पडतात आणि चंद्रसुद्धा पृथ्वीवर पडतो.

हो, खरे आहे हे ! चंद्र सतत पृथ्वीवर

पडतो. (पुढील पानावरील चौकट पहा) न्यूटनने बरेच मोठे गणित करून हा निष्कर्ष काढला आहे. पण आपण त्या गणितात न अडकता त्यामागचे विज्ञान समजावून घेऊ. त्यासाठी जडत्व ही काय संकल्पना आहे ते पाहू.

समजा आपल्याला एखादा दगड फेकायचा आहे. आपण तो खूप ताकदीने फेकतो पण तो काही अंतर जाऊन खाली पडतोच. समजा आपण तो सर्व शक्तीनिशी फेकला तर तो थोडा आणखी पुढे जाऊन पडतो. आता प्रश्न असा आहे की, आपण एवढा जोर लावून फेकू शकू का, की ज्यामुळे तो परत पृथ्वीवर पडणारच नाही आणि न

थांबता पुढे जात राहिल ? हे शक्य आहे का ? इतका वेळ आपण असे म्हणत आलो की पृथ्वीवरून वर फेकलेली वस्तू परत पृथ्वीवरच पडणार, तर हा फेकलेला दगड वर वरच कसा बरं जाईल ?

मग असा विचार करा की आपण दगड अशा जागी फेकू शकू का, जिथे ना गुरुत्वाकर्षण बल असेल, ना हवेचे घर्षण. म्हणजेच दगडाच्या गतीत कोणताच अडथळा नसेल ? या स्थितीत काय होईल ? अर्थातच वस्तू न थांबता त्याच दिशेत एक समान गतीने पुढे पुढे जात राहिल, अनंत काळापर्यंत. हाच प्रत्येक वस्तूचा गुणधर्म असतो. हा गुणधर्म म्हणजेच जडत्व होय.

सफरचंद्र आणि चंद्र

सफरचंद्राचे पृथ्वीकडे खेचले जाणे आणि चंद्राचे खेचले जाणे याच्यात काही साम्य आहे का ? हे दोन्ही गुरुत्वाकर्षण बलाचेच परिणाम आहेत. पण एक गोष्ट लक्षात घ्यायला पाहिजे की गुरुत्वाकर्षणाच्या बलाचे प्रमाण त्याच्या अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात कमी होते.

सफरचंद्र पृथ्वीकडे ४९० सें.मी. प्रति सेकंद ह्या वेगाने खेचले जाते तर चंद्र ०.१३४ सें.मी. प्रति सेकंद ह्या वेगाने खेचला जातो.

ह्या दोघांचे गुणोत्तर $490/0.134 = 3600$ (अंदाजे) म्हणजेच पृथ्वी सफरचंद्रावर जेवढे बल लावेल त्यापेक्षा ३६०० पट कमी बल चंद्रावर लावेल.

आता जरा अंतराचे गुणोत्तर पहा -

$$\frac{\text{पृथ्वीच्या केंद्रापासून चंद्राचे अंतर}}{\text{पृथ्वीच्या केंद्रापासून सफरचंद्राचे अंतर}} = \frac{368,000 \text{ किमी.}}{6350 \text{ किमी.}} = 60 \text{ (अंदाजे)}$$

म्हणजेच पृथ्वीच्या केंद्रापासून चंद्राचे अंतर सफरचंद्रापेक्षा सुमारे ६० पट अधिक आहे आणि चंद्रावर लागणारे बल सुमारे $60^2 = 3600$ पट कमी आहे.

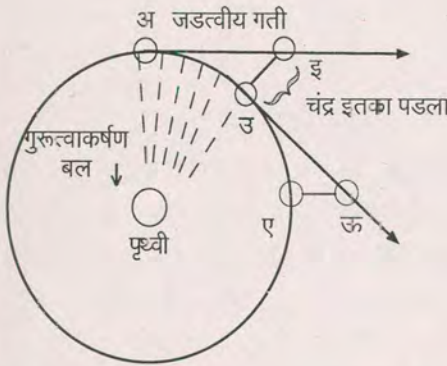
ह्यामुळेच जर कोणतीही वस्तू स्थिर अवस्थेत असेल तर स्थिरच राहते किंवा गतिमान असेल तर गतिमानच राहते, तोवर जोपर्यंत कोणत्याही बाह्य बलाचा त्यावर प्रभाव पडत नाही. म्हणजेच जर तुम्ही कोणत्याही प्रकारे वस्तूला एकदा गती प्राप्त

करून दिली आणि जर त्या गतीला प्रभावित करणारे कोणतेही बल नसेल तर ती वस्तू त्याच एक समान गतीने, त्याच दिशेत पुढे जात राहील.

आता आपण आपल्या मूळ प्रश्नाकडे (चंद्राच्या) वळू - चंद्र जवळजवळ गोलाकार

चंद्र आणि पृथ्वी

जर चंद्रावर पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम नसेल तर तो आपल्या जडत्वीय गतीच्या परिणामाने सरळ रेषेत अ पासून इ या बिंदूपर्यंत जातो. परंतु जडत्वीय गतीमुळे अ पासून इ पर्यंत जायला चंद्राला जेवढा वेळ लागेल तेवढ्याच वेळात गुरुत्वाकर्षणाच्या बलामुळे तो इ च्या ऐवजी उ ह्या बिंदूपाशी जाईल. तसेच उ पासून जडत्वीय गतीमुळे तो ऊ ह्या बिंदूपर्यंत पोहोचायच्या वेळेपर्यंत, गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावामुळे तो ए ह्या बिंदूपर्यंत



जाईल. अशा तऱ्हेने चंद्राची कक्षा ही असंख्य स्पर्श रेषांचा एकूण परिणाम आहे.

जर दगड सरळ रेषेत (क्षितिजाशी काटकोनात) वर फेकला तर तो ज्या ठिकाणाहून फेकला गेला आहे, त्याच ठिकाणी खाली येऊन पडतो. पण जर तो क्षितिजाशी वेगळ्या कोनातून फेकला गेला

असेल तर सरळ न जाता अन्वस्त मार्गाने खाली येऊन पडतो. दगड फेकताना आपण त्याला एका सरळ रेषेत गती देतो ज्याने तो पुढे जात राहतो पण त्याचवेळी गुरुत्वाकर्षणामुळे तो सतत खाली खाली येत राहतो. ह्यामुळेच तो अन्वस्त मार्गाने खाली पडतो. चंद्र पण पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे आपल्या जडत्वीय गतीमुळे प्राप्त झालेली दिशा सोडतो. पण परिणामी गती ज्या दिशेत असते तिकडे पृथ्वी नसते. त्यामुळे तो पृथ्वीवर पडत नाही. अशा रितीने पृथ्वीकडे प्रत्येक वेळी खेचला जाऊनही चंद्र पृथ्वीवर आदळत नाही.

कक्षेतच पृथ्वीभोवती फिरत असतो. चंद्राला स्वतःची अशी एक रेषीय गती आहे. जर पृथ्वीला गुरुत्वाकर्षणाचे बल नसते तर चंद्र ह्याच सरळ रेषेत पुढे जात राहीला असता. पण गुरुत्वाकर्षणामुळे तो पृथ्वीकडे खेचला जातो. म्हणजेच चंद्राची गती ही दोन गतींची परिणामी गती आहे. एक जडत्वीय गती आणि दुसरी पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे पृथ्वीच्या दिशेतील गती.

प्रत्येक क्षणी चंद्र ह्या परिणामी गतीच्या दिशेत पुढे जातो. गुरुत्वाकर्षणामुळे चंद्राच्या गतीत व स्थितीत काय बदल होतो हा विचार न्यूटनने केला होता. पण जर गुरुत्वाकर्षणच नसेल तर पुढच्या क्षणी चंद्र कुठे जाईल आणि गुरुत्वाकर्षणामुळे कुठे असेल ह्याच्या गणितावरून असे समजले की चंद्र प्रति सेकंद ०.१३ सें.मी. पृथ्वीकडे ओढला जातो.

जडत्वीय गती आणि गुरुत्व बलाच्या प्रभावाने येणारी गती, ह्या दोन गतींच्या परिणामावर प्रत्येक क्षणाची चंद्राची गती अवलंबून असते. आणि ही प्रत्येक क्षणी बदलणारी दिशा एका वर्तुळाची स्पर्शिका असते, म्हणजेच चंद्राच्या गतीची दिशा ही प्रत्येक क्षणी स्पर्श रेषेची दिशा असते. म्हणजेच चंद्र पृथ्वीकडे खेचला तर जातो पण आदळत नाही. मग सफरचंदाचे पृथ्वीकडे खेचले जाणे आणि चंद्राचे पृथ्वीकडे खेचले जाणे ह्यात काही साम्य आहे का ? न्यूटनचे उत्तर होते, 'हो'. पृथ्वीवर उपस्थित

असणाऱ्या वस्तू आणि अवकाशीय वस्तूंच्या गतीची व्याख्या एकाच बलाच्या साहाय्याने करणे ह्यात न्यूटनचे कौशल्य होते. म्हणूनच हा नियम सर्व विश्वाला लावता येतो.

आता आणखी एका मुद्याचा विचार करू. तो असा की पृथ्वीकडे खेचला गेल्यावर चंद्र पृथ्वीवर येऊन आदळत का नाही ? म्हणजे प्रत्येक वेळी तो आदळायचा वाचतो कसा ?

समजा चंद्रावर पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभावच नसेल, तेव्हा चंद्र जडत्वीय गतीने, एका सरळ रेषेत एक समान गतीने, पुढे पृथ्वीपासून खूप दूर निघून जाईल. याच्या विरुद्ध जर चंद्राला जडत्वीय गतीच नसेल तर तो फक्त पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण प्रभावाखाली, पृथ्वीकडे आकर्षिला जाईल आणि पृथ्वीवर येऊन आदळेल.

परंतु ह्या दोन्ही गोष्टी अशक्य आहेत. पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण त्याच्यावर कार्य करीतच राहील आणि त्याची जडत्वीय गती कधी थांबणार नाही. म्हणूनच तर जडत्वीय-गुरुत्वीय गतीच्या एकत्र परिणामाने चंद्र पृथ्वीभोवती फिरत राहतो.

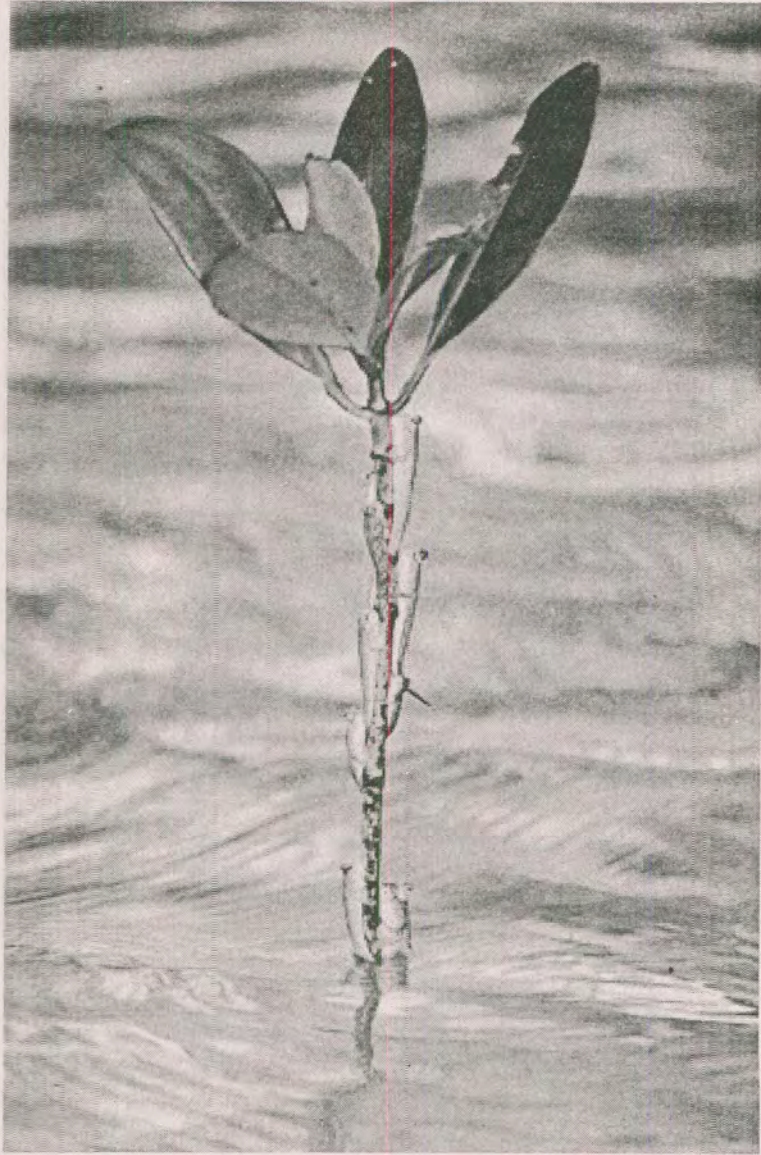


स्रोत मार्च १९ मधून साभार.

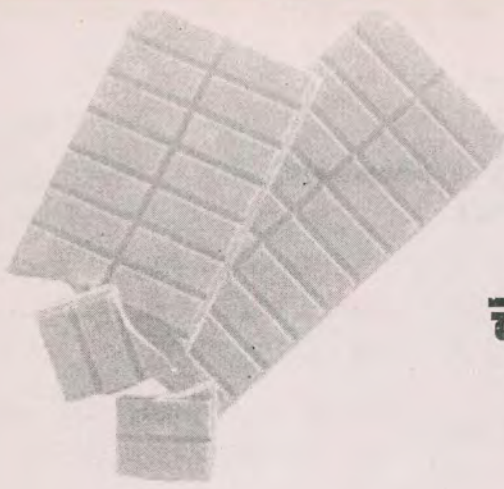
लेखक : छाया दुबे

अनुवाद : पुष्कर शिवदे

M.Sc. पुणे विद्यापीठ



दक्षिण पूर्व आशियातील मॅंग्रोव्हजमध्ये सापडणारे मडस्किपर हे मासे लीलया तेथील झाडांवर चढू शकतात. हे मासे उभयचर असतात. (आभार : नॅशनल जिओग्राफिक)



चॉकोलेटचा इतिहास

लेखक : मीना कर्वे

आपल्या संस्कृतीमध्ये नारळ, श्रीफळ याला जे महत्त्व आहे, तसचं महत्त्व चौथ्या व नवव्या शतकातील प्राचीन अमेरिकन संस्कृतींमध्ये कोकोला होतं. ह्या झाडाचा उल्लेख तर ३००० वर्षांपूर्वीच्या भाषेत आढळला. तेव्हापासून ते आज बाजारात मिळणाऱ्या स्वादिष्ट चॉकोलेटपर्यंतचा प्रवास या लेखात दिला आहे.

घन स्वरूपातलं, अतिशय आनंददायक चव असलेलं आणि काही जणांना तर वेड लावणारं चॉकोलेट! अशा ह्या चॉकोलेटचं मूळ प्राचीन आणि गूढ अशा ओल्मेक आणि माया संस्कृतींमध्ये सापडतं. ज्या झाडांपासून चॉकोलेट तयार करता येतं त्या झाडांची लागवड करण्याचं श्रेय विषुववृत्तीय मध्य अमेरिकेत वसलेल्या ह्या अतिप्राचीन अमेरिकन संस्कृतींना द्यावं लागेल.

ओल्मेक (Olmec)

ओल्मेक हे सुरुवातीच्या प्राचीन

अमेरिकेन संस्कृतींपैकी एक आहेत. सुमारे ३००० वर्षांपूर्वी मेक्सिकन गल्फ प्रवाहाच्या दक्षिणेस व्हेराकूझ येथील दाट विषुववृत्तीय जंगलात ह्या लोकांची वस्ती होती. आधुनिक भाषाशास्त्रज्ञांनी ह्या लोकांच्या शब्दसंग्रहाचा अभ्यास केला. तेव्हा त्यांना त्यात काकाओ (cacao) हा शब्द आढळून आला. ह्याच शब्दापासून पुढे कोको हा शब्द बनला. कोकोचे झाड उष्ण, दमट आणि सावली असणाऱ्या प्रदेशातच चांगलं वाढतं. अशी अनुकूल परिस्थिती ओल्मेक लोक रहात असलेल्या प्रदेशात असल्याने आता अनेक

इतिहासकारांचं म्हणणं आहे की ओल्मेक लोकांनीच ह्या झाडाची लागवड करण्यास सुरुवात केली. ह्याआधी अँझ्टेक लोकांनी कोकोची प्रथम लागवड केली अशी समजूत होती.

माया (Maya)

ओल्मेक संस्कृती नाश पावल्यानंतर काही शतकांनी म्हणजे इ.स. चौथ्या शतकाच्या सुमारास हल्लीच्या मेक्सिकोच्या दक्षिणेस माया संस्कृती उदयास आली. मध्य अमेरिकेच्या युकाटान द्वीपकल्पापासून चियापास आणि



या प्रीकोलम्बियन चित्रामध्ये कोकोचे रोप व त्याला लागलेल्या कळ्या दाखविल्या आहेत.

पॅसिफिक महासागराच्या किनाऱ्यावरील ग्वाटेमालापर्यंत ही संस्कृती पसरलेली होती. तेथील दमट हवामान कोकोच्या झाडाला अतिशय अनुकूल होतं. विषुववृत्तीय जंगलांच्या दाट छायेत ही झाडं जोमाने वाढत होती.

हे झाड देवाच्या मालकीचं आहे आणि त्याला येणारी फळं ही देवाकडून माणसाला मिळालेलं दान आहे असा माया लोकांचा समज होता. इ.स. ३०० च्या आसपासचा काळ माया संस्कृतीचा थोर कलांचा, वैचारिक आणि आध्यात्मिक विकासाचा वैभवशाली काळ होता. ह्या काळात त्यांनी दगडांचे अतिभव्य असे राजवाडे आणि मंदिरे उभारली. त्या मंदिरांच्या आणि इतर इमारतींच्या भिंतींवर त्यांनी त्यांच्या मते पवित्र अशा कोकोच्या फळांची शिल्पे कोरली. हे फळ त्यांच्या मते सुफल आणि संपन्न जीवनाचं प्रतीक होतं.

माया लोकांनी चित्रलिपी तयार केली आणि झाडांच्या फांद्यांच्या सालीपासून काढलेल्या पातळ कागदांवर अनेक लेख लिहिले. त्यापैकी फक्त चार पुस्तकं आपल्याला आता उपलब्ध आहेत आणि ती सगळी त्यांच्या वैभवशाली काळानंतरचीच आहेत. ही पुस्तके धार्मिक विधी करणाऱ्या वेगवेगळ्या



१५ व्या शतकातील कोकोचे फळ हातात धरलेली अँझटेक मूर्ती

देवांच्या चित्रांनी भरलेली आहेत. ह्या चित्रांमध्ये कोकोच्या फळाची चित्रं वारंवार दिसतात आणि लिखाणामध्येही कोको हे देवांचे खाद्य असल्याचे उल्लेख आहेत.

माया लोकांनी कोको फळाच्या बियांपासून प्रथम पेय बनवले. हे पेय तयार करण्याच्या विविध पध्दतींचे त्यांनी पुस्तकात वर्णन केले आहे. त्यात मक्याच्या पिठासह केलेल्या घट्ट लापशीसारख्या पदार्थापासून पातळ पेयापर्यंत अनेक प्रकार आहेत. पेयाला सुवासिक स्वाद येण्यासाठी वेगवेगळे मसाले वापरलेले दिसतात. त्यातला एक आवडता स्वाद तिखट मिरच्यांचा असे!

आणखी एक पुरावा म्हणजे त्यांच्या स्मशानभूमीत उत्खनन केले असता

सापडलेली काही चित्रं रंगवलेली भांडी. १९८४ मध्ये ग्वाटेमाला येथे सापडलेल्या एका थडग्यामध्ये चॉकोलेट पेय पिण्यासाठी वापरायचं खास भांडं सापडलं. त्या भांड्यात उरलेल्या चॉकोलेट पेयाचे अंशही आढळून आले.

टोलटेक्स आणि अँझटेक्स (The Toltecs and Aztecs)

इ.स. ९ व्या शतकाच्या सुमारास माया साम्राज्याच्या रहस्यमय विनाशानंतर गुणवंत आणि अतिशय पुढारलेले असे टोलटेक्स आणि त्यानंतर अँझटेक्स हे आधीच्या माया साम्राज्याच्या परिसरात येऊन स्थायिक झाले.

त्यांचा राजा (जो वायुदेव समजला जाई) एकदा एका समुद्रसफरीला निघाला. जाताना त्यानं, एक वर्षानंतर मी आपल्या राज्यात परत येईन, असं लोकांना वचन दिलं. त्याची विजनवासात जाण्याची ही कथा अँझटेक पुराणांचा एक भागच बनली. ज्योतिष्यांनी असं भाकित केलं की १५१९ मध्ये एक गोच्या रंगाचा राजा आपल्या लोकांचा उध्दार करण्यासाठी परत येईल. ह्या त्यांच्या विश्वासाने नव्या जगाच्या भवितव्यावर मोठा परिणाम केला.

स्पॅनिश साहसवीर

सामान्यतः स्पॅनिश दर्यावर्दी हरनॉन कॉर्टेस ह्याला अँझटेक चॉकोलेटचं खरं महत्त्व समजून घेणारा युरोपियन समजलं जातं, तर ख्रिस्तोफर

कोलंबसलाच चॉकोलेटच्या मूळ शोधाचे श्रेय द्यायला पाहिजे. १५०२ मध्ये त्याच्या शेवटच्या सफरीत कोलंबस होंडुरास किनाऱ्याजवळील गौनाजा बेटाला पोहोचला. त्यावेळी त्याचं स्वागत करणाऱ्या अँझटेक लोकांनी त्याच्याकडील मालाच्या मोबदल्यात मोठ्या



कॉर्टेसचे स्वागत

बदामासारख्या दिसणाऱ्या बियांची पोती त्याला दिली. त्या बिया बघून कोड्यात पडलेल्या कोलंबसाला अँझटेक लोकांनी त्या बियांपासून एक खास पेय बनवता येतं असं सांगितलं. ते पेय करूनही दाखवलं. कोलंबस आणि त्यांच्या सहकाऱ्यांना मात्र हे गडद रंगाचं, कडू चवीचं पेय विषारी असल्यासारखं वाटलं, तरी त्यांनी कुतुहलापोटी त्या बिया स्पेनला नेल्या. त्या बियांच्या भविष्यकाळातील आर्थिक महत्त्वाची त्यांना तेव्हा अजिबात कल्पना नव्हती.

चलनासाठी कोको

कोलंबसानंतर १७ वर्षांनी हरनॉन कॉर्टेस ह्या नव्या जगात आला, तेव्हा त्या वेळचा अँझटेक सम्राट मॉटिझुमा-दुसरा ह्याने त्याचं भव्य स्वागत केलं. ज्योतिष्यांनी वायुदेव समजल्या जाणाऱ्या राजाच्या पुनरागमनाचं

म्हणून जे वर्ष सांगितलं होतं तेच वर्ष चालू होतं. त्यामुळे मॉटिझुमाला कॉर्टेसच्या रूपात तोच परत आला असा विश्वास वाटत होता. नंतर मात्र आपण ह्या स्पॅनिश माणसाला चुकीने राजा समजलो याची त्याला जाणीव झाली. कॉर्टेसला हे लक्षात आल्याबरोबर असुरक्षित वाटायला

लागलं. म्हणून त्याने मॉटिझुमाला कैद केलं. २-३ वर्षांच्या कालावधीत त्याने अँझटेक साम्राज्याचा पाडाव केला. कॉर्टेसला कोकोच्या बियांचे अन्न म्हणून आणि चलन म्हणून प्रचंड आर्थिक महत्त्व आहे याची जाणीव झाली. अँलेरियाच्या पेद्रो मारटियरने ह्या बियांना बदामरूपी पैसे असंच नाव दिलं. एखाद्या पैशाच्या लोभी माणसालासुद्धा तो खर्च करावाच लागतो, कारण खराब होत असल्याकारणाने त्याचा संग्रह फार काळ करता येत नाही किंवा तो जमिनीत पुरूनही ठेवता येत नाही अशा प्रकारचा हा लाभदायक पैसा आहे असं वर्णन ह्या जेसुइटने केलं आहे.

कोकोचे मळे

जेव्हा कॉर्टेस नव्या जगाच्या शोधासाठी सफरीवर निघाला तेव्हा त्याचं मुख्य लक्ष्य अँझटेक सोनं शोधून काढणं हे होतं. जेव्हा



अँझटेक लोकांनी केलेले कोलंबसचे स्वागत

त्याचं हे स्वप्न काही पुरं होईना तेव्हा त्यानं कोको बियांकडे आपलं लक्ष केंद्रित केलं. कोको बियांचा व्यवहारात होणारा उपयोग आणि त्याचं महत्त्व त्याच्या लक्षात आलं तेव्हा अक्षरशः झाडाला पैसा लागतोय हे त्याला कळून चुकलं. त्यानं कॅरिबियनच्या आजूबाजूला कोकोची लागवड करून मोठाले मळे केले.

कोकोच्या लागवडीला फारसा खर्च होत नसे. शिवाय त्याच्या उत्पादनापासून भरपूर नफा होत असे. ह्या दोन गोष्टींमुळे बरेचसे स्पॅनिश वसाहतवाले कोकोच्या लागवडीकडे वळले. लवकरच ह्या लोकांनी मेक्सिको,

इकेडॉर, व्हेनेझुएला, पेरू, जमैका बेटे, हिस्पॅनिओला (हायती आणि डोमिनिकन रिपब्लिक) ह्या प्रदेशात कोकोची लागवड मोठ्या प्रमाणावर केली. त्यानंतर सर्व जगभर कोकोची लागवड झाली, पण अजूनही वर उल्लेखिलेल्या प्रदेशातलं उत्पादन सर्वात जास्त चांगल्या प्रतीचं समजलं जातं.

स्पॅनिश रहस्य

स्पॅनिश वसाहतवाल्यांनी कोकोची लागवड आणि त्याच्या बियांवर प्रक्रिया करण्याची कृती गुप्त ठेवण्याचा प्रयत्न केला. तयार पदार्थच युरोपात पाठवत असल्याने त्यांना भरपूर नफा होत असे. पण कालांतराने

त्यांची मक्तेदारी संपुष्टात आली. १५८० मध्ये स्पेनमध्ये चॉकोलेट प्रक्रियेचा कारखाना उभाराहिला आणि त्यानंतर सर्व युरोपभर चॉकोलेटची लोकप्रियता पसरली. त्यानंतर युरोपातील व्यापाऱ्यांनी स्वतःचे मळे उभारले आणि प्रक्रिया व व्यापाराचीही व्यवस्था उभी केली. लागवडीसाठी जंगल साफ करणे ही काही सोपी गोष्ट नव्हती. केवळ दृढनिश्चयाने आणि हजारो आफ्रिकन गुलामांच्या साहाय्याने ही साध्य झाली.

बियांपासून पेयापर्यंत

हल्लीच्या चविष्ट, मुलायम, पौष्टिक आणि मलईदार अशा चॉकोलेट पेयाशी पूर्वीच्या अँझटेक पेयाचे अजिबात साम्य नाही. अँझटेक पेय हे कडवट, तेलकट असे आणि थंड स्वरूपात प्यायले जाई. सुरूवातीच्या प्रवाशांपैकी प्रत्येकाने ह्या पेयाच्या कृतीची वेगवेगळी वर्णन केली आहेत.

ह्या पेयात ब्लॅकमूर आणि रेड इंडियन लोक कोको, मका, थोड्याश्या मिरच्या व बडिशोप इ. पदार्थ वापरत. कोको बटर हा स्निग्ध पदार्थ शोषून घेण्यासाठी मक्याचा उपयोग करत असावेत. तसे न केल्यास त्याचा तवंग पेयावर तरंगत राही. शिवाय मक्यामुळे पेय मिळून येत असे.

फेसाळलेले पेय

जोसे डिकॉस्टाने लिहिले आहे की कोकोचा मुख्य उपयोग एका पेयासाठी केला

जातो. त्याला चॉकोलेट असे म्हणतात. या पेयाला काहीही कारण नसतांना हे लोक मूर्खासारखे अतिशय महत्त्व देतात. ज्यांना त्याची चव ठाऊक नाही अशांना ते अगदी किळसवाणे वाटते. कारण त्याच्यावर भरपूर फेस असतो व त्या फेसाची चव अगदीच वाईट लागते.

ह्याउलट माया आणि अँझटेक लोकांना ह्या पेयाचा खास चवदार भाग म्हणजे हा फेस असे वाटत असे. एका इतिहासकाराने ह्या फेसाचे महत्त्व वर्णन करतांना म्हटले आहे की पेयाच्या वर आलेला फेस एकदम गटकन् गिळण्यासाठी तो पिण्यासाठी तोंड जास्तीत जास्त मोठे उघडत असत. असा एकदम पोटात उतरलेला फेस मग हळूहळू तेथे विरघळावा असे त्यांना वाटत असे. माया लोक असा फेस आणण्यासाठी एका



चॉकोलेटचे भांडे आणि रवीसहित एक अँझटेक

भांड्यातून उंचावरून ते पेय खालच्या भांड्यात ओतत असत. नंतरच्या काळात अँड्रेटेक लोकांनी फेस आणण्यासाठी रवी तयार केली.

स्पॅनिश इतिहासकार साहागुन ह्याने फिकट लालसर, तांबडा भडक, केशरी, काळा आणि पांढरा अशा विविध रंगांचे बनवून हे पेय पीत असत, असं लिहून ठेवलं आहे. सरदार लोक स्वतःचा मोठेपणा दाखवण्यासाठी व दुसऱ्यावर छाप पाडण्यासाठी ह्या पेयांमध्ये मिरची, ऑलस्पाइस, लवंग, व्हॅनिला, काळी मिरी, वेगवेगळ्या सुगंधी फुलांच्या पाकळ्या, सुकामेवा व अँनाटो अशा वेगवेगळ्या वस्तू स्वादासाठी घालत असत. बऱ्याच काळापर्यंत ह्या पेयात साखर घातली जात नसे. ओआक्साका ह्या अँड्रेटेक शहरातल्या ख्रिश्चन जोगिणींनी गोड चव आवडणाऱ्या स्पॅनिश लोकांसाठी ह्या पेयाची नवीन कृती तयार केली. त्यांनी त्यात साखर आणि दालचिनी, बडिशोप ह्यासारखे गोड मसाले स्वादासाठी घातले. त्यानंतर ह्या कडवट पेयाचे रूपांतर आज आपल्याला जे रुचकर चॉकोलेट पेय माहीत आहे त्यात झाले.

चॉकोलेट पेयाचा स्पॅनिश अवतार

१७०१ मध्ये स्पेनमध्ये प्रवास करणाऱ्या एका इंग्लिश प्रवाशाने ह्या पेयाच्या स्पॅनिश कृतीचे सविस्तर वर्णन केले आहे. प्रथम ह्या

बिया भाजून त्याची टरफलं काढून दळत असत. नंतर त्याचे अगदी बारीक चूर्ण करून त्यात साखर, दालचिनी, व्हॅनिला, कस्तुरी आणि केशरी रंगाचे अँनाटो घालून त्याचा लगदा करत असतं. नंतर आजच्या चॉकोलेटप्रमाणेच त्याच्या वड्या करत असतं. पण वडीचा उपयोग फक्त पेय तयार करण्याकरताच केला जात असे.

स्पेन आणि सर्व युरोपभर कित्येक वर्षे चॉकोलेट पेयाची हीच कृती सर्वत्र वापरली जात असे. १९ व्या शतकात फान हौटेन ह्या डच माणसाने तोपर्यंत झालेल्या तांत्रिक प्रगतीच्या साह्याने ह्या कृतीमध्ये क्रांतीकारी बदल केला.

चॉकोलेट पेयापासून वडीपर्यंत

सुरूवातीला चॉकोलेट पेय हे अतिशय तेलकट अशा मलईने भरलेले असे. त्यामध्ये कोको बटर नावाचा मलईसारखा पदार्थ असे. त्याचा पेयावर तवंग येत असे. त्या बुळबुळीत तेलकट तवंगामुळे ते अजिबात प्यावेसे वाटत नसे. अँड्रेटेक प्रथेप्रमाणे त्यात मक्याच्या पिठासारखा पिष्टमय पदार्थ मिसळून तो तेलकटपणा थोडाफार कमी करण्यात उद्योजकांना थोडसं यश मिळालं होतं.

बरीच वर्षे हा तेलकट पदार्थ म्हणजेच कोको बटर ह्या पेयातून वेगळं काढण्याचे प्रयत्न चालू होते. १८२८ मध्ये डच रसायनशास्त्रज्ञ कोन्राड फान हौटेन ह्याने कोको

बटर वेगळं काढण्यासाठी एक हायड्रॉलिक प्रेस तयार करून त्याचं पेटंट घेतलं. कोकोच्या बिया दळून त्यापासून तयार केलेल्या द्रवातून (liquor) ५०% कोको बटर ह्या मशिनच्या साहाय्याने वेगळे काढता येत असे. त्यामुळे अतिशय मऊ, खुटखुटित, पेंडीसारखा साका मिळत असे. त्या साक्यापासून अतिशय बारीक अशी पावडर

करता येत असे. तरीही फान हौटेनचे समाधान झाले नाही. त्याने ह्या पावडरीवर अल्कलाइन क्षारांची प्रक्रिया केली. ह्या क्रियेनंतर ही पावडर पाण्यामध्ये सहजपणे विरघळून एकरूप होऊ लागली. ह्या क्रियेला डचिंग (dutching) म्हणत. ह्या क्रियेमुळे चॉकोलेटचा रंग अधिक गडद झाला. चव सौम्य पण झाली. पण गोड नसलेल्या



चाम्पुराडो (अटोल चॉकोलेट)

अंझूटेक तयार करित असलेल्या पेयात मक्याचा वापर केल्यामुळे ते अटोल नावाच्या पातळ लापशीसारखे बनत असे. ह्या लापशीत चॉकोलेटचा वापर करतातच असं नाही. अशा प्रकारे मक्याचं केलेलं तरतरी आणणारं हे

पेय आजही लॅटिन अमेरिकेत मजुरांना काम करता करता येताजाता पिण्यासाठी ठेवलेलं असतं. चॉकोलेटचा स्वाद असलेल्या पेयाला चाम्पुराडो (चाम्पुरार या शब्दावरून) म्हटलं जातं. त्याचा अर्थ एक पेय दुसऱ्या पेयात मिसळून तयार केलेलं पेय असा होतो. एका मोठ्या भांड्यात १/२ कप मक्याच्या पिटात किंवा मक्याच्या केकच्या चुऱ्यात ३ कप पाणी घालून ते घट्ट होईपर्यंत मंद विस्तवावर आटवायचं. नंतर खाली उतरवून त्यात

१ कप किंवा चवीप्रमाणे गुळी साखर व ३ कप दूध घालायचं. त्यात १ ऑँस बिनसाखरेची चॉकोलेटची वडी किसून घालायची. हे सर्व मिश्रण रवीने चांगले घुसळून गरमगरम फेसाळलेलं असं पिण्यासाठी द्यायचं.



चॉकोलेटची चव
जास्त कडक
(strong) असते
अशी समजूत
उगाचच रुढ
झाली. आजसुध्दा



डच चॉकोलेटची चव जास्त कडक असते
असं पुष्कळ लोक समजतात, पण खरं कारण
त्याचा जास्त गडद रंग त्यांना आकर्षित करतो
हेच आहे.

फान हौटनेच्या अथक प्रयत्नांमुळे
चॉकोलेटच्या उद्योगात क्रांतीच घडून आली.
आज ज्याला आपण कोको पावडर म्हणतो
त्याला त्यावेळी कोको एसेन्स म्हणत असत.
फान हौटनेने आपल्या मशिनचे पेटंट घेतले
आणि सगळ्या उद्योजकांना हे मशिन
वापरण्यासाठी उपलब्ध झाले. त्याच्या
सुरुवातीच्या ग्राहकांच्यात फ्राय व कॅडबरी
हे पहिले होते. ते एकमेकांचे प्रतिस्पर्धी होते.
दोन्ही कंपन्यांनी एसेन्स बाजारात आणले
आणि आपलेच एसेन्स कसे शुध्द आहे आणि
पेय तयार करायला किती सोयीचे आहे ह्याचा
प्रचार करायला सुरुवात केली. स्टार्च घालून
करण्याची जुनी पध्दत म्हणजे भेसळीचाच
प्रकार आहे असा प्रचार केल्याने प्रतिस्पर्धी
कंपन्यांमध्ये कायदेशीर लढायाही झाल्या.
फान हौटनेच्या या मशिनमुळे उद्योजकांना
पुढच्या पायरीवर जाण्याची दिशा मिळाली
आणि ती म्हणजे मोठ्या प्रमाणावर

चॉकोलेट च्या
वड्यांची निर्मिती
करणे.

चॉकोलेट वडी

कोको बटर
वेगळे काढता येऊ

लागल्यामुळे आता त्याचे करायचे काय हा
प्रश्न उभा राहिला. टाकून देण्याइतके ते क्षुल्लक
नव्हते. कोको बनवणाऱ्या उद्योजकांपैकी
एकाने (हा पहिला उद्योजक कोण याबद्दल वाद
आहे.) हे कोको बटर वितळवून कोकोच्या
बिया आणि साखर ह्यांच्याबरोबर चांगले
मिश्रण तयार केले. त्यामुळे मऊ व गुळगुळीत
अशी पेस्ट तयार झाली आणि त्यात साखर
अगदी सहजपणे मिसळून गेली. साखर
मिसळूनसुध्दा हे मिश्रण कडकडीत न होता
खुसखुशीत राहिले. तसेच हे मिश्रण
साच्यामध्ये टाकून त्याला आकार देणे शक्य
झाले आणि तेव्हापासून चॉकोलेट पिण्याऐवजी
खाण्याची कल्पना विकसित होऊ लागली.

कोकोची लागवड आणि उत्पादन

कोकोच्या बिया कोकोच्या झाडाला
(Theobroma cacao) लागणाऱ्या
मोठ्या आकाराच्या फळांमध्ये असतात. हे
झाड सदाहरित प्रकारचं आहे. ते
विषुववृत्ताच्या २० अंश उत्तर आणि २० अंश
दक्षिण इथपर्यंतच्या उष्ण कटिबंधात चांगलं
फोफावतं. या झाडाला थेट सूर्यप्रकाश व वारा



लागून चालत नाही. या झाडाला जंगली जनावरांच्या तावडीतूनही वाचवावं लागतं. नाहीतर ही जनावरं कोकोची फळं खाऊन फस्त करतात. शिवाय या फळांचं कुजण्यापासून व बुरशीजन्य रोगापासून रक्षण करावं लागतं.

नैसर्गिकरित्या जंगलात मोठ्या झाडांच्या सावलीत ही झाडं चांगली वाढतात. त्यामुळे अशाच प्रकारची परिस्थिती ह्यांची लागवड करतांना निर्माण करावी लागते. ग्रॅनडा व जमैकाच्या काही भागात जास्त सावली न देताही ही झाडं चांगली वाढतात. कारण तेथील सुपीक जमीन व दमट हवामान. कोकोचं झाड साधारण सफरचंदाच्या झाडाएवढंच वाढतं आणि तिसऱ्या वर्षांनंतर त्याला फळं येऊ लागतात. फुलं छोटीछोटी, फिकट गुलाबी रंगाची असतात. ती थेट खोडाला किंवा मुख्य फांद्यांना येतात. परागीकरण झाल्यानंतर साधारणतः ५ महिन्यांनी फुलांना फळं धरतात. जसजशी फळं परिपक्व होत जातात तसतसा त्यांचा रंग लालभडक, हिरवा, जांभळा किंवा पिवळा असा बदलत जातो. त्यामुळे हे पीक आकर्षक, रंगीबेरंगी दिसतं. पिकलेली फळं टोकदार, अंडाकृती, ८ इंच लांबीची असतात. प्रत्येक फळात पांढऱ्या शुभ्र, मऊ अशा गरात २० ते ४० बिया असतात.

फळाचा रंग आणि त्यावर टिचकी मारली असता होणारा आवाज ह्यावरून फळाची

तोडणी करणाऱ्याला ते काढायला योग्य झालं आहे की नाही ते ठरवावं लागतं. ते ठरवण्यासाठी कित्येक वर्षांचा अनुभवच उपयोगी पडतो. म्हणून अशा अनुभवी तोडणी करणाऱ्याला खूपच भाव असतो. तोडताना हाताला येणारी फळं फांद्यांपासून त्यांचा देठ तोडून काढतात, तर उंचावरच्या फळांसाठी लांब बांबूला धारदार चाकू लावलेली आकडी वापरावी लागते. तोडणी करतांना इतर कळ्यांना इजा होणार नाही ह्याची काळजी घ्यावी लागते. कारण त्यातूनच पुढे फुलं आणि फळं येत राहतात.

काही देशांमध्ये वर्षभर फळांची तोडणी करतात. त्यातल्यात्यात तोडणीचे प्रमाण मे ते डिसेंबरमध्ये जास्त असते. पश्चिम आफ्रिकेसारख्या प्रदेशात तोडणी मुख्यतः सप्टेंबर ते फेब्रुवारी ह्या काळात होते.

आंबवणे (Fermenting)

तोडणीनंतरची पुढील पायरी म्हणजे फळं फोडणे. फळं फोडतांना त्यातल्या बिया फुटणार नाहीत याची काळजी घ्यावी लागते. बियांच्या सभोवती असलेल्या गरासकट आतील मगज काढून घेतात. जमिनीवर केळाची पाने अंथरून त्यावर ह्या मगजाचा त्रिकोणी ढीग लावला जातो. पूर्ण झालेल्या ढिगावर पाने टाकून तो संपूर्णपणे झाकला जातो. ही आंबवण्याच्या प्रक्रियेची सुरुवात असते. ती साधारण ५-६ दिवस चालते.

सर्वसाधारणतः हवेत असलेले बॅक्टेरिया आणि यीस्ट हे फळातल्या शर्करायुक्त गरामध्ये भराभर वाढतात व त्यामुळे तो गर कुजून त्याचे आम्लयुक्त रसामध्ये रूपांतर होते. ह्या प्रक्रियेमुळे फळांच्या ढिगातील तापमान वाढत व त्यामुळे फळात असणाऱ्या बियांमध्ये नाट्यमय बदल घडून येतात. त्यांचा जांभळा रंग बदलून गडद तपकिरी होतो आणि ओळखीचा कोकोचा वास दरवळू लागतो. सर्वात उत्तम प्रतीच्या बिया मिळवण्याच्या प्रक्रियेतील ही पहिली पायरी समजली जाते. लागवड करणारे आणि चॉकोलेटचे उत्पादक

ह्यांच्यात मात्र ही प्रक्रिया आवश्यक आहे किंवा नाही हा वादाचा मुद्दा आहे.

वाळवणे (Drying)

आंबवल्यानंतर बांबूच्या चटयांवर किंवा लाकडी जमिनीवर ह्या बिया वाळवण्यासाठी पसरून ठेवल्या जातात. वाळवण्याच्या १० ते १२ दिवसांच्या कालावधीत त्यांना पुरेशी हवा मिळण्यासाठी त्या वरखाली कराव्या लागतात. जिथे जास्त पाऊस असतो व दमट हवा असते अशा ठिकाणी वाळवण यंत्रात घालून यांत्रिक पध्दतीनेच त्या वाळवाव्या लागतात. पण उत्तम प्रतीची कोको पावडर

चॉकोलेट सॉरबेट

आपल्या सगळ्यांना आवडणाऱ्या चॉकोलेटची अशी ही मनोरंजक ऐतिहासिक वाटचाल ! चॉकलेट तयार करण्याचे तंत्रज्ञानही किती गुंतागुंतीचे आहे, हे आपल्या लक्षात आलेच असेल. अशा ह्या चॉकोलेटपासून तयार करण्याची सोपी पाककृती खाली देत आहे. जरूर करून पहा.

साहित्य - १५० ग्रॅम कुकींग चॉकोलेट, ३/४ कप साखर, १ कप पाणी, बदाम काजूचे पातळ काप सजावटीसाठी.

कृती - कुकींग चॉकोलेटच्या वडीचा मिक्सरमध्ये बारीक चुरा करावा. एका भांड्यात साखर व पाणी एकत्र करून मध्यम आचेवर ठेवावे. २ मिनिटे उकळावे. नंतर गॅसवरून खाली उतरवून गरम मिश्रणात चॉकोलेटचा चुरा घालून घोटावे. गार झाल्यानंतर थोडा वेळ फ्रीजरमध्ये ठेवून थिजू द्यावे. परत बाहेर काढून घोटावे. लहान लहान साच्यात ओतून परत फ्रीजरमध्ये ठेवून चांगले घट्ट होऊ द्यावे. खाण्याच्या वेळी थोडा वेळ बाहेर काढून ठेवावे. मग बशीत काढून त्यावर बदाम-काजूचे पातळ काप घालावेत.

मिळवण्यासाठी त्या नैसर्गिकरीत्या कडक उन्हात वाळवलेल्याच जास्त चांगल्या असं समजलं जातं.



खमंग स्वादासाठी भाजणे

स्वच्छता व प्रतवारीनंतर बिया भाजतात. हा सगळ्यात महत्त्वाचा भाग आहे. भाजण्यामुळे बियांना खमंग स्वाद व सुगंध येतो, शिवाय त्यांचा रंग गडद होतो. टरफल कोरडं पडतं आणि काढून टाकता येतं. शिवाय मगजही खडखडीत कोरडा होतो, त्यामुळे दळायला सोपं जातं.

बिया कितपत भाजायच्या हे अतिशय महत्त्वाचं असतं. जरूरीपेक्षा जास्त भाजल्या तर त्याचा नैसर्गिक स्वाद नाहीसा होतो व त्या कडवट लागतात. जरूरीपेक्षा कमी भाजल्या तर कडवटपणाही जात नाही. उत्पादन कडक स्वादाचं करायचं असलं तर बिया जास्त खरपूस भाजतात.

थंड झाल्यावर टरफले वेगळी काढतात. ह्या टरफलांतील स्निग्धांशापासून हलक्या प्रतीचे कोको बटर तयार केले जाते व उरलेला चोथा मातीत मिसळतात.

मिसळणे, दळणे विशिष्ट प्रकारच्या चॉकोलेटसाठी विशिष्ट स्वादाच्या वेगवेगळ्या बियांचं मिश्रण वापरतात. हे त्या त्या कंपनीचं खास रहस्य असतं.

दळणयंत्रात बियांचे जाडसर रवाळ पीठ होते आणि घर्षणामुळे निर्माण झालेल्या उष्णतेने ह्या पिठाची

शेवटी गरम पेस्ट तयार होते.

कोको पावडर बनवण्यासाठी या मिश्रणातून प्रेस करून कोको बटर वेगळे काढावे लागते. राहिलेलं मिश्रण आणखी दळावं लागतं. पाण्यात कोको पावडर सहजपणे विरघळण्यासाठी त्यावर अल्कलीची प्रक्रिया करावी लागते. त्यामुळे त्याचा रंगही सुधारतो व ते फिक्क्या किंवा सौम्य चवीचं पेय होतं. इन्स्टंट चॉकोलेट तयार करण्यासाठी त्यामध्ये लेसिथिन मिसळतात. लेसिथिन हा स्निग्ध पदार्थ अंड्याच्या बलकात किंवा सोयाबीनमध्ये असतो.

चॉकोलेट वड्या

चॉकोलेट वड्या बनवण्यासाठी कोकोच्या बियांची काळजीपूर्वक निवड करून, योग्य प्रकारे त्या भाजून, त्या बियांच्या मध्यभागी असलेला मगज काढून त्यात पिठीसाखर आणि योग्य त्या प्रमाणात कोको बटर मिसळून त्याचे चांगले मिश्रण केले जाते. बरेचसे चॉकोलेटचे उत्पादक ह्या मिश्रणात कोको बटरऐवजी वनस्पतीजन्य स्निग्ध पदार्थ मिसळतात. त्यामुळे कोको बटरची जास्त भावाने वेगळी विक्री करून त्यांना अधिक नफा मिळवता येतो.



हे मिश्रण नंतर मशिनमध्ये व्यवस्थित घुसळले जाते. मिल्क चॉकोलेट बनवायचे असेल तेव्हा त्यात दुधाची भुकटी किंवा शर्करायुक्त खवा मिसळतात.

नंतर ह्या मिश्रणाचा गोळा अधिकाधिक वेगाने फिरणाऱ्या ५ रोलर्सखाली घालून घुसळला जातो. ह्या पाचही रोलर्सचे दोन चकत्यांमधील अंतर काळजीपूर्वक नियमित केलेले असते. ५ व्या रोलरमधून ही पेस्ट बाहेर पडते तेव्हा वेफर्ससारखी पातळ पापुद्रयासारखी झालेली असते. मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन करणाऱ्यांच्या दृष्टीने इथे ही कृती संपते. पण अत्युत्तम प्रतीचे चॉकोलेट करण्यासाठी ह्यापुढे कॉन्चिंग ही प्रक्रिया केली जाते.

या प्रक्रियेत मिश्रण ७ दिवस हलक्या वेगाने घुसळत ठेवतात. त्यात कोको बटर मिसळून

ते आणखी मऊसूत केले जाते. त्यात वेगवेगळे स्वाद मिसळते जातात. उदा. व्हॅनिला, लवंग, दालचिनी इ. व्हॅनिला अँझटेक लोकांच्या काळापासून आजपर्यंत वापरला जाणारा सुवास आहे. यानंतर मिश्रण जलदगतीने थंड करतात, त्याचवेळी ते सतत ढवळले जाते. नंतर हे एकजीव मिश्रण साच्यात घालून वड्या बनविल्या जातात.



लेखक : मीना कर्वे.

समाजशास्त्राच्या पदवीधर

आधार : The Cooks Encyclopedia of Chocolate, Lorenz Books.



कठीण पाणी

प्रवास करताना आपण एखाद्या नवीन गावाला गेलो आणि तिथलं पाणी पितांना नेहमीपेक्षा वेगळंच लागलं असा अनुभव तुम्ही घेतला असेल. किंवा कधी नळाचं पाणी हे विहिरीच्या पाण्यापेक्षा वेगळं लागतं असा लक्षात आला असेल. पण मामला चवीपुरता मर्यादित नाही. पाणी उकळणे, त्यामध्ये कपडे धुणे यासारख्या अनेक बाबींमध्ये हे पाणी वेगळं वागतं ! खारं पाणी, कठीण पाणी आणि मृदू पाणी असे शब्द तुम्ही ऐकले असतील त्याबद्दल थोडी माहिती करून घेऊ.

लेखक : सुशील जोशी • अनुवाद : साकेत कुलकर्णी

पाण्याची 'कठिणता' हा एक असा गुणधर्म आहे, की ज्याची पारख करणे अतिशय सोपे आहे. जर साबणाचा पाण्यात फेस होत नसेल तर अर्थातच ते 'कठीण पाणी'. साबण आणि फेसाचाच विचार केला जातो तेव्हा इतरही अनेक प्रश्न समोर येतात, जसे फेस म्हणजे काय ? तो तयार कसा होतो ? पाणी नुसतेच हलविले तर फेस का बरे तयार होत नाही ? साबणात अशी काय खास बाब आहे की, जिच्यामुळे फेस तयार होतो ? आणखी कशाकशाने फेस तयार होतो ? इत्यादी. प्रश्नांचा दुसरा भाग असा की, फेसाचा स्वच्छतेशी काय संबंध ? कठीण पाण्यात फेस का तयार होत नाही ? इत्यादी. तिसरा भाग म्हणजे कठीण पाण्याचे आणखी काही गुणधर्म आहेत काय ? डाळ शिजणे आणि फेस तयार होणे यांचा एकमेकांशी संबंध आहे

काय ? आणि सरतेशेवटी असा प्रश्न येतो की जर पाणी कठीण असेल, तर काय करावे ?

एक महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे, फेसाचा या लेखाशी संबंध एवढाच आहे की, फेसावरून पाण्याची कठिणता ओळखता येते. जे वाचक साबण आणि फेसाच्या विश्लेषणाची आशा या लेखाकडून बाळगून आहेत, त्यांची निराशाच होण्याची शक्यता जास्त.

पाण्यात कठिणता प्रामुख्याने कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमच्या क्षारांमुळे उत्पन्न होते. यांचे काही क्षार पाण्यामध्ये पूर्णपणे विरघळतात. पण काही मात्र अत्यल्प प्रमाणात विरघळतात.

एका उदाहरणावरून हे आपण समजावून घेऊ. असे समजू की आपल्याकडे पाण्याचे

दोन नमुने आहेत. 'क' आणि 'ख' दोन्ही एक-एक लीटर आहेत. 'क' मध्ये ०.५ ग्रॅम कॅल्शियम क्लोराईड आणि 'ख' मध्ये ०.५ ग्रॅम मॅग्नेशियम सल्फेट विरघळलेले आहे. मग या दोन्ही नमुन्यांची कठिणता सारखीच असेल काय ? समजा आपण साबणाचे एक द्रावण घेतले. 'क' आणि 'ख' मध्ये ते एक-एक थेंब टाकले. साबणाबरोबर पाण्यातील क्षारांची अभिक्रिया होईल. जोपर्यंत क्षार शिल्लक आहेत, तोपर्यंत फेस तयार होणार नाही. मग आता विचार करा, की दोन्ही द्रावणातील क्षार संपवण्यासाठी लागणारा साबण सारखाच असेल काय ?

जर दोन्ही द्रावणात लागणाऱ्या साबणांचे प्रमाण वेगवेगळे असेल तर आपण असे म्हणू की, दोन्ही द्रावणात कठिणता वेगवेगळी आहे आणि खरे पाहता असतेही असेच ! अशा स्थितीत दोन्ही द्रावणांची कठिणता ०.५ ग्रॅम प्रतिलीटर आहे, असे म्हणण्यात खचितच काही अर्थ नाही.

तर मग 'कठिणतेचे प्रमाण' कसे व्यक्त करणार ? यावर एक उपाय आहे, कठिणता कोणत्याही क्षारामुळे आली असेल तरीही ती आपण कॅल्शियम कार्बोनेटच्या प्रमाणातच व्यक्त करतो.

त्यासाठी कोणत्याही क्षाराचे किती प्रमाण, हे कॅल्शियम कार्बोनेटच्या एका ग्रॅमएवढे आहे, हे आपणास शोधायचास हवे. उदाहरणादाखल, १ ग्रॅम कॅल्शियम कार्बोनेट

$$= १.६२ \text{ ग्रॅम कॅल्शियम बायकार्बोनेट}$$

$$= १.२० \text{ ग्रॅम मॅग्नेशियम सल्फेट.}$$

जर एक लिटर पाण्यात ०.५ ग्रॅम मॅग्नेशियम सल्फेट मिसळलेले आहे तर ते पाणी ०.४१ ग्रॅम कॅल्शियम कार्बोनेट मिसळलेल्या पाण्याइतके कठीण असेल. मग आता 'एकूण कठिणता' आपणास ग्रॅम कॅल्शियम कार्बोनेट प्रतिलीटर अथवा मिलीग्रॅम कॅल्शियम कार्बोनेट प्रतिलीटर अशा एककात व्यक्त करता येईल.

मिलीग्रॅम प्रतिलीटर मध्ये कठीणता व्यक्त करणे जास्त सोपे आहे, कारण १ लीटर पाणी म्हणजे १ किलोग्रॅम = १००० ग्रॅम = १०^६ मिलिग्रॅम (१ मिलियन मिलीग्रॅम) पाण्यात क्ष मिलीग्रॅम कठिणता आहे. याला क्ष पी.पी. एम्. (पार्ट्स पर मिलियन) असेही म्हणू शकतो.

थोडक्यात असे की, कठिणता आपण कॅल्शियम कार्बोनेटच्या प्रमाणात व्यक्त करतो पाण्यातील जे क्षार कठिणता निर्माण करतात, त्या सर्वांमुळे निर्माण होणारी कठिणता ही कॅल्शियम कार्बोनेटच्या एककात व्यक्त केली तर त्यांची बेरीज ही झाली 'एकूण कठिणता'.

कायमची आणि तात्पुरती कठिणता:

असे समजा की आपण एखाद्या पाण्याची कठिणता मोजली, अर्थातच कॅल्शियम कार्बोनेटच्या एककात. (याचा अर्थ असा नव्हे की, या पाण्यात फक्त कॅल्शियम कार्बोनेट

मुळे कठिणता आलेली आहे.) आतां हेच पाणी थोडे उकळवून घेतले आणि थंड करून गाळून घेतले जेणेकरून 'साका' बाजूला राहिल. नंतर कठिणता मोजली; तर ती कमी भरते.

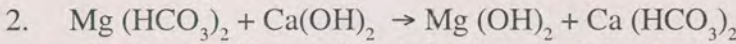
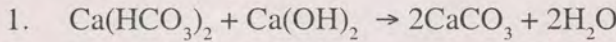
राहते, तिला 'कायमची कठिणता' आणि जी कठिणता उकळवून निघून जाते तिला 'तात्पुरती कठिणता' म्हणतात.

'तात्पुरती कठिणता' कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमच्या क्षारांमुळे तयार होते. हे क्षार अतिशय अस्थिर असतात, आणि म्हणूनच

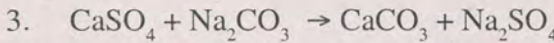
जी कठिणता पाणी उकळल्यानंतर शिल्लक

कठिणता दूर करण्याची रासायनिक पद्धत

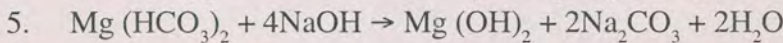
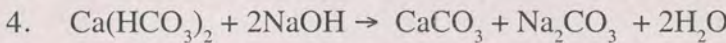
जर पाण्यात विरी गेलेला चुना घातला तर कॅल्शियम व मॅग्नेशियमचे क्षार त्याच्याबरोबर अभिक्रिया करून साका (अवक्षेप) तयार होतो. विरी गेलेला चुना हा वस्तुतः कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड असतो. म्हणजे आपण पाण्यातून मॅग्नेशियम-कॅल्शियम दूर करण्यासाठी त्या पाण्यात कॅल्शियमच मिसळतो. म्हणूनच त्याचे योग्य प्रमाण राखणे जास्त गरजेचे आहे. नाहीतर त्यामुळे कठिणता कमी होण्याऐवजी वाढण्याचीच शक्यता जास्त आहे. या पूर्ण प्रक्रियेत, चुना घातल्यानंतर तयार होणारा साका काढणे ही एक अवघड गोष्ट आहे.



या पद्धतीत मुख्यतः कॅल्शियममुळे आलेली कठिणता कमी केली जाते. पण जर कठिणता ही कार्बोनेटमुळे आलेली नसेल, तर अशा पाण्यात कपडे धुण्याचा सोडा Na_2CO_3 घालावा लागतो.



हाच परिणाम 'कॉस्टिक सोड्याच्या' सहाय्याने देखील करता येतो.



यात कपडे धुण्याचा सोडा तयार होतो. तो कार्बोनेट शिवाय आलेली इतर कठिणता सुद्धा दूर करतो.

या पद्धतींमध्ये एक अडचण आहे, इथे कठिणता आणणान्या क्षारांची जागा इतर क्षार घेतात. म्हणून कठिणता कमी करताना एकूण क्षार मात्र कमी होत नाहीत. यावर उपाय म्हणजे 'बेरियम हायड्रॉक्साईड' चा उपयोग केला जातो. परंतु बेरियमचे क्षार फार महाग असतात.

गरम केल्याने अगर उकळल्याने त्यांचे विघटन होऊन ते कार्बोनेटमध्ये बदलले जातात. कार्बोनेट विरघळत नाही म्हणून त्याचा 'साका' बनतो. (अवक्षेप तयार होतो.)

जी कठिणता कार्बोनेट आणि बायकार्बोनेटमुळे येते तिला 'कार्बोनेट कठिणता' असे म्हणतात. या व्यतिरिक्त असणाऱ्या कठिणतेस 'कार्बोनेटरहित कठिणता' म्हणतात.

परिणाम कठिणतेचे :

कठीण पाण्यामुळे अनेक समस्या येतात. यापैकी एक म्हणजे कपडे धुण्याची. असे म्हणतात की, पाण्यात ३५० मि.ग्रा. प्रतिलिटर कठिणता असेल तर प्रतिलिटर साधारण अडीच पट साबण जास्त लागतो.

नेहमीच कठीण पाणी वापरल्यामुळे कपड्यांचे आयुष्यदेखील कमी होते. कापड कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमचे क्षार शोषून घेते आणि त्यामुळे कापडाचे धागे खराब होतात. ही कपडे धुण्याची समस्या अपमार्जकांनी (डिटर्जंट्स) सोडवली आहे. म्हणून त्यावर जास्त विचार करण्याची गरज नाही.

कठीण पाण्यात अन्न शिजण्यास जास्त वेळ लागतो. मांसाहारी लोकांसाठी एक वाईट बातमी अशी की जड पाण्यात मांस शिजवताना त्यातील प्रोटीन निघून (कठीण) पाण्यात येते. ते पाण्यात विरघळत नाही शिवाय शरीरात त्याचे पचनही सुलभ होत नाही. हे किती प्रमाणात होते हे सांगणे मात्र अवघड आहे.

कठिणतेवरील उपाय

कठिणतेवरील सर्वात चांगला उपाय म्हणजे दुसरीकडून पाणी आणणे. कठीण पाणी मोठ्या प्रमाणावर मृदू करणे ही खर्चिक गोष्ट आहे. वाफेच्या इंजिनांच्या काळात पाणी भरण्याची ठिकाणे योग्य प्रकारे निवडली जात. त्याकाळी अनेक स्टेशनांचे महत्त्व फक्त मृदू पाण्यासाठीच होते. कठिणता दूर करण्याचे आणखी काही रासायनिक उपायदेखील आहेत.

एका भौतिक प्रक्रियेचा विचार तर आपण या आधीच केलेला आहे. जर पाणी गरम केले तर कार्बोनेटमुळे आलेली कठिणता कमी करता येते.

याशिवाय एका प्रकारात 'आयन देवाणघेवाण' प्रक्रियेने सुद्धा पाण्याची कठिणता कमी करता येते. असे आयन-विनिमय पदार्थ उपलब्ध आहेत की जे कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमचे आयन शोषून घेतात आणि त्या बदल्यात इतर प्रकारचे आयन पाण्यात सोडतात. या प्रकाराचा अवलंब करूनही पाण्याची कठिणता कमी करता येऊ शकते.

कठीण पाण्याचा आरोग्यावर काय परिणाम होतो, याबाबत विशेष अभ्यास अजून झालेला नाही. खूप वर्षांपूर्वी एक अभ्यास झाला होता, त्याचा निष्कर्ष असा होता की जास्त मृदू पाणी पिणाऱ्यांना हृदयरोग होण्याचे प्रमाण थोडे जास्तच असते. परंतु अभ्यासकांनी हे देखील सांगितले होते की, याचा अर्थ असा नव्हे की पुरवठा करण्यापूर्वी पाणी कठीण बनवले जावे.

औद्योगिक दृष्टीकोनातून पाहता कठिणता एक प्रमुख समस्या आहे. अनेक उद्योगात बॉयलर वापरले जातात. अर्थात पाणी तापवण्यासाठीच.

कठीण पाण्याचा उपयोग केल्याने बॉयलरच्या भितींवर एक प्रकारचा थर जमा होऊ लागतो. हे तुम्ही पाहिले असेल. ज्या भांड्यात पाणी उकळले जाते, त्या भांड्यात एक पांढऱ्या रंगाचा थर जमा होतो. हा थर 'तात्पुरत्या कठीणपणामुळेच' तयार होतो. घाणेरडे दिसण्याखेरीज या थराचे अनेक परिणाम आहेत.

हा थर कॅल्शियम बायकार्बोनेटच्या विघटनाने तयार झालेल्या कॅल्शियम कार्बोनेटचा असतो. याची 'उष्णता वहन क्षमता' कमी असल्यामुळे बॉयलरमध्ये लागणाऱ्या इंधनाचे प्रमाण वाढते.

हा थर 'उष्णतेचा दुर्वाहक' असल्याने थराच्या आतील धातू जास्तीत जास्त गरम होतो. यालाच 'सुपर हीटींग' (Super

Heating) म्हणतात. जर या थराची जाडी एक समान नसेल तर बॉयलर आणि ट्यूबमध्ये जागोजागी पोपडे निघण्यास सुरवात होते आणि त्याने फटी पडतात.

या फटींमध्ये वाफ शिरते आणि बॉयलरच्या लोखंडाशी अभिक्रिया करते, ज्यामुळे हायड्रोजन तयार होतो. जर पाण्यात सल्फेटचे क्षार असतील तर त्यांबरोबर हायड्रोजन अभिक्रिया करतो, आणि हायड्रोजन सल्फाईड तयार होते व त्याने बॉयलरचे नुकसान होते.

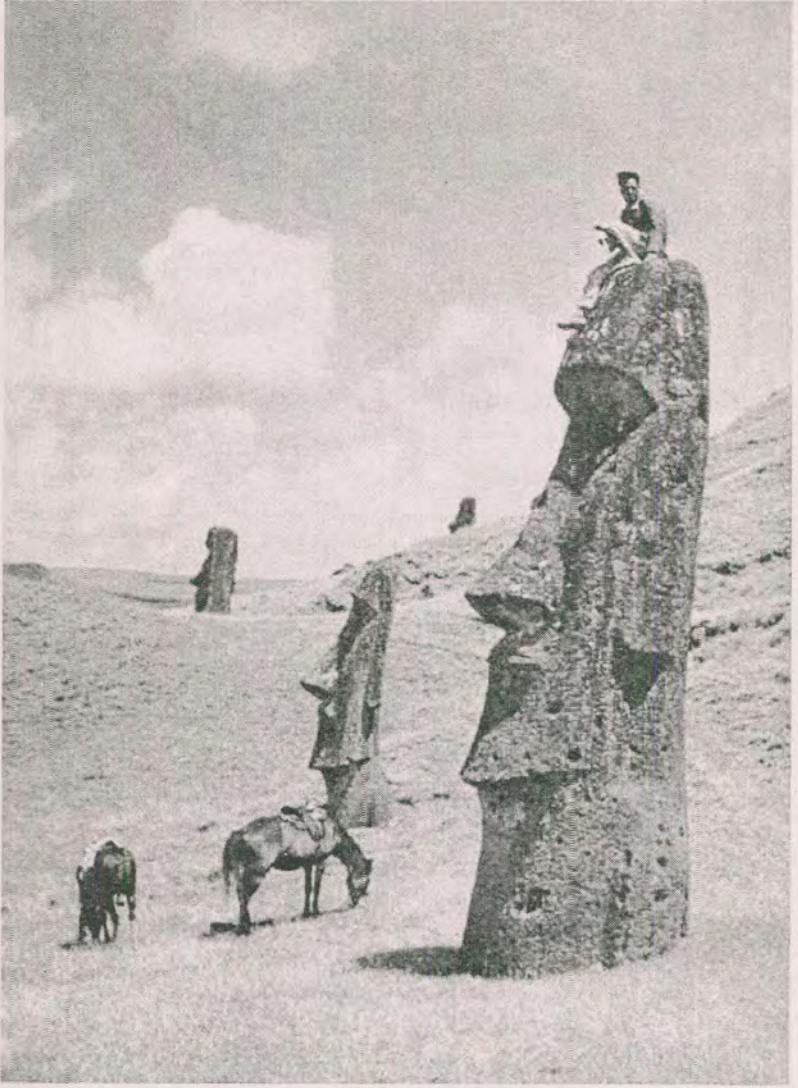
म्हणून जर 'कठीण पाण्याचा' उपयोग आपण करीत असू तर वेळोवेळी बॉयलर बंद करून, आत जमा झालेला थर खरवडून काढण्याची गरज असते. अशा प्रकारे बॉयलर बंद व पुन्हा चालू करणे फारच खर्चिक असते.

कठिणता मॅग्नेशियमच्या क्षारांमुळे सुद्धा येऊ शकते. मॅग्नेशियमच्या पाण्यातील अभिक्रियेने 'पाण्याची आम्लता' वाढते. म्हणजेच पाण्यातील हायड्रोजन आयनांची संहती वाढते आणि हे वाढलेले हायड्रोजन आयनही बॉयलरला नुकसान पोहाचवतात.



लेखक : सुशील जोशी. स्वतंत्र विज्ञानलेखन व अनुवाद. एकलव्यच्या स्रोत व विज्ञान कार्यक्रमात सहभागी.

अनुवाद : साकेत कुलकर्णी. सातारा येथे इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनिअरिंगचे विद्यार्थी.



प्रशांत महासागरातील ईस्टर आयलंड या बेटावर ठिकठिकाणी महाकाय चेहऱ्यांचे पुतळे दिसतात. हे पुतळे कुणी व केव्हा बनवले हे तेथील रहिवासीही सांगू शकत नाहीत.

(आभार : नॅशनल जिओग्राफिक)

टोपोलॉजी आणि चतुरंग समस्या

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

टोपोलॉजी म्हणजे पृष्ठभागांचं शास्त्र. या शास्त्राचं आपण नावदेखील एकलं नसलं तरी यातले काही खेळ आपण आधीही खेळले असतील.

त्यातलाच एक खेळ मागच्या कव्हरवर दिला आहे.

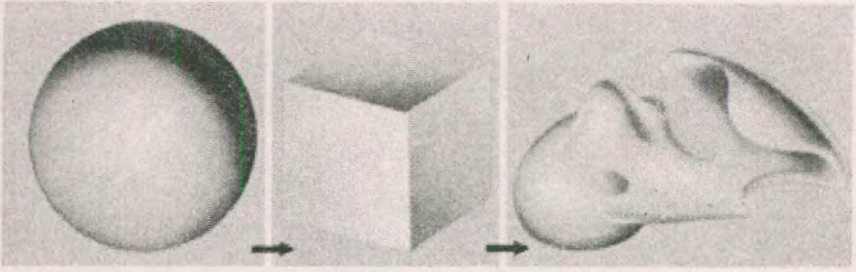
या शास्त्राचा अभ्यास आणि उपयोग कसा करतात ते लेखात वाचा.

गणिती संशोधनाच्या अतिशय प्रगत अशा एका शाखेत जगातील सर्वात बुद्धिमान लोकांपैकी काहीजण विचित्र आणि असंभाव्य वाटणाऱ्या वस्तूंचा अभ्यास करत आहेत. या शाखेचं नाव आहे टोपोलॉजी.

टोपोलॉजी ही एक खास प्रकारची भूमिती आहे. यामध्ये पृष्ठभाग किती वेगवेगळ्या प्रकारे पिळले, वाकवले, ओढले आणि ताणले जाऊ शकतात, याचा अभ्यास केला जातो. कधी कधी इथे पूर्णतः अशक्य व अतर्क्य वाटणाऱ्या वस्तूंचा अभ्यास करतात.

उदा. एकच पृष्ठभाग असलेली वस्तू. शुद्ध गणिताच्या या शाखेतलं संशोधन कधी लहान मुलांच्या खेळासारखं वाटतं, तर कधी मोठे मोठे तज्ञ चक्रावून जातात.

आपल्या संशोधनाबद्दल बोलताना टोपोलॉजी तज्ञ एक उदाहरण देतात. केसाळ कातड्याचे हातमोजे वापरून ऊब मिळवण्याचा प्रयत्न करणाऱ्या एका रेड इंडियन वीराचं हे वर्णन आहे. “त्यानं गरम बाजू आतल्या बाजूला घेण्यासाठी कातड्याची आतली बाजू बाहेरच्या बाजूला

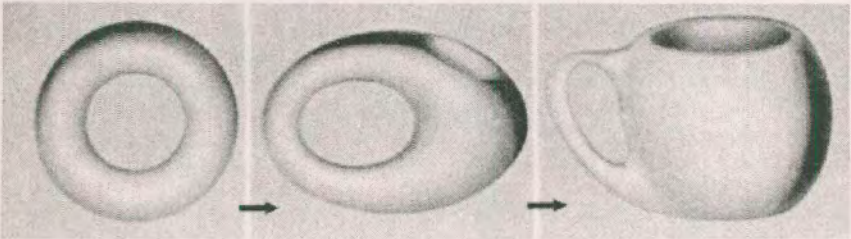


चित्र १ (अ)

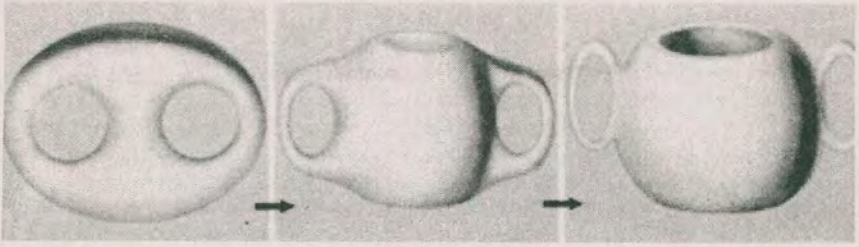
घेतली, आणि गार बाजू बाहेरच्या बाजूला घेण्यासाठी गरम केसाळ बाजू आतल्या बाजूला घेतली.” हातमोज्यांच्या या उलट सुलट करण्यातून तो वीर टोपोलॉजीतील एक कृती करत होता.

सर्वसाधारण भूमितीत वस्तूंच्या आकार व आकारमानाला अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. याउलट टोपोलॉजीत वस्तूंच्या काही मूलभूत गुणधर्मांचाच विचार केला जातो. सर्वसाधारण भूमितीचा अभ्यासक जेव्हा चौरसाचा विचार करतो, तेव्हा त्याच्या दृष्टीने महत्त्वाचे गुणधर्म असतात - चारही बाजूंची सारखी लांबी आणि चार कोपऱ्यांचे

काटकोन, टोपोलॉजीच्या अभ्यासकांसाठी महत्त्वाची बाब म्हणजे, चौरस ही एकाच अखंड रेषेने बद्ध अशी द्विमित आकृती आहे. याचमुळे टोपोलॉजीच्या दृष्टीने चौरस व वर्तुळ यांत काहीही फरक नाही. एकदा लांबी व कोन या संकल्पना सोडून दिल्या की, ज्या बिंदूमधून एकापेक्षा जास्त रेषा एकमेकांना ओलांडतात, अशा बिंदूना महत्त्व प्राप्त होते. वर्तुळात असा एकही बिंदू नसतो. याउलट इंग्रजी आठच्या आकड्यात असा एक 'चौक' आहे. यामुळे या दोन आकारांत मूलभूत फरक आहे. कितीही वेडं वाकडं करून (म्हणजेच टोपोलॉजीतील कोणतीही कृती करून)



चित्र १ (ब)

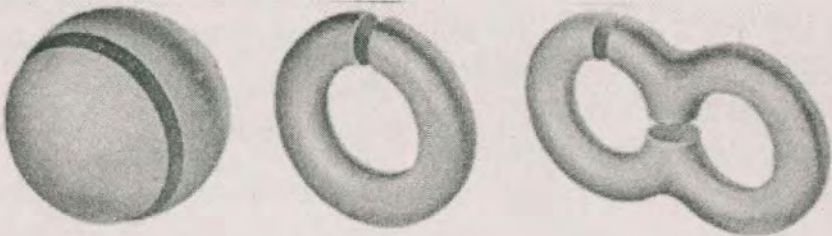


चित्र १ (क)

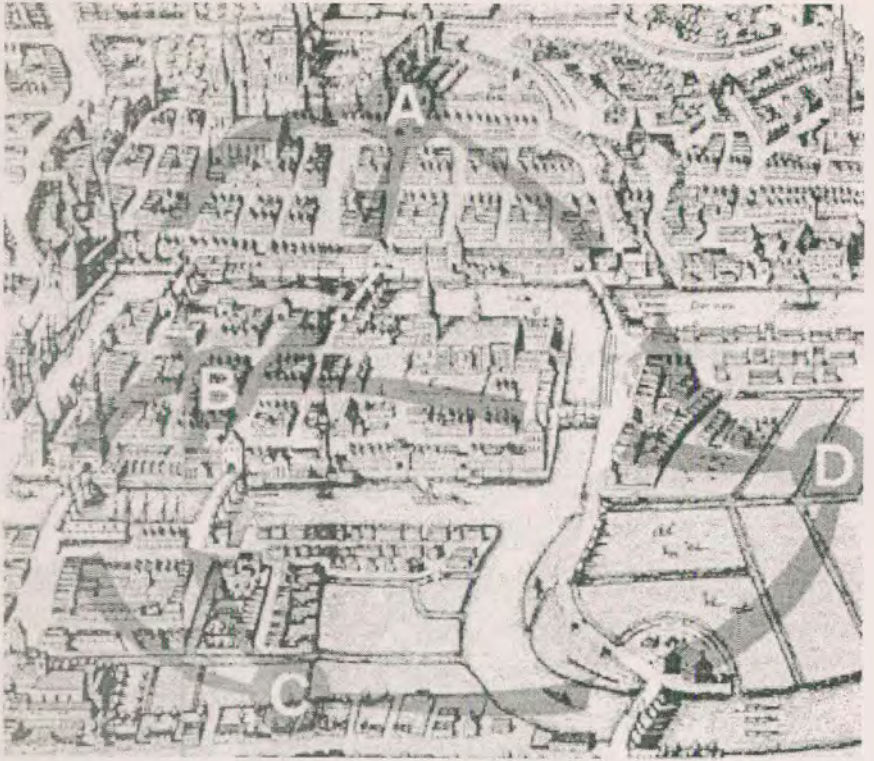
वर्तुळाचं इंग्रजी आठाच्या आकारात रूपांतर करणं अशक्य आहे.

हे ज्ञालं द्विमित आकारांबद्दल. त्रिमित वस्तूंच्या अभ्यासात छिद्रं, गाठी, वेढे, इ. गुणधर्मांना महत्त्व येतं. टोपोलॉजी तज्ञ म्हणजे मेदूवडा आणि चहाचा कप यात फरक न करणारी माणसं आहेत! अर्थात खराखुरा मेदूवडा वेडावाकडा करून त्याचं कपात रूपांतर करता येत नाही. पण टोपोलॉजीतील संकल्पनांच्या आधारे या दोन वस्तूंत काहीही फरक नाही हे सिद्ध करता येतं. अशीच काही टोपोलॉजिकल रूपांतरणं चित्र १ मध्ये दाखवली आहेत.

या रूपांतरांमामे जो गुणधर्म आहे, त्याला 'जीनस (genus)' किंवा 'कूळ' असं म्हणतात. ढोबळ मानानं बोलायचं तर वस्तूला किती छिद्र आहेत, यावरून त्याचं कूळ ठरतं. वस्तूचं कूळ ठरवण्याची शास्त्रीय पद्धत चित्र २ मध्ये दाखवली आहे. एखाद्या गोळामधून एक जरी आरपार छेद घेतला, तरी त्याचे दोन तुकडे होतात. याचाच अर्थ, दोन तुकडे न करता गोळातून एकही आरपार छेद घेता येत नाही. म्हणून गोळाचं कूळ आहे- शून्य. एक भोक असलेल्या मेदूवड्याला चित्रात दाखवल्याप्रमाणे एक छेद घेतला, तर त्याचे दोन तुकडे होणार नाहीत, पण दुसरा तसाच छेद घेतला तर मात्र होतील, म्हणजेच



चित्र २



चित्र ३

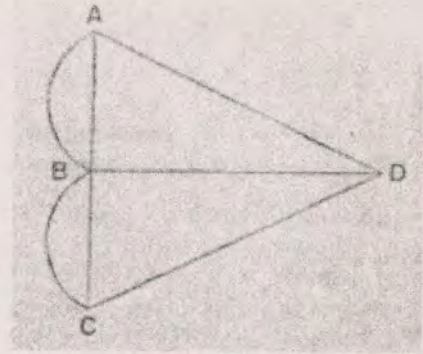
मेदूवड्याचं कूळ आहे-एक. याच धर्तीवर चित्रातल्या तिसऱ्या वस्तूचं कूळ दोन आहे, हे तुमच्या लक्षात आलं असेलच.

चित्र १ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे एकाच कुळातल्या वस्तूचं टोपोलॉजिकल कृती करून एकमेकांत रूपांतर करता येतं. यामुळे गोलाचं चौकोनी ठोकळ्यात रूपांतर होऊ शकतं, कारण दोघांचंही कूळ एकच - शून्य. तसंच कूळ एक असलेल्या मेदूवड्याचं एक कान असलेल्या कपात, आणि कूळ दोन

असलेल्या दोन भोकांच्या कड्याचं दोन कानवाल्या भांड्यात रूपांतर होऊ शकतं. पण गोलापासून मेदूवडा बनवायचा असेल तर नुसतं वेडंवाकडं करून किंवा ताणून-पिळून भागणार नाही, तर गोलाला छिद्रही पाडावं लागेल, त्याचं कूळ बदलावं लागेल. अशा रूपांतरणांना टोपोलॉजीत जागा नाही.

टोपोलॉजी या गणिती शाखेची सुरुवात करण्याचं श्रेय लिओनार्ड ऑयलर या महान गणितज्ञाकडे जातं. १७३६ साली ऑयलरने

क्योनिग्सबर्ग शहरातल्या सात पुलांच्या कोड्याबद्दल एक शोधनिबंध प्रसिद्ध केला. हे एक फार जुनं, न सुटलेलं कोडं होतं. या कोड्याबद्दल सविस्तर चर्चा शैक्षणिक संदर्भच्या ऑक्टोबर-नोव्हेंबर ९९ च्या अंकामध्ये 'आपला हात जगन्नाथ' या सदरात आली आहे. चित्र ३ मध्ये प्रेगेल नदीच्या आजुबाजूनं वसलेल्या क्योनिग्सबर्ग शहराचा, मधलं बेट आणि बाकीच्या शहराला जोडणाऱ्या सात पुलांचा, नकाशा दाखवला आहे. प्रत्येक पुलावरून फक्त एकदा जायचं, हा नियम पाळून सातही पूल ओलांडता येतील का ? हेच आहे, क्योनिग्सबर्गच्या पुलांचं कोडं. ऑयलरने हाच नकाशा चित्र ४ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे काढला. त्यानं असं दाखवून दिलं, की या स्वरूपाच्या रचनेत तीन किंवा जास्त बिंदूत विषम संख्येइतके मार्ग एकत्र आले, तर सगळ्या मार्गांवरून जाताना किमान एका तरी मार्गावरून दोनदा जावं लागतं. ऑयलरच्या क्योनिग्सबर्गच्या नकाशात ए, सी आणि डी या बिंदूत प्रत्येकी तीन तर बी या बिंदूत एकूण पाच मार्ग एकत्र आले आहेत. (चित्र ४ पहा.) याचाच अर्थ फक्त एकदा प्रत्येक पुलावरून जाऊन सातही पूल ओलांडता येणं अशक्य आहे. ऑयलरच्या या शोधनिबंधाचं शीर्षक होतं, 'स्थानांच्या भूमितीशी संबंधित समस्येची उकल.' आपण एका वेगळ्या प्रकारच्या, दोन बिंदूतील अंतरावर अवलंबून नसलेल्या,



चित्र ४

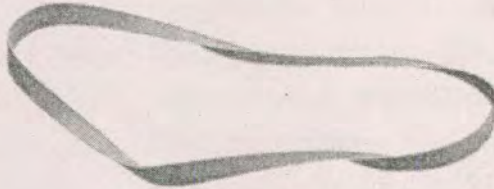
भूमितीची चर्चा करत आहोत, याची त्याला जाणीव असावी, असं या शीर्षकावरून वाटतं.

पुढच्या काळात इतर गणितज्ञांनी ऑयलरच्या संकल्पनांचा विस्तार केला, आणि त्यातूनच टोपोलॉजी ही अभ्यास व संशोधनाची नवी शाखा उदयास आली. टोपोलॉजी हा शब्द सर्वप्रथम योहान बेनेडिक्ट लिस्टिंग या गणितज्ञाने १८४० च्या सुमाराला वापरला. १८६१ साली प्रसिद्ध केलेल्या एका शोधनिबंधात लिस्टिंगने एक पृष्ठभाग असलेल्या वस्तूची चर्चा केली होती. त्यानंतर काही वर्षांनी ऑगस्टस फर्डिनांड मोबिअस या शास्त्रज्ञाने अशी वस्तू तयार करण्यात यश मिळवलं. (पुढच्या पानावरील चौकट पहा.)

मागच्या १००-१५० वर्षांत टोपोलॉजीचा अभ्यास खूपच पुढे गेला आहे. आज ही केवळ एक शुद्ध गणितातली सैद्धांतिक विद्याशाखा राहिलेली नाही, तर व्यावहारिक

मोबिअसचं कडं

विचित्र वस्तू बनवणं हा टोपोलॉजी तज्ञांचा छंदच आहे, असं म्हटलं तरी चालेल. अशीच एक विस्मयकारक वस्तू म्हणजे एकच पृष्ठभाग असलेला त्रिमित आकार. ऑगस्टस फर्डिनांड मोबिअस या गणितज्ञाने अशी वस्तू तयार करण्याची कृती दिली. या वस्तूला मोबिअसचं कडं म्हणतात. वर्णनावरून 'अशक्य' वाटणारी ही वस्तू तयार करायला अगदी सोपी आहे, हे चित्रावरून लक्षात येईल.



एक कागदाची पट्टी घेऊन तिचं एक टोक १८० अंशातून फिरवून दुसऱ्या टोकाला चिकटवलं, की झालं तयार मोबिअसचं कडं. आता या कड्याच्या पृष्ठभागावर मध्यभागी पेन्सिलचं टोक टेकवा, आणि रेघ आखायला सुरुवात करा. परत पहिल्या स्थानाशी येईपर्यंत पेन्सिल उचलू नका. ही रेघ पट्टीच्या आतून बाहेरून फिरून आली आहे असं तुम्हाला दिसेल. अशी रेघ तुम्ही पेन्सिल न उचलता ओढू शकता, याचा अर्थ या पट्टीचा आतला आणि बाहेरचा पृष्ठभाग एकच आहे ! आता या रेघेवर कात्री चालवली तर दोन पृष्ठभाग असलेलं साधं कडं तयार होईल.

शेजारच्या चित्रात दाखवल्याप्रमाणे जर मोबिअसची पट्टी कापली तर कात्रीचा एकच फेरा होतो, आणि एकात एक गुंतलेली दोन कडी तयार होतात. यातलं एक कडं साधं असतं, तर दुसरं असतं मोबिअसचं कडं.

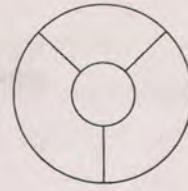
मोबिअसच्या कड्याच्या धर्तीवर फेलिक्स क्लाइन या गणितज्ञाने एकच पृष्ठभाग असलेल्या बाटलीची संकल्पना मांडली आहे. या बाटलीचे मधोमध उभे दोन भाग केले, तर दोन मोबिअसची कडी तयार होतात.



महत्त्वाची अशी उपयोजित गणिताची शाखा बनली आहे. विद्युतीय तारांच्या गुंतागुंतीच्या रचना तसंच अर्थशास्त्रातील काही संकल्पनांच्या अभ्यासात आजही ऑयलरच्या टोपोलॉजीविषयक सिद्धान्तांचा वापर होतो. वरकरणी फावल्या वेळचा उद्योग वाटणाऱ्या टोपोलॉजीच्या अभ्यासातून अनपेक्षितरीत्या गणिताच्या इतर शाखांमधले तसेच विज्ञान व तंत्रज्ञानाच्या क्षेत्रातले नवे शोध लागल्याचीही उदाहरणं आहेत. या अनुषंगाने एका जुन्या समस्येच्या उकलीचा इतिहास पहाणं मनोरंजक ठरेल.

१९५२ सालच्या ऑक्टोबरमध्ये इंग्लंडमधला एक हौशी गणिती फ्रान्सिस गुथरी, चाळा म्हणून ब्रिटनमधल्या परगण्यांचा नकाशा रंगवत बसला होता. या चाळ्यातून त्याच्या मनात प्रश्न उभा राहिला - कोणताही नकाशा रंगवताना एकमेकांना लागून असलेल्या जवळजवळच्या प्रांतांचे रंग वेगवेगळे असायला हवे असले, तर नकाशा रंगवायला किती रंग पुरतील ? उदा. चित्र ५ मध्ये दाखवलेल्या आकृतीला तीन रंग पुरेसे नाहीत. याचा अर्थ काही नकाशांना चार रंग लागतात. गुथरीचा प्रश्न हा होता, की सर्व प्रकारच्या नकाशांना चार रंग पुरेसे होतील, की काही नकाशांना पाच, सहा किंवा जास्त रंग लागतील.

खूप विचार करून कोडं सुटलं नाही, तेव्हा गुथरीनं आपला धाकटा भाऊ फ्रेडरिक याला



चित्र ५

हा प्रश्न सांगितला. फ्रेडरिक लंडनच्या युनिवर्सिटी कॉलेजात शिकत होता. त्यानं आपले प्राध्यापक ऑगस्टस डी मॉर्गन यांच्यापुढे हा प्रश्न मांडला. डी मॉर्गननी आपला मित्र व प्रसिद्ध भौतिकशास्त्रज्ञ डब्लू आर् हॅमिल्टनला हा प्रश्न कळवला. खूप प्रयत्न करूनही कमीत कमी पाच रंग लागतीलच, असा नकाशा तयार करण्यात हॅमिल्टनला अपयश आलं. लवकरच हे कोडं साऱ्या युरोपभर पसरलं. अनेक गणिती व वैज्ञानिकांनी प्रयत्न करूनही पाच किंवा जास्त रंग लागणारा नकाशा सापडेंना, पण कोणत्याही नकाशाला चारच रंग पुरेसे होतील, हेही सिद्ध होईना. चतुरंग समस्या (four colour problem) या नावानं प्रसिद्ध पावलेलं हे कोडं गणितातल्या सर्वांत अवघड समस्यांपैकी एक गणलं गेलं आहे.

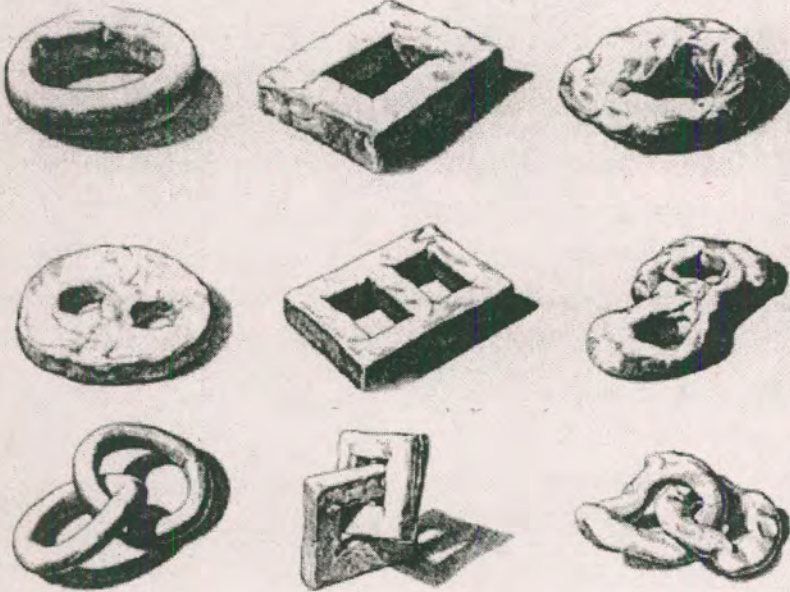
गंमतीची गोष्ट म्हणजे, या कोड्याचा जनक फ्रान्सिस गुथरी लोकांना कोड्यात टाकून स्वतः मात्र गणिताच्या अभ्यासापासून दूर गेला ! तो इंग्लंड सोडून दक्षिण आफ्रिकेत गेला आणि तिथं वकिली करू लागला. पुढे त्यानं केपटाऊन विद्यापीठात गणिताचा

प्राध्यापक म्हणून काम केलं खरं, पण जास्त वेळ तो वनस्पतीशास्त्र विभागातच घालवत असे. वनस्पतीशास्त्रातल्या त्याच्या कामाचा गौरव म्हणून एका वनस्पतीला त्याचं नाव देण्यात आलं आहे.

सुमारे २५ वर्ष गणितज्ञांना हुलकावणी दिल्यानंतर १८७९ साली चतुरंग समस्येची उकल सापडल्याची हवा निर्माण झाली. अमेरिकन जर्नल ऑफ मॅथेमॅटिक्समध्ये ब्रिटिश गणिती अल्फ्रेड ब्रे कॅप याने गुथरीच्या कोड्याचं एक उत्तर प्रसिद्ध केलं. कोणताही

नकाशा रंगवताना एकमेकांना लागून असलेल्या जवळजवळच्या प्रांतांचे रंग वेगवेगळे असायला हवे असले, तर नकाशा रंगवायला चार रंग पुरतील, असं कॅपने सिद्ध करून दाखवलं होतं. या सिद्धतेमुळं कॅपला बरेच मानसन्मान मिळाले. पण १८९० साली डरहॅम विद्यापीठातील एक व्याख्याता पर्सी जॉन हेवुडचा एक शोधनिबंध प्रसिद्ध झाला आणि गणितज्ञांमध्ये खळबळ उडाली. हेवुडने कॅपच्या सिद्धतेतली एक मूलभूत चूक शोधून काढली होती. पण हे करतानाच त्यानं असंही

टोपोलॉजीतील रूपांतरण दाखवण्यासाठी खेळायची माती वापरता येते.
याची काही उदाहरणं खालील चित्रांत दाखवली आहेत.



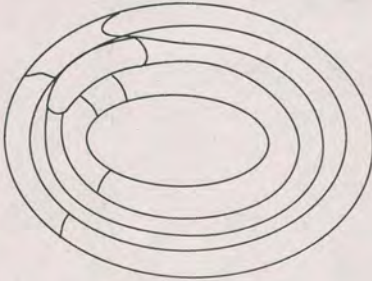
दाखवून दिलं, की कोणत्याही नकाशाला चार किंवा पाच रंग लागतील, त्यापेक्षा जास्त लागणार नाहीत. म्हणजेच कोडं पूर्ण सुटलं नसलं, तरी त्या दिशेनं एक महत्त्वाचं पाऊल उचललं गेलं होतं.

चतुरंग समस्येची उकल शोधण्यात गणितज्ञांना अपयश येत असलं तरी, एका गोष्टीबद्दल मात्र सर्वांचं एकमत होतं - कोणत्याही प्रकारच्या नकाशाला लागू पडेल अशी एकच सर्वसमावेशक सिद्धता हवी असेल, तर टोपोलॉजीच्या दृष्टिकोनातून सर्व प्रकारच्या नकाशांकडे अनेक रेषांनी बद्ध असलेल्या द्विमित आकृत्या म्हणून पहाणं, हा एकमेव मार्ग आहे. कॅंप, हेवुड आणि इतर गणितज्ञांच्या चतुरंग समस्येची उकल शोधण्याच्या प्रयत्नांतून टोपोलॉजी या नव्या

शाखेच्या वाढीला मोठा हातभार लागला. आणि यामुळेच अनेकदा अपयश येऊनही गणितज्ञांनी या समस्येचा पिच्छा सोडला नाही.

१९२२ साली आशेचा एक क्रिण दिसून आला. फिलिप फ्रँकलिन या गणितज्ञाने सर्वसमावेशक सिद्धतेचा नाद सोडून दिला, आणि फक्त २५ किंवा त्यापेक्षा कमी प्रांत असलेल्या नकाशांवर लक्ष केंद्रित केलं. अशा नकाशांना चार रंग पुरेसे ठरतात, हे त्यानं दाखवून दिलं. इतर गणितज्ञांनी या सिद्धतेचा विस्तार करण्याचा प्रयत्न केला. १९२६ साली ही सिद्धता २७ प्रांतांच्या नकाशाला लागू पडते, असं दाखवण्यात आलं, १९४० सालापर्यंत ही संख्या ३५ प्रांतांपर्यंत पोचली, तर १९७० सालापर्यंत ३९ प्रांतांच्या

शेजारी येणारे प्रांत सारख्याच रंगाचे येऊ न देता एखादा द्विमित नकाशा रंगवायला, चार रंग पुरतात, ही गोष्ट फक्त शून्य कुळातल्या पृष्ठभागासाठीच लागू पडते. याचप्रकारे एक कुळातल्या पृष्ठभागांवर काढलेल्या नकाशांबद्दलही काही म्हणता येईल का? शेजारी उदाहरणादाखल एक नकाशा दाखवला आहे. या नकाशांच्या मध्यभागी एक छिद्र



आहे. म्हणजेच याचे कूळ आहे एक. याला किती रंग लागतील? हाच नकाशा जर मेदूवड्यासारख्या त्रिमित पृष्ठभागावर बनवलेला असेल, तर काय होईल? एखादी फुगवलेली टायरट्यूब किंवा खेळायची माती वापरून तुम्ही या प्रश्नांची उत्तरं शोधू शकाल.

नकाशाला चार रंग पुरतात हे सिद्ध झालेलं होतं. या पद्धतीनं हळुहळू प्रगती होत होती, आणि कोणत्याही प्रकारच्या नकाशाला चारच रंग पुरेसे ठरतील, हे सर्वमान्य झालं होतं. पण जोवर सर्वसमावेशक सिद्धता मिळत नाही, तोवर चारपेक्षा जास्त रंगांची गरज असणारा नकाशा असू शकतो, हे नाकारताही येत नव्हतं. एकूण संख्या अनंत असल्याने, कितीही प्रांतांसाठी सिद्धता मिळाली, तरी त्यापेक्षा आणखी एक प्रांत जास्त असणारे नकाशे असणारच, आणि त्यामुळे या पद्धतीनं सर्वसमावेशक सिद्धता कधीच मिळणार नाही, हेही उघड होतं.

हेनरिश हीख या गणितज्ञानं असं तत्त्व मांडलं, की मर्यादित संख्येइतक्या मर्यादित नकाशांच्या (finite number of finite

maps) वेगवेगळ्या रचना करून, अनंत पद्धतींनी परिवर्तनीय असलेले अनंत नकाशे (infinity of infinitely variable maps) तयार करता येतात, त्यामुळे सर्व प्रकारच्या नकाशांचे पायाभूत नकाशे हुडकून त्यांच्यावर लक्ष केंद्रित केलं तर सर्वसमावेशक सिद्धतेकडं जाणारा मार्ग सापडू शकेल. अमेरिकेतील इलेनॉय विद्यापीठातील दोन गणिती, वोल्फगांग हाकेन व केनेथ ऑपल, या तत्त्वानुसार अभ्यास करू लागले. ज्याप्रमाणे प्रोटॉन, न्यूट्रॉन व इलेक्ट्रॉन हे पायाभूत कण एकत्र येऊन अणू तयार होतात, आणि अणूपासून विश्वातले सर्व पदार्थ तयार होतात, तसाच काहीसा हा प्रकार होता. थोडक्यात म्हणजे, हाकेन व ऑपल सर्व प्रकारच्या नकाशांचे प्रोटॉन, न्यूट्रॉन व



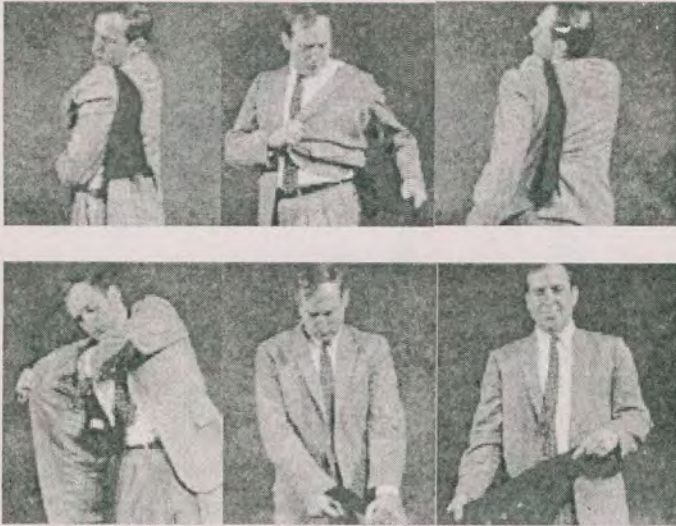
इलेक्ट्रॉन शोधू पहात होते.

१९७० च्या सुमारास त्यांना या प्रयत्नात यश आलं खरं, पण दुर्दैवानं परिस्थिती वाटते तितकी सोपी होऊ शकली नाही. कारण या एकूण पायाभूत नकाशांची संख्या होती १४८२. या १४८२ नकाशांना चारच रंग पुरतात हे जर सिद्ध करता आलं, तर कोणत्याही नकाशाला चारच रंग लागतील

असं अनुमान काढता येणार होतं. १४८२ नकाशांसाठी प्रत्येक नकाशा रंगवण्याच्या वेगवेगळ्या शक्यता पडताळून पहाणं, हे मानवी मर्यादांच्या पलीकडचं काम होतं. संगणकांचा वापर करूनही हे सर्व गणित सोडवायला एक शतक लागलं असतं.

निराश न होता हाकेन आणि ॲपल यांनी संगणकाच्या मदतीनं हे अशक्यप्राय काम सुरू केलं. त्याचबरोबर गणिती पडताळा पहाताना

टोपोलॉजीमधील रूपांतरणासारखी एक मनोरंजक कृती इथे पहायला मिळते. कोटाच्या आत हाफ स्वेटर घातला आहे. कोट अंगातून न काढता हा स्वेटर मात्र काढून घ्यायचा आहे. हे शक्य आहे का, असा प्रश्न मनात येईल. मलपृष्ठावरही ही कृती टप्प्याटप्प्याने दाखविली आहे. आधी पुरेसा सराव केलात, तर तुम्हाला असा कार्यक्रम मित्रांसमोर करून दाखवता येईल.



संगणकाला वापरता येतील असे शॉर्टकट आणि युक्त्यांचाही शोध त्यांनी सुरू केला. काम सुरू केल्यानंतर पाच वर्षांनी, १९७५ साली काहीतरी अद्भुत घडायला लागल्याची त्यांना जाणीव झाली. त्यांचा संगणक केवळ सांगकामेपणानं गणितं सोडवत नव्हता, तर स्वतःचं 'डोकं' वापरत होता, स्वतःहून वेळ वाचवण्याच्या युक्त्या शोधत होता ! एखाद्या बुद्धिबळ खेळणाऱ्या संगणकाप्रमाणे त्यांचा संगणक वागत होता. त्याला शिकवलेल्या युक्त्या वापरून तो वेळ वाचवण्यासाठी जास्त हुशारीचे आणि परिणामकारक असे मार्ग शोधत होता. संगणकाच्या या वागण्यातून हाकेन आणि अॅपलच्या गणिती ज्ञानात भर पडत होती. १९७६ च्या जून महिन्यात १२०० तास चाललेली ही संगणकीय आकडेमोड संपली, सर्व १४८२ पायाभूत नकाशांचा अभ्यास पूर्ण झाला. या कोणत्याही नकाशासाठी चार रंग पुरेसे ठरतात, आणि त्यामुळे या नकाशांच्या रचना करून बनवलेल्या कोणत्याही नकाशासाठी चार रंग पुरेसे आहेत, हे सिद्ध झालं. जवळजवळ

१२५ वर्षांनी गुथरीचं कोडं एकदाचं सुटलं. पण त्याहून महत्वाचं म्हणजे संगणकाने बौद्धिक पातळीवर सक्रीय भूमिका बजावलेली ही पहिली गणिती सिद्धता होती. याचा गणिती संशोधनाच्या क्षेत्रावर तसंच संगणकशास्त्राच्या क्षेत्रावरही मूलगामी परिणाम झाला आहे.

गणित किंवा सैद्धांतिक विज्ञानासारख्या अमूर्त क्षेत्रात संशोधन करणाऱ्यांना, या संशोधनाचा उपयोग काय, या प्रश्नाला बरेचदा तोंड द्यावं लागतं. पण वरकरणी अव्यवहार्य आणि फालतू वाटणारं एखादं संशोधन क्षेत्र अचानक एखाद्या उपयोजित विज्ञान किंवा तंत्रज्ञानाला कारणीभूत बनू शकतं. हा केवळ संशोधकांचा कल्पनाविलास नाही, तर टोपोलॉजी हे याचं एक जिवंत उदाहरण आहे. ❖

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे. व्याख्याता, सिंहगड कॉलेज ऑफ इंजिनिअरिंग, पुणे, ग्रामीण भागासाठी उपयुक्त तंत्रज्ञानावर संशोधन, विज्ञान लेखनात रस.

हिंदी संदर्भ -

'एकलव्य' ही मध्यप्रदेशातील शालेय शिक्षणामध्ये सुधारणा घडवून आणण्यासाठी सतत कार्यरत असणारी संस्था आहे. त्यांच्यातर्फे चालविले जाणारे 'शैक्षिक संदर्भ' हे एक शैक्षणिक-विज्ञान आशयाचं हिंदी 'द्वैमासिक' आहे. त्याच्या प्रत्येक अंकामध्ये विविध विषयांवरील मनोरंजक लेख वाचायला मिळतात. हिंदी भाषक मित्रांसाठी अनमोल असं ज्ञान साधन !

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रूपये ५० आहे. वर्गणी मनिऑर्डर अथवा बँक ड्राफ्टद्वारा (एकलव्यच्या नावे) पुढील पत्त्यावर पाठवावी. एकलव्य, ई-१/२५, अरेरा कॉलनी, भोपाल मध्यप्रदेश पिन - ४६२ ०१६

खेलखेल में

लेखक : नीलिमा सहस्रबुध्दे

' मुलं कधी स्वस्थ बसत नाहीत. सारखं काहीतरी ठाकठोक तोडमोड करत बसतात. कचरासुद्धा त्यांना खेळायला चालतो. त्यांच्या खजिन्यात काड्यापेट्या, डब्या, गोट्या, मोडकी पेनं, रिफिल, बटणं, काचांचे तुकडे, बुचं सारं काही प्रेमानं साठवलेलं असतं. याच पेटाच्यातून अनेक मजेदार खेळणी तयार होतात. '

श्री. अरविंद गुप्ता त्यांच्या ' खेलखेलमें ' पुस्तकात म्हणतात की यातली काही मजेदार खेळणी मी मुलांकडून शिकलो. या आणि इतरही काही पुस्तकांत गुप्ता यांनी काही प्रयोग, काही मजेदार खेळ दिले आहेत.

ते म्हणतात - विज्ञान म्हणजे उपकरणे, प्रयोगशाळा नव्हेत. विज्ञान म्हणजे अवघड परिभाषा, सूत्रे नव्हेत. मग विज्ञान म्हणजे आहे तरी काय ?

विज्ञान म्हणजे एक दृष्टिकोन - वस्तू,

घटना आणि आयुष्य बारकाईने पाहून, पारखून, समजावून घेण्याचा. या दृष्टीने पाहिलं तर प्रत्येकच वस्तू वैज्ञानिक उपकरण आहे. पण आज शालेय शिक्षणात काही वेगळंच दिसतं -

- आपण मुलांच्या प्रश्नांची उत्तरं देतो, पण त्यांचा आत्मविश्वास आपल्याजवळ ठेवून घेतो.

- त्यांना सूत्र, वैज्ञानिक परिभाषेतील व्याख्या पाठ करायला लावतो, पण बुद्धी वापरून विचार करणं राहून जातं.

- त्यांना परीक्षेत गुण देतो, पण ज्ञान-विज्ञान आपल्याच जवळ रहातं.

हे थांबवायला हवं.

खरंच मुलांना आपले आपण प्रयोग करायला, खेळायला, त्यातून विज्ञानातले नियम अनुभवायला मिळाले, तर ते पाठ कशाला करावे लागतील ? खेळ आणि

विज्ञान शिक्षण रंजक करण्यात शिक्षकांना मदत करू शकतील, अशी अनेक पुस्तकं व नियतकालिकं उपलब्ध आहेत. अशाच काही पुस्तकांची व नियतकालिकांची आपण या सदरातून ओळख करून घेऊ.

अभ्यास हे एकमेकांचे शत्रू न ठरता पूरक ठरतील. छोट्या छोट्या खेळांतून हे नियम कसे शिकता येतील हे गुप्तांच्या पुस्तकांत आपल्याला वाचायला मिळतं.

क्षेत्रफळ, घनफळ या संकल्पना मुलांना समजावून सांगणं आपल्याला सहजपणे जमत नाही. पण या पुस्तकात दिलेल्या कृती वापरून खेळता खेळता मुलांना त्या समजतील. याच प्रकारे भूमितीतील द्विमित, त्रिमित आकृती, त्यांचे गुणधर्म, बटणांच्या कप्प्या तयार करून

कप्प्यांचे नियम शिकवणं म्हणजे खेळच होऊन जातो.

याच पद्धतीचे अनेक खेळ अरविंद गुप्ता यांनी लिहिलेल्या व एकलव्यने प्रसिद्ध केलेल्या पुस्तकांतून आपल्याला पहायला मिळतील. मुले स्वतः हे खेळ खेळतीलच, शिवाय मुलांबरोबर उपक्रम करण्यासाठी ही पुस्तके शिक्षकांसाठीही अतिशय उपयुक्त आहेत. उदाहरणादाखल या पुस्तकातील दोन खेळ पुढे दिले आहेत.

१. त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ (खेलखेल में)

कोणत्याही त्रिकोणाचं क्षेत्रफळ त्याच्या पाया आणि उंची यावर अवलंबून असते. आपण प्रत्यक्ष मोजूनच पाहू या.

- एका चौकोनी पुट्ट्यावर चौकटी आखलेला आयताकार कागद चिकटवा.
- या आयताच्या खालच्या टोकांशी भोके पाडून त्यातून बारीक इलॅस्टिक ओवून बांधून टाका. ही दोन्ही टोके जोडली की त्रिकोणाचा पाया होईल.
- पायाला समांतर असलेल्या रेषेवर भोके पाडून घ्या. या भोकात रिफिलचे टोक घालून रिफिल अडकवता येईल. रिफिलमध्ये इलॅस्टिक अडकवले की त्रिकोण तयार होईल. त्यातील चौकोन मोजून क्षेत्रफळ नोंदवा.
- रिफिल वेगवेगळ्या भोकात अडकवून प्रत्येक वेळी क्षेत्रफळ मोजा. या सर्व त्रिकोणांचा पाया एकच आणि उंची समान असल्याने त्यांचे क्षेत्रफळ दर वेळी सारखेच येईल.

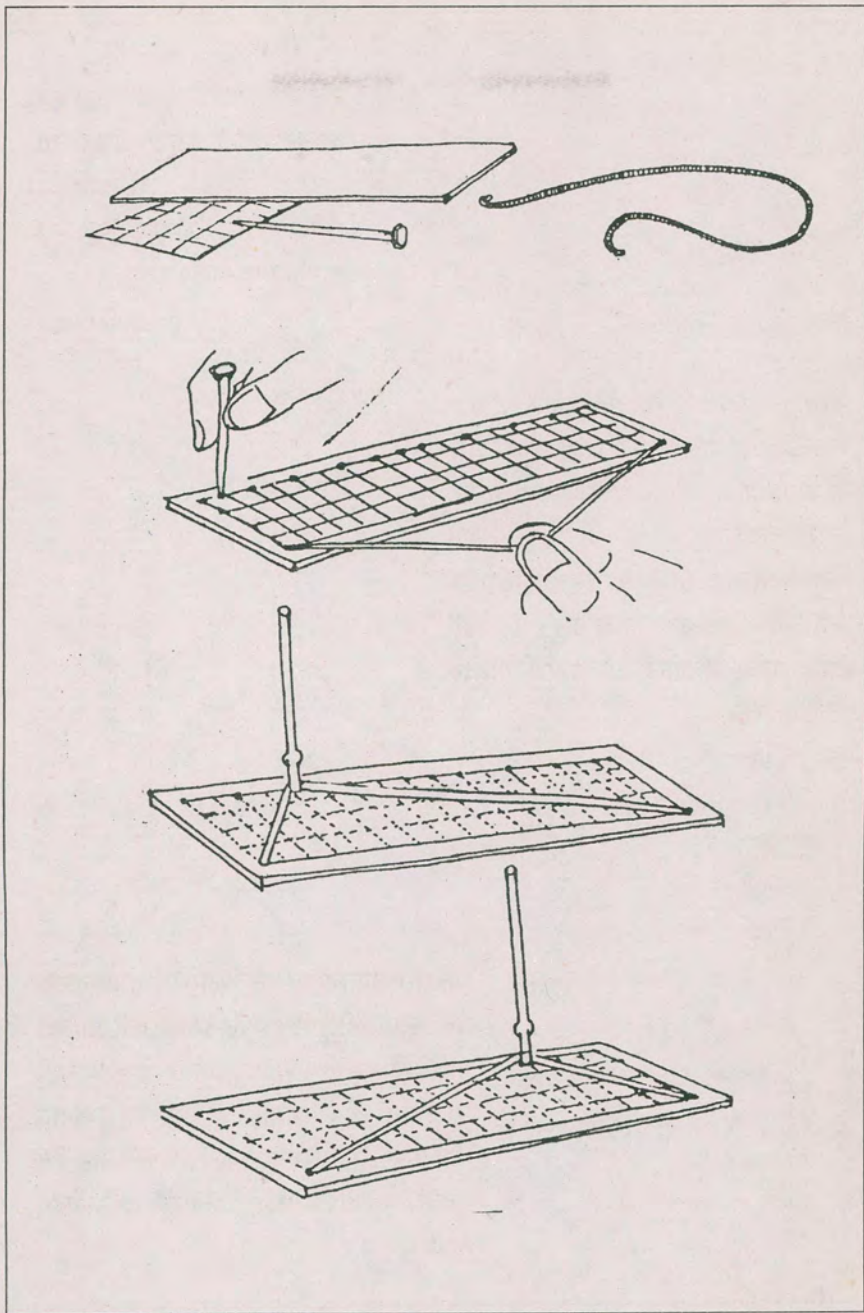
खेलखेल में - १२ /- खिलौनों का बस्ता - १५/-
कबाड़ से जुगाड़ १५/- खेलखिलौने १५/-

लेखक : अरविंद गुप्ता

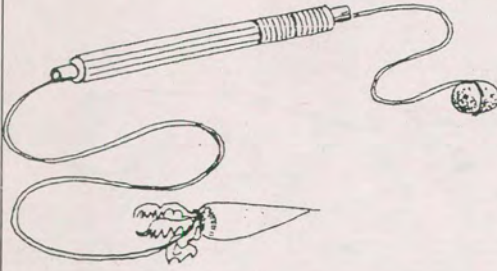
प्रकाशक : एकलव्य, ई-१/२५ अरेरा कॉलनी, भोपाळ - ४६२०१६ (म.प्र.)

पुस्तकाची किंमत + १०% पोस्टेज इतकी रक्कम वरील पत्त्यावर

मनिऑर्डरने पाठवूनही पुस्तके मिळू शकतील.



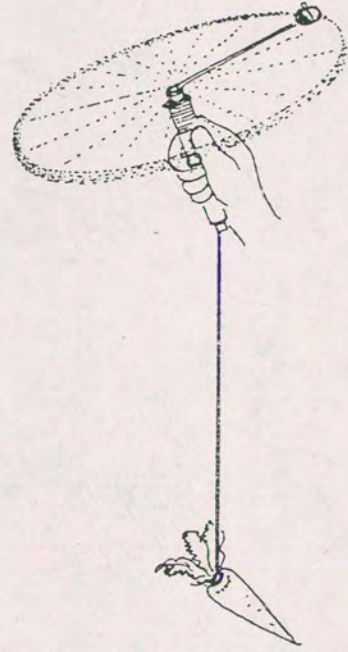
२. कारंजे (खिलौनोंका बस्ता)



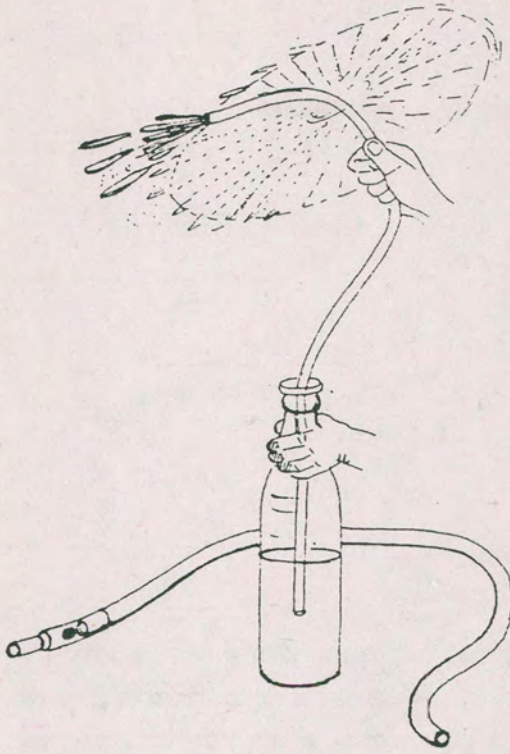
एक मीटर लांबीच्या दोऱ्याला एका बाजूला छोटा बटाटा बांधून घ्या. दुसरे टोक बॉलपेनच्या (मोडलेल्या) नळीतून ओवून, नंतर त्याला एक गाजर बांधा.

पेनची नळी हातात धरून गोलाकार फिरवा. यामुळे बटाटा गोल फिरला पाहिजे. जसजसा या बटाट्याला वेग येईल तसतसे गाजर वर उचलले जाईल.

फिरणाऱ्या बटाट्यावर केंद्रोत्सारी बल काम करते. ते बटाट्याला केंद्रापासून दूर नेते. त्याला गाजर जोडलेले असल्यामुळे तेही वर उचलले जाते.

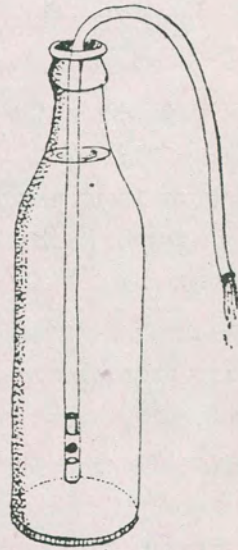


याच सिध्दांतावर पाण्याचे कारंजेही तयार करता येतो. त्यासाठी बारीक प्लॅस्टिकची नळी लागेल. गवंडी हीच नळी पाण्याची पातळी मोजण्यासाठी वापरतात. कोणत्याही हार्डवेअरच्या दुकानात ती मिळेल. नळीचे एक टोक पाण्याच्या बाटलीत बुडवा. दुसऱ्या टोकाला तोंड लावून पाणी ओढून घ्या.



- त्यातून पाणी वाहू लागले की हे टोक धरून गोल फिरवा. जोपर्यंत ते गोल फिरत राहिल तोपर्यंत पाणी त्यातून बाहेर उडत राहिल. फिरणाऱ्या नळीतील अपसारी बलामुळे पाणी अर्ध्या मीटर उंचीपर्यंत उडू शकते.

- पाणी परत उलटे फिरू नये यासाठी बॉलपेनच्या नळीचे दोन तुकडे आणि सायकलच्या बेअरिंगचा बॉल वापरून एक फूट व्हॉल्व ही तयार करता येईल.





ध्वनी : अनुरूपंदन (स्नानगृहातील गाणे)

लेखक : नागेश मोने

पदार्थावर आघात झाला की कंपनी उत्पन्न होतात, ही कंपनी आजूबाजूच्या पदार्थावर परिणाम घडवितात व हवेच्या माध्यमातून तो परिणाम आपल्या कानावर आला की ध्वनीच्या अस्तित्वाची आपल्याला जाणीव होते. पण कंपनी पावणे म्हणजे काय? एका स्थिर संतुलित स्थितीपासून विस्थापित झालेली वस्तू मूळच्या स्थितीला परत आली की ती कंपनी पावली असे आपण म्हणतो. क्षणिक बल लावून समतोल अवस्थेत असणारी वस्तू समतोलापासून ढळविल्यास गुरुत्वाकर्षण, त्या वस्तूची मिति, स्थितीस्थापकत्व त्यामुळे त्या वस्तूवर पुनःस्थापक बले उत्पन्न होतात व ती वस्तू आंदोलने करीत राहते. या कंपनांना मुक्त कंपनी असे म्हणतात. प्रतिसेकंद होणाऱ्या

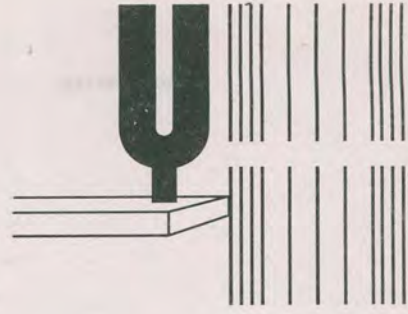
कंपनांच्या संख्येला वारंवारता असे म्हणतात. वस्तूची मुक्त कंपनी ज्या वारंवारतेने होतात त्या वारंवारतेला नैसर्गिक वारंवारता असे म्हणतात. प्रत्येक पदार्थाच्या कंपनी पावण्याचेही अर्थातच एक प्रमाण असते; त्याला एक नैसर्गिक वारंवारता असते.

समान वारंवारतेच्या वस्तू आपण एकमेकांशेजारी ठेवल्या; अन् त्यापैकी एका वस्तूमध्ये ध्वनी उत्पन्न केला तर दुसरी वस्तू कंपनी पावते व ध्वनीचा मोठेपणाही वाढतो. यालाच अनुरूपंदन असे म्हणतात. बाह्यप्रेरणेने स्वप्रेरित होऊन वस्तूमध्ये कंपनी निर्माण होण्याची ही क्रिया आहे, ज्यामुळे मूळचा ध्वनी प्रवर्धित होतो. एका स्वरातील



दोन तंबोरे एकमेकांशेजारी ठेवले व एका तंबोऱ्याची तार छेडली तर दुसराही तंबोरा झंकारतो. आणखी एक उदाहरण पाहू. एका स्वरातील दोन सतारी एकमेकांशेजारी ठेवल्या व त्यातील एका सतारीच्या तारेवर कागदाचा तुकडा दुमडून घडी घालून ठेवला. आता दुसऱ्या सतारीची तार छेडल्यास पहिल्या सतारीच्या तारेवरील कागद खाली पडतो. जर दोन्ही सतारी एका स्वरात लावलेल्या नसतील तर कागद पडत नाही ! या अनुस्पंदनाचा उपयोग भारतीय तंतुवाद्यांत कौशल्याने केला आहे. वीणा, सरोद, सतार या वाद्यांतील प्रधान तारांशेजारी आणखी तारा असतात. रागासाठी आवश्यक त्या स्वरात तारा जुळविल्या जातात. प्रधान तारेच्या छेडण्याने या शेजारील ताराही गुणगुणू लागतात अन् एक संयुक्त स्वर उत्पन्न होतो. त्याने स्वरांची मधुरता व मोठेपणाही वाढतो. वाद्याचा व गायकाचा असा स्वरसुमेळ काना-मनाला आनंद देतो.

समजा भिन्न वारंवारतेच्या वस्तू शेजारी असल्या तर ! तर एका वस्तूतील कंपनांनी दुसऱ्या वस्तूत कंपने नाही उत्पन्न होत. परंतु



धीमा ध्वनी उत्पन्न करणाऱ्या वस्तूचा संबंध दुसऱ्या वस्तूशी आला तर दुसरी वस्तू पहिल्या आंदोलित होणाऱ्या वस्तूच्या आवृत्ती कालानुसार कंपित होते. सुरूवातीला थोड्या प्रमाणात, अडखळत पण नंतर पहिल्या वस्तूच्या आवृत्ती कालानुरूप कंपने उत्पन्न होतात. या कंपनांना उत्प्रेरित कंपने असे म्हणतात.

म्हणजे नैसर्गिक कंपने अन् प्रेरित कंपने यांच्या सहसंयोगामुळे अनुस्पंदन ध्वनीविशेष निर्माण होतो. नादकाट्याचा आघातानंतरचा नाद अत्यंत मंद असतो. आवश्यक त्या सामर्थ्याने आपली कंपने आसपासच्या हवेला देण्यात नादकाटा जणू असमर्थ आहे. अश्या वेळेस जर नादकाट्याची मूठ आपण टेबलावर उभी केली तर ध्वनीचा मोठेपणा वाढतो. नादकाट्याची कंपने टेबलाला मिळतात व टेबलाचे क्षेत्रफळ अधिक असल्याने सभोवताली अधिक हवेला तो कंपित करतो व आवाजाचे प्रवर्धन होते. संगीत तज्ञांनी याचा वापर फारच खुबीने केला आहे.



सामान्यतः सर्व वाद्यांसाठी ध्वनी बोर्डाचा वापर केलेला आढळतो. तंतुवाद्यातील तारेच्या कंपनांचा आवर्तबल जवारींमुळे पोकळ भोपळ्याला मिळतो व भोपळ्यामधील हवा उत्प्रेरित कंपनांनी कंप पावते व ध्वनीचा मोठेपणा वाढतो.

स्नानगृहातील पुरुषांचे गाणे हे असे अनुस्पंदनानेच घडते. पुरुषांना स्नानगृहात गाण्याची नैसर्गिक आवड असते असे आढळले आहे. घाई नसणाऱ्या अशा सुट्टीच्या सकाळी गाणे गुणगुणत स्नान करण्याकडे पुरुषांचा कल आढळतो. एरव्ही त्यांनाच इतरांचे गाणे ऐकत रहावे लागते म्हणून नव्हे अथवा इतर ठिकाणी त्यांचे गाणे कोण ऐकणार, त्यापेक्षा स्नानगृह बरे म्हणूनही नव्हे. पण स्नानगृहात पुरुषांच्या आवाजाचे माधुर्य वाढते हे खरे आहे ! बघू या याचे शास्त्रीय कारण....

एक म्हणजे स्नानगृहात ध्वनीचे शोषण अत्यंत कमी होते. पडदे, गालिचे, फर्निचर, माणसे, सच्छिद्र भिंती अशा साऱ्यांचा तिथे अभाव असतो. या बाबी ध्वनीचे शोषण भरपूर करतात. जणू पाणी शोषले जावे

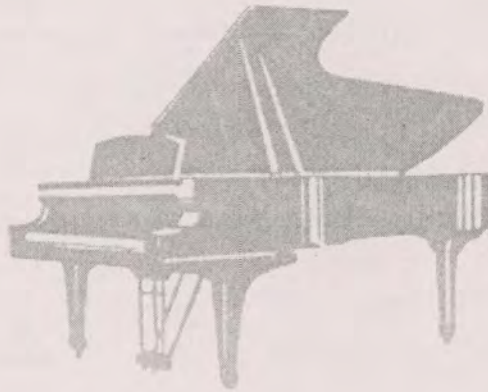
स्पंजमध्ये ! या वस्तूंच्या पोकळ्यांमध्ये, ध्वनी शिरल्यावर, इतस्ततः फिरतो व स्वतःमधील ऊर्जा संपुष्टात येईपर्यंत व तिचे उष्णतेत रूपांतर होईपर्यंत हे चालू राहते. अर्थात सामान्यतः ही उष्णता अत्यंत नगण्य असते, पण काही वेळेस खूपच उष्णता निर्माण होते. एका प्रयोगात अतीतीव्र ध्वनी लहरी उंदरांवर सोडण्यात आल्या होत्या. अवघ्या १० मिनिटांच्या आत उंदरांच्या त्वचेवरील केस जळले होते !

स्नानगृहाचे आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे त्याच्या भिंती गुळगुळीत असतात. सर्वसाधारणपणे पुरुषांचा आवाज खालच्या पट्टीतील असतो. स्नानगृहाच्या भिंतीवर आवाज म्हणजे ध्वनीलहरी आदळतात व एकदा-दोनदा नव्हे अनेकदा परावर्तित होतात. हे परावर्तन सामान्यतः २०० ते ३०० वेळा तरी होते. प्रत्येक वेळी ध्वनी क्षीण होतो खरा, पण स्नानगृहातील हवेला आंदोलित करण्याइतपत क्षमता त्यात टिकून राहते. जणू संपूर्ण खोलीच कंप पावत असते. अर्थात हे सारे घडते खालच्या पट्टीतील आवाजाबाबत. स्नानगृहाच्या लांबी, रुंदी व उंचीवर ते

अवलंबून आहेच. तोंडाच्या विशिष्ट आकार व आकृती करून जर समोर कंपित नादकाटा धरला तर पहा अनुस्पंदन कसे घडते ते. अर्थात निरनिराळ्या नादकाट्यांसाठी आपल्या तोंडाचा आकार व आकृतीही बदलावी लागते. तोंडाचा आकार व आकृती ही थोडी गुंतागुंतीची बाब आहे समजून घ्यायला. स्नानगृहाची रचना मात्र सोपी आहे. स्नानगृहाच्या भिंतीवरून होणारे ध्वनीचे पुन्हा पुन्हा परावर्तन हे ध्वनीलहरींच्या अध्यारोपणासाठी कारणीभूत ठरते. ध्वनी लहरीची तरंगलांबी ही स्नानगृहाच्या समोरासमोरील भिंतीच्या दुप्पट लांबीची असली की प्रबल अथवा तीव्र अनुस्पंदनांनी खोली भरून जाते. यालाच आपण आवाज घुमणे असे म्हणतो. अशा ध्वनी लहरीची वारंवारता ही मूलभूत वारंवारता होय. अर्थात आवाज घुमण्यासाठी एवढाच निकष नाही. खोलीच्या लांबी, अथवा रूंदी अथवा



उंचीच्या अर्ध्या, एक तृतीयांश अथवा एक चतुर्थांशाइतकी अर्धी तरंगलांबी जरी ध्वनी लहरीची असेल तरीही अनुस्पंदने निर्माण होतात. अश्या वेळच्या वारंवारतांना हरात्मक वारंवारता (इंग्रजीत हारमॉनिक फ्रिक्वेन्सीज्) असे म्हणतात. भिंतीमधील अंतरे दुप्पट केली की वारंवारता दुप्पट किंवा तिप्पट होत राहणार. म्हणजे तरंग लांबीच्या पूर्णांकांच्या पटीत खोलीच्या भिंतीमधील अंतरे राहणार. म्हणजे समोरासमोरील भिंतीच्या अंतरांच्या दुपटीला १, २, ३ ने भागून खोलीची मापे





घेतली असतील तर उत्तम अनुस्पंदनांची शक्यता सर्वाधिक. मूलभूत / आवश्यक मापांपेक्षा थोडा फार फरक झाला तरी अनुस्पंदने होतातच.

अनुस्पंदनाचा एक महत्त्वाचा परिणाम १९४० साली आढळला. वॉशिंग्टनमधील टॅकोमा नॅरो ब्रिज पडला, ध्वनीच्या या गुणधर्मिनि ! पुलाच्या नैसर्गिक वारंवारतेशी मिळता जुळता वाऱ्याचा झोत त्यावर आपटला म्हणून !!

एखाद्या तरंगत्या / झुलत्या पुलावरून जाताना आपल्या पायांच्या आघातांनी पुलामध्ये कंपने उत्पन्न होतात. त्या कंपनांच्या लयीत आपले चालणे पुलाला अधिक हादरवते म्हणून सैन्याच्या तुकडीला पुलावरून जाताना विस्कळीतपणे जाण्यासाठी सांगतात. पियानो वाजल्यावर खोलीत टांगलेले झुंबरही झंकारते ते अनुस्पंदनाने ! विशिष्ट गतीने जाताना गाड्यांची, खिडक्यांची, दाराची तावदाने

कंपित होतात ती अनुस्पंदनानेच ! बाटलीत पाणी भरताना बदलत जाणारा आवाज हा अनुस्पंदनाचाच भाग आहे हे आता नव्याने नको सांगायला.

आता एक प्रयोग करून पहा. दुधाची एक बाटली घेऊन तोंडाने फुंका. एका विशिष्ट परिस्थितीत आवाजाचा मोठेपणा तुम्हाला जाणवेल. अश्या वेळेस तुमच्या मित्राला तसल्याच दुसऱ्या बाटलीने ऐकायला सांगा, कसा वाटला आवाज ?

ऐकण्यावरून लक्षात आले माझ्या - कानाचा, मेंदूचा, ध्वनीची जाणीव होण्यात किती मोठा सहभाग आहे. कान हे निसर्गाने बनविलेले किती अद्भुत यंत्र आहे, हे आपण पुढच्या अंकात पाहू या.



लेखक : नागेश मोने
द्रविड हायस्कूलमध्ये शिक्षक, विज्ञान वाचनालय चालवतात.

असे तर, अशा माद्या

(लैंगिक व्दिरूपता)



लेखक : अरविंद गुप्ते

चिमणा-चिमणी, कावळा-कावळी, मोर-लांडोर असे फरक भाषेमध्ये सहज कळले तरी कित्येक प्राण्यांमध्ये ते प्रत्यक्षात आपल्याला ओळखता येत नाहीत. खरंच, तर आहे की मादी हे कशावरून ओळखता येतं? पाहू या -

विज्ञान शिक्षकांच्या एका संमेलनात कोणी तरी प्रश्न विचारला, “कावळ्याचे नर व मादी आपण वेगळे ओळखू शकतो का ?” एक शिक्षिका म्हणाली, “हे तर अगदी सोपे आहे. ज्या कावळ्याचा रंग पूर्णपणे काळा असतो ती मादी व ज्याच्या डोक्यावर व मानेवर भुरा रंग असतो तो नर.”

पण ही बाब इतकी सोपी नाही. खरे म्हणजे पूर्ण काळ्या रंगाचा कावळा व मानेवर भुरा रंग असलेला कावळा या दोन वेगवेगळ्या जाती आहेत. या दोन्हीमध्ये नर व मादी असतात पण ते सारखे दिसत असल्यामुळे कोणता कावळा व कोणती कावळी हे ओळखणे अशक्य असते.



नर व मादी विषयी एक वेगळ्या प्रकाराचा भ्रम कोकिळेच्या बाबतीत असतो. कुहू-कुहू गाणारी ती कोकिळा म्हणजे मादी असा गैरसमज साधारणपणे असतो. पण वस्तुस्थिती अशी आहे की सुरेल आवाजात गाणारा व संपूर्णपणे काळा रंग असलेला नर असतो. मादीच्या शरीराचा रंग तपकिरी असतो व त्यावर पांढरे ठिपके असतात. मादीला कुहू-कुहू गाता येत नाही, ती फक्त किक्-किक् असा आवाज काढू शकते.

एकाच जातीचे नर व मादी दिसायला वेगळे असले व त्यांना नुसते पाहून ओळखणे शक्य असल्यास याला लैंगिक द्विरूपता (सेक्सुअल डायमॉर्फिझम) म्हणतात. आताच आपण कावळ्याच्या बाबतीत बघितल्याप्रमाणे प्राण्यांच्या काही जातींमध्ये लैंगिक द्विरूपता नसतेच. लैंगिक द्विरूपता असलेल्या बऱ्याच प्राण्यांमध्ये नर व मादी वेगळे दिसत असले तरी ते एकाच जातीचे आहेत हे ओळखता येते (उदाहरणार्थ सस्तन

प्राणी), पण काही जातींमध्ये लैंगिक द्विरूपता इतकी असते की नर व मादी हे वेगवेगळ्या जातींचे आहेत, असा भास होतो. कोकिळेचे उदाहरण आपण आताच बघितले आहे.

लैंगिक द्विरूपतेची कारणे

नावावरून उघडच आहे की लैंगिक द्विरूपतेचा संबंध पुल्लिंग व स्त्रीलिंगाशी म्हणजे लैंगिक प्रजननाशी आहे. लैंगिक प्रजनन पूर्णपणे स्त्रीबीज व पुबीज यावर अवलंबून असतो. प्राण्याचा आकार लहान असो की मोठा, अंडाणू नावाच्या कोशिकेपासून तो तयार होतो. अंडाणूची निर्मिती मादीच्या शरीरात असलेल्या अंडाशय या ग्रंथीमध्ये होते. अंडाणूचे मीलन, नराच्या शरीरात आढळणाऱ्या वृषण या ग्रंथीत तयार होणाऱ्या शुक्राणू नावाच्या कोशिकेशी झाल्यानंतर त्यापासून प्राणी विकसित होऊ लागतो. अंडाणू व शुक्राणू या कोशिकांना युग्मक व त्यांच्या मीलनाला निषेचन म्हणतात. अंडाशय व वृषण या प्राथमिक

जननांगाव्यतिरिक्त प्रजनन प्रक्रियेत सहाय्यक असणाऱ्या इतर अवयवांना गौण जननांग म्हणतात.

नर सस्तन प्राण्यांचे वृषण शरीराच्या बाहेर एका थैलीवजा अवयवात (मुष्क कोश) असतात व यामुळे नर सस्तन प्राण्यास सहज ओळखता येते. इतर सर्व प्राण्यांचे वृषण व अंडाशय शरीराच्या आत असतात. कावळ्याच्या शरीराचे विच्छेदन केल्यास त्याच्या शरीरात अंडाशय किंवा वृषण शोधून हे ओळखता येईल की तो नर आहे की मादी, पण नुसते बाहेरून बघून लैंगिक द्विरूपता दिसून येत नाही.

बहुसंख्य प्राण्यांमध्ये कुठले तरी गौण जननांग शरीराच्या बाहेर असते व यावरून तो प्राणी नर आहे की मादी हे ओळखता येते. काही प्राण्यांमध्ये शरीराच्या बाहेर असे अवयव असतात ज्यांचा लैंगिक प्रजननाशी प्रत्यक्ष संबंध नसतो, पण ते फक्त नराच्या किंवा मादीच्या शरीरावर असल्यामुळे प्राण्याचे लिंग ओळखता येते. कोंबड्याच्या डोक्यावरील तुरा, सिंहाची आयाळ, नर कोकिलाचा काळा रंग, पुरुषाच्या दाढी-मिश्या व स्त्रीचे स्तन अशा अवयवांची उदाहरणे आहेत. यांना गौण लैंगिक लक्षणे (सेकंडरी सेक्सुअल कॅरेक्टर्स) म्हणतात.



प्रजननाच्या विविध पद्धती

पाण्यात राहणारे व साधी शरीररचना असलेले काही प्राणी त्यांच्या युग्मकांना पाण्यात सोडून देतात. मोठ्या प्रमाणात एका जागी राहत असल्यामुळे व प्रत्येक प्राणी हजारो युग्मकांची निर्मिती करित असल्यामुळे अक्षरशः अगणित युग्मक पाण्यात तरंगत असतात. अंडाणूमधून निघणाऱ्या रसायनांमुळे शुक्राणू त्यांच्याकडे आकर्षित होतात व निषेचन पाण्यातच पार पडते. गौण जननांगांच्या रूपात त्या प्राण्यांना फक्त युग्मकांना शरीराच्या बाहेर नेणाऱ्या एका नलिकेची आवश्यकता असते. मादीच्या शरीरातील या नलिकेस अंडवाहिनी व नराच्या शरीरातील नलिकेस शुक्रवाहिनी म्हणतात.

जमिनीवर राहणाऱ्या प्राण्यांमध्ये प्रजनन प्रक्रिया इतकी सोपी नसते. युग्मकांना शरीराच्या बाहेर सोडता येत नाही कारण ते द्रव माध्यमातच जिवंत राहू शकतात. ही समस्या सोडविण्यासाठी स्थलचर प्राणी दोन प्रकारच्या युक्त्या अवलंबितात. बेडूक व त्यासारखे काही प्राणी (वर्ग अॅम्फिबिया) बहुतांश जीवन जमिनीवर घालवितात पण प्रजननासाठी पाण्यात जाऊन युग्मक पाण्यात सोडतात. यामुळे युग्मक कोरडे पडून नष्ट होत नाहीत व निषेचनानंतर उत्पन्न होणाऱ्या

भ्रूणाची वाढ पाण्यातच होते.

बरेचसे स्थलचर प्राणी प्रजननासाठी जास्त सुरक्षित पद्धती अवलंबितात. अंडाणू मादीच्या शरीरातच राहतात व नर त्याचे शुक्राणू मादीच्या शरीरात स्थानांतरित करतो. निषेचन अंडवाहिनीमध्ये होते. काही प्राणी भ्रूणाला कवचात लपेटून शरीराच्या बाहेर काढतात तर इतर प्राण्यांचे भ्रूण पूर्ण वाढ होईपर्यंत मादीच्या शरीरात, गर्भाशय नावाच्या थैलीवजा अवयवांत राहतात. अंडी घालणाऱ्या प्राण्यांच्या अंडवाहिनीत कवच निर्माण करणाऱ्या ग्रंथी असतात.

अंडवाहिनी, गर्भाशय व त्यातील ग्रंथी व अंडाशयाखेरीज प्रजनन संस्थेचे सर्व अवयव हे मादीचे गौण प्रजनन अवयव होत. नराच्या गौण प्रजनन अवयवांत शुक्रवाहिनी, शुक्राणूना साठवून ठेवणारे अवयव व मादीच्या शरीरात शुक्राणूना पोचविणारे अवयव मोडतात. मादीच्या शरीरात शुक्राणूना स्थानांतरित करण्याच्या प्रक्रियेस मैथुन म्हणतात व बऱ्याच नर प्राण्यांमध्ये मैथुनाच्या वेळी मादीस घट्ट धरून ठेवण्यासाठी उपयोगी पडणारे अवयव विकसित झालेले असतात.

अपृष्ठवंशी प्राण्यांमधील लैंगिक द्विरूपता

प्राणीसृष्टीत लैंगिक प्रजनन करणाऱ्या सर्व समूहांमध्ये या ना त्या स्वरूपांत लैंगिक द्विरूपता आढळून येते. काही प्राण्यांमध्ये तर याचे स्वरूप फार गमतीदार असते.

गांडुळाशी लांबचे नाते असलेला बोनेलिया (फायलम एकिचुरा) नावाचा प्राणी खोल समुद्राच्या तळाशी राहतो. कायम अंधारात बुडालेल्या या विश्वात नर व मादी यांना एकमेकास शोधण्यासाठी एक आगळीच व्यवस्था आढळून येते. बोनेलियाचे डिंभ समुद्रात तरंगत असते व त्याचे लिंग ठरलेले नसल्यामुळे त्यात नर किंवा मादी दोन्हीमध्ये विकसित होण्याची क्षमता असते. रूपांतरणाच्या आधी डिंभ समुद्राच्या तळाकडे जाऊ लागते. जर ते समुद्राच्या तळाशी असलेल्या चिखलावर स्थिरावले, तर त्याचे विकसन मादीच्या स्वरूपात होते. परंतु ते डिंभ जर एखाद्या मादीच्या पसरलेल्या भुजांवर पडले तर ते नर बनते व मादीच्या शरीरावर कायमचे परजीवी होऊन राहते.

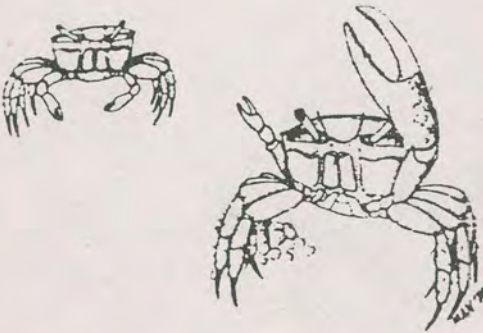


मादी बोनेलियाला तिच्या साथीदाराचे ओझे आयुष्यभर वागवावे लागते हे खरे, पण प्रजननाच्या वेळी तिच्या अंडाणूंच्या निषेचनासाठी शुक्राणू मिळण्याची हमी या व्यवस्थेमुळे मिळते.

संधिपाद प्राणी (फायलम आर्थ्रोपोडा) जगात मोठ्या प्रमाणावर व विविध स्वरूपात आढळतात. यांच्या वेगवेगळ्या वर्णांमध्ये लैंगिक द्विरूपतेची वेगवेगळी स्वरूपे दिसून येतात. नर खेकड्याचे पुढचे पाय मादीच्या पुढच्या पायांपेक्षा बहुधा मोठे असतात. मैथुनाच्या वेळी या पायाचा उपयोग मादीला घट्ट धरून ठेवण्यासाठी व शुक्राणूंना तिच्या शरीरात स्थानांतरित करण्यासाठी केला जातो.

कीटक वर्गाच्या (इनसेक्टा) नर व मादीच्या उदराच्या मागील टोकावर प्रजननाशी संबंधित वेगवेगळ्या प्रकारचे

नर व मादी खेकडा



अवयव आढळतात व यांच्यामुळे नर व मादी ओळखणे शक्य असते. काही कीटकांमध्ये या अवयवांव्यतिरिक्त लैंगिक द्विरूपतेचे एक वेगळे कारण आढळते. या जातींचे नर, मादीला आकर्षित करण्यासाठी आवाज काढतात. परंतु हा कर्कश ध्वनी तोंडातून किंवा घश्यातून निघत नसून नराच्या पायावर किंवा पंखावर असलेला विशिष्ट अवयव शरीरावर घासल्यामुळे उत्पन्न होतो. घर्षण नाद उत्पन्न करण्याचे अवयव फक्त नराच्या शरीरावर असल्यामुळे त्याला ओळखणे सोपे असते.

संधिपाद समूहातील कोळ्यांमध्ये लैंगिक द्विरूपता मुख्यत्वे नर व मादी यांच्या आकारात असते. काही जातींमध्ये मादी नरापेक्षा बरीच मोठी असते. तिला मैथुनास उद्युक्त करण्यासाठी नर तिच्यासमोर नृत्य करतो. यामुळे ती नराला जवळ येऊ देते. परंतु मैथुनानंतर नराने चपळाईने पळ काढला नाही तर ती त्याला खाऊन टाकते.

शिंपले व गोगलगाईंना बाहेरून

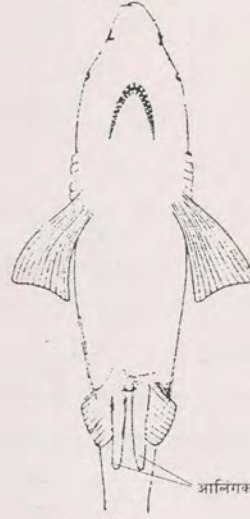
बघून नर-मादी ओळखणे कठीण असते, पण याच समूहातील ऑक्टोपस नावाच्या प्राण्यात लैंगिक द्विरूपता स्पष्टपणे दिसून येते. नर व मादी दोघांना आठ-आठ भुजा असतात परंतु नराच्या एका भुजेचा पुढील भाग रूंद असतो व याचा उपयोग शुक्राणूंना मादीच्या शरीरात स्थानांतरित करण्यासाठी केला जातो. या विशिष्ट अवयवाला हेक्टोकोटायलस म्हणतात.

पृष्ठवंशी प्राण्यांमधील लैंगिक द्विरूपता

अपृष्ठवंशी प्राण्यांप्रमाणे पृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये सुद्धा लैंगिक द्विरूपतेची विविध प्रकारची उदाहरणे आढळून येतात.

बहुसंख्य मासे त्यांची युग्मके पाण्यात सोडतात व निषेचन मादीच्या शरीराबाहेरच होते, पण याला काही अपवाद असतात. शार्क व त्यांच्या वर्गातील इतर माश्यांच्या नरांच्या शरीराच्या खालच्या बाजूला काड्यांसारखे दोन आलिंगक असतात. यांचा उपयोग नर मैथुनाच्या वेळी मादीला धरून

शार्क चे आलिंगक



ठेवण्यासाठी व शुक्राणू तिच्या शरीरात सोडण्यासाठी करतो.

घोड्यासारखे तोंड असल्यामुळे एका जातीच्या माश्याला समुद्रातील घोडा (सी हॉर्स) म्हणतात. या माश्यामध्ये लैंगिक द्विरूपतेचे गंमतशीर उदाहरण आढळते. नर सी हॉर्सच्या पोटावर भ्रूणकोष (ब्रूड पाउच)

नर ऑक्टोपस



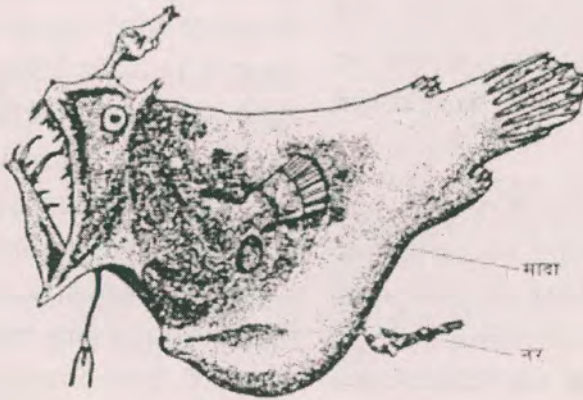


नावाची थैली असते. मादी सी हॉर्स तिची अंडी या थैलीत घालते. अंडी व त्यांतून निघणारी पिले या थैलीत सुरक्षित असतात. थोडी मोठी झाल्यावर पिले बाहेर येऊन पाण्यात पोहतात पण धोक्याची चाहूल लागल्याबरोबर भ्रूण कोषात शिरतात.

खोल समुद्रात सूर्याचा प्रकाश कधीच

पोहचत नाही. या कायमच्या अंधाच्या जगात राहणारे सुद्धा मासे असतात, परंतु यांच्या नर व मादीला प्रजननाच्यावेळी एकमेकाला शोधणे अशक्यच असते. या अडचणीवर उपाय म्हणून खोल समुद्रात राहणाऱ्या लिनोफ्रिनसारख्या माश्यांमध्ये बोनेलिया-सारखी व्यवस्था आढळून येते. नर प्रजननासाठी परिपक्व असो वा नसो, योगायोगाने भेटणाऱ्या एकाद्या मादीच्या शरीरावर तो चिकटून बसतो व आयुष्यभर तिच्यावर परजीवीच्या रूपात राहतो.

उभयचर वर्गातील (ॲम्फिबिया) सर्वात परिचित प्राणी म्हणजे बेडूक. प्रजनन काळात मादीला आकर्षित करण्यासाठी तर बेडूक डरांव-डरांव असा आवाज काढतो. हा आवाज वाढविण्यासाठी नराच्या गळ्या वर दोन स्वरकोश असतात. तसेच मैथुनाच्या वेळी मादीला धरून ठेवण्यासाठी नराच्या पुढील पायाचे एक बोट फुगीर झालेले असते.



बेडूक



या दोन लक्षणांमुळे नर बेडूक सहज ओळखता येतो.

साप, मगर, कासव, इत्यादी सरीसृप प्राण्यांमध्ये सर्वसाधारणपणे लैंगिक द्विरूपता नसते. तेव्हा नाग व नागीण यांना ओळखू शकणाऱ्या गारूड्यांच्या दाव्याविषयी शंका वाटणे साहजिक आहे. काही गारूडी तर चक्र धामण जातीच्या सापाला नागीण म्हणून दाखवतात. नर सापाच्या जननछिद्रा भोवती बोटांनी दाबल्यास त्याची दोन अर्ध-शिशने (हेमिपेनीस) दिसून येतात हे खरे आहे, पण लांबून नर व मादी यांतील फरक ओळखणे कठीण असते.

पक्ष्यांच्या लैंगिक द्विरूपतेवर एक ग्रंथच लिहिता येईल. पक्ष्यांची शरीरे इतर प्राण्यांच्या मानाने खूपच रंगीबेरंगी असल्यामुळे त्यांच्या लैंगिक द्विरूपतेत खूपच वैविध्य असते. दुसरे म्हणजे बहुसंख्यांक पक्षी दिनचर व नभचर

असल्यामुळे चटकन दिसून येतात. ढोबळ अंदाजाने असे म्हणता येईल की पक्ष्यांच्या अर्ध्या जातींमध्ये लैंगिक द्विरूपता असते व उरलेल्या जातींचे नर व मादी सारखे दिसतात.

लैंगिक द्विरूपता असलेल्या पक्ष्यांमध्ये साधारणपणे नराचा रंग भडक व चटकन दिसून येणारा असतो, किंवा त्याच्या डोक्यावर किंवा शेपटीवर मोठी पिसे असतात, किंवा डोक्यावर तुरा असतो. हा सर्व डोल मादीला आकर्षित करण्यासाठी असतो. याउलट मादीचा रंग मळकट व पार्श्वभूमीमध्ये मिसळून जाणारा असतो. अंड्यांना उबविणारी किंवा पिलांची निगा राखणारी मादी परभक्षी प्राण्यांच्या तावडीत सापडून ये या साठी छद्मी रंग असणे तिच्या हिताचे असते. ज्या जातींच्या नरांचा रंग भडक नसतो किंवा ज्यांच्या शरीरावर मोठी पिसे किंवा तुरा नसतो त्यांना साधारणपणे गोड आवाजाची देणगी मिळालेली असते.



कबूतरासारखे काही पक्षी मादीच्या समोर नृत्य करून तिचे लक्ष्य वेधून घेण्याचा प्रयत्न करतात.

लैंगिक द्विरूपता नसल्यामुळे उद्भवणाऱ्या समस्येचे फारच गंमतशीर उदाहरण म्हणजे पेंग्विन. दक्षिण ध्रुवीय प्रदेशात हजारोंच्या थव्यांत हे राहतात. स्वतः पेंग्विनला आपल्या जातीचा नर कोणता व मादी कोणती हे ओळखता येत नाही. नराला कर्कश आवाज काढता येतो पण गाणे किंवा नाचणे जमत नाही. कर्कश आवाज मादीसुद्धा काढते. अशा परिस्थितीत नराला संसार थाटण्याची इच्छा झालीच तर त्याने काय करावे? असा नर पेंग्विन एक दगड चोचीत धरतो व दुसऱ्या पेंग्विनला देऊ करतो. जर दुसरा पेंग्विन लगेच हमरी-तुमरी वर आला तर पहिल्या पेंग्विनच्या

लक्षात येते की त्याने घोडचुकीने दुसऱ्या नरासमोरच प्रियाराधनाचा प्रस्ताव मांडला आहे. आता खजिल झालेला पहिला पेंग्विन तिसऱ्या पेंग्विनला दगड देण्याचा प्रयत्न करतो. जर या तिसऱ्या पेंग्विनने दगडाकडे संपूर्णपणे दुर्लक्ष केले तर आपल्या पेंग्विनला कळते की तिसरा पेंग्विन मादी आहे पण तिची प्रजननाची तयारी तरी नाही किंवा तिने आधीच कोणाला तरी वरले आहे.

जर एखाद्या पेंग्विनने शेवटी दगडाचा स्वीकार केला तर याचा अर्थ असा होतो की ती मादी आहे व तिला पहिला पेंग्विन जोडीदार म्हणून मान्य आहे. या नंतर दोन्ही पेंग्विन संसाराची सुरुवात करतात.

वर म्हटल्याप्रमाणे बाह्य जननांगामुळे

नीलगाय नर व मादी



सस्तन प्राण्यांच्या नर-मादीला चटकन ओळखता येते. तरी काही जातींमध्ये लैंगिक द्विरूपतेची अतिरिक्त लक्षणे आढळून येतात. पुरुषांना दाढी-मिशा असतात, सिंहाच्या डोक्यावर आयाळ असते, नर नीलगाईचा रंग जास्त करडा असतो, डोक्यावर दोन शिंगे असतात व छातीवर दाढीसारखा केसांचा झुपका असतो. मादीचा रंग तपकीरी असतो व शिंगे किंवा छाती वर केसांचा झुपका नसतो.

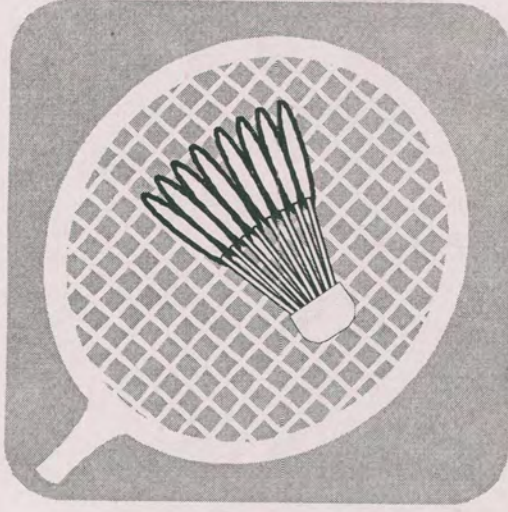
या अतिरिक्त लक्षणांना लैंगिक उपलक्षणे म्हणतात.



लेखक : अरविंद गुप्ते.

प्राणी शास्त्राचे प्राध्यापक. एकलव्यच्या होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रमात सहभागी

कॉर्क



लेखक : ओ. पी. जोशी व जयश्री सिक्का • अनुवाद : अमिता नायगांवकर

हवेने भरलेल्या पेशी, वजन पाण्याहूनही कमी आणि कोणताही द्रव पदार्थ आरपार पोहचून देणे - या सर्व गुणांनी एका वृक्षाच्या सालीला इतकं उपयुक्त बनवलं आहे की बाटलीच्या झाकणापासून आण्विक संयंत्रापर्यंत सगळीकडे याचा उपयोग होत आहे. जीवशास्त्रज्ञ या वृक्षाला 'कुरकुस रबर' असे म्हणतात. वाळलेली, खडबडीत अशी याची साल. त्यालाच आपण 'कॉर्क' किंवा बूच म्हणतो. आता या नावावरून काय काय

आठवतं याचा जरा विचार करू या. 'बाटलीचे कॉर्क', 'शटल कॉर्कचे कॉर्क' आणि ते 'क्रिकेटचे कॉर्क बॉल' ... अशीच नावं शोधत राहिलो तर यादी लांबलचक होत जाईल.

पोर्तुगाल, स्पेन, पश्चिम फ्रान्समधील काही भाग, इटली व उत्तर आफ्रिकेमध्ये हा वृक्ष अगदी सर्रास आढळतो. कॉर्कची झाडे रेटाड (वाळवंटी) जमिनीवर छान वाढतात. या झाडांच्या फांद्या जमिनीमध्ये लावूनही नवीन झाडे तयार होतात. कोरडा उन्हाळा,

आर्द्रतायुक्त थंडी आणि समुद्रकिनारा या झाडाच्या उत्तम वाढीसाठी आवश्यक असतात.

१५० ते ३०० वर्षांच्या दीर्घायुष्यामध्ये या झाडावर बाहेरील साल (म्हणजे कॉर्क) सापाच्या कातीप्रमाणे सतत तयार होत राहते. पहिली साल गळली की त्या जागी पुन्हा नवीन साल येते. परंतु या सगळ्यासाठी कितीतरी वर्षे लागतात आणि बाजारामध्ये कॉर्कला असलेली प्रचंड मागणी पाहता साल आपोआप गळण्याआधीच साल काढत राहणे



क्रमप्राप्त बनते.

२० वर्षांच्या आसपास वृक्षापासून पहिल्यांदा साल (म्हणजे कॉर्क) सोलली जाते. यानंतर सामान्यतः दर ९-१० वर्षांमध्ये एकदा कॉर्क सोलले जाते. पूर्ण आयुष्याचा सांगोपांग विचार करता जवळजवळ १५० वर्षांपर्यंत या वृक्षापासून कॉर्क सोलता येऊ शकते.

या वृक्षाच्या खोडामध्ये अशा ऊती असतात की ज्यामुळे सतत नव्या पेशी पूर्ण

पृष्ठभागावर सारख्याच रूपात तयार होतात. कॉर्क म्हणजे वृक्षाची साल असते आणि सालीचे काम आहे हवामानापासून खोडाचे संरक्षण करणे. तर मग होतं काय की कॉर्क सोलून काढल्यानंतर आतमध्ये तयार होत असलेल्या नव्या पेशी त्या रिकाम्या भागाची जागा घेतात आणि हळूहळू मोठा चामड्यासारखा पृष्ठभाग पुन्हा तयार होतो. अशाप्रकारे आपल्याला कॉर्क निरंतर मिळत राहते.

कॉर्कची खासियत त्याच्या हवेने भरलेल्या पेशींमध्ये आहे. कॉर्कमध्ये

३५% चरबी असते आणि त्यामुळेच त्यामधून पाणी किंवा अन्य कोणताही द्रव पदार्थ आरपार जाऊ शकत नाही. प्रत्येक पेशी अत्यंत लवचिक असते. अशा पेशींचा थर कोरड्या आणि गरम हवेपासून झाडाचे उत्तम संरक्षण करतो.

सामान्यतः कॉर्क काढण्याचे काम उन्हाळ्यात केले जाते. कारण त्यावेळी खोड थोडे सुकलेले असते आणि त्यामुळे साल काढणे सोपे जाते. अद्याप हे काम हातांनीच केले जाते. एखादा धारदार चाकू नाहीतर खास बनवलेली कुन्हाड किंवा गोलाकार करवतीने जिथे कॉर्क असतो तितक्या खोलपर्यंत एक काप घेतला जातो. काप गोलाकार आणि उभे घेतले जातात. त्यानंतर हत्यारांच्या मदतीने बाहेरील साल आतील ऊतकांपासून हळुवारपणे बाजूला केली जाते. आतील नव्या पेशी बनविणाऱ्या कॅम्बियमच्या थराला कोणत्याही तऱ्हेचा धोका पोचणार नाही याची विशेष करून खबरदारी घेतली जाते. कारण भविष्यातही कॉर्क मिळत राहिलं पाहिजे ना !

कॉर्कची साल काढून तुकडे करून ती विकण्यासाठी ठेवली जाते. त्यानंतर हे तुकडे कारखान्यामध्ये नेले जातात. तिथे जवळजवळ एक तासभर उकळतात किंवा वाफेवर ठेवतात. त्यामुळे कॉर्क फुलून येते आणि त्यात असणारे खनिज व आम्ल वगैरे निघून जातात. मग पृष्ठभागावरचा खरबरीतपणा हातांनी घासून काढून टाकला

जातो. थंड झाल्यावर कॉर्क मऊ आणि लवचिक होते.

सामान्यतः छिद्रांच्या संख्येवरून कॉर्कची गुणवत्ता निर्धारित केली जाते. कॉर्कचा उपयोग करताना हे लक्षात घेतलं जातं की वापरासाठी आकार कापण्याच्या वेळी त्याला छिद्रांशी लंबाकार दिशेमध्ये कापलं जातं.

कॉर्क हलके असण्याचे प्रमुख कारण हवेने भरलेल्या पेशी हे आहे. या हवेने भरलेल्या पेशींच्या भिंती खूप पातळ असतात आणि त्यामुळेच कॉर्क हे अनेक हलक्या पदार्थांपैकी एक आहे, पाण्याच्या ५ पट हलके !

कॉर्क एक उत्तम दुर्वाहकही आहे, उष्णता आणि विद्युत दोन्हीही त्यामधून सहजासहजी आरपार जाऊ शकत नाहीत.

लवचिकता, दुर्वाहकता, अगदी कमी घनता या कॉर्कच्या वैशिष्ट्यांमुळे त्याचे खूप सारे उपयोग आत्तापर्यंत शोधून काढले आहेत.

याच्या पेशींवर बऱ्याचशा रसायनांचा (कार्बनिक पदार्थ, विरल आम्ले अथवा क्षार) परिणाम होत नाही. कॉर्क ज्वलनशील नसते आणि त्याचे गुण दीर्घकाळपर्यंत टिकतात. ते गंधहीन व चवहीनही आहे. ते सर्व गुण केवळ बाटल्यांची बुचे बनवण्यासाठीच नाही तर विद्युत उपकरणांमध्ये दुर्वाहक थर, फरशी, भिंती यांना आच्छादन म्हणूनही उपयोगी ठरतात. हा आवाजाचा चांगला दुर्वाहक आहे



आणि तो ध्वनी खूप चांगल्या प्रकारे शोषून घेतो, घुमू देत नाही. म्हणूनच चित्रपटगृहे व नाट्यगृहांमध्येही याचा वापर केला जातो.

कॉर्कपासून बोर्डही बनवले जातात. त्यासाठी कॉर्कचा चुरा करून त्याला उच्च तापमानाखाली दाबले जाते किंवा त्यामध्ये चिकटणारा पदार्थ टाकला जातो आणि फरशा व भिंतीच्या टाईल्स, लिनोलियम, बर्फ साठून राहणाऱ्या जागा इ. मध्ये त्याचा उपयोग केला जातो. याबरोबरच गरम होणाऱ्या अथवा वाफ बनविणाऱ्या काही भांड्यांमध्ये आणि यंत्रांमध्ये सुद्धा तो गास्क्रेटच्या रूपात वापरला जाऊ शकतो.

कॉर्कचे अन्यही काही उपयोग आहेत जसे - आण्विक पाणबुड्यांचे एअरकंडिशनर, सक्रिय किरणोत्सारी समस्थानिकांचा साठा करणे. कॉर्कच्या आवरणामध्ये ठेवलेली समस्थानिके १० मीटर उंचीवरून पडली तरी किंवा ८०० अंश सेल्सिअसपर्यंत तापविली

तरीसुद्धा बाहेर पडू शकत नाहीत. रॉकेट व सॅटेलाइट्स (उपग्रह) मध्ये सुद्धा कॉर्कचा उपयोग सतत वाढतच आहे.

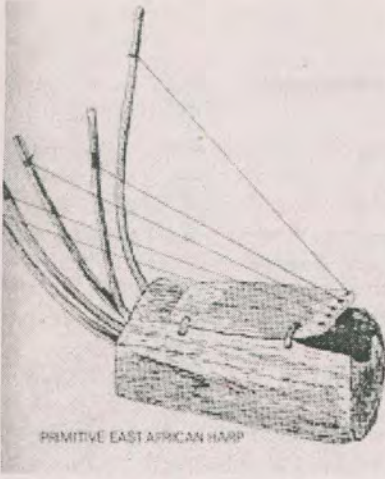
आता जरा विचार करा बरं, तुम्ही आणखी कुठे कुठे कॉर्कचा उपयोग पाहिला आहे.

शैक्षिक संदर्भ - अंक ८ व ९ मधून साभार

छायाचित्रे : नॅशनल जिओग्राफिक

लेखक : ओ.पी. जोशी व जयश्री सिक्का
गुजराती कॉलेज-इंदौरमध्ये वनस्पतीशास्त्र
शिकवतात.

अनुवाद : अमिता नायगांवकर
एस.वाय.बी.ए., वाई



PRIMITIVE EAST AFRICAN HARP

ध्वनीच्या शोधत

लेखक : फिलिप मॉरिसन • अनुवाद : किरण शिंदे

ध्वनी हवेच्या तरंगांमार्फत एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी पोहोचतो, ही गोष्ट आज सगळ्यांनाच ठाऊक आहे. वाद्याच्या कंपित होणाऱ्या तारांचे सूर आपल्या कानांपर्यंत पोहोचतात, हीदेखील हवेच्या तरंगांचीच कमाल आहे. परंतु ही गोष्ट आपल्याला कशी ठाऊक झाली ? याबद्दल सर्वात प्रथम कोणी बरं विचार केला असेल ? चला तर, इटलीच्या फ्लोरेन्स शहराच्या आसपास प्रचलित असलेली एक लोककथा वाचूया. ज्याने या ध्वनीच्या बाबतीत आज सोप्या वाटणाऱ्या गोष्टींचा शोध लावला होता त्या शास्त्रज्ञाचा यात उल्लेख आहे. नंतर त्याने द असेयर या त्याच्या पुस्तकात याबद्दल लिहिलेही होते.

खूप जुनी गोष्ट आहे ही. एका शांत ठिकाणी एक व्यक्ती राहात होती. ती खूप जिज्ञासू होती. ती नेहमीच प्रत्येक वस्तूबद्दल जाणून घेण्यास उत्सुक असे. तिच्या मनात सतत वेगवेगळ्या प्रकारच्या प्रश्नांचे वादळ उठत असे आणि ती उत्तरांच्या शोधात असे.

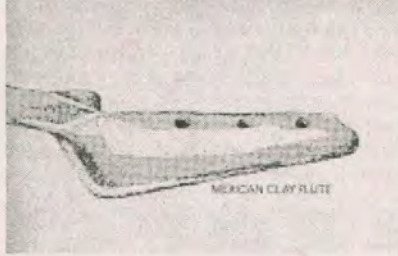
त्या व्यक्तीला पक्ष्यांची गाणी फार

आवडत. यासाठी ती वेगवेगळे पक्षी पाळत असे. खरंच, पक्ष्यांचा किलबिलाट किंवा त्यांचं बोलणं सर्वांना किती छान वाटतं ! काही पक्ष्यांना तर आपण त्यांच्या नुसत्या आवाजावरून ओळखतो. परंतु ह्या व्यक्तीसाठी पक्ष्यांचे सुरेल आवाज आणि त्यांची गाणी ही एक अनोखी गोष्ट होती. तिला

या गोष्टीचे आश्चर्य वाटत असे की पक्षी फक्त आपल्या श्वासाच्या हवेने इतकी सुरेल गाणी कशी काय म्हणतात.

एका संध्याकाळी आपल्या घराच्या जवळच त्या व्यक्तीला एक सुरेल धून हलकेच ऐकू आली. तिला वाटले की हा आवाजही कोणत्यातरी पक्ष्याचाच असणार. मग ती त्या सुरेल पक्ष्याच्या शोधात निघाली. शोधता-शोधता, ती व्यक्ती रस्त्यापर्यंत पोहोचली.

तिथे तिने पाहिले की एक लहान गुराखी एका पोकळ लाकडाच्या नळीला तोंड लावून तिच्यात फुंकत होता. फुंकताना तो त्या नळीतल्या छिद्रांवरून हाताची



बोटे फिरवत होता. छिद्रं कधी त्याच्या बोटांखाली झाकली जात तर कधी बाहेर निघत. नळीतून वेगवेगळे स्वर निघून हवेत तरंगत होते. खरेतर गुराखी बासरी वाजवत होता. बासरीतून निघणारे स्वर जरा-जरा पक्ष्यांच्या सुरांसारखे होते. पण त्यांच्यात पक्ष्यांच्या सुरापेक्षा एक वेगळी गोष्टसुद्धा होती.

आता ही व्यक्ती तर प्रत्येक गोष्टीबद्दल जाणून घेण्यास उत्सुक असे. तिची जिज्ञासा होती की तो नळी वाजते कशी. तिने ती नळी म्हणजेच बासरी मिळवायच्या जिद्दीने त्या गुराख्याशी एका बछड्याचा सौदासुद्धा केला.

घराच्या एकांतात तिला याची जाणीव झाली की, जर त्या गुराख्याशी तिची भेट न होती तर तिला हे माहीतही नसते झाले की निसर्गात सुरेल आवाज निर्माण करावयाचे दोन मार्ग आहेत. एक पक्षी व दुसरा बासरी. आत्तापर्यंत तिची समजूत होती की, फक्त पक्षीच इतके मधुर स्वर निर्माण करू शकतात. पण गुराख्याच्या भेटीनंतर तिला वाटले की आपल्याला बरेच काही माहीत नाही. तिने

मग ठरवलेच की अशा नाविन्यपूर्ण गोष्टींच्या शोधात जगभर फिरायचे.

पुढच्याच दिवशी एका लहानश्या झोपडीजवळून जाताना तिला आतून

येणारी एक धून ऐकू आली. तिने विचार केला की तो आवाज एकतर बासरीचा असणार नाहीतर पिंजऱ्यातल्या पक्ष्याचा. आपली जिज्ञासा शांत करण्यासाठी ती त्या झोपडीत शिरली. आत पाहते तर एक माणूस एका पोकळ लाकडाच्या डब्यावर एक कमानवजा वस्तू फिरवत होता. कमान त्याच्या उजव्या हातात होती तर डाव्या हातात लाकडाचा डबा. या डब्यावर एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत तारा बांधलेल्या होत्या. डाव्या हातानेच तो या तारांवर बोटे चालवत होता. याच तारांच्या दुसऱ्या टोकावर कमान फिरत

होती. न फुंकता तो वादक विविध प्रकारचे सुरेल स्वर निर्माण करत होता. स्वरांचा हा नवा स्रोत पाहून ती चकितच झाली. आता तिचा यावर विश्वास बसू लागला होता की निसर्गात अशा आणखीही ध्वनी निर्माण करण्याच्या पद्धती असू शकतात; ज्यांबद्दल तिला माहितीही नाही.

एके दिवशी ती व्यक्ती एका मंदिरात जात असताना तिने एक नवीनच आवाज ऐकला. तिने फाटकाच्या मागे पाहिले जिथून आवाज येत होता आणि हे शोधून काढले की आवाज फाटकाच्या जुन्या झालेल्या धातूच्या बिजागिन्यांमधून घर्षणामुळे येत होता. ती पुन्हा एकदा विस्मयात पडली.

जिज्ञासेच्या पंखांवर स्वार होऊन एक दिवस ती व्यक्ती दारूच्या अड्ड्यावर जाऊन पोहोचली. तिथे तिला एक मधुर स्वर ऐकू येत होता. तिने अंदाज बांधला की तिथे कोणीतरी वाद्य वाजवत असणार परंतु आतील दृश्य तर काही वेगळेच होते. एक व्यक्ती आपल्या बोटांची पेरं एका पेल्याच्या कडेवर आपटून सुरेल धून वाजवत होती.

यानंतर तिने किडे, डास आणि माश्यांच्या सातत्याने चालणाऱ्या गुणगुणण्याकडे लक्ष केंद्रित केले. तेव्हा तिला कळले की हे कीटक

पक्ष्यांसारखे आपल्या श्वासाद्वारे सूर काढत नाहीत, ते आपल्या पंखांना जास्त गतीने फडफडवून आवाज निर्माण करतात. हे सर्व पाहून व ऐकून तिला असे वाटले की ध्वनीचे असे अनेक स्रोत असतील जे तिला माहित नव्हते.

तिला हे जाणवले की, रातकिडे फक्त आपल्या पंखांना पायावर घासून इतके कर्कश्य आवाज काढू शकतात. त्यांना त्यासाठी पंखांच्या फडफडवण्याची वा श्वासाचीही मदत लागत नाही.

सुरांच्या स्रोतांच्या शोधादरम्यान तिने ऑर्गन, हॉर्न, वेगवेगळ्या बासऱ्या आणि तारेची सर्व वाद्ये यांची माहिती करून घेतली. तेव्हाच तिच्या हाती एक अद्भुत वस्तू

लागली. लोखंडाच्या जीभेसारख्या या छोट्याश्या वस्तूला दातांमध्ये अशा काही रीतीने दाबून ठेवले जाते की तोंड एखाद्या बाज्याप्रमाणे काम करू लागते आणि आवाज श्वासाद्वारे पसरतो. ती व्यक्ती शोध-शोध-शोधत राहिली. शेवटी तिला वाटू लागले की या जगात ध्वनीचा असा एकही स्रोत राहिलेला नव्हता ज्याबद्दल ती जाणत नव्हती. परंतु अचानक एके दिवशी तिचा सामना एका सिकाडा किड्यांशी झाला.



सिकाड्याचा आवाज ऐकून तिला असे वाटले की, सिकाडा आवाज कोठून काढत आहे, ते आपण पाहू या.

तिने सिकाड्याचे तोंड बंद करून पाहिले. नंतर त्याचे पंख पकडले. परंतु सगळेच प्रयत्न निष्फळ ! आवाज येतच होता. एखादा

हलणारा भागही दिसत नव्हता. मग तिने सिकाड्याची छाती फाडली. आत

तिला काही पातळ पण ताठ असे स्तर दिसले. तिला वाटले की यांच्या कंपनामुळेच आवाज निर्माण होत असणार. म्हणून तिने आवाज बंद करण्यासाठी ते चकतीवजा स्तर तोडण्याचे ठरवले.

तरी हे पण व्यर्थच. कारण तसे केल्यामुळे किड्याचे प्राण गेले आणि परिणामी ध्वनीही गेला. पण शेवटपर्यंत हे कळले नाही की, ध्वनी कोठून येत होता. या घटनेनंतर जेव्हा केव्हा कोणी तिला विचारत असे की ध्वनी कसे निर्माण होतात तेव्हा ती झटकन उत्तरत असे की तिला ध्वनीच्या फक्त काहीच स्रोताबद्दल माहीत आहे. परंतु जगात-निसर्गात अशा शेकडो पद्धती आणखी असतील ज्या आपल्याला अपरिचित असतील किंवा ज्यांचा शोध आपल्याला अद्याप लागलेला नाही.

माहीत आहे कोण होती ती व्यक्ती ? ती

व्यक्ती होती गॅलिलिओ. तेच गॅलिलिओ ज्यांनी फक्त दुर्बिणीचाच शोध लावला नाही तर अन्य कितीतरी भौतिक घटनांबद्दल माहिती गोळा केली होती. आपल्यापैकी अगदी कमी जणांना माहीत असेल की ते एक विख्यात संगीतकार विन्सेंजो गॅलिली यांचे पुत्र होते.



नंतरच्या काही वैज्ञानिकांनी अध्ययन करून

सिकाड्याच्या ध्वनीचा स्रोत शोधून काढला आहे. गॅलिलिओ आज असते तर त्यांना नक्कीच या शोधांबद्दल आत्मीयता वाटली असती. खरंच, गॅलिलिओच्या काळातही हे सत्य होते अन् आजही आहे ... नेहमी प्रश्नच विज्ञानाला पुढे नेत असतात, उत्तरे नाही.

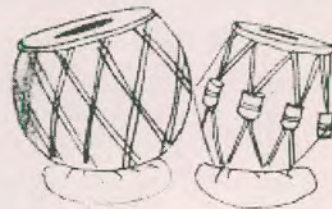


चकमक एप्रिल २००० मधून साभार

लेखक : फिलिप मॉरिसन

अनुवाद : किरण शिंदे

बीसीएस, प्रथम वर्ष बारामती



अनोखे 'शिक्षण'



लेखक : चार्ल्स डिकन्स • अनुवाद : अमिता नायगांवकर

बऱ्याच वेळा मला बोर्डिंग स्कूलमध्ये घालण्याबाबत चर्चा व्हायची. सुरुवात मामाच करित असे आणि आईकडे तर मान डोलावण्याशिवाय दुसरा कोणता इलाजच नसायचा. पण निश्चित असं कधीच काही झालं नाही आणि दरम्यान माझं शिक्षण घरामध्येच चालू राहिलं.

मी तो अभ्यास कसा बरं विसरू शकेन ? माझा अभ्यासाचा तास खरं तर आईच्या देखरेखीखाली होत असे. पण अधिकार मात्र मामांचाच असे. ते सतत तिथे जातीने हजर रहात असत आणि शिस्त लावणं कसं जरूरीचं आहे याचा आईला धडा देण्यासाठी त्यांना एक आयतीच संधी मिळत असे. जेव्हा

मी आणि आई एकटेच असायचो तेव्हा मात्र मला अभ्यासात काहीच अडचण यायची नाही आणि मी तो मन लावून करायचो. थोडं थोडं आठवतं मला, माझं तिच्या मांडीवर बसून अक्षरओळख करून घेणं ! आजही जेव्हा मी मोठी काळी अक्षरं पाहतो तेव्हा 'ख' आणि 'छ' च्या आकृत्या मला तेव्हाप्रमाणेच अजब वाटोळ्या आणि 'र' व 'त' च्या आकृत्या सोप्या आणि भन्नाट वाटतात. कंटाळा किंवा औदासीन्याची कोणतीही आठवण त्यांच्याशी जोडलेली नाही. उलट मगर-माशाच्या धड्यापर्यंत मी जणू फुलांच्या पायघड्यांवरून चालत आलो होतो. आणि सर्व वाटेवरती आईचा प्रेमळ आवाज आणि मनोहारी युक्त्या मला उत्साहित करीत राहिल्या होत्या. पण त्यानंतरचे धडे मात्र मला यमदूतांसारखे आठवतात. माझ्या अभ्यासाचे हे तास खूप लांब, खूप मोठे आणि खूप कठीण असायचे. त्यापैकी बरेचसे तर माझ्या डोक्यावरून जायचे. त्यावेळी मला वाटतं मी माझ्या आईइतकाच उद्विग्न झालेला असायचो.

तेव्हाचा काळ कसा होता ते आठवण्याचा आणि तेव्हाची ती एक सकाळ पुन्हा जिवंत करण्याचा मी प्रयत्न करतो - सकाळी नाष्टा झाल्यावर मी बैठकीच्या खोलीत प्रवेश करतो - हातात पुस्तकं, वही आणि पाटी घेऊन माझी आई टेबलापाशी माझी वाट पहातेय.

पण मला वाटतं तिच्यापेक्षा जास्त वाट पहात आहेत माझे मामा, खिडकीजवळ आपल्या आरामखुर्चीमध्ये ! त्यांचे डोळे मात्र चष्म्याच्या आतून वर्तमानपत्र अगदी बारकाईने वाचत असल्यासारखे वाटतात. त्यांचा केवळ एक कटाक्षच मला असे भासवायचा की जो धडा मी मोठ्या हिकमतीने डोक्यात घुसवण्याचा प्रयत्न केला आहे तो जणू निसटू लागलाय. कोणीतरी म्हणतंय की मला काहीच माहिती नाही. खरंच, आठवणीत ठेवलेले शब्द जातात तरी कुठे ?

मी माझं पुस्तक आईकडे देतो. बहुतेक ते व्याकरणाचं आहे... का इतिहासाचं ? का भूगोलाचं कोण जाणे ! तिच्या हातात ते देताना मी एक शेवटची डबडबलेली नजर पानावरून फिरवतो आणि जोपर्यंत आठवण ताजी आहे तोपर्यंतच मोठ्या आवाजात जोराने घोकलेलं ओकून टाकतो. एखाद्या शब्दापाशी मी अडखळतो. मामा डोकं उचलून वर पाहतात. मग मी पुन्हा एका शब्दापाशी अडकतो. मामा त्यांचे ओठ मिटतात. माझे कान लाल होतात आणि मग मी अर्ध्या डझनभर शब्दांपाशी अडखळून थांबू लागतो. मला वाटतं की आईला वाटलं तर ती मला पुस्तकातलं ते पान दाखवू शकेल. पण तिची हिंमतच होत नाही आणि ती हळूच म्हणते, "अनु, ए अनु !"

“पार्वती”, मामा म्हणतात, “शिस्तीनं घे. अन्नु, अन्नु करू नकोस. हा कसला बालिशपणा ? एकतर त्याला त्याचा धडा आठवतोय तरी नाहीतर नाही तरी !”

“विसरून गेलाय तो.” आई सांगते.

“याचा अर्थ असा आहे पार्वती” मामा लगेच म्हणतात, “की त्याला पुस्तक परत दे आणि पहा त्याला पाठ करता येतंय का ते !”

“हो, हो दादा” आई म्हणते, “तेच करते आहे. चल अन्नु, पुन्हा प्रयत्न कर आणि आता मूर्खपणा करू नकोस.”

मी आज्ञेच्या पहिल्या भागाचं तरी पालन करतो, पुन्हा एकदा प्रयत्न करून. मात्र दुसऱ्या भागाच्या वेळी मी तेवढा यशस्वी होऊ शकत नाही. कारण मी खरंच मूर्ख आहे. मी धड्याच्या त्या पूर्वीच्या मुद्यापर्यंत पोचण्याआधीच पुन्हा अडखळू लागतो. सुरुवातीला ते मला काहीच कठीण वाटलं नव्हतं आणि थांबून मी पुन्हा आठवायला लागतो. परंतु धड्याबाबत आता मी विचारही करू शकत नाही.

मामांच्या चष्याच्या फ्रेमबाबत मी विचार करू लागतो. किंवा त्यांच्या वर्तमानपत्राच्या पानांमध्ये किती शब्द छापले असतील, किंवा अशाच काही सटरफटर गोष्टींबाबत. मामांचा धीर सुटतो, ज्याची मी केव्हापासून वाट पहात असतो. माझी आई हार मानून



पुस्तक बंद करते. जणू काही आता ती यापेक्षा जास्त सहन करू शकणार नाही.

पण पूर्ण होऊ न शकणाऱ्या धड्यांची यादी वाढतच जाते आणि त्या बरोबरच माझा वेडेपणाही ! मग मी खूप हताश होऊन जातो.

असं वाटतं की मी एका दलदलीमध्ये फसत चाललो आहे. मात्र त्यामधून सुटण्याचा विचार सोडून देऊन मी स्वतःला केवळ नशिबाच्या हवाली करून टाकतो. भीतीने मी आणि आई एकमेकांकडे पाहतो. जशा जशा मी एकावर एक चुका करू लागतो तसतसं ते एक उदास दृश्य बनत जातं. मात्र या धड्यांच्या दरम्यान गोष्ट सर्वात अधिक तेव्हा बिनसते जेव्हा माझी आई मला ओठांच्या इशाऱ्याने आठवण देण्याचा प्रयत्न करते आणि मामा जणू अगदी याच क्षणाची वाट पहात बसले असल्याप्रमाणे खोल, गंभीर आवाजात दरडावतात, “पार्वती !”



माझी आई सावध होते, लाल होऊन जाते आणि कसनुसं हसते. मामा खुर्चीमधून उठून बाहेर येतात. हातात पुस्तक घेतात. एकतर ते फेकून माझ्यावर मारतात तरी नाहीतर माझा कान पिरगळतात आणि खांद्यांना धरून मला खोलीबाहेर काढतात.

धडा पूर्ण झाला, तरी काय हो ! अजून मुख्य गोष्ट तर राहिलेलीच आहे. म्हणजे ते डोंगराएवढे प्रश्न ! ते माझ्यासाठीच शोधलेले

आहेत. मामांचा आवाज येतो, “मी बिस्किटांच्या दुकानात गेलो आणि पाच हजार बिस्किट विकत घेतली. एका बिस्किटाची किंमत दोन रुपये सहा आणे असेल तर एकूण मिळून पैसे किती झाले ?” मामांचे चमकते डोळे अजूनही मला साफ साफ दिसतात. मी या बिस्किटांमध्ये गुरफटत जाऊन उत्तरापर्यंत न येताच दुपारची रात्र होऊन जाते. एखाद्या

भस्मधारी साधूबाबा-प्रमाणे पाटीवरची पांढरी धूळ माझ्या अंगाला चिकटून राहते, फक्त थोडी पोळी-भाजी मला खायला मिळते आणि पूर्ण संध्याकाळभर मला एखाद्या अस्पृश्यासारखेच वागवले जाते.

आज इतक्या काळानंतर जेव्हा मला ते दिवस आठवतात तेव्हा

वाटतं की जर माझ्या दुदैवाने ही दिशा घेतली नसती, जर मामांचं कृपाछत्र (?) माझ्यावर नसतं तर कदाचित मी खूप काही चांगलं करू शकलो असतो.

पण चिमणीच्या पिळ्ळांवर जसा सापाचा डोळा असतो तसा मामांचाही माझ्यावर असायचा. कधीतरी माझा सकाळचा अभ्यास कामचलाऊ, निभावून नेण्यालायक

व्हायचादेखील. पण तेव्हाही मला सूट मिळायची नाही. खरं म्हणजे मामा मला मोकळा बसलेला पाहू शकत नव्हते. जर त्यांच्या लक्षात आलं की आता मी काहीही काम करत नाहीये तर ताबडतोब ते आईचं लक्ष याकडे वेधून घ्यायचे आणि सांगायचे, “पार्वती, काम करण्यासारखी दुसरी चांगली गोष्ट नाही. तेव्हा पोराला चांगला लावून धर.” याबरोबरच धडाधडा माझ्यावर कामांची जंत्रीच कोसळत असे. मी माझ्या समवयस्क मुलांशी खेळण्याबागडण्याचा तर प्रश्नच नव्हता कारण अशी संधी मला क्वचितच लाभत असे आणि मामांच्या दृष्टीने सर्व मुलं म्हणजे एकमेकांना डसणारी सापांची झुंडच.

सहा महिन्यांपेक्षा अधिक काळपर्यंत चाललेल्या या प्रकाराचा परिणाम असा झाला की मी उदास, अस्वस्थ आणि हट्टी बनलो. आईपासून रोज वेगळं ठेवल्यामुळे आलेलं एकाकीपण आणि त्यामुळे वाढत जाणारी बेपर्वाई यांनी माझ्यावर काहीही चांगला परिणाम झाला नाही.

माझी खात्री आहे की केवळ सुदैवानेच मी जिवंत, जागा राहिलो. सुदैव म्हणजे - माझे बाबा जाताना पुस्तकांचा एक छोटासा संग्रह सोडून गेले होते. तो शेजारच्या छोट्या खोलीमध्ये होता. मी तिथे जाऊ शकत होतो आणि त्याला कोणाचीही हरकत नव्हती. त्या

गोड, टुमदार खोलीमधून रॉबिन्सन क्रूसो, अल्ट्राउट्टीन, अलीबाबा, हमीद आणि मोगलीसारखी करामती, छानदार मित्रमंडळी मला सोबत करण्यासाठी बाहेर यायची. ती माझं कल्पनाविश्व जिवंत ठेवायची आणि त्या कठीण अभ्यासाच्या तासानंतरही माझ्या जीवनात काहीतरी सुंदर आहे - ही आशा जागवायची. मला आश्चर्य वाटतं की ते नाक घासणं, भल्याथोरल्या विषयांचा अभ्यास करणं आणि सतत चुका करणं यांच्या दरम्यान मी ती पुस्तकं वाचण्यासाठी वेळ तरी कसा काढू शकायचो ? माझ्या इतक्या समस्या (ज्या तेव्हा माझ्यासाठी खूप मोठ्या होत्या) असूनही मी स्वतःला त्या गोष्टींतल्या चांगल्या पानांच्या जागी उभं करून आणि मामांना सर्व जुलमी पात्रांची वस्त्रं चढवून स्वतःची समजूत काढायचो.

मी एक आठवडाभर प्रेमचंदच्या ‘ईदगाह’ ने पार वेडा झालो होतो. पूर्ण महिनाभर माझ्या अंगामध्ये अलीबाबाने संचार केला होता. कपाटाच्या खणामध्ये शोभणाऱ्या सिंदबादच्या समुद्री सफरींवर तर मी हावरटासारखा तुटून पडलो होतो. कित्येक दिवस मी पेनांचे बाण करायचो आणि मेजावरील वह्या उचलून अशा प्रकारे फिरवायचो की जणू प्रत्येक वेळी संकट माझ्या प्राणांवर बेतलेलं आहे आणि कोणी रानटी मनुष्य कोणत्याही वेळी येऊन माझ्यावर हल्ला करणार आहे. हा कप्तान व्याकरण विसरला

म्हणून कान पिरगाळले गेले तरी आपला मोठेपणा विसरत नव्हता. कप्तान म्हणजे जगभरातील भाषांच्या व्याकरणापेक्षाही मोठा असा हिरो होता. केवळ हाच एकमेव मार्ग माझ्यापुढे होता - जो सतत मला सुखकर भासला आहे.

जेव्हा मी विचार करत असतो तेव्हा नेहमी माझ्या मनात एक चित्र उभं राहतं.

उन्हाळ्यातल्या एका संध्याकाळचं - मुलं बाहेर देवळाजवळ वृक्षाखाली खेळत आहेत, मी माझ्या पलंगावर बसलेलो आहे आणि वाचतो आहे. माझा जीव त्यातच अडकला आहे. शेजारचा प्रत्येक ढीग, देवळातील प्रत्येक



दगड, त्याच्या आजूबाजूची सारी जमीन त्या पुस्तकांशी जोडली गेलेली होती आणि कोणत्या ना कोणत्या गोष्टीतला कोणता ना कोणता प्रसंग तिथे प्रत्यक्ष घडला होता. सिंदबादला देवळाच्या शिखरावर चढलेला मी पाहिलंय, दूरवर समुद्र न्याहाळताना मी पाहिलंय. हमीदला बाजारातील हलकूराम लोहाराकडून चिमटा खरेदी करताना पाहिलंय. रात्रीच्या अंधारामध्ये येऊन आमच्या घराच्या दरवाजावर निशाण लावताना मरजिनालाही मी पाहिलंय.

एका सकाळी माझी पुस्तकं घेऊन मी

बैठकीच्या खोलीत आलो, तर आई चिंताग्रस्त भासत होती आणि मामा कडक नजरेने एका हंटरच्या टोकावर काहीतरी गुंडाळत होते - गुळगुळीत मजबूत हंटर! मला पाहताच त्यांनी गुंडाळणं सोडून हंटर एकदा जोरात हवेमध्ये फिरवला.

“मी सांगतो पार्वती,” ते म्हणाले, “मी स्वतः कित्येक वेळा मार खाल्लेला आहे.”

“असेलही दादा”, माझी आई थांबत थांबत दबत्या आवाजात बोलली,

“पण तुम्हाला वाटतं का की याचा तुम्हाला काही फायदा झाला?”

“मग यामुळे काय माझं नुकसान झालं?” मामांनी

गंभीरपणे विचारलं.

“दादा....” आई यापेक्षा अधिक काही बोलू शकली नाही.

मला भीतीबरोबरच असंही जाणवलं की बहुतेक या चर्चेशी माझाच काहीतरी संबंध आहे आणि मी मामांच्या नजरेला नजर मिळवण्याचा प्रयत्न केला. “आज, अन्नु” ते म्हणाले, “तुला नेहमीपेक्षा जास्त सावध रहायला हवं.” त्यांनी आणखी एकदा हंटर फटकारला आणि आपली तयारी पूर्ण झाल्यावर जवळच फरशीवर तो ठेवून दिला.

एक तीक्ष्ण नजर माझ्याकडे टाकून त्यांनी त्यांचं वर्तमानपत्र उचललं.

माझा शहाणपणा वाढविण्यासाठी ही एक चांगली सुरुवात होती. धड्यातले शब्द माझ्या डोक्यातून निघून जात आहेत असं मला वाटलं, एक-एक करून. प्रत्येक ओळन्-ओळ नाही तर प्रत्येक पानन्-पानापाशी मी त्यांना अडवण्याचा प्रयत्न केला पण जणू त्यांना चाकं लावली गेली होती आणि इतक्या वेगाने ते माझ्यापासून दूर चालले होते की मी त्यांना रोखू शकत नव्हतो.

सुरुवात खराब झाली आणि पुढे तर अधिकच वाईट होत गेलं. मी तर असा विचार करून आलो होतो की आज काहीही होवो, मी छानच करून दाखवणार! मी अशा भ्रमात होतो की मी खूप चांगली तयारी केलेली आहे. पण ते चुकीचं ठरलं. प्रत्येक पुस्तक माझ्या अपयशाच्या ढिगाऱ्यावर पडत गेलं आणि मामा तर पूर्ण वेळ आमच्यावर बारीक नजर ठेवून होते. शेवटी जेव्हा आम्ही पाच हजार बिस्किटांवर आलो (आज मामांनी बिस्किटं बदलून हंटर केले होते) तेव्हा माझी आई जोराने रडू लागली.

“पार्वती” मामांनी सूचक आवाजात हाक

मारली. “नाही, नाही मी ठीक आहे.” आई म्हणाली.

मी मामांना पाहिलं, ओठ घट्ट बंद करून उभे राहताना हंटर त्यांच्या हातामध्ये होता. ते म्हणाले, “पार्वती, मला वाटत नाही की तुझ्या मुलाने तुला आज जो त्रास दिला आहे,

तो तू सहन करू शकशील. पण हे काही तुझ्या हातातलं नाही. हां, पहिल्यापेक्षा तू खूपच बदलली आहेस, खूप कणखर झाली आहेस, पण तरी हे तुझ्यासाठी जास्तच होईल. अनु, तू आणि मी वर जाऊ या.” ते मला खोलीबाहेर नेऊ लागले तशी माझी आई पळत आली. मामा म्हणाले, “पार्वती तुला जराही अक्कल नाही का गं?” आईने कानावर हात ठेवले आणि मग तिच्या रडण्याचा आवाज ऐकू आला.



ते मला जिन्याच्यावर आपल्या खोलीकडे हळूहळू आणि अगदी गंभीरपणे नेत होते - मला खात्री आहे की गुन्हेगाराला त्याच्या शेवटापर्यंत पोचवण्याच्या भावनेने ते खुश होते - आणि वर पोचताच अचानक त्यांनी माझं डोकं पिरगळून आपल्या बाहूंच्या खाली दाबलं.

“मामा, मामा” मी ओरडलो, “मारू

नका! मी आठवण्याचा प्रयत्न केलाय हो, पण जेव्हा तुम्ही समोर असता तेव्हा मला काही आठवतच नाही, खरंच काही आठवत नाही!”

“आठवत नाही अन्नु?” ते म्हणाले, “चल बघूया तरी.”

त्यांनी माझं डोकं धरून ठेवलं होतं, पण काहीतरी करून मी त्यांच्यापासून सुटलो, एक क्षणभरच मी त्यांना अडवलं, “मला मारू नका” केवळ एक क्षणभरच. दुसऱ्याच क्षणी त्यांनी मला जोरात थप्पड दिली आणि त्याच क्षणी मी त्यांचा दुसरा हात माझ्या दातांमध्ये पकडला आणि सर्व शक्तीनिशी मी त्यांना चावलो. अजूनही ती गोष्ट आठवल्यावर मी दातओठ खाऊ लागतो. दात शिवशिवतात माझे.

नंतर त्यांनी मला खूप मारलं, असं मारलं की मारून-मारून माझे प्राणच जातील. जो गोंधळ आम्ही करत होतो त्यापेक्षाही जास्त

जोराचे आवाज मला खालून ऐकू येत होते. कोणीतरी वर धावत येत असल्याचे आवाज मला ऐकू आले - आई किंचाळत होती - आणि बरोबर बसंतीदेखील, जी आमच्या घरामध्ये काम करत असे.

थोड्या वेळानंतर मामा गेलेले होते, आणि बाहेरून दरवाजाला कुलूप लावलेलं होतं. ताप आलेला मी, रागाने लाल होऊन, अंग सुजलेल्या अवस्थेत तडफडत जमिनीवर पडलेलो होतो.

शैक्षिक संदर्भ अंक ८ मधून साभार

लेखक : चार्ल्स डिकन्स

हिंदी रूपांतर : स्मिता अग्रवाल, जयपूर लोक जुम्बिश परियोजनेमध्ये कार्यरत.

मराठी अनुवाद : अमिता नायगांवकर
एस.वाय.बी.ए. वाई.

चार्ल्स डिकन्सच्या ‘डेव्हिड कॉपरफिल्ड’ या कादंबरीतील काही भाग इथे दिला आहे. चार्ल्स डिकन्सचा जन्म इंग्लंडच्या पोर्टस्माउथमध्ये झाला. कादंबरीकार होण्याआधी ते इंग्लंडच्या संसदेमध्ये वार्ताहर म्हणून काम करत होते. ‘डेव्हिड कॉपरफिल्ड’ ही आत्मचरित्रात्मक कादंबरी १८५० मध्ये प्रकाशित झाली. डिकन्सने कादंबरीबाबत लिहिलं होतं, “माझ्या साऱ्या पुस्तकांमध्ये मला हे अतिशय आवडतं. ज्याप्रमाणे सर्वात प्रेमळ मुलगा आईवडिलांच्या हृदयात स्थान पटकावतो त्याप्रमाणे एक प्रेमळ मुलगा माझ्याही हृदयात आहे आणि त्याचं नाव आहे डेव्हिड कॉपरफिल्ड.”

शैक्षणिक संदर्भचे अंक तुम्ही इतरांना भेट म्हणूनही देऊ शकता !

दिनांक / /

श्री. _____

पत्ता _____

- यांना ऑगस्ट २००० ते जुलै २००१ मधील सहा अंक भेट म्हणून पाठवावेत.
 - यांना ऑगस्ट १९ ते जुलै २००० मधील ६ अंकांचा एकत्रित संच पाठवावा.
- ही भेट श्री. यांच्याकडून दिली जावी.

पत्ता

वर्गणी रु. १००/- अथवा मागील ६ अंकांच्या संचासाठी रु. १३०/-

मनीऑर्डर / ड्राफ्ट / चेक 'संदर्भ' नावे पाठविली आहे.

(पुण्याबाहेरील चेकसाठी रु. १५/- अधिक पाठवावेत.)



पालकनीती

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

वार्षिक वर्गणी रु. १००/-

आजीव वर्गणी रु. १,०००/-

चेक/ड्राफ्ट पालकनीती परिवार नावाने काढावेत.

पालकनीती परिवारचे उपक्रम

- पालकनीती मासिक ● माहितीघर ● खेळघर ● सल्ला केंद्र
- सामाजिक पालकत्व पुरस्कार ● शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिक

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

| अंक | किंमत | हवे असतील त्या अंकापुढे ✓ खूण करा. |
|---|-----------|------------------------------------|
| अंक १ ते ६ एकत्रित संच (ऑगस्ट १९ ते जुलै २०००) | रु. १३०/- | |
| वार्षिक वर्गणी (ऑगस्ट २००० ते जुलै २००१) | रु. १००/- | |
| द्वैमासिकाचा सुटा अंक | रु. २०/- | |
| एकूण | | |
| बँक ड्राफ्ट / चेक | | |
| मनी ऑर्डर | | |

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.

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

(पुण्याबाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५/- अधिक पाठवावेत.)

नाव _____

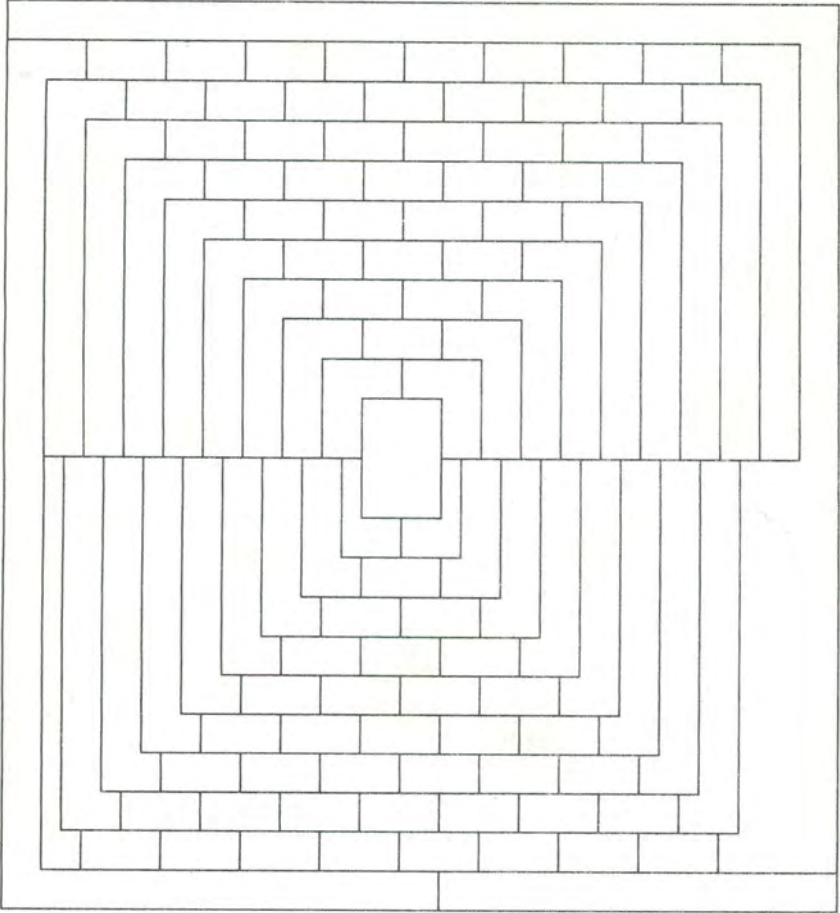
पत्ता _____

सही

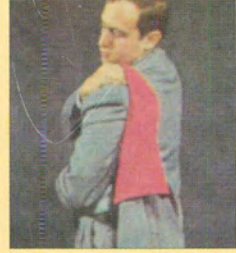
तारीख

संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार,

अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.



१९७५ साली मार्टिन गार्डनर या जगप्रसिद्ध गणित लेखकानं सायंटिफिक अमेरिकन या मासिकाच्या एका अंकात वरील नकाशा प्रसिद्ध केला. या नकाशाला पाच रंग वापरावे लागतात, असा गार्डनरचा दावा होता. अर्थात या अंकाच्या प्रसिद्धीची तारीख १ एप्रिल होती, आणि हा नकाशा चार रंगांत रंगवणं अवघड असलं, तरी अशक्य नाही, हे गार्डनरला माहित होतं. तुम्हीही सोबतच्या चित्रातला गार्डनरचा नकाशा वापरून याचा पडताळा पाहू शकता.



मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्रबुध्दे यांनी संजीव मुद्रणालय, सदाशिव पेठ, पुणे येथे छापून त्रैजून, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.