

शैक्षणिक

संदर्भ.

अंक ८

ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २०००

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुध्दे
संजीवनी कुलकर्णी
प्रदीप गोठोस्कर
नागेश मोने
प्रियदर्शिनी कर्वे

शैक्षणिक

• संदर्भ •

अंक - ८

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर २०००

सल्लागार :

नरेश दधीच

अक्षरजुळणी व मुद्रण :

श्वेता कॉम्प्युटर सर्व्हिसेस

निर्मिती आणि वितरण

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

ई-मेल : karve@wmi.co.in

दूरध्वनी : ५४४९२३०

किंमत : रुपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रुपये १००/-

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



नदीकिनारी किंवा
कोणत्याही पाण्याच्या
जागेजवळ तसेच गाईगुरांच्या
आसपास गायबगळ्यांचे
समूह दिसतात. विणीचा
हंगाम आला की मोठ्या
संख्येने ते पाणथळ
जागेजवळ जातात. अशाच
एका समूहाचा फोटो

(फोटो : डॉ. अनिल महाबळ यांच्या सौजन्याने)

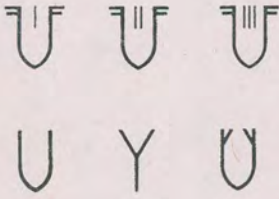
'शैक्षणिक संदर्भ' हे द्वैमासिक 'पालकनीती परिवार' करिता नीलिमा सहस्रबुध्दे यांनी अमृता क्लिनिक,
संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४११ ००४ येथे प्रकाशित केले. रजि. क्र. PHM/SR-207/VIII/99

संदर्भ

अंक - ८

ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २०००

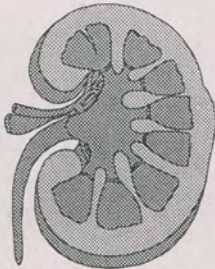
शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक



उकल एका प्राचीन लिपीची.....९
मोहेंजोदडो आणि हडप्पा येथील इतिहास शाळेत शिकायला मिळतो. येथील लिपीचा अर्थ लावण्याचं काम तज्ज्ञांनी कसं केलं ?

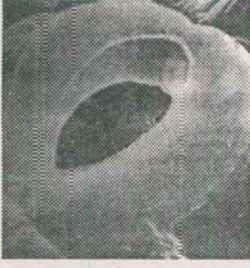
मिळून सारे जण२१

'एकीचे बळ' या नावाच्या काही गोष्टी आपल्याला लहानपणीच ऐकावला मिळतात. निसर्गातही कितीतरी प्रकारचे जीव हे बळ वापरत असतात. पण ही गोष्ट इथे संपत नाही. एकत्र रहाण्याचे तोटेदेखील असतात. म्हणून काही जीव एकटेसुद्धा



सुरकुतलेल्या वाटाण्यांची गोष्ट३९

तर्षण, परासरण किंवा ऑस्मॉसिस ह्या शब्दांपेक्षा ही प्रक्रिया आपल्या जास्त परिचयाची असते. कुठे कुठे आपण ही प्रक्रिया पहात असतो ?

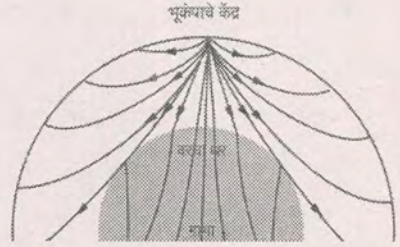


वनस्पतींचे अन्न४७

मानव, प्राणी, पक्षी, कीटक एवढंच काय सूक्ष्मजीवांचं अन्न काय असतं त्याचा अभ्यास केला जातो. या सर्वांचं अन्न असलेल्या वनस्पतींचं अन्न कोणतं ?

भूकंप लहरी५३

पृथ्वीच्या आत भूकंप होतो, त्या लहरी पूर्ण पृथ्वीवर पोचतात. भूकंप कुठे झाला ? किती मोठा झाला ? या गोष्टी कशावरून शोधून काढतात ते पाह्या.



चहाच्या कपातील कोडी६३

नैसर्गिक घटना आणि त्यामागचं गूढ याकडे आपण अतिपरिचयामुळे काणाडोळा करतो. पण या गूढामागचं विज्ञान समजावून घेणं स्वरोस्वरच मजेदार ठरतं.

एॅशी दिवसात जगाची सफर७५

शंभर सव्वाशे वर्षापूर्वी लिहिलेली ही विज्ञानकथा अजूनही आपली जादू टिकवून आहे. भूगोल शिकवताना ही गोष्ट सहावीच्या मुलांना सांगितली तेव्हा शाळेतला अभ्यास हा अभ्यास राहिला नाही.



अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक-८

ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २०००

- ❖ काट्यांचे घरकुल..... ५
- ❖ उकल एका प्राचीन लिपीची..... ९
- ❖ मिळून सारेजण..... २९
- ❖ हवेचा दाब..... ३२
- ❖ सुरकुतलेल्या वाटाण्यांची गोष्ट..... ३९
- ❖ वनस्पतींचे अन्न..... ४७
- ❖ भूकंप लहरी..... ५३
- ❖ तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी..... ६४
- ❖ ध्वनी : वेग..... ६९
- ❖ ऐंशी दिवसात जगाची सफर..... ७५



अंक १ ते ६ मध्ये काय वाचाल ?

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

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

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

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

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

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

❖ शैक्षणिक संदर्भ अंक १ ते ६ एकत्रित संच उपलब्ध. ❖

त्यासाठी रु. १३०/- मनी ऑर्डर / चेक / ड्राफ्टने 'संदर्भ' नावे पाठवावेत.

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



काट्यांचे घरकुल

लेखक : के. आर. शर्मा अनुवाद : योगेश शिंदे

माझ्या घरासमोर ५-७ एकर मोकळी जागा आहे. जागा ओसाड आहे. इथे मोठी झाडे नाहीत. पावसाळ्यात गवत उगवून येते. शिवाय बाभळीची छोटी झुडपे आहेतच. ही झुडपे गेली पाच वर्षे मी पाहतो आहे. शेळ्या बकऱ्यांचे चरणे व मानवी हस्तक्षेप यामुळे यांची उंची दीड-दोन फुटापेक्षा जास्त वाढलेली नाही. एकदा मला त्याच्यावर काट्याचे काही गुच्छ दिसले. बाभळीला काटे असतात हे माहीत होते पण असे गुच्छ...! मग मी निरखून पाहिले आणि मला वाटले की नक्कीच ही कोणत्यातरी किड्याची करामत असणार!

तेव्हा उन्हाळ्याचे दिवस होते. नंतर हेच गुच्छ मला पावसाळ्यात दिसले, तर ते हलताना दिसले. आता माझ्याकडे दोन निरीक्षणे होती. एक म्हणजे पावसाळ्यात

हा कीटक आपले काट्याचे घर घेऊन इकडे तिकडे हिंडतो व दुसरे असे की थंडीत व उन्हाळ्यात हा बाभळीच्या फांद्यांना चिकटून राहतो.

मागच्या वेळेस पुन्हा हा काट्याचा गुच्छ बघून वाटले की जरा हा गुच्छ फोडून त्यात राहणाऱ्या कीटकाला बघावे तरी! मी एक गुच्छ बाभळीच्या झाडापासून वेगळा करण्याचा प्रयत्न केला. मला वाटले होते की आपण तो सहज वेगळा करू; पण ब्लेडचा वापर करावाच लागला. जेव्हा मी गुच्छ ब्लेडने फोडून पाहिला तेव्हा लक्षात आले की त्यात काळ्या-भुऱ्या रंगाची अळी आहे. मला वाटले की ही त्याची कोष अवस्था असावी.

सामान्यतः कीटकांची अळी सक्रीय तर कोष अवस्था निष्क्रीय असते. कोषापासून



नवीन कीटक तयार होतो जो दिसायला वेगळा असतो पण या कीटकाबद्दलची माझी निरीक्षणे जरा वेगळी आहेत.

चालते फिरते काट्यांचे घर

मादी कीटक अंडी देते व अंड्यातून अळ्या बाहेर पडतात. ही अळी बाभळीचे काटे गोळा करून त्याचे शानदार घर तयार करते व त्यात राहते. सामान्यतः अळी अवस्थेत बरेच कीटक कोणतेही आवरण न घेता स्वच्छंदीपणे इतस्ततः फिरताना दिसतात. पण ही अळी अपवाद आहे. ही तर बाहेरील वस्तूचा म्हणजे काट्यांचा वापर करून तिचे घर तयार करते व त्यात राहते.

या अवस्थेत ही अळी, कासवाप्रमाणे तिचे तोंड त्या कडक काटेरी आवरणातून आत बाहेर करू शकते. तिला कोणी त्रास दिला तर ती स्वतःला त्या आवरणात ओढून घेते.

फांदीला गुच्छ काट्यांचा

मी प्रथम सांगितले त्याप्रमाणे फांदीला चिकटलेल्या काट्यांच्या गुच्छात अळीसदृश सजीव निष्क्रीय अवस्थेत पडून राहतो. मला वाटले होते की अळीची ही कोष अवस्था असावी, पण ते काही पूर्णपणे बरोबर नाही. ही पतंगाची एक जात आहे. याचे नाव आहे 'सायकिड मॉथ' (Psychid moth). साधारणपणे काट्यांचा गुच्छ नेहमी दिसतो व पंख असलेले पतंग काही दिसत नाहीत. म्हणून लोक या किड्याला काट्याचा किडा म्हणतात.

मादी व नर पतंग

या कीटकाचे एक वैशिष्ट्य असे की यात मादी पंखविहीन व अळीसदृश असते व ती संपूर्ण आयुष्य या काट्यांच्या आवरणात असते. म्हणजे तिचा जन्मपण यातच होतो व ती शेवटचे श्वास याच काट्यांच्या घरात मोजते. जर कोशात नर

असेल तर त्यातून पंख असणारा पतंग बाहेर पडतो आणि तो स्वतंत्रपणे त्याचे जीवन जगतो.

म्हणजे असे की नरामध्ये पूर्णपणे कायापालट होतो, पण मादीत नाही. पण या आवरणात पाहून यात नर आहे की मादी हे सांगणे फार कठीण आहे.

कसे होते यांचे प्रजनन

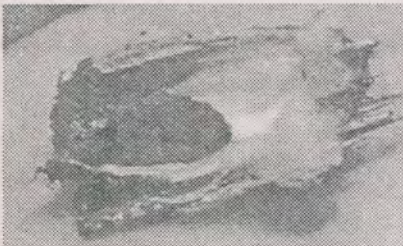
पावसाळ्याच्या सुरवातीच्या काळात नर पतंग या काट्याच्या आवरणात असलेल्या अळीसदृश मादी पतंगाशी संबंध प्रस्थापित करतो. यासाठी नर पतंग काट्याच्या आवरणाच्या वरच्या बाजूस एक छेद करतो. व त्याच्या शरीराचा पोटाचा भाग त्यात सरकवतो. नर पतंगाच्या पोटाचा भाग खंडीत असल्याने तो त्याची लांबी आवश्यकतेनुसार कमी जास्त करू शकतो. अशाप्रकारे पोटाचा भाग आवरणात आत सरकवून त्यात लपलेल्या मादीच्या शरीरात नर शुक्राणू सोडतो. त्यानंतर मादीच्या शरीरात अंडी तयार होतात. अंड्यांसाठी आवश्यक जागा उपलब्ध होण्यासाठी मादी याच आवरणात स्वतःला आकसून घेते.

याच जुन्या काट्यांच्या आवरणात अंडी फुटतात व त्यातून छोट्या अळ्या बाहेर येतात. या अळ्या आवरणातून बाहेर येऊन बाभळीचे काटे गोळा करतात व त्यापासून स्वतःचे घर तयार करतात. खरेतर या कीटकांसंबंधी बरेच प्रश्न अजून अनुत्तरीत आहेत. जसे - अंड्यातून अळ्या किती दिवसात बाहेर येतात? जर मादी आजीवन या आवरणात असते तर तिच्या अन्नपाण्याचे काय? अळ्या काटे तोडतात कशा? कोणत्या पदार्थांनी काटे चिकटविले जातात एकमेकांना? यांचा आकार निमुळता होईल अशी रचना कशी होते?

जर याबाबत आपल्याला अधिक माहिती असेल किंवा आपण पुस्तकातून माहिती शोधू शकलात तर ती संदर्भकडे जरूर पाठवा. आपणाला माहित असणारी गोष्ट दुसऱ्यांना सांगण्यात मोठा आनंद असतो, नाही का? ❖

लेखक : के. आर. शर्मा, होशंगाबाद
विज्ञान कार्यक्रमात सहभागी

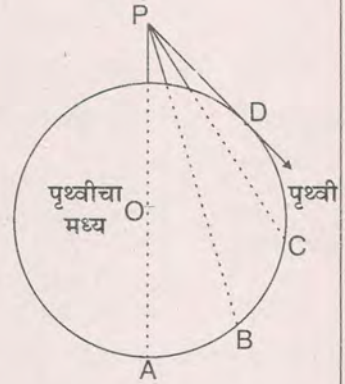
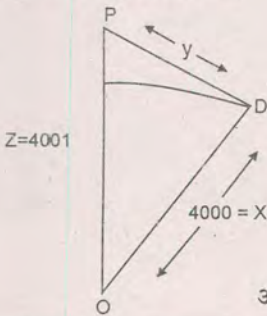
अनुवाद : योगेश शिंदे, कृषी
महाविद्यालयात शिकत आहेत.



दिसते किती दूर हे क्षितिज

समजा आपण कधी पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून उंच गेला, एखाद्या बलूनमध्ये, विमानात, हेलिकॉप्टरमध्ये एखाद्या उंच पर्वत-शिखरावर अथवा अत्यंत उंच मनोऱ्यावर. तर किती अंतरापर्यंतचे डोळ्याने पाहू शकू? कसे ठरवावे? आकृती १ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे P पाशी असलेल्या व्यक्तीला A पाशी असलेले काहीच दिसणार नाही अथवा B पाशी असणारे देखील दिसणार नाही. मग C पाशी असणारे दिसेल का? तर तेही नाही. जेव्हा ती वस्तू D पाशी असेल तेव्हाच दिसू शकेल. म्हणजे PD अंतर शोधावयाचे आहे तर.

पृथ्वी ही घटकाभर आपण पूर्ण गोलाकार समजूयात. ४००० मैल त्रिज्येचा गोलाकार व्यापक, घन, विस्तृत! म्हणजे OD ची किंमत ४००० मैल. समजा P इथे असणारी व्यक्ती १ मैल उंच असणाऱ्या विमानात आहे. म्हणजे OP होणार ४००१ मैल. आता जरा खाली काढलेल्या आकृतीकडे पहा.



आकृती १

त्रिकोण ODP या त्रिकोणाबाबत विचार करू. OP किती, OD किती, PD ला काय म्हटले आहे वगैरे बघून मग त्रिकोणाच्या प्रकाराबाबत विचार करू. या त्रिकोणाबाबत काही विशेष जाणवते आहे काय? काहीजण नव्हे बरेचजण सांगतील D पाशी काटकोन झाला आहे म्हणून. खरे आहे त्यांचे म्हणणे. तो काटकोन का हे भूमितीतील गुणधर्मांच्या आधारे निश्चित सांगता येईल. D पाशी नव्वद अंशाचा कोन जाणवतोय असे अनेकांचे म्हणणे आहे ना. आपण त्यांचा कौल मानूयात. मग काटकोन त्रिकोण म्हटले की पायथागोरसचे प्रमेय सुचणार आपल्याला. आपल्याला x माहित आहे अम् z देखील. मग y ची किंमत काढायला वेळ कशाला? ❖

उकल एका प्राचीन लिपीची

मोहेंजोदडो आणि हडप्पा येथील उत्खननामधून सिंधू संस्कृतीबद्दल माहिती झाली. त्यातील शिलालेखातील लिपीची उकल तज्ज्ञांनी कशी केली-याबद्दलच्या लेखाचा हा दुसरा भाग.



लेखक : वॉल्टर फेअरसर्विस, ज्यु. अनुवाद : मीना कर्वे

ब्रिटिश अभ्यासक जी. आर. हंटर ह्यांनी १९३० च्या दशकापर्यंत वेगवेगळ्या ३९६ हडप्पा चिन्हांची ओळख पटवून दिली. अलिकडील संशोधनातून त्यात नवीन २३ चिन्हांची भर पडली, त्यामुळे आता हडप्पा लिपीतील एकूण ४१९ चिन्हे आपण ओळखू शकतो असे म्हणता येईल. संख्याशास्त्रीय पृथक्करणावरून आपल्याला ज्ञात असलेल्या उपलब्ध २२९० लेखांमधून ही चिन्हे १३,३७६ वेळा वापरली आहेत असे दिसते. ४१९ चिन्हांपैकी ११ चिन्हे ही फक्त एकदा, ४७ चिन्हे दोनदा आणि ५९ चिन्हे तीन ते पाच वेळा वापरली आहेत असे दिसते. त्यामुळे उरलेली २०० चिन्हे ही कमी अधिक प्रमाणात सर्वसाधारण वापरातली होती असे

म्हणता येईल. पृथक्करणावरून असे दिसते की त्यातील निम्मी चिन्हे ही उरलेल्या निम्म्या चिन्हांशी जोडून तयार केलेली (Combinations) होती.

म्हणजे हे हडप्पा लेखन संस्कृतसारखे मुळाक्षरांवर आधारित नव्हते, तसेच ते चिनी लेखनासारखे चिन्हांवर आधारित (म्हणजे एका शब्दासाठी एक चिन्ह असलेले) नव्हते. त्यामुळे ह्या लेखनाची गणना चिन्हाक्षराधारित (logo-syllabic) लेखनात करावी लागेल. ह्याचा अर्थ काही चिन्हे ही पूर्ण शब्द दर्शवतात तर काही फक्त अक्षरे किंवा ध्वनीच दर्शवणारी आहेत. ह्या प्रकारच्या लेखनपद्धतीची दुसरी उदाहरणे म्हणजे इजिप्शियन hieroglyphs, प्राचीन सुमेरियन

ideographs आणि आधुनिक जपानी लेखन. हडप्पा लेखनात नेहमीच्या उपयोगातील निम्मी चिन्हे ही उरलेल्या चिन्हांच्या जोडण्या (combinations) आहेत. ह्या सिद्ध झालेल्या गोष्टीवरून असे म्हणता येईल की ह्या लेखकांनी चिन्हांच्या ह्या जोडण्यांचा आपल्या कल्पना मांडण्यासाठी अगदी पुरेपूर उपयोग करून घेतला आहे, (जसे चिनी लोक "तेजस्वीपणा" हा शब्द सूर्य व चंद्र असा दोन्ही चिन्हांची जोडी वापरून लिहितात.) आणि मूळाक्षरांच्या उच्चारांच्या जोडणीचा उपयोग शब्द अक्षरबद्ध करण्यासाठी केलेला आहे.

सर्व प्रकारच्या लेखनपद्धतीचा अत्यंत महत्त्वाचा भाग म्हणजे लिंग, एकवचन - बहुवचनातील फरक, क्रियापदाचे स्थान इ. दर्शवणारी चिन्हांची पद्धत

हा असतो. ह्या महत्त्वाच्या भागाची ओळख पूर्णपणे करून घेतल्यानंतरच आपण त्या लेखनाच्या लिपीमध्ये वापरलेली चिन्हे, वेगवेगळ्या अक्षरांनी तयार झालेला पूर्ण शब्द आणि त्यावरून तयार झालेली भाषा यांचा एकमेकांशी असलेला संबंध जाणू शकतो. इंग्रजीमध्ये ज्याप्रमाणे आदरार्थी पदव्यांचा निर्देश करण्यासाठी 'His Majesty' किंवा 'Her



Grace' अशा शब्दांच्या जोड्या वापरल्या जातात तशाच शब्दांच्या अनेक जोड्या हडप्पा लेखनातही जागोजागी वापरलेल्या आहेत. शिवाय असेही दिसून येते की काही चिन्हे नेहमीच लेखाच्या मध्यभागी आलेली आहेत. ही चिन्हे फारच क्वचित् एखाद्या लेखाच्या सुरुवातीस वा शेवटी आलेली आढळतात. ह्या उलट काही चिन्हे लेखाच्या सुरुवातीस वा शेवटीच आहेत, ती मध्यभागी अजिबात आढळत नाहीत.

एक तक्ता तयार करून नेहमीच्या वापरातील चिन्हांचा आणि शब्दांच्या जोड्यांनी तयार होणाऱ्या जोडशब्दांच्या वैशिष्ट्यांचा अभ्यास करता येतो. ह्या तक्त्याच्या आधारे अभ्यास करतांना असे आढळले की काही चिन्हे अतिशय नियमितपणे जास्तीत जास्त लेखांमध्ये वापरली आहेत.

उदा. भांडे, माशासारखे चिन्ह, आणि दुरेघी चिन्ह, ही तीन चिन्हे उदाहरणादाखल घेऊ. जेव्हा एकाच लेखात ह्या तीनापैकी दोन चिन्हे वापरलेली आहेत तेव्हा ती नेहमीच उजवीकडून डावीकडे अशा एकाच दिशेच्या क्रमाने रेखाटली आहेत, मग भले त्या लेखात इतर किती का चिन्हांचा उपयोग केलेला असो! त्यांच्या स्थानांचा हा नियमितपणा त्यांच्या

संबंधाचे निदर्शन करणारा ठरतो.

निवडलेल्या १७ लेखांमध्ये ही चिन्हे संख्येने सर्वात अधिकवेळा आलेली आहेत. भांडे चिन्ह १० वेळा आलेले आहे, माशासारखे चिन्ह त्याच्या वेगळ्या प्रकारच्या आवृत्तीसहित सहा वेळा आलेले दिसते, तर दोन आखूड उभ्या रेषांचे चिन्ह त्याच्या वेगळ्या आवृत्तीसहित एकूण आठ वेळा आलेले दिसते. उभ्या फराट्यांचा वापर केलेली काही चिन्हे मात्र त्यामानाने टराविक स्थानी आलेली नाहीत.

लिखाण कोणत्या आडव्या दिशेने वाचायचे असा प्रश्न उभा राहतो. फक्त शिक्क्यावरील लिखाणाचाच विचार केल्यास ह्या प्रश्नाचे उत्तर देणे फार अवघड आहे. सुदैवाने मातीच्या भांड्यांवरील चित्रलिपीमुळे ह्या प्रश्नाचे उत्तर सापडते. Archeological Survey of India चे श्री. बी. बी. लाल आणि श्री. आय. महादेवन ह्यांनी केलेल्या अभ्यासावरून ह्या चित्रलिपीमध्ये काही रेषांचे फराटे हे एकमेकांवर आलेले आढळतात. त्यावरून ह्या लिखाणाची दिशा उजवीकडून डावीकडे आहे.

आता आपण ह्या लिपीच्या उकलनाविषयीच्या सर्वात अवघड समस्येशी येऊन पोहोचलो आहोत. ही

समस्या म्हणजे हडप्पाची भाषा कोणती असावी? जेव्हा व्हेन्ट्रिसने Linear B ही ग्रीक भाषा असावी हे शोधून काढले तेव्हा त्याने केलेल्या अभ्यासावरून ह्या समस्येवर तोडगा निघाला असे म्हणता येईल. त्या तोडग्यामुळे, हाती आलेल्या पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांवरून एखाद्या विशिष्ट ठिकाणच्या लोकांची अज्ञात भाषा कोणत्या भाषाकुलात समाविष्ट होते ह्याचा आपल्याला अभ्यास करता येतो. उदा. हडप्पा संस्कृती ही एकदम विकसित झालेली नाही. हिंदुस्थान व इराण ह्यांच्या सीमारेषेलागत तिच्या पूर्वापार अस्तित्वाचे पुरावे आढळतात. ही संस्कृती अतिशय विस्तृत प्रदेशात नांदत होती आणि भारतीय ग्रामीण संस्कृतीच्या विकासात तिचा सहभाग होता हेही दिसून येते. ह्या घटनाक्रमांवरून ह्या संस्कृतीत बोलली जाणारी भाषा ही ह्या उपखंडातून पूर्णपणे लुप्त झाली नसणार.

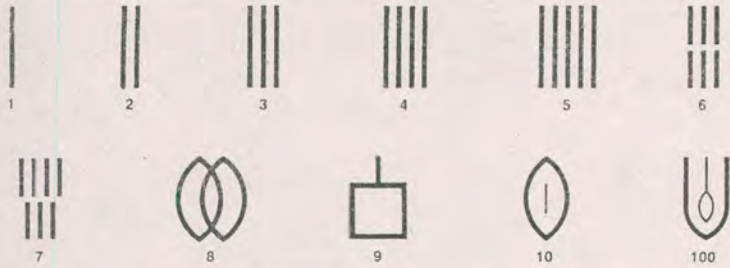
हा मुद्दा एकदा मान्य केला की ह्या विभागात ज्या तीन भाषाकुलातील भाषा बोलल्या जातात त्यापैकी कोणत्या भाषाकुलाशी हडप्पा भाषेचे साम्य असेल, हा प्रश्न उभा राहतो. प्रथम मुंडा भाषाकुलाचा विचार करू. मुंडा भाषाकुलातील भाषा पूर्व भारतात बऱ्याच



मोठ्या प्रदेशात बोलल्या जातात. ह्या भाषांचे दक्षिण-पूर्व आशियातील भाषांशी साम्य असल्याचे आढळते. परंतु मुंडा भाषांच्या अगदी प्राचीन स्वरूपाच्या अभ्यासातून मिळालेला शब्दसंग्रह आणि पुरातत्त्वशास्त्राने हडप्पा संस्कृतीविषयी आपल्याला जे काही सांगितले आहे, त्या दोन्ही गोष्टींचा अजिबात ताळमेळ लागत नाही. दुसरे भाषाकुल हे इंडो-आर्यन भाषाकुल आहे. ह्या भाषाकुलातील भाषा ह्या परंपरेने ख्रिस्तपूर्व दुसऱ्या शतकाच्या मध्यापासून भारतात आल्या. ह्या भाषेचे सुरवातीचे दर्शन आपल्याला ऋग्वेदात होते. परंतु ऋग्वेदात वर्णन केलेली संस्कृती ही प्रामुख्याने मध्य आशियातील आहे आणि ती हडप्पा संस्कृतीपेक्षा फारच वेगळी आहे. तिसरे कुल हे द्रविडी भाषांचे आहे. ह्या भाषा प्रामुख्याने दक्षिण व

दक्षिण-पूर्व भारतात बोलल्या जातात. पण उत्तर भारतातील आणि बलुचिस्तानातील काही छोट्या छोट्या मुलुखातून अजूनही ह्या भाषा बोलल्या जात असं शोध लागला आहे.

चौथी शक्यता अशीही असू शकेल की ह्या तिन्हीपैकी कुठल्याच भाषाकुलाशी हडप्पा भाषेचे साम्य नसेल. तरीही मुंडा किंवा इंडो-आर्यन ह्या भाषाकुलांपेक्षा ही भाषा द्रविडी कुलातील एक घटक आहे किंवा काय ह्याची शक्यता तपासून बघण्यास हरकत नसावी. २५ द्रविडी भाषा आजही बोलल्या जातात. तमिळ, मल्याळम, कन्नड आणि तेलगू ह्या मुख्य ४ भाषा १० कोटीपेक्षाही जास्त लोक आजही बोलत आहेत. त्यामुळे आपण आंधळेपणाने ह्या शक्यतेचा पाठपुरावा करतो आहोत असे मुळीच होणार नाही.



हरप्पन संख्या किंवा आकडे : मुळात ही ८ आकड्यावर आधारित संख्या पद्धती असावी.

१ ते ५ पर्यंत सरळ लांब उभ्या रेषा, सहा म्हणजे त्यांच्या निम्त्या लांबीच्या तीनाखाली तीन असा समूह व ७ म्हणजे अशाच लहान रेषांचा समूह आहे. दुहेरी सूर्याचे चित्र म्हणजे ८ आणि पाया असलेला खांब म्हणजे ९ आहे. १० ह्या संख्येसाठी सूर्याच्या मधोमध एक उभी रेषा असे चित्र आहे. आणखी एक संख्या शोधून काढली आहे ती म्हणजे १००. त्याची खूण खल आणि बत्ता.

त्यासाठी उपलब्ध पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांचेसुद्धा आपल्याला आभारच मानले पाहिजेत.

कराचीजवळील अल्लादिनो ह्या ठिकाणी १९७० मध्ये केलेल्या उत्खननात एका हस्तीदंती ठोकळ्याचा तुटलेला भाग सापडला. त्याला एका बाजूला भोके पाडलेली आहेत. ती बहुतेक खुंट्यांना अडकवण्यासाठी असावीत. दुसऱ्या बाजूला दोन आडव्या समांतर खाचा आहेत. १९३० मध्ये मोहेंजोदडो इथे झालेल्या उत्खननाच्या शेवटच्या काळातील पुरातत्त्ववेत्ता ई.जे.एच्. मॅके ह्यांना सापडलेल्या अनेक हस्तीदंती दांडे आणि काठ्यांसारखी ही वस्तू होती. हस्तीदंती वस्तू केवळ एखाद्या खेळात वापरण्याच्या सोंगट्या असाव्यात असा अंदाज बांधण्यात आला होता, पण ते तसे नसावे कारण त्यापैकी एका चौकोनी ठोकळ्यावर अनेक वर्तुळे व चंद्रकोरी अशा आकृत्या एका ओळीत कोरलेल्या दिसतात.

मोहेंजोदडो हस्तीदंती वस्तूपैकी काही वस्तूवर एखाद्या झाडाच्या आकाराशी साम्य दाखवणारी दोन प्रकारची चिन्हे दिसतात. वेगवेगळ्या शिक्क्यांवरील लेखांमध्ये ह्या दोन्ही चिन्हांचा संबंध उभ्या रेषांनी दाखवलेले संख्यांमधील १ ते ७ आकडे आणि इतर ५ चिन्हे ह्यांच्याशी जोडता येतो. धान्याचे धाट असावे अशी

ही दोन चिन्हे आणि शिक्क्यांवरील लिखाणातील संख्या म्हणून समजली जाणारी चिन्हे ह्या दोहोंचा परस्परसंबंध लक्षात घेता, वर्तुळे आणि चंद्रकोरी कोरलेला जो हस्तीदंती ठोकळा सापडला आहे त्यावरील ही चिन्हे म्हणजे एका चांद्रमासातील (चंद्रकोरी) ३० दिवस (वर्तुळे) असावेत, तसेच दोन वनस्पती दाखवणारी चिन्हे असलेल्या ह्या शब्दाचा अर्थ दोन्ही धान्ये आणि महिना (किंवा चंद्र) असा असावा असे तार्किक अनुमान काढता येते. ह्या दोन्ही चिन्हातील उभ्या रेषांनी दर्शवलेल्या आकृत्या ७ ही बेरीज येईपर्यंतच दिसतात. ह्यावरून ८ ह्या संख्येसाठी काही वेगळे चिन्ह असावे असे सूचित होते. त्यापुढे जाऊन असेही म्हणता येईल की हरप्पन संख्या-पद्धती ही ८ आकड्यांवरच आधारित असावी.

कोणत्या भाषेमध्ये एखाद्या धान्यासाठी वापरला जाणारा शब्द आणि महिना किंवा चंद्र ह्यांच्यासाठी वापरला जाणारा शब्द एकच आहे? शिवाय ह्या भाषेचा ८ हा आकडा पायाभूत असलेल्या संख्या-पद्धतीशी संबंध आहे? ह्या प्रश्नाचा पहिला मुद्दा विचारात घेता ५ द्रविडी भाषांमध्ये तांदुळाला 'नेल' हा शब्द वापरतात, ह्या ५ भाषापैकी ३ भाषात चंद्राला 'निला' किंवा 'नेला' म्हणतात. ह्या ३ भाषांखेरीज इतर ५ भाषांमध्येही चंद्राला हाच शब्द आहे. हाच शब्द ह्यातील अनेक भाषांमध्ये

महिन्यासाठीही वापरतात. दुसऱ्या मुद्याचा विचार करतांना असे दिसते की द्रविडी भाषांचे एक अभ्यासक Kamin V. Zvebil ह्यांनी मूळ द्रविडी संख्यापद्धती ही खरोखरच ८ संख्येवर आधारित असण्याची शक्यता दाखवून दिली आहे;

आजच्या १० आकड्यांच्या संख्यापद्धतीनुसार १० पर्यंत आकडे मोजण्यासाठी ह्या भाषेत जे शब्द वापरतात त्याचे शब्दशः भाषांतर असे होते - एक, दोन, तीन, चार, पाच, सहा, सात, संख्या, अनेक उणे एक, आणि अनेक.



आदरार्थी



शेत



नांगरलेले

शेत



उत्तर



आदरार्थी प्रथम दर्जा



आदरार्थी सर्वोच्च दर्जा



माप



ताबा देणे



नियंत्रण करणे



बाण



सरदार ?



सभागृह

जोड चिन्हे. हडप्पा लिखाणातील २०० पैकी जवळ जवळ निम्मी चिन्हे ही जास्त करून जोड चिन्हांच्या स्वरूपात वरचेवर आलेली दिसतात. इथे ४ उदाहरणे दिली आहेत. डाव्या बाजूच्या कोपऱ्यात ह्या लिपीत वरचेवर आढळणारे कड्या असलेल्या भांड्याचे चित्र आहे. त्याच्याखाली ३ जोडचिन्हे आहेत. यात १, २ व ३ या आकड्यांची चिन्हे व भांड्यांचे चिन्ह यांची जोडणी दिसते. ह्या तिन्ही चित्रांखाली त्यांचा संभाव्य अर्थ दिलेला आहे. ह्या जोडचिन्हांखाली डावीकडून उजवीकडे अशा क्रमाने आलेली चित्रे म्हणजे एक पेला आणि दुसरे वर दोन फाटे असलेली काठी. ह्या दोन्हीची जुळणी करून तयार झालेले तिसरे चित्र आहे. उजवीकडील कोपऱ्यात एक साधा आयत म्हणजे शेत दाखवण्यासाठी काढलेले चित्र. त्याच्या शेजारीच शेताच्या चित्रामध्ये हरप्पन संख्या ६ दाखवणाऱ्या आखूड रेषा काढून तयार झालेले चित्र आहे. ह्या नवीन चित्राचा अर्थ नांगरलेले शेत असाच असला पाहिजे. उजवीकडच्या खालच्या कोपऱ्यात डावीकडून उजवीकडे अशा क्रमाने बाण आणि पिंपळवृक्षाचे पान अशी चित्रे आहेत, तर तिसरे चित्र बाण आणि पिंपळपानाचा अर्धाच भाग ह्यांचे मिश्रण आहे. त्याचा अर्थ सभागृह किंवा जागा असा असावा.

द्रविडी भाषांमध्ये बरेच अनेकार्थी शब्द वापरले जातात. उदा. खांद्यावर घेण्याच्या कावडीला 'का' हा शब्द आहे. ह्याचाच दुसरा अर्थ 'पालक' किंवा 'रक्षक' असाही होतो. माशासाठी सर्वसामान्यतः 'मिन' हा शब्द वापरतात, तर ताऱ्यासाठीही हाच शब्द वापरतात. १०० ह्या संख्येसाठी 'नुरू' हा शब्द आहे, पण त्याचा अर्थ दळणे किंवा चूर्ण करणे असाही होतो.

असे अनेकार्थी शब्द अनेक जुन्या भाषांमध्ये दिसून येतात. इजिप्तमधील चित्रलिपीमध्येही ते दिसते. चित्रलिपीमध्ये चित्राचे त्याच्या शाब्दिक उच्चारणाशी (syllabic) असलेले साधर्म्य ही अनेकार्थी अलंकाराची गुरूकिल्ली आहे. (उदा. डोळ्याचे चित्र काढून । - मी हा अर्थ दाखवणे.) एका पुरातन इजिप्शियन राजाचे Nr - Mr हे नाव दाखवण्यासाठी cat fish (Nr) आणि chisel (Mr) ह्यांची चित्रे काढली आहेत. ह्या चित्रांवरून त्या राजाला 'मासाछित्री' म्हणावे असा अर्थ न होता त्याच्या नावाचा उच्चार cat fish chisel ह्याच्या उच्चारासारखा म्हणजे Nr-Mr असा करावा हा अर्थ निघतो.

ह्यावरून असे सूचित होते का की हडप्पा शब्दांच्या उच्चारांसाठीही आपण हेच तत्त्व आधारभूत धरावे? हा मुद्दा कसोटीला उतरवताना मी काही धोके दाखवू इच्छितो. पहिला धोका असा की कुठल्याही लिपीचे उकलन करताना आपण

आधारभूत धरलेल्या तत्त्वाचे सातत्य प्रथमपासून शेवटपर्यंत कायम राहिले पाहिजे. आणि ही एक प्रकारची सत्त्वपरीक्षाच असते. एखाद्या चिन्हाचा विशिष्ट उच्चार आणि अर्थ आपण निश्चित केला की नंतर त्या चिन्हाचा उच्चार किंवा अर्थ वेगळा काहीतरी आहे असे आपण म्हणू शकत नाही. म्हणजेच त्या चिन्हाच्या उच्चारात वा अर्थात आपण बदल करू शकत नाही. अंतर्गत तर्कशास्त्र हे सगळ्याच लिपीपद्धतीचा पाया असते. जर लिपीतज्ज्ञ लिपीची उकल आपल्याला हव्या त्या प्रतिकृतीत बसवण्यासाठी एखाद्या चिन्हाचा अर्थ वा उच्चार सोयीस्करपणे वेळोवेळी बदलू लागले तर त्यांच्या कामाचा विचका झालाच म्हणून समजावे.



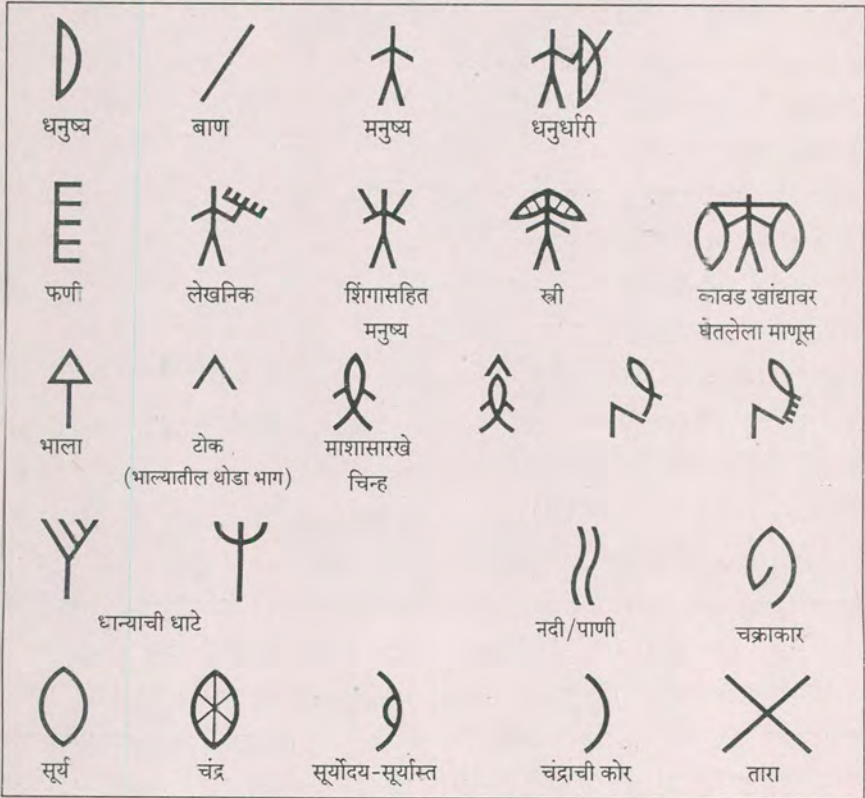
आता सुरुवात करताना आपण वर दाखवलेल्या चिन्हाचा विचार करू. चित्राकृतीच्या दृष्टिकोनातून हे खल आणि बत्ता ह्यांचे चित्र आहे असे दिसते. भाषाशास्त्रीय पुनर्रचनेच्या दृष्टिकोनातून हे भांडे द्रविडी भाषेतील नुरू असा उच्चार सूचित करते. ह्याचा अर्थ दळणे किंवा कुटणे - चूर्ण करणे - हे क्रियापद आणि संख्या वाचक नाम १०० असा दर्शवला



जातो हे आपण पाहिलेच आहे. यानंतर तक्त्यातील अनेक वेळा आलेल्या भांड्याच्या चिन्हाचा विचार करू. कड्या असलेल्या भांड्याच्या चिन्हाचे हे चित्र शिक्क्यावरील लेखांच्या शेवटी बऱ्याच वेळा आलेले आहे असा ढोबळ निष्कर्ष महादेवन् ह्यांनी काढला आहे. त्यांनी पुढे असेही दाखवून दिले आहे की ह्या

प्रकारच्या भांड्याला जो शब्द आहे त्याचे द्रविडी भाषांमध्ये वेगवेगळे अर्थ होतात. ह्या शब्दाचा अर्थ पुरुष असा होतो, आदरार्थी संबोधनासहित (अन् हा शब्द) एखाद्या पुरुषाच्या विशेषनामाचा निर्देश करणारा हा शब्द सुरुवातीच्या ख्रिश्चन काळापासून वापरात आहे असे दिसून येते. अशा चिन्हांनी ह्या लेखांचा शेवट केलेला आहे हे सत्य आहे असे दिसून येते. म्हणून ती व्यक्तिगत नामे असली पाहिजेत हे अनुमान महादेवन् ह्यांनी गृहीत धरले आहे.

आता शेवटचे महत्त्वाचे चिन्ह म्हणजे





खांद्यावर कावड घेतलेल्या मनुष्याकृतीचे चित्र. काठीला अडकवलेले घडे म्हणजे कावड ह्याला 'का' असा शब्द आहे हे आपण पाहिलेच आहे. ह्या द्रविडी शब्दाचा 'पहारा देणे किंवा रक्षण करणे' असाही अर्थ होतो. त्याचबरोबर पुरूषाला सर्वसाधारणपणे द्रविडी भाषांमध्ये 'आल' असा शब्द आहे. त्यामुळे ह्या जोडचित्रात दोन अक्षरी शब्द 'का-आल' असावा असे म्हणता येईल. द्रविडी भाषांमध्ये सलग उच्चारणासाठी अशा जोडलेल्या व्यंजनांना एखादा स्वर किंवा मृदु व्यंजन मध्यभागी घालून वेगवेगळे दाखवले जाते. हे व्यंजन म्हणजे बहुतेक वेळा व किंवा य असते. म्हणून आता तयार झालेला शब्द 'का व आल' असा होईल. त्याचा मथितार्थ 'अशी व्यक्ति की जी पहारा देते किंवा रक्षण करते' असा समजता येईल. 'रक्षणकर्ता' अशा अर्थाची व्यक्तिगत ओळख ह्या खाजगी शिक्क्यांवर असली पाहिजे हे म्हणणे त्यामुळे अगदी योग्यच ठरते.

तक्त्यावरील लिखाणाचे वाचन करण्यापूर्वी आणखी दोन उदाहरणांचा विचार करू. एक म्हणजे बहुतेक ३ ही संख्या दाखवणारे चिन्ह आणि दुसरे म्हणजे ४ उभ्या रेघा म्हणजे बहुतेक ४ ही संख्या

दाखवणारे चिन्ह वरवर संख्या वाटणाऱ्या ह्या दोन्ही चिन्हांत दुसरेच शब्दार्थ दाखवले असण्याची दाट शक्यता आहे. पहिला उच्चार मु (न) ह्याचा द्रविडी भाषेतील दुसरा अर्थ 'सगळ्यात पुढे असणारा' असा आहे. तर दुसरा उच्चार नाल ह्याचा 'चांगला' असा अर्थ आहे. तार्किक दृष्ट्या ही दोन्ही विशेषणे एखाद्याच्या पदवीशी जुळतात हा विचार सुसंगतच आहे.

आता आपण शिक्क्यांवरील लेखांपैकी तीन चिन्हांचा विचार करू एक म्हणजे वाद्य, एक बाण आणि एक फणी. ह्याच क्रमाने द्रविडी भाषेतील उच्चार पन, आर आणि किर असे होतात. ह्याचे शब्दशः भाषांतर 'गाणे', 'तृतीय पुरुषी आदरार्थी वचन' आणि 'खूण' असे होते. ते 'पनार-किर' असे वाचता येते. त्याचे भाषांतर 'पनारचा शिक्का' किंवा शब्दशः 'गायकाची खूण' असे होऊ शकते. नंतरच्या लेखात ४ चिन्हे समाविष्ट आहेत. १) पत्त्यातील चौकट याचा उच्चार आर-मन शी साम्य असणारे, २) दोन आखूड उभ्या रेघा, ह्याचा उच्चार इल ३) माश्यासारख्या चिन्हाचा उच्चार पिरिकेय आणि चौथे चिन्ह हे अगोदरच्या लेखात आलेले आदरार्थी वचन आर हे आहे. हे

सर्व मिळून 'आर-मन-इल-पिरिकेयार' असे वाचता येते. ह्याचे भाषांतर 'पिरिकेयार ह्याच्या श्रेष्ठ घराण्याशी संबंधित' असे सुचवता येते. आत्तापर्यंत जवळजवळ १०० शिक्रे आणि मातीच्या भांड्यांवरील चिन्हांचे उच्चार निश्चित केले गेले आहेत

त्या प्रत्येकाला समुचित असे द्रविडी अर्थ देखील सापडले आहेत. १०० हून अधिक शिक्क्यांवरील लेखांचे इथे नुचवल्याप्रमाणे भाषांतरही करण्यात आलेले आहे. 'जलधर' (बहुतेक हे विशेष नाम असावे) अशासारख्या सामान्य व्यक्तींचा निर्देश



चार शिक्क्यांवरील लेखातील चिन्हांचे शब्दरूपात केलेले एकत्रित स्पष्टीकरण. प्रत्येक चिन्हाला ह्या प्रदेशात बोलल्या जाणाऱ्या प्राचीन द्राविडियन भाषेत असलेले शब्द सापडतात. ह्या लेखांपैकी सर्वात लहान लेख a या लेखकाच्या मते 'गायकाची खूण' असे वाचन करता येते. पुढच्या b ह्या लेखात तृतीयपुरुषी आदरार्थी मानचिन्ह 'भाला' (-ar) हे परत आले आहे. त्याचे वाचन 'पिरिकेयार यांच्या श्रेष्ठ घराण्याशी संबंधित करता येते. त्यापुढील c हा लेख ७ चिन्हांचा आहे. ह्यात b लेखातील loom-twist चिन्हाचे दुसरे रूप आले आहे. ह्याचे वाचन 'पाटुकरण, सभोवतालच्या सर्व वस्त्यांचा शक्तीशाली प्रमुख' असे करता येते. शेवटचा d हा लेख ९ चिन्हांचा आहे. ह्यामध्ये b लेखातील दोन रेषांचे चिन्ह इ (ल) आणि a, b लेखांतील 'भाला' चिन्हाचे संक्षिप्त रूप आलेले आहे. (रंग) ह्याचे वाचन 'मुनालाच्या मालकीचे, १०० शेतजमिनीची मालकीण, आदरणीय महिला प्रमुख (Noble First Lady).' असे करता येते. आता आपल्याला १०० हून अधिक लेख वाचता येतात. शिक्क्यांवरील हे लेख म्हणजे व्यक्तींची ओळख दाखवणारी वर्णने असावीत ह्या गृहीतकावद्दच बहुतांशी हे विवरण आधारित आहे.

