

शैक्षणिक

प्रदर्शनी

अंक-२

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९



शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे
संजीवनी कुलकर्णी
प्रदीप गोठोस्कर
नागेश मोने
प्रियदर्शिनी कर्वे

शैक्षणिक

संदर्भ.

अंक-२

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९

रेखाचित्रे :

पल्लवी आपटे आणि
शैक्षिक संदर्भच्या सौजन्याने

सल्लागार :

नरेश दधीच

अक्षर जुळणी : क्विक सर्व्हे

मुखपृष्ठ मुद्रण : मुद्रा

मुद्रण : संजीव मुद्रणालय

निर्मिती आणि वितरण

पालकनीती परिवार

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

दूरध्वनी : ३४१२३०.

किंमत : रुपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रुपये १००/-

होशंगाबाद येथील 'एकलव्य' या संस्थेच्या सहयोगाने व

सर रतन टाटा ट्रस्ट यांच्या आर्थिक मदतीने हा अंक प्रकाशित केला जात आहे.



अमेरिकेतील न्यू मेक्सिको या राज्यात 'व्हेरी लार्ज टेलिस्कोप' ही रेडिओ दुर्विण गेली तीस वर्षे काम करते आहे. विश्वावदलचे अनेक महत्त्वाचे शोध या वेधशाळेतून झालेल्या संशोधनात लावले गेले. या दुर्विणींवर पडलेल्या इंद्रधनुष्याचे हे अनोखे छायाचित्र. हवेतील पाण्याच्या थेंबांतून सूर्यकिरणांचे जेव्हा अपवर्तन होते तेव्हा आपल्याला प्राथमिक आणि दुय्यम

इंद्रधनुष्य दिसून येते. याचबरोबर इंद्रधनुष्याचे इतरही अनेक गुणधर्म या चित्रात तुम्हाला स्पष्ट दिसून येतील. इंद्रधनुष्याच्या अनेक गमती जमती आपण वाचूया "श्रावण मासी हर्ष मानसी..." या लेखात.

[छायाचित्र : The New Astronomy, Cambridge University Press यांच्या सौजन्याने.]

'शैक्षणिक संदर्भ' हे द्वैमासिक 'पालकनीती परिवार' करिता नीलिमा सहस्रबुद्धे यांनी अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४११ ००४ येथे प्रकाशित केले. रजि. क्र. PHM/SR-207/V/III/99

शैक्षणिक

संदर्भ

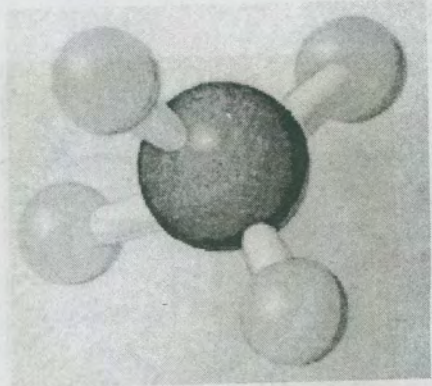
अंक - २

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

रेणूभाराचा गुंता..... १९

पदार्थाचा अतिसूक्ष्म अविभाज्य कण म्हणून आपण अणूला ओळखतो. संयुगांची सूत्रे बनविताना मात्र अणूचेही भाग होतात की काय असं शास्त्रज्ञांना वाटू लागलं. त्यावरून खूप गोंधळ उडाला. हा गुंता सोडवायला शास्त्रज्ञांना अनेक वर्षे लागली !



श्रावणमासी हर्ष मानसी..... २९

विज्ञानात अशा अनेक गोष्टी आहेत की ज्याचा संबंध केवळ विज्ञानाशी नसून इतर कलांशीही असतो. याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे इंद्रधनुष्य. मनाला मोहून टाकणारं इंद्रधनुष्य कसं तयार होतं? ते धनुष्याकृतीच का दिसतं? त्यातले झळाळते सप्तरंग विशिष्ट पद्धतीनेच का दिसतात? हे समजावून घेतानाच आपण विज्ञानाचा इतिहासही समजून घेऊ.

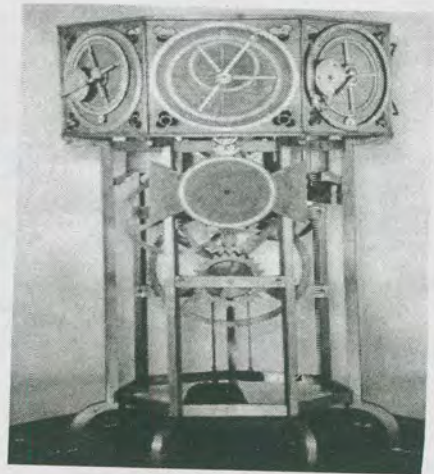
परीघाचे त्रिज्येशी नाते.....५७

त्रिज्येपासून वर्तुळाचा परीघ काढण्यासाठी या स्थिरांकाची कल्पना मांडली गेली. परंतु जसे विज्ञान आणि गणित प्रगत झाले तसे या ग्राचे महत्त्व इतरही विषयांमध्ये दिसून आले. आणि त्याचा उपयोग अनेक सिद्धांत मांडण्यासाठी केला गेला. या स्थिरांकाची किंमत अचूकपणे शोधून काढण्याचे प्रयत्न अनेक शतकांपासून केले गेले. आजही हा विषय मनोरंजक ठरतो.



हे अमर महाकवी.....७७

कालयंत्राचा शोध हा विषय विज्ञान लेखकांचा खास आवडीचा विषय आहे त्यावर अनेक विज्ञानकथा आधारित आहेत. या कालयंत्राचा उपयोग जर ऐतिहासिक व्यक्तींना वर्तमान काळात आणण्यासाठी केला तर... इतिहासाच्या अभ्यासातून आपल्याला भेटलेल्या काही व्यक्ती प्रत्यक्षात आपल्याबरोबर शाळेत किंवा कॉलेजात शिकायला आल्या तर....



डाव - उजव.....६६

मनुष्याप्राण्याच्या मेंदूचे उजवा आणि डावा असे दोन भाग असतात. हे दोन भाग त्यांना नेमून दिलेली वेगवेगळी कामे करतात. यात डावा मेंदू शरीराच्या उजव्या बाजूवर लक्ष ठेवतो तर उजवा मेंदू डाव्या बाजूवर. आपण बरीचशी कामं उजव्या हाताने तर थोडीच ठराविक कामं डाव्या हाताने करतो. असं का होत असावं ?

अनुक्रमणिका

संदर्भ अंक-२ ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९

- त्या अनाम वीरांना..... ५
- सात आश्चर्ये..... ११
- रेणूभाराचा गुंता..... १८
- श्रावण मासी हर्ष मानसी..... २९
- आपला हात जगन्नाथ..... ५१
- परीघाचे त्रिज्येशी नाते ५७
- डावं-उजवं..... ६६
- 'मॅन्ग्रोव'नं शिकवला नवा धडा ६९
- शॅमेलिऑन..... ७३
- हे अमर महाकवी..... ७७
- चंद्र छाया..... ८१
- मोजमापे ८२
- कॅम्प सुटे पृथ्वीला ८४



आवाहन

संदर्भ या द्वैमासिकातून आम्ही विद्यार्थी, शिक्षक व पालकांसाठी विज्ञान व शिक्षण या विषयांवरील उत्कृष्ट लेख तुम्हापर्यंत पोहोचवू इच्छितो. अर्थात या प्रकल्पासाठी विविध स्वरूपात आपली मदत आवश्यक आहे. संदर्भ वाचकांच्या पाठबळाने स्वतःच्या पायावर उभे रहावे यासाठी या प्रकल्पाला आपण खालील प्रकारे मदत करू शकता.

- हा अंक आपण जरूर विकत घ्या. वाचा व इतरांना दाखवा.
- वर्षातील सहा अंकांसाठी रु. १००/- वर्गणी पाठवा.
- तुमच्या माहितीतील एखादी संस्था आर्थिक मदत देऊ शकत असेल तर त्या संस्थेची माहिती कळवा.
- तुमच्या परिचयातील शाळा, शिक्षक व पालक यांच्यापर्यंत **संदर्भ** पोचवा.

संदर्भ द्वैमासिकासाठी देणगी मूल्य किंवा आर्थिक मदत ड्राफ्ट /मनीऑर्डर/चेक (बाहेरगावचा चेक पाठविल्यास रु. १५ अधिक पाठवावेत) **पालकनीती परिवार**च्या नावाने 'संदर्भ' करिता असा स्पष्ट उल्लेख करून पाठवावे.

- देणगी मूल्य प्रत्येक अंकासाठी रु. २०/-
- वार्षिक वर्गणी सहा अंकासाठी रु. १००/-
- पहिल्या दोन नमुना अंकांसाठी (प्रत्येकी) रु. १५/-

पालकनीती परिवार

अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्वेरोड, पुणे ४११००४. फोन ३४१२३०.

त्या अनाम वीरांना

युद्ध अथवा कोणत्याही लढ्यामध्ये हुतात्मा होणाऱ्यांच्या स्मृतीसाठी स्तंभ उभा करण्याची व त्यावर वीर पुरुषाचे नाव व संघर्षाची माहिती कोरून ठेवण्याची आपल्या देशातील परंपरा प्राचीन आहे. असे अनेक वीरगळ गावाच्या सीमेवर आपण पाहिले असतील. सामान्यतः हा वीर पुरुष ज्या गावाचा असावयाचा त्या गावातील लोक त्या हुतात्म्याच्या सन्मानाप्रित्यर्थ हा स्मृतीस्तंभ उभा करावयाचे. असे शेंकडो स्मृतीस्तंभ देशभर आपल्याला आढळतात पण राजस्थान, महाराष्ट्र, कर्नाटक आणि तामिळनाडूमध्ये याचे प्रमाण जरा अधिक आढळते. अशा प्रकारच्या इतस्ततः आढळणाऱ्या स्तंभांमधून जी माहिती मिळते ती राजे रजवाडे यांच्या शिलालेखातून मिळणाऱ्या माहितीपेक्षा खूपच वेगळी असते. चला तर मग अशीच आगळी-वेगळी माहिती या लेखातून मिळवू या.

लेखक : सी. एन. सुब्रमण्यम अनुवादक : सरिता पुंगलिया



हा स्मृतीस्तंभ तामिळनाडूमधल्या उत्तरेकडच्या आर्काट जिल्ह्यातला. आर्काट जिल्ह्यातल्या उत्तरेकडच्या ताळैयुतू भागातला. याच गावातून आणखी तीन स्मृतीस्तंभ मिळाले आहेत आणि त्याच्याबद्दलही आपण माहिती मिळविणार आहोत.

या चित्राचे निरीक्षण करा. जरा काळजीपूर्वक. याच्यावर एका वीर पुरुषाचे

चित्र, शिल्प कोरलेले आहे. त्याच्या एका हातात धनुष्य आहे व दुसऱ्या हातात कट्यार. कमरेला पण कट्यार अडकवलेली दिसते. वरच्या बाजूस, डाव्या बाजूला दोन वीर त्याच्यावर वार करताना दिसताहेत अन् खालच्या बाजूला पायाजवळ चार-पाच गायीपण आहेत.

या चित्राच्या वर-खाली तामिळ भाषेत हा मजकूर कोरलेला आढळतो.

“राजा विजय नन्दिवर्मनच्या दुसऱ्या वर्षात वेणाडूच्या वेण्मरुकोट्टूचे शिकारी जेव्हा ताळैयूरमधील गुरे ढोरे चोरण्यासाठी धावून आले तेव्हा ताळैयूरच्या वण्णक्क कडैयनारने प्रतिकार केला व त्यात ते मारले गेले.”

जेव्हा पल्लव वंशाचा राजा नन्दिवर्मन (द्वितीय) याचे राज्य होते तेव्हा ही घटना घडली. याचे राज्य इ. स. ७३१ मध्ये सुरु झाले. म्हणजे ही घटना ७३२ मध्ये घडली आहे. म्हणजे आजपासून १२६७ वर्षांपूर्वी मारले गेलेले वीर कोणतेही साम्राज्य निर्माण करण्यासाठी किंवा कोणत्यातरी साम्राज्याचा पाडाव करण्यासाठी मारले गेले नाहीत तर गावातल्या गुरा-ढोरांचे रक्षण करण्यासाठी त्यांना मृत्यूमुखी पडावे लागले. त्यांचा संघर्ष दुसऱ्या देशाच्या वा साम्राज्याच्या शत्रूबरोबर झाला नाही तर त्यांच्या जवळच्याच जंगलातील शिकार करणाऱ्या शेजाऱ्यांशी झाला. नन्दिवर्मन जेव्हा साम्राज्य विस्तार करू पाहात होता तेव्हा त्याची प्रजा गुराढोरांना

वाचविण्यासाठी किंवा जिंकण्यासाठी प्रयत्नशील होती.

इतिहासाच्या पुस्तकात नन्दिवर्मनच्या युद्धाच्या लांबलचक कहाण्या सापडतील पण वीर वण्णक्क कडैयनारला कोण विचारणार ? श्री. वण्णक्क कडैयनार यांनी प्रयत्नांची पराकाष्ठा का केली अन गावातल्या रहिवाश्यांना त्यांचे हौतात्म्य इतके महत्त्वाचे का वाटले असेल ? चला जरा विचार करूया अन समजून घेऊ या

कोठे आहे हे ताळैयूर ?

तामिळनाडूमध्ये पूर्वेकडचा पठारी प्रदेश संपून डोंगरमाथा जिथे सुरु होतो त्या ठिकाणी हे ताळैयूर आहे. इथे पावसाचे प्रमाण कमी आहे. अन् काटेरी झाडी आणि पानझडीच्या वृक्षांनी हा प्रदेश व्यापला आहे. अश्या ठिकाणी शेती काही नीट होऊ शकत नाही किंवा केवळ जंगलाच्या सहाय्याने लोकांची गुजराणही होऊ शकत नाही. इथे थोडी शेती, थोडे पशुपालन आणि थोडी शिकार हे सारे मिळूनच लोकांची उपजीविका चालते. एखाद्या वर्षी पाऊस थोडा कमी झाला अथवा अजिबातच झाला नाही तर इथली परिस्थिती फारच बिकट होते.

१३०० वर्षांपूर्वी

अश्या क्षेत्रात जे लोक १३०० वर्षांपूर्वी वसती करून होते अन् पशुपालन करीत होते त्यांची कल्पना करा. त्यांची गुरेढोरे प्राणाहून प्रिय असतात त्यांना. आपल्या गुराढोरांना

वाचविणे फारच आवश्यक बाब होती त्यांच्या दृष्टीने.

आपल्या शिलालेखावरून हे स्पष्ट आहे की पशुपालन करणाऱ्यांची अन् शिकार करणाऱ्यांची अशी दोघांची वसती होती तिथे. शिकार करणाऱ्यांनी या पशुधनावर डोळा ठेवला असणार अन् चोरीचे प्रयत्न केले असणार. म्हणूनच या दोन्ही गटातील लोकांचे संबंधही तणावपूर्णच असणार. शिकार्यांना पशुपालकांबद्दल नक्की काय तक्रारी होत्या कुणास ठाऊक पण तक्रार असणार यात शंका नाही.

अर्थात कोणी आक्रमण केले तरच ताळैयूरमधील लोक प्रतिकार करित असत असा अर्थ आपण या शिलालेखावरून नाही काढू शकत. तेही दुसऱ्या लोकांवर आक्रमण करित अन् त्यांची गुरेढोरे पळवीत असत. या घटने अगोदरची माहिती सांगणारा एक स्मृतीस्तंभ सापडला आहे. ज्यात या गावातला युवक दुसऱ्या गावावर आक्रमण करून गुरेढोरे चोरून आणताना मारला गेलाय असे लक्षात येते. यानंतर एका शतकाने चोल साम्राज्याची स्थापना झाली. श्रीलंकेपासून म्हैसूरपर्यंत पसरलेल्या एका विशाल साम्राज्याचा ताळैयूर एक भाग बनले. चोल साम्राज्याच्या काळातील मंदिरे व मूर्तीकला जगप्रसिद्ध आहे. त्याही काळात येथील जनता छोट्या-मोठ्या प्रश्नांना सामोरी जात होतीच. इसवीसन १३० मधील एक स्मृतीस्तंभ एका

पिता-पुत्रांच्या पराक्रमाची कहाणी सांगतो. ते दोघे कल्लर नावाच्या टोळीपासून आपल्या गायीला वाचवीत होते.

सुदूर राजस्थानात

मी आपल्याला आता तामिळनाडूपासून खूप दूर असणाऱ्या राजस्थानच्या भरतपूर जिल्ह्यात घेऊन जातोय. तिथे बयान नावाच्या गावात एक स्मृतीस्तंभ मिळाला आहे. राजस्थानात अश्या स्तंभांना पालिया किंवा देवली म्हणतात. या स्मृतीस्तंभात वरच्या बाजूस चार-पाच गायी हाकणाऱ्यांचे चित्रण आहे. त्याच्या खाली एक शिलालेख आहे. ज्यात दुर्गादित्य त्याच्या गुरा-ढोरांचे चोरांपासून रक्षण करताना मारला गेला, असा उल्लेख आहे. हे जिथे घडले त्या गावाचे नावही शिलालेखात आहे, पिंपल-गोंडल म्हणून. आणि कालावधीचाही उल्लेख “श्रीनन्न के राज्यकाल में” म्हणून केला आहे. अंदाजे इ. स. ७५० मधली ही घटना असावी. राजस्थानमधल्या जैसलमेर जिल्ह्यात व वाळवंटी भागात असे डझनावारी स्मृतीस्तंभ आढळतात.

तब्बल दोन हजार कि. मी. अंतर असूनही गावामधील सांस्कृतिक परंपरा एकसारखी आहे हे केवळ आश्चर्यकारक आहे. या गावातील लोक पशुधन वाचवित होते अन् त्यासाठी होणाऱ्या लढ्यांमध्ये हौतात्म्य पत्करलेल्यांसाठी तसल्याच स्मृतीस्तंभांची स्थापना करित होते. दळणवळणाची,

वाहतुकीची साधने उपलब्ध नसताना राजस्थानमधून तामिळनाडूमध्ये जायला महिनेच काय पण वर्षे लागत असतील. सामान्य माणूस इतका प्रवास करण्याची शक्यता नसलेल्या काळात ही परंपरा तिथपर्यंत कशी काय पोहोचली असेल?

या प्रश्नाचे उत्तर निश्चितपणे देणे अवघड आहे. पण या परंपरांची पार्श्वभूमी समजून घेतली तर थोडा तरी प्रकाश पडेल.

जरा इतिहासात डोकावू या

प्रागैतिहासिक कालापामूनच भारतात शेतीबरोबर पशुपालन चालू होते. असे पुरातत्वज्ञ सांगतात. कर्नाटक-आंध्रपासून बलुचिस्तानापर्यंत मिळालेले अवशेष असे सांगतात की, इथल्या भटक्या पशुपालकांकडे गायी, बैल, मेंढ्या, उंट वगैरे होते. पुरातत्व शास्त्राच्या आधारे यांचे अस्तित्व नक्की झाले आहे. पण त्यांच्या संस्कृतीबाबत मात्र फारच कमी माहिती उपलब्ध आहे. अर्थात पशुपालकांच्या वाड्मयावरून त्यांच्या संस्कृतीबाबत माहिती मिळेल पण बलुचिस्तान, राजस्थान, महाराष्ट्र, कर्नाटक या ठिकाणाहून पशुपालकांबाबत काही वाड्मय मिळत नाही. सर्वात जुना पुरावा वा माहिती जी आहे ती म्हणजे ऋग्वेद. उत्तर पश्चिम भारतीय उपमहाद्विपात सुमारे ३५०० वर्षापूर्वी रचलेला ऋग्वेद हा महत्त्वाचा पुरावा आहे. संस्कृत भाषा बोलणाऱ्या आर्य लोकांच्या टोळीची ही निर्मिती आहे. हे आर्य



पशुपालक होते. त्या काळच्या विकसित पशुपालकांबाबत यात जी माहिती मिळते त्यावरून अन्य पशुपालकांबाबत अंदाज बांधण्यास मदत होते.

प्राचीन काळातील पशुपालकांबाबत माहिती मिळविण्यासाठी अनेक मार्गांचा अवलंब करावा लागतो. पुरातत्व शास्त्र, ऋग्वेदासारखे ग्रंथ, आज पशुपालन करणाऱ्या समाजाच्या चालीरीती. या तिन्ही मार्गांनी मिळणाऱ्या माहितीवरून अंदाज बांधता येतो. ऋग्वेद व वर्तमानकालीन पशुपालक समाज यांच्या अभ्यासातून हे स्पष्ट आहे की पशुधन चोरण्यावरून या पशुपालकांच्या टोळ्यांमध्ये युद्धे नेहमी होत असणार. जितके शेती करणाऱ्या समाजातील लोक एक दुसऱ्याच्या जमिनी बळकाविण्याबाबत अथवा

करवसुलीबाबत झगडत असतात तितकेच हे स्वाभाविक आहे.

ज्यांना महाभारत माहित आहे त्यांना आठवत असेल की पांडवांच्या अज्ञातवासाच्या अखेरीस कौरव आणि विराट राजा यांच्यात लढाई झाली होती. कौरव पांडवांच्या शोधात होते आणि त्यांना शंका होती की ते विराटाच्या राज्यात लपले आहेत म्हणून. विराटावर आक्रमण करण्यासाठी त्यांना निमित्त हवे होते. आम्हाला गार्गीची जरूरी आहे असा बहाणा करून त्यांनी लढ्याला सुरुवात केली.

गार्गीसाठी केलेल्या युद्धाला गवेष्टी किंवा गोष्ठी म्हणतात. (गोष्ठी शब्द इथूनच तयार झालाय). ऋग्वेदात अनेक दाखले मिळतात याचे. पण या लढ्यात मेलेल्यांबद्दल स्तंभ उभे करण्याचा उल्लेख कुठेही नाहीये वेदात. कदाचित अशी परंपरा आर्यात नसावी.

स्मृतीस्तंभ (वीरगळ)

एका वेगळ्या साहित्यात/वाङ्मयात या स्मृतीस्तंभाबाबत उल्लेख आढळतो. प्राचीन तामिळ-संगम साहित्यात इसवी सन पूर्व दुसरे शतक ते इसवीसन दुसरे शतक या काळातील हे साहित्य आहे. सध्याच्या तामिळनाडू केरळ व कर्नाटकाचा दक्षिण भाग इथले हे साहित्य. भारतातल्या अनार्य भाषेतले हे प्राचीन वाङ्मय आहे.

संगम साहित्यात दुसऱ्या टोळीचे पशुधन लुटण्याचे वर्णन आहे. तामिळ भाषेत याला

वेटाये अथवा दोरु म्हणतात. या युद्धात मारल्या गेलेल्या वीरांच्या नावाने वीरगळ उभे केले जात. अशा दगडांना “नडुकल” किंवा केवळ “कल” म्हटले जात असे. (नडु-पुरणे. कल=दगड) अर्थात त्या काळातील असे दगड मिळालेले नाहीत.

संगम साहित्यात अनेक ठिकाणी नडुकलविषयी संदर्भ येतात. त्यांच्या स्थापनेचे व पूजेचे वर्णन आहे. युद्ध व वीर यांच्या संदर्भात नडुकल नेहमीच येतात. एका ठिकाणी एक मुलगी मोठ्या अभिमानाने सांगते ‘माझे वडील व नवरा दोघेही या शिलांच्या रुपाने पूजिले जातात. तर काही ठिकाणी असेही सांगितले जाते की, या स्मृतीस्तंभांवरील वीरांना पाहून हत्ती खरोखरच त्यांच्यावर चवताळून धावून जातात.

या वर्णनांवरून आणखीही गोष्ठी माहित होतात. कोणत्याही वीर पुरुषाचे युद्धात मरण आल्यास एखाद्या सुमुहूर्तावर डोंगरावरील शिळेची निवड केली जाई. त्या शिळेचे पूजन करून ती गावातील रस्त्याच्या कडेला अथवा एखाद्या वृक्षाखाली ठेवीत. त्या शिळेला पाण्याने आंघोळ घालीत व नंतर त्या स्मृतीस्तंभांची स्थापना होत असे. नंतर त्या वीरांचे शिल्प त्यावर कोरले जाई व त्याचे नाव, त्याच्या पराक्रमाचे वर्णन वगैरे बाबी त्यावर खोदत आणि नंतर त्याची पूजा-अर्चा होत असे. स्थापना झाल्यानंतर आसपासचे

लोक वेळोवेळी त्या ठिकाणी जात. त्या शिळेची पूजा करित व प्रसाद अर्पण करित. काही काही ठिकाणी तर मंदिरही उभारण्याचे उल्लेख आहेत.

असेही हुतात्मे असतात

या सर्व बाबींवरून हे स्पष्ट आहे की वीरांच्या स्मृतीप्रीत्यर्थ स्तंभ उभारण्याची प्रथा दक्षिण भारतात सुरु झाली व तदनंतर ती राजस्थानातल्या वाळवंटापर्यंत पोहोचली. ही प्रथा पसरण्यामागे पशुपालकांची भूमिका महत्त्वाची असणार. ते भटके असल्याने सातत्याने एकमेकांच्या संपर्कात होते.

वीर आणि हुतात्मे कुणाला मानावयाचे ते प्रत्येक समाजात त्यांच्या त्यांच्या पद्धतीने निश्चित होणार. १५०० वर्षांपूर्वी गावांमधील लोक कोणाला वीर व कोणाला हुतात्मा मानीत असत हे या स्मृतीस्तंभांवरून वा वीरगळांवरून काही प्रमाणात आपल्याला समजले.

गावातील पशुधनाचे रक्षण करणाऱ्या व दुसऱ्या गावातून पशुधन चोरून आणणाऱ्या व्यक्तींना सामान्यतः शूरवीर समजले गेले. या लढ्यात धारातीर्थी पडणाऱ्यांना हुतात्मा मानले गेले. कुठे वाघाशी व चित्याशी लढणाऱ्यांना व हौतात्म्य पत्करणाऱ्यांना शूर मानले गेले. या पुरुषांबरोबर मारल्या गेलेल्या कुत्र्यासाठी सुद्धा वीरगळ उभे केले गेले. एका ठिकाणी तर कोंबड्याच्या झुंजीत मारल्या गेलेल्या लढाऊ कोंबड्यासाठी सुद्धा असा वीरगळ उभा केलेला आहे. ❖

शैक्षिक संदर्भ - अंक ५ मधून साभार

सी. एन. सुब्रमण्यम - एकलव्यच्या

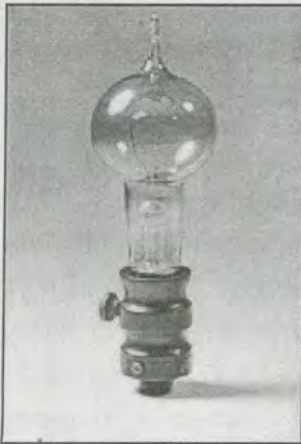
सामाजिक अध्ययन कार्यक्रमात सहभागी.

सरिता पुंगलिया : समाजशास्त्राची पदवी.

विविध आंदोलने व सामाजिक चळवळींशी

संबंध, अक्षरनंदन शाळा उभारणीत

सहभागी. 'पॉटरी' मध्ये विशेष काम.



थॉमस अल्वा एडिसन (१८४७ ते १९३१) याने त्याच्या संपूर्ण आयुष्यात जवळजवळ एक हजार शोध लावले. त्याच्या अनेक शोधातील काही शोध मात्र प्रसिद्ध झाले. जसे विजेवर चालणारे दिवे, जे आपण रोजच्या जीवनात वापरतो. शेजारील छायाचित्रात एडिसनने बनविलेला जगातील पहिला विजेचा दिवा दाखवला आहे. या दिव्यात त्याने टंस्टनऐवजी कापसाचा जळलेला धागा फिलामेंट म्हणून वापरला होता. शोध लावण्यापाठी एक टक्का सुदैव आणि ९९ टक्के कष्ट असतात असे एडिसनचे म्हणणे होते.



सात आश्चर्ये

सर्वाना माहिती असणारी जगातील सात आश्चर्ये तुम्हालाही माहितीच असतील. या लेखात आपण जीवशास्त्रात आढळणारी अनोखी सात आश्चर्ये पाहू या.

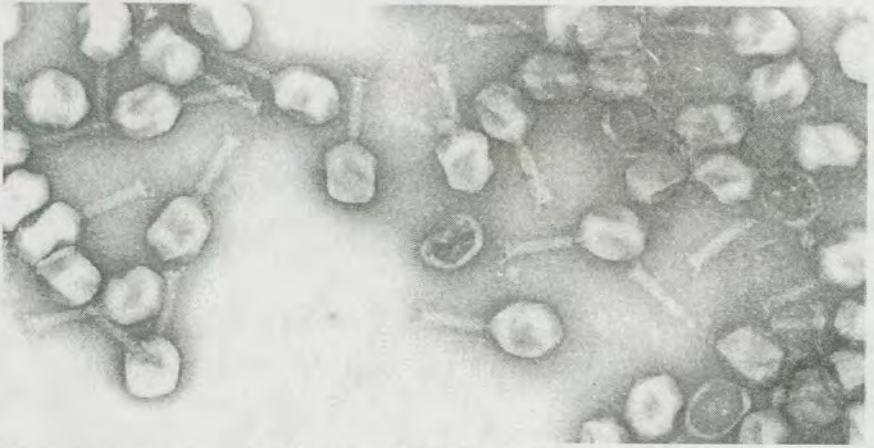
लेखक : डॉ. लुईस थॉमस अनुवाद : डॉ. अविनाश साठे

थोड्या वेळापूर्वीच मला एका मासिकाच्या संपादकाकडून पत्र आले आहे. त्यांनी मला अन्य सहाजणांसह जेवणाचे आमंत्रण दिले आहे. जुन्या व कालबाह्य सात आश्चर्यांचे ऐवजी, आधुनिक दृष्टीने सात आश्चर्यांची नवी सूची करण्यासाठी हे विशेष आमंत्रण आहे. मला हे जमणार नाही, असे मी त्यांना कळविले. तरीसुद्धा तो प्रश्न माझ्या मनात घोटाळत राहिला. मला असं वाटलं की कोणी एक मासिक, कोणा तरी सात लोकांना एकत्रित आणून कोणत्याही सात वस्तूंची यादी एकमताने करून केवळ जेवणाचे टेबलावर आधुनिक सात आश्चर्ये ठरवू शकतील का?

आश्चर्य या शब्दाचेही मला आश्चर्य वाटले. मला त्याचा नीट अर्थ तरी समजला

आहे का? त्यामधून वेगवेगळे अर्थ ध्वनित होतात. काहीतरी अतिसुंदर आणि अद्भुत स्वतःबद्दलचे अनुत्तरित प्रश्न उभे करणारे, बघणाराला स्तिमित करणारे, अलौकिक असं काही तरी म्हणजे आश्चर्य.

मी स्वतःच अशी यादी करायचे ठरविले. मासिकाने आयोजिलेल्या जेवणासाठी नव्हे तर या निमित्ताने मला ज्या गोष्टी अत्यंत आश्चर्यकारक वाटल्या त्या मांडण्यासाठी. मला वाटलेलं पहिलं आश्चर्य.... पण.... मी त्याबद्दल सर्वात शेवटी सांगेन. आता पुढे जाऊ या. माझे दुसरे आश्चर्य हा एक जीवाणू (Bacteria) आहे. तो १९८२ पर्यंत या भूतलावर कधी दिसलाही नव्हता व कोणाच्या ध्यानी स्वप्नीही नव्हता. आपण ज्यांना निसर्गनियम म्हणतो, त्यांचे उल्लंघन करणारा.



तंबाखूच्या झाडावर वाढणाऱ्या 'टी-४' या विषाणूचे इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाखाली काढलेले छायाचित्र. या प्रकारचे विषाणू सर्वात साधे सजीव मानले जातात.

पृथ्वीच्या गर्भातील अतिउष्ण असा जो भाग आहे, जेथे राहणे अशक्य आहे तेथून हा आलेला आहे. संशोधनासाठी खास तयार केलेल्या पाणबुड्यांच्या सहाय्याने आता समुद्रातील पंचवीस हजार मीटर खोल असलेल्या विवरांच्या तोंडापर्यंत जाता येते. या विवरातून (ज्याला सागरी शास्त्रज्ञ काळी धुराडी म्हणतात) अतितप्त पाणी बाहेर फेकले जाते, असे प्रदेश नुकतेच शास्त्रीय अवलोकनात आलेले आहेत.

आपण प्रयोगशाळांमध्ये वस्तू निर्जंतुक करण्यासाठी ज्या भट्ट्या वापरतो त्यांमध्येही उच्च दाबाखालील गरम पाणी वापरलं जातं. या भट्टीत कोणतेही जीवजंतू जगू शकत नाहीत, असं आपण मानतो. मग ३००° सें. तपमानाचं पाणी आणि वाफ सतत ओकणाऱ्या काळ्या धुराड्यात सजीवांच्या

अस्तित्वाची कल्पना करणंही अशक्य आहे. या तपमानाला डीएनएच्या रेणूंचे आणि प्रथिनांचे तुकडे-तुकडे होतील. वितंचके वितळून जातील आणि कोणताही जीव निमिषार्धात मरून जाईल. शुक्र (Venus) या ग्रहावरील अतिउष्णतेमुळे तेथे सजीवांच्या अस्तित्वाची कल्पना असंभवनीय ठरली. अशा अतिउष्ण ठिकाणी समुद्रातल्या सजीवांच्या जोमाने वाढणाऱ्या वसाहतींचा शोध बी. ए. जे. बॅरॉस आणि जे. डब्ल्यू. डेमींग या शास्त्रज्ञांनी लावला आहे. हे जीवाणू टिटॅनियमच्या कुप्यांत बंद करून बंदिस्त जागेत दाबाखाली २५०° सें. तापमानापर्यंत थंड करून पृष्ठभागावर आणले. या अवस्थेत हे जीवाणू केवळ जिवंत राहिले एवढेच नव्हे तर त्यांचे पूर्ण जोमाने पुनरुत्पादनही झाले. त्यांना नेहमीच्या उकळत्या पाण्यात म्हणजे



थंड करुनच मारता येते. ह्या जीवाणूपेशीत पेशी भित्तीका, रायबोसोम वगैरे सर्व पेशीघटक दिसतात. जर हे मूळ प्राचीन जीवाणू आहेत, आपल्या सर्वांचे पूर्वज आहेत असे मानले तर त्यांनी किंवा त्यांच्या पुढील पिढ्यांनी थंड परिस्थितीत जगण्याचे कसे शिकून घेतले? निसर्गाच्या या पेक्षा जास्त आश्चर्यकारक क्षमतेचा मी विचारही करू शकत नाही.

माझे तिसरे आश्चर्य हे ऑन्सीडेरीस नावाचा कीटक ! हौस्टन येथील घराच्या मागील मोकळ्या जागेत, लाजाळू वर्गातील झुडपावर (Mimosa) या कीटकाशी अचानक भेट झाली. हा कीटक तसा नवीन नाही. तरीही मी त्याला आश्चर्य म्हणतोय, कारण या जातीच्या कीटकाच्या मादीच्या मनात जे तीन विचार एकापाठोपाठ एक येतात त्याने उत्क्रांतीवर संशोधन करणाऱ्या शास्त्रज्ञांच्या मनात नवे नवे प्रश्न उभे केले आहेत. शेजारी इतर अनेक प्रकारची झाडे

झुडुपे असतानाही ती मादी हे झाड अचूक शोधून काढते व त्यावर चढते. तिचा विचार अंडी घालण्याचा असतो. यासाठी ती एखाद्या फांदीकडे सरपटते व त्या फांदीवर आपल्या तोंडातील दातासारख्या अवयवांनी उभा छेद घेते व छेदाच्या पोकळीत आपली अंडी घालते. तिचा पुढचा विचार हा तिच्या संततीच्या स्वास्थ्याचा असतो. या कीटकाच्या अळ्या सजीव लाकडात जगू शकत नाहीत. म्हणून ही कीटक मादी त्या फांदीवर सुमारे फूटभर खाली सरकून त्या ठिकाणी फांदीच्या गोलाकार भागावर पोषण उतीपर्यंत खोल खाच घेते. यानंतर मादी तेथून निघून जाते. या खाचेच्या वरच्या फांदीचा भाग मरतो आणि वाऱ्याने खाली पडतो. अळ्या पोसल्या जातात व त्यांचे रुपांतर पुढील पिढीत होते. हा एवढा गुंतागुंतीचा प्रकार ही कीटक मादी कसा करू शकते, असा प्रश्न आपल्याला पडतो. या तीन पैकी

कोणताही एक विचार त्या कीटकाच्या मनात कसा पक्का झाला? एकमेकांपासून संपूर्ण विभिन्न असे तीन विचार एकत्र येण्यास कोणत्या अकल्पिताने मदत केली? एखाद्या विशिष्ट झाडाची निवड, अंडी घालण्यासाठी उभा छेद घेणे व नंतर फांदीला गोलाकार खाच घेणे हे सर्व एका कीटकाच्या जनुकांत कोणत्याही योजना, हेतू शिवाय एकत्र कसे घडून येते? या चलाख कीटकाला ती काय करते आहे हे माहित आहे का? आणि त्याच्या उत्क्रांतीत लाजाळूचेच झाड कसे आले? आश्चर्य हे की या प्रकारच्या लाजाळूचे झाड जर छाटणी न करता वाढू दिले तर पंचवीस ते तीस वर्षे जगते. परंतु कीटकाच्या गोलाकार खाच घेण्याच्या कष्टांमुळे दरवर्षी छाटणी होणारे हे झाड सुमारे शंभर वर्षे फुलते. लाजाळू-कीटक हे नातं सहजीवनात्मक सहकार्याचे उत्कृष्ट उदाहरण आहे. या वैशिष्ट्याला आता निसर्गाची व्यापकता म्हणून मान्यता मिळालेली आहे. अशा प्रकारचे कीटकासारखे प्राणी आणि त्याचे मित्र झाड याचा ठसा आपल्या बुद्धिनिष्ठ मनाच्या पडद्यावर असावाच. म्हणजे, आपल्याला निसर्गाबद्दल किती कमी माहिती आहे याची जाणीव होत राहिल.

माझ्या यादीतील चौथे आश्चर्य आहे एक संसर्गजन्य आजाराचा हस्तक, ज्याला स्क्रापी (Scrapie) विषाणू असे ओळखतात. या विषाणुमुळे प्रयोगशाळेतील अनेक प्राणी,

शेळ्या, मेंढ्या यांना मेंदूचा प्राणघातक आजार होतो. या विषाणाणूचा एक नातेवाईक C-j विषाणु यामुळे माणसांत वृद्धापकालीन वेडाचा आजार होतो. यांना 'मंद विषाणु' म्हणतात. संसर्ग झाला असेल, तर सुमारे १-१॥ वर्षांनी आजाराची लक्षणे दिसतील. हा स्कॅपी विषाणु जरा गंमतशीरच आहे. कारण अद्यापपर्यंत 'स्कॅपी किंवा सी-जे विषाणू' मध्ये DNA किंवा RNA सापडलेले नाहीत. कदाचित ते असतीलही परंतु त्यांचा अंश इतका कमी आहे की तो शोधता आलेला नाही. त्यामध्ये भरपूर प्रथिन आहे. ज्यामुळे हा विषाणू म्हणजे प्रथिनच असावे असा महत्त्वाचा विचार पुढे येतो. परंतु आपल्या या पृथ्वीवर कोणतेही प्रथिन स्वतः होऊन स्वतःसारखे प्रथिन निर्माण करू शकत नाही. या दृष्टीने पाहिले असता हा स्कॅपी सर्व जीवशास्त्रांत आश्चर्यकारक गोष्ट आहे. जोपर्यंत कोणीतरी कोणत्याही प्रयोगशाळेत हे काय प्रकरण आहे हे शोधून काढत नाही तोपर्यंत हा विषाणु माझ्या आधुनिक आश्चर्याचा उमेदवार आहे.

माझे पाचवे आश्चर्य ही वास संवेदना घेणारी पेशी आहे. जी आपल्या नाकाच्या आंत पृष्ठभागीय उतीत बसवलेली असते. ती हवेचा वास घेऊन भोवतीच्या वातावरणाचा अंदाज घेत असते. मित्रांचे वास, पानांचे वास, गुलाबाचा वास, टेबलावरील न्याहारी, रात्र, झोपण्याची वेळ यांचे वास समजतात.

तिला हे सर्व करताना ही पेशी मेंदूच्या सर्वात खालच्या भागाकडे प्रचंड वेगाने तातडीचे संदेश पाठवत असते. स्वतः एका मागून एक असंख्य आठवणींची सतत देवाणघेवाण करत असते. ती स्वतः मेंदूची पेशी असते. मेंदूचा भाग असलेला तो एक वास्तव चेतनक (Neuron) असतो. आपल्याला होत असलेल्या वासाच्या जाणीवेचा अन्वयार्थ ही पेशी कसा लावते? जाईचा व जाईव्यतिरिक्त इतर वास असे फरक ती अचूकपणे कशी करू शकते? हे चेताजीवशास्त्राचे अत्यंत गहन गूढ आहे. या मेंदूपेशींचे साध्यम्यं पृष्ठवंशीयाच्या मध्यवर्ती चेतासंस्थेच्या कोणत्याही चेतनकाशी नाही, त्या ठराविक काळानंतर बदलत असतात. पेशी थकतात, मरतात आणि त्यांची जागा नवीन पेशी घेतात व त्यांचे संबंध दूरवर

खोलात असलेल्या केंद्राशी मेंदूमध्ये जोडले जातात आणि या नव्या पेशी तितक्याच उत्कृष्टपणे वासाचे ज्ञान आणि जुन्या वासांची आठवणही ठेवत असतात. जेव्हा केव्हा आपण या पेशींना समजावून घेऊ, त्यांचे कार्य जाणू त्याच वेळी आपल्याला आपल्या मनाची कितीतरी अधिक समजूत येईल.

माझे सहावे आश्चर्य हा आणखी एक कीटक आहे. वाळवी (Termite). परंतु यावेळी हा एकटा कीटक आश्चर्य नसून त्यांचा समूह हे आश्चर्य आहे. एकट्या एकांड्या वाळवीबद्दल काहीही आश्चर्य नाही. दोन, तीन वाळवीच्या मुंग्या एकत्र आल्या तरीही फारसे काही नाही. कारण त्या उदासपणे फिरतील व काहीही होणार नाही. परंतु त्या विशिष्ट संख्येइतक्या गोळा झाल्या की मग आश्चर्य सुरु होते. त्या एकदम नियोजनपूर्वक



राणी



नर



सैनिक



कामगार

वाळवीच्या वारुळामध्ये अनेक प्रकारची कामे करणाऱ्या वाळवी लागतात. जसे सैनिक कामगार, नर व राणी.

हालचाली करु लागतात. एकावर एक छोट्या गोळ्या रचून त्या खांब तयार करतील आणि कमानी -कमानींनी हे खांब एकमेकांना जोडून टाकतील. हळूहळू, पुढच्या कित्येक दशकांना पुरी पडेल, अशी असंख्य दालनांची एक वसाहत आकारला येईल. ही दालने वातानुकुलीत असून आर्द्रता नियंत्रित असतात. त्या मुंग्या आंधळ्या असूनही त्यांच्या या सर्व कार्याचा रासायनिक नकाशा त्यांच्या जनुकावर अचूकपणे नोंदवलेला असतो. त्या दिसतात त्याप्रमाणे एकेक जमा होऊन तयार झालेला केवळ गर्दीचा समुदाय नसून तो एक सजीव विचारी, चिंतनशील मेंदू लक्षावधी पायांवर उभा असतो. आणि आपले वास्तुशिल्प व स्थापत्यकार्य गुंतागुंतीच्या रासायनिक संदेश यंत्रणेद्वारे करीत असतो.

आधुनिक जगातील माझे सातवे आश्चर्य आहे, बालक. मानवी आयुष्याचा एक षष्ठांश भाग बाल्यावस्थेत जातो. मला वाटत असे,



की आपल्या उत्क्रांतीत कोठे तरी कमतरता राहून गेली आहे. त्यामुळे आपल्याला आयुष्याचा इतका मोठा कालावधी असुरक्षित आणि अनुत्पादक अशा बाल्यावस्थेत घालवावा लागतो. मांजरं जशी चटकन बालपणातून प्रौढत्वाकडे झेपावतात तसं माणसांच्या बाबतीत का घडू नये? पण असा विचार करताना मी एक गोष्ट विसरलो होतो, ती म्हणजे भाषा. भाषा हा एक गुणधर्म असा आहे की जो आपल्याला खऱ्या अर्थाने मानव बनवतो. पृथ्वीवरच्या इतर कोणत्याही सजीवापेक्षा अधिक समाजाभिमुख अशा जमातीच्या स्वरूपात आपलं अस्तित्व टिकवून धरतो. आपल्याला सहजीवनासाठी प्रसिद्ध असलेल्या कीटकांपेक्षाही अधिक परस्परावलंबी बनवतो, एकमेकांशी बांधून ठेवतो. मी हे विसरलोच होतो की बालपण हे भाषेसाठी आहे.

हा भाषेचा भाग एकमेकांशी संवादासाठी परस्परावलंबी अस्तित्वासाठी महत्त्वाचा आहे. आपण, एकत्रितरीत्या समाज म्हणून जगणारे आपण. एकमेकांच्या उपयोगी पडण्याचा गुणधर्म आपल्या जनुकांत नोंदलेला आहे आणि कुटुंब,

मित्रपरिवार, क्वचितप्रसंगी मंडळे आणि संस्थांसारख्या लहान समुदायात आपण हा गुणधर्म पाळतोही. पण एखाद्या राष्ट्रासारख्या मोठ्या समूहात आल्यावर मात्र निसर्गात कोठेही न दिसणारा आत्मघातकीपणा आपल्यात दिसून येतो.

तसा विचार करता, प्राण्यांची एक जात म्हणून अजून आपण वयाने फार लहान आहोत. उत्क्रांतीला लागणाऱ्या कालावधीच्या तुलनेत अगदी अल्पावधीत काही हजार वर्षांत आपण सर्व भूतलावर पसरलो आहोत आणि एवढ्यातल्या एवढ्यात इतर सजीवसृष्टी धोक्यात आणून आता आपण स्वतःलाच धोकादायक झालो आहोत. आपल्याला जगण्याबद्दल पुष्कळ काही शिकायचं आहे, पण कदाचित आपली वेळ संपत आली आहे. तात्पुरते, आणि तात्पुरतेच, आपणही एक आश्चर्य आहोत.

आणि आता आधुनिक विश्वातील सर्वांत पहिल्या आश्चर्याबद्दल ! याचा नामोल्लेख करताना पृथ्वीची व्याख्या पुन्हा करावी लागेल. खूप पूर्वीच भारतीय - पाश्चात्य मूळ असलेल्या 'विरॉस' (Wiros : ज्याचा अर्थ माणूस असा आहे) या शब्दावरून आपण रहातो त्या जागेला (World) विश्व असे नाव दिले आहे. आता आपण या संपूर्ण विश्वात राहात आहोत. सूर्यमालेतले इतर ग्रह आपल्याला उपनगरांसारखे आहेत, आणि लवकरच

आपल्या वस्त्या उपनगरात पसरतील आणि त्यानंतर त्यापलीकडील आकाशगंगेवर. आपल्या आवाक्यातील किंवा आपण पाहू शकत असलेल्या अवकाशातील भव्य दिव्य वस्तूंपैकी आपण पूर्णपणे पाहू शकत असलेली अत्यंत आश्चर्यकारक व सुंदर व गूढ वस्तू - आपलाच ग्रह - पृथ्वी आहे. निदान अद्याप तरी त्याची बरोबरी करणारे कोणी आपल्याला माहित नाही.

पृथ्वी हा एक महाकाय सजीवच आहे. अजूनही त्याचा विकास होतो आहे. हा सजीव स्वतःच स्वतःला नियंत्रित करतो, स्वतःला लागणारा प्राणवायू बनवतो. स्वतःचं तपमान कायम राखतो, त्याचे आपल्यासकट इतर सर्व जे जिवंत भाग आहेत त्यांना एकमेकांशी जोडून ठेवतो, एकमेकांवर अवलंबून ठेवतो. ही एक अनोखीच चीज आहे आणि तिच्याबद्दल शिकण्यासारखंही खूप काही आहे. जर आपण पृथ्वीच्या कार्यांत ढवळाढवळ करण्यापासून आणि तिचा विनाश करण्यापासून परावृत्त होऊ शकलो तर पुढची लक्षावधी वर्षे आपल्या मेंदूला चालना देणारी आणि आपली रात्रीची झोप उडवणारी अनेक आश्चर्ये ती निर्माण करत राहील. आपण अजून एक बाल्यावस्थेतली जमात आहोत. अजून शिकतो आहोत आणि भाषेचा वापर करायला लागूनही आपल्याला थोडाच कालावधी लोटला आहे. हीच आपल्या दृष्टीनं आशेची बाब आहे. आपल्याला अजून

सुधारायला पुष्कळ वाव आहे. आपण सहजीवी कीटकांसारखे नाही. त्यांना कार्याची फक्त एकच दिशा माहिती असते आणि तेच ते करीत राहतील कारण ते त्याच पद्धतीला बांधले गेले (Coded) आहेत. आपण वेगळ्या पद्धतीने आखले गेलेलो आहोत. केवळ जा अथवा जाऊ नको एवढेच पर्याय आपल्याला नसतात. सुविधा कशी आहे यावर आपल्याजवळ चार पर्याय असतात. जसे - जा - जाऊ नकोस - शक्य असेल तर - किंवा पाहू या एकदा प्रयत्न करून. जर आपण योग्य विचाराने कृती केली तर आपण एकापेक्षा एक आश्चर्य पाहू शकू. मानवी समाजासाठी पूर्वी कधीही न पाहिलेल्या वास्तू उभ्या करू शकू. जे विचार पूर्वी कधीच केले नव्हते, जे संगीत

पूर्वी कधीच एकले नव्हते ते निर्माण करू शकू.

आपण आपल्या स्वतःचा विनाश केला नाही, आणि जर आपण एकमेकांशी प्रेमानं, जिवाळ्यांनं वागलो तर आपण या ग्रहावर किंवा त्याच्याही पलीकडे काय करू शकू याला सीमा नाही. अर्भकावस्थेतून बाल्यावस्थेत प्रवेश करण्याच्या उत्क्रांतीच्या या प्राथमिक टप्प्यावर आज मनुष्यजातीला सर्वात जास्त गरज आहे, ती फक्त एका भविष्याची. ❖

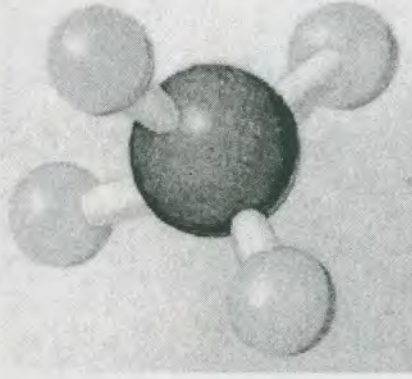
लेखक : डॉ. लुईस थॉमस

अनुवादक : डॉ. अविनाश साठे अनेक वर्षे महाविद्यालयात अध्यापन व प्राचार्यपदाची जबाबदारी. प्राणीशास्त्रात विशेष संशोधन.

डॉ. लुईस थॉमस त्यांचा जन्म न्यूयॉर्क येथे झाला व त्यांचे शिक्षण प्रिन्स्टन आणि हार्वर्ड येथे झाले. दुसऱ्या जागतिक महायुद्धाचे वेळी त्यांना संशोधक रोगनिदानतज्ज्ञ व वैद्यकीय प्रशासक म्हणून दक्षिण पॅसिफिक विभागातील रॉकफेलर संस्था, टुलाने विद्यापीठ, मिनेसोटा विद्यापीठ, न्यूयॉर्क विद्यापीठ आणि बेलेव्ह्यू हॉस्पिटल येथे फिरावे लागले. त्यांनी मेमोरियल स्लोअन - केटरिंग कॅन्सर सेंटरचे अध्यक्ष म्हणून १९७३ ते १९८० पर्यंत काम केले व नंतर ते त्या संस्थेचे कुलगुरु झाले.

डॉ. थॉमस यांनी डॉक्टर म्हणून केलेल्या कार्याच्या आठवणी 'दी यंगेस्ट सायन्स' १९८३ या पुस्तकात वाचायला मिळतात. त्यांच्या दोन निबंध पुस्तकांना, 'दी मेड्यूसॉअँड दी स्नेल १९७९ व दी लाईव्हज ऑफ ए सेल १९७४', नॅशनल बुक पारितोषिक मिळाले.

रेणुभाराचा गुंता



आजकाल रेणुभाराबद्दल शिकणं किती सोपं वाटतं. पण रेणुभार म्हणजे काय हे शोधणाऱ्यांचा मार्ग इतका सोपा नव्हता. हे कोडं सोडवायला पन्नासच्या वर वर्ष लागली.

लेखक : सुशील जोशी

अनुवादक : दिलीप बनहट्टी

पाण्याचं रेणूसूत्र (H_2O) वा खडूचं रेणूसूत्र ($CaCO_3$) लिहिताना तुम्ही कधी विचार केलात, की ही सूत्रं आपल्याला माहीत कशी झाली? उदाहरणार्थ पाण्याचं सूत्र H_2O ऐवजी HO किंवा HO_2 वा H_2O_2 का नाही? रसायन शास्त्रज्ञ, पाण्याच्या H_2O याच सूत्रापर्यंत कसे पोहोचले ?

हाच प्रश्न असाही विचारला जाऊ शकतो की पाण्याच्या एका रेणूमध्ये हायड्रोजनचे दोन अणू व प्राणवायूचा एक अणू आहे हे आपल्याला कसं माहीत झालं? जेव्हा हायड्रोजन व प्राणवायू रासायनिक प्रक्रियेने एकत्र येऊन पाणी बनतं, तेव्हा कुणी या अणुरेणूंची मोजदाद तर नाही केली. आणि अशी मोजणी करणं शक्यही नाही. रासायनिक प्रक्रियांचा अभ्यास करताना मोजमापन होतं ते प्रक्रियेत भाग घेणाऱ्या व परिणामी द्रव्यांच्या एकंदर मात्रांचं. उदाहरणार्थ,

$1 \text{ ग्रॅ. प्राणवायू} + 1 \text{ ग्रॅ. हायड्रोजन} = 1 \text{ ग्रॅ. पाणी.}$

तर या माहितीवरून हे कसं समजायचं की

पाणी म्हणजे H_2O च? रसायनातल्या या महत्त्वाच्या कोड्याचा उलगडा करण्यामध्ये प्रामुख्याने जॉन डाल्टनचा वाटा आहे.

हिशोब : वायूंच्या वजनांवरून

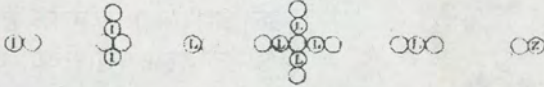
डाल्टनचं मत होतं की सृष्टीचे नियम शक्य तितके साधे असतात. म्हणून मूलतत्त्वं एकमेकांशी प्रक्रिया करणार असतील तर सर्वात साध्या, म्हणजे एकास एक या प्रमाणात करतील. म्हणजे हायड्रोजनचा एक अणू प्राणवायूच्या एका अणूशी संमिलित होईल. प्रयोगांवरून केलेलं निरीक्षण होतं - ग्रॅम हायड्रोजन व ८ ग्रॅम प्राणवायू यांच्या संयोगाने ९ ग्रॅम पाणी बनतं. याचा अर्थ - १ ग्रॅम हायड्रोजन आणि ८ ग्रॅम प्राणवायूमध्ये अणूंची संख्या सारखीच असेल. या आधारे डाल्टनने असा निष्कर्ष काढला की प्राणवायूचा अणू हायड्रोजनच्या अणूपेक्षा ८ पट जड असेल.

हायड्रोजन सर्वात हलकं मूलतत्त्व असल्यामुळे डाल्टनने त्याचा अणुभार एक

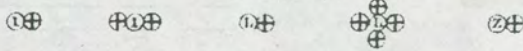
ELEMENTS.

Hydrogen		Oxygen		Azote		Chlorine	
Carbon		Phosphorus		Sulphur		Lead	
Zinc		Iron		Tin		Copper	

OXIDES.



SULPHURETS.



COMPOUNDS.

Binary.		Quaternary.	
Water		Sulphuric acid	
Nitrous gas		Binodiant gas	
Carbonic oxide		Pyroxylic spirit	
Sulphuretted hydrogen		Quinquenary.	
Phosphuretted hydrogen		Ammonia	
Nitriated gas		Nitrous acid	
Cyanogen		Prussic acid	
Ternary.		Sextenary.	
Deutoxide of hydrogen		Alcohol	
Sulphurous acid		Pyroxylic spirit	
Acetic acid		Septenary.	
Nitrous oxide		Nitric acid	
Carbonic acid		Octenary.	
Phosphoric acid		Ether	
Nitrous vapour			
Cyanuretted hydrogen			
Prussic acid			
Bisulphuretted hydrogen			
Tan			

जॉन डाल्टनच्या पद्धतीनुसार त्याने केलेला संयुगे आणि मूलभूत द्रव्य यांचा तक्ता. अर्थात अणू व रेणूंची संकल्पना डाल्टनच्या काळात उमगली नव्हती त्यामुळे डाल्टनच्या संकल्पना काही प्रमाणात ढोबळच होत्या.

डाल्टनचं साधेपणाचं प्रतिपादन



खरं तर डाल्टनच्या युक्तिवादात साधेपणा प्रतिपादला नव्हता. त्या काळात रासायनिक प्रक्रियेचं कारण मूलतत्त्वांमध्ये असलेली संयोगशक्ती मानत असत. म्हणजे असं मानत की एका मूलतत्त्वावर धनशक्ती असते व दुसऱ्यावर ऋणशक्ती, त्यामुळे ते एकमेकांशी प्रक्रिया करतात आणि वेगवेगळ्या मूलतत्त्वांच्या एकेका अणूंची आपापसात प्रक्रिया झाली की या दोन विरुद्ध प्रकारच्या शक्ती लोप पावून त्यामुळे तयार झालेल्या पदार्थाला आणखी प्रक्रिया करण्याचं कारण राहणार नाही.

डाल्टनचं असं म्हणणं होतं की दोन मूलतत्त्वांपासून जेव्हा एकच संयोग माहितीत असेल तर त्यामध्ये त्यांचा एक-एक अणु असणार. जर एकाहून अधिक संयोगपदार्थ ज्ञात असतील तर त्यांची रासायनिक सूत्रं त्यांच्या प्रक्रियेतल्या प्रमाणाच्या आधारावर लिहिली जावीत. आता आपल्याला माहित आहे की डाल्टनचा हा युक्तिवाद संपूर्ण बरोबर नव्हता.

एकक मानला. या मोजमापाप्रमाणे प्राणवायूचा अणुभार ८ येतो. इतर मूलतत्त्वाचे अणुभारही असेच, साध्या प्रमाणांच्या आधारे काढून डाल्टनने अणुभारांचा तक्ता प्रसिद्ध केला.

हिशोब वायूंच्या आकारमानावरून

डाल्टनने वजनाच्या प्रमाणावरून रासायनिक सूत्रं बनविली होती. त्याप्रमाणे पाण्याचं सूत्र HO होतं. पण मात्रा मापनाची आणखी एक पद्धत म्हणजे आकारमान मोजणे. वायूंच्या प्रक्रियांमध्ये आकारमानाचं मोजमापन गेलुझॅक याने केलं. त्याने प्रयोगातून दाखवून दिले होते की, 'एकत्र

येणाऱ्या वायूंच्या आकारमानाचे एकमेकांशी आणि तयार होणाऱ्या नव्या संयुगाशीही एक साधे-सरळ गुणोत्तर असते.' उदाहरणार्थ २ लिटर हायड्रोजन व १ लिटर प्राणवायूपासून २ लिटर (पाण्याची) वाफ निर्माण होते. म्हणजे आकारमानाचं प्रमाण झालं २:१:२ अर्थात आकारमानाची तुलना समान तपमान व दाबाखाली केली पाहिजे.

गेलुझॅकने यापुढे त्याच्या प्रयोगांतून काही निष्कर्ष काढला नाही. पण निष्कर्ष तर सरळ होता. जर पदार्थ अणूंच्या रूपात प्रक्रिया करत असतील व त्यांच्या आकारमानांत साधं प्रमाण असेल तर अणू व आकारमान यांच्यात

जॉन डाल्टन (१७६६-१८४४)

एका गरीब इंग्रजी विणकराचा हा मुलगा. औपचारिक शिक्षण बेताचेच झाले तरी डाल्टन स्वतःहून बरेच काही शिकला व आयुष्यभर शिक्षक म्हणून काम केले.

जॉनला अनेक विषयांची आवड होती. हवामान खात्याशी संबंधित संशोधनापासून त्याच्या कार्याची सुरुवात झाली. ४६ वर्षे त्याने दररोजचे हवामान नोंद पुस्तकात नोंदविले आहे. एवढ्या गोष्टीवरूनही त्याची जिद्द अन कामातील सातत्य येईल. रंगांमध्येपणाबाबत संशोधन करणारा तो पहिला संशोधक. अर्थात तो स्वतः रंगांमध्ये असल्याने त्याला त्यात रुची उत्पन्न झाली ! पण त्याच्या अणुसिद्धांताच्या संशोधनाने तो प्रसिद्ध पावला ! पदार्थाच्या अविभाज्यतेसंबंधी अधिक माहिती मिळाली. अणुंपासून रेणु तयार होताना अणू साध्या पूर्णांकात एकत्र

येतात हे त्याने मांडलेले तत्त्व किती महत्त्वाचे आहे हे त्या क्षेत्रात काम करणाऱ्यांनाच ठाऊक.

डाल्टनच्या काळात भारतामध्ये ईस्ट इंडिया कंपनी आपला स्वतःचा साम्राज्य विस्तार करण्यात गुंतलेली होती. अन आपले इथले संस्थानिक बलाढ्य शस्त्रांच्या अन लष्करी सामर्थ्याच्या इंग्रजांच्या प्रभावामुळे भयभीत झाले होते.

विज्ञानाचा इतिहास पाहताना अशी तुलना मोठी मनोरंजक ठरते. पण महत्त्वाच्या शास्त्रीय संशोधनाच्या काळात आपल्या इथे काय घडत होते हे कळून त्या वेळच्या सामाजिक परिस्थितीची व लोकमानसाची पुसटशी कल्पनाही येते. असे का घडले असावे अन त्याचा परिणाम काय झाला याचा विचारही त्यानिमित्ताने स्वाभाविकच आहे.



डाल्टन व त्याचे लहान मित्र शेवाळ्यातून बाहेर पडणारा वायू गोळा करतानाचे दृश्य .

अणुभार



बर्झीलियस

एक गोष्ट लक्षात घेतली पाहिजे. डाल्टन असो वा बर्झीलियस सर्व अणुभार मापन तुलनात्मक रितीने करायचे. म्हणून सारे अणुभार शेवटी तुलनात्मक भार आहेत. आज आपण वापरत असलेले अणुभारही त्यात अंतर्भूत आहेत. डाल्टनने हायड्रोजनला १ मानून बाकी सर्वांची गणना केली, तर बर्झीलियसन प्राणवायूला १०० मानून. सध्याच्या वापरातले अणुभार कर्बाचा एक विशिष्ट आयसोटोप प्रमाण मानून काढलेले आहेत.

काही नातं असलं पाहिजे. अशा युक्तिवादाने बर्झीलियसने असं मत मांडलं की वायूच्या समान आकारमानात अणूंची संख्या समान असणार, किंवा या संख्येच्या साध्या गुणकाएवढी असणार.

पाण्याचं उदाहरण घेतल्यास.

हायड्रोजन+प्राणवायू=पाणी

२आकारमान+१आकारमान=२आकारमान

२ स कण+१ स कण=२ स कण

यात एक एकक आकारमानात कणांची संख्या स धरली आहे. समजा स = १० मानलं, तर बर्झीलियसच्या युक्तिवादानुसार हायड्रोजनच्या २ एकक आकारमानात २० कण असतील व प्राणवायूच्या एक एकक आकारमानात १० कण असतील. तेव्हा बर्झीलियसनुसार पाण्यात हायड्रोजन व प्राणवायूच्या अणूंचं प्रमाण २:१ असेल. म्हणजे पाण्याचं सूत्र H_2O असेल.

डाल्टनने या युक्तिवादाला व त्याच्या निष्कर्षाला जोरदार आक्षेप घेतला. मुख्य आक्षेप हा की त्याप्रमाणे पाण्याचा एक अणू बनवायला प्राणवायूच्या अणूचे तुकडे करावे लागतील.

हायड्रोजन+प्राणवायू = पाणी

२आकारमान+१आकारमान=२ आकारमान

२ अणू+१ अणू=२ अणू

१अणू + १/२ अणू=१ अणू

हे शेवटचं अनुमान डाल्टनच्या आण्विक सिद्धांताच्या विरुद्ध होतं. ज्यानुसार अणू हा पदार्थाचा सर्वात लहान अविभाज्य घटक होय, ज्याचे आणखी लहान तुकडे संभवत नाहीत.

तरी बर्झीलियसने आपल्या पद्धतीने कित्येक मूलतत्त्वांचे अणुभार काढून डाल्टनच्या तक्त्याहून भिन्न अणुभार-तक्ता प्रसिद्ध केला.

अमीदियो अँव्होगाड्रो (१७७६ ते १८५६)

काऊंट अँव्होगाड्रोचा जन्म १७७६ मध्ये तुरीन येथे झाला. आपले बरेचसे आयुष्य त्याने तेथेच घालविले. त्याच्या घरामध्ये कायदेविषयक अभ्यासाची परंपरा होती. म्हणूनच प्रत्यक्ष विज्ञानात रस असूनही त्याने कायद्याचा अभ्यास केला व बराच काळ त्याचा व्यवसायही केला.

त्याचा खराखुरा भौतिक शास्त्राचा अभ्यास १८०० मध्येच सुरु झाला. १८०९ मध्ये तो व्हर्सेली इथे भौतिक शास्त्राचा प्राध्यापक झाला. जिथे त्याने आपला आदर्श वायूच्या आकारमानावरील प्रसिद्ध सिद्धांत मांडला. तुरीन विद्यापीठामध्ये त्याला १८२० ते १८५० या काळात भौतिकशास्त्रविभागात महत्त्वाचे पद मिळाले. त्या काळात त्याने पदार्थांच्या विद्युत गुणधर्माबाबत संशोधन केले, तसेच औष्णिक प्रसारण आणि विशिष्ट उष्मा यांच्याविषयी प्रयोग केले.

अँव्होगाड्रोने मांडलेला सर्वात महत्त्वाचा सिद्धांत म्हणजे : तपमान व दाब यांच्या समान परिस्थितीमध्ये सर्व वायूंच्या समान आकारमानातील रेणूंची संख्या समान असते. १८११ साली जर्नल डी फिजिक या फ्रेंच नियतकालिकात हा सिद्धांत प्रसिद्ध झाला होता.

अँव्होगाड्रोची महती त्याच्या तपमान व दाब यांच्या एकाच परिस्थितीमध्ये सर्व वायूंच्या एकाच आकारमानात एकाच संख्येत रेणू असतात. या सिद्धांतामध्ये आहे.



खरेतर अँव्होगाड्रोचा सिद्धांत गेलुझॅकच्या सिद्धांताबरोबर प्रायोगिकदृष्ट्या रेणवीय सूत्रे आणि वायूंचे आण्विक भार शोधू शकला असता. पण प्रायोगिक पुराव्यांची पुरेशी जोड नसल्याने हा शोधनिबंध दुर्लक्षित गेला.

अँव्होगाड्रोच्या गृहितकाचे महत्त्व त्याच्या मृत्यूनंतर कॅनिझारोच्या कार्यामुळे पुढे आले. त्यानंतर आजतागायत ते निःशंकपणे स्वीकारले गेले आहे आणि सामान्य वायूंच्या रेणवीय स्वरूपाबाबतच्या त्याच्या कल्पनाही बरोबर असल्याचे सिद्ध झाले आहे.

अँव्होगॅड्रोच्या गृहितकामुळे 'ग्रॅम रेणू भार' संकल्पना पुढे आली. (पदार्थांच्या रेणुभाराइतके त्याचे ग्रॅममधील वस्तुमान) तसेच अँव्होगॅड्रो अंक' प्रसिद्ध झाला. पदार्थांच्या 'ग्रॅम-रेणू भारामधील रेणुंची संख्या अँव्होगॅड्रो अंकाने दर्शविली जाते. ही संख्या १९४१ पर्यंत बरोबरा मोजली गेली नव्हती. आर. टी. बीर्ज ने १९४१ मध्ये ६.०२४८६ X १०^{२३} अशी अँव्होगाड्रो अंकाची किंमत शोधली.

अणुवर घाला

अणुभाराच्या गोंधळामुळे परिस्थिती इतकी वाईट झाली की कित्येक लोक अणुच्या अस्तित्वाबद्दलच शंका दाखवू लागले. डाल्टनच्या हयातीतच अणुच्या अस्तित्वावर अविश्वास प्रकट होऊ लागला. उदाहरणार्थ जेव्हा डाल्टनला रॉयल सोसायटीचं सुवर्णपदक देण्यात आलं तेव्हा सोसायटीच्या तत्कालीन अध्यक्षानी हम्फ्रे डेव्हीनी स्पष्ट शब्दांत म्हटलं की, 'हे पदक स्थिर प्रमाणाच्या नियमासाठी दिलं जात आहे, ज्याला सर्वसाधारणपणे आण्विक सिद्धांत म्हणतात.'

लक्षात घ्या की रॉयल सोसायटीनी याबाबतीत सावधानताच बाळगली होती.

दुसऱ्या बाजूने रसायनतज्ज्ञ ड्युमासनी वायूच्या प्रक्रियांमधील चित्रविचित्र निष्कर्षानी त्रासून म्हटलं होतं, 'जर मला शक्य असतं तर मी विज्ञानातून अणूंचा मागमूस मिटवला असता.' कर्बन्वित रसायनतज्ज्ञ फ्रेडरिक व्होलरचं मत होतं की या सर्व कारणांस्तव कर्बन्वित रसायन कुणालाही पागल बनवायला पुरेसं आहे.

म्हणजे एकंदरीत अशी परिस्थिती होती की जर अणु रेणूभाराचा गुंता न उलगडता तर अणू स्वतःच्याच वजनाखाली दबून नष्ट झाला असता!

अणुभाराबद्दल मतविविधता

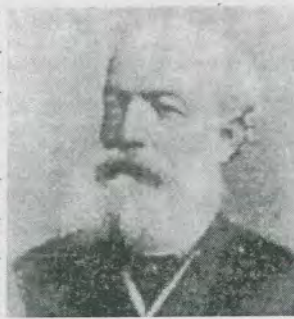
बर्झेलियसचं उदाहरण डोळ्यासमोर ठेवून इतर बऱ्याच लोकांनी अन्य प्रकारे अणुभार व रासायनिक सूत्रं काढणं सुरु केलं. परिणामतः या क्षेत्रात अतिशय गोंधळ माजला. अणुभार काढण्याच्या अनेक पद्धती व त्याप्रमाणे काढलेले विविध अणुभार व एकमेकांशी न जुळणारी सूत्रं.

उदाहरणार्थ अॅसेटिक आम्लासारख्या साध्या पदार्थाची १३ सूत्रं प्रचलित होती!

हळूहळू अणुभारांवर आधारित संशोधनपर लेख वाचणं कठीण झालं. प्रत्येकाचे आपापल्या परीनं वेगळे अणुभार असायचे. या

परिस्थितीत बऱ्याच लोकांनी अणुभाराची कल्पनाच वापरणं बंद केलं. त्याऐवजी संयोगभाराचा वापर बहुसंख्य लोक करू लागले. संयोगभार मात्रेशी रासायनिक प्रक्रिया अथवा संयोग करेल. उदाहरणार्थ पाण्यात प्राणवायूचा संयोगभार ८ ग्रॅम व हायड्रोजनचा १ ग्रॅम आहे.

आश्चर्याची बाब ही की या सर्व गोंधळात कुणाचंच लक्ष अमीदियो अॅव्होगाड्रोच्या विचारांकडे गेलं नाही. हे विचार 'जर्नल द फिजिक'च्या एका ४ पानी लेखात बंदिस्त पडले होते. आणि या चार पृष्ठांत संपूर्ण प्रश्नाची उकल दिलेली होती. असं म्हणता येईल की



ऑगस्ट केकुले

अणु-रेणूंत फरक

अँव्होगाड्रोच्या विचारांबद्दल दोन गोष्टी विशेष आहेत. त्याचे विचार कुठल्याही सिद्धांतांवर आधारित नव्हते. तर गेलुझॅकचे प्रयोग व डाल्टनच्या आण्विक सिद्धांतांमध्ये मेळ बसवण्यासाठी रेणूंची (एकाहून अधिक अणूंचे बनलेले कण) कल्पना मांडली होती. अँव्होगाड्रोचा लेख प्रसिद्ध व्हायच्या वेळी असं मानलं जात असे की, मूलतत्त्वांमध्ये रासायनिक क्रिया तेव्हाच होते जेव्हा त्यावर परस्परविरोधी शक्ती असतील. त्यामुळे एकाच मूलतत्त्वाचे दोन वा अधिक अणू आपसात प्रक्रिया करतील हे मानणं कठीण होतं, कारण त्यावर त्याच प्रकारची शक्ती असणार. १८६० मध्ये रासायनिक प्रक्रियेच्या या क्रियाशक्तीवर आधारित सिद्धांताचा जोर कमी होऊ लागला होता. त्यामुळे अँव्होगाड्रोच्या विचारांना सहज मान्यता मिळाली. पण मुख्य गोष्ट ही की गोंधळातून मुक्त होण्याचा हा एक व्यवहारी मार्ग होता.

अँव्होगाड्रोच्या विचारांसाठी परिपक्व भूमिका असण्याचीच खोटी होती !

या सर्व त्रस्त रसायन तज्ज्ञांमधील एक ऑगस्ट केकुले होय, तोच केकुले जो बहुतेकांना बेंझीनच्या रचनेचा शोधक म्हणून माहीत आहे. केकुलेने विज्ञानाच्या इतिहासात अभूतपूर्व असं पाऊल पहिल्यांदाच उचललं. त्याने जगातल्या सर्व रसायनतज्ज्ञांचं एक संमेलन भरवलं. या संमेलनाचा हेतू होता अणुभाराबद्दल प्रचलित गोंधळातून काही सर्वमान्य मार्ग काढणे.

वैज्ञानिकांचं हे प्रथम संमेलन जर्मनीत कार्ल्सरुहे इथे १८६० मध्ये झालं. जर या संमेलनात कॅनिझारो हा शिक्षक नसता तर आण्विक सिद्धांतांची शवयात्राच निघाली असती. कॅनिझारोचं नाव कर्बन्वित रसायनात (Organic ChemiStry) कॅनिझारो प्रक्रियेसाठी प्रसिद्ध आहे. पण रसायन शास्त्रात त्याची सर्वात महत्त्वपूर्ण कामगिरी म्हणजे या

संमेलनात त्याने ५० वर्ष आधी १८११ मध्ये अँव्होगाड्रोने लिहिलेल्या लेखाकडे सर्व रसायनतज्ज्ञांचं लक्ष वेधलं. कॅनिझारोने संमेलनात प्रतिपादलं की अँव्होगाड्रोची पद्धत वापरल्यास हा प्रश्न समाधानकारकरीत्या सुटतो. अशी ती जादूची पद्धत काय?

अँव्होगाड्रोचं निदान

या लेखात अँव्होगाड्रोने स्पष्ट केलं होतं की पदार्थांचे सर्वात लहान कण, म्हणजे मूलकण, दोन प्रकारचे असतात. एकाला म्हणावं अणू व दुसरे रेणू, अँव्होगाड्रोचा संपूर्ण युक्तिवाद जरा किचकट स्वरूपातच मांडलेला होता. पण त्याचं सार हे की रेणू म्हणजे एकाहून जास्त अणूंनी बनलेले कण. सर्वात महत्त्वाची बाब ही की मूलतत्त्वाच्या रेणूबद्दल विवेचन केलं होतं. त्याचं म्हणणं असं की बरीच मूलतत्त्वं अणूंच्या नव्हे तर रेणूंच्या रूपात निसर्गात आढळतात. अँव्होगाड्रोने असंही प्रतिपादलं होतं की वायूच्या समान

आकारमानात रेणूंची संख्या समान असते.

अशा रितीने अँव्होगाड्रोने अणू-रेणूत फरक करून संपूर्ण कोड्याचा उलगाडा केला होता. अँव्होगाड्रोच्या मते हायड्रोजन व प्राणवायूंची प्रक्रिया अशा प्रकारे समजू शकते.

हायड्रोजन+प्राणवायू=पाणी

२ आकारमान+१आकारमान

= २ आकारमान

२ न रेणू+१ न रेणू=२ न रेणू

१ रेणू+१/२ रेणू=१ रेणू

अँव्होगाड्रोच्या मते वायूच्या समान आकारमानात अणूंची नव्हे तर रेणूंची संख्या समान असते. रेणूंचं विभाजन डाल्टनच्या आण्विक सिद्धांताविरुद्ध नव्हतं, कारण एका रेणूत एकाहून अधिक अणू असू शकतात. उदाहरणार्थ एका हायड्रोजनच्या रेणूत (H₂)

दोन अणू आहेत. प्राणवायूच्या रेणूतही (O₂) दोन अणू आहेत.

एकदा असं ठरलं की सर्व वायूंच्या समान आकारमानात रेणूंची संख्या समान आहे, की मग पुढची गोष्ट सोपी होते. या अनुमानाच्या आधारे कॅनिझारोने जे प्रतिपादन केलं ते या लेखात इतरत्र पेटीबद्ध केलेलं आहे. अर्थात तुम्ही स्वतःच जर बुद्धीच्या घोड्याचा लगाम दिला सोडलात तर हे कसं काय ते स्वतःच समजू शकाल. ❖

लेखक : सुशील जोशी, पर्यावरण व विज्ञान विषयांवर सतत लेखन. होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रमात सहभागी.

अनुवादक : दिलीप बनहट्टी. भौतिक शास्त्रात संशोधन. मदुराई येथे महाविद्यालयात अध्यापक.

कॅनिझारोचं प्रतिपादन

१. अँव्होगाड्रोनुसार पाण्याचं सूत्र H₂O येतं.

२. जर सगळ्या वायूंच्या समान आकारमानात तेवढेच रेणू असतील तर वायूंचा रेणूभार (रे) त्यांच्या घनतेच्या (घ) प्रमाणात असणार.

रे ∝ घ, म्हणजे रे = स्थि x घ, (स्थि=स्थिरांक)

३. कुठल्याही एका वायूचा रेणूभार माहीत असल्यास त्याची घनता मापून स्थिरांक निश्चित करता येईल. हायड्रोजन व प्राणवायू ह्यांचं उदाहरण घेऊन पाहू. हायड्रोजनचा अणुभार १.० आहे. व त्याचा रेणू दोन - अणूंचा बनलेला आहे. म्हणून हायड्रोजनचा रेणूभार २.० झाला. प्राणवायूचा अणुभार १६ असून त्याचाही रेणू २ अणूंचा बनतो. म्हणून प्राणवायूचा रेणूभार ३२.०

४. या आकड्यांच्या आधारावर स्थिरांकाचं मापन :

वायू	घनता (ग्रॅम प्रति लिटर)	रेणूभार	स्थिरांक
H ₂	०.०८९९	२.०	२२.२५
O ₂	१.४२९	३२.०	२२.४०

स्थिरांकाचं मध्यम मूल्य = २२.३३

५. आता समजा कर्ब व क्लोरीनचा अणुभार निश्चित करायचा आहे. या मूलतत्त्वांच्या वेगवेगळ्या वायुरूपी संयोगांची मोजमापं ध्यानात घेऊन विश्लेषण करता येईल.

वायुरूपी संयोग (पदार्थ)	घनता (ग्रॅ./लि.)	रेणुभार रे=स्थि.घ.	मूलतत्त्वांचं शेकडा प्रमाण			एका रेणूत मूलतत्त्वांचं प्रमाण			संभाव्य सूत्र
			C	H	Cl	C	H	Cl	
			मिथेन	०.७१५	१६.०	७४.८	२५.०	-	
इथेन	१.३४०	२९.९	७९.८	२०.२	-	२३.९	६.०४	-	C ₂ H ₆
क्लोरोफॉर्म	५.३४	११९.१	१०.०५	०.८४४	८९.१०	१२.०	१.०१	१०६.२	CHCl ₃
ईथाइल क्लोराइड	२.८८	६४.३	३७.२	७.८	५५.०	२३.९	५.०२	३५.४	C ₂ H ₅ Cl
कार्बन टेट्राक्लोराइड	६.८३	१५२.६	७.८	-	१२.९	११.९	-	१४१.०	CCl ₄

६. तक्त्यातल्या स्तंभाबद्दल प्रत्येकी विवेचन : कुठल्याही वायूची घनता प्रयोगांनी काढता येते (स्तंभ १) स्थिरांक माहीत आहे, व घनता मापली आहे, त्यावरून रेणुभार काढता येईल (स्तंभ २) प्रयोगातून वायूंमध्ये मूलतत्त्वांचं शेकडा प्रमाण निश्चित करता येईल (स्तंभ ३, ४, व ५)

७. एका रेणूत (म्हणजे आण्विक एककात) मूलतत्त्वांचं प्रमाण काढण्याची पद्धत मिथेनच्या उदाहरणावरून पाहू :

मिथेनच्या १०० एककांत कार्बनचं प्रमाण : ७४.८

मिथेनच्या १६.० एककांत कार्बनचं प्रमाण = $\frac{७४.८ \times १६.०}{१००} = १२.०$

मिथेनच्या १०० एककांत हायड्रोजनचं प्रमाण = २५.०

मिथेनच्या १६.० एककात हायड्रोजनचं प्रमाण = $\frac{२५.० \times १६.०}{१००} = ४.०$

८. यानुसार इतर वायूसाठीही त्यात असलेल्या मूलतत्त्वांचं प्रमाण काढता येतं. आता असं बघू की वायूंच्या एका रेणूत मूलतत्त्वांच्या प्रमाणाचा महत्तम साधारण विभाजक (म.सा.वि.) काय आहे. उदाहरणार्थ वरील वेगवेगळ्या संयोगी पदार्थात संयोगाच्या एका रेणूत (आण्विक एककात) कार्बन याहून कमी असू शकत नाही. म्हणजेच हेच कार्बनचं सर्वात लहान प्रमाण मानता येईल. निष्कर्षात : कार्बनचा अणुभार १२ मानावा लागेल. जर एखादा असा पदार्थ सापडला की ज्यात कार्बन प्रमाण ६ आहे तर आपल्याला कार्बनचा अणुभार बदलावा लागेल व तक्त्यातल्या कार्बनयुक्त सूत्रांतही यथोचित बदल करावा लागेल. तोपर्यंत कार्बनचा अणुभार १२ मानणं योग्य होईल. या प्रकारे इतर मूलतत्त्वांचा अणुभारही काढता येईल.

लेखक : सुशील जोशी

श्रावणमासी हर्ष मानसी....



श्रावण महिन्यात आपल्याला इंद्रधनुष्य पाहण्याचा योग अनेकदा येतो. या इंद्रधनुष्याच्या कोड्याचा उलगडा विज्ञानाला अनेक वर्षांच्या प्रयत्नांनी झाला. इंद्रधनुष्याची रचना समजावून घेताना आपल्याला प्रकाशाच्या विविध गुणधर्मांची ओळखही करून घेता येईल.

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

बालकवींच्या एका प्रसिद्ध कवितेत श्रावण महिन्याचे सुंदर वर्णन आहे. ते म्हणतात-

श्रावणमासी हर्ष मानसी,
हिरवळ दाटे चोहिकडे,
क्षणात येते सर सर शिरवे,
क्षणात फिरुनी उन पडे

श्रावण महिन्यातील पावसाचा लहरीपणा, त्याची उन्हाशी चाललेली लपाछपी आणि यातून अनेकदा उमटणारे इंद्रधनुष्य याची सुरेख सांगड त्यांनी घातली आहे. ते पुढे म्हणतात -

वरती बघता इंद्रधनुचा,
गोफ दुहेरी विणलासे,
मंगल तोरण काय बांधिले,
नभो मंडपी कुणी भासे

श्रावण महिन्यात इंद्रधनुष्य पाहण्याचा योग आपल्याला अनेकदा येतो. आकाशात इंद्रधनुष्य उमटले की, लहान आणि मोठे, सर्वजण हातातील कामे बाजूला ठेवून सिर्गाचा हा चमत्कार बघण्यासाठी बाहेर येतात. जादूची कांडी फिरवल्याप्रमाणे क्षणार्धात उमटलेल्या इंद्रधनुष्याकडे आई-वडील लहान मुलांचे लक्ष वेधतात. गडावर पावसाळी सहलीला गेलो असताना दिसलेल्या इंद्रधनुष्याची माहिती आपण मित्रांना किती उत्साहाने सांगतो. काही क्षणांपुरता आपल्यासमोर प्रकटलेला निसर्गाचा हा खेळ आपल्या आयुष्यात अविस्मरणीय ठरतो.

या इंद्रधनुष्याचा संबंध जेवढा विज्ञानाशी आहे तेवढाच विविध कलांशीही आहे. तेजस्वी आणि सप्रंगी इंद्रधनुष्याने अनेक कवींना आणि चित्रकारांना प्रेरित केलं आहे. पृथ्वीवरील जवळजवळ सर्व प्राचीन संस्कृती, पौराणिक कथा आणि दंतकथांमधून

इंद्रधनुष्याचा उल्लेख आढळतो. पण गंमत अशी की या सर्व कथांमध्ये इंद्रधनुष्यासंबंधी चांगल्या किंवा सुदैवी घटनांचा उल्लेख दिसून येतो. इंद्रधनुष्याचे रूपच असे आहे की ते माहिल्यावर कोणाचेही मन उल्लसित होईल. असे हे इंद्रधनुष्य कला व विज्ञान यांना जोडणारा एक अनमोल दुवा आहे.

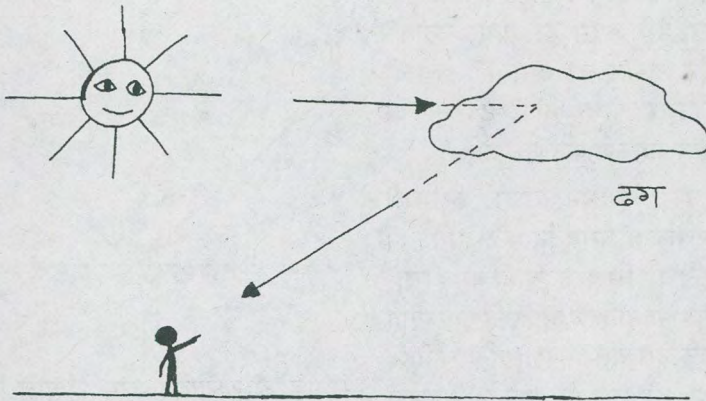
इंद्रधनुष्याचे गुपित उलगडायला विज्ञानाला मात्र अनेक शतके लागली. या कालावधीत अनेक मातब्बर तत्त्ववेत्त्यांनी आणि वैज्ञानिकांनी इंद्रधनुष्याचे कोडे सोडवण्याचा प्रयत्न केला. तुम्हाला आश्चर्य वाटेल पण इंद्रधनुष्याच्या काही गुणधर्मांचे आकलन अगदी काही वर्षांपूर्वीच झाले आहे. प्रकाशाची दोन अविभाज्य रूपे - प्रकाश कण आणि प्रकाश तरंग- यांचे परिणाम इतके आश्चर्यजनक असतील हे कुणास ठाऊक होते? हे इंद्रधनुष्य असते तरी काय?

इंद्रधनुष्याचे बहुतांशी गुणधर्म आपल्या सर्वांना सहज समजावून घेता येतील. तुम्हाला कधी इंद्रधनुष्य पाहण्याची संधी मिळाली तर ते नीट निरखून पहा. आपण ज्याला सर्वसाधारणपणे इंद्रधनुष्य म्हणतो ते खरे प्राथमिक इंद्रधनुष्य असते. प्राथमिक इंद्रधनुष्यात सर्वात आतील कमान जांभळ्या रंगाची असते आणि सर्वात बाहेरील कमान तांबड्या रंगाची असते. यांमध्ये तांबडा, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा आणि जांभळा या सात रंगांच्या कमानी दिसतात. बहुतेक वेळा इंद्रधनुष्य सूर्याच्याविरुद्ध दिशेला सकाळी आणि संध्याकाळी दिसते. कधी कधी इंद्रधनुष्य अगदी प्रखर, स्पष्ट उमटते आणि या इंद्रधनुष्याच्या बाहेर काही अंशांवर द्वितीय इंद्रधनुष्यही उमटते. गंमत अशी की

द्वितीय इंद्रधनुष्याच्या रंगांची रचना प्राथमिक इंद्रधनुष्याच्या उलटी असते. द्वितीय इंद्रधनुष्यात सर्वात आतली कमान तांबड्या रंगाची तर सर्वात बाहेरील कमान जांभळ्या रंगाची असते. तुम्हाला जर प्राथमिक आणि द्वितीय इंद्रधनुष्य पाहण्याचा योग आला तर आणखी काही गुणधर्मही तुमच्या लक्षात येतील. प्राथमिक इंद्रधनुष्याच्या आतील आकाश तेजस्वी आणि उजळलेले दिसते, परंतु प्राथमिक आणि द्वितीय इंद्रधनुष्यामधील आकाश मात्र अंधारून आलेले दिसते. या काळसर पट्ट्याला 'अलेक्झांडरचा पट्टा' असे म्हणतात. इंद्रधनुष्य जेव्हा अगदी तेजस्वी असते तेव्हा प्राथमिक इंद्रधनुष्याच्या आत आणि द्वितीय इंद्रधनुष्याच्या बाहेर गुलाबी आणि हिरव्या रंगाचे झगमगणारे पट्टेही क्वचित दिसून येतात. संदर्भच्या या अंकाच्या मुखपृष्ठावरील चित्रात तुम्हाला इंद्रधनुष्याची काही अंगे दिसून येतील. पण असे इंद्रधनुष्य स्वतःच्या डोळ्यांनी बघण्याचा आनंद काही वेगळाच.

ॲरिस्टॉटल हा प्रसिद्ध तत्त्ववेत्ता इ.स. पूर्व ३८४ ते इ.स. पूर्व ३२२ मध्ये होऊन गेला. तत्त्वज्ञानाचा जो पाया विज्ञानाला मिळाला आहे, त्याचा जनक ॲरिस्टॉटलला मानता येईल. इंद्रधनुष्याच्या संदर्भात ॲरिस्टॉटलने पहिल्यांदा सिद्धांत मांडल्याचे आढळून येते. पाऊस, ऊन व इंद्रधनुष्य यातील संबंध त्याने बरोबर जाणला होता 'सूर्यप्रकाशाचे किरण जेव्हा ढगांवर पडतात तेव्हा ते एका विशिष्ट कोनात 'परावर्तित' होतात. त्यामुळे जमिनीवर उभ्या असणाऱ्यांना गोलाकार इंद्रधनुष्याचा अनुभव येतो.' असा सिद्धांत ॲरिस्टॉटलने मांडला. अर्थात जर सर्व किरण सूर्यापासून एकाच अंशात परावर्तित झाले तर आकाशात त्या अंशाएवढे वर्तुळाकार इंद्रधनुष्य दिसून येईल. इंद्रधनुष्याचा हा गुणधर्म ॲरिस्टॉटलच्या या कल्पनेने समजला. खालील आकृतीत ॲरिस्टॉटलची इंद्रधनुष्याबद्दलची ही कल्पना दाखवली आहे.

ॲरिस्टॉटलच्यानंतर जवळजवळ पाच



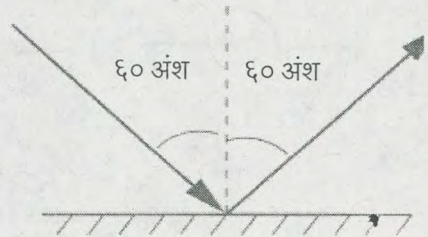
आकृती - १

शतकांनी म्हणजे इ. स. २०० साली इंद्रधनुष्याचा उल्लेख 'अलेक्झांडर ऑफ अॅफ्रोडायसीस' या तत्त्ववेत्त्याने केलेला आढळतो. त्याने प्राथमिक आणि दुय्यम इंद्रधनुष्य यामधील आकाश इतर दिशांपेक्षा काळसर दिसून येते, असे निरीक्षण नोंदवले. म्हणूनच या काळसर पट्ट्याला आज 'अलेक्झांडरचा पट्टा' म्हणून ओळखले जाते. अॅरिस्टॉटलनंतर जवळजवळ पंधरा शतकांनंतर रॉजर बेकन या प्रसिद्ध विचारवंताने इंद्रधनुष्याचे मोजमाप केल्याची नोंद आढळते. १२६६ साली बेकनच्या निरीक्षणांनुसार प्राथमिक इंद्रधनुष्याची त्रिज्या सूर्यकिरणांशी सुमारे ४२ अंशाचा कोन करते. दुय्यम इंद्रधनुष्याची त्रिज्या याहून ८ अंश जास्त, म्हणजे ५१ अंशाचा कोन, हेही बेकनने नमूद केले. तुम्हाला जर कधी इंद्रधनुष्य दिसले तर साधी फूटपट्टी आणि कोनमापक वापरून तुम्हीपण इंद्रधनुष्याची व्याप्ती अंशात मोजून बघा. बेकनने इंद्रधनुष्याच्या रंगांचीही निरीक्षणे केली व प्राथमिक इंद्रधनुष्य व दुय्यम इंद्रधनुष्य यातील रंगांचा क्रम एकमेकांच्या उलट असतो हे नोंद केलं. परंतु हे रंग कसे तयार होतात? त्यांचा क्रम उलटा का असतो? इत्यादी प्रश्नांची उत्तरे फक्त अॅरिस्टॉटलच्या सिद्धांतावरून समजणे कठीणच होते.

खरं तर 'इंद्रधनुष्याची निर्मिती प्रकाशकिरणांच्या परावर्तनामुळे होते' हा अॅरिस्टॉटलचा सिद्धांत चुकीचा होता. आपल्या सर्वांना माहिती आहे की आरश्यात परावर्तनामुळे दिसणारी आपली प्रतिमा हुबेहुब दिसते पण ती उलटी असते. म्हणजे डावीकडील बाजू उजवीकडे आणि अक्षरं तर पार उलटी दिसतात. आरसा जेव्हा प्रकाश

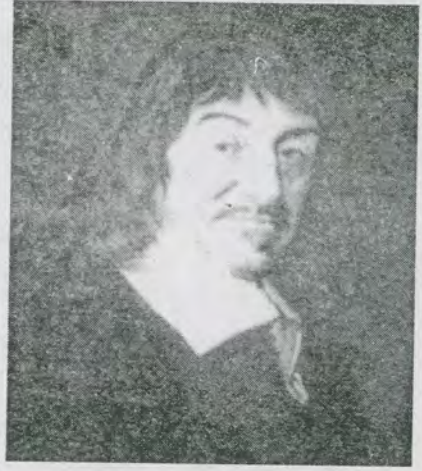
किरण परावर्तित करतो तेव्हा तो एक सोपा नियम पाळतो. कुठचाही किरण ज्या अंशात आरश्यावर पडतो त्याच अंशात तो परावर्तित होतो. उदाहरणार्थ, खालील आकृतीत दाखविलेला आरसा पाहा. या आरश्यावर जर ६० अंश दिशेने प्रकाशाचा झोत (किंवा किरण) टाकला तर तो ६० अंशातच परावर्तित होतो. छोटा आरसा व टॉर्च वापरून तुम्हीपण हा नियम पडताळून पाहू शकाल. फक्त खोलीत चांगला अंधार आहे ना ते बघा. अर्थात सूर्यकिरण ढगांवर जेव्हा विविध दिशेने पडतील तेव्हा ते विविध दिशांनी परावर्तित होतील. त्यापासून फक्त ४२ अंशावर इंद्रधनुष्य कसे काय तयार होणार? अर्थात अॅरिस्टॉटलची परावर्तनाची कल्पना अपुरी होती.

विज्ञान आणि तत्त्वज्ञानावर अॅरिस्टॉटलच्या विचारांचा एवढा प्रभाव होता की इंद्रधनुष्याबद्दलच्या त्याच्या कल्पनांना शह मिळायला जवळजवळ अठरा शतके जावी लागली. इ. स. १३०४ साली जर्मन धर्मगुरु 'थिऑडोरीक ऑफ फ्रायबर्ग' याने



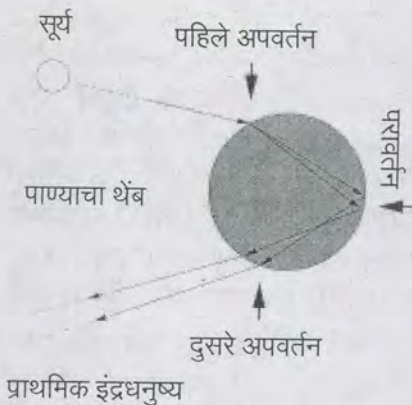
सपाट आरश्यावर ज्या अंशात किरण पडतात त्याच अंशात ते परावर्तित होतात.

इंद्रधनुष्याबद्दल एक नवी कल्पना मांडली. सूर्यकिरण जेव्हा पाण्याच्या 'थेंबातून अपवर्तित' होतात तेव्हा ते काही विशिष्ट कोनात बाहेर पडतात. त्यामुळे इंद्रधनुष्य तयार होते. थिऑडोरीकची ही नुसती कल्पनाच नव्हती तर त्याने यासाठी अनेक प्रयोग केले. धर्मशाळेतील आवारात त्याने काचेच्या एका गोलाकार चंबूत पाणी भरून तो उन्हात ठेवला तेव्हा त्याला आढळून आले की सूर्यकिरण फक्त परावर्तित न होता चंबूतील पाण्यात शिरून अपवर्तित होतात. त्यांचे रंगीत किरणांत रूपांतर होते व ते एका विशिष्ट दिशेने बाहेर पडतात. हा सुरेख प्रयोग पुढील चौकटीत दिला आहे, तो तुम्ही करून पहा. थिऑडोरिकचा सिद्धांत होता की पाण्याचा प्रत्येक थेंब हा चंबूतील पाण्याप्रमाणे किरणांचे अपवर्तन करतो. या सिद्धांताने एका दगडात



रेने देकार्त (इ.स. १५९६ ते १६५०)

प्राथमिक इंद्रधनुष्याचा उगम पाण्याच्या थेंबात होणाऱ्या दोन अपवर्तन आणि एका परावर्तनामुळे होतो.



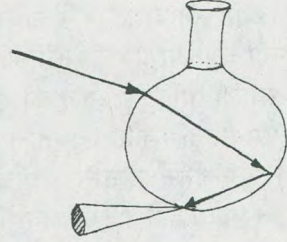
दोन पक्षी मारले गेले. १. इंद्रधनुष्याची त्रिज्या प्रकाश किरणाशी ठराविक अंश कोन करते कारण थेंबाच्या गोलाकार आकारामुळे सूर्यकिरण याच अंशात अपवर्तित होतात. परावर्तित नव्हे. २. अपवर्तनाच्या प्रक्रियेतूनच इंद्रधनुष्याचे रंगही तयार होतात. दुर्दैवाने थिऑडोरिकच्या मृत्यूनंतर त्याच्या कल्पना आणि प्रयोग याकडे पूर्णपणे दुर्लक्ष झाले. थिऑडोरिकच्याच कल्पनांचा शोध पुन्हा एकदा तीनशे वर्षांनी रेने देकार्त या प्रसिद्ध तत्त्ववेत्त्याने लावला. विज्ञानाच्या प्रगतीचा इतिहास किती विचित्र आहे पहा.

रेने देकार्त इ. स. १६६८ ते १७४४ या काळात होऊन गेला. गणितातील विविध सिद्धांतासाठी तो प्रसिद्ध आहे. अपवर्तनाचे गुणधर्म वापरून देकार्तने इंद्रधनुष्याचे आणखी काही प्रश्न सोडवले ते असे. देकार्तनेही थिऑडोरिक प्रमाणेच चंबूतील पाण्यात प्रकाशकिरणांचा कसा प्रवास होते याचा अभ्यास केला. प्रकाश किरण जेथे चंबूत

स्वतः इंद्रधनुष्य कसे बनवाल

थिऑडोरीकने केलेल्या प्रयोगाप्रमाणे तुम्हालाही इंद्रधनुष्य बनवता येईल. यासाठी एक गोलाकार पारदर्शक, काचेचा चंबू तुम्हाला लागेल. तो नसल्यास त्या आकाराची पारदर्शक बरणीही चालेल.

- प्रथम एका खोलीत खिडक्या लावून अंधार करा. खिडकीतून उन्हाचा एक बारीक कवडसा खोलीत पडेल एवढीच ती उघडा.
- चंबूत जवळजवळ काठोकाठ पाणी भरा व ते स्थिर होऊ द्या.
- चंबूचा बाहेरील पृष्ठभाग स्वच्छ पुसा आणि चंबू उन्हाच्या कवडश्यात धरा.



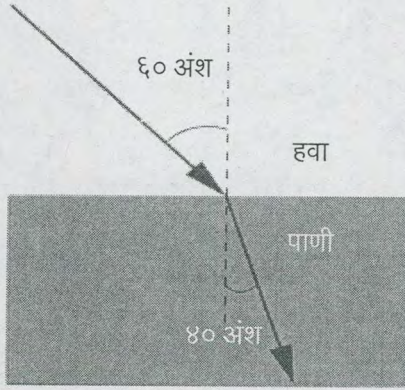
सूर्याचे किरण चंबूत शिरून विखुरलेले तुम्हाला आढळतील. पण एका विशिष्ट दिशेने जमिनीवर किंवा भिंतीवर सप्तरंग उमटलेले तुम्हाला दिसतील. कदाचित चंबूची दिशा बदलून प्रयत्न करावा लागेल. सूर्यप्रकाशाचा स्रोत चंबूत कुठे परावर्तित होतो व कसा अपवर्तित होतो हेही नीट बघा. अर्थात पाण्याचा थेंब चंबूपेक्षा कितीतरी पटीने लहान असतो पण तेथेही हीच प्रक्रिया घडते.

शिरतात तेथे त्यांचे अपवर्तन होते मग चंबूच्या मागील पृष्ठभागाशी प्रकाश किरणाचे परावर्तन होते व किरण पाण्यातून हवेत अपवर्तन होऊन पुन्हा बाहेर येतो. जर सूर्यकिरणांचे पाण्याच्या थेंबांत दोनदा परावर्तन झाले तर ते किरण वेगळ्या दिशेने अपवर्तित होऊन बाहेर येतात. पुढील आकृतीमध्ये 'अबकडफ' या किरणांमुळे प्राथमिक इंद्रधनुष्य बनते. यात अब आणि डफ या किरणांमधला कोन ४२ अंश असतो. जर सूर्यकिरण पाण्याच्या थेंबात दोनदा परावर्तित झाले तर ते 'अबकडई' असे बाहेर येतात. या किरणांमुळे अंदाजे ५१ अंशावर दुय्यम इंद्रधनुष्य तयार होते. देकार्तच्या सिद्धांतानुसार दुय्यम इंद्रधनुष्यासाठी सूर्यकिरणाला दोन

अपवर्तनांतून आणि दोन परावर्तनांतून जावे लागते. प्रत्येक अपवर्तनात आणि परावर्तनात किरणांची क्षमता कमी होते. म्हणून दुय्यम इंद्रधनुष्य प्राथमिक इंद्रधनुष्याहून फिकट दिसते. अर्थात इंद्रधनुष्याची उत्पत्ती परावर्तन, अपवर्तन आणि पाण्याच्या थेंबांचा गोल आकार यामुळे होते हे आता लक्षात आले. विज्ञानाचा इतिहास कितीही विचित्र असला तरी एक गोष्ट तुम्ही लक्षात घ्या की कल्पनेच्या प्रत्येक उडीनंतर इंद्रधनुष्याच्या आणखी काही गुणधर्मांची उकल आपल्याला होत आहे.

देकार्तच्या सिद्धांतांतून दोन नवीन प्रश्न उभे राहिले. १. प्रकाशकिरणांचे अपवर्तन होते म्हणजे काय होते? २. त्यातील सप्तरंग कसे तयार होतात? हा दुसरा प्रश्न जरा कठीण

आहे, तो आपण जरा बाजूला ठेवू. १६२१ साली, म्हणजे देकार्तच्याच काळात, पहिल्या प्रश्नाचे उत्तर माहिती होते. विलब्रोड स्नेल या शास्त्रज्ञाने प्रकाश किरणांच्या गुणधर्मांवर अनेक प्रयोग केले होते. स्नेलला माहिती होती की जेव्हा प्रकाशकिरण एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात जातात (उदाहरणार्थ



हवेतून पाण्यात) तेव्हा ते त्याची दिशा बदलतात. ते किती दिशा अंश बदलतात हे या माध्यमाच्या गुणधर्मांवर अवलंबून असते. उदाहरणार्थ, प्रकाश किरणाचा झोत जर आपण पाण्यावर ६० अंशात टाकला तर पाण्यात शिरल्यावर ते दिशा बदलून ४०.५ अंशात वळतात. याउलट जर पाण्याच्या आतून ४०.५ अंशात पाण्याच्या पृष्ठभागावर प्रकाशाचा झोत टाकला तर तो ६० अंशात बाहेर पडेल. अपवर्तनाची ही कल्पना वरील आकृतीत दाखविली आहे.

एखादे माध्यम किरणांचे किती अपवर्तन करेल यावर माध्यमाचा अपवर्तनांक ठरतो. उदाहरणार्थ, पाण्याचा अपवर्तनांक १.३३

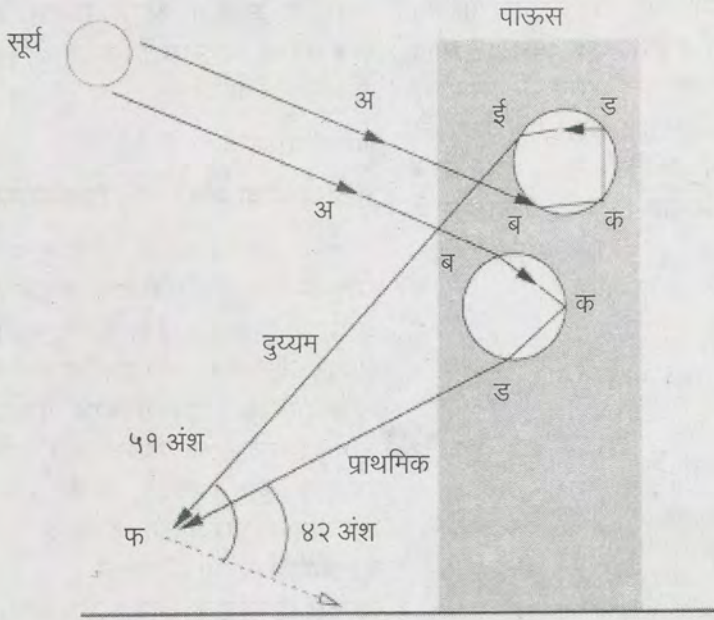
आहे. अर्थात, अपवर्तनांकाचा संबंध प्रकाश किरणाची आधीची आणि नंतरची दिशा यांच्यातील बदलाशी आहे. स्नेलने मांडलेल्या व्याख्येनुसार -

अपवर्तनांक =

$\text{Sin (आधीचा कोन)} / \text{Sin (नंतरचा कोन)}$

Sin म्हणजे काय हे जर तुम्हा माहीत नसेल तर वरील मुद्दा तुम्ही सध्या बाजूला ठेवा आणि फक्त लक्षात ठेवा की माध्यमाचा अपवर्तनांक किरणांच्या दिशांतील बदलावर अवलंबून असतो. प्रकाश किरण जर हवेतून काचेत शिरले तर ते पाण्यापेक्षाही अधिक प्रमाणात दिशा बदलतात. अर्थात काचेचा अपवर्तनांक पाण्यापेक्षा जास्त असणार. काचेचा अपवर्तनांक अंदाजे १.५ एवढा असतो. म्हणूनच काचेतून विविध प्रकारची भिंगे बनवली जातात. कारण भिंगांचे कामच किरणांची दिशा बदलणे हे असते. अपवर्तनाचा हा नियम व त्यावरील आधारित दोन गमतीदार प्रयोग पुढील चौकटीत दिले आहेत. ते जरूर करून घ्या. स्नेलच्या नियमानुसार प्रकाश किरण जर हवेतून - हवेत प्रवास करत असतील तर त्यांची आधीची दिशा व नंतरची दिशा सारखीच असते. अर्थात हवा आणि हवा यातील अपवर्तनांक १!

इथे आपल्याला 'अलेक्झांडरचा काळसर पट्टा' ही समजावून घेता येईल. पुढील आकृतीमध्ये दाखवल्याप्रमाणे सूर्याचे समांतर किरण जेव्हा थेंबावर पडतात तेव्हा ते मुख्यत्वे दोन दिशांनीच थेंबाबाहेर पडू शकतात. 'अबकडफ' - प्राथमिक किरण आणि 'अबकडईफ' - दुय्यम किरण. या दोन



दिशांचे सूयाकरणाशां ४२ अश आण ५१ अंश कोन होतात. परंतु पाण्याच्या विशिष्ट अपवर्तनांकामुळे ४२ अंश आणि ५१ अंशामधील दिशांना मात्र प्रकाश किरण अपवर्तित होऊ शकत नाहीत. त्यामुळे या दोन इंद्रधनुष्यांमधील भाग आपल्याला इतर भागापेक्षा अंधारलेला दिसतो, ज्याला आपण अलेक्झांडरचा पट्टा म्हणतो. स्नेलचा नियम, पाण्याच्या थेंबाचा गोल आकार आणि त्याचा अपवर्तनांक यामुळे इंद्रधनुष्याची इतकी उकल आपल्याला झाली. पाऊस पडतो तेव्हा पाण्याचे गोलाकार थेंब - (अक्षरशः लाखो, करोडे थेंब) हवेत तरंगत असतात. यातील प्रत्येक थेंब चंबूप्रमाणे सूर्यकिरणांचे अपवर्तन करून तुमच्यापर्यंत ते किरण पोहोचवतो. यातून सामूहिकरीत्या इंद्रधनुष्याच्या प्राथमिक आणि दुय्यम कमानी उभ्या राहतात. जणू

काही शाळेतील विद्यार्थी आपापल्या आवाजात सुंदर आणि एकसंध प्रार्थना म्हणत आहेत.

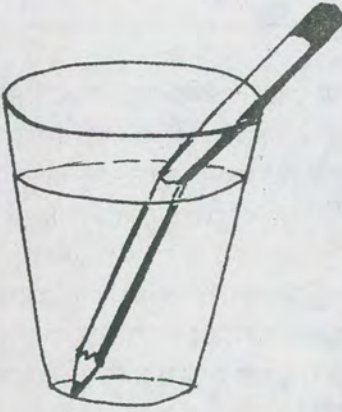
आतापर्यंतच्या चर्चेत इंद्रधनुष्याच्या सर्वात महत्त्वाच्या आणि मोहक अंगाकडे मात्र आपण दुर्लक्ष केलं, ते म्हणजे इंद्रधनुष्याचे सप्तरंग ! आतापर्यंत तुम्ही जर माझ्याबरोबर असाल (म्हणजे कंटाळून खेळायला पळून गेला नसाल) तर आपण इंद्रधनुष्याच्या रंगांचे कोडे आता सोडवू या. इंद्रधनुष्याचे जर नुसते काळे- पांढरे पट्टे उमटले असते तर ते आपल्याला एवढे आकर्षक नक्की वाटले नसते. इंद्रधनुष्यातील रंग कसे तयार होतात बरं?

याठिकाणी मला जॉन मिलाईस या प्रसिद्ध ब्रिटीश चित्रकाराची आठवण होते. मिलाईस

अपवर्तन

प्रकाश किरण जेव्हा एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात जातात तेव्हा त्यांची दिशा बदलते याला प्रकाशाचे 'अपवर्तन' म्हणतात. आरश्यात घडणारे प्रकाश किरणांचे परावर्तन तर आपण रोजच अनुभवतो पण अपवर्तनावर आधारित हे दोन मजेशीर प्रयोग जरूर करून बघा.

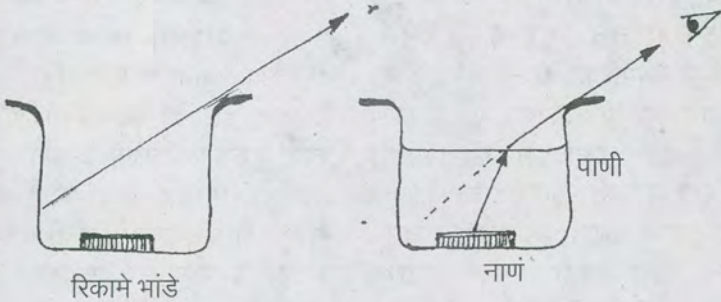
१. मोडलेली पेन्सिल ! :



पाण्याने भरलेलेला काचेचा स्वच्छ पारदर्शक ग्लास घ्या. तुमच्या कंपासमधील लांब नवी कोरी रंगीत पेन्सिल या ग्लासात काठाला टेकवून उभी करा. पेन्सिल ग्लासाच्या तळापर्यंत पोचली पाहिजे. एका बाजूने जर तुम्ही पेन्सिल पाहिली तर ती पाण्यात जिथे शिरते तिथे ती मोडलेली तुम्हाला दिसून येईल. घाबरू नका. पेन्सिल खरं तर सरळच आहे. पेन्सिलीवरून परावर्तित झालेले प्रकाश किरण जेव्हा पाण्याचा पृष्ठभाग ओलांडून बाहेर येतात तेव्हा ते आपली दिशा अपवर्तनामुळे बदलतात. परिणामी पाण्याखालील भागातील पेन्सिल वरून पाहिले असता वेगळ्याच कोनात उभी असल्याचा भास होतो.

२. लपलेले नाणे :

एक रिकामा आणि अ-पारदर्शक पेला घ्या. त्यात पेल्याच्या मधोमध एक रुपयाचे नाणे ठेवा आणि पेला टेबलावर तुमच्यासमोर ठेवा. तुम्ही खुर्चीवर अशा ठिकाणी बसा की तळात ठेवलेले नाणे तुम्हाला दिसू शकणार नाही. ते पेल्याच्या काठामागे झाकले गेले असेल. आता अलगदपणे पेल्यात पाणी भरायला सुरुवात करा.

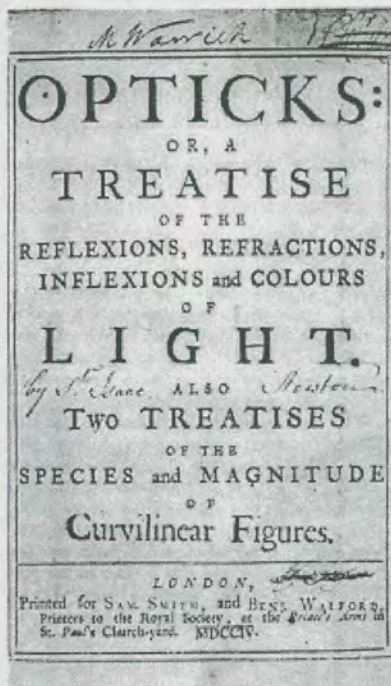


पेला जसजसा भरला जातो तसतसे तुम्हाला ते नाणे बसल्या जागेवरून दिसायला लागेल. नाणे तर पाण्यावर तरंगू शकत नाही. तेव्हा काठाआड लपलेले नाणे कसे बरं वर आले? रिकाम्या पेल्यात नाण्यापासून परावर्तित झालेले किरण पेल्याच्या काठामुळे तुमच्यापर्यंत पोचू शकत नाहीत. पण जेव्हा आपण पेल्यात पाणी भरतो तेव्हा तेच किरण अपवर्तनामुळे पाण्याबाहेर पडताना दिशा बदलतात व आपल्यापर्यंत पोचू शकतात. अशाच अपवर्तनामुळे आपल्याला पोहोण्याच्या तलावाचा तळ त्याच्या प्रत्यक्ष खोलीपेक्षा वर उचललेला भासतो.

एक प्रगल्भ चित्रकार होता आणि तो अगदी तरुण वयात इंग्लंडची राणी व्हिक्टोरियाच्या दरबारात शाही चित्रकार बनला. इ. स. १८५६ साली मिलाईसने 'एक अंध मुलगी' हे चित्र रंगवले जे नंतर खूप प्रसिद्ध झाले. या चित्रात अंधांची दुनिया आणि इंद्रधनुष्य हे केंद्रस्थानी आहे. हा विषय चित्रकारांनाही किती प्रेरणादायी ठरला आहे याचे हे उत्तम उदाहरण आहे.

पिवळसर रंगाच्या सूर्यकिरणांपासून इंद्रधनुष्याचे सात रंग कसे तयार होतात हे सोळाव्या शतकातील वैज्ञानिकांना कोडेच होते. याची उकल करण्यासाठी आयझॅक न्यूटन या महान व्यक्तीची आवश्यकता होती. न्यूटनचा परिचय तुम्हाला इतर अनेक विषयांतून होईलच. न्यूटनने लिहिलेला 'प्रिन्सिपिया मॅथेमॅटिका' हा ग्रंथ प्रसिद्ध आहे, कारण यात त्याने गतीचे नियम, गुरुत्वाकर्षण आणि वर्तुळाकार कक्षांबद्दल सिद्धांत मांडले आहेत. परंतु न्यूटनची अतुलनीय कल्पनाशक्ती त्याच्या दुसऱ्या ग्रंथात आपल्याला दिसून येते. न्यूटनला अगदी लहानपणापासून प्रकाशाबद्दल उत्सुकता होती. 'ऑप्टिक्स' या ग्रंथात न्यूटनने प्रकाशाबद्दल कल्पना, सिद्धांत

आणि प्रयोग मांडले. उदाहरणार्थ, प्रकाश किरण हे प्रकाशकणांनी बनलेले असतात व ते सरळरेषेत प्रवास करतात असे आपल्याला 'ऑप्टिक्स' या ग्रंथात वाचायला मिळते. इ. स. १६७६ साली जेव्हा 'ऑप्टिक्स' या ग्रंथ प्रकाशित झाला तेव्हा इंग्लंडमधील वैज्ञानिकांचे त्याकडे फारसे लक्ष गेले नाही. या ग्रंथाचे महत्त्व पॅरिस येथील चित्रकारांना मात्र लगेच उमगले व अनेक वर्षे या ग्रंथाच्या प्रती पॅरिस येथे जास्त विकल्या गेल्या. चित्रकारांच्या लक्षात आलेली प्रकाशाची अनेक रूपे, त्यांचे गुणधर्म याबद्दल न्यूटनने 'ऑप्टिक्स' मध्ये स्पष्ट कल्पना मांडल्या होत्या. उदाहरणार्थ, सात रंग मिळून पांढरा रंग बनतो, भिंग व आरसे वापरून दुर्बीण कशी बनवायची, रस्त्यावर पडलेल्या तेलाच्या पातळ थरात विविध रंग कसे दिसतात. इत्यादी अनेक निरीक्षणे न्यूटनने प्रयोग करून स्पष्ट केली. अर्थात न्यूटनचेही लक्ष इंद्रधनुष्याकडे गेलेच. 'ऑप्टिक्स' मध्ये न्यूटनने इंद्रधनुष्याच्या रंगांची सुंदर उकल केलेली आपल्याला वाचायला मिळते. प्रकाश किरण हे विविध रंगांच्या कणांनी बनलेले असतात. ही न्यूटनची कल्पना आज



न्यूटनच्या 'ऑप्टिक्स' या ग्रंथाचे मुखपृष्ठ

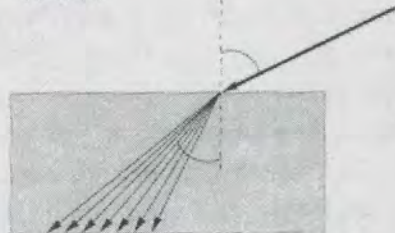
जरी काहीशी चूक ठरली असली तरी 'ऑप्टिक्स' हा ग्रंथ आजही आपल्याला बरेच काही सांगतो.

न्यूटनने एक लोलक वापरून सूर्यप्रकाशाचे सात रंगात विभाजन होते हे इ. स. १६६६ साली दाखवून दिले. जर जांभळ्या रंगासाठीचा पाण्याचा अपवर्तनांक तांबड्या रंगापेक्षा जास्त असेल तर जांभळ्या रंगाचे किरण तांबड्या रंगापेक्षा जास्त दिशा बदलतील. अर्थात, पाण्यात शिरल्यावर विविध रंगांचे किरण विविध दिशांनी प्रवास सुरु करतील. दोन रंगांच्या किरणांच्या दिशांमधील फरक त्यांच्या अपवर्तनांकावर अवलंबून असेल. न्यूटनने या कल्पनेचा

चांगला उपयोग केला. लोलकामधून बाहेर पडणाऱ्या किरणांच्या दिशा वापरून त्याने पाण्याचा तांबडा व जांभळ्या रंगासाठी असणारा अपवर्तनांक मोजला तो आला १.३२ (तांबडा) आणि १.३३६ (जांभळा). यावरून त्याने इंद्रधनुष्याची जाडी, म्हणजे तांबड्या व जांभळ्या कमानीतील अंतर २ अंश असते हे सिद्ध केले. यासाठी न्यूटनने सूर्याच्या आकाराचाही विचार केला. कारण सूर्याचे किरण एका बिंदूपासून उगम पावत नसून सूर्याची चकती आकाशात जवळजवळ १/२ अंशाचा कोन करते. याचाही उपयोग न्यूटनने इंद्रधनुष्याची जाडी मोजण्यात केला. पांढऱ्या किरणाचे विविध रंगांत अपवर्तन कसे होते हे खालील आकृतीत दाखविले आहे. परंतु जर पांढऱ्या रंगाचे विभाजन सात रंगात होते तर हेच सात रंग एकत्र आल्यावर पांढरा रंग निर्माण झाला पाहिजे. हे पुढील चौकटीतील प्रयोग करून आपण पाहू शकतो. या प्रयोगात वापरलेल्या फिरत्या भिंगरीला न्यूटनची सप्तरंगी चकती म्हणून आजही ओळखले जाते.

अपवर्तन आणि रंगांची निर्मिती या दोन प्रक्रियांचा जेव्हा एकत्र विचार होईल तेव्हा

पांढऱ्या रंगाचे अपवर्तनामुळे सात रंगात विभाजन



ता.ना.पि.हि.नी.पा.जा.

न्यूटनची सप्तरंगी चकती



सूर्यकिरणांचे प्रकाशाच्या थेंबांत किंवा लोलकात सात रंगात विभाजन होते हे तुम्हाला पटले असेल. न्यूटनच्या म्हणण्यानुसार हेच सात रंग आपण एकत्र केले तर त्यापासून पांढरा रंग तयार होतो. एका सोप्या प्रयोगातून तुम्हालाही हे सिद्ध करता येईल. यासाठी तुम्ही रंग पेटीतून इंद्रधनुष्यातील सात रंग जमवा. हे रंग आहेत - तांबडा, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा आणि जांभळा.

- पांढऱ्या पुट्ट्याची एक गोलाकार चकती कापा व या वर्तुळाचे सात समान भाग करा. एका वर्तुळाचे समान सात भाग असे कराल? वाटतं तेवढं सोपं नाही हं.
- या सात भागांत एक एक करून हे सात रंग भरा व चकती नीट वाळू द्या.
- तुमच्या कंपासमधील छोट्यात छोटी पेन्सिल घ्या व तिला चांगले टोक काढा. मग ही पेन्सिल चकतीच्या मधोमध छित्र पाडून उभीकरा. ही झाली न्यूटनची सप्तरंगी भिंगरी. तुम्ही ही भिंगरी चांगले उज पडले असेल अशा ठिकाणी फिरवा. भिंगरी फिरताना तुम्हाला चकतीवर सात रंग दिसतात का? काय होतं बरं या सात रंगांचं ?

प्राथमिक आणि दुय्यम इंद्रधनुष्याच्या रंगांचे सर्व गुणधर्म तुमच्या लक्षात येतील. सूर्य किरण जेव्हा दुसऱ्यांदा थेंबांच्या आत परावर्तित होतात तेव्हा तांबड्या व जांभळ्या रंगांचा क्रमही उलटा होतो. अंपवर्तन होऊन बाहेर पडताना दुय्यम इंद्रधनुष्यात बाहेरील बाजूस जांभळी तर आतील बाजूस तांबडी कमान तयार होते. अर्थात दुय्यम इंद्रधनुष्यात रंगांचा क्रम प्राथमिक इंद्रधनुष्याच्या उलटा होतो. एका अर्थाने दुय्यम इंद्रधनुष्य प्राथमिक इंद्रधनुष्याचे प्रतिबिंब असते. न्यूटनने इंद्रधनुष्याच्या विविध गुणधर्मांची उकल अशा सहजतेने 'ऑप्टिक्स' या ग्रंथात केली आहे. यावरून न्यूटनच्या विचारक्षमतेची कल्पना आपल्याला येते.

इंद्रधनुष्याचे कोडे या अठरा शतकांमध्ये इथपर्यंत तरी सुटले. पण या कालावधीत इंद्रधनुष्याची अनेक सूक्ष्म आणि अचूक निरीक्षणेही लोकांनी केली होती. यातून इंद्रधनुष्याचे काही नवे व चमत्कारिक गुणधर्म दिसून आले. उदाहरणार्थ, इंद्रधनुष्याला लागून क्वचित दिसणारे गुलाबी-हिरवे पट्टे. निसर्गाची करामत आणि मानवाची कल्पनाशक्ती यांमध्ये जणू काही एक चुरसच चालू होती. इंद्रधनुष्याची ही नवीन अंगे समजायला मात्र विज्ञानाला विचारांची फार मोठी उडी मारायला लागली. यासाठी आवश्यक असलेल्या कल्पना अगदी अलीकडच्या काळात म्हणजे काही



एक अंध मुलगी : जॉन मिलार्ड्स (१८२९ ते १८९६) या ब्रिटीश चित्रकाराने काढलेले हे तैलचित्र. यात चित्रात मिलार्ड्सने अंधांचे रंगांची दुनिया यातील फरक मांडण्याच प्रयत्न केला आहे. एक अंध मुलगी तिच्या मैत्रीपीबरोबर माळर नात बसलेली आहे. क्षितिजावर पडलेल्या तेजस्वी इंद्रधनुष्याचा अनुभव मात्र मैत्रीणीलाच येतो. या चित्रात मिलार्ड्स प्रथमिक आणि दुय्यम इंद्रधनुष्य स्पष्टपणे दाखवतो. पण मिलार्ड्स कठोर नव्हता. अंध नुलीला जाणवणारी सृष्टीही तो या चित्रात दाखवतो. नुलीच्या हाताशी असणारा बाजा आणि गवताला तिने केलेला स्पर्श. इंद्रधनुष्य मात्र या चित्राचे केंद्रस्थान आहे.

दशकांपूर्वीच स्पष्ट झाल्या आहेत. या कल्पना समजायला कठीण आहेत पण त्यांची फक्त तोंडओळख आपण येथे करून घेऊ या आणि थांबू या.

न्यूटनची खात्री होती की प्रकाशाचे सर्व गुणधर्म प्रकाशाच्या विविध रंगांच्या कणांपासून उत्पन्न होतात. उदाहरणार्थ, न्यूटनच्या मांडणीनुसार विविध रंगांचे कण माध्यमातून विविध वेगाने वाहतात म्हणून त्यांचे अपवर्तन वेगवेगळ्या दिशांना होते. पण हा सिद्धांत वापरून न्यूटन प्रकाशाच्या सर्व परिणामांचे निरसन करू शकला नाही. उदाहरणार्थ, तुम्ही जर कधी कापडातून किंवा जाळीतून विजेचा दिवा पाहिलात तर तुम्हाला तो अनेक टोके असलेल्या चांदणीसारखा दिसतो. किंवा जर तुम्ही उन्हात उंचीवर हाताची दोन बोटे जवळ आणली तर सावलीत मात्र बोटे एकमेकांना चिकटलेली दिसतात. अशा अनेक कोड्यांचे निरसन न्यूटनच्या कल्पना करू शकल्या नाहीत. या उलट न्यूटनला समकालीन वैज्ञानिक ख्रिश्चन हायगेंझचे म्हणणे होते की प्रकाशाचे मूळ रूप कण नसून प्रकाश हा तरंगांनी बनलेला असतो. प्रकाशाचे विविध रंग म्हणजे विविध तरंगलांबीच्या लाटा असतात. हायगेंझचा हा सिद्धांत न्यूटनच्या सिद्धांताहून वेगळा होता. मग प्रकाशाचे नक्की रूप कोणते? हा वाद कसा काय सुटला?

अनेक वर्षांच्या प्रयत्नांतून (ज्यात मॅक्सवेल, मॅक्स प्लॅंक, आईनस्टाईन इत्यादी अनेक वैज्ञानिकांचा सहभाग होता) वरील प्रश्नाचे एक आश्चर्यजनक उत्तर पुढे आले. १९०० साली असे मांडण्यात आले की प्रकाश हा कण आणि तरंग या दोन्ही रूपांत असतो !

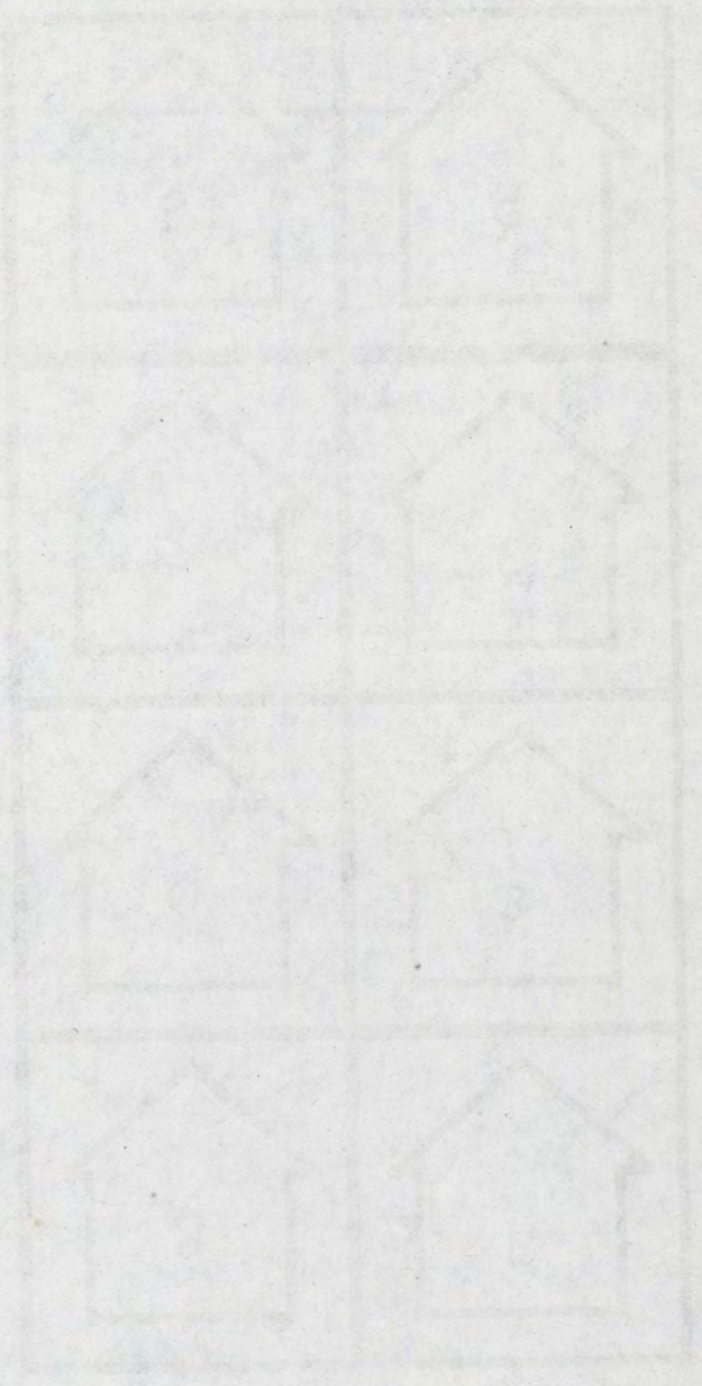
प्रकाशकिरणात कण आणि तरंग दोन्हीचे गुणधर्म असतात. १९०० साली तर ही कल्पना धक्कादायक होती पण आज या कल्पनेला भौतिक शास्त्राचा आधारस्तंभ मानले जाते. इंद्रधनुष्यात आढळणाऱ्या इतर अनेक सूक्ष्म अंगांचा उलगडा वरील सिद्धांत वापरूनच आपल्याला होऊ शकतो, जसे गुलाबी - हिरवे पट्टे. पण हा झाला पुढील संशोधनाचा विषय.

या एकवीस शतकांत विज्ञानाने, चित्रकारांनी आणि कवींनी किती मजल मारली आहे ते पहा. या कालावधीत मानवाच्या विचारांमध्ये व तो वापरतो त्या तंत्रज्ञानातही प्रचंड प्रगती झाली. परंतु इंद्रधनुष्याबद्दलचे मानवाचे आकर्षण मात्र अजून कायम आहे.

यापुढे जर तुम्हाला इंद्रधनुष्य दिसलं तर कामाची घाई करू नका. वेळ काढून जरा थांबा आणि इंद्रधनुष्याचे नीट निरीक्षण करा. असा अनुभव सहजासहजी येत नाही. योग असेल तर तुम्हाला दुय्यम इंद्रधनुष्याचेही दर्शन घडेल. सुदैवी असाल तर 'अलेक्झांडरचा काळा पट्टा' ही तुम्हाला दिसेल. त्या काही क्षणांसाठी निसर्गाचे हे सर्व गुणधर्म तो तुमच्या पुढे मांडणार आहे. ही सुवर्णसंधी तुम्ही चुकवू नका. ❖

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

टी.आय.एफ.आर. पुणे येथे कार्यरत आणि विज्ञान लिखाणाची आवड.



कुटून कुठे

गणिताच्या भाषेत मग उत्तरे गणितज्ज्ञांना नाहीत. अनेकदा असं परंतु त्याचे उत्तर शकते. आता हाच कागदावर आठ घरे आहे. ही आठ घरे जोडलेली आहेत. या पाडा की दुमड रस्त्या झाल्यावर घर क्रमांक त्यानंतर घर क्रमांक

आठपर्यंत एका पाटा नकाशाच्या घड्या तु शकता. मग आधी डावीकडील नकाशा आहात तयार? थोडे तुम्हाला हे कोडे उजवीकडचा नकाशा जमतंय का तुम्हाला घडी घालायला. पण नकाशाची घडी घाला आहे. या नकाशाची घालता येते !

एखाद्या कागदाची किती विविध प्रकारे किंमत १० असो किंवा अजूनही सापडलेलं

हा कागद अंकापासून वेगळा काढा



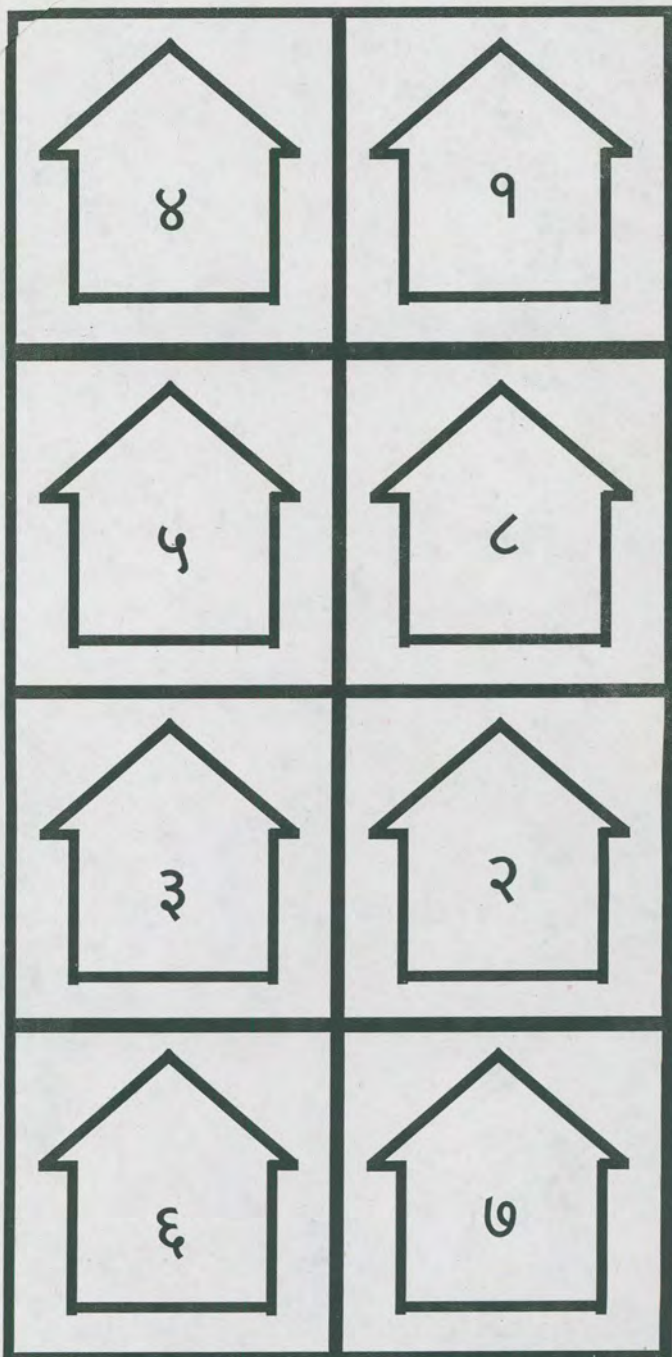
आणि नकाशे

खेलेच्या अनेक प्रश्नांची आजही सामंडलेली प्रश्न मांडणं सोपे असते शोधणे अशक्यही ठरू प्रश्न बघा. बाजुच्या चा नकाशा दाखवला ाडव्या-उभ्या रस्त्यांनी नकाशाच्या अशा घड्या घरच यायला हवी. घड्या क १ सर्वात वर असेल. २, ३... इत्यादी. क्रमांक

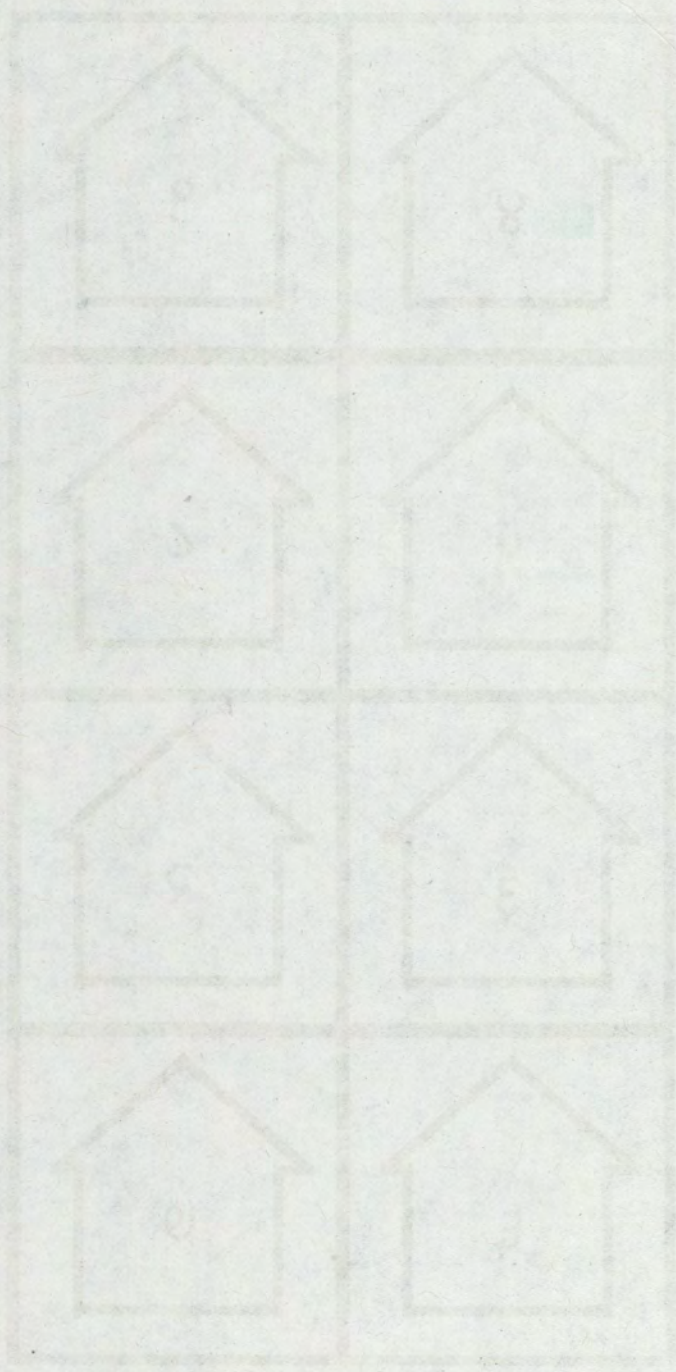


पोपाठ ओळीने येतील. म्ही कशाही प्रकारे घालू ने कात्री घ्या आणि कापून वेगळा करा. ाडा प्रयत्न केल्यावर जरूर सुटेल. आता कापा आणि बघा बरं? त्याची वरील प्रकारे हिल्या नकाशापेक्षा या लणे मात्र खूप अवघड चाळीस प्रकारे घडी

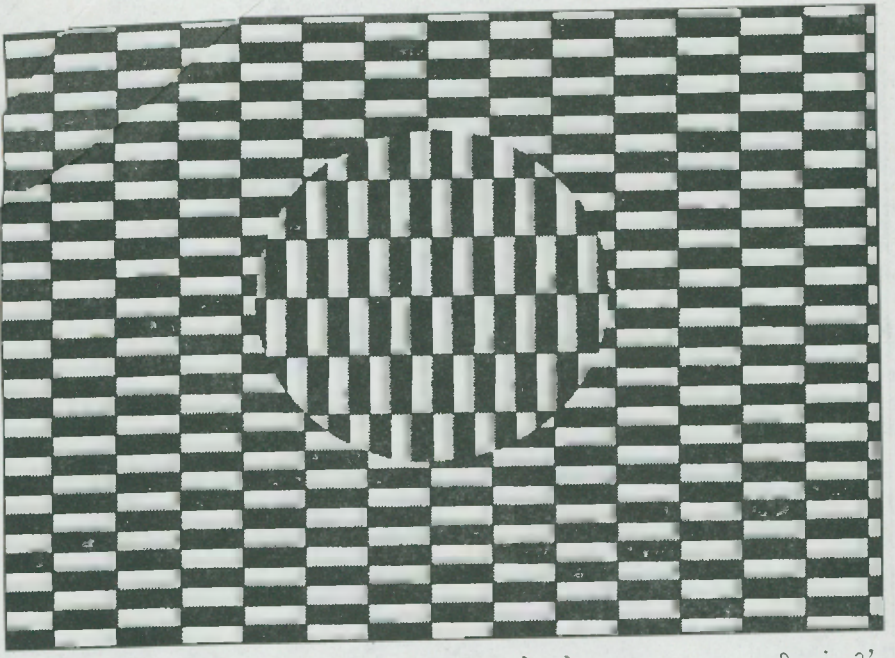
क्ष' इतक्या वेळा घडी घालता येईल? क्षची २५ या प्रश्नाचं उत्तर नाही.



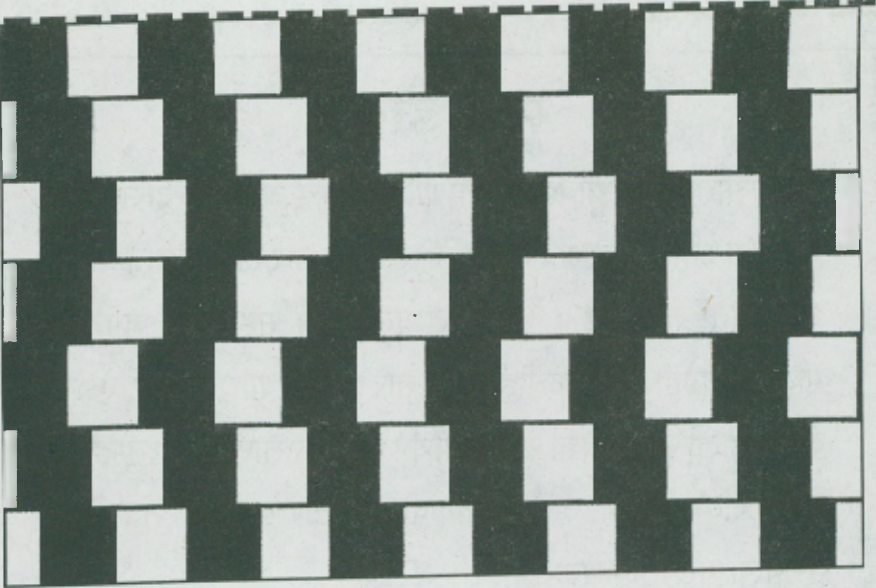
हा कागद अंकापासून वेगळा काढा



Faint, illegible text is visible on the right side of the page, possibly bleed-through from the reverse side or very light printing. The text is arranged in several lines and is mostly obscured by the paper's texture and lighting.



वरील चित्रावर नजर कायम ठेवून कागद उभा-आडवा मागे-पुढे हलवून बघा बर काय दिसतंय ?



वरील दोन रेषांमधलं अंतर कमी-जास्त होतं आहे, असं वाटतं ना? पट्टी घेऊन मोजून पहा बरं !

संदर्भतर्फे विद्यार्थीमित्रांना आकर्षक भेट !

विद्यार्थी मित्र/मैत्रिणींनो,

संदर्भ तुमच्या इतर मित्र-मैत्रिणींनी वाचावा आणि त्यात दिलेले प्रयोग करावेत असं आमच्याप्रमाणे तुम्हालाही वाटत असेल. तुमच्या परिचयातील पाच मित्र-मैत्रिणींचे पत्ते व त्यांची वार्षिक वर्गणी आमच्याकडे पाठवा. संदर्भतर्फे तुम्हाला एक आकर्षक भेट पाठवू



“स्टार डायल”

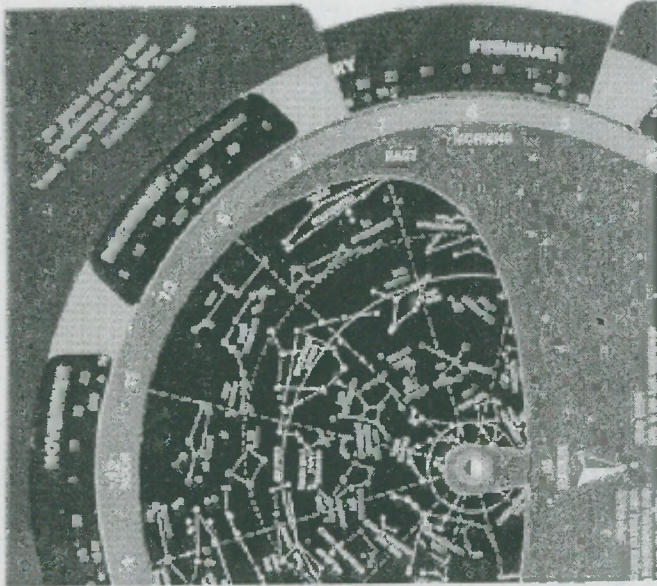
आकाशातील ताऱ्यांबद्दल आपणा सर्वांनाच आकर्षण असतं पण धृवतारा आणि मृगनक्षत्र या व्यतिरिक्त इतर तारे आणि नक्षत्रे येतात ओळखता तुम्हाला? “स्टार डायल”च्या सहाय्याने जगाच्या पाठीवर कुठेही आणि कधीही तुम्ही तारे व नक्षत्रे शोधू शकता. एकदा का तुम्हाला उत्तर दिशा सापडली की मग इतर तारे शोधणे तुम्हाला सहज शक्य होईल. असे हे आकर्षक “स्टार डायल” संदर्भतर्फे तुम्हाला भेट मिळू शकते.



संदर्भतर्फे शिक्षकांसाठी योजना !

विद्यार्थी आणि शिक्षकांनी संदर्भ वाचावा आणि त्यातील लेखांचा उपयोग अभ्यासक्रम शिकताना आणि शिकवताना व्हावा, अशी आमची इच्छा आहे. तुम्ही जर शिक्षक असाल तर यासाठी तुमची आम्हाला खूप मदत होऊ शकते.

जर तुम्ही आम्हाला तुमच्या परिचयातील पाचजणांची वर्गणी आणि त्यांचे पत्ते पाठवले तर संदर्भतर्फे तुम्ही सांगितलेल्या एका शाळेसाठी एक वर्ष संदर्भचे अंक आम्ही भेट म्हणून पाठवू. वर्गण्यांबरोबर या शाळेचा पत्ता जरूर कळवा !



“स्टार डायल”

ज्ञान आनंद फक्त स्वतःजवळ ठेवू नये,
तो सर्वांना वाटावा.

तो वाटल्यानं कमी होत नाही, तर आणखी वाढतो.

शैक्षणिक संदर्भ- असाच एक ज्ञान-आनंद
तुमच्या स्नेहीसोबत्यांना भेट द्या.

वर्षभरातल्या सहा अंकांनी आनंद शतगुणित करा.

सोबतच्या नमुना फॉर्मप्रमाणे तुमच्या स्नेही - मित्रांचे
पत्ते आणि वर्गणीचा ड्राफ्ट किंवा मनीऑर्डर पाठवा.

तुमच्या आठवणींसह वर्षभर आम्ही त्यांना 'शैक्षणिक
संदर्भ' द्वैमासिक पाठवू.

दिनांक / /

श्री. _____

पत्ता

यांना संदर्भ द्वैमासिकाचे पहिले सहा अंक भेट म्हणून पाठवावेत.

ही भेट श्री. _____ यांच्याकडून दिली जावी.

पत्ता

वर्गणी रु. १०० म.ऑ./ड्राफ्टद्वारे पाठविली आहे.

(म. ऑ., ड्राफ्ट 'पालकनीती परिवार' नावे काढावे.)

आपली हात जगन्नाथ

संत्मच्या प्रत्येक अंकात मधल्या पानावर स्वतः करून बघाव्यात अशा कृती आम्ही देतो. त्यांच्यामागे काही वैज्ञानिक अथवा गणितातील तत्त्व असते. हा लेख वाचून मग तुम्ही मधलं पान वेगळं करा आणि त्यात दिलेला प्रयोग स्वतः करून बघा.

कुठून कुठे आणि नकाशे

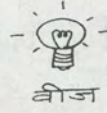
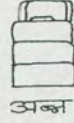
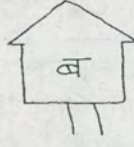
सर्वात नावडता विषय कोणता? याचं उत्तर बहुतेक लोक 'गणित' असंच देतील. गणित हा बऱ्याच लोकांचा नावडता व कठीण वाटणारा विषय असावा हे दुर्दैवच मानावं लागेल. कारण गणितातील अनेक कल्पनांचा व त्याच्या निष्कर्षाचा उपयोग आपण दैनंदिन जीवनात सतत करत असतो. गणिताच्या अभ्यासाचा तर मानवाला अतुलनीय फायदा झालेला आहे.

गणित शिकणं म्हणजे शिवाजीमहाराजांच्या कठीण गडावर चढून जाण्यासारखे असते. जर का आपण सरळ सरळ गडाला भिडून आक्रमण केले तर कातळ चढता चढता नाकी नऊ येतात. जसजसे आपण वर चढू तसतसे आणखी कठीण होते. गड जर आपल्याला सर करायचा असेल तर त्यासाठी शांतपणे आजूबाजूच्या परिसराचे परीक्षण करावे. मग आपल्याला घळीतून किंवा कड्याखालून बालेकिल्ल्यापर्यंत पोहोचणाऱ्या वाटा सापडतात. गणिताबाबतपण असेच आहे. सरळसोत जर हल्ला चढवला तर दमछाक होते, पण आडवाटांनी मात्र त्यावर मात करू शकतो.

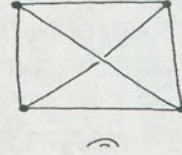
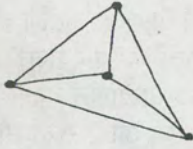
गणितातील सर्वच भाग काही कंटाळवाणा नसतो. उदाहरणार्थ, 'ग्राफ थियरी' - गणिताच्या या शाखेत सोप्या व मजेशीर प्रश्नांचा अभ्यास केला जातो. या लेखात अशाच एका गंमतीशीर कोड्याद्वारे गणिताची एक वेगळी ओळख करून घेऊ या.

अ, ब, क ही तीन घरं आहेत व त्या घरांपर्यंत पाणी, अन्न आणि वीज पोहोचवायची आहे. यासाठी तुम्ही पाहिजे तसे स्वतंत्र रस्ते बांधा, अट एकच कुठलाही रस्ता दुसऱ्या रस्त्याला ओलांडता कामा नये. आहात तयार? एक कोरा कागद आणि पेन्सिल घ्या आणि बघा तुम्हाला हे कोडं सोडवणं जमतंय का?

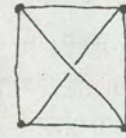
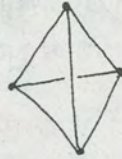
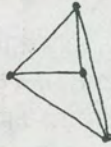
या तीनही वस्तू सर्व अटी पाळून वरील तीन घरांपर्यंत पोहोचवणं शक्य आहे का, की नाही? अनेक प्रयत्न करूनही याचं उत्तर मिळणं कठीण. प्रयत्न करून थकला असाल तर जरा विश्रांती घ्या आणि शांतपणे विचार करा. खरं तर या कोड्याचा घरांशी किंवा पाणी वा वीज याशी काही संबंध नाही. मूळ मुद्दा असा आहे की दिलेल्या तीन बिंदूपासून आणखी तीन बिंदूपर्यंत एकमेकांना न ओलांडणाऱ्या रेषा कशा काढता येतील. तेव्हा हा प्रश्न बिंदू व त्यांना जोडणाऱ्या रेषांचा आहे. या दृष्टीने पाहिले तर



अनेकदा विविध आकृत्यांमध्ये आपल्याला साम्य दिसून येईल. उदाहरणार्थ खालील आकृत्या 'ग्राफ थियरीच्या' दृष्टीने सारख्याच आहेत. कारण आकृत्या एकमेकांपासून, हळूहळू बिंदू सरकवत तयार करता येतात.

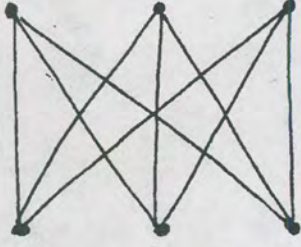


ग्राफ थियरीत बिंदू व त्यामधील रेषेला महत्त्व आहे पण त्यांची जागा व अंतरे यांचा संबंध नाही. ग्राफ थियरी नुसार वरील आकृत्यांमध्ये काहीही फरक नाही.



आता पुन्हा आपल्या कोड्याकडे वळूया. वरील कल्पनांनुसार आपण दिलेल्या प्रश्नांचा नकाशा पुढीलप्रमाणे काढू शकतो. मात्र यात रस्ते (रेघा) एकमेकांना ओलांडत आहेत. आपण जसे वरील आकृत्या एकमेकांपासून तयार करू शकलो तसा बदल करून नकाशाची फेररचना आपण करू शकू का? अशी फेररचना करता आली तर आपले कोडे सुटेल.

घर

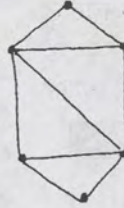
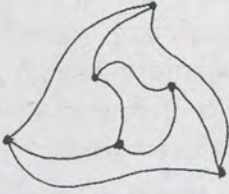


पाणी अन्न वीज

ज्या नकाशातील रेषा एकमेकांना न ओलांडता एका प्रतलात सर्व बिंदूंना जोडू शकतात त्यांना 'प्रतलीय' नकाशे म्हणतात. आता आपल्या कोड्याचा नकाशा प्रतलीय आहे की नाही ?

खालील आकृत्यात काही कठीण नकाशे काढले आहेत. यात किती बिंदू, किती रेषा व रेषांनी बंदिस्त केलेल्या किती जागा आहेत हे मोजा. उदाहरणार्थ, पहिल्या नकाशात ६ बिंदू, ९ रेषा व ४ बंदिस्त जागा आहेत. उरलेल्या दोन नकाशांमध्ये असलेल्या बिंदू, रेषा व जागा मोजा.

जर बिंदू, जागा व रेषा यांच्या बेरीज-वजाबाकीचा खेळ केला तर तुमच्या ध्यानात येईल की सर्व नकाशांमध्ये बिंदू व जागांची बेरीज रेषांच्या संख्येपेक्षा नेहमी एक अधिक होते.



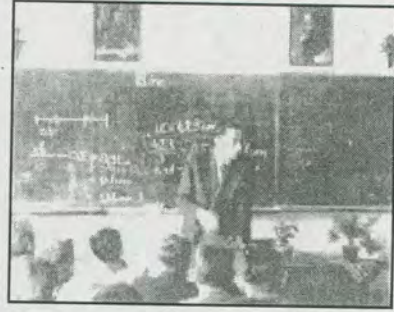
इथे आपण नकाशा प्रतलीय आहे की नाही हे सिद्ध करणारा नियम शोधणार आहोत. नकाशा प्रतलीय असेल तर त्याला वरील नियम (बिंदू+जागा=रेषा+१) लागू पडला पाहिजे.

या सर्व विचारांची सुरुवात युलर या प्रसिद्ध गणितज्ज्ञाच्या काळापासून झाली. १७३६ साली युलरच्या कानावर क्योनिसबर्ग शहरात चर्चिले गेलेले कोडे आले. क्योनिसबर्ग शहर जमिनीतील प्रिगेल या नदीकाठी वसलेले होते. नदीच्या दोन्ही बाजूला पसरलेल्या शहराला व नदीतील बेटाला जोडणारे सात सुंदर पूल होते. पुढील चित्रात दाखवल्याप्रमाणे.

कोडे असे होते की या सातही पुलांवरून फक्त एकदाच चक्कर मारून दाखवायची.

पॉल एरडीश (१९१३ ते १९९६)

या शतकातील एक प्रगल्भ गणितज्ञ आणि ग्राफ थियरीचा आधारस्तंभ - पॉल एरडीशचा जन्म २६ मार्च १९१३ साली हंगेरी या देशात झाला. बुडा आणि पेस्त (बुडापेस्त) नदीच्या या दोन काठांवर वसलेल्या शहरात एरडीशचे शिक्षण झाले. त्या काळात हंगेरीत गणिताच्या अभ्यासाला खूप मान होता. गणित हा विषय अनेक गणितज्ञ आणि शिक्षक उत्तम शिकवत. एरडीश आणि त्याचे मित्र दररोज संध्याकाळी मैदानावर जमून गणितातील विविध कोडी रचत व सोडवत. यातील काही महत्त्वाच्या कोड्यांची प्रमेये त्या काळच्या गणित मासिकात प्रसिद्धही झाली. एरडीशने त्याच्या मित्रांबरोबर मिळून एकूण १४०० शोधनिबंध लिहिले. या संशोधनातून एरडीशने ग्राफ थियरीतील अनेक प्रमेये मांडली व ती सिद्धही केली. यातील अनेक नियमांचा गणकयंत्र, व्यापार

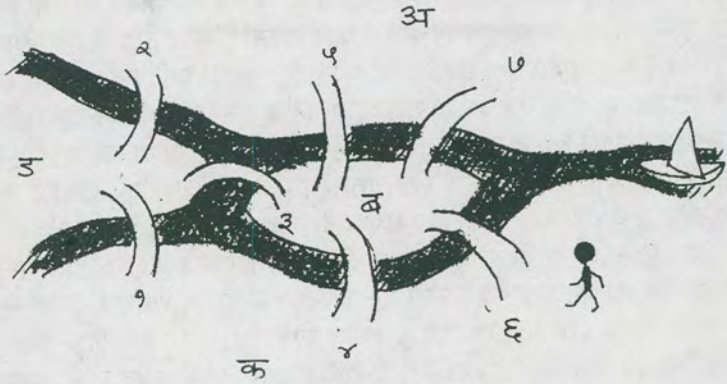


आणि निसर्गसंपत्तीचा विनिमय करण्यासाठी आज उपयोग केला जातो. आयुष्यभर कधीही नोकरी न करता, सतत फिरतीवर राहून एरडीशने अनेक मित्र जमवले. आपल्याला मिळालेला सर्व पैसा एरडीशने गरीब विद्यार्थ्यांच्या शिक्षणासाठी हुशार विद्यार्थ्यांना शिष्यवृत्त्या देण्यात खर्च केला. ग्राफ थियरीतील प्रमेये सिद्ध करणाऱ्याला एरडीशने बक्षिसेही जाहीर केली. एरडीशने मांडलेल्या अनेक कोड्यांची उत्तरे आजही सुटलेली नाहीत व जे विद्यार्थी ती सोडवतील त्यांनाही बक्षिसाची प्राप्ती होईल.

एरडीश एक उत्कृष्ट गणितज्ञ तर होताच परंतु तो त्याच्या स्वातंत्र्यवादी कल्पना आणि स्पष्टवक्तेपणासाठीही प्रसिद्ध होता. त्याला लहान मुलांबद्दल खास प्रेम व आस्था होती. शाळेतील मुलांबरोबर गप्पा मारायची संधी एरडीश कधी चुकवत नसे.

गणिताव्यतिरिक्त इतर गोष्टींचा विचार करायला जणू त्याला क्षणाचीही फुरसत नव्हती. झंझावती आयुष्य जगलेल्या आणि सर्वांचा लाडका ठरलेल्या पॉल एरडीशचा मृत्यू २० सप्टेंबर १९९६ रोजी झाला.



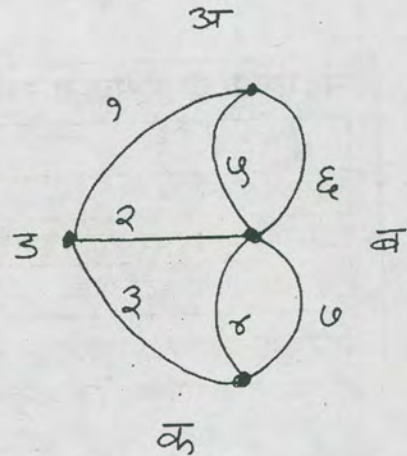


क्योनिसबर्ग शहराचा हा नकाशा. हे शहर प्रिगेल या नदीच्या काठावर वसलेले होते आणि नदीतील बेट आणि इतर शहर यांना जोडणारे सात पूल त्या नदीवर होते. प्रत्येक पुलावरून फक्त एकदा जाऊन सातही पूल तुम्हाला ओलांडता येतील का?

शहरातील अनेक नागरिकांनी प्रयत्न केले व ते थकले. पण त्यांना हे कोडं सुटणं शक्य आहे की नाही हे काही उमगत नव्हते. युलरच्या कानावर जेव्हा हे कोडं आले तेव्हा त्याने काही क्योनिसबर्गकडे धाव घेतली नाही. त्याने कागद व पेन्सिल हातात घेतली व क्योनिसबर्गचा पुढील नकाशा काढला.

अर्थात जर का सातही पुलांवरून फक्त एकदा चालून जायचे असेल तर शेजारी दिलेल्या नकाशातील सर्व बिंदू एकमेकांना जोडता आले पाहिजेत. जर हा नकाशा प्रतलीय असेल तरच हे शक्य आहे. तेव्हा युलरने शोधलेल्या नियमाचा वापर करून क्योनिसबर्गचे हे कोडे त्याला सोडवता आले.

आता आकृती ९ ला युलरचा हा नियम लागू होतो आहे की नाही हे तपासा. या नियमाची मांडणी इ.स. १९५० च्या सुमारास केली. पण हाच नियम जर



आपण उलटा करून लिहिला तर तो किती शक्तीशाली आहे कळेल. जे नकाशे वरील नियम पाळतात ते नकाशे प्रतलीय असतात. आता आपले कोडे सोपे झाले की नाही? आता आपल्या कोड्याचा नकाशा पुन्हा बघा व त्याला युलरचा नियम लावा. आपल्या नकाशात ६ बिंदू आहेत व ९ रेषा आहेत. पण त्यात नक्की किती बंदिस्त जागा आहेत हे मोजणे कठीण आहे. पण जर हा नकाशा प्रतलीय असेल तर. बिंदू+जागा-रेषा=१ यायला हवे म्हणजे ६+जागा-९=१ याचा अर्थ ४ च बंदिस्त जागा असायला हव्यात. जागा रेषांनी बंदिस्त केलेल्या असतात. त्यामुळे नकाशातील आतील बाजूस असलेल्या प्रत्येक रेषेच्या दोन्ही बाजूस एक जागा तयार होते. अर्थात जितका नकाशा मोठा त्याप्रमाणात जागांची संख्या रेषांच्या संख्येच्या जवळजवळ दुप्पट होते. यानुसार जर आपला नकाशा प्रतलीय असेल तर जास्तीत जास्त ९ रेषांच्या दुप्पट म्हणजे १८ जागा त्यात असाव्या लागतील व कमीत कमी १०. पण युलरच्या नियमानुसार जर हा नकाशा प्रतलीय व्हायला हवा असेल तर त्यात फक्त चारच जागा असायला हव्यात. हे काही शक्य नाही. अर्थात तीन घरांपर्यंत तीन वस्तू स्वतंत्र रस्त्यांनी, ते रस्ते न ओलांडता, पाणी, अन्न, वीज पोहोचवणे शक्य नाही.

आजच्या जगात ग्राफ थियरीतील अनेक सिद्धांतांचा खूप उपयोग होतो. जगभर पसरलेल्या संगणकाच्या जाळ्याचा प्रभावीपणे कसा उपयोग करता येईल? जगभर प्रवास करणाऱ्या विमानांचे मार्ग कमी खर्चात व कमीत कमी वेळ लागेल असे कसे आखता येतील? नैसर्गिक संपत्तीचा वापर अधिक उपयुक्ततेने व कमीत कमी वाया घालवून कसा करावा? इत्यादी अनेक प्रश्न सोडवण्यात अशा सिद्धांतांचा उपयोग होतो.

संदर्भच्या द्वैमासिक व नमुना अंकांचे देणगी मूल्य

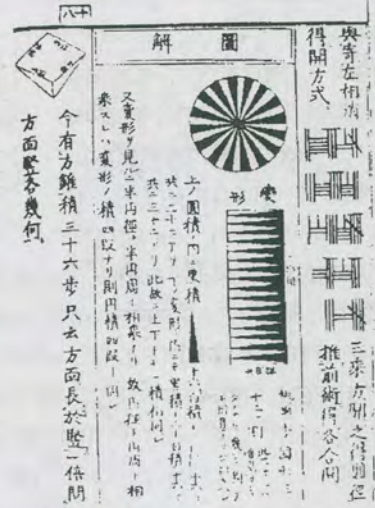
नमुना अंक - १	रु. १५/-
नमुना अंक - २	रु. १५/-
द्वैमासिकाचे सहा अंक (वार्षिक)	रु. १००/-
द्वैमासिकाचा सुटा अंक	रु. २०/-

देणगी मूल्य ड्राफ्ट/मनिऑर्डर द्वारे पालकनीती परिवारच्या नावे पाठवावे. पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११००४. फोन : ३४१२३०.

परीघाचे त्रिज्येशी नाते

वर्तुळाचे समान तुकडे करून ते उलटेपालटे लावले तर त्याचा आयत तयार होतो. अर्थात आयताचे क्षेत्रफळ आपल्याला सहज काढता येते. वर्तुळाचे क्षेत्रफळ या पद्धतीने काढण्याची ही पद्धत जपानमध्ये सतराशे शतकात प्रचलित होती. अर्थात आज आपण वर्तुळाचे क्षेत्रफळ π आणि वर्तुळाची त्रिज्या वापरून काढतो. परंतु हा π आला कुठून? π ची किंमत कशी ठरवली?

लेखक : जुई दधीच



इयत्ता ७ वी किंवा ८ वीच्या गणितात वर्तुळाचे क्षेत्रफळ म्हणजे πx (त्रिज्या)^२ असं सूत्र सांगण्यात आलं. पायची किंमत २२/७ किंवा ३.१४ घेतात असंही बिंबवण्यात आल्याचं आठवतंय. हा π एक स्थिरांक आहे हे तेव्हा शिक्षकांनी जरी सांगितलं असलं तरी वरील दोन गोष्टी ज्याप्रमाणे डोक्यात फिट्ट बसल्या तशी ही स्थिरांक वगैरेची भानगड डोक्यावरून गेलेली दिसते. ७ वी, ८ वीच्या टप्प्यावर 'स्थिरांक' ही संकल्पना मुलांना समजणं अवघड आहे असं वाटत नाही. पण ती संकल्पना मुलांना समजावून सांगण्यात किती वेळ दिला जातो याबद्दल माझ्या मनात शंका आहे. ७ वी - ८ वीत असताना माझं मन - डोकं इतकं टोणगं झालं होतं की या π चा शोध कुणी लावला

असेल, कसं लोकांना सुचलं असेल किंवा त्याला π हे चिन्ह का, कसं देण्यात आलं इ. प्रश्न माझ्या मनात आलेही नाहीत, माझं डोकं या प्रश्नांनी भांबावूनही गेलं नाही. त्यामुळे शिक्षकांना, पालकांना याबद्दल कधी विचारलेलंही आठवत नाही.

वर्तुळाचे क्षेत्रफळ πx (त्रिज्या)^२ का? बरं चला, π बरोबर २२/७ ठीक आहे. म्हणजे वर्तुळाचे क्षेत्रफळ काढणे फारच सोपं आहे. असा विचार तेव्हा नक्की झालाच असणार. आता गणिताची शिक्षिका म्हणून π च्या उगमाबद्दलचे प्रश्न मनात येऊ लागले आणि याबाबत थोडंफार वाचन केलं. त्याचा सारांश या लेखात मांडण्याचा प्रयत्न आहे.

मनुष्याच्या इतिहासाप्रमाणेच गणित, विज्ञानाच्या सूत्रांमध्ये सतत वापरल्या

जाणाऱ्या ऱ्चा इतिहास मोठा वैविध्यपूर्ण आहे. या इतिहासात आर्कीमिडीजेने गणिती संकल्पनांचा उपयोग करून काढलेल्या ऱ्चा च्या किमतीची गोष्ट आहे तर अगदी आतापर्यंत ऱ्चाची अचूक किंमत संगणकाच्या सहाय्याने कमीतकमी वेळात कशी काढायची या शास्त्रज्ञांपुढील पेचाचीही गोष्ट आहे. या इतिहासात इ.स. पूर्व तिसऱ्या शतकात अलेक्झांड्रीया विद्यापीठात मानवाने संशोधलेल्या मूलभूत गणिती, वैज्ञानिक संकल्पनांची गाथा आहे तर प्रस्थापित व्यवस्थेविरुद्ध त्या काळाच्या संशोधकांना आपले म्हणणे सिद्ध करण्यासाठी कशी लढाई द्यावी लागली याची व्यथाही आहे.



ज्यांना या विषयात अधिक रस आहे त्यांना याबाबतचे खूप लिखाण उपलब्ध होऊ शकेल. या लेखाच्या शेवटीही काही संदर्भ दिले आहेत.

ख्रिस्तपूर्व २००० पर्यंत मनुष्याला जाणते वा अजाणतेपणे, आजुबाजूच्या निरीक्षणांना तार्किक/सैद्धांतिक जोड देऊन सम-व्यस्त प्रमाणाच्या

संकल्पनेबाबत स्पष्टता यायला लागली होती. दोन गोष्टी प्रमाणात आहेत म्हणजे एकीची किंमत दुप्पट, तिप्पट, निमपट केली तर दुसरीची किंमतही दुपटीने, तिपटीने किंवा निम्म्याने बदलते, हे पुरतं उमगलं होतं. दोन प्रमाणबद्ध गोष्टींची संख्या कितीही वाढवली किंवा कमी केली तरी प्रत्येकवेळी त्यांच्या किंमतीचे गुणोत्तर हे सारखेच असते. स्थिर असते. हे गुणोत्तर आता आपण जसे सहज भागाकार करून काढतो तसे त्यावेळी भूमितीच्या सहाय्याने काढले जात होते, असे अभ्यासक मानतात.

आपण या लेखात या इतिहासाच्या अगदी सुरुवातीच्या टप्प्याची ओळख अधिक प्रमाणात करून घेणार आहोत. याला कारणे दोन. एक म्हणजे पुढेपुढे ऱ्चाची किंमत काढण्याच्या पद्धतीमधलं गणित अवघड होत जातं आणि दुसरं म्हणजे एका परीने सोपा वाटणारा हा ऱ्चा किती दिव्यांतून गेलाय याची नुसती कल्पना वाचकांना देण्याचा उद्देश आहे.

सम - व्यस्त प्रमाणाच्या संकल्पनेतून ऱ्चाची पायवाट सुरू झाल्याचं आढळतं. लोकांना, वर्तुळाचा परिघ व व्यास यांच्यात

23 וַיֵּשׁ אֶת־הַיָּם מִצֶּקֶק עֵשָׂר
בְּאֵמָה מִשְׁפָּתוֹ עַד־שְׁפָתוֹ עֵגֶל. סָבִיב הָחֵמֶשׁ בְּאֵמָה
קוֹמָתוֹ וְקוֹה שְׁלֹשִׁים בְּאֵמָה יִסָּב אֹתוֹ סָבִיב:

ख्रिस्त पू. ५५० साली 'ओल्ड टेस्टामेंट' मध्येही ऱ्चाचा उल्लेख आढळतो. त्यानुसार 'ज्याचा परिघ तीन हात लांब आहे त्याचा व्यास एक हात लांब असतो' असा उल्लेख वरील ओळींमध्ये हिब्रूतून मांडला आहे.

एकनातं आहे हे कळलं होतं. अगदी लहानात लहान वर्तुळ काढून त्याचा परीघ व व्यासाचे गुणोत्तर एकच येते हे विविध आकृत्या काढून स्पष्ट झाले होते. कोणत्याही वर्तुळासाठी,

परीघ/व्यास = स्थिरांक हे गणिती सूत्रही तयार झाले. पण या स्थिरांकाला π म्हणणे १८०० सालानंतरच सुरु झाले. इ. स. पूर्व २० शतके इजिप्तच्या व बॅबिलॉनच्या संशोधकांना π च्या अस्तित्वाची जाणीव होती असे आढळते. त्यांनी त्याची किंमतही काढली होती. बॅबिलॉनचे लोक $\pi = ३$ पूर्णांक $\frac{१}{८}$ असे मानत, तर इजिप्शियनांच्या मते

$\pi = ४x (\frac{८}{९})^२$. या किमती कशा काढल्या असतील याबाबत कुणालाच ठोस माहिती नाहीये. पण आपण आता या सिद्धतेचा अंदाज बांधू शकतो.

कल्पना करा की आपण इ. स. पू. २००० मधले, गणितात रस असलेले इजिप्शियन आहोत. साध्या वापरतो तशी मापनपद्धती व मापन साहित्य आपल्याकडे नाहीत. कंपास, पेन्सिल, कागद वगैरे सामुग्री वापरण्याचाही प्रश्नच उद्भवत नाही. आपल्याकडे आहेत फक्त दोऱ्या, लाकडी खुंट्या व जमीन! आता

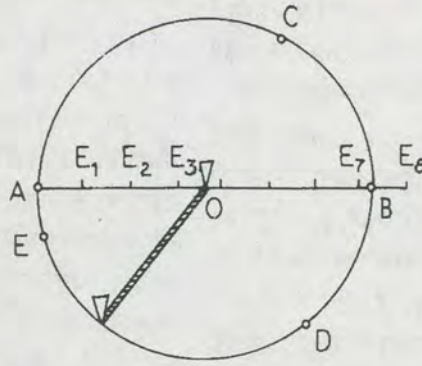
या साधनसामुग्रीच्या आधारे आपण इजिप्शियन π ची किंमत शोधू या.

प्रथम नाईल नदीकाठचा बऱ्यापैकी समपातळीवरचा, कोरडा रेंतीचा पट्टा शोधला. एके ठिकाणी लाकडी खुंटी ठोकून तिला दोरीचे टोक बांधले. दोरीच्या दुसऱ्या टोकाला टोकदार खुंटी बांधली. दोरी घट्ट ताणून टोकदार खुंटी रेंतीत फिरवून एक वर्तुळ काढले. वर्तुळाच्या मध्याची खुंटी काढून आकृतीत नाव दिल्याप्रमाणे त्या भोकाला O नाव दिले. रेंतीत कोरलेल्या वर्तुळावर A नावाचा बिंदू घेतला. लांबसर दोरीचा तुकडा घेऊन त्याचे एक टोक A वर ठेवले. दोरी ताणून ताठ अशी धरली की ती O वरून गेली व B बिंदूपाशी वर्तुळाला छेदली. दोरीवर AB च्या मापाच्या कोळशाने खुणा केल्या. अणकुचीदार दगडाने उरलेली दोरी कापून टाकली. सध्याच्या भाषेत हा वर्तुळाचा व्यास झाला. आता ही दोरी A पासून सुरु करून वर्तुळाच्या कक्षेभोवती ठेवली. दोरी जिथे संपली त्या बिंदूला C नाव दिले. म्हणजेच वर्तुळाच्या व्यास π वर्तुळाच्या परीघाच्या AC भागावर एकदा ठेवला. आता तो व्यास C पासून D पर्यंत परीघाच्या पुढील भागावर

१९६१ साली गणकयंत्राच्या साहाय्याने ... ची किंमत १००२६५ दशांशापर्यंत काढण्यात आली. ती अशी.

PI = 3.1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078164062862089986280348253421170678

1415926535	8979323846	2643383279	5028841971	6939937510	5820974944	5923078164	0628620899	8628034825	3421170678
8214808511	3283706647	0938040959	5058223172	5359408128	811174502	8410270193	8521105559	6446229489	5493058194
4420810975	4459334661	20817544823	3786783165	2712019091	4548566692	3460388610	4543264482	13393460724	0241911213
7245870044	0631558017	4881520920	9628292540	9171536436	7892580360	0113505305	4882046652	1584146951	9415116094
3305727036	5759591953	0921861173	8193261179	3105118548	0744623799	4279456755	1885752724	8912279381	8301194912
9813873532	2440556430	8462139494	6395224737	1901021876	6094370277	0559211714	2931767523	8467881846	7649405132
0005481271	4526356082	7785771342	7577896091	7363717872	1468440901	2249533401	4654958537	10507192279	4882589259
4201995211	2129021960	8640344181	5981362977	4771309960	5187072113	9499999837	2978049951	0597313328	1609618559
502459455	3449083026	4252230625	3346850335	2619311881	7101000313	7830752886	5875332083	8142061717	7676147303
5982534908	2875546873	1159456263	8823537875	9375195778	1657780532	1172268046	1300192787	6611195909	2144201989
3809525720	1045485863	2788659361	5338182796	8230301952	0353018529	6899577342	2599413891	2497217752	8341913151
5574857242	4341504959	5082953511	8861727855	8890750983	8175463749	4937919255	0640092777	0167113900	9848824012
9583618035	4370706610	4710181942	9553961908	4476783744	944255379	7747264971	0404753464	6208046084	2590694912
9313474702	8989152104	7521620546	6402405803	8150193511	253824300	3558764024	7496473263	9141992729	6424992279
6782354781	4360093417	2164121992	4586315030	2861829745	5570674983	8505494588	3869249956	9092721079	7509302955
3211653449	8720275596	0236480665	4991198818	3474775356	6349907424	5425278625	5181641757	4472400977	7727980000
8164706001	6165249192	1732172147	7235014144	1971548540	1436115715	5255213347	5741849468	3485233259	0739414333
8167742416	8625189835	4945562069	9219222184	2725502542	5680767179	0494601653	4668049886	2732379178	4085784383
8279477966	8145410095	3883786340	9506800442	2512520511	7392984896	0841284886	2685460024	1965285022	2106611863
0678427862	2031949445	0471237137	80646095636	4371917287	1677448575	7396241389	08495832465	9958133904	7802759009



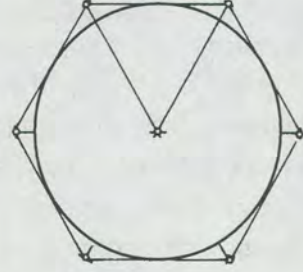
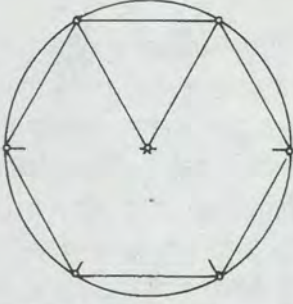
ठेवला व तिसऱ्यांदा D पासून E वर ठेवला. म्हणजे वर्तुळाचा परीघ हा व्यासाच्या तिप्पटीपेक्षा थोडा जास्त आहे. म्हणजे π ची साधारण किंमत ३ झाली. आता जास्तीच्या EA या भागाचा विचार केला. हा जास्तीचा भाग दोरीने मोजला. त्या तुकड्याचे एक टोक A वर ठेवून संपूर्ण व्यास EA च्या मापात मोजल्यावर लक्षात आले की EA हा AB च्या $\frac{1}{16}$ व $\frac{1}{8}$ मधील भाग आहे. (खरंतर आकृती नीट बघितली तर असं दिसतंय की E7 हा बिंदू E8 पेक्षा B च्या अधिक जवळ आहे.)

या आपल्या प्रयोगानुसार π ची किंमत ३ पूर्णांक $\frac{1}{16}$ आणि ३ पूर्णांक $\frac{1}{8}$ च्या

मध्ये असली पाहिजे. म्हणजेच,
 $3 \text{ पूर्णांक } \frac{1}{16} < \pi < 3 \text{ पूर्णांक } \frac{1}{8}$
 शाळेत आपण π ची किंमत २२/७ धरून सोडविली त्या किमतीचा उगम असा झालेला दिसतो !

ज्या ठिकाणची भौगोलिक परिस्थिती, वातावरण शेतीसाठी अनुकूल होते. तेथे वसाहती तयार होऊन संस्कृती वाढली लागलेली दिसते. ज्याप्रमाणे धर्मगुरु, कलाकार, व्यापारी, सैनिक होऊ घातले त्याप्रमाणे गणितज्ञही जन्माला आले. अशाप्रकारची उन्नती मेसोपोटीमा, सिंधू इ. नद्यांच्या खोऱ्यात झालेली आढळते. बॅबिलॉन हे मेसोपोटीमा नदीच्या खोऱ्यात

9645764078	9512694683	9835259570	9825822620	5224894077	2671947826	8882601476	909026401	3639443755	5305068203
4982526517	4339965143	1828901970	4592509372	2189646151	5709858387	4125788597	5972297549	8930161753	9284681382
6868386894	2774155991	8559252459	5395943104	9972524488	8459872736	4495848865	3856736222	6260991244	0805124388
4390451244	1385497627	8079771569	1435997700	1296160894	4169486855	5848403353	4220722258	2848844815	8456028504
0184827394	5226746767	8895252138	5225489954	4672782398	6456594116	3548867305	7745649803	5593634568	1743241125
1507608747	9451094596	0940252288	7971089314	5669136887	2287489405	6010150330	8617928680	9208747609	1782493856
9009714909	6759852613	6554978189	3129784821	4829989877	2264860485	7544018210	4775551323	3764145152	3746234364
5428548447	9526586782	1051141354	7357395231	1342716410	2135969536	2314429524	8493718711	0145765403	5902749344
0374200731	0578539062	1983874478	0847848948	3321445713	8687519435	0463021845	3191048481	0053700116	8067491927
8191197939	9526614196	6342875444	0643745123	7181921799	9839101591	9561021845	1426912397	4894090718	6494231914
5679452080	9514655022	5231803881	9301420937	6213785595	6638937787	0830390697	9207734672	2182562599	6615014215
0306883844	7734549202	4054146659	2520149744	2850732518	6660021324	3408819071	0486331734	6496514539	0579626856
1005508104	6587469981	6357475438	4052571459	1028979441	4011097120	6280439039	7593156771	5770042033	7869936007
2305587631	7435942187	3125147120	5329281918	2618612586	7321579198	4144888291	6447609957	5276145752	0917567116
7226109816	9091528017	3506712788	5832228718	3520935396	5725121083	5791513498	8209144421	0047510334	6711031412
6711364900	8658516398	3150197016	5151168517	1437657618	3515565088	4909989859	9823873455	2833163550	7647918535
8932241854	8943213293	3089857044	2046752590	7091548141	6349859441	6371802709	8199430992	4488957571	2828905923
2332609729	9712084433	5732654893	8239119325	9744366730	5834601428	1388303203	8249035798	8524374417	0291327656
1809377344	4030707469	2112019130	2033038019	7621101100	4492932151	6084244445	9637669838	9522864878	3123552658
2131449576	8572624334	4189303968	6426243410	7732269780	2807318915	4411010446	8232527162	0105265227	2111660396



षटकोनाला वरील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बाहेरुन आणि आतून वर्तुळ काढून त्यावरून π ची कमीतकमी ३.००० आणि जास्तीतजास्त ३.४६४ अशी किंमत मिळते.

असलेले एक गाव. १९३६ साली बॅबिलॉनपासून २०० मैल अंतरावर चाललेल्या उत्खननात एक ठिकरी सापडली. त्या ठिकरीवर काहीतरी कोरलेले आढळले. ते भूमितीशी निगडीत असावे असा तर्कही पुरातत्त्व-तज्ज्ञांनी बांधला. १९५० साली भाषातज्ञ, गणितज्ञ यांनी मिळून त्या शिलालेखावरचा संदेश इंग्रजीत प्रकाशित केला. त्या संदेशात एक सूत्र होते,

(सुसम षटकोनाची परिमिती) भागिले
(सुसम षटकोनाच्या परिवर्तुळाचा परीघ)

याची किंमत $(\frac{57}{60}) + \frac{36}{(60)^2}$ इतकी मांडली होती. त्याकाळी बॅबिलॉनमध्ये दशमानपद्धती प्रचलित नसून अंक १ ते ६

मोजले जायचे (षष्टमान) पद्धत रुढ होती. जर सुसम षटकोनाची बाजू x असेल आणि त्याच्या परिवर्तुळाचा परीघ C असेल तर शिलालेखावर दिलेल्या समीकरणानुसार,

$$\frac{6x}{C} = (\frac{57}{60}) + \frac{36}{(60)^2}$$

$C = 2\pi x$ असे धरले तर $\pi = \frac{C}{2x}$ म्हणजे, $\frac{3}{\pi} = (\frac{57}{60}) + \frac{36}{(60)^2}$ या समीकरणानुसार π ची किंमत आली ३.१२५. आपण इजिप्शियन पद्धतीने काढलेल्या π च्या किंमतीशी ही मिळतीजुळती आहे.

इ.स.पू. २८७ मध्ये सिरॅकस येथे जन्मलेला आर्कीमिडीज हा मोठा विलक्षण माणूस होता. आर्कीमिडीजच्या बाबत अनेक

655730925	4711055785	3763466820	6531098965	2691862056	4769312570	5863566201	8558100729	3606598164	8611791085
3348850384	1136570867	5324944166	8039626579	7871855560	8455296541	2465400530	6143444318	5867697514	5661406800
7002378776	5913440171	2749470420	5622305369	8456131407	1127000407	8543326499	3908145466	4465860797	2708264830
6343285878	5698305235	8089330657	5746079545	7163775254	2021149557	6158100025	0126228594	1302164715	5097925923
0909796547	3761255176	5675135751	7829666454	7791785011	2996148903	0463994713	2962107340	4375189573	5961458901
9389713111	7904297828	5647503203	1986915140	2870808599	0480109912	1472213179	4744777262	2414254854	5843321571
8530614228	8137585043	0633217518	2979866223	7121591460	7716492547	4873898665	4494501114	6540628433	6639379003
9769265672	1463853067	3609657120	9180763832	7166416274	8888007869	2560290228	4721040317	2118608204	1900042296
1711196377	9213375751	1495950156	6049631862	9472654736	4252308177	0367515906	7350235302	8354056704	0386743513
6222247715	8915049530	9844489333	0943408780	7693259939	7805419341	4473774418	4263129680	8099888887	4132604721
5695162396	5844573021	6315891931	9516735381	2974167729	4786724229	2465436680	0980676928	2382806899	6400482455
4037014165	1496589794	0924323789	6907069779	4223625082	2168895738	3798623001	5937764716	5122893578	6015881617
5578297352	3344604281	5126272037	343165319	777416031	9906655418	7639792933	4419521541	3418994854	4473456738
3162499241	913181809	2777170386	3873431177	2075456545	322077092	1201905166	0962004909	2636019759	8828161332
3162436528	6193266863	3606273567	6303544776	2803504507	7723554710	5859548702	7908143542	4014517180	6244436267
9456127531	8134078330	3362542327	8394497538	2437205835	3114771199	2406381334	6776879695	9703098339	1307710987
0408591337	4641442822	7726346594	7047458784	7787201927	7152807317	6790770715	7213444730	6057007334	9243693113
8356493163	1294042512	1925651798	0694113528	0131470130	4781443788	5185290928	5452011658	3934196562	1349143415
9542584584	5570552490	4945209858	0338507224	2448293972	8548783163	0577754606	8887444624	8246857926	0395352773
4803048029	0058760758	2510474709	1443961362	6760449256	2742042083	2085661190	6254543372	1315359584	5048772460

सुरस कथा सांगितल्या जातात. त्या किती खऱ्या-खोट्या हा मुद्दा बाजूला ठेवू या. तो एक प्रतिभावंत शास्त्रज्ञ होता यात वादच नाही. π ची अचूक किंमत काढण्याचा भुंगा आर्किमिडीजच्या डोक्यातही घोंघावत होता. π ची किंमत काढण्यासाठी आर्किमिडीजने सुसम बहुभुजाकृतीच्या अंतर्वर्तुळाचा व परिवर्तुळाच्या परीघांचा आधार घेतला. एक एकक बाजूच्या सुसम षटकोनात अंतर्वर्तुळ काढले व त्याच षटकोनाच्या भोवती परिवर्तुळ काढले.

षटकोनाची परिमिती = 6
 परिवर्तुळाचा परीघ षटकोनाच्या परिमितीपेक्षा जास्तच असणार. त्याची कमीत कमी किंमत 6 असेल. = $2 \times \pi$ (१)

म्हणून π = कमीत कमी 3 .

अंतर्वर्तुळाचा परीघ जास्तीत जास्त षटकोनाच्या परिमितीइतका असेल. काटकोन त्रिकोण काढून अंतर्वर्तुळाची त्रिज्या $\sqrt{3}/2$ येते.

म्हणून $2\pi \times \sqrt{3}/2 =$ जास्तीतजास्त 6

म्हणून पाय = जास्तीतजास्त $2\sqrt{3}$

म्हणजे, $3 < \pi < 2 \times \sqrt{3}$.

यानंतर बाजूंची संख्या दुप्पट केली म्हणजे 12 बाजूंची सुसम बहुभुजाकृती झाली. तिच्या

अंतर्वर्तुळाचे व परिवर्तुळाचे परीघ मोजले तेव्हा $3.104 < \pi < 3.214$ असे मिळाले. अशाच पद्धतीने 24 बाजूंची सुसम बहुभुजाकृती काढून $3.141 < \pi < 3.142$ हे उत्तर मिळाले. आर्किमिडीजने अशा प्रकारे 96 बाजूंची सुसम बहुभुजाकृती काढून सांगितले की π ची किंमत 3 पूर्णांक $10/7$ व 3 पूर्णांक $1/7$ यांच्यामध्ये आहे व त्याची साधारण किंमत 3.14 आहे. आर्किमिडीजने आपल्या 'मेझरमेंट ऑफ अ सर्कल' मध्ये असेही म्हणले आहे की सुसम षटकोनाएवजी सुसम दशभुजाकृतीने सुरुवात करून सहा वेळा दुप्पट करून येणाऱ्या संख्येइतकी सुसम बहुभुजाकृती काढून अंतर्वर्तुळाचे व परिवर्तुळाचे परीघ मोजले तर π ची साधारण किंमत 3 पूर्णांक $14/5$ एवढी येते.

पुढे 16 व्या शतकात डच गणिती लुडॉल्फ व्हॅन सिलेन याने आपल्या कारकीर्दीतील बराचसा काळ π ची अचूक किंमत काढण्यात घालवलेला दिसतो. त्याच्या आयुष्याच्या शेवटाला त्याने π ची 32 अंकी किंमत काढली. त्यानेही आर्किमिडीजच्या पद्धतीचा वापर केला व 2 चा 32 वा घात असलेल्या बाजूच्या सुसम बहुभुजाकृतीच्या अंतर्वर्तुळाचे व परिवर्तुळाचे परीघ मोजले.

2901618766	7952406143	4252257719	5429162991	9306655377	9916037360	6328752628	8896399587	9475291724	6426357455
2540790914	5135711134	9410911939	3251910760	2082520261	8789531887	7058429725	9167781314	9499009019	2116971737
278748472	6840849003	3770242429	1451300500	5168323364	3503895170	2989302233	4517220138	1280494501	1784408745
1960212228	5937316231	3017114484	4449903890	4449544400	6198690754	8516026327	5052983481	8740786680	8818338510
2283345085	0466082503	9302133219	7155184304	3545500766	6282949304	1377655279	3975175461	3955984683	3933638047
4611996653	8581538420	5685338261	8672523340	2830871123	2827892125	0771262946	3229563999	8989358211	6745627010
2183586422	0134967151	8819097303	8119800097	3407236610	3685406043	9393509790	1904996295	5245300454	05806485501
9567302292	191393918	5680344903	9820595510	0224353536	1920419947	9553859381	0234395544	9597783779	0237416117
2711172364	3435439478	2218185286	2406514006	6404433258	8856986705	4315470690	5747458550	3323233421	0730154594
0516553790	6866273337	9958511562	5784322988	2737231989	8757141595	7811393358	3300594087	3008121602	8764962867
4440817044	9159950549	7374256249	0104903778	1986835938	1465741268	0492566879	8556145372	3478673303	9046683834
3634455379	4984419270	5638729317	4872352083	7401123029	9113679384	2708943879	9362016295	1541337182	4892830722
0124901475	4668474535	7614477379	475200490	7571555278	1965362132	3924404160	1363581559	0742202020	3187277605
2772190055	4184825551	8792530343	513984253	2234157623	3610425066	3904975008	6562710955	5919465897	5141310348
2176930624	7435563256	9160781547	8181152843	6679570611	0861533156	4452127473	9245449454	2368288606	1340811486
3776709961	201512491	4043027253	8607468236	3414358423	5189751664	5216413787	9490314950	1910857598	4423918662
924219399	4407236234	4648481173	9403264918	4044378051	3338945257	4239950829	6591228508	5558215725	0131071520
1246830240	2929525220	1187267675	6220415420	5161841634	8475451849	9811614101	0029960783	8690929160	3028880026
9104140792	8862150784	2451670908	7000699282	1206604183	7180453556	7252532567	5328612910	4248776182	5829765157
9598470356	2226293486	0034158722	9805349896	5022629174	8788202734	2092224253	3985624476	6914905562	8425039127

सिरेकसचा आर्कीमिडीज (ख्रि. पू. २८८ ते २१२)

इ.स. पूर्व २८७ च्या आसपास सिरेकसमध्ये आर्किमिडीजचा जन्म झाला. आर्किमिडीज एक थोर भौतिक शास्त्रज्ञ, गणिती व अभियांत्रिक म्हणून नावाजला गेला आहे. आर्किमिडीजबाबत अनेक गोष्टी सांगितल्या जातात. रोमन जनरल मार्सेलसने जेव्हा सिसिलीवर हल्ला चढवून तिकडच्या बंदरावर कब्जा मिळवला तेव्हा सिसिलीच्या राजाने आर्किमिडीजला साद घातली. त्यावेळी आर्किमिडीजला नुकतीच तरफ आणि कप्पीची किमया ज्ञात झाली होती. त्यांनी अनेक तरफा व कर्प्पीच्या सहाय्याने मोठमोठ्या केन्स बनवल्या आणि जहाजे चक्र एका ठिकाणाहून दुसरीकडे टाकली ! उरलेल्या जहाजांना मोठ्या आंतरवक्र आरशांचा वापर करून परावर्तित प्रकाश किरणांनी आग लावली. आणखी एका युद्धात आर्किमिडीजने आपल्या विविध युक्त्यांनी शत्रूला तीन वर्षे थोपवून धरले होते.



एका रात्री जेव्हा नगरवासी धार्मिक उत्सवात रममाण झाले होते तेव्हा रोमन सैनिकांनी महाद्वारे फोडली. जेव्हा सैनिक हल्ला चढविण्याच्या तयारीत होते तेव्हा मार्सेलसचा आदेश आला. 'कुणी चुकूनही आर्किमिडीजच्या केसालाही धक्का लावता कामा नये. तो आपला पाहुणा असेल'. आर्किमिडीज अंगणात भौमितिक आकृत्या रेतीत कोरण्यात गुंग असताना एका सैनिकाने मार्सेलसचा आदेश न जुमानता आर्किमिडीजवर तलवार उगारली. आर्किमिडीज उद्गारला "मित्रा, कृपा करून मला हे वर्तुळ पूर्ण कर दे. मग तू मला मार." सैनिकाने विनंतीला प्रसन्न न देता आर्किमिडीजवर वार केले. "त्यांनी माझे शरीर घेतले आहे, पण मी माझा आत्मा घेऊन जात आहे." हे आर्किमिडीजचे शेवटचे वाक्य.

771028602 7998066365 8258889264 8802545661 0172967026 6607655904 2909945681 5065265305 3718294127 0336951378
178409040 7086671149 655834343 7493385781 7113864558 7347812301 4587687126 6034891390 9562009939 3410310291
161528813 8437909904 2317473363 9800857593 1493140529 7634757481 1935610711 -0137751271 0080315590 2485309664
203767192 2033229094 3364768514 2214477379 3937517034 4366199104 0337511173 5471918550 4444902636 3512816228
246625759 1633303910 7225383742 1821408835 0865739177 1509482887 4782656995 9957449068 175834137 5223970968
408005355 9849175417 3618839994 469784762 4551658276 5848588054 3142775087 9002499517 0283529716 3445621294
04532117 6006651012 4120065975 5851274178 5838292041 9748442360 8007193045 7618932349 2292796501 9875187212
267507981 2554709589 0454635792 1221033346 6974492356 3025494780 2490114195 2123828153 0911407907 3860251522
428958180 7247162591 6685451333 1239480094 7079119153 2673430282 4418604142 6363954800 0448002670 4962482017
289647669 7583183271 3142517029 6923488962 7668440323 2609275249 6035758966 92564504936 6183609003 2380929345

588970495 3653494040 3402166544 3755890045 6328822505 4525544056 4482464511 8754711942 1844396482 537543885
909411303 1509526179 3780029741 2076651479 3942590298 9495944995 5657612186 5619673378 6236256125 2163204628
922210327 4889218654 3648029067 8070576561 5144632046 9279068212 0738837781 4233542823 6084632080 6822248801
248261177 1858963814 09180290367 3672220888 3215137556 0037279839 4004152970 0287830766 7094447456 0134554417
343709069 7439612257 1429894671 5435784687 8861444581 2314543571 9849225208 7166504922 124240141 2147805734
51050801 9084994033 0274347870 8108175450 1193071412 2339048639 3833052942 5784905074 4310045835 1963438934
596131854 3475644955 6978103829 3097146451 1384070070 7364011237 3599843452 2516105070 2705623526 6012748848
08076118 3013052793 2054274628 6540360367 4532865105 7065874882 2549815793 6789746974 2205750596 8344084973
020141020 6723585020 0724522563 2651341055 9240190274 2162484391 4035998953 5394590944 0704691209 1490387001
645400162 3742880210 9274457931 0457922955 2498872758 4610126483 699982256 8996881592 0560010165 5256375678

भास्कराचार्यांच्या मतेही १८ ची वरील किंमत अचूक आहे. या भारतीय गणितींनी आर्कीमिडीजने वापरलेल्या संकल्पनेआधारेच १८ ची किंमत काढल्याची शक्यता अभ्यासक सांगतात.

१९ व्या शतकात अनेकांनी १८ ची १०० अंकी, २०५ अंकी, ६०७ अंकी किंमत काढली. पण संगणकाद्वारे ही किंमत काढणे हे आव्हान होते. संगणकाकडून काम करवून घ्यायचे असेल तर त्याला त्याप्रमाणे आदेश द्यावे लागतात. ते आदेश विविध लोकांनी संगणकीय भाषेत लिहिले. त्यातील महत्त्वाची मानली जाणारी सिद्धता सुमारे ७५ वर्षांपूर्वी रामानुजन या प्रसिद्ध भारतीय गणितज्ञाने त्यांच्या वहीत लिहून ठेवलेली होती. १९८७ साली महासंगणकांच्या मदतीने १८ ची १३४२१७०००० अंकी किंमत काही तासांत

काढण्यात आली.

इतिहासातून माणूस शहाणपण शिकतो असं म्हणलं जातं. गणिताच्या इतिहासाकडे थोड्या वेगळ्या दृष्टीने बघता येईल. गणित शिकवताना अनेकदा विद्यार्थ्यांपुढे त्या संकल्पना जशाच्या तशा मांडल्या जातात. त्यामुळे मुलांना गणित ही गोष्ट आकाशातून टाकल्यासारखी वाटते. परकी वाटते. अशा प्रकारे जिथे शक्य असेल तिथे इतिहासाची तोंडओळख आपण गणित शिकवताना मुलांना करून देऊ शकलो तर आत्तापर्यंत रुक्ष वाटणारा गणित हा विषय मुलांना नक्कीच आवडायला लागेल, अशी आशा आहे. ❖

लेखक : जुई दधीच,

संख्याशास्त्रात पदवीधर, गणित शिक्षण आणि लिखाणाची आवड



‘एकलव्य’ ही मध्यप्रदेशातील शालेय शिक्षणामध्ये सुधारणा घडवून आणण्यासाठी सतत कार्यरत असणारी संस्था आहे. या संस्थेला शैक्षणिक -सामाजिक क्षेत्रामध्ये काम करीत असताना विद्यार्थी, शिक्षक, पालक यांच्यामध्ये परस्परसंवाद वाढविण्यासाठी एखाद्या अनौपचारिक व्यासपीठाची गरज भासत होती.

त्या दृष्टीनेच चालविले जाणारे ‘शैक्षिक संदर्भ’ हे एक शैक्षणिक - विज्ञान आशयाचं हिंदी ‘ट्रिमासिक’ आहे. त्याच्या प्रत्येक अंकामध्ये विविध विषयांवरील मनोरंजक लेख वाचायला मिळतात. हिंदी भाषक मित्रांसाठी अनमोल असं ज्ञानसाधन !

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये ५० आहे. वर्गणी

मनिऑर्डर अथवा बँक ड्राफ्टद्वारा (एकलव्यच्या नावे) पुढील पत्त्यावर पाठवावी.
एकलव्य, ई-१/२५, अरेरा कॉलनी, भोपाल, मध्यप्रदेश पिन - ४६२०१६

डावं-उजवं

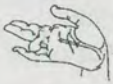


डावा आणि उजवा हे शब्द विविध अर्थानी वापरले जातात. चांगला, कमी चांगला हा भावार्थ मराठीतून येतो पण वेगवेगळ्या भाषांमध्ये खरा-खोटा, सज्जन-दुर्जन याही अर्थानी हेच शब्द आहेत. आपल्या उजव्यांच्या जगात डाव्यांवर अन्यायच होतो असं नाही वाटत?

लेखक : आयझॅक अँसिमाँव्ह

अनुवादक : बळवंत गोठोस्कर

प्रत्येकजण सहसा आपला उजवा किंवा डावा हात प्रामुख्याने वापरतो. उजवा हात वापरणाऱ्या माणसाच्या मेंदूच्या डाव्या भागामध्ये शब्दोच्चार व कौशल्यपूर्ण हालचाली यांची नियंत्रण केंद्रे असतात. साधारण दहाजणांमध्ये एक माणूस हा डावखोरा असतो. वर उल्लेख केलेली नियंत्रण केंद्रे डावखोऱ्या माणसाच्या मेंदूमध्ये दोन्ही भागात किंवा कोणत्याही एका भागात असू शकतात.



डावखोऱ्या लोकांबद्दल बऱ्याच गैरसमजुती प्रचलित आहेत. जेव्हा डावखोरी मुले ही प्रामुख्याने उजवा हात वापरणाऱ्या माणसांच्या जगात वावरायला सुरुवात करतात तेव्हा ती बोलताना तोतरेपणा किंवा लिहिताना अक्षरक्रमात अदलाबदल करण्याचा संभव असतो. पूर्वी केलेल्या संशोधनात डावखोऱ्या

माणसांमध्ये आजार, अपघात, जखमा व कमी आयुष्यमान यांचे प्रमाण अधिक दिसून आले आहेत. या निराशाजनक निष्कर्षांबद्दल आता विवाद उत्पन्न झाले आहेत. साधारणपणे फक्त १८९० च्या अगोदर जन्मलेल्या डावखोऱ्या माणसांचे आयुर्मान कमी होते. नंतर असा फरक दिसत नाही. अपघात हा वय, लिंग, प्रकार, स्थळ इत्यादी गोष्टींवरही अवलंबून असतो.



डावखोरेपणा हा खरं म्हणजे काही वाईट नसतो. सुप्रसिद्ध संशोधक बेंझामिन फ्रँकलिन हा डावखोरा होता. तो पुष्कळ वर्षे जगला. त्याने केलेल्या संशोधनामुळेच त्याला अमेरिकन औद्योगिक भरभराटीचा जनक मानतात. बाख हा जगप्रसिद्ध संगीतकार डावखोरा होता. त्याची तीन मुलेही नंतर संगीतरचनाकार झाली. लिओनार्डो द विहन्सी हा साध्या लिपीप्रमाणे

प्रतिबिंबित लिपीही सहज लिहित असे. बऱ्याच जन्मजात डावखोऱ्या लोकांना हे सहज शक्य होते.

बहुतांश लोक प्रामुख्याने उजवा हात का वापरतात? आपले सस्तन पूर्वज दैनंदिन व्यवहारात कोणत्याही एका हाताचे प्राधान्य दाखवत नाहीत. पण अतिप्राचीन पूर्वज मात्र उजवी बाजू वापरणारे होते असे दिसते. सुमारे २० दशलक्ष वर्षांपूर्वीच्या आदिमानवांनी दगड ठोकून तीक्ष्ण दगडी हत्यारे बनविली होती. त्यांच्या धारदार कडा उजवीकडे होत्या. म्हणजे ते पूर्वजही उजव्या हाताला प्राधान्य देत होते. सद्यकालीन संशोधन असे सूचित करते की उजव्या हाताचा वापर आदिमानवापूर्वीही प्रचलित होता. मानवाव्यतिरिक्त सस्तन प्राणीसुद्धा काही प्रकारच्या इतर क्रियांमध्ये उजव्या बाजूचा किंवा पुढील पायाचा उपयोग करतात. विशेषतः कौशल्यपूर्ण कामासाठी किंवा दृष्टीआडच्या वस्तू शोधण्यासाठी. शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार झाडांवर राहणारे प्राणी आपल्या उजव्या हाताने फांदी पकडून डाव्या हाताने इतर कामे करतात. नंतरचे जमिनीवर वास्तव्य करणारे प्राणी आपल्या उजव्या हाताच्या ताकदीचा उपयोग कठीण फळे/ बिया फोडण्यासाठी करतात. माकडासारखे



प्राणी शरीरावरचे केस स्वच्छ करण्यासाठी उजवा हात जास्त वापरतात.

सर्वात महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे मानव व चिंपांझी, गोरिला यांसारखे त्याचे पूर्वज आपल्या लहान बछड्यांना डाव्या बाजूला (डाव्या हातावर) उचलून घेतात. या कामासाठी डाव्या बाजूला प्राधान्य देण्याचे कारण म्हणजे बहुधा आईला बछड्यांची जाणीव जास्त करून डाव्या डोळ्यांनी व डाव्या कानाने होत असावी. या दोन्ही इंद्रियांतून मिळणाऱ्या संवेदनांचे पृथक्करण हे मेंदूच्या उजव्या भागात होते व हाच भाग मानसिक भावनांचेही संकलन करतो. पिलांबद्दलची आवश्यक अशी सर्व माहिती योग्य अशा भावनाशील भागातच जाते. त्यामुळे आई व मूल / पिलू या दोघांमध्ये एक चांगला, सखोल असा भावनाबंध तयार होतो. हा बंध पिलाच्या रक्षणासाठी अत्यंत उपयोगी असतो. कदाचित डाव्या बाजूवर धरलेल्या पिलांना आपल्या आईच्या हृदयाचे ठोके ऐकू येऊन सुरक्षित वाटत असावे. आईच्या गर्भाशयातले बालक ९ महिने आईच्या हृदयाचे ठोके ऐकत असते. कदाचित त्यामुळेच डाव्या कडेवर घेतलेले मूल लवकर शांत होते. दोन पायावर चालणाऱ्या प्राण्यांनी डाव्या बाजूला धरलेली



डावखोऱ्या लोकांमध्ये अपघात, जखमा (व बहुदा त्यामुळेच) कमी आयुष्यमान : एक कारण हे आहे की सर्व प्रकारची हाताने चालवायची यंत्रे उजवखोऱ्यांच्या सोयीचाच विचार करून बनवलेली असतात. त्यामुळे अशी यंत्रे वापरणे डावखोऱ्यांना अवघड जाते. साधंच उदाहरण - आपलं जुन्या पद्धतीचं सोलाणं जर डाव्या हाताने वापरायचं असेल तर पेन्सिलीला टोक केल्यासारखं वापरावं लागतं. त्यात अर्थातच बोटांची सालही सोलली जाण्याचा धोका जास्त असतो.

पिले जर शांत राहिली तर दोघेही मांसाहारी भक्षक प्राण्यांपासून सुरक्षित राहण्याचा जास्त संभव असतो.

उजव्या बाजूचे प्राधान्य हे आपल्या जीवसृष्टीत जरी पूर्वीपासून दिसत असले तरी आधुनिक संशोधनानुसार आपले विश्व मात्र 'डावखोरे' असले पाहिजे. अणूंमधले सूक्ष्म घटक, सजीव पेशीमधल्या प्रथिनांच्या घटकांची (अमिनो अॅसिड्स) संरचना, अवकाशातील तारकापुंजांचे भ्रमण या सर्व

गोष्टींमध्ये डाव्या बाजूला प्राधान्य मिळालेले दिसून येते. ❖

लेखक : आयझॅक अॅसिमोव्ह

अॅसिमोव्ह हा प्रसिद्ध वैज्ञानिक आणि विज्ञानलेखक होता. त्याच्या कथा जगभर प्रसिद्ध आहेत.

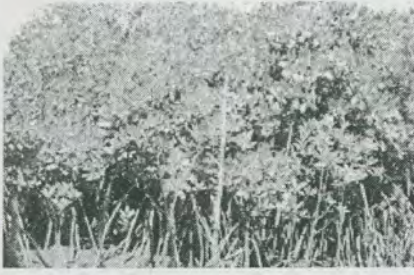
अनुवादक : बळवंत गोठोस्कर मुंबई येथील टाटा कर्करोग संशोधन संस्थेत अनेक वर्षे कर्करोगावर काम आणि विज्ञान लेखनाची आवड.

हाताला भोक कसे पाडाल!

आपण डोळ्यांनी जग बघतो त्याची प्रतिमा आपला मेंदू तयार करतो. प्रतिमा तयार करताना डाव्या डोळ्यांनी पाहिलेले दृश्य मेंदूच्या उजव्या भागाकडे जाते व उजव्या डोळ्याने पाहिलेले दृश्य मेंदूच्या डाव्या भागाकडे. आपण जर उजव्या डोळ्याला एक दृश्य आणि डाव्या डोळ्याला वेगळेच दृश्य दाखवले तर मात्र मेंदूची फसवणूकच होते. प्रतिमा तयार करताना मेंदू मग या दोन्ही दृश्यांचं एक विचित्र मिश्रण करतो आणि त्यामुळे मजेशीर गोष्टी घडतात. असाच एक प्रयोग आपण करून बघू या. या प्रयोगासाठी तुम्ही कागदाची एक मोठी नळकांडी बनवा. नळकांडी डाव्या डोळ्याला टेकवून धरून दूरवरील दृश्य दुर्बिणीसारखे त्यातून बघा. उजवा डोळा मात्र बंद करू नका. उजव्या डोळ्यासमोर नळीच्या लांबच्या टोकापाशी तुम्ही तुमचा उजवा पंजा धरा.



नळीमधून दिसणारे दृश्य जणू उजव्या तळहाताला पडलेल्या भोकातूनच दिसते आहे, असे तुम्हाला भासेल पण काळजी करू नका. तुमच्या हाताला भोक पडलेले नसून ही गंडबड उजव्या व डाव्या मेंदूच्या आपसातील संदेशांच्या देवाणघेवाणीमुळे झाली आहे.



मॅनग्रोवनं शिकवला

नवा धडा

लेखक : आ.दि. कर्वे

न.ज. झेंडे

उपयोजित विज्ञानामध्ये आजूबाजूच्या घटनांचे सूक्ष्म निरीक्षण करणे आणि या निरीक्षणांची पुस्तकी ज्ञानाशी सांगड घालणे, हे दोन महत्त्वाचे घटक आहेत. यातूनच नवे शोध लागतात आणि नवीन तंत्रे विकसित होतात. याचेच हे एक उदाहरण.

समुद्रात पाण्याची अजिबात कमतरता नसते. पण पिकांच्या सिंचनासाठी या पाण्याचा काहीच उपयोग नसतो. कारण जमिनीवर वाढणाऱ्या कोणत्याही वनस्पतीच्या सिंचनासाठी जर आपण समुद्राचे पाणी वापरले, तर ती वनस्पती काही दिवसांतच सुकून जाते, असे का बरे होते ?

साखर पाण्यात विरघळते हे सर्वांना माहीतच आहे. साखर व पाणी यांचे मिश्रण ढवळल्यास ही क्रिया लवकर होते. पण ढवळले नाही तरीसुद्धा कालांतराने साखर पाण्यात विरघळतेच. या प्रक्रियेमागील शास्त्रीय तत्त्व असे की एकादा द्रव पदार्थ व त्यात विरघळणारा पदार्थ हे जर एकत्र आले, तर या दोहोंपैकी प्रत्येक पदार्थाचे रेणू आपली तीव्रता जेथे अधिक आहे तेथून ती जेथे कमी आहे अशा ठिकाणी स्थलांतर करतात. या क्रियेला विकीरण असे म्हटले जाते. पाण्यात घातलेली साखर ज्या ठिकाणी पडलेली आहे. तेथून साखरेचे रेणू पाण्यात इतस्ततः पसरतात व आजूबाजूच्या पाण्याचे रेणू साखर ज्या ठिकाणी पडलेली आहे तेथे येतात.

येतात. अशा प्रकारे रेणूंच्या स्थलांतराने विद्राव्य पदार्थ द्रवात विरघळण्याची क्रिया घडून येते. जिवंत वनस्पती व प्राणी यांच्या पेशिकांमध्ये साखर, प्रथिने, सेंद्रीय आम्ले व पाण्यात विरघळू शकतील असे इतर अनेक प्रकारचे पदार्थ असतात. परंतु पेशिका पाण्यात घातल्यास हे पदार्थ काही विकीरणाने पेशिकेतून बाहेर पडत नाहीत. उलट बाहेरचे पाणीच पेशिकेत प्रवेश करते. यामागचे कारण असे की पेशिकेभोवती असणारे आवरण एखाद्या चाळणीसारखे असते. या चाळणीतून एका विशिष्ट आकारमानाच्या आतील रेणूच आरपार जातात, पण त्यापेक्षा मोठ्या आकाराचे रेणू जाऊ शकत नाहीत. अशाप्रकारच्या रेणुचाळण्यांना शास्त्रीय परिभाषेत अर्धपर्य पटल असे म्हणतात. ज्या ज्या ठिकाणी दोन भिन्न तीव्रतेच्या द्रावणांमधील पटल अर्धपर्य असते त्या त्या ठिकाणी अधिक तीव्र द्रावणाद्वारा कमी तीव्र द्रावणातील द्रावक एका विशिष्ट दाबाने पटलातून आरपार खेचून घेतले जाते. अशा दाबास रसाकर्षणाचा दाब असे म्हणतात. पेशिकेच्या आवरणातून पाणी, ऑक्सिजन,

कार्बन डायॉक्साईड, यांसारखे लहान आकाराचे रेणू आरपार जाऊ शकतात, पण साखर, प्रथिने, विद्राव्य क्षार यांसारखे मोठ्या आकाराचे रेणू आरपार जाऊ शकत नाहीत. याचे नेहमीच्या व्यवहारातील एक उदाहरण म्हणजे खिरीत अगर फूट सॅलडमध्ये घातलेले बेदाणे बाह्य माध्यमातले पाणी खेचून घेऊन टम्म फुगतात. पण त्यातली साखर काही बाहेर जात नाही. याच तत्वाचा उपयोग करून मुळे जमिनीतून पाणी खेचून घेतात. कारण मुळांच्या पेशिकांमध्ये विद्राव्य पदार्थांची तीव्रता अधिक तर मुळांसंभोवतालच्या मातीत पाण्याचे प्रमाण अधिक असते. विकीरणाच्या प्रक्रियेमुळे जाहेरच्या पाण्याचे रेणू मुळांच्या पेशिकेत प्रवेश करतात. पण मुळांच्या पेशिका अर्धपर्याय पटलाने वेढलेल्या असल्याने पेशिकेतील विद्राव्य पदार्थ मात्र तिच्यातून बाहेर पडत नाहीत. मातीत असणाऱ्या क्षारांचे

लाल कच्छ वनस्पतीच्या बिया झाडावर असतानाच रुजायला लागतात. बी खाली पडली की तिचा मोड चिखलात घुसतो. दलदलीमध्ये रोपटे रतल्यानंतर आधार देणाऱ्या मुळांच्या विकसित होतात.



प्रमाण जर वाढले तर हीच क्रिया उलट्या दिशेने घडून येते व वनस्पतीमधले पाणी जमिनीत खेचले जाते. सिंचनासाठी खारे पाणी वापरल्यास वनस्पती सुकून जातात. याचे कारण असे की वनस्पतीकडून जमिनीतून पाणी शोषून घेऊन ते पानांद्वारा वाफेच्या रूपाने हवेत सोडून देण्याची जी क्रिया चालते त्या क्रियेमुळे जमिनीतले पाणी कमी होत जाते पण त्याबरोबरच जमिनीतील मिठाचे प्रमाण मात्र वाढत जाते. अशाप्रकारे विरघळलेल्या क्षारांचे प्रमाण वाढल्याने जमिनीतल्या पाण्याचा रसाकर्षणाचा दाब इतका वाढतो की या द्रावणातून वनस्पतींना पाणी मिळण्याऐवजी वनस्पतीच्या पेशिकांमधील पाणीच बाहेर खेचले जाते व ती वनस्पती शेवटी मरून जाते.

समुद्राच्या पाण्यात सुमारे ३.५ टक्के क्षार विरघळलेले असतात. विरघळलेल्या क्षारांचे प्रमाण पाण्यात जेवढे अधिक, तेवढ्या प्रमाणात त्याचा रसाकर्षणाचा दाब अधिक असतो व अशा द्रावणातून आपणास आवश्यक तेवढे पाणी खेचून घेणे वनस्पतींना कठीण जाते. परंतु समुद्रजलातूनही आपणास आवश्यक तेवढे पाणी खेचून घेऊ शकणाऱ्या वनस्पतींच्या अनेक प्रजाती सागर किनाऱ्यावर वाढतात.

समुद्रकिनाऱ्यावरील भरती व ओहोटीच्या दरम्यानच्या दलदलीच्या भूभागात, म्हणजे खाजणात बरेचदा अनेक झाडेझुडपे वाढलेली दिसतात. अशा वनस्पतींमुळे निर्माण होणाऱ्या सागरतटीय जंगलाला मॅनग्रोव (कच्छ वनश्री) म्हणतात. मॅनग्रोवमध्ये वाढणाऱ्या वनस्पती सदाहरित असून सुमारे

३.५ टक्के क्षार असलेल्या पाण्यामध्ये तग धरण्याची त्यांच्यात क्षमता असते. परंतु आम्ही केलेल्या प्रयोगात आम्हास असे आढळले की खारदलदलीतल्या वनस्पतीसुद्धा जर दलदलीच्या बाहेर मातीत लावल्या व त्यांना समुद्राचे पाणी दिले तर त्याही काही दिवसातच सुकून जातात.

या प्रयोगाने निर्माण केलेला एक प्रश्न असा होता की साध्या मातीत लावलेल्या मॅनग्रोव -वनस्पती जर समुद्राच्या पाण्याने मरतात, तर त्या खारदलदलीत जिवंत कशा राहतात? या प्रश्नावर थोडा विचार केल्यावर आम्हाला त्याचे उत्तर सापडले. ते असे की मॅनग्रोवने व्यापलेला भूभाग भरती व ओहोटीच्या दरम्यान असल्याने तो दररोज दिवसातून दोन वेळा समुद्रजलाने धुतला जातो. त्यामुळे खारदलदलीतल्या पाण्यातील क्षारांचे प्रमाण कधीच ३.५ टक्क्यांच्या वर जात नाही. इतक्या खारट पाण्यातून आपणास आवश्यक तेवढे पाणी शोषून घेण्याची क्षमता या वनस्पतींमध्ये निसर्गतःच असते.

या उत्तरातून आम्हास समुद्राच्या पाण्याचा सिंचनासाठी उपयोग करण्याची युक्ती सापडली. समुद्राच्या पाण्याच्या सिंचनाचा ज्या वनस्पतीसाठी वापर करावयाचा तिच्या अंगी समुद्राच्या पाण्यात निसर्गतः आढळणारी क्षारांची टक्केवारी सहन करण्याची क्षमता तर हवीच पण तिला पाणी देण्याची योजनाही अशी हवी की ही वनस्पती ज्या माध्यमात वाढते आहे त्या माध्यमातील क्षारांची पातळी त्या वनस्पतीच्या सहनशीलतेच्या सीमपलीकडे जाता कामा नये. आम्ही यासाठी वाळूचे ३० सें. मी.



उंचीचे गादीवाफे करून त्यात काही क्षारसहनशील वनस्पती लावल्या. यासाठी आम्ही समुद्रकाठचीच साधारण १ मि. मी. ते ४ मि. मी. व्यासाचे कण असलेली रेंती वापरली. या गादीवाफ्यांना त्यांच्यातून पाणी बाहेर पडेल इतके समुद्रजल आम्ही रोज देत असू. याचा परिणाम असा होत असे की दिवसभराच्या बाष्पीभवनाने वाफ्यातल्या पाण्यातील क्षारांची टक्केवारी जरी वाढली तरी दुसऱ्या दिवशी दिल्या गेलेल्या समुद्राच्या पाण्याने वाळू धुतली जाऊन जादा क्षार असलेल्या पाण्याची जागा पुन्हा ताज्या सागरी पाण्याने घेतली जाई. या साध्या उपायाने या वाफ्यांमध्ये वाढणाऱ्या वनस्पती जिवंत तर राहिल्याच पण त्यांची चांगली वाढही झाली (वरील छायाचित्र पहा). हा प्रयोग आम्ही गोवा राज्यातील दोना पावला येथील नॅशनल इन्स्टिट्यूट ऑफ ओशिनोग्रॉफी येथे व महाराष्ट्रातील देवगड तालुक्यातील सौंदाळे या गावी, अशा दोन ठिकाणी थेट समुद्रकिनाऱ्यावरच केला.

पंपाने रोज समुद्राचे पाणी खेचून ते या वनस्पतींना देणे, ही खर्चाची बाब असल्याने याप्रकारे लागवड करावयाची असेल तर आर्थिकदृष्ट्या किफायतशीर अशा वनस्पतींची लागवड करणेच योग्य ठरेल. कोंकणात समुद्रकिनार्यावर आढळणाऱ्या काही वनस्पतींचा तीन वर्षे अभ्यास करून वरील प्रकारे सागरी जलावर वाढविता येतील व आर्थिक उत्पन्न देऊ शकतील अशा पाच प्रजातींचा शोध आम्ही लावला. त्यामध्ये माड(नारळ, खोबरे, खोबरेल, काथ्या, माडी इ.), वेडी बाभूळ (जळाऊ लाकूड, शेंगांपासून पशुखाद्य), कॅज्युआरिना (लाकडाचे वासे) रानभेंडी (चांगल्या प्रतीचे लाकूड) व पिलू (कच्च्या फळांचे लोणचे, बियांमध्ये असणाऱ्या तेलापासून लॉरिक आम्लाची निर्मिती) या पाच प्रजातींचा समावेश होतो.

कोंकणात पुरेसा पाऊस पडत असल्याने या संशोधनाचा तिथे कितपत उपयोग होईल हे सांगता येत नाही. पण जेथे पाऊसमान कमी पण समुद्रकिनारा जवळ आहे. अशा ठिकाणी या पद्धतीचा वापर करून स्थानिक लोकांना आर्थिक उत्पन्न देणाऱ्या वनस्पतींची लागवड करता येईल, असे भूभाग म्हणजे कच्छ व सौराष्ट्र. आंध्र प्रदेशात कोळंबी संवर्धनाच्या धंद्यायोगे सागर किनाऱ्यावरील हजारो हेक्टर जमीन खारवटली असून तेथे कोणत्याच वनस्पती वाढू शकत नाहीत. याही ठिकाणी आमच्या पद्धतीने शेती करणे शक्य होईल.

बऱ्याच ठिकाणी विहिरींचे पाणी खारे असते. महाराष्ट्राच्या देश भागातही अनेक गावे अशी आहेत की जिथे सर्व विहिरींना खारे

पाणीच असते. या पाण्यातल्या विद्राव्य क्षारांचे प्रमाण सर्वसाधारणतः केवळ ०.५ टक्क्यांच्या आसपासच असते. पण ते पिकांच्या सिंचनासाठी वापरल्यास त्याने जमिनीतील क्षारांची पातळी वाढते व लावलेल्या वनस्पती मरून जातात आणि चांगली जमीन खाजण बनते. अशा ठिकाणीही आम्ही विकसित केलेल्या पद्धतीचा वापर करून शेती करता येईल. मात्र वाळूच्या वाफ्यातून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचा संपूर्ण निचरा होण्याची व्यवस्था करणे अत्यावश्यक आहे. अशा ठिकाणी हंगामी पिकांपेक्षा वृक्ष आणि इतर बहुवर्षीय वनस्पतींची लागवड करणे अधिक फायद्याचे ठरते. आम्ही सातारा जिल्ह्यात फलटण तालुक्यात वडजळ गावात खारट भूजलाचा सिंचनासाठी उपयोग करून वाळूच्या गादीवाफ्यावर कोणत्या प्रकारचे वृक्ष वाढवता येतील याचाही अभ्यास केला. या प्रयोगात वाळूच्या वाफ्यांवर लावलेले कोणतेच फळझाड टिकले नाही. याचाच अर्थ असा की फळझाडांच्या मुळांना थोडाही खारटपणा चालत नाही. पण निलगिरी, रानभेंडी, कडुनिंब, शिंदी, घायपात व कोरफड यांची वाढ मात्र चांगली झाली.

टीप : या संशोधनास भारत सरकारच्या विज्ञान व तंत्रज्ञान विभागाद्वारा अर्थसहाय्य प्राप्त झाले होते.

श्री. आ. दि. कर्वे व श्री. न. ज. झोंडे
हे दोघेही वनस्पती शास्त्रज्ञ असून अंप्रोप्रिएट रुल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूट (आरती) या ग्रामीण भागात रोजगार निर्मितीसाठी संशोधन करून तंत्रे विकसित करणाऱ्या संस्थेचे सदस्य आहेत.

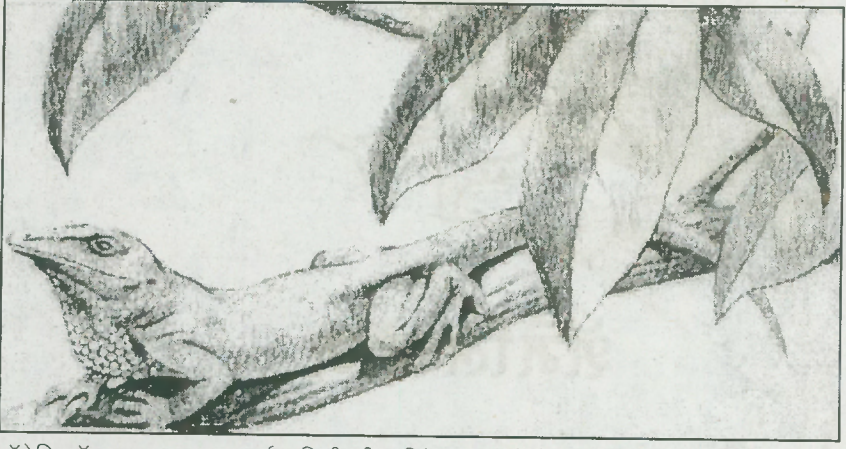


शॅमेलिऑन

ही सृष्टी... हा निसर्ग.... हे जग.... सगळंच एक रसाळ काव्य.... एक घाटदार -बाकदार शिल्प..... जिथे तिथे रंगच रंग भरलेले ! प्रत्येक सजीव अन निर्जिवाचीही स्वतःची अशी एक अलग खासियत ! असाच रंगांची उधळण करीत आपलं आयुष्य निसर्गाच्या कुशीत शांतपणे जगणारा एक प्राणी आहे. शॅमेलिऑन ! रंग बदलण्याच्या बाबतीत प्रसिद्ध असलेल्या या प्राण्याबद्दल बऱ्याच जणांनी ऐकलेलं असतं - पण कुठं त्याला पाहिलेलं मात्र नसतं ! कसं पाहणार आपण माणसंच अशा निसर्गातल्या अमूल्य गोष्टींच्या न्हासाला स्पष्ट जबाबदार आहोत. शेतात - शिवारात झाडा-झुडपांत भर दुपारच्या शांत श्रावणातल्या उन्हात आरामात समाधी लावून बसलेली शॅमेलिऑनची स्वारी अगदी चुकून अन अचानकच आपल्या दृष्टीस पडते. बराचसा वेगळा असा शॅमेलिऑन हल्ली दुर्मिळ होत चालला आहे.

भारतीय जंगलांमध्ये शॅमेलिऑन आढळतो. त्याचं खास वैशिष्ट्य म्हणजे सभोवतालच्या परिस्थितीशी तो इतका मिसळून जातो की चुकूनच लक्षात येतो. यालाच केमोफ्लॅजिंग असे म्हणतात - जंगलात लढणाऱ्या जवानांचे कपडे नाही का झाडा - झुडपांच्या पाला-पाचोळ्याशी मिळते जुळते असतात ! पशु - पक्ष्यांचं निरीक्षण करताना जंगलातून फिरतानासुद्धा केमोफ्लॅजिंगचा वापर करणे फायद्याचे ठरते.

जर केवळ उघड स्पर्धा आणि जीवनसंघर्ष यांचाच व्यावहारिक विचार करायचा असेल तर डार्विनच्या सिद्धांतानुसार स्वसंरक्षणात वरचढ असणारा अन आपल्या पर्यावरणाशी जुळवून घेऊ शकणाराच जीवनसंघर्षात वरचढ ठरतो. उत्तरोत्तर-उत्क्रांतीमध्ये यामुळे काही वैशिष्ट्यांचा विकास जीवजातींमध्ये होत जातो. शॅमेलिऑनचा रंग हा त्याचाच एक भाग. त्यामुळे एक तर त्याला त्याचा शत्रू पटकन ओळखू शकत नाही. त्यामुळे तो



शॅमेलिऑन याचा शब्दशः अर्थ जमिनीवरील सिंह असा होतो. वरील चित्रात दाखविलेली शॅमेलिऑनची उपजाती दक्षिण अमेरिकेत आढळून येते.

बचावतो याउलट त्याचे भक्ष्य मात्र त्याला ओळखू न शकल्याने त्याच्या जवळ जाते. एका वैशिष्ट्यामुळे शॅमेलिऑनपासून त्याचे भक्ष्य सुटू शकत नाही. ते म्हणजे शॅमेलिऑनची जीभ. जी त्याच्या लांबीच्या दोन - अडीचपट लांब अंतरापर्यंत पोचू शकते. टोकाशी चिकट असणारी ही जीभ एका सेकंदाच्या पंचविसाव्या भागात शिकार करून पुन्हा आपल्या मूळ ठिकाणी मुक्कामाला येते..... क्षणाच्या काही भागातच स्स..टा...क! अन् गडम ! पुन्हा वर आम्ही त्या गावचेच नाही असा आविर्भाव !

शॅमेलिऑनच्या काही प्रजाती मात्र त्यामानाने फारशा पटकन रंग बदलत नाहीत. साधारण फूटभर लांबी अन दोन्ही बाजूने चपटसर देहयष्टी असणाऱ्या शॅमेलिऑनचे रंग मनोहारी असले तरी त्वचेचा पोत थोडासा राठ-बोथटकाटेरी-उग्र स्वरूपाचा असतो. त्याची शेपटी टोकाला वेलीच्या तणावाप्रमाणे

गुंडाळली जाते. तिचा उपयोग आधारासाठी करून घेतला जातो. त्याचे पायही वैशिष्ट्यपूर्ण-प्रत्येकी दोनच बोटे- आपली हाताची चार बोटे आणि अंगठा असतो त्याप्रमाणे त्याचा चार बोटांचा मिळून एकच पसरट लाफा अन अंगठा असे दोन भाग असतात. त्याच्यामुळे त्याला छोट्या-छोट्या फांद्या पकडता येतात. शॅमेलिऑनचे डोळे हासुद्धा वैशिष्ट्यपूर्ण प्रकार आहे. त्याच्या डोळ्याच्या गोलकावर अपारदर्शक, त्वचेचेच, संपूर्ण एकाच पापणीचे आवरण असते. अन त्यात मध्यभागी बाहुली - यातून प्रकाशाचं जाणं नियंत्रित केलं जातं. आपल्या डोळ्यातली प्रकाशनियंत्रक बाहुली ही पारदर्शी कृष्णमंडल (कॉर्निआ)च्या आत असते तर या महाशयांची चक्र बाहेर..... इकडे-तिकडे वळवता येऊ शकणारी ! खरी बाहुलीसुद्धा सर्वसाधारण नेत्ररचनेप्रमाणे योग्य स्थानी म्हणजे भिंगाच्या पुढेच असते. पण ती तितकीशी कार्यरत नसते. त्याच्या

डोळ्यांचं आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे तो दोन्ही डोळे वेगवेगळ्या दिशांना फिरवून पाहू शकतो ! या साऱ्यांच्या सहाय्याने तो शिकारीसाठी सतर्क असतो. एका ठिकाणी अजिबात हालचाल न करता स्वस्थ बसून असतो. बसल्या जागेवरून डोळ्यावरची बाहुली इकडे तिकडे हलवतो. शिकार जवळ जाताच, दोन्ही डोळे भक्ष्यावर रोखत अंतराचा अंदाज घेतो.... अन मग एकदम जिभेची पाठवणी करुन भक्ष्य पकडतो.

इतकं सगळं असतानाही आज शॅमेलिऑन पाहायला मिळणं कठीण झालं आहे. याची कारणं आपण शोधली पाहिजेत. लक्षात घेतली पाहिजेत. आताच्या संघर्षात त्याचे चापल्य कमी पडत असले तरी मुख्य म्हणजे त्याच्या अधिवासाचा मुख्य आधार हिरवी वृक्ष राजी, झाडं-झुडपं आपण नष्ट

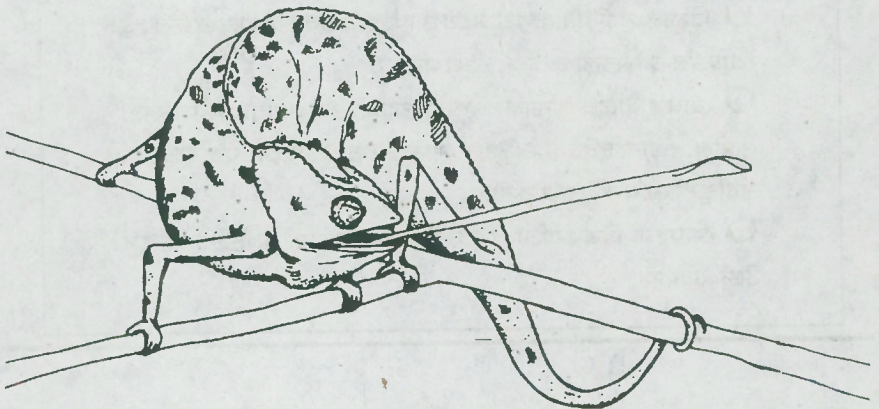
करीत आहोत. कधीकधी तर सरळ दगड मारुनच हत्या होते. आपण जोडीला आणखी प्रदूषणाची भर घालत आहोत. निसर्गातल्या अन्नसाखळ्यांचं नियंत्रण बिघडवित आहोत. या साऱ्याचा परिणाम म्हणून काही जीवजाती दुर्मिळ होत चालल्या आहेत... काही तर पार नष्टच झाल्या आहेत. माणसानं आपल्या भुकेची व्याख्या ठरवली - जाणली पाहिजे- व्यवहाराच्या - स्वार्थाच्या. पायावर नव्हे तर भावनांच्या - समतेच्या - प्रेमाच्या पैलूंवर. हे सारं असंच चालू राहिलं तर शॅमेलिऑनच काय, पण शेवटी माणसावरसुद्धा हीच वेळ येऊ शकते !



(आधार शैक्षिक संदर्भ अंक - १)

लेखक : डॉ. हरिश्चंद्र झगडे

वैद्यकीय चिकित्सक, सामाजिक, सांस्कृतिक कार्यात रस, 'सृष्टी'-ज्ञान विज्ञान कार्यकर्ता.



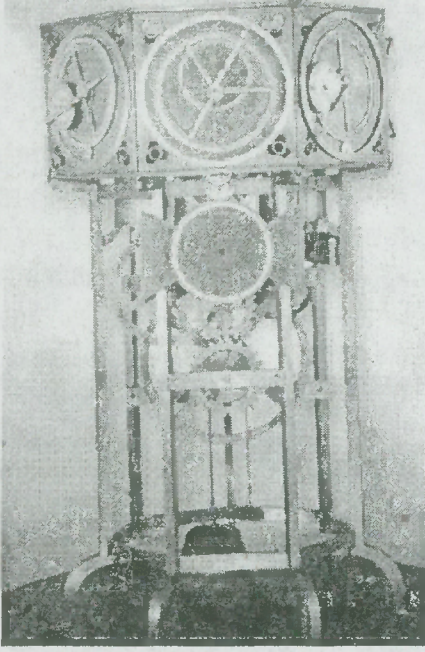
होमी भाभा अभ्यासक्रम

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्रातर्फे विज्ञान आणि गणिताचा एक सृजनशील अभ्यासक्रम विकसित केला जात आहे. लहान मुलांची जिज्ञासा, संबोधक क्षमता आणि त्यांची स्वतंत्र विचारशक्ती विकसित करणे, हे या अभ्यासक्रमाचे उद्दिष्ट आहे. शिक्षकांच्या गरजा आणि परिसरात उपलब्ध असणारी सामग्री लक्षात घेऊन ही पुस्तके लिहिली आहेत.

इयत्ता तिसरीसाठी इंग्रजीत 'स्मॉल सायन्स : टेक्स्टबुक, वर्क बुक अॅण्ड टिचर्स बुक' सध्या तयार आहेत. महाराष्ट्राबाहेरील काही शाळांमध्ये याचा उपयोग केला जात आहे. मराठी व हिंदी भाषेतील इयत्ता तिसरीसाठी विज्ञानाचे पाठ्यपुस्तक, कृती पुस्तक आणि शिक्षकांचे पुस्तक हे मार्च २००० मध्ये प्रकाशित होईल. अधिक माहितीसाठी 'प्रशासकीय अधिकारी, होमीभाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र, टाटा मुलभूत संशोधन संस्था, वि. ना. पुरवमार्ग, मानखुर्द, मुंबई - ४०० ०८८' येथे संपर्क साधावा.

आपण संदर्भासाठी काय करू शकता?

- हिंदी लेखांचे अनुवाद करायला आपल्याला आवडेल काय? विज्ञानातील, किंवा इतर कोणत्या शाखेचे ?
- विज्ञान आणि शिक्षण यामध्ये आपला विशेष अभ्यास अकेल तव त्याबद्दल आम्हाला कळवा, लेख पाठवा.
- आपण शिक्षक असाल तव आपल्याकडे अनुभवांचा अमोल काठा अकेल. त्यातले वेचक अनुभव आमच्या वाचकांपर्यंत पोचवून एक नवी दृष्टी आपण देऊ शकता.
- आपल्या विद्यार्थ्यांना, मित्र-मैत्रिणींना संदर्भ ब्लेहभेट म्हणून देऊ शकता.



हे अमर महाकवी

इतिहासाच्या अभ्यासातून
आपल्याला भेटलेल्या काही
व्यक्ती प्रत्यक्षात आपल्याबरोबर
शाळा-कॉलेज किंवा
विद्यापीठात आल्या तर..

लेखक : आयझॅक अँसिमॉव्ह
अनुवादक : नागेश मोने

“अत्यंत प्रसिद्ध अशा व्यक्तींच्या मृतात्म्यांना
मी बोलवू शकतो” अत्यंत
आत्मविश्वासपूर्वक डॉ. देसाई म्हणाले.

आज ते थोडे खुशीत होते. अन् गप्पांच्या
नादात होते, अन्यथा इतक्या
आत्मविश्वासपूर्वक त्यांनी असे म्हटलेही
नसते. अर्थात सालाबादप्रमाणे होत असलेल्या
पार्टीत हे शिष्टसंमतही होते म्हणा.

विद्यापीठाचे इंग्रजीचे प्राध्यापक डॉ. पोतदार
यांनी अंगठा आणि तर्जनीच्या साहाय्याने
चष्मा सावरला अन इकडे तिकडे पाहात ते
डॉ. देसाईंना म्हणाले, “खरंच का डॉक्टर
तुम्ही मृतात्म्यांना बोलवू शकता पृथ्वीवर?”

“अर्थात ! आणि त्यांचे आत्मेच नव्हे, तर

साक्षात शरीरसुद्धा.”

“मला नाही हे शक्य वाटत,” पोतदार सरांनी
लगेच संशय प्रकट केला.

“का नाही? खूप सोपे आहे हे, केवळ
काळसंक्रमण करून भविष्यकाळातून
वर्तमानकाळात ! जस्ट टेम्पोरल ट्रान्सफरन्स !”

“म्हणजे कालाच्या संकोचाबाबत, त्याच्या
प्रवासाबाबत म्हणता आहात काय? पण ते
अगदी अशक्य कोटीतील आहे” पोतदार सर
थोडे चाचरत म्हणाले.

“नाही अशक्य वगैरे अजिबात नाही सर,
केवळ कसे करावयाचे याचा शोध लागला
की झाले.”

“बरं, कसे ते सांगा पाहू?”

“मी तुम्हाला सारं सांगेन, असं वाटलं की काय तुम्हाला?” डॉ. देसाई गांभार्याने म्हणाले. भौतिकशास्त्राच्या अनेक वर्षांच्या अभ्यासाने विश्लेषण करण्यासाठी आवश्यक असणारी चिकित्सक वृत्ती त्यांच्यात होतीच.

“मी असे प्रयोग पूर्वीही केलेले आहेत.” न राहून त्यांनी बोलायला सुरुवात केली. “आणि एका वर्षापूर्वी मी भूतकाळातील प्रसिद्ध व्यक्तींना वर्तमानकाळात आणण्यात यशस्वी झालो. सांगायचं च झालं तर, आर्किमिडीज आणि न्यूटन यांनाही मी येथे सहल घडविली आहे.”

“आधुनिक विज्ञानाच्या प्रगतीने तर त्यांचे डोळे दिपूनच जायला हवे होते. खरं ना?” पोतदार सरांना या विषयात आता रस उत्पन्न झाला होता.

“त्यांना आपल्या प्रगतीचे खूपच आश्चर्य वाटले ! ते चकीत झालेच की!! विशेषतः आपला युरेकावाला आर्किमिडीज, मी जेव्हा ग्रीक भाषेत काही बाबी समजावून सांगितल्या तेव्हा तर त्यांच्या आनंदाला पारावार राहिला



नाही. पण.....”

“पण काय? काय झाले पुढे?” पोतदार सरांची उत्सुकता ताणली गेली होती.

“पण संस्कृतीमधला फरक नाही मानवला त्यांना”. स्पष्टीकरण देत डॉ. देसाई पुढे म्हणाले, “आपल्या जीवनशैलीबाबत ते नाराज दिसले अन एकाकी पडण्याच्या भीतीने त्यांना परत पाठविण्याचा मला निर्णय घ्यावा लागला.”

“फारच वाईट झालं हे.”

“होय तर, खरं म्हणजे मोठी माणसं ही. पण तितकीच कर्मठ. लवचिकता अशी नाहीच त्यांच्या स्वभावात. वैश्विक दृष्टीचा अभाव. मग मी विचार केला, शेक्सपिअरलाच बोलावूयात.”

“काय?” जांभई देत डॉ. पोतदार म्हणाले. हे म्हणजे अतीच होत होतं.

“जांभई काय देता राव?” डॉ. देसाई म्हणाले. “अहो हे सभ्यतेच्या संस्कारात नाही बसत.”

“तुम्ही शेक्सपिअरला बोलावलेत असे म्हणालात ना?”

“हो तर ! कुणीतरी वैश्विक दृष्टीचा समर्थ कलावंत हवा होता ना. असा माणूस जो स्वतःच्या कालाव्यतिरिक्त आधुनिक काळाशी मिळतेजुळते घेऊन लोकांबरोबर सौहार्दाचे संबंध निर्माण करणारा असाच अवलिया हवा होता, मग शेक्सपिअरशिवाय आणि कोण आहे? त्याची स्मृती म्हणून मी सहीदेखील घेतलीय त्याची.” डॉ. देसाई म्हणाले.

“बापरे!” डोळे विस्फारत पोतदार उद्गारले.
 “हे बघा” असे म्हणून आपले खिसे चाचपत एक कार्ड काढले आणि पोतदारांकडे दिले. कार्डाच्या एका बाजूला ‘क्लीन आणि कंपनी, हार्डवेअरचे ठोक विक्रेते’ असे छापले होते. दुसऱ्या बाजूला विचित्र अक्षरात “विल्यमस शेक्सपिअर” अशी सुंदर अक्षरात स्वाक्षरी होती.

एका संशयमिश्रित उत्सुकतेने पोतदारांना घेऊन टाकले. “कसा दिसत होता तो?” त्यांनी विचारले.

“आपल्याला चित्रात दिसतो तसा नाही. भलं मोठं टक्कल अन् त्या मिशा. कसल्या लांबलचक भाषेत बोलत होता तो. अर्थात आधुनिक काळाशी सुसंगती राखत मीही त्याला खुश करण्याचा प्रयत्न केला. आम्ही आजही त्याच्या नाटकांचा खूप विचार करतो आणि त्यांचे खेळही करतो असं सांगितलं त्याला. पुढे जाऊन इंग्रजी भाषेतच नव्हे तर बहुधा जगातल्या कुठल्याही भाषेत असं वाडमय नाही असंही त्याला मनापासून अन ठासून सांगितलं.”

“छान! छान!” अतिशय आनंदाने पोतदार उद्गारले. डॉ.पोतदारांनी याच सदरात शेक्सपीअरवर एक उपक्रम राबविला होता.

“लोकांनी खंडच्या खंड लिहिले आहेत. तुमच्या नाटकांवर असं सांगितलं मी त्याला.” डॉ. देसाई आता भलतेच रंगात आले होते. “स्वाभाविकच एखादा खंड दाखविणार का? असे मला त्याने विचारले. ग्रंथालयातून एक खंड दिला मी त्याला.

“आणि पुढे?” डॉ. पोतदार

“तर काय ! ते खंड पाहून तो आश्चर्याने मुग्धच झाला. अर्थात आधुनिक भाषा, त्यातील वाक्यरचना अन शब्दप्रयोग त्याला कठीण गेले समजावून घ्यायला. पण मी त्याला मदत केली. गरीब माणूस! असलं काही घडेल असं वाटलं नव्हतं त्याला. तो म्हणत होता, “परमेश्वरा! काय हे ! पाच शतकात काय काय नाही केलं यांनी नाटकांबाबत?”

“खरंच?” डॉ. पोतदार

“का नाही? जितक्या लवकर अन त्वरेने लिहिता येतील तितक्या जलद त्याने नाटके लिहिली. तसे करणे भागच होते त्याला. सहा महिन्यांच्या आत हॅम्लेट लिहून संपवले त्याने. रचना जुनीच होती. पण जरा इकडेतिकडे करून जरा पॉलिश करून चकमकीत करून टाकले त्याने नाटक.

“म्हणजे दुर्बिणीचा आरसा चकचकीत करतात तसे अगदी घासूनपुसून” पोतदारांनी



कल्पनाशक्ती स्वैर सोडली.

डॉ. देसाईमधल्या भौतिकशास्त्रज्ञाला हे रुचले नाही. “आम्ही शेक्सपिअरबाबतचे वर्गही चालवतो महाविद्यालयात” हे मी त्या अमर कलावंताला सांगितले.”

“मीही एक व्याख्यान दिलंय शेक्सपिअरवर” डॉ. पोतदार म्हणाले.

“ठाऊक आहे मला. तुमच्या सायंकाळच्या वर्गात शेक्सपिअरला मी भरती केलं होतं. आपल्या माधारी आपल्याबाबत काय काय विचार केला जातो हे समजून घेण्याची त्याला खूप उत्सुकता होती. असा माणूस मी कधी पाहिला नव्हता.”

“तुम्ही विल्यम्स शेक्सपिअरला माझ्या वर्गात घातले होते !!” पोतदारांनी आवाज चढवून विचारले. डॉ. देसाईनी सांगितलेली कहाणी अद्भुत का असेना, पण डॉ. पोतदारांचा त्यावर आता काहीसा विश्वास बसायला लागला होता. आपल्या वर्गात टक्कल असणारा अन विचित्र हेल काढून बोलणारा एक गृहस्थ पाठच्या बाकावर बसायचा हे आता डॉ. पोतदारांना आठवू लागले.

“त्याच्या खऱ्या नावाची नोंद नव्हती केली मी अर्थातच” डॉ. देसाई म्हणाले. “पण मी

एक चूकच केली हे निश्चित. अगदी मोठी चूक, घोडचूकच म्हणाना. गरीब बिचारा शेक्सपिअर !!” डॉ. देसाई म्हणाले.

“का? काय चूक केली तुम्ही? काय घडले इतके?”

“शेक्सपिअरला मला पुन्हा सतराव्या शतकात परत पाठवावे लागले” डॉ. देसाई म्हणाले. “किती म्हणून अपमान सोसायचा माणसाने? किती वेदना होतात अशा माणसांच्या मनाला?”

“कसला अपमान म्हणताय तुम्ही, डॉक्टर? कसली वेदना झाली त्यांना?” डॉ. पोतदारांनी त्राग्याने विचारले.

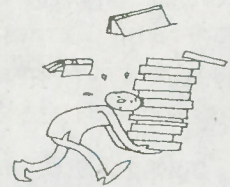
“तुम्हीच विचारता पोतदार सर?” डॉ. देसाईनी आवाज चढवून विचारले.

“तुम्ही तर त्याला इंग्रजीच्या पेपरात चक्क नापास केलात की हो!!” ❖

लेखक : आयझॅक अँसिमॉव्ह, जीवशास्त्रातील वैज्ञानिक आणि प्रसिद्ध विज्ञानकथा लेखक.

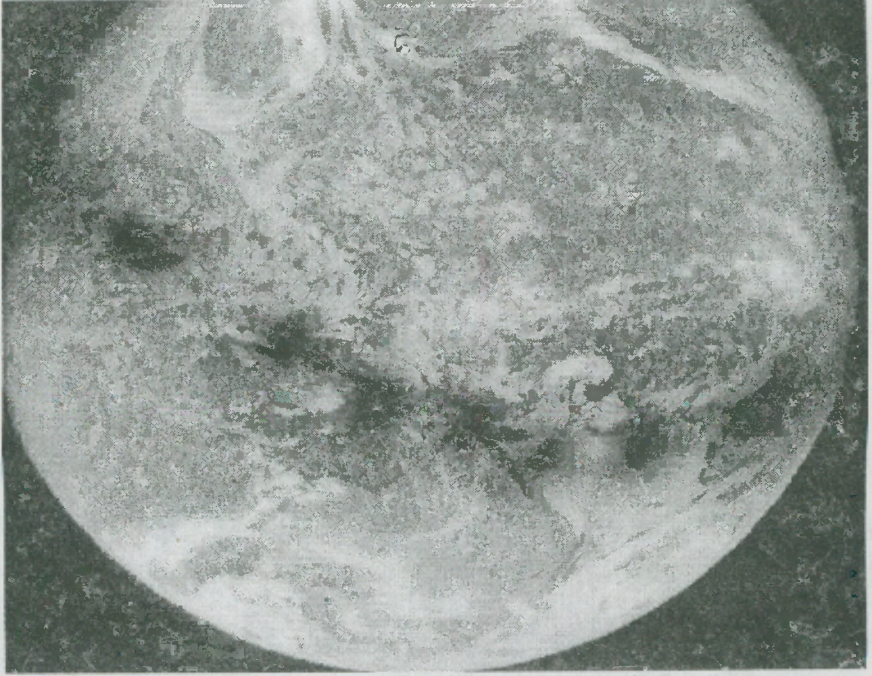
अनुवादक : नागेश मोने

वाई येथे विज्ञान वाचनालय चालवतात व द्रविड हायस्कूल येथे अध्यापन करतात.



चंद्र छाया

या शतकातील शेवटचे खग्रास सूर्यग्रहण ऑगस्ट १९ मध्ये भारतातून गुजराथ येथे दिसले. परंतु ढगाळ आकाश व पावसामुळे अनेकांना ते पहायला मिळाले नाही. जर आपण ढगांच्याही वर आणि पृथ्वीच्या वातावरणाच्या वर असतो तर खग्रास सूर्यग्रहण असे दिसले असते.



पृथ्वीचे हे दुर्मिळ छायाचित्र ११ जुलै १९९१ साली दक्षिण अमेरिकेत झालेल्या सूर्यग्रहणाच्या वेळी काढले आहे. हे चित्र एका हवामान उपग्रहाच्याद्वारे काढले आहे. यात चंद्राची पृथ्वीवर पडलेली सावली दिसून येते. सूर्यग्रहणाच्या दरम्यान सात वेळा काढलेल्या या छायाचित्रात पृथ्वीवर चंद्राच्या सावलीचे सात काळे ठिपके पडलेले दिसून येतात. त्यावेळी तुम्ही जर या काळ्या ठिपक्यांच्या जागी पृथ्वीवर असता तर तुम्हालाही खग्रास सूर्यग्रहण पाहण्याचा योग आला असता.

हर्ट्झ

कंपनसंख्या मोजण्याचे एकक

हर्ट्झ या एकाकाचा उपयोग आपण सर्वजण दररोज आणि नकळत करतो. नाही ना विश्वास बसत ? एक हर्ट्झ म्हणजे काय? हा हर्ट्झ कोण होता? माणसाला जवळ जवळ दोनशे वर्षांपासून चुंबकीय पदार्थ आणि वीज यांबद्दल माहिती होती. परंतु १८७० च्या सुमारास मायकल फॅराडे आणि जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल यांच्या प्रयोगातून एका नवीन संकल्पनेचा शोध लागला आणि या विषयांना नवीनच रूप मिळाले. असे लक्षात आले की चुंबकीयक्षेत्र आणि विद्युतक्षेत्र या एकाच नाण्याच्या दोन बाजू आहेत. उदाहरणार्थ, जेव्हा जेव्हा चुंबकीय क्षेत्रात बदल घडतात तेव्हा विद्युत वाहकामध्ये विद्युत प्रवाह वाहतात. याच तत्त्वावर विद्युत जनित्र चालते. याउलट विद्युत प्रवाहातील बदल चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करते. या तत्त्वावर तुमच्या दारावरील वीजेची घंटा (बेल) काम करते. अशा रीतीने अनेक वर्षांच्या अभ्यासानंतर विद्युत व चुंबक या स्वतंत्र विषयांचे विद्युतचुंबकीय असे रूपांतर झाले.

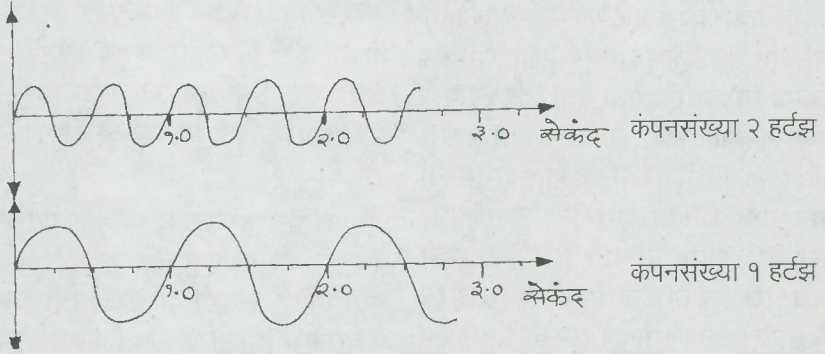
आपला आवाज जसा एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी हवेतील लहरींमुळे जातो, तसेच विद्युतचुंबकीय क्षेत्र वाहून नेण्याचे काम विद्युतचुंबकीय लहरी करतात. मॅक्सवेलने विद्युतचुंबकीय लहरींची अशी कल्पना मांडली खरी, परंतु ती अनेक वर्ष फक्त कल्पनाच राहिली. विद्युतचुंबकीय लहरींचे अस्तित्व प्रयोगांद्वारे सिद्ध करण्याचे श्रेय हेन्रीच हर्ट्झ या जर्मन शास्त्रज्ञाला जाते. त्याने केलेल्या प्रयोगांचे महत्त्व जाणूनच त्याच्या सन्मानार्थ 'हर्ट्झ' हे एकक मानले जाते. या एकाकाची ओळख करून घेण्याआधी आपण हर्ट्झने केलेला प्रयोग जाणून घेऊया.

तुम्ही कधी विजेचे बटण बंद करताना बघीतले तर त्या क्षणी तुम्हाला बटणात एक ठिणगी पडताना दिसेल. याचे कारण म्हणजे विजेचा प्रवाह आपण तोडला. तर त्याला वीज विरोध करते व बटणाच्या दोन टोकांमध्ये ठिणगीच्या रूपात उडी मारते. अशी ठिणगी पडते तेव्हा त्यापासून विद्युतलहरी निर्माण होतात व त्या खोलीभर पसरतात. म्हणजे शांत तळ्यात किंवा विहिरीत दाग टाकल्यावर जसे सुंदर तरंग पसरताना दिसतात ना अगदी तसे. हेन्रीच हर्ट्झने असे दाखविले

मोजमापे

आपल्या वापरातील गोष्टी आपण विविध एककांमध्ये मोजतो. या एककांना प्रसिद्ध शास्त्रज्ञांची नावे सन्मानार्थ दिली जातात. या सदरात रोजच्या जीवनात वापरल्या जाणाऱ्या काही एककांची ओळख आपण करून घेऊ या.

की या विद्युतचुंबकीय लहरी जेव्हा दुसऱ्या विद्युत वाहकाशी पोहोचतात तेव्हा त्यामध्येही त्या विद्युतप्रवाह निर्माण होतात. अगदी खूप दूरवर असलेल्या गोष्टीतही विद्युत प्रवाह निर्माण होऊ शकतात. अर्थात विद्युतचुंबकीय क्षेत्र विद्युतलहरींमुळे एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी प्रवास करते हे हर्ट्झनी सिद्ध केले. आज आपण दूरवरून येणारे रेडियोवरचे व दूरचित्रवाणीवरील कार्यक्रम ऐकू शकतो, या साठी विद्युतचुंबकीय लहरीच वापरल्या जातात.

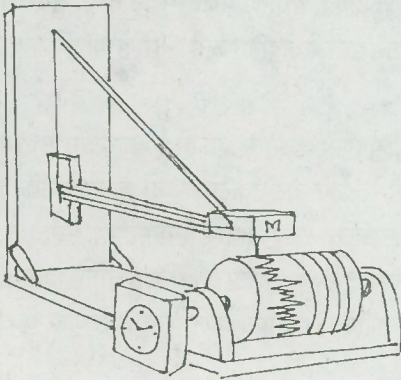


पाण्यावरच्या तरंगांप्रमाणेच किंवा घड्याळाच्या लंबकाप्रमाणे विद्युतचुंबकीय लहरींचे क्षेत्रही नियमित आंदोलन करते. उदाहरणार्थ, घड्याळाचा लंबक प्रत्येक सेकंदाला बरोबर एक आंदोलन पूर्ण करतो म्हणूनच तर घड्याळ अचूक वेळ दाखवते. एखादी गोष्ट एका सेकंदाला किती आंदोलने करते (म्हणजेच प्रती सेकंद), हे झाले कंपनसंख्या मोजण्याचे एकक. आंदोलने 'प्रती सेकंद' मोजण्याच्या एककाला हर्ट्झचे नाव दिले गेले आहे. उदाहरणार्थ, घड्याळाच्या लंबकाची आंदोलनसंख्या एक हर्ट्झ (म्हणजेच एक आंदोलन प्रतीसेकंद) आहे. प्रती सेकंद आंदोलने जितकी जास्त तेवढी त्यांची कंपनसंख्या जास्त. उदाहरणार्थ, ध्वनीलहरींची कंपनसंख्या ३० हर्ट्ज ते ३००० हर्टज असेल तर माणसाला ते आवाज ऐकू येतात. मजा म्हणून तुम्ही तुमच्या डाव्या हाताच्या नाडीचे ठोक्रे व त्यांची कंपनसंख्या (प्रती सेकंद!) किती आहे हे मोजून पहा. तुमची नाही किडी हर्ट्झ आहे?

विद्युतचुंबकीय लहरींचा विचार करायचा तर आपण रेडिओवर ऐकतो ते कार्यक्रम मध्यम किंवा लघुलहरींवर प्रक्षेपित केले जातात. तुम्ही जर रेडिओ नीट ऐकला तर तो कार्यक्रम किती हर्ट्झ कंपनसंख्या असलेल्या विद्युतचुंबकीय लहरींवर प्रक्षेपित केला जातो हे नियमितपणे सांगतात. उदाहरणार्थ, पुणे शहरातील आकाशवाणीचे कार्यक्रम ७९२००० हर्ट्झ लहरींवर प्रक्षेपित होतात. तुम्ही शहरातील आकाशवाणीचे कार्यक्रम किती हर्ट्झवर प्रक्षेपित केले जातात हे जरूर ऐका आणि हेन्रीच हर्ट्झची आठवण ठेवा.

कंप सुटे पृथ्वीला

पृथ्वीवर लहान-मोठे भूकंप वारंवार होतच असतात. पण अधून मधून एखादा भूकंप इतक्या मोठ्या तीव्रतेचा येतो, की त्यामुळे प्रचंड नुकसान होतं, शेकडो हजारी माणसं दगावतात. अशा भूकंपाच्या बातम्या तुमच्या वाचण्यात आल्या असतील. दूरदर्शनवर त्याची भयावह दृश्यंही तुम्ही पाहिली असतील. काही वर्षांपूर्वी महाराष्ट्रात किल्लारीला भीषण भूकंप झाल्याचं तुम्हाला आठवत असेलच आणि अलिकडेच तुर्कस्तानात आणि तैवानमध्ये भूकंपानं उडवून दिलेल्या हाहा:काराबद्दलही तुम्ही वाचलं असेल. अशा बातम्यांमध्ये नेहमी 'अमुक अमुक प्रयोगशाळांमध्ये या भूकंपाची नोंद झाली आणि भूकंपाची तीव्रता रिश्टर स्केलवर अमुक इतकी होती,' अशी वाक्यं असतात.



हे रिश्टर स्केल म्हणजे नेमकं काय? भूकंपाची तीव्रता कशी मोजतात? जगात कुठेही भूकंप झाला तरी ठराविक ठिकाणी असणाऱ्या भूकंपमापन प्रयोगशाळांमध्ये त्याची नोंद कशी होते?

एखाद्या शांत तळ्याच्या पाण्यात दगड टाकला, की पाण्यावर तरंग उठतात आणि हे तरंग संपूर्ण तळ्यात पसरतात. त्याचप्रमाणे पृथ्वीच्या पोटातल्या हालचालींमुळे भूकंपलहरी निर्माण होतात आणि त्या सर्व पृथ्वीभर पसरतात. भूकंपाच्या उगमस्थानापासून या लहरींचं अंतर जसजसं वाढत जातं, तसतशी या लहरींची तीव्रता कमी होत जाते. पण आधुनिक भूकंपमापक यंत्रं इतकी संवेदनशील आहेत की अगदी सौम्य स्वरूपाच्या भूकंपाचीसुद्धा त्यावर नोंद हाऊ शकते. या नोंदींवरूनच भूकंपाचं केंद्रस्थान आणि तीव्रता याचं अनुमान बांधता येतं.

भूकंपमापनासाठी वेगवेगळी यंत्रं वापरली जातात, पण त्यामागचं तत्त्व एकच आहे. उदाहरणार्थ, आकृती १ मधलं यंत्र पहा. एक उभा खांब आहे आणि तो जमिनीत काँक्रीटच्या पायामध्ये बसवलेला आहे. एक जड ठोकळा या खांबाला तिरक्या तारेनं आणि हलू शकणाऱ्या आडव्या दांड्यानं जोडलेला आहे. जमिनीत उठणाऱ्या भूकंपलहरींमुळे खांबही हादरू लागतो. पण



आलास्का प्रदेशात १९६४ साली झालेला भूकंप हा अलिकडच्या काळातील एक भयंकर भूकंप मानला जातो. या भूकंपात अँकरेज या शहरात काही ठिकाणी तर जमीन जवळजवळ दहा फूट खाली खचली होती.

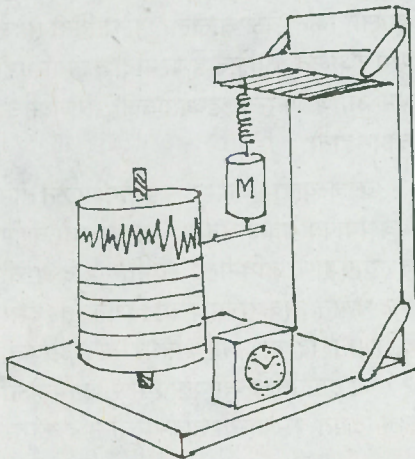
स्थितीस्थापकत्वाच्या गुणधर्मांमुळे वजनदार ठोकळा स्थिर राहू पहातो. या दोन्ही परस्परविरोधी प्रेरणांचा परिणाम म्हणून आधाराचा आडवा दांडा आणि पर्यायाने ठोकळाही डुगडुगू लागतो. आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे या ठोकळ्याला एक पेन जोडलेलं असतं आणि त्या पेनाखाली एका स्क्रूवर एक दंडगोलाकार डबा फिरत असतो. या डब्यावर आलेखाचा कागद लावलेला असतो. जोपर्यंत ठोकळा स्थिर असतो. तोवर डब्यावर लावलेल्या आलेखाच्या कागदावर सरळ रेष पुढे पुढे सरकत राहते. अर्थातच ठराविक वेळानंतर डब्यावरचा कागद बदलावा लागतो. भूकंपामुळे ठोकळा डुगडुगायला लागला की डब्यावरच्या कागदावर सरळ रेष

उमटण्याऐवजी आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लहर रेखाटली जाते. डब्याचा फिरण्याचा वेग, कागद लावण्याची वेळ आणि आलेखावरील रेषेची लांबी यांच्या मदतीनं भूकंप केव्हा झाला, किती वेळ चालला, इ. माहिती सहज समजू शकते. अलिकडे या नोंदी करण्यासाठी पेन आणि फिरत्या डब्याऐवजी संगणकांचा वापर होतो.

कोणत्याही भूकंपमापन प्रयोगशाळेत तीन भूकंपमापक यंत्र असतात - दोन यंत्रं वर वर्णन केल्याप्रमाणे जमिनीला समांतर हादऱ्यांची नोंद घेतात (एक पूर्वपश्चिम दिशेत, तर दुसरे दक्षिणोत्तर दिशेत) आणि तिसरं यंत्र हे आकृती २ मध्ये दाखविलेल्या यंत्राप्रमाणे, जमिनीला लंब दिशेत बसणाऱ्या हादऱ्यांची नोंद करतं.

या तिसऱ्या यंत्रामागचं तत्त्वही आकृती १ मधल्या यंत्रासारखंच आहे. फक्त यात जमिनीत रोवलेल्या खांबाला वजन एका उभ्या स्प्रिंगच्या सहाय्यानं जोडलेलं असतं. खांब जर जमिनीला लंब दिशेत हलू लागला. तर हे वजन डुगडुगायला लागतं आणि आलेखावर हादऱ्यांची नोंद होते. या तिन्ही यंत्रांच्या नोंदी एकत्रित केल्या असता प्रयोगशाळेपासून भूकंपाच्या उगमाची दिशा. उगमाजवळील त्याची तीव्रता आणि भूकंपलहरींच्या प्रकाराबद्दल अंदाज बांधता येतो. वेगवेगळ्या ठिकाणच्या प्रयोगशाळांमध्ये झालेली नोंदी एकत्र करून भूकंपाचं केंद्र काढता येतं.

भूकंपाची तीव्रता सर्वसाधारणात: रिश्टर स्केल या मापकात मोजली जाते. हे मापक चार्ल्स रिश्टर या शास्त्रज्ञानं १९३५ साली सुचवलं आणि अल्पावधीतच त्याला जागतिक पातळीवर मान्यता मिळाली. रिश्टर स्केल हे भूकंपाच्या केंद्रस्थानाजवळील भूकंपलहरींच्या उर्जेचं अप्रत्यक्ष मापक आहे. एखाद्या भूकंपाचं रिश्टर स्केलवरील स्थान



काढण्यासाठी त्या भूकंपाच्या वेगवेगळ्या प्रयोगशाळांत झालेल्या नोंदी काही गणिती सूत्रांमध्ये घालाव्या लागतात. या आकडेमोडीतून मिळणारा रिश्टर स्केलवरचा आकडा कमीत कमी किंवा जास्तीत जास्त कितीही येऊ शकतो. दोन भूकंपांच्या तीव्रतेत रिश्टर स्केलवरील १ एककाचा फरक म्हणजे त्या दोन्हींच्या भूकंपलहरींच्या उर्जेत ३२ पटीचा फरक असतो. थोडक्यात म्हणजे, रिश्टर स्केल हे एखादे उपकरण नाही तर ते एक गणिती सूत्र आहे. या मापकाच्या मदतीने दोन वेगवेगळ्या ठिकाणी झालेल्या भूकंपांची शास्त्रीयदृष्ट्या तुलना करणे शक्य होते. मात्र एखाद्या भूकंपाची विध्वंसक क्षमता ही त्याच्या रिश्टर स्केलवरील स्थानाबरोबर त्याच्या प्रभावक्षेत्रातील भौगोलिक परिस्थिती, लोकसंख्येची घनता, लोकांची जीवनपद्धती इ. गोष्टींवरही अवलंबून असते.

जगातलं पहिलं भूकंपमापक यंत्र बनवण्याचं श्रेय जातं, चांग हेंग या चिनी तत्ववेत्त्याकडे. चांग हेंगनं ख्रिस्तपूर्व १३२ साली हे यंत्र बनवलं होतं असं मानलं जातं. या यंत्राचं चित्र आणि वर्णन पहा अंकाच्या शेवटी.

प्रश्नावली

शैक्षणिक

संदर्भ

मराठी द्वैमासिकाचा हा दुसरा अंक. आपल्याला हा अंक कसा वाटला, त्यामध्ये कोणता भाग आवडला, आणखी कोणते विषय त्यात असावेत यासंबंधी आम्हाला जरूर कळवा. पुढचे अंक अधिक चांगले काढण्यासाठी आपल्या सूचनांची मदत होईल.

अंकातली भाषा आपल्याला कशी वाटली ?

संवादी चांगली सोपी कठीण

अंकातली विषय मांडणी

चांगली वाईट ठीक

अंकामधे खालील विषयांचा अंतर्भाव असावा.

.....
.....

संदर्भसाठी इतर काही मदत कराल का? कोणती?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

शैक्षणिक

संदर्भ

सभासदत्वाचा फॉर्म

अंक	किंमत	✓
नमुना अंक - १	रु. १५/-	
नमुना अंक - २	रु. १५/-	
वार्षिक सहा अंक	रु. १००/-	
संदर्भचा सुटा अंक	रु. २०/-	
एकूण		
बँक ड्राफ्ट	क्र.	
मनी ऑर्डर	क्र.	

संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.....बँक ड्राफ्ट/मनीऑर्डरने पालकनीती परिवारच्या नावे पाठविले आहेत. (पुण्या बाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५ अधिक पाठवावेत.)

नाव _____

पत्ता _____

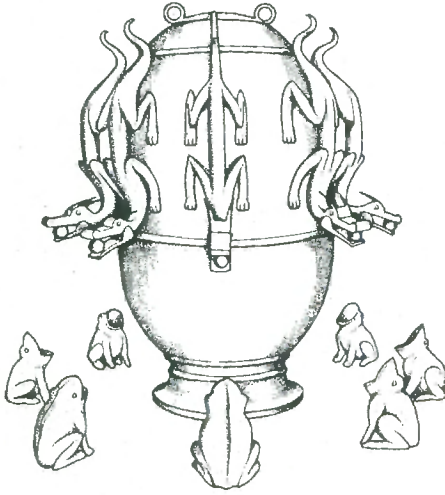
सही

तारीख

पालकनीती परिवार,

अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११००४

चांग हेंगचा भूकंपमापक



चांग हेंगचा भूकंपमापक म्हणजे ८ फूट उंचीचा आणि ६ फूट व्यासाचा एक रांजण होता. या रांजणाच्या पृष्ठभागावर आठ दिशांना तोंड केलेले आठ इंगन* होते. या प्रत्येक इंगनच्या डोक्याखाली, इंगनच्या तोंडाकडे आ वासून बघत असलेला एक-एक बेडूक ठेवलेला होता. जेव्हा भूकंप होईल तेव्हा इंगनच्या तोंडातला चेंडू निसटून खालच्या बेडकाच्या तोंडात पडायचा. यावरून भूकंपाची सूचना तर मिळायचीच, पण कोणत्या दिशेला

त्याचं उगमस्थान आहे, हेही समजू शकत असे. असं म्हटलं जातं, की या भूकंपमापकाच्या सहाय्यानं ४०० मैल दूरवर झालेल्या भूकंपाचीही नोंद होत असे - प्रत्यक्ष भूकंपमापक ठेवलेल्या ठिकाणच्या माणसांना ही कंपनं जाणवली नाहीत, तरीमुद्दा!

या भूकंपमापकाच्या आतली यंत्रणा नक्की काय होती, हे मात्र आज कुणीच सांगू शकत नाही. पण एका बाबतीत मात्र बहुतेक शास्त्रज्ञांचं एकमत आहे. या रांजणाच्या आत एखादा लंबक असावा, भूकंपलहरींमुळे या लंबकाला आंदोलनं मिळत असावीत, आणि या आंदोलनांचा परिणाम म्हणून विशिष्ट दिशेकडच्या इंगनच्या तोंडातील चेंडू खाली पडत असावा. कोणत्या दिशेचा चेंडू खाली पडणार, हे अर्थातच लंबकाच्या आंदोलनांच्या दिशेवर आणि पर्यायाने आंदोलनांना प्रेरक ठरणाऱ्या भूकंपलहरींच्या दिशेवर अवलंबून होतं. वेगवेगळ्या शास्त्रज्ञांनी प्रयोगांद्वारे अशा प्रकारचा भूकंपमापक बनू शकतो आणि कामही करू शकतो, हे दाखवून दिले आहे.

चांग हेंगच्या काळानंतरही जवळ जवळ ४०० वर्षे हा भूकंपमापक लोकांच्या आठवणीत होता. ६ व्या शतकाच्या शेवटी झालेल्या लिखाणांमध्येही त्याचे उल्लेख सापडतात. पण नंतर मात्र तो विस्मृतीच्या पडद्याआड गेला - इतका की नंतरच्या काळात, खरोखरीच असं काही यंत्र अस्तित्वात तरी होतं का, अशी शंका उपस्थित केली गेली होती!

* इंगन हा चिनी पुराणकथांमधला मगरीसारखा दिसणारा एक काल्पनिक प्राणी आहे.