करणाच्या शब्दांपासून 'अरसंबन्, नैऋत्येकडील मुख्यांचा सर्वश्रेष्ठ प्रमुख, चांद्रवशीय' अशा श्रीमंत व्यक्तींचा निर्देश करणाऱ्या शब्दसमूहांपर्यंत सगळ्यांचा त्यात समावेश होतो.

ह्या सर्व लेखांच्या वाचनावरून असे लक्षात येते की हडप्पा समाजातील अनेक व्यक्ती (त्यामध्ये अरसंबन्चाही समावेश होतो) ह्या सूर्य, चंद्रासारख्या अवकाशातील प्रमुख ग्रहताऱ्यांशी आपल्या वंशाचा संबंध जोडतात. एवढेच नव्हे तर मोसमी पावसाशीही आपल्या वंशाचा संबंध असल्याचे सांगतात. ह्यावरून प्रत्येक गटातील किंवा टोळीतील फरक आपल्या निदर्शनास येतो. प्रमुखांचा संबंध 'अरमणी'शी जोडण्यात येतो, प्रमुखांच्या घरांचा उपयोग त्यांच्या रहाण्यासाठी, तसेच त्यांचे कार्यालय म्हणूनही केला जातो. ह्याचबरोबर गढी किंवा बालेकिल्ला ह्यांचाही काही खास उपयोग केला जात असावा, परंतु त्याविषयी अजून नक्की काय ते सांगता येत नाही. पुरातत्त्ववेत्त्यांनी शोधून काढलेली उघडी मैदाने किंवा खांब असलेली सभागृहे हेच दर्शवतात की तिथे होणाऱ्या प्रमुखांच्या सभा ह्या हडप्पाच्या राजकीय जीवनाचे मूलभूत अंग असल्या पाहिजेत.

शिकव्यांनुसार दुसऱ्या प्रकारचे प्रमुख हे काही संघटनांचे (व्यापारी किंवा धंद्यावर आधारित?) प्रमुख असावेत. उदा. तांबट

कासार, कोठारांचे व्यवस्थापक, पाणीपुरवठ्याचे नियोजन करणारे, जमिनीचे मालक. ह्यामध्ये स्त्रियांचा समावेश असलेला आपण पाहिला आहे. धर्माशी संबंधित उल्लेखांचे पुरावे मात्र फारच क्वचित आढळून येतात. शिंगाचे शिरस्त्राण परिधान केलेल्या देवतेचा उल्लेख 'तांब्याची' किंवा 'लाल रंगाची' असा असण्याची शक्यता आहे आणि 'मातृदेवता' असाही असण्याची शक्यता आहे. पण अजूनपर्यंत हे उल्लेख ठामपणे सिद्ध झालेले नाहीत. ढोलवादक व गायक ह्यांच्या आकृती कमी प्रमाणात आहेत. ढोलवादक हे कदाचित सभेसाठी दवंडी पिटून आमंत्रण देणारे असावेत आणि गायक हे समारंभात मनोरंजन करणारे असावेत.

सदर शिकव्यांवरून आणखी एका प्रकारच्या वर्गाचे वर्णन निदर्शनास येते. ह्यात वजना-मापांचे अधीक्षक, कोठारातील मालाच्या वाटपावर, धान्य दळण्याच्या गिरण्यांवर आणि कदाचित् शिकारींच्या कार्यक्रमावर देखरेख ठेवणारे अधिकारी ह्यांचा समावेश होतो. ह्यामध्ये बोटींचे कप्तान, आणि अग्नीची देखरेख ठेवणारेही आहेत. अनेक शिकव्यांवर पालकत्व दर्शवणारे 'का' हे चिन्ह आहे. पण ह्याचा अर्थ लष्करीदृष्ट्या रक्षण करणारे असा नसून जास्त करून पिकांची काळजी घेणे, तसेच पाळीव जनावरांच्या

कळपांची निगा राखणे ह्यांसारख्या जबाबदाऱ्या निभावणारे असावेत असे वाटते. आपले हे संशोधन योग्य मार्गाने आणि जवळजवळ सिद्धतेच्या दिशेने चालले आहे ह्याचा समाधानकारक पुरावा आपल्याला लोलकाच्या आकाराच्या

भरीव त्रिकोणाकृती शिक्क्यांवरील काही चित्रांवरून मिळतो. ह्यामध्ये पाळीव जनावरांच्या ओळीवर दोन वेळा मगरीचे चिन्ह आले आहे. द्रविडी भाषेमध्ये मगरीला मुटालाइ म्हणतात. सर्व

प्रमुखालादेखील मुटाली (mutali) हा शब्द आहे. हे दोन्ही उच्चार समान असलेले शब्द आहेत.

ह्या विवेचनावरून असे दिसून येते की ४००० वर्षांपूर्वी मोहेंजोदडो व हडप्पा इथली भाषा ही प्राचीन द्रविडी भाषा असावी आणि हडप्पा लिखाणात ह्या भाषेचा उपयोग चित्रलिपीच्या रूपात करण्यासाठी खूपच कष्ट घेतले गेले असावेत. ह्या लिपीतून आपल्याला सिंधु संस्कृतीची श्रेष्ठ वैशिष्ट्ये निदर्शनास येतात. हडप्पा संस्कृती ही भौगोलिक दृष्ट्या विस्तृत प्रदेशात पसरलेली असल्यामुळे द्रविडी भाषेत नसलेले इतरही अनेक शब्द ह्या भाषेत समाविष्ट झालेले असावेत.

नंतरच्या काळात इंडो-आर्यन बोलणाऱ्यांनीही पुष्कळ द्रविडी शब्द उचलल्याचे आपल्याला आढळून येतेच.

अजूनही ह्या लिखाणाच्या उकलनाचे काम बाकी आहे आणि बंधे जे विवेचन केले आहे. त्यामध्ये कदाचित् दोष असण्याचीही शक्यता आहे. अजून जे काही संशोधन करायचे आहे ते अधिकच उत्कंठावर्धक आहे. आत्तापर्यंत अशक्य कोटीतले वाटणारे साध्य आपल्या दृष्टिक्षेपात येण्यासाठी हे



संशोधन मार्गदर्शक ठरेल. हडप्पाच्या जीवनाचे राजकीय, सामाजिक अंग तसेच त्या जीवनाचे आदर्श ह्या सर्वांविषयी जी सुसंबद्ध माहिती मिळते त्यावरून ही संस्कृती आजच्या भारतीय ग्रामीण जीवनाची जननी असावे ह्याचा भक्कम पुरावाच मिळतो. आणि त्यामुळेच हडप्पा संस्कृती ही मुळीच लुप्त झालेली नाही असेच म्हणावे लागेल. ❖

‘सायंटिफिक अमेरिकन’ मधून साभार

लेखक : वॉल्टर फेरसर्विस, ज्यु.
प्रसिद्ध पुरातत्त्वज्ञ

अनुवाद : मीना कर्वे,
समाजशास्त्राच्या पदवीधर



मिळून सारेजण

लेखक : हरिणी नरेंद्र अनुवाद : अमिता नायगावकर

आपल्याला आपल्या सभोवतालचे कितीतरी जीव एकेकटेच दिसून येतात. खारी, पाली, मांजरं, इत्यादि. पण काही जनावरं मात्र समूहात अथवा झुंडीमध्ये राहणं पसंत करतात. अगदी शिकारी-सारखी महत्त्वाची कामंसुद्धा झुंडीत राहूनच करतात. रस्त्यावर राहणारी कुत्री हे याचं एक उत्तम उदाहरण आहे. तुम्ही अशा एखाद्या कुत्र्यांच्या झुंडीला त्यांच्या हद्दीत घुसलेल्या नव्या कुत्र्यांना हुसकून लावताना नक्कीच पाहिलं असेल. कुत्र्यांच्या तुलनेने मांजरं मात्र एकेकटी राहणं, आपली भांडणं आपणच मिटवणं जास्त पसंत करतात. तर दुसऱ्या बाजूला वाळवीसारखे जीव असतात. तुम्ही त्यांची वारूळं कधी ना कधी नक्कीच पाहिली असतील. त्यामध्ये

शेकडो-हजारो वाळव्या सामाजिक एकतेने एकत्र रहात असतात. म्हणजे, जीवांच्या जगातील समाजाचे स्वरूप अगदी वेगवेगळ्या प्रकारचे असू शकते. पूर्ण वेगळे राहणाऱ्यांपासून, छोट्या छोट्या गटांमध्ये वा हजारांच्या संख्येने एकत्र राहणारे असेही यांचे गट असू शकतात.

तुम्ही कधी असा विचार केला आहे का की एखाद्या जातीचे जनावर विशिष्ट संख्येइतकाच समूह का बनवते? कदाचित तुम्हाला हा प्रश्न काहीसा अवघड, कोड्यासारख्या वाटेल. पण त्या पाठीमागची खरी कारणं तर अधिकच गुंतागुंतीची आहेत. एकाच जातीची सर्व जनावरे एका विशिष्ट नियमाचेच पालन करत असतात असं काही नाही.

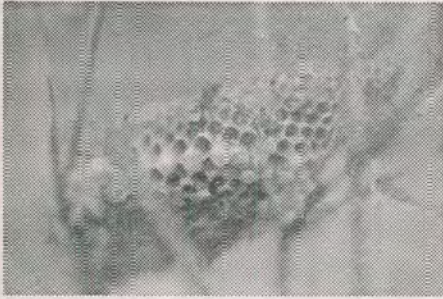
समूहात राहणारे आणि एकट्यानेच राहणारे असे काही जीव तुम्ही तुमच्या
आसपास नक्की पाहिले असतील

कासवी ढालपंखी भुंगेच्याच्या अळ्या आणि कोषावस्था



कासवी ढालपंखी भुंगेच्याची मादी तिच्या अळ्यांचे खाद्य असलेल्या झाडांच्या (निलाजरी आणि तिच्या कुलातील वनस्पती) पानांवर 'अंडी - पिशवी' मध्ये असंख्य अंडी घालते. अंड्यातून बाहेर पडलेल्या अळ्या वाढीच्या विशिष्ट अवस्थेपर्यंत नव्हे तर कोशावस्थेत रूपांतरित होईपर्यंत सर्वत्र समूहासमूहानेच रहातात, वावरतात. प्रौढ भुंगेरे मात्र समूह सोडून बाहेर जातात. आपल्या आवडत्या खाद्याच्या शोधार्थ दूरवर उडूनही जातात.

कागदी गांधील माशीची वसाहत



आपल्या तीक्ष्ण दातांनी झाडाची साल खरवडून काढून त्यांत लाल मिसळून तिचा लगदा करून त्याचे घर बांधून राहणारी ही गांधील माशी कागदी गांधील माशी (Paper Wasp) म्हणून ओळखली जाते.

तिच्या वसाहतीतील सर्वच घटक साधारणपणे एकमेकांसारखे दिसतात.

बाह्यतः त्यांच्यात वेगवेगळे ओळखता येतील असा फरक नसतो. परंतु हे घटक जी वेगवेगळी कामे वसाहतीसाठी करीत असतात, त्या कामांच्या स्वरूपावरून ते वेगवेगळे घटक आहेत असे ओळखता येते. राणी फक्त अंडी घालण्याचे काम करते. कामकरी-अन्न गोळा करणे, ते वसाहतीत आणणे. जरूर तर इतर घटकांना भरवणे, वसाहतीची बांधणी, स्वच्छता, डागडुजी करणे ही कामे करतात. त्यापैकीच काही इतरांवर धावून जाणे, भांडण उकरून काढणे आणि त्याद्वारे दहशत बसवणे आदी गोष्टी करीत राहातात त्यामुळे त्यांना 'लढवय्ये' म्हटले जाते.

त्याच्यामध्ये सुद्धा खूप भिन्नता असू शकते. उदाहरणदाखल हत्ती घेऊ या. त्यांच्या कळपामध्ये कधी दहा-वीस सदस्य असतात तर कधी शंभर-शंभरदेखील. दुसऱ्या बाजूला, काही वेळा जंगलांमध्ये नर हत्ती एकटेच फिरताना आणि एकट्यानेच जगतानादेखील पहायला मिळतात. म्हणजे आता आला का आणखी एक प्रश्न? तो असा की एखादा जातीच्या सर्वसामान्य नियमांपेक्षा वेगळी वाट चोखाळण्याचा निर्णय एखादा प्राणी कसा घेतो? कोणत्या तत्वांच्या आधारावर या गोष्टी उरत असतील?

चला, आता आणखी एका गोष्टीवर जरा विचार करूया. कितीतरी जीव आपापले आयुष्य वेगवेगळ्या वेळी वेगवेगळ्या तऱ्हेने जगत असतात. कधी झुंडीमध्ये तर कधी एकटे. नर वाघाचंच उदाहरण घ्या ना! लहानपणी तो आपल्या आईवडिलांच्या समूहाचाच एक भाग असतो. पण जेव्हा तो मोठा होऊ लागतो, तरूण होऊ लागतो तेव्हा मात्र त्याला समूहामधून हाकलून दिलं जातं. तेव्हा काही काळासाठी तो एकटाच जगतो. पुन्हा दुसऱ्या एखाद्या समूहाचा सदस्य होण्यासाठी त्याला त्या समूहाच्या नेत्याला अथवा पुढारी नर वाघाला हरवून अथवा मारून आपले सामर्थ्य सिद्ध करावे लागते. जर तो असं करू शकला तर तो पुन्हा

समूहामध्ये सामावला जातो. नाहीतर मग एकट्यानेच!

मग मूळ प्रश्न काय आहे? तर कोणत्याही वेळी एखाद्या जनावराबाबत अशा कोणत्या गोष्टी हे निश्चित करतात की त्याने एकट्याने रहावं का समूहामध्ये? हे उघडच आहे, जे त्याच्यासाठी सर्वोत्तम असेल तेच तो जीव निवडेल. जेव्हा आपण अशा परिस्थितीतील फायद्या-तोट्यांचे विश्लेषण करू तेव्हाच समजेल. विशिष्ट परिस्थितीमध्ये त्या जीवाला काय तोटा होत आहे आणि त्याला त्याच्या बदल्यात काय फायदा मिळतो, हे पाहू.

आपण प्रथम हे पाहू की झुंड करून राहणाऱ्या कोणत्याही जनावराला कोणत्या प्रकारची किंमत चुकवावी लागते? बहुतेक त्याला त्याचं अन्न समूहातील सर्व सदस्यांसमवेत वाटून घ्यावं लागत असणार. मग ही तर फार मोठी किंमत झाली. मात्र दुसऱ्या बाजूला त्याचे खूपसे फायदे देखील असतील. म्हणजे जेव्हा तो आजारी पडेल किंवा शिकारीला गेलेला अथवा गेलेली असेल, तेव्हा त्याच्या झुंडीतील दुसरे जनावर त्याच्या बच्च्यांवर लक्ष ठेवू शकते. अशा परिस्थितीत जर तोट्याच्या तुलनेमध्ये फायदे जास्त असतील तर जनावर नक्कीच समूहामध्ये राहणे पसंत करेल. मात्र जर तोटे जास्त असतील तर जनावर एकटेच राहील.

फुलअळी, फुलपाखरु



सर्वच कीटक समूह करून राहात नाहींत. नाक्तोडे, रातकिडे, काडी कीटक, कुंभारमाशी, पतंग फुलपाखरे इत्यादी अनेक कीटक अंक-अंकट्यांचे राहातात, वावरतात.



पॅपिलिओ पॉलिटेस् (Papilio polytes) या इंग्रजी नावाचें मोठ्या आकाराचें, पुढील पंखांच्या कडांवर आणि मागील पंखांच्या मधल्या अंगावर पांढऱ्या बुंदक्यांची रांगोळी काढलेलें काळभोर फुलपाखरु त्यापैकी एक. त्याची मादी लिंबवर्गीय वनस्पतींच्या खास करून कडीलिंबाच्या पानांवर लंडी घालते. अंज्यातून बाहेर पडलेल्या अळ्या पूर्ण वाढ होईपर्यंत कडीलिंबाच्या पानांचा चांगलाच फडशा पाडतात. त्यांचा मूळ रंग काहीसा लालसर असला तरी त्यावर तिरकस पांढरे पट्टे असतात. कडीलिंबाची पानं वाचवायची

असतील तर ह्या अळ्या हाताने काढून रॉकेलमिश्रित पाण्यात टाकणें हा सोप्या उपाय करून बघायला हरकत नाहीं; महाग आणि घातक कीटक नाशक टाळायलाच हवीत.

वाळवीचे वारुळ



वाडी, वस्ती, पाडा गाव, शहर ही जशी माणसांच्या वस्तीची ठिकाणे, तसंच कीटकांचीही मोठी वस्तीस्थाने असतात. त्यातलेच हे दोन प्रकार. शेजारी दिसणारे वारुळ हे महाराष्ट्रात आढळते. तर पुढील पानांवर दिलेले उंच उंच वारुळ कर्नाटकात आढळते.

समूह करून राहण्याचे फायदे

शिकारी होण्याची भीती कमी :

अशी कल्पना करा की तुम्ही शंभर किड्यांच्या एका थव्यामध्ये उडत आहात. आता जर या थव्यावर एका चिमणीने हल्ला केला तर सर्व किड्यांमधून तुमची शिकार होण्याची शक्यता १/१०० असणार; हो की नाही? इथे आपण असं गृहीत धरलं आहे की चिमणी किड्यांबाबतची तिची कोणतीही आवड अथवा नावड वापरणार नाही. सर्वांना अगदी समानतेने ती लक्ष्य बनवू शकते. मात्र जर तुम्ही एकटे असता तर एक शक्यता अशी होती की तुमच्याकडे त्या चिमणीचं लक्ष गेलं नसतं. पण तिने तुम्हाला एकदा जर का पाहिलं असतं तर मात्र तुमची काही खैर नव्हती. कारण तेव्हा त्या चिमणीचं लक्ष विचलित करण्यासाठी आसपास दुसरे कोणतेही किडे असणार नव्हते. समूह बनविण्यामागचे हे एक महत्त्वाचे कारण असते. मात्र या कारणाची व्याप्ती आपण फार काही वाढवू शकत नाही. उदाहरणार्थ या तर्कानुसार समूह बनविताना जर आपण एक मोठाच्या मोठा समूह बनवला, जवळजवळ हजार किड्यांचा, तर बघा काय होईल? एकतर त्या पूर्ण परिसरातील सर्व पक्षी केवळ तुमच्या समूहाकडेच आकर्षित होतील. मग तेव्हा सुद्धा अवघडच, म्हणजेच कोणत्याही समूहाचा सदस्य बनणं अथवा एकटं राहणं हे निश्चित करण्यामागे त्या समूहाच्या

आकाराचाही मोठा सहभाग असतो.

सतर्क राहण्याची सर्वोत्तम क्षमता -

एकापेक्षा दोन डोळे केव्हाही उत्तम आणि दोनपेक्षा तीन डोळे तर सर्वोत्तमच! जर जंगलामध्ये हरणे कळपामध्ये चरत असतील तर ती आपल्या सामूहिक प्रयत्नांमुळे वाघाच्या आगमनाबाबत अधिक सावध राहू शकतील. हरणं जितकी जास्त असतील तितक्याच दिशांनी वाघावर लक्ष ठेवता येईल. यामधे आणखी एक फायदा आहे. जरी वाघाने कळपावर हल्ला केलाच तरीदेखील हरणं आपल्या सहकाऱ्यांच्या हालचालीमुळे वेळीच धोका ओळखून आपले प्राण वाचवू शकतील. उलट जर हरिण एकटेच चरत असेल तर वाघ दबत्या पावलांनी मागून येऊन शिकार करू शकतो.

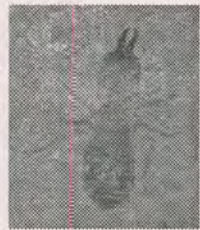
सामूहिक लढाई -

समूहामध्ये राहणाऱ्या जनावरांबाबत शिकान्याशी लढून स्वतःला वाचविण्याची शक्यता केव्हाही अधिक असते. कॅनडा आणि ग्रीनलँडच्या थंड बर्फाळ प्रदेशात राहणारे कस्तुरी बैल आपला बचाव अशाच प्रकारे करतात. त्यांची शिंगे खूप धारदार असतात. जेव्हा त्यांना एखादा लांडगा दिसतो तेव्हा ते आपलं डोकं बाहेरच्या बाजूला करून बांधीव गोल बनवतात. आता जरी लांडग्याने हल्ला



संपंखी मादी : वाळवी हा समाजात राहाणारा कीटक. वारूळाचे नियंत्रण करणारी ही मादी. प्रौढावस्था प्राप्त झाल्यावर काही काळ आईने तयार केलेल्या वारूळातच राहाते. बाहेर पडण्यासाठी योग्य वेळ येताच वारूळाबाहेर पडते आणि जोडीदाराचा शोध घेते. मनासारखा जोडीदार मिळाल्यावर, नीलन झाल्यावर मादीचे पंख निसर्गतःच गळून पडतात. त्यानंतर मादी छोटसा खड्डा तयार करते, त्यात अंडी घालते आणि स्वतःच्या वसाहतीची (साम्राज्याची) स्थापना करते. तिलाच 'राणी' म्हणतात.

वाळवी - रक्षक : वाळवी समाजातील हा 'रक्षक' अथवा 'सैनिक'. वारूळातील इतर घटकांचे रक्षण करण्यासाठी, वारूळास असणाऱ्या असंख्य दारभोवती हे पहरा करतात. त्यांचे दात हे सुळ्यासारखे असतात. तेच त्याचे शत्रूवर हल्ला करण्याचे शस्त्र डोय. हे सैनिक स्वतःहून काही खाऊ शकत नाहीत. त्यांना कामकरी घटक अन्न भरवतात.



वाळवी-कामकरी : वाळवीच्या वारूळात अन्न गोळा करून ते वारूळातील इतर घटकांना देणं, भरवणं, वारूळाची बांधणी करणं, डागडुजी करणं, स्वच्छता राखणं आदी जवळ जवळ सर्वच काम करणारा घटक म्हणजे कामकरी. ह्यांची वारूळातील संख्या हजारोनी असते. दातांनी हे लाकडाचे अथवा कवक बीजांचे तुकडे करून स्वतः खातात किंवा स्वतःचे अर्धपाचन झालेले अन्न इतर घटकांना भरवितात.

केलाच तरी त्याला बैलांच्या तीक्ष्ण शिंगांचा वार सहन करावा लागेल. मात्र एखादा कस्तुरी बैल जर एकटाच असेल तर मग हे निश्चित की तो लांडगा पवित्रा बदलून हल्ला करणार आणि त्याला मारून टाकणार. समूहात राहिल्यामुळे संपूर्ण समूहालाच सुरक्षितता प्राप्त होते.

अन्न मिळवण्याची अधिक क्षमता -

भारतीय जंगली कुत्रे (डोल) सामान्यतः झुंडीत राहूनच शिकार करतात. त्यांची झुंड एखाद्या मोठ्या आकाराच्या हरणालासुद्धा मारू शकते. ही शिकार त्यांच्यासाठी खूप दिवस पुरते. एखादा एकटा कुत्रा मात्र असं करण्याचा विचारसुद्धा मनात आणू शकणार नाही. शिवाय झुंडीमध्ये राहिल्यामुळे वृद्ध, समजूतदार आणि माहीतगार सदस्यांचा अनुभवही नेहमी बरोबर असतो. याचीसुद्धा अन्न मिळवण्यासाठी मदत होते. उदाहरणार्थ, दुष्काळ पडल्यावर हत्तींचे कितीतरी छोटे-छोटे समूह एकत्र येऊन एक मोठा कळप बनवितात. यांचं मुख्य कारण असं की काही कळपामध्ये मोठे-वयोवृद्ध, माहीतगार हत्ती असतात. त्यांना पूर्वीच्या दुष्काळाचा अनुभव असतो. दुष्काळ पडला असतानाही कुठे कुठे पाणी मिळू शकते हे त्यांना माहीत असते. अशीच एखादी हत्तीणसुद्धा इतर सर्व हत्तींना अन्न आणि पाण्यापर्यंत जाण्याचा रस्ता दाखवू शकते व कितीतरी हत्तींना वाचवू शकते.

कमी ऊर्जेंत जास्त अंतर

ऐकायला कदाचित हे विचित्र वाटेल. तुम्ही माशांना पाण्यामध्ये पोहताना तर पाहिलंच असेल. नदी-सरोवर-तलाव नाहीतर अँक्वेरियममध्ये तरी नक्कीच. माशांचा अभ्यास करणारे लोक असं सांगतात की बऱ्याचदा असं वाटतं की समूहाने पोहणारे मासे एकट्याने पोहणाऱ्या माशाच्या तुलनेने तेवढ्याच वेळात जास्त अंतर कापू शकतात. कदाचित असं असेल की जेव्हा एखादा मासा पोहत असतो तेव्हा त्याच्या पोहण्याच्या क्रियेमध्ये त्याचामागे, थोडे आजूबाजूला एक प्रकारचा भोवरा तयार होतो. या माशाच्या मागे जर एखादा मासा त्याच्या थोडं डाव्या अथवा उजव्या बाजूला पोहला तर तो या भोवऱ्यामुळे कमी ऊर्जा खर्च करून तेवढ्याच वेगाने पोहू शकतो. मात्र दुसरे काही वैज्ञानिक असंही सांगतात की ही बाब अजून पूर्णतः सिद्ध झालेली नाही.

हीच बाब हंस, बगळे इत्यादि काही पक्ष्यांनाही लागू होत असेल. म्हणूनच कदाचित लांब उडणारे कितीतर पक्षी व्ही (V) आकारामध्ये उडत असतात. काही लोक असंही सांगतात की सर्वात पुढे उडण्यासाठी ते क्रमाक्रमाने एकेकाला निवडतात, म्हणजे एकाच पक्ष्याला थकवा येणार नाही. मात्र ही एक शक्यताच, याबाबत कोणताही ठोस पुरावा सापडलेला नाही.

तांबड्या चावऱ्या मुंग्या



'उकेफॅला सामरगडीना' या शास्त्रीय नावाच्या तांबड्या मुंग्या. आंब्यासारख्या अनेक झाडांवर मोट-मोट्या वसाहती करून राहतात. त्यांची वसाहत त्या झाडाच्या पानांची असते. वसाहत करण्यासाठी कामकरी मुंग्या स्वतःची लाळ तोंडाबाहेर काढून त्या लाळेच्या साहाय्याने पाने एकमेकांना जोडून त्यांची आवश्यक तेवढी (मोठी वा लहान) खोळ तयार करतात. काही वेळा पाने जोडण्यासाठी अळ्यांच्या लाळेचाही उपयोग करून घेतला जातो. पानांच्या खोळीमध्ये राणी

अंडी घालते. त्यातून बाहेर पडलेल्या अळ्या, कोशावस्थेपर्यंत खोळीतच राहातात. प्रौढ घटक बहुधा खोळबाहेर राहाताना दिसतात.

या मुंग्या स्वतःहून कोणाच्या खाटेस जात नाहीत. परंतु कोणी हळा केल्यास अथवा वसाहत मोडण्याचा प्रयत्न केल्यास कडकडून चावा घेऊन लक्षात राहिल अशी अदल घडवतात.

क्रौंच पक्षी



जायकवाडी धरणाजवळ आढळलेले हे क्रौंच पक्षी. दर वर्षी ऑक्टोबरच्या आसपास हे पक्षी येतात. जिथे दलदल असते तिथे त्यांना भरपूर खाण मिळते. त्यामुळे जर नवीन बंधारे, धरणं यामुळे दलदल वळली की पक्षी यायला लागतात. पावसानंतर ते भिगवण माळशेज घाटाखालच्या भागात तसेच भात शेतीतही उतरतात. विणोच्या हंगामात आणखी लांबवर जातात.

समूहामध्ये राहण्याची किंमत

समूहातल्या समूहातच शिकार-

तुम्ही कित्येक पुस्तकं अथवा कॅलेंडर्समध्ये झाडावर बसलेल्या असंख्य पक्ष्यांची चित्रं पाहिली असतील. दुरून पाहिलं तर हे वेगवेगळे पक्षी एका परिपूर्ण सुखी परिवाराचे सदस्य असल्यासारखे वाटतात. पण जवळ गेल्यानंतर मात्र समजतं की ही बाब इतकी साधीसरळ नाहीये! वस्तुतः जर यामध्ये एखादी चिमणी अगदी थोड्या वेळासाठी आपलं घरांत सोडून कुठेतरी गेली तर परतून आल्यावर कदाचित तिला तिची अंडी किंवा पिळं मिळणारच नाहीत. कदाचित त्यांना शेजारच्या एखाद्या पक्ष्याने खाऊन गट्टमदेखील केले असेल.

इतरांची दादागिरी सहन करणं-

समजा तुम्ही अशा एखाद्या जनावरांच्या समूहाचे सदस्य आहात की ज्यामध्ये काही 'दादा' वृत्तीची जनावरंही आहेत. तेव्हा तुम्हाला हे सहन करायला हवं की तुमच्या तुलनेने त्यांना अधिक अन्न, माद्यांबरोबर राहण्यासाठी अधिक सूट वगैरे मिळेल. अशा झुंडींमध्ये या दादा जनावरांना सर्व प्रकारच्या सुविधांचा वापर करण्याचे अधिक अधिकार मिळत असतात आणि इतर जनावरांना थोडं नुकसान सहन करायला लागतं.

उदाहरणादाखल, बबून ही वानराची

एक जात पाहू. त्यांच्या टोळीमध्ये जे प्रभावशाली नर असतात त्यांना वैज्ञानिक 'अल्फा नर' असे म्हणतात. या टोळीमध्ये अल्फा नराला अन्न आणि इतर सर्व सुविधांचा सर्वोत्तम हिस्सा दिला जातो. पण दुसऱ्या कनिष्ठ नरांना मात्र सर्वात खालचा हिस्सा दिला जातो. अशा परिस्थितीत कित्येक वेळा कनिष्ठ नर वेगळे होऊन आपलीच छोटीशी टोळी बनवतात किंवा एकट्यानेच जगणे पसंत करतात. एकट्यानेच जगण्यामुळे कदाचित त्यांना अन्न कमी मिळेल, पण कमीतकमी त्यावर त्यांचा पूर्ण अधिकार तरी असेल ना!

रोगांचा प्रसार -

जर एखाद्या कळपामध्ये एखादे जनावर आजारी पडले तर त्याचा रोग कळपामधील इतर जनावरांना होण्याची भीतीही असते. कारण ही जनावरं एकमेकांमध्ये खूप मिळून मिसळून जगत असतात. विशेषतः श्वसन, त्वचा इ. रोगांमध्ये हा धोका अधिकच वाढतो.

समूहाच्या तुलनेने स्वतंत्रपणे जगणाऱ्या एकट्या जनावरांना संसर्गजन्य रोगांच्या छायेमध्ये येण्याचा धोका केव्हाही कमी राहतो.

एकंदरीत हे काही असे फायदे आणि तोटे आहेत की जे समूह अथवा झुंडीमध्ये राहणाऱ्या जीवांना लागू होतात. ही आणि

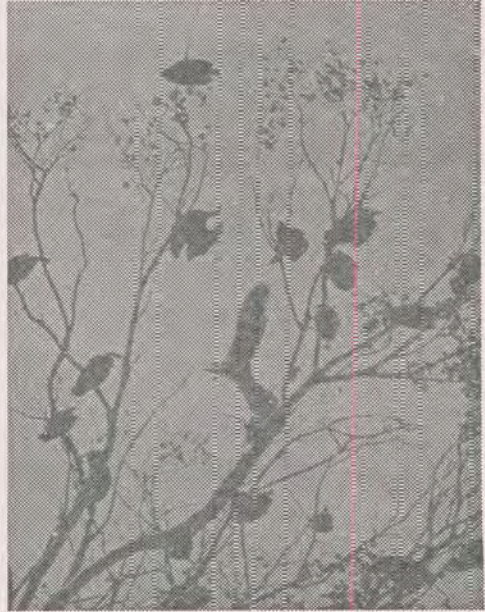
मुळामुठा संगमाजवळची वटवाघळे



हे सस्तन जीव सूर्यास्तानंतर थव्याथव्याने बाहेर पडतात. सुरवातीला एखाददुसरे वाघूळ बाहेर पडून प्रकाश कितपत कमी झाला आहे याचा अंदाज घेते. पुरेसा अंधार झाला असेल तरच थव बाहेर पडतो नाहीतर थोडे थांबतात. ही वाघळे देखील प्रजोत्पादनाच्या काळात स्थानिक स्थलांतर करतात.

पांढऱ्या पाठीची गिधाडे

पांढऱ्या पाठीच्या गिधाडांचा त्यांच्या वस्तीजवळ, विश्रांतीच्या वेळी काढलेला फोटो. यांची मोठी वस्ती पुण्याजवळ कोंढवा इथे हाडांच्या कारखान्याजवळ, मुंबईमध्ये मलबार हिलजवळ आहे. (जवळ पारशी समाजाचे स्मशान आहे. तिथे मृतदेह सोडून देतात.) एखाद्या ठिकाणी जनावर मरून पडले की ही गिधाडे जनलेली तुम्ही पाहिली असतील. जर असे ठिकाण त्यांच्या वस्तीपेक्षा फार लांब असेल तर हा थवा तिथेच मुकान करतो. एक तर भरल्या पोटी लांब उडत जायला नको आणि झोप झाल्यावर पुन्हा खायला सुरवात करता यावी म्हणून.



फोटो व माहिती : डॉ. अनिल महाबळ, डॉ. पुरुषोत्तम जोशी, डॉ. राधेश्याम शर्मा

अशीच काही अन्य कारणं समूह बनविण्यामध्ये अथवा समूहाचा आकार निश्चित करण्यामध्ये आपली भूमिका बजावत असतात. अशाच काही फायद्यातोट्यांच्या आधारावर जनावरे समूहातील वास्तव्य अथवा स्वतंत्रपणे राहण्यापैकी अशी जीवनशैली स्वीकारतात जी त्यांच्यासाठी अगदी सर्वोत्तम असेल.

तुम्हीसुद्धा अशाप्रकारचे काही फायदे अथवा तोटे यांबाबत कल्पना करू शकता का? आता इथून पुढे तुम्ही जेव्हा जेव्हा जनावरांचा एखादा समूह पहाल, तेव्हा जरा लक्षपूर्वक त्यांच्या हालचाली पहा. ही जनावरां माकडं, कुत्रे, पोपट, कबुतरे, किडे-कीटक, पावसाळी अळ्या इ. काहीही असू शकतात. पहा की ते परस्परांशी कधी भांडतात, आपलं अन्न वगैरे कसं वाटून घेतात? पिल्लांची देखभाल करणे यासारखी जबाबदारी देखील ते वाटून घेतात का? मग या आधारावर हे शोधण्याचा प्रयत्न करा की वेगवेगळ्या परिस्थितीमध्ये या जनावरांसाठी समूहामध्ये राहण्याचे फायदे

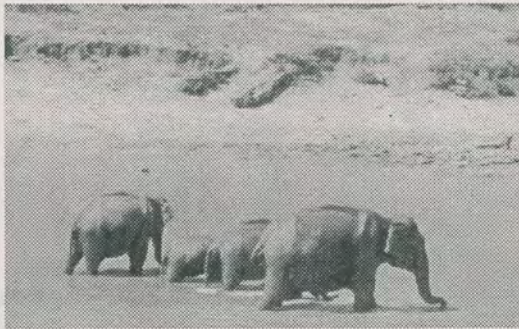
काय असतील आणि तोटे कोणते असतील. वेगवेगळ्या परिस्थिती म्हणजे उदा. जनावर नर असेल तर काय होईल आणि मादी असेल तर काय होईल. 'दादा' वृत्तीचा असेल तर काय होईल आणि दुबळा असेल तर काय होईल. तरूण असेल तर काय होईल आणि वृद्ध असेल तर काय होईल. या भिन्न भिन्न परिस्थितींमध्ये जनावरांकडून निवडले जाणारे पर्याय काही वेगवेगळे असतील का?

या प्रश्नांची अगदी अचूक उत्तरं शोधणं बहुतेक अशक्य आहे. शेवटी जनावरांच्या मेंदूमध्ये काय चाललं आहे हे तर आपण नाही वाचू शकत किंवा आपण स्वतःच कुत्रा, पोपट किंवा पावसाळी किडे नाही बनू शकत. ❖

चकमकमधून साभार.

मूळ लेख - हरिणी नरेंद्र

अनुवाद - अमिता नायगांवकर, वाई.
किसन वीर महाविद्यालय S.Y.B.A.





हवेचा दाब

(भाग - १)

लेखक : अमिताभ नुखर्जी

अनुवाद : स्वप्नील प्रभुदेसाई

दैनंदिन जीवनामध्ये दबाव किंवा दाब या शब्दाचा अनेक ठिकाणी उपयोग केला जातो. एखादी जड वस्तू उचलून वर धरताना हातांवर दाब पडतो. चढावर सायकल चालवताना पायांवर दाब पडतो. किंवा परीक्षेच्या अगोदर विद्यार्थी मानसिक दबावाखाली असतात.

पण, जेव्हा आपण हवेच्या दाबाविषयी बोलतो, तेव्हा दाब या शब्दाचा अर्थ नक्की काय? यासाठी आपण एक छोटासा प्रयोग करू.

या प्रयोगासाठी आपल्याला वीट / विटेच्या आकाराचा लाकडी ठोकळा / काचेचा ठोकळा यापैकी एक लागेल. तसेच थोडी माती किंवा पीठ यापैकी एक. माती एखाद्या पसरट भांड्यात ठेवा.

प्रथम माती किंवा पिठाचा ढीग (पसरट

भांड्यात) बनवा व तो हातांमने सारखा करून समपातळीत आणा. या ढिगाची उंची कमीत कमी ५ सें. मी. हवी.

आता या ढिगावर आकृती - १(क) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वीट ठेवून द्या. लक्षात असू द्या की, वीट ठेवताना माती आणि वीट यामध्ये घर्षण होता कामा नये. म्हणजे वीट मातीवरून सरकवायची नाही. तसेच वीट ढिगावर वरून सोडूनही द्यायची नाही, तर अलगद ठेवायची आहे.

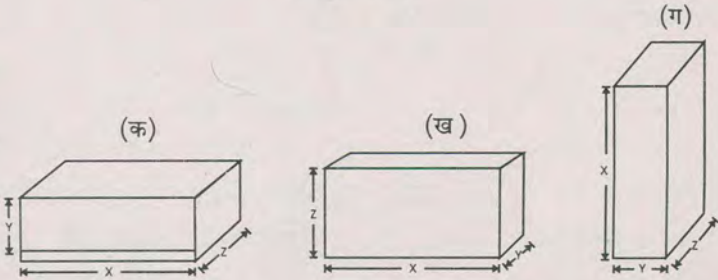
नंतर विटेला अलगद उचलून बाजूला ठेवा, व विटेच्या दाबामुळे तयार झालेल्या मातीच्या (किंवा पीठाच्या) खड्ड्याचे निरीक्षण करा. (जर वीट बाजूला काढताच, खड्डा भरून येत असेल तर वीट ठेवायची क्रिया पुन्हा करावी लागेल.) खड्डा किती

खोल आहे ? आता आकृती - १ (ख) व (ग) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे ढिगावर विट ठेवून पुन्हा प्रयोग करा. प्रत्येक वेळी ढीग हा एकसमान पातळी मध्ये करून घ्या. जेणेकरून तिन्ही वेळेला वीट ठेवण्यापूर्वी माती एकाच पातळीत राहिल, व तयार झालेल्या खड्ड्याची उंची मोजता येईल. तिन्ही वेळेला बनलेल्या खड्ड्यांची उंची सारखीच आहे का?

विटेच्या वजनानुळे माती दाबली जाते हे

तर स्पष्टच आहे. विटेचे वजन तिन्ही वेळा सारखेच आहे. परंतु वजनाचा परिणाम हा विटेच्या टेकलेल्या भागावर होतो. (कारण वजन म्हणजे विटेचे वस्तुमान \times गुरुत्वीय त्वरण आणि गुरुत्वीय त्वरणाची दिशा खालच्या दिशेने आहे.) आकृती १क मध्ये हा विटेचा आधार सर्वात जास्त आहे - म्हणजे त्याचे क्षेत्रफळ जास्त आहे. हीच वीट आकृती - १ ग प्रमाणे ठेवली तर विटेच्या आधाराचे क्षेत्रफळ सर्वात कमी असेल.

आकृती क्र. १



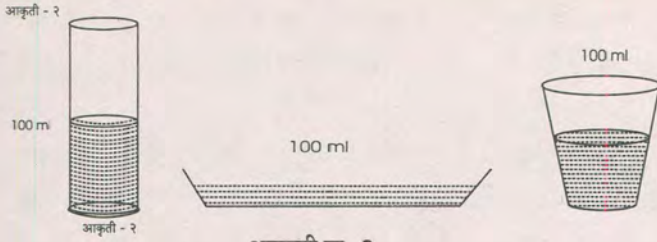
$$y < z < x$$

दाबाचे क्षेत्रफळ (सें. मी.)^२ (क) : xz (ख) : xy (ग) : yz आणि $yz < xy < xz$ या प्रयोगावरून आणि तर्काने आपणास दाबाची व्याख्या खालील प्रमाणे देता येईल.

$$\text{दाब (Pressure)} = \frac{\text{बल (Force)}}{\text{क्षेत्रफळ (Area)}}$$

आकृती १-(क), (ख) व (ग) मध्ये, बल एक समान आहे - विटेचे 'वजनच' याठिकाणी 'बल' आहे. पण तिन्ही स्थितीत क्षेत्रफळ वेगवेगळे आहे. आकृती - १ (क) मध्ये, बल, सर्वाधिक क्षेत्रफळावर काम करते

म्हणून दाब सर्वात कमी आहे. आकृती १ (ख) मध्ये क्षेत्रफळ कमी ('क' पेक्षा) आहे. म्हणून दाब जास्त आहे. आकृती १-(ग) मध्ये बल हे सर्वात कमी क्षेत्रफळ असलेल्या बाजूवर पडते, त्यामुळे दाब सर्वाधिक.



आकृती क्र. २

द्रवाचा दाब :

वीट आणि इतर घन पदार्थाप्रमाणेच, पाणी व इतर द्रव सुद्धा आपल्या वजनामुळे त्यांच्या आधारस्थानी दाब तयार करतात. परंतु घन पदार्थ व द्रव पदार्थ यांच्या मध्ये एक मोठा फरक आहे. द्रव पदार्थांना स्वतःचा आकार नसतो, त्यांना ज्या वस्तूमध्ये ठेवले जाते, त्या वस्तूचा आकार प्राप्त होतो, पण द्रव पदार्थांचे आकारमान मात्र सारखेच राहते. आकृती २ मध्ये १०० मिली लीटर आकारमानाचे पाणी वेगवेगळ्या आकारांच्या भांड्यांमध्ये साठवलेले आहे.

आकृती - ३ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, आपण 'पाण्याने बनलेल्या विटेची' कल्पना

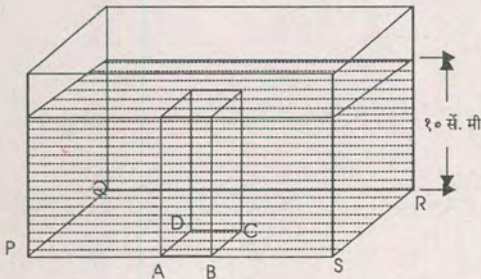
करू. जिची उंची १० सें.मी., लांबी १ सें.मी. व रूंदी १ सें.मी. असेल.

ह्या विटेचे आकारमान $१० \times १ \times १ = १०$ घन सें.मी. आहे. १ घन सें.मी. पाण्याचे वजन १ ग्रॅम असते, त्यामुळे ह्या विटेचे वजन १० ग्रॅम आहे. हे वजन विटेच्या आधारावर (A-B-C-D) कार्य करित आहे. आधाराचे क्षेत्रफळ १ सें.मी \times १ सें.मी. = १ वर्ग सें.मी. आहे. अगोदर पाहिलेल्या दाबाच्या सूत्रानुसार, आपण ह्या पाण्याच्या विटेच्या वजनामुळे भांड्याच्या आधारावर (P-Q-R-S) किती दाब पडतो, हे खालीलप्रमाणे काढू शकतो :

$$\begin{aligned} \text{दाब} &= \text{बल} / \text{क्षेत्रफळ} \\ &= १० \text{ ग्रॅम} / १ \text{ वर्ग सें. मी.} \\ &= १० \text{ ग्रॅम} / (\text{सें.मी.})^2 \end{aligned}$$

किंवा दुसऱ्याप्रकारे :

$$\begin{aligned} \text{दाब} &= \text{उंची} \times १ \text{ घन सें. मी. पाण्याचे वजन} \\ &= १० \text{ सें.मी.} \times १ \text{ ग्रॅम} / \text{घन सें.मी.} \end{aligned}$$



आकृती क्र. ३

आता, याठिकाणी पाण्याएवजी दुसरा द्रवपदार्थ असेल तर काय होईल ? उंची आणि आधाराचे क्षेत्रफळ सारखेच राहतील ; परंतु प्रत्येक द्रव पदार्थासाठी १ घन सें. मी. चे वजन हे १ ग्रॅम पेक्षा वेगळे असेल. १ घन सें.मी. आकारमानाइतक्या द्रवाच्या वस्तुमानाला द्रवाची घनता (वस्तुमान ÷ आकारमान) म्हणतात.

तर मग 'अन्य' द्रवपदार्थापासून बनवलेल्या विटेचा' दाब किती असेल ?

उत्तर आहे :

द्रवाचा दाब (ग्रॅम / वर्ग सें.मी.)

= उंची (सें. मी.) x घनता (ग्रॅम / घन सें.मी.)

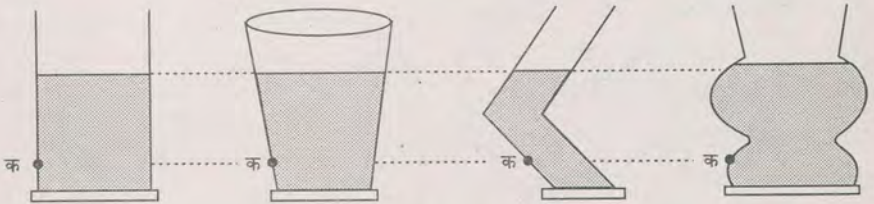
हे एक महत्वपूर्ण सूत्र आहे. हे सूत्र सांगते की, द्रवपदार्थाने भरलेल्या एखाद्या भांड्याच्या आधारावर (भांड्यात असलेल्या द्रवामुळे तयार होणारा) दाब किती असेल. किंवा हे सूत्र हे सुद्धा सांगू शकते की, तलाव, नदी वा समुद्र यांमध्ये डुबकी मारणाऱ्या व्यक्तिके किती खोलीवर (उंचीवर) पाण्याच्या किती दाब असेल.

आता आपण असे विचाराल की, वीट

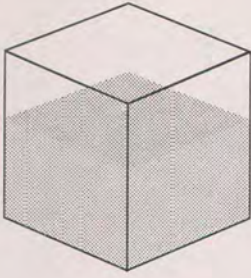
किंवा धातू किंवा लाकडाचा ठोकळा आणि द्रवापासून बनलेली 'काल्पनिक वीट' यांमध्ये काहीच फरक नाही का ? (कारण की लाकडी ठोकळ्याच्या आधारावर सुद्धा वजनामुळे दाब पडतो) हो, यांमध्ये खूपच माठा फरक आहे. अगोदर सांगितल्याप्रमाणे, द्रवपदार्थ ज्या भांड्यात साठवला जातो, त्याच भांड्याचा आकार धारण करतो. द्रवपदार्थाचा हा नैसर्गिक गुणधर्मच आहे की तो पसरतो किंवा वाहतो. जिथे जिथे द्रव आणि भांडे एकमेकांच्या संपर्कात येतात, त्या ठिकाणी द्रव, पसरण्याचा प्रयत्न करतो, ज्यामुळे भांड्यावर तिथे दाब निर्माण होतो. म्हणजेच, द्रवाचा दाब भांड्याच्या फक्त आधारावरच कार्य करतो, असे नाही तर तो भांड्याच्या इतर सर्व बाजूंवरही काम करत असतो.

आकृती-४ मध्ये, पाण्याने भरलेली काही विभिन्न आकारांची भांडी दाखविली आहेत.

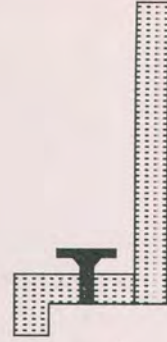
या सर्वांमध्ये 'क' ठिकाणी दाब समान आहे. कारण हे 'क' बिंदू सारख्याच खोलीवर (उंचीवर) आहेत. म्हणजे 'क' पासून वरती पाण्याच्या पातळीपर्यंतची उंची सर्व भांड्यांसाठी सारखीच आहे, आणि पाण्याचा



आकृती क्र. ४



आकृती क्र. ५



आकृती क्र. ६

दाब केवळ ह्या उंचीवर अवलंबून आहे; भांड्याच्या आकारावर नाही. द्रव आणि घन पदार्थ यांच्यामधील फरक पाहा. आकृती ५ मध्ये एक प्लॅस्टिकचा डबा दाखवला आहे. त्यात लाकडाचा ठोकळा ठेवला आहे. ठोकळा डब्याच्या बाजूंना स्पर्श करीत आहे, परंतु ठोकळ्याचा आकार कायम असल्यामुळे, प्लॅस्टिकच्या डब्याच्या बाजूंवर (आधाराची बाजू सोडून) दाब कार्य करीत नाही. केवळ आधाराच्या बाजूंवर दाब काम करीत आहे.

द्रवांच्या दाब सहन न करण्याच्या या गुणधर्माला तरलता (Fluidity) म्हणतात. जर द्रवांना कुठे पळवाट दिसली, कुठे रस्ता दिसला तर ते दाबापासून दूर पळतात, अर्थात वाहू लागतात. एखाद्या लांब व उंच नळीमध्ये पाणी भरले असेल तर, तिच्या तळाशी पाण्याचा दाब पडतो. अशामध्ये जर पाण्याला एखादी 'पळवाट' सापडली तर पाणी जोराने त्या वाटेवरून वाहू लागते आणि हेच तत्त्व

घरात असलेल्या पाण्याच्या नळामध्ये वापरले जाते (आकृती-६ पाह्या)

जर द्रवाला एखाद्या बंद भांड्यात ठेवून, त्यावर एका बाजूने दाब दिला तर? तर द्रवामार्फत हा दाब भांड्याच्या सर्व बाजूंवर सारख्या प्रमाणात विभागला जातो. फ्रेंच वैज्ञानिक पास्कल यांनी सर्वप्रथम द्रवांच्या या गुणधर्माचा शोध लावला, म्हणून याला पास्कलचा नियम म्हणतात.

हवेतील चर्चा?

आता कदाचित आपण असे म्हणाल की, "या तर हवेतल्या गप्पा झाल्या. हवेविषयी अजून काही सांगितलेच गेले नाही तर आत्तापर्यंतच्या चर्चेचा आणि हवेच्या दाबाचा काय संबंध?"

हवा आणि इतर वायू एका दृष्टीने द्रवपदार्थाप्रमाणे वागतात. त्यामध्येही द्रवप्रमाणे तरलता (Fluidity) आढळते. परंतु वायू व द्रव यांत एक फरक आहे.



आकृती क्र. ७ क



आकृती क्र. ७ ख

द्रवपदार्थ भांड्याच्या (ज्यात द्रव आहे त्या) आकाराप्रमाणे स्वतःचा आकार बदलतात, परंतु त्यांचे आकारमान मात्र बदलत नाही. पाण्याने भरलेल्या फुग्यावर दाब दिला तर काय होईल? पास्कलच्या नियमानुसार दाब पूर्ण फुग्यावर एक समान प्रमाणात कार्य करतो. आपण ज्या पद्धतीने फुगा पकडला आहे त्यावर त्याचा आकार अवलंबून आहे. परंतु एखाद्या ठिकाणी हा पाण्याने भरलेला फुगा दाबामुळे खोलगट बनला तर दुसऱ्या ठिकाणी मात्र फुगीर बनतो. म्हणजे दाबामुळे 'पाण्याचा आकार' बदलला परंतु आकारमान कायम राहिलेय हाच प्रयोग हवेने भरलेल्या फुग्यावर केला तर, आपल्यास असे जाणवेल की, जर फुगा सर्व बाजूंनी दाबला तर तो छोटा होतो. म्हणजे हवा (किंवा अन्य वायू) तर आपण दाबली तर ती आकुंचन पावते. म्हणजेच तिचे आकारमान सुद्धा बदलते. हवेच्या या गुणधर्मावर आधारित एक मजेदार खेळणे आकृती ७ मध्ये दाखवले आहे.

एका रूंद तोंड्याच्या काचेच्या भांड्यात जवळजवळ अर्धा भाग पाणी भरलेले असते भांड्याचे तोंड हे रबराच्या तुकड्याने (जाड फुग्याचे रबर किंवा सायकलच्या ट्यूबचा तुकडा) झाकलेले असते. पाण्यामध्ये पाणबुड्या (बाहुली) पोहत असतो. (वर-खाली करत असतो.) (आकृती ७ क) भांड्याच्या तोंडावरील रबराला हाताने हळूच खाली दाबले तर पाणबुड्या भांड्याच्या तळाशी डुबकी मारतो (आकृती ७-ख) रबरावरचा हात काढला असता पाणबुड्या पुन्हा वरती येतो.

फ्रेंच वैज्ञानिक रेने देकार्त (Descartes) याच्या नावावरून या खेळण्याला 'कार्टेशियन पाणबुड्या' म्हटले जाते. (गणितामध्ये वापरली जाणारी कार्टेशियन को-ऑर्डिनेट सिस्टिम, ज्यामध्ये तीन अक्ष (Axes) एकमेकांना लंब असतात, ही देकार्तचीच देणगी आहे.)

काय असेल बरं या पाणबुड्याचं रहस्य? याच्या शरीरात वरील बाजूला बंद असलेली एक नळी असते, तिच्यामध्ये हवा भरलेली असते. पाणबुड्याचे वजन अशाप्रकारे ठेवले जाते की जेणेकरून तो हवेच्या मदतीने पाण्यात तरंगू शकेल. भांड्याच्या तोंडावरील रबराच्या पडद्यावर हाताने दाब दिल्यावर, हा दाब रबरी पडदा आणि पाणी यांच्यामधील मोकळ्या जागेत असलेल्या हवेवर पडतो. पास्कलच्या नियमानुसार हाच दाब पाणबुड्याच्या नळीत असलेल्या हवेवर देखील पडतो. या दाबामुळे नळीतील हवा आकुंचन पावते व नळीत काही पाणी वर शिरते. पाणबुड्याचे वजन आणि नळीचे आकारमान जर 'योग्य' असतील, तर नळीत शिरलेल्या पाण्याचे वजन पाणबुड्याला बुडविण्यासाठी पुरेसे होते. त्यामुळे तो पाणबुड्या खाली डुबकी घेतो.

रबरी पडद्यावरील दाब काढून घेतला असता, हवेचे आकारमान पूर्ववत स्थितीला येते, व नळीतील पाणी बाहेर पडून पाणबुड्या वजनाने हलका होतो आणि पुन्हा पाण्यात वरच्या बाजूला तरंगू लागतो.

आपणही असे खेळणे किंवा या सिद्धांतावर आधारित दुसरे खेळणे बनवू शकू असे तुम्हाला वाटते का? काम थोडेसे नाजूक आहे; कारण जर बाहुलीचे वजन योग्य नसेल तर, तो दोन्ही स्थितींमध्ये एकतर बुडेल किंवा तरंगेल. प्रयत्न तर करून पाहा ❖

शैक्षिक संदर्भ अंक २९ मधून साभार

लेखक : अमिताभ मुखर्जी. दिल्ली विश्व विद्यालयात भौतिकशास्त्र शिकवतात.

अनुवाद : स्वप्नील प्रभुदेसाई, पुणे. फर्ग्युसन कॉलेजमध्ये एम्.एस्.सी. करत आहेत.



सुरकुतलेल्या वाटाण्यांची गोष्ट

लेखक : नागेश मोने

साध्या विषयातही मोठा आशय शोधणाऱ्या कवींना मानाचे स्थान आपण देत आलो आहोत, पण वरकरणी साध्या वाटणाऱ्या पण तरीही अत्यंत महत्त्वाच्या अशा विषयांच्या तपशीलाचा अभ्यास करणाऱ्या वैज्ञानिकांविषयी आपल्याला फारच थोडी माहिती असते. एक म्हणजे विज्ञान, वैज्ञानिक हे म्हणजे आपले प्रांतच नाहीत अशी आपली समजूत, किंवा विषय इतका साधा दिसतो की त्यात काही अभ्यासाचा भाग असेल असे वाटतच नाही. एक उदाहरणच घेऊया ना आपण. बराच वेळ साबणाच्या पाण्यात आपण कपडे धूत बसला की बोटांच्या अग्रभागी सुरकुत्या पडलेल्या दिसतात. पण असे का घडते याच्या खोलात आपण कुठे जातो? वाटाण्याची उसळ खाताना सुरवातीला गुळगुळीत असणारे वाटाणे असे सुरकुतले का? असा प्रश्नही आपल्या मनात कुठे येतो? पण यामागची प्रक्रिया समजावून घेतली की मोठी मजा येते खरी. अन् समुद्रात प्रथम जीवसृष्टी निर्माण झाली, या मतामागे हाच सिद्धांत आहे असे समजले की आपल्या आनंदाला सीमाच उरत नाही. ह्याच वरील दोन्ही उदाहरणांमागे असणारा

एक प्रयोग करूया. एका भांड्यात थोडे पाणी घ्या अन् दोन-चार मनुका त्यात टाकून ठेवा.

आपल्या दैनंदिन जीवनात द्रावणांचा उपयोग नव्याने सांगायला नको. औषधे, शीतपेये, द्रव खाद्य पदार्थ, जंतुनाशके वगैरे वगैरे द्रावणांचा वापर आपण सहजगत्या करतो. ही द्रावणे ज्या दोन प्रमुख घटकांनी बनतात ते घटक म्हणजे द्राव्य अन् द्रावक. जो पदार्थ विरघळतो तो द्राव्य अन् ज्यात विरघळतो तो द्रावक. मीठ हे द्राव्य अन् पाणी हे द्रावक. मीठ विरघळलेले पाणी हे द्रावण. मिठाचे अत्यंत लहान कण पाण्यात इतक्या सहजतेने एकजीव होऊन जातात की दिसतच नाहीत आपल्याला. हे उदाहरण म्हणजे स्थायुरूप द्राव्य द्रवरूप द्रावकात विरघळून द्रावण तयार होण्याचे. सोडा वॉटर म्हणजे वायू द्रवात विरघळून तयार झालेल्या द्रावणाचे अन् पितळी घंटा हे तांबे अन् जस्त या दोन स्थायुरूप पदार्थांतून बनलेल्या स्थायुरूप द्रावणाचे. आपण श्वासोच्छ्वासासाठी वापरत असलेली हवा हे वायूंचे वायूतील द्रावण आहे अन् मातीच्या द्रावणातून तर वनस्पती आपले 'अन्नब्रम्ह' उदर भरणासाठी घेतात.

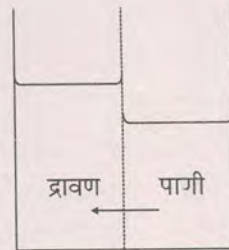
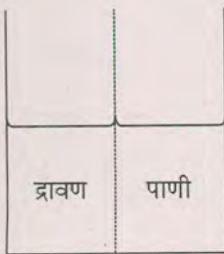
द्राव्याचे प्रमाण थोडे अधिक झाले की द्रावण संपृक्त बनायला सुरुवात होते. जेव्हा द्रावणात थोडेही द्राव्य विरघळू शकणार नाही, अशी परिस्थिती येते तेव्हा द्रावण संपृक्त झाले असे म्हणतात.

अशावेळी थोडी उष्णता दिली की द्रावण अधिक द्राव्य विरघळण्यासाठी पुन्हा तयार होते. पण यालाही मर्यादा आहेच. सामान्यतः अधिक तपमान व पदार्थाची विद्राव्यता यांच्यात समप्रमाण आढळते आपल्याला. अर्थात् हे विधान स्थायूच्या वा द्रवांच्या विद्राव्यतेबाबत. पण वायूंच्या बाबत हे प्रमाण व्यस्त आहे हे लक्षात ठेवू या. थंड पाण्याच्या तुलनेत गरम पाण्यात वायू कमी विद्राव्य.

पाण्यात बहुसंख्य पदार्थ विरघळतात म्हणून पाण्याला वैश्विक द्रावक म्हटले जाते. द्राव्याच्या द्रावकातील प्रमाणावरून द्रावकाची संहती ठरविता येते. जर वेगवेगळ्या संहतीची द्रावणे एकमेकांपासून एकाच भांड्यात एका पडद्याच्या साहाय्याने अलग ठेवली तर कमी संहतीचे द्रावण जास्त संहतीच्या द्रावणाकडे प्रवाहित होते.

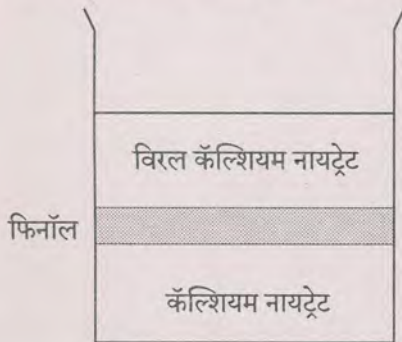
या क्रियेला परासरण अथवा तर्षण असे म्हटले जाते. इंग्रजीत याला ऑस्मोसिस असे म्हणतात. ग्रीक भाषेत ऑस्मॉस म्हणजे ढकलणे. विशिष्ट दिशेने प्रोत्साहित करणे. इथे जणू काही पाण्याच्या रेणूंना दुसऱ्या अधिक संहतीच्या द्रावणाकडे जायला परवानगी आहे. पण विरघळलेला पदार्थ काही जाऊ शकत नाही. त्याला नोएंट्री! जणू वनवे ट्रॅफिक. अशा प्रकारच्या पडद्यांना अर्धपार्यपटल असे म्हणतात. सजीवांमध्ये असणाऱ्या पेशींची भित्तिका हे अर्धपार्यपटलाचे उदाहरण आहे. मग ती भित्तिका प्राणीपेशीची असो वा वनस्पती पेशींची. हे अर्धपार्यपटल कार्य करते कसे याबाबत बरीच मतभिन्नता आहे. काहींच्या मते या पटलांमध्ये सूक्ष्म केशनलिका असतात अन् केशाकर्षणाने द्रावक शोषला जातो पण द्राव्य नाही. काहींच्या मते पटलामध्येच द्रावक विरघळतो अन् दुसऱ्या द्रावणात विसरित होतो.

कल्पना करा खालच्या चित्रात दाखविल्याप्रमाणे पाणी अन् पाण्यात द्राव्य



विरघळून तयार झालेले द्रावण एकमेकांपासून एका पटलामुळे वेगळे ठेवले आहेत. थोड्या वेळाने पाणी उजवीकडून डावीकडे जाईल. जिथे पाण्याची पातळी कमी झालीये व द्रावणाची पातळी वाढलीये तिथे बघा म्हणजे लक्षात येईल सहजच. इथे आहे त्या परिस्थितीत दोघांची पातळी समान ठेवायची म्हटले तर काय करावे लागेल? द्रावणावर काही प्रमाणात दाब उत्पन्न करावा लागेल. या दाबालाच म्हणावयाचे परासरण (तर्षण) दाब.

विसरण अन् परासरण (तर्षण) यातला सूक्ष्म फरक आपण समजावून घेऊयात. बंदिस्त जागेत रेणू समप्रमाणात विखुरले जातात हे ठाऊक आहे तुम्हाला. गरम पाण्याची वाफ बाथरूममध्ये सर्वत्र पसरते अन् उदबत्तीचा धूरही आपल्याला खोलीत तत्काळ जाणवतो हे त्यामुळेच. हे विसरणाचे उदाहरण झाले. पण परासरणात पाण्याच्या किंवा विशिष्ट पदार्थाच्याच रेणूंचे विसरण होते पटलामधून. म्हणजे परासरण हे एक प्रकारचे वैशिष्ट्यपूर्ण विसरण आहे.



परासरणाची प्रक्रिया पाहण्यासाठी एक प्रयोग तुम्हाला सांगतो. दोन द्रावणांची गरज आहे त्यासाठी. एक म्हणजे कॅल्शियम नायट्रेटचे संहती अधिक असणारे द्रावण व फिनाॅलचे द्रावण. संहत कॅल्शियम नायट्रेटच्या द्रावणावर फिनाॅलचे द्रावण टाकून एक थर तयार करा अन् त्यावर थोडे विरल करून कॅल्शियम नायट्रेटचे द्रावण टाका. विरल द्रावणातील पाणी फिनाॅलच्या थरातून संहत द्रावणात जाते व फिनाॅलचा थर वर आलेला दिसतो. इथे फिनाॅलचे द्रावण म्हणजे एक अर्धपर्यपटल आहे.

सगळ्या वनस्पती आणि प्राणी पेशी यांचे अस्तित्व या परासरणाच्या क्रियेवर अवलंबून आहे. पेशीभित्तिका म्हणजे अर्धपर्यपटल. हे पटल पेशीभोवतालच्या पाण्यातील वायूंना अन् पोषक द्रव्यांना पेशीत जाण्यासाठी हिरवा सिम्रलच देते जणू. अथवा पेशीअंतर्गत असणाऱ्या पाण्यालाही बाहेर जाण्यासाठी ते अटकाव करित नाही. एक अत्यंत विशेष समतोल राखलेला असतो इथे. म्हणून तर डॉक्टर आपल्याला देत असणाऱ्या इंजेक्शनमधील अन् पेशीमधील, रक्तामधील संहतीबाबत अत्यंत सावध असतात. जर रक्तापेक्षा कमी संहतीचे द्रावण शरीरात टोचले तर द्रावणातील पाणी रक्तपेशींमध्ये जाते, त्या फुगतात अथवा क्वचित प्रसंगी फुटतात

सुद्धा. उलट झाले तर त्या सुरकुतात. हे दोन्ही शरीराला अपायकारकच आहे. रक्तपेशी फुटण्याला वैद्यकीय भाषेत हिमोलायसिस असे म्हणतात. आता विषय निघालाच आहे तर परासरणाचे आपल्या शरीराच्या संदर्भातील महत्त्व तुम्हाला सांगूनच टाकतो.

लहान आतड्यामधील सूक्ष्म उंचवट्यांमार्फत रक्त आवश्यक ते घटक परासरणाच्या प्रक्रियेनेच घेते अन् शरीरातील निरनिराळ्या पेशींना ते परासरणानेच पोहचविते. गर्भसुद्धा याच प्रक्रियेने अन्न घेतो, उत्सर्जन पदार्थ टाकतो अन् नाळेमार्फत याच रीतीने श्वासोच्छ्वासही करतो. इप्सम सॉल्टच्या कमी अधिक वापराने पाण्याचे मोठ्या आतड्यातील शोषणही याच रीतीने थोडे कमी /अधिक करता येते. नलिका विरहित ग्रंथींमधील स्त्राव रक्तप्रवाहात याच पद्धतीने येतो कारण त्यांचे स्त्राव हे रक्ताच्या तुलनेने विरल आहेत. रक्ताच्या तर्षणदाबाशी संबंधित असणारी आणखी एक बाब म्हणजे मूत्रपिंडाचे कार्य. रक्तातील क्षारांच्या प्रमाणावर नियंत्रण ठेवणारी परासरणाची क्रिया ही फारच मोलाची मानली जाते. पेशींकडून आलेली नायट्रोजनयुक्त उत्सर्जके परासरणाच्या प्रक्रियेने मूत्रपिंडे काढून टाकतात. आपल्याला लागणारी तहान ही तर्षण दाबाच्या बदलाचाच परिणाम आहे.

काही विशिष्ट शस्त्रक्रियांवेळी काही

पेशीसमुदाय शरीराच्या बाहेर एक दोन दिवस ठेवण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या द्रावणांमध्ये परासरणाचा विचार केलेला असतो. अतितापाने वा अन्य काही कारणांनी शरीरातील, रक्तातील पाण्याचे प्रमाण कमी झाले की रक्त अन् इतर द्रव हे अधिक संहतीचे बनतात. नेहमीच्या तुलनेत रक्ताचा तर्षण दाब वाढतो. अशावेळेस पाण्याचे उत्सर्जन करायला मूत्रपिंडे अयशस्वी ठरतात अन् रुग्णास लघवी न होण्याचा विकार होतो. विशेष म्हणजे रक्तद्रव, पाचकद्रव्ये, आतड्यातील द्रव पदार्थ, यकृतातील पित्त, मेरूदंडातील द्रव पदार्थ या साऱ्यांमधील तर्षण दाब जवळ जवळ सारखाच आहे. म्हणजे एक लिटर द्रवात $0.3 \times 6.02 \times 10^{23}$ इतकीच कणांची संख्या आहे प्रत्येकाबाबत.

मानवी शरीराबरोबरच इतरही ठिकाणी या परासरणाच्या तत्त्वाचा वापर झालेला दिसतो. झाडांची मुळे जे पाणी घेतात अन् अन्नद्रव्य / पोषकद्रव्ये घेतात ती परासरणाच्या क्रियेत. हवाबंद डब्यातील पदार्थ बॅक्टेरियांपासून सुरक्षित राहतात, कारण वापरलेल्या द्रव पदार्थाची संहतीच निश्चित केलेली असते, जीवाणूंच्या जीवद्रव्यांच्या तुलनेत.

आतापर्यंतच्या विवेचनात दोन शब्द तुम्हाला जरा नवीन वाटले असणार. अर्धपार्यपटल म्हणजे एकप्रकारचे पटल

असणार असा तुमचा अंदाज असेल तर तो खरा आहे. असे पटल नैसर्गिकरित्याही उपलब्ध होते तसेच कृत्रिम तऱ्हेनेही बनविता येते. १७४८ मध्ये अँबेनोलेट या शास्त्रज्ञाने परासरणाची क्रिया पहिल्यांदा शोधली, ही २५० वर्षांपूर्वीची गोष्ट आहे.

सुरवातीला प्राण्यांच्या आतड्यांच्या त्वचेचाही पटल म्हणून उपयोग केला गेला. पण नंतर कॅल्शियम फॉस्फेट, पार्शियन ब्लू, कॉपर फेरोसायनाईड यासारखी कृत्रिम अर्धपार्यपटलेही तयार केली गेली. आदर्श अर्धपार्यपटलामधून द्राव्याचे रेणू अजिबात पलिकडे जात नाहीत. प्राणीसृष्टीत व वनस्पतीसृष्टीमध्ये अशी काही अर्धपार्यपटले आढळतात की त्यामधून काही प्रकारच्या द्राव्याचे रेणू पलीकडे जाऊ शकतात, पण जास्त रेणूभार असणाऱ्या द्राव्याचे रेणू पलीकडे जाऊ शकत नाहीत.

आता परासरण दाबाविषयी पाहूया. अर्धपार्यपटलाच्या एका बाजूस शुद्ध द्रावक व एका बाजूस द्रावण ठेवले असता, द्रावणावर जो जादा दाब देऊन परासरण थांबविता येते, त्या जादा दाबाला परासरण दाब असे म्हणतात. परासरण दाब मोजण्याच्या अनेक रीती आहेत. पाणी अन् द्रावण एकमेकांपासून एका पटलाच्या सहाय्याने वेगळे केले तर परासरणामुळे पाणी पटलामधून द्रावणाकडे जाईल द्रावणाच्या बाजूला जर एक दट्ट्या असेल, तर तो वर ढकलला जाईल. दट्ट्याची ही

हालचाल थांबविण्यासाठी व पाण्याच्या प्रवाहाला विरोध करण्यासाठी दिला जाणारा दाब म्हणजे परासरण दाब होय. हा दाब अनेक घटकांवर अवलंबून आहे पण तो पटलाच्या स्वरूपावर निश्चितच अवलंबून नाही.

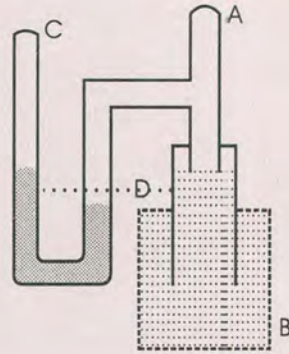
आतापर्यंत आपण पाहिलेल्या परासरणापेक्षा वेगळा असा एक प्रकार आढळतो आपल्याला. नेहमीच्या परासरणात द्रावक अर्धपार्यपटलातून कमी संहतीच्या द्रावणाकडून जास्त संहतीच्या द्रावणाकडे जात असतो. जास्त संहतीच्या द्रावणावर त्याच्या परासरण दाबापेक्षा जास्त दाब लावल्यास द्रावकाच्या प्रवाहाची दिशा बदलते, म्हणजे ती जास्त संहतीकडून कमी संहतीकडे होते. म्हणजे विरुद्ध होते. या परासरणाला व्युत्क्रमी परासरण असे म्हणतात. सांडपाण्यापासून होणारे प्रदूषण थांबविण्यासाठी, फळांच्या रसांची संहती वाढविण्यासाठी, खान्या पाण्यापासून पिण्यायोग्य पाणी मिळविण्यासाठी व्युत्क्रमी परासरणाचा उपयोग केला जातो.

इतर प्राण्यांमधील परासरण

परासरणाची प्रक्रिया मनुष्य व वनस्पती यांच्याबरोबरच मनुष्येतर प्राण्यातही आढळते. प्राण्यांचे रक्त व समुद्राचे पाणी यात आढळणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण एकसारखे आढळले आहे. समुद्राच्या पाण्यात जलचर प्राणी कार्बन

फेफर पद्धती

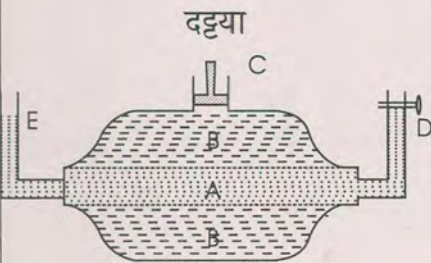
हा दाब मोजण्यासाठी फेफरने वापरलेली रीत अगदीच प्राथमिक स्वरूपाची, कमकुवत अर्धपर्यापटलासाठी व कमी परासरण दाबासाठी उपयुक्त ठरली. पण ती पाहणे उद्बोधक ठरेल. B या सच्छिद्र भांड्याच्या पृष्ठभागावर फेरोसायनाईडचा थर दिला आहे. C हा पाऱ्याचा दाबमापक आहे. D या पातळीपर्यंत पारा भरलाय अन् A या नळीतून ज्या द्रावणाचा परासरण दाब मोजायचा आहे ते द्रावण भरले आहे. ते द्रावण अर्थातच B या भांड्यात भरले जाईल व हळूहळू D या पातळीपर्यंत पोचेल. नंतर A ही नळी हवाबंद केली अन् हे सर्व उपकरण एका स्थिर तापमानाला पाण्यामध्ये ठेवले. पटलामधून पाणी आत जाते व C दाबमापकातील पाऱ्याच्या पातळ्या बदलतात. संतुलन प्राप्त झाल्यानंतर वाचन घेतले जाते. बर्कले अन् हार्टली यांनी अधिक विकसित अशा साहित्याची निर्मिती केल्यावर हे उपकरण मागे पडले. या पद्धतीत द्रावणाचे आकारमान स्थिर ठेवले होते.



फेफर पद्धती

सुवातीला B मधील द्रावण व C मधील पारा दोन्हीही D या पातळीला आणतात. B या भांड्याचा पृष्ठभाग अर्धपर्यापटलाप्रमाणे काम करतो. B भांडे पाण्यात ठेवल्यास बाहेरील पाणी भांड्यात येते व C मधील पाऱ्याच्या पातळ्या बदलतात. या पातळीतील फरकावरून परासरण दाब काढता येतो.

बर्कले - हार्टली पद्धती



परासरणामुळे पाण्याचे रेणू B या भांड्यात येतात. यामुळे E नळीतील पातळी कमी होऊ लागते पण C या दृष्ट्यावर दाब देऊन पातळी कायम ठेवता येते. E मधील मूळची पातळी कायम ठेवण्यासाठी C वर द्यावा लागणारा दाब म्हणजेच परासरण दाब होय.

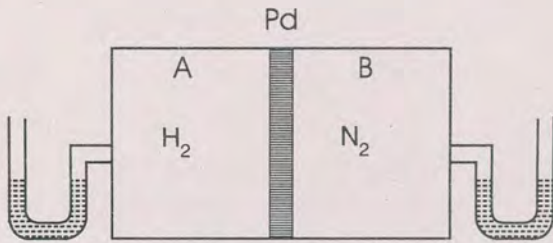
परासरण दाब मोजण्याच्या वेगवेगळ्या पद्धती

बर्कले - हार्टली पद्धती

A ही एक सच्छिद्र नळी आहे. या नळीच्या बाहेरच्या पृष्ठभागावर तांब्याच्या फेरोसायनाईडचा थर एका विशिष्ट तंत्राने दिला जातो. B भांड्यात ही A नळी बसविलेली असते. ज्याचा परासरण दाब शोषायचा आहे ते द्रावण B मध्ये भरलेले असते. D मधून शुद्ध पाणी भरले जाते जे A मध्ये साठते व E या नळीतील विशिष्ट पातळीपर्यंत भरले जाते. नंतर हे उपकरण एक तापनियंत्रकात ठेवले जाते. परासरणाच्या क्रियेत पाण्याची E पर्यंतची पातळी घसरते. C मधील दट्ट्यामधून दाब देऊन E पर्यंतची पातळी स्थिर ठेवली जाते. दट्ट्यावर घावा लागणारा दाब म्हणजे परासरणाचा दाब होय.

मार्क आणि फ्रेयर पद्धती

मार्क आणि फ्रेयर यांनी सच्छिद्र भांडे व कॉपर फेरोसायनाईडचा थर तयार करण्यासाठी विद्युत धारेचा वापर केला. परासरणाच्या क्रियेतही वायूंचे $PV = RT$ हे सर्वसामान्य समीकरणच दृष्टोत्पत्तीस येते असे त्यांना आढळले. अर्थात सौम्य द्रावणांच्या बाबतीत. पण संहत द्रावणांच्या बाबतीत मात्र परासरणाचा दाब वाढला की PV देखील त्वरेने वाढतो हे लक्षात आले. वायूंच्या बाबतीत परासरणाची क्रिया पाहूया. आकृतीत दाखविलेल्या A आणि B या दोन कप्प्यांमध्ये पॅलॅडियमचा पडदा वापरला आहे. कप्प्यांमध्ये वातावरणाच्या दाबाखाली हायड्रोजन व नायट्रोजन आहे. जेव्हा पॅलॅडियमला उष्णता दिली जाते तेव्हा हायड्रोजन त्या पडद्यामधून विसरित होतो. दोन बाजूंच्या दाबातील फरक म्हणजे नायट्रोजनचा परासरण दाब.



मार्क आणि फ्रेयर पद्धती

बाजूच्या दाबमापकांमध्ये अनुक्रमे हायड्रोजन व नायट्रोजनच्या दाबांची नोंद होते. संतुलन प्रस्थापित झाल्यानंतर दोन्ही दाबमापकात नोंदल्या गेलेल्या दाबांतील फरक म्हणजे नायट्रोजनचा परासरण दाब.

डायऑक्साइडसारखे वायू सोडतात व समुद्राचे पाणी या प्राण्यांच्या शरीरात जात असूनही प्राण्यांना अजिबात धोका पोहचत नाही. समुद्राच्या पाण्याची क्षारता अधिक असते अन् नदीतील पाण्यात मिठाचे व अन्य क्षारांचे प्रमाण कमी असते. समुद्रातील प्राणी नदीत व नदीतील प्राणी समुद्रात सोडल्यास परासरणाच्या प्रक्रियेने प्राण्यांच्या अस्तित्वाला धोका पोहोचतो. पण निसर्गतः प्राण्यांच्या शरीरात परासरणाच्या नियमनाची यंत्रणा अस्तित्वात असल्याने हा धोका टळतो. जमिनीवरील प्राणीही आपल्या शरीरातील पाण्याचे उत्सर्जन करून वा उत्सर्जन टाळून शरीरांतर्गत व शरीराबाहेर पडणारे पाणी यांचे संतुलन राखतात. उभयचर प्राणी, सरपटणारे प्राणी, पक्षी, सस्तनी या गटातील प्राणीही वेगवेगळ्या तऱ्हांनी पाण्याचा समतोल राखतात. पक्षी आपल्या शरीराचे तापमान कमी करू शकतात तर सस्तनी प्राणी मूत्रावाटे कमीत कमी पाणी बाहेर टाकून आपले अस्तित्व टिकवितात.

हे सगळं विवेचन करताना पाण्यात विरघळणारे द्राव्यच आपल्या डोळ्यासमोर होते, पण पाण्यात न विरघळणाऱ्या द्राव्यांबाबतही आपल्याला विचार करता येईल. कार्बन संयुगात सामान्यतः विरघळणारे पदार्थ (जे पाण्यात विरघळत नाहीत) हे सामान्यतः लिपिड्समध्ये द्रावणीय असतात. त्यामुळे औषधे वा

तत्सम रेणू शरीराच्या त्याच द्रवांमध्ये व स्त्रावांमध्ये जातात, ज्यांच्यात लिपिड्स आहेत, मेद आहेत. आणि असे पदार्थ अथवा असे रेणू जे पाण्यात विरघळतात, पण कार्बन संयुगांमध्ये अद्रावणीय असतात ते पदार्थ शरीराच्या त्याच द्रव्यांमध्ये वा स्त्रावांमध्ये आढळतात, ज्यात मेदांम्लांचे प्रमाण अत्यल्प आहे. उदाहरणार्थ, इथरचा वापर भूलीसाठी केला की मेंदू व चेता पेशीत त्याचे प्रमाण वाढते (इतर रक्तपेशी वा उतींच्या तुलनेत.) इथर ज्यात विद्राव्य आहे अशा निरनिराळ्या द्रवांत ते सर्वत्र विखुरले जाते. या सगळ्या प्रक्रियांमागे परासरणाची प्रक्रियाच कार्यरत असते.

आता मात्र साबणाच्या पाण्यात कपडे धुताना बोट्याच्या अग्रांना पडलेल्या सुरकुत्या पाहताना तुम्हाला परासरण आठवेल. अन् सुरकुतलेले वाटाणे पाहताना परासरण दाब, अर्धपर्याय पटल या शब्दांचा नक्की अर्थ समजेल. लेखाच्या सुरुवातीला पाण्यात मनुका टाकायला सांगितले होते. आता त्या भांड्याकडे पहा. मनुका फुगलेल्या दिसत असतील तुम्हाला! काढून खात खात दुसऱ्या लेखाकडे वळायला माझी हरकत नाही!



लेखक : नागेश मोने, वाई.

द्रविड हायस्कूलमध्ये शिक्षक, विज्ञान वाचनालय चालवतात.

वनस्पतींचे अन्न

काही प्रयोग, काही इतिहास

आपण, इतर प्राणी, पक्षी, किडेसुद्धा अन्न म्हणून वनस्पतींचा वापर करतात. फण वनस्पतींचे अन्न कोणते ? त्या काय फक्त हवा खाऊन रहातात ?

लेखक : किशोर पंवार अनुवाद : यशश्री पुणेकर

अन्न साखळीचे निरीक्षण करताना आपल्या सहज लक्षात येतं की संपूर्ण जग अन्नासाठी वनस्पतींवर अवलंबून आहे. मग आपल्याला अन्नाचा पुरवठा करणाऱ्या या वनस्पती स्वतःचं अन्न कोठून मिळवत असतील? एक छोटंसं बी रूजतं, अंकुरतं, त्याला नाजूक पालवी फुटते, त्याचं रोप तयार होतं आणि हळूहळू याच रोपट्याचे एका मोठ्या झाडात रुपांतर होते. या सर्व प्रवासात रोपाला अन्न कोण पुरवतं?

अशा तऱ्हेचे अनेक प्रश्न शेकडो वर्षांपासून मानवाला भेडसावत आहेत, आणि ॲरिस्टॉटलपासून अगदी आजच्या शास्त्रज्ञांपर्यंत अनेक जण त्यांची उत्तरे शोधण्यात व्यग्र आहेत.

वनस्पती आपले अन्न सूर्यप्रकाश आणि हरित द्रव्याच्या साहाय्याने स्वतःच तयार करतात हे तर आता सर्वांनाच माहित झाले

आहे. झाडाच्या पानातील निरनिराळ्या प्रकारची रंगद्रव्ये सूर्याची ऊर्जा शोषून तिचं रासायनिक उर्जेंत रूपांतर कसं करतात? पाणी आणि कार्बनडाय ऑक्साईड या अकार्बनी पदार्थांपासून स्टार्च, ग्लूकोज आणि अन्य कर्बोदके कशी तयार होतात? याबद्दल थोडक्यात सांगायचं तर आज आपल्याला बरीच माहिती आहे. 'प्रकाश संश्लेषण' हा काही आता नवीन शब्द राहिला नाही. आता विज्ञानाच्या एका धड्यामध्ये आपण हे सहज शिकतो. पण हे शोधून काढायला मात्र शेकडो वर्षे लागली आहेत. अनेक प्रकारचे प्रयोग केले, त्यासाठी विविध उपकरणे वापरली. त्या प्रयोगांचे निष्कर्ष पुन्हा पुन्हा पडताळून पाहिले. त्यासाठी शंकेखोर, जिज्ञासू आणि शोधक वृत्तीच्या काही लोकांनी वर्षानुवर्षे खर्च केली.

वेगवेगळ्या ठिकाणचे ओहोळ, झरे एकत्र येतात आणि त्यांची शेवटी नदी बनते. त्याचप्रमाणे वेगवेगळ्या ठिकाणी, विविध वेळांना वेगवेगळ्या व्यक्तींनी केलेल्या प्रयोगांचे निष्कर्ष, माहिती आणि संशोधन एकत्र येऊन एक वेगळाच सिद्धांत तयार होतो. प्रकाश संश्लेषणाची गुंतागुंतीचा प्रक्रिया अशाच अनेक शोधातून उलगडत गेली. कशी ? हे भूतकाळात डोकावून बघितल्याशिवाय कसे कळेल ? त्यासाठीच या लेखाचा प्रपंच !

सुमारे २००० वर्षांपूर्वी ऑरिस्टॉटल नावाचे वैज्ञानिक होऊन गेले. त्यांच्या मते झाडे आपले अन्न मातीत मिसळलेल्या सडलेल्या पदार्थापासून घेतात आणि त्यावरच त्यांची वाढ होते. झाडे मृत झाल्यावर हे पदार्थ पुन्हा मातीत मिसळतात आणि हे चक्र असेच चालू राहते.” जवळ जवळ दीड हजार सालापर्यंत असेच मानले जात असे. सन १९५० च्या आसपास एक नवीनच विचार पुढे आला. ‘झाडे आपली अन्नाची (पोषणाची) गरज पाण्यातून भागवतात. याच कारणाने वारंवार पिके घेऊनही माती तेवढीच राहते. संपत नाही.’ मात्र या कोणत्याही कल्पनांना प्रयोगात्मक आधार नव्हता.

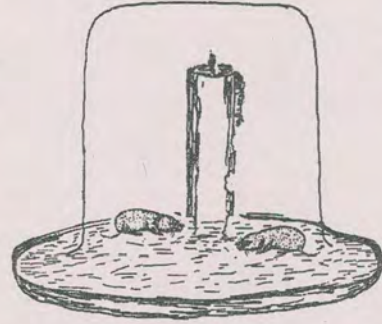
पाच वर्ष चाललेला एक प्रयोग :

वनस्पती मुख्यतः पाण्यापासून बनविलेल्या असतात. हा आपला विचार पडताळून पहाण्यासाठी बेल्जियम वैज्ञानिक

ज्याँ बॅटिस्ट वान हॅलमॉन्ट यांनी प्रयोग करून पहायचे ठरवले. आज आपल्याला हा प्रयोग अगदी सामान्य वाटला तरी विज्ञानाच्या इतिहासात इतक्या दीर्घकाळ चाललेला बहुदा तो पहिलाच प्रयोग होता. याच्यात पद्धतशीर नोंदी ठेवल्या गेल्या आणि व्यवस्थित निष्कर्ष काढले गेले. या निष्कर्षाबाबत सन १६४८ मध्ये हॅलमॉन्ट यांनी म्हटलं आहे - “मी एक मोठ्या आकाराचं मातीचं भांडं घेतलं आणि त्यात पूर्णपणे कोरडी २०० पौंड माती भरली. या मातीत ५ पौंड वजनाचं विलोचं (पाणथळ जागेत उगवणारं झाड) रोपटं लावलं आणि पाणी घातलं. या झाडाला पावसाचं पाणी मिळत होतं आणि जरूरी वाटली तर मी पाणी देत असे. पण बाहेरची धूळ माती त्यात जाऊ नये म्हणून वारीक छिद्र असलेल्या लोखंडी पत्र्याने भांड्याचे तोंड झाकले होते. पाच वर्षांनी त्या रोपट्याचे वजन १६९ पौंड ३ औंस झाले. पानगळीत गळून गेलेल्या पानांचे वजन मी घेतले नव्हते. शेवटी भांड्यातील माती काढून कोरडी केली आणि पुन्हा तिचं वजन केलं. हे वजन २०० पौंडांपेक्षा फक्त ३ औंस कमी निघालं. याचाच अर्थ असा की १६४ पौंड वजनाच्या झाडाचं मूळ खोड आणि इतर अवयव फक्त पाण्यापासून तयार झाले आहेत.”

या प्रयोगात खरंतर बऱ्याच त्रुटी होत्या असं आज आपण म्हणू शकतो. कारण

आसपासच्या हवेबद्दल यात काहीच विचार केला नव्हता. पण जवळ जवळ साडेतीनशे वर्षांपूर्वी अशा तऱ्हेचा प्रयोग करून बघणं हे विशेषच म्हणायला हवं. त्यानंतर सन १९२७ मध्ये, म्हणजे जवळ जवळ शंभर वर्षांनी 'व्हेजिटेबल स्टॉटिक्स' या आपल्या पुस्तकात इंग्रज वनस्पतीशास्त्रज्ञ स्टीफन हेल्स यांनी लिहिले की वनस्पतींचे पोषण मुख्यतः हवेमुळे होते. यासाठी त्यांनी विविध प्रयोग करून पाहिले. लाकूड जळताना त्यातून वायू बाहेर पडतो. याउलट जिवंत पाने हवेतील वायू शोषून घेत असावीत असा तर्क केला होता. नंतरच्या एका प्रयोगातून या गोष्टीच्या अनेक पैलूंचा प्रकाश पडला.



दूषित हवा - ताजी हवा :

“श्वसन आणि ज्वलन या क्रियांमधून प्राणी हवा दूषित करतात आणि याउलट वनस्पती ही दूषित हवा पुन्हा शुद्ध करतात.” हा निष्कर्ष सर्वात प्रथम मांडला तो प्रसिद्ध रसायनतज्ज्ञ जोसेफ प्रिस्टले यांनी. सर्व प्राणीमात्र आणि वनस्पतींना हवेची आवश्यकता असते. त्याअर्थी दोघांचाही संबंध हवेशी असायला हवा ही धारणा ताडून पहाण्याकरता त्यांनी एक प्रयोग केला.

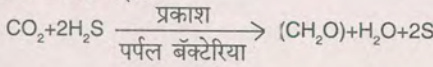
“पाण्याने भरलेल्या भांड्यावर एक काचेची हंडी पालथी घालून ठेवली. त्या काचेच्या भांड्यात पुढिन्याची फांदी लावली होती. ती तिथे काही महिन्यांपर्यंत वाढली. नंतर त्या काचेच्या भांड्यात एक जळती मेणबत्ती ठेवून पाहिली. नंतर उंदीर सोडला. आश्चर्य म्हणजे त्या हवेत मेणबत्तीही जळत राहिली आणि उंदीरही मजेत फिरत होता. वनस्पतींच्या सान्निध्यात हवा दूषित होत नाही असं पाहिल्यावर वनस्पती दूषित हवेलाही शुद्ध करतात का हे तपासावे असे त्यांनी ठरविले.

पहिल्याप्रमाणे पाण्याने भरलेल्या भांड्यात पुढिन्याची फांदी लावली. त्यावर हंडी पालथी

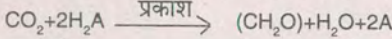
घालण्यापूर्वी एक मेणबत्ती पेटवून ठेवली. मेणबत्ती विझल्यानंतर १० दिवसांनी त्याच हवेत दुसरी मेणबत्ती व्यवस्थित पेटली, जळली. हाच प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून पाहिला. काही वेळा मेणबत्ती जळून विझल्यावर त्या हवेचे दोन भाग केले. एका भागात फांदी ठेवली, दुसरा तसाच ठेवला. फांदी असलेल्या भागात मेणबत्ती पुन्हा जळत असे. या उलट दुसऱ्या भागात मेणबत्ती जळत नसे. दूषित हवा शुद्ध करण्यासाठी सशक्त झाडाला ४-६ दिवस

कुटून येतो ऑक्सिजन

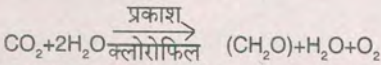
सन १७९६ मध्ये इन्जेनहोज यांनी म्हटलं की प्रकाश संश्लेषणात कार्बन-डाय-ऑक्साइडच्या विघटनातून कार्बन आणि ऑक्सिजन वेगळे होतात आणि ऑक्सिजन वायू स्वरूपात बाहेर येतो. याबरोबरच दुसराही एक समज असा होता- कार्बन आणि पाण्याच्या संयोगातून कवॉंदेके तयार होतात. पण स्टॅनफोर्ड विश्वविद्यालयात संशोधन करणाऱ्या सी. बी. वान नील यांनी या सगळ्या कल्पना चुकीच्या असल्याचे सिद्ध केले. त्यांचं प्रकाश संश्लेषी जीवाणूवर संशोधन सुरू होतं. हे जीवाणू कार्बनवर प्रक्रिया करून त्यापासून कार्बोहायड्रेट्स बनवतात. पण या क्रियेत ऑक्सिजन निर्माण होत नाही. त्यांच्या प्रयोगात त्यांनी पर्पल सल्फर बॅक्टेरियाची निवड केली होती. याला अन्ननिर्मितीसाठी कार्बन डायऑक्साईड आणि हायड्रोजन सल्फाईडची आवश्यकता असते. ही क्रिया साधारणतः अशी मांडता येईल.



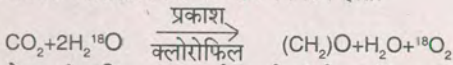
सुरवातीला या गोष्टीकडे फारसे कोणी लक्ष दिले नाही. नंतर नील यांनी धाडस करून त्यांच्या प्रयोगाला सर्वव्यापी रूप दिले. सर्व प्रकारच्या प्रकाश संश्लेषणासाठी एक सामान्य समीकरण मांडले.



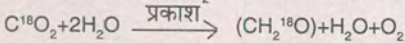
या समीकरणात H_2A हा कोणताही ऑक्सिडृत (ऑक्सिडायजेशन) होणारा पदार्थ आहे. हिरव्या झाडात H_2A म्हणजे पाणी आहे. याचाच अर्थ पाण्याचे विघटन होऊन ऑक्सीजन निर्माण होतो. कार्बन-डाय-ऑक्साईड पासून नव्हे!



^{18}O चा चमत्कार : वरील नवीन समीकरण १९३० च्या सुमारास प्रथम मांडले गेले. परंतु हे संशोधन बरेच दिवस सिद्ध होऊ शकले नाही. १९४१ मध्ये कॅलिफोर्निया विश्वविद्यालयाच्या रुबेन आणि कॉमेन या जोडीने ही गोष्ट साध्य केली. या दोघांनी ऑक्सीजनचे वेगळेच रूप शोधून काढले होते. निसर्गात आढळणारा सामान्य ऑक्सिजन ^{16}O असतो. या ऑक्सिजनचा अणुभार १६ असतो. या दोघांनी अणुभार वेगळा असलेले ^{18}O हे ऑक्सिजनचे अद्भुत समस्थानिक शोधून काढले. त्यांच्या या प्रयोगात त्यांनी H_2^{18}O प्रकारचे पाणी वापरून प्रकाशसंश्लेषणाची क्रिया घडवून आणली. त्यातून निर्माण होणारा ऑक्सिजन ^{18}O होता असे आढळले. ऑक्सिजन कार्बन-डाय-ऑक्साईड पासून बनला असता तर तो ^{16}O असायला हवा. त्यामुळे या प्रयोगावरून असे सिद्ध होते की प्रकाशसंश्लेषणात पाण्याचे विघटन होते.



जेव्हा हीच क्रिया C^{18}O_2 घेऊन केली तेव्हा मिळणारा ऑक्सिजन ^{16}O होता.



याच दुकलीने कार्बनचेही एक समस्थानिक शोधून काढले. त्यामुळे इतर शास्त्रज्ञांना कार्बन-डाय-ऑक्साईडपासून ग्लूकोज तयार होत असताना मिळणारे पदार्थ शोधून काढता आले.

- किशोर पंवार

पुरे होतात, असंही दिसून आलं. हे वर्ष होतं १७७१. या सगळ्या प्रयोगातून सध्या आपल्याला माहिती असलेल्या ऑक्सिजनचा परिणाम आढळतो पण त्या वेळेला ऑक्सिजनचा शोध लागला नव्हता. नेमकी कशामुळे शुद्ध होते हे तेव्हा सिद्ध होऊ शकले नाही. पण यातून पुढील संशोधनाला प्रेरणा नक्कीच मिळाली. सुरवातीला या गोष्टींवर विश्वास ठेवायला कोणी तयार नव्हते कारण बाकी लोकांना या प्रयोगांचे असेच निष्कर्ष मिळाले नव्हते. याची कारणे काही वर्षांनी, आणखी काही प्रयोगानंतर समजली. पण नंतरच्या काही प्रयोगातून प्रीस्टलेचा निष्कर्ष योग्य ठरला.



पर्णछिद्र

१७७९ मध्ये डच वैज्ञानिक जॉन इन्जेनहोज यांनी या दृष्टीने एक महत्त्वपूर्ण प्रयोग केला. वनस्पतींना दूषित हवा शुद्ध करण्यासाठी सूर्यप्रकाशाची आवश्यकता असते. सूर्यप्रकाश आणि वनस्पतींचा हिरवा भाग मिळून हवेचे शुद्धीकरण करण्याची प्रक्रिया घडते. वनस्पतींचा हिरवा नसलेला भाग हा प्राण्यांप्रमाणे हवा दूषित करतो हे देखील या प्रयोगाने सिद्ध झाले. यावेळेपर्यंत हवेची संरचना माहिती नव्हती, पण नंतर आधुनिक रसायनशास्त्राचे प्रणेतें फ्रेंच शास्त्रज्ञ 'लॅवायजे' यांनी ऑक्सिजनचा शोध लावला. १७८४ मध्ये सूर्यप्रकाशाच्या

साह्याने हिरव्या वनस्पती ऑक्सिजन तयार करतात हे सिद्ध झाले. त्याच सुमारास सन १७८२ मध्ये स्वीडीश शास्त्रज्ञ 'ज्याँ सेनेबियर' यांनी प्रकाश संश्लेषणासाठी आणखी एका वायूची गरज असते हे शोधून काढले. त्यांनी त्याला 'फिक्स्ड' हवा (बद्ध हवा) असे नाव दिले. १८०४ मध्ये हाच कार्बन डायऑक्साईड असल्याचे ओळखून ते नावही दिले गेले. अशा तऱ्हेने १९ व्या शतकाच्या सुरवातीला प्रकाश संश्लेषणातील प्रमुख घटकांची माहिती आपल्याला झाली. पाणी, ऑक्सिजन, झाडांचा हिरवा भाग आणि कार्बन-डाय-ऑक्साईड हेच ते घटक होत.

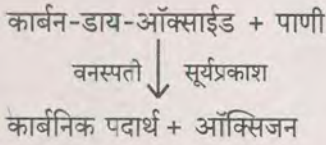
पुढे मग सूक्ष्मदर्शीच्या शोधामुळे हिरवी देठे आणि पानांवर असलेली हजारो सूक्ष्म छिद्रे बघता येऊ लागली. त्यांना 'स्टोमाटा' नाव दिले. अन्न बनविण्याच्या प्रक्रियेत या छिद्रांचा नेमका कसा सहभाग असेल? हे शोधताना वनस्पतीतील वायूंची देवाणघेवाण लक्षात आली. १८०४ मध्ये स्वीडीश शास्त्रज्ञ निकोलस थियोडोर यांनी यावर काही प्रयोग केले. त्यांनी वनस्पतींनी शोषलेला कार्बनडायऑक्साईड, तयार केलेले कार्बनिक पदार्थ आणि ऑक्सिजन यांचा प्रमाणाच्या दृष्टीने अभ्यास केला. त्यांच्या म्हणण्यानुसार 'कार्बनडाय-ऑक्साईड मधून मिळणारा कार्बन आणि मुळांनी

प्रकाश संश्लेषण आणि श्वसनामध्ये वनस्पतींची भूमिका :

आपण हवा दूषित करतो आणि वनस्पती ती पुन्हा शुद्ध करतात. अशा प्रकारे पर्यावरणाचे संतुलन राखले जाते. बहुतेक पाठ्यपुस्तकातून या गोष्टीवर जोर दिलेला असतो. त्यामुळे प्राण्यांची आणि वनस्पतींची श्वसनक्रिया वेगवेगळी आहे असा भ्रम अगदी मल्लविद्यालयीन विद्यार्थ्यांतही आढळतो. मला वाटतं वनस्पती आणि प्राण्यांमधल्या या क्रिया वेगवेगळ्या समजावून दिल्या तर हा भ्रम नाहीसा होईल. वनस्पती कार्बन-डाय-ऑक्साईड शोषून स्वतःचे अन्न तयार करताना ऑक्सिजन सोडतात (प्रकाश संश्लेषण).

श्वसनामध्ये मात्र प्राणी आणि वनस्पती दोन्ही ऑक्सिजन घेतात आणि कार्बन-डाय-ऑक्साईड सोडतात. ही गोष्ट लक्षात ठेवण्याजोगी आहे.

शोषलेले पाणी हा या क्रियेचा कच्चा माल असतो. थोडक्यात,



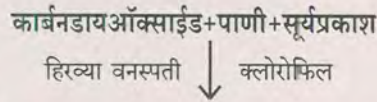
असे समीकरण मांडता येईल.

हरित द्रव्य : 'हरिव्या वनस्पती सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेचे रूपांतर रासायनिक ऊर्जेत करतात.' हा महत्त्वपूर्ण विचार १८४५ मध्ये जर्मन फिजीशियन मेयर यांनी मांडला. सन १८४७ मध्ये झाडाच्या पानातील हरित द्रव्य अलग करण्यात पॅलेटीयर आणि केवेनटो या दोन फ्रेंच शास्त्रज्ञांना यश मिळाले. त्यांनी त्याला 'क्लोरोफिल' हे नाव दिले.

या प्रक्रियेत जेवढा कार्बन डायऑक्साईड वापरला जातो तेवढाच ऑक्सिजन तयार होतो ही गोष्ट पहिल्या प्रथम ठामपणाने फ्रेंच शास्त्रज्ञ केसिनगॉल्ट

यांनी १८६४ मध्ये सांगितली. याच दरम्यान सेक्स यांनी सांगितलं की प्रकाश संश्लेषण क्लोरोप्लास्ट मध्ये होतं आणि यातून पिष्टमय पदार्थाचे (स्टार्चचे) कण तयार होतात. स्टार्च आयोडीन टेस्ट वापरून त्यांनी हे सिद्ध केले.

या सर्व संशोधनामुळे एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरवातीपासून प्रकाश संश्लेषणाचे समीकरण असे मांडले जाते.



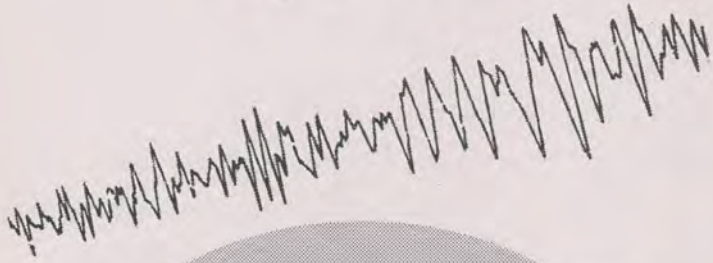
पिष्टमय पदार्थ + रासायनिक उर्जा + ऑक्सिजन

❖

लेखक : किशोर पंवार, सेंधवा येथील शासकीय विद्यालयात वनस्पतीशास्त्र शिकवतात.

अनुवाद : यशश्री पुणेकर, विज्ञान लेखनाची आवड, सामाजिक कामात रस.

भूकंप लहरी



लेखक : माधव केळकर अनुवाद : जयंती साने

संदर्भ - अंक २ मधे (ऑक्टो-नोव्हें. ९९) आपण कंप सुटे पृथ्वीला या लेखामध्ये भूकंपमापकाबद्दल वाचलं असेल. शिवाय अंक ७ मधे (ऑगस्ट-सप्टेंबर २०००) पृथ्वीवरची जमीन ही हालचाल करीत असते - कधी जमिनीचे दोन भाग एकमेकांजवळ येतात तर कधी दूर जातात हेही वाचलं असेल. (सावधान धरणी सरकते आहे या लेखात.) आता भूकंपाबद्दल थोडी अधिक माहिती करून घेऊ या.

महाराष्ट्रात कोयना धरणाच्या आसपासच्या परिसरात अनेकदा भूकंप होतो. धरणापासून अमुक अंतरावर या भूकंपाचा केंद्रबिंदू होता. धरण सुरक्षित. अशा बातम्या पेपरमध्ये येतात. पण भूकंपाचे केंद्र या लोकांना इतक्या अचूकपणे कळते कसे असा प्रश्न मनात आला. थोडीशी माहिती काढल्यावर कळले की या वैज्ञानिकांच्या जवळ भूकंपमापक नावाचे उपकरण असते. ते पृथ्वीच्या स्पंदनाचा आलेख बनविते (डॉक्टर जसा हृदयाचा ई. सी. जी. काढतात तसा). भूकंपाच्या बाबतीत अचूक माहिती देण्याचे हा आलेख हे प्रमुख

साधन आहे.

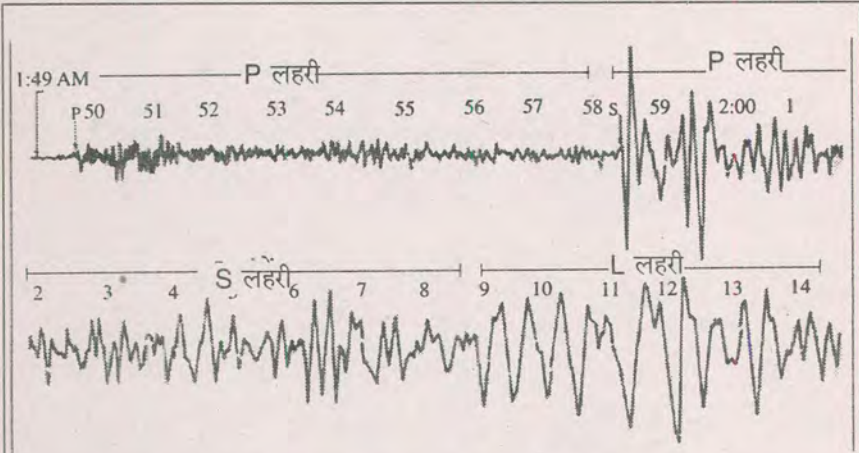
भूकंपमापक यंत्र पृथ्वीची कंपने एका फिरत्या गोलाकार ड्रमवरच्या कागदावर नोंदवते. जर कागदावरची रेघ सरळ असेल तर त्याचा अर्थ पृथ्वीच्या आत कंपने होत नाहीयेत. जर त्याच्यावर काही कंपने दिसत असतील तर त्याचा सखोल अभ्यास केल्यावर खूप माहिती मिळू शकते.

भूकंप लहरी

पृथ्वीच्या आत जिथे भूकंप होतो त्या स्थानाला भूकंप केंद्र (Focus) म्हणतात. केंद्राच्या बरोबर वर जमिनीच्या पृष्ठभागावरील बिंदूला अधिकेंद्र

(Epicentre) म्हणतात. जवळून जाणाऱ्या आगगाडीचा खडखडाट आपल्या जसा पायाला जाणवतो त्याप्रमाणेच भूकंपमापकाला भूकंप केंद्रातून उत्पन्न होणारे धक्के जाणवतात. हे धक्के P,S, आणि L या लहरींच्या रूपात पोचतात. P,S,L लहरींचा वेग वेगवेगळा असतो म्हणून आलेखावर मिळणाऱ्या

लहरींचासुद्धा एक क्रम असतो. सर्वात पहिल्या 'P' नंतर 'S' आणि शेवटी 'L' असतात. (या बरोबर असलेल्या वेळच्या नोंदी लक्षात घ्या) भूकंप केंद्राच्या जवळच्या भूकंपमापन स्थानकावर या तिन्ही लहरी लवकर पोचतात परंतु जसजसे भूकंप केंद्राचे स्थानकापासूनचे अंतर वाढत जाते तसा या लहरींना लागणारा तिथे



पृथ्वीच्या आत जिथे भूकंप होतो त्या स्थानाला भूकंप केंद्र (Focus) म्हणतात. फोकसच्या बरोबर वर जमिनीच्या पृष्ठभागावरील बिंदूला अधिकेंद्र (Epicentre) म्हणतात. जवळून जाणाऱ्या आगगाडीचा खडखडाट आपल्या जसा पायाला जाणवतो. त्याप्रमाणेच भूकंपमापकाला भूकंप केंद्रातून उत्पन्न होणारे धक्के जाणवतात. हे धक्के P,S, आणि L लहरींच्या रूपात पोचतात. P,S,L लहरींचा वेग वेगवेगळा असतो म्हणून आलेखावर मिळणाऱ्या लहरींचा सुद्धा एक क्रम असतो. सर्वात पहिल्या P नंतर S आणि शेवटी L लहरी असतात. (या बरोबर असलेल्या वेळेच्या नोंदी लक्षात घ्या.) भूकंप केंद्राच्या जवळच्या भूकंप मापन स्थानकावर या तीन्ही लहरी लवकर पोचतात. परंतु जसजसे भूकंप केंद्राचे स्थानकापासूनचे अंतर वाढत जाते तसा या लहरींचा तिथे पोचण्याचा वेळ पण वाढत जातो. (या नोंदींना साईज्मोग्राम म्हणतात.)

जर भूकंप भूकंप मापन स्थानकाजवळ असेल तर आलेखामधे खूप जास्त चढ उतार येतात. परंतु समजा हेच भूकंप केंद्र १००० किलोमीटर दूर असेल तर तिथे काढलेल्या आलेखामधे कमी

पोहचण्याचा वेळ पण वाढत जातो. (या नोंदींना साईज्मोग्राम म्हणतात.)

जर भूकंप केंद्र भूकंपमापन स्थानकाजवळ असेल तर आलेखामध्ये खूप जास्त चढ-उतार येतात. परंतु समजा हेच भूकंप केंद्र १००० किलोमीटर दूर असेल तर तिथे काढलेल्या आलेखामध्ये कमी चढ-उतार येतील.

सर्वसाधारणपणे भूकंपाचा केंद्रबिंदू

जमिनीपासून १० कि.मी., ते ७०० कि.मी. इतक्या खोलवर असतो. इथूनच भूकंपाच्या लहरी निर्माण होतात व सर्व दिशांना पसरतात. भूकंपमापकाच्या सहाय्याने त्या लहरी नोंदवल्या जातात.

सततच्या अभ्यासामुळे असे लक्षात आले आहे की 'P' आणि 'S' लहरींच्या मार्गात जर जास्त घनत्व असलेले खडकाळ थर आले तर या लहरींचा वेग

तीन प्रकारच्या लहरी

'P' लहरी - या लहरींना Push, Pull (ढकलणे-ओढणे) लहरी म्हणतात, या जमिनीच्या आतील भागातून निघून पृष्ठभागापर्यंत येतात. या घन, द्रव व वायू या तिन्ही माध्यमातून जाऊ शकतात. जो पदार्थ यांच्या मार्गात येतो त्याच्यात एका क्रमाने दाब आणि विरलीकरण होते आणि लहर पुढे जाते. ज्याप्रमाणे लोखंडाच्या सळीच्या एका टोकाला घाव घातला की त्याचा आवाज दुसऱ्या टोकाला जातो त्याप्रमाणे 'P' लहरी पुढे जातात. 'P' लहरींचा वेग ५.५ किमी /सेकंद असतो.

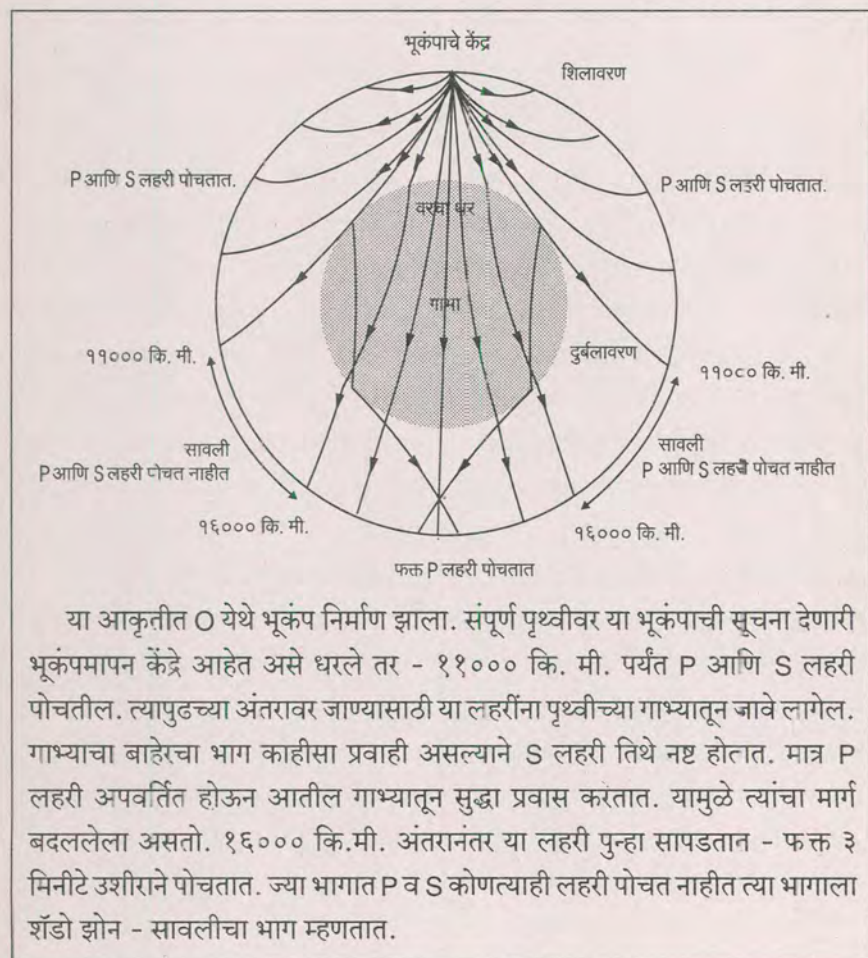
'S' लहरी - या पण भूकंपाच्या उगमस्थानापासून निघून पृष्ठभागापर्यंत येतात. 'S' लहरी केवळ भरीव माध्यमातून जाऊ शकतात. या ज्या माध्यमातून जातात त्या माध्यमाचे कण लहरीच्या दिशेच्या काटकोनात वेग घेतात. या लहरींचे स्वरूप समजण्यासाठी, एका भिंतीवरच्या खिळ्याला दोरी बांधून, त्याचे एक टोक आपल्या हाती घ्या. नंतर दोरीला खाली-वर, डावीकडे -उजवीकडे हलवत लहरी निर्माण करा. तुम्हाला भिंतीच्या दिशेने लहरी जाताना दिसतील, परंतु दोरी त्याच्या काटकोनात वेग घेताना दिसेल. 'S' लहरींचा वेग ३ किमी/सेकंद असतो.

'L' लहरी - या लहरी 'S' लहरींसारख्याच असतात, परंतु या जमिनीच्या पृष्ठभागावर पाण्याच्या लाटांसारख्या वेग घेत पुढे जातात. भूकंपात सर्वात जास्त नुकसान या लहरींमुळे होते. या लहरींचे स्वरूप समजण्यासाठी, तलावात एखादा दगड फेकल्यावर जसे घडते ते लक्षात घ्यायला हवे. दगड पाण्याच्या पृष्ठभागावर पडल्यावर लाटा गोल गोल होत किनाऱ्याकडे जातात. या क्रियेत एक लाट तयार होते, निघून जाते, परत लाट तयार होते निघून जाते (नाहीशी होते). याप्रमाणे वर्तुळ मोठे होत जाते. जर एखादे छोटे बूच टाकले तर बूच आपल्याच जागेवर खाली वर करत राहते. म्हणजेच माध्यमाचे कण इथेही लहरींच्या दिशेच्या काटकोनात वेग घेतात. 'L' लहरींचा वेग 'S' लहरींपेक्षा थोडा कमी असतो.

वाढतो आणि कमी घनत्व असलेले थर आले तर या लहरींचा वेग कमी होत जातो. या बरोबर या दोन्ही लहरी दाट माध्यमातून विरळ माध्यमात किंवा विरळ माध्यमातून दाट माध्यमात जाताना परावर्तित आणि अपवर्तित देखील होतात.

पृथ्वीच्या वेगवेगळ्या थरात या लहरींचा वेग मोजला त्यावरून भूकंपाच्या

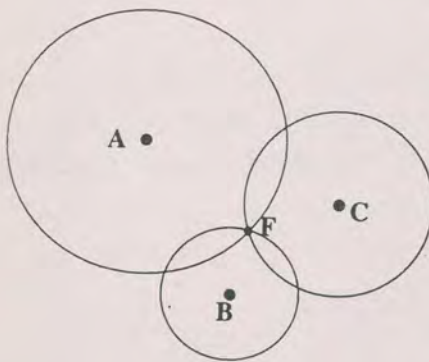
केंद्रबिंदूपासून लहरी किती वेळात किती अंतर पार करतील हे काढले. या मोजणीनंतर असे लक्षात आले की वेळेच्या हिशोबानुसार, अंतर निश्चित करण्याची करामत या दोन्ही लहरींच्याबाबतीत भूकंपाच्या केंद्रबिंदूपासून जवळजवळ ११,००० किलोमीटरपर्यंत करता येते. परंतु ११,००० किलोमीटर नंतर वेगळेच



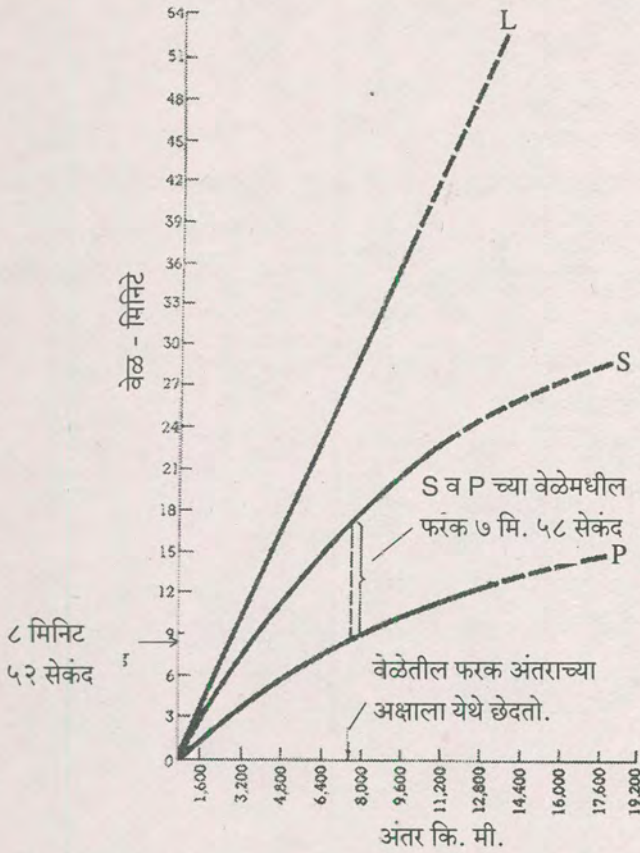
घडते. आतापर्यंत वेळ पाळणाऱ्या या लहरी त्यानंतर अचानक गायब होतात. जवळजवळ १६,००० किलोमीटर अंतरावर या P लहरी पुन्हा जाणवायला लागतात. परंतु तिथे पोचण्याकरीता जेवढा वेळ लागायला पाहिजे होता त्यापेक्षा तीन मिनिटे जास्त वेळ लागतो. आणि 'S' लहरी अजूनही गायबच असतात. असे जेव्हा पहिल्यांदा घडले तेव्हा सगळे भूकंप वैज्ञानिक आश्चर्यचकीत झाले. असे का झाले हे काही कोणाला समजत नव्हते. हळूहळू असे लक्षात आले की भूकंपमापकाच्या मदतीने फक्त भूकंप नोंदवला जातो असे नाही तर पृथ्वीच्या आतील रचनेविषयी खूप काही माहिती मिळते. प्रयोगाद्वारे असे सिद्ध झाले की 'P' लहरी तरल पदार्थातून जाताना धीम्या गतीने जातात. 'S' लहरी तरल पदार्थांना पार करू शकत नाहीत आणि

आतल्याआतच नष्ट होतात. नंतर असे लक्षात आले की पृथ्वीच्या आतला भाग पूर्णपणे भरीव नाहीये. तर गाभ्याच्या बाहेरचा भाग थोड्या प्रमाणात तरल आहे. ११,००० किलोमीटरच्या पृष्ठभागावरच्या प्रवासात या लहरी पृथ्वीच्या वरच्या भरीव भागातून शिलावरण आणि मध्यावरणातून जातात. परंतु ११,००० किलोमीटर नंतरच्या अंतरापर्यंत पोचायला त्यांना पृथ्वीच्या गाभ्यातून जायला लागते. तेथे बाहेरच्या थरातला तरल पदार्थ पार करताना या दोन्ही लहरींचे हे परिणाम होतात.

भूकंपाचा केंद्रबिंदू शोधणे : जेव्हा पृथ्वीवर संवेदनशील भूकंपमापकाचे जाळे तयार झाले, तेव्हा 'P' लहरींना ठराविक अंतर पार करण्यासाठी किती वेळ लागतो आणि 'S' लहरींना किती वेळ लागेल याची मोजणी केली गेली. काही अंतर पार



भूकंपाचा केंद्रबिंदू शोधण्याकरता कमीत कमी तीन स्थानकांची जरूरी आहे. इथे तीन काल्पनिक A, B आणि C स्टेशनस् दाखविली आहेत. इथे प्रत्येक स्टेशनवर P आणि S लहरींच्या प्रथम पोचण्यामधील वेळेच्या फरकावर आधारित भूकंपकेंद्राचे अंतर शोधून त्या अंतराएवढ्या त्रिज्येचे एक-एक वर्तुळ काढले आहे. ज्या बिंदूवर ही तिन्ही वर्तुळे एकमेकांना छेदतात तिथे भूकंपाचा केंद्रबिंदू असायला पाहिजे. तो F इथे दाखविला आहे.



करतेवेळी दोन्ही लहरींना लागणाऱ्या वेळेतील फरकावर आधारित एक आलेख काढला गेला. हा छोटासा आलेख कोणत्याही भूकंप मापक स्थानकासाठी फार महत्त्वाचा असतो.

आलेखाचा वापर करून स्थानकापासून भूकंपाचा केंद्रबिंदू किती दूरवर आहे हे शोधून काढणे सोपे जाते. एखाद्या स्टेशनवर 'P' लहरी पोचतात, लगेचच त्या वेळेची नोंद केली जाते. त्यानंतर जेव्हां 'S' लहरी

पोचतात तेव्हां परत वेळ नोंदवून 'P' आणि 'S' या दोन्ही लहरींच्या मधल्या वेळेचा फरक काढला जातो. हे अंतर आलेखावर नोंदवले जाते. इथे दिलेल्या उदाहरणात S आणि P च्या वेळेतील फरक ७ मिनिटे ५८ सेकंद आहे. या अंतराला आलेखावर नोंदवून जर आपण अंतराच्या अक्षावर पाहिले तर हे अंतर या अक्षावर ७४५० किलोमीटरवर छेदलेले दिसते. म्हणजेच या स्टेशनपासून भूकंपाचे केंद्र ७४५०

किलोमीटर अंतरावर आहे. आता आपण परत आलेखावर नजर टाकूया. वेळेचा फरक दाखविणारी बारीक तुटक रेषा 'P' लहरींच्या रेषेला कुठे स्पर्श करते ते बघा. याच्या योग्य बिंदूसमोर वेळेच्या अक्षावर वेळ पहा. ही वेळ जवळ जवळ ८ मिनिटे ५२ सेकंद आहे. म्हणजेच P लहरींना इथपर्यंत यायला ८ मिनिटे ५२ सेकंद लागतात. यावरून भूकंपाची घटना कधी घडली हे समजते.

उदा. भूकंपमापन स्थानकावर दुपारी ३ वाजून ९ मिनिटे व ६ सेकंदांनी 'P' तरंग पोचले आणि त्यांना तिथपर्यंत पोचायला ८ मिनिटे ५२ सेकंद वेळ लागला. यावरून आपण असा निष्कर्ष काढू शकतो की दुपारी ३ वाजून १४ सेकंदांनी भूकंप झाला होता. या भूकंपाची सूचना ('P' तरंगाच्या रूपात) वरील स्थानकावर ३ वाजून ९ मिनिटे आणि ६ सेकंदांनी आली. या ८ मिनिटे ५२ सेकंद वेळेत 'P' लहरी ७४५० किलोमीटर अंतर कापून इथपर्यंत आली. म्हणजेच भूकंपाचे केंद्र ७४५० किलोमीटर अंतरावर होते. आतापर्यंत आपण अंतराचा शोध लावला, दिशेचा नाही.

कमीत कमी वेगवेगळ्या तीन ठिकाणच्या भूकंपमापकावर जर भूकंपाची नोंद झाली तरच भूकंपाचा केंद्रबिंदू बरोबर कळू शकतो. या तिन्ही जागांवर P आणि S लहरींच्या पोचण्याच्या मधल्या काळाचा आलेख काढून त्याच्या अंतराचा अंदाज

घेतला जातो.

नंतर या अंतराला त्रिज्या मानून वर्तुळ काढले जाते. ही तिन्ही वर्तुळे ज्या बिंदूवर एकमेकांना छेदतात तिथे भूकंपाचे केंद्रबिंदू आहे असे समजतात.

भूकंप मापन : भूकंपाची तीव्रता शोधणे ही एक मोठी समस्याच होती. वेळोवेळी भूकंपाची तीव्रता मोजण्याकरीता मोजपट्ट्या बनविल्या जात होत्या. सुरवातीच्या मोजपट्ट्या विनाशाची तीव्रता, त्यांमधील वेळ, धक्क्यांची संख्या आणि जमिनीत घडलेले बदल यावर आधारलेल्या होत्या. इटलीतील भूकंप शास्त्रज्ञ एल् मर्केली यांनी १९०२ साली एक मोजपट्टी सुचवली होती. जिला तीव्रतेची मोजपट्टी (Intensity Scale) म्हटले गेले. या मोजपट्टीवर १ ते १२ अंक होते. प्रत्येक अंकावर त्या तीव्रतेचा भूकंप आल्यानंतर येणारे अनुभव आणि होणारे नुकसान याचा तपशील दिलेला होता.

कितीतरी वेळा आपल्याला वाटत असते की जास्त तीव्रतेचा भूकंप झाला तर हानी जास्त होते. वास्तवात एखाद्या ठिकाणची हानी किंवा नुकसान, त्या जागेपासून भूकंपाचा केंद्रबिंदू किती अंतरावर आहे, तेथील दाट लोकवस्ती, घरांची रचना, जमिनीचा प्रकार (खडकाळ भागापेक्षा हलक्या भुसभुशीत जमिनीवर जास्त हानी होते) या गोष्टींवर अवलंबून

प्रमाण शोधणे

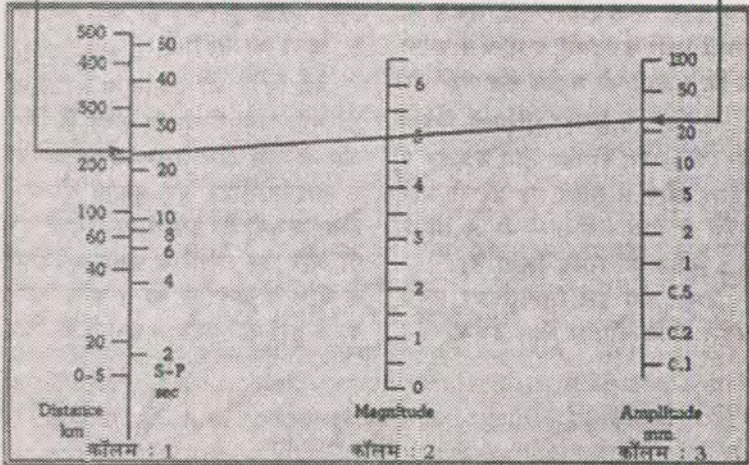
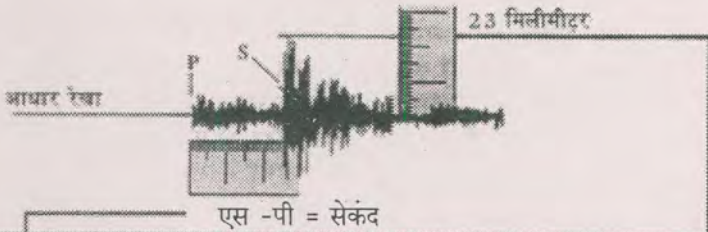
थोडा वेळ असे समजा की नोंदवल्या गेलेल्या भूकंपाचा आलेख आपल्या हातान आला आहे. याच्या मदतीने तुम्ही भूकंप केंद्राचे अंतर आणि भूकंपाचे प्रमाण काढू इच्छिता.

वरती भूकंपाच्या एका स्थानकावरून मिळालेला आलेख दिला आहे. या आलेखाबरोबर काही माहिती दिली आहे. जसे P आणि S लहरींचे कधी आगमन झाले आहे. त्याबरोबर दोन प्रमाणतक्ते दिले आहेत. यातला एक वेळ दाखवितो. यात वेळ सेकंदात मोजली जाते. दुसरा तक्ता लहरींचा चढ-उतार (amplitude) मिलीमीटरमध्ये दाखवितो.

आलेखाच्या खाली तीन स्तंभ दाखविले आहेत. यातील पहिल्या स्तंभाच्या डाव्या बाजूला अंतर दाखविले आहे आणि याच्यातच उजव्या बाजूला S आणि P लहरींच्या मधल्या वेळेचा फरक दाखविला आहे.

दुसरा स्तंभ परिमाणाशी संबंधित आहे जो आपल्याला माहिती करून घ्यायचा आहे. यात १ ते १० अंक असतात. (इथे फक्त १ ते ६ पर्यंतचेच अंक दाखविले आहेत.)

चित्रातील तिसरा स्तंभ S लहरींची तीव्रता दाखवितो ज्याचा संबंध आलेखात आलेल्या जास्तीत जास्त विस्ताराशी आहे. हे माप मिलीमीटरमध्ये दिले आहे.



आकृती समजून घेतल्यावर आता आपण रिश्टर स्केलवर भूकंपाची तीव्रता कशी मोजतात ते पाहू. सर्वात पहिले P आणि S लहरीमधील फरकाचा शोध घ्यायचा आहे. आलेखामधील वेळेच्या नोंदीवरून P आणि S लहरी कधी आल्या ते कळते. S लहरींच्या पोहोचण्याच्या वेळेतून P लहरींच्या पोचण्याची वेळ कमी केली तर दोन्ही लहरींच्या वेळेतील फरक कळू शकतो. या आलेखामधे वेळेतील फरक २४ सेकंद आहे.

त्यानंतर ही वेळेतील फरकाची माहिती आकृतीतील पहिल्या स्तंभात दाखविली जाते म्हणजेच पहिल्या स्तंभात उजव्या बाजूला २४ सेकंदावर खूण केली जाते.

आता परत आलेख पाहू या. यावेळी S लहरींचा जास्तीत जास्त विस्तार मोजू या. याला आपण आधार रेषेने मोजतो. या आलेखामधे S लहरींचा जास्तीत जास्त चढ-उतार २३ मिलीमीटर आहे. आकृतीतील तिसऱ्या स्तंभावर २३ मिलीमीटरवर खुण केली आहे.

आपण पहिल्या स्तंभावर २४ सेकंदावर खूण केली आहे. याप्रमाणेच तिसऱ्या स्तंभावर २३ मिलीमीटरवर खूण केली आहे.

आता फक्त भूकंपाची तीव्रता आणि त्याच्या केंद्रबिंदूचे अंतर शोधायचे आहे. पुढची प्रक्रिया खूपच सोपी आहे. २४ सेकंद आणि २३ मिलीमीटर वरील खुणांना जोडत एक रेषा आखा. ही रेषा दुसऱ्या स्तंभावर जिथे छेदेल ते भूकंपाच्या तीव्रतेचे परिमाण. आकृतीवरून स्पष्ट दिसतंय की भूकंपाचे परिमाण ५ आहे.

पहिल्या स्तंभात वेळेच्या बरोबर अंतर दिले आहे. २४ सेकंदाच्या समोर दाखविलेले अंतर २१० किलोमीटर आहे. आता आपण सांगू शकतो की आपल्या स्टेशनपासून जवळ जवळ २१० किलोमीटर अंतरावर ५ मॅग्नीट्यूडचा भूकंप झाला आहे. जर आपण या भूकंपाचे आणखी दोन स्थानकांवरचे आलेख मिळवले तर भूकंपाचा केंद्रबिंदू आपण शोधू शकतो.

शेवटी एक प्रश्न तुमच्यासाठी - एका आलेखावरून कळले की S आणि P लहरींच्या वेळेतील फरक ११ सेकंद आहे आणि लहरींचा जास्तीत जास्त विस्तार १ मिलीमीटर आहे. तर भूकंपाची तीव्रता किती आणि भूकंपाचे केंद्र किती अंतरावर आहे ?

असते. याशिवाय एक महत्त्वपूर्ण कारण म्हणजे भूकंपाचा केंद्रबिंदू किती खोलीवर आहे. याचे कारण म्हणजे केंद्रबिंदू जास्त खोलवर असला की L लहरी कमी शक्तीशाली होतील, म्हणजे नुकसान कमी होईल. जसजसे आपण भूकंपाच्या उगम केंद्रापासून दूर जातो तसतशी भूकंपाची तीव्रता कमी होत जाते.

ज्या काळात भूकंपमापक नव्हते, तेव्हा झालेल्या नुकसानीवरून भूकंपाच्या उगम

बिंदूचा अंदाज केला जायचा. सगळ्यांच्या अनुभवावरून भूकंप उगमकेंद्रावर नुकसान जास्त होते. भूकंप उगमबिंदूविषयी अंदाज काढताना एक गमतीदार गोष्ट लक्षात आली की सारखी तीव्रता असलेल्या ठिकाणांना जोडणारी गोलाकार रेषा काढता येते. या रेषांना समभूकंप रेषा म्हणतात. (Isoseismal Lines).

होणाऱ्या नुकसानीवरून भूकंपाची तीव्रता लक्षात येते. मात्र फक्त निरीक्षणावर

अवलंबून राहिल्याने पुष्कळ वेळा आपल्या अंदाजात गडबड होते. कारण नुकसानीचा सरळ संबंध तीव्रतेपेक्षा लोकसंख्या, घरांची रचना इ. गोष्टींवर अवलंबून असतो. म्हणून आणखी एक प्रमाण विकसित केले गेले. ज्याला रिश्टर स्केल म्हटले जाते. मिळालेल्या नोंदीच्या आधारे सी. एफ. रिश्टरने १९३५ साली एक मोजपट्टी बनविली जी भूकंपाच्यावेळी P,S,L लहरींच्या कमाल चढ-उतारावर आधारित तयार केली होती. ज्याने आपण भूकंपाच्या वेळी निर्माण होणारी ऊर्जा मोजतो.

रिश्टरच्या या पद्धतीत आलेखाच्या ठराविक भागातील लहरींचा कमाल विस्तार मोजतात. या पद्धतीत सर्वात महत्त्वाची गोष्ट ही आहे की या मोजणीत भूकंपाचे स्थानापासूनचे अंतर अडथळा आणत नाही.

रिश्टरची मोजपट्टी लॉगॅरिथमवर आधारित आहे. याच्यात १ ते १० पर्यंतचे अंक असतात. आलेखात नोंदवलेल्या विस्ताराच्या हिशोबानुसार भूकंपाच्या वेळी निघालेल्या ऊर्जेचे प्रमाणसुद्धा बदलते. मोजपट्टीवर प्रत्येक पूर्णांक आपल्या पहिल्या पूर्णांकापेक्षा दहापट जास्त असतो. म्हणून ८ परिमाणाचा भूकंप, ४ परिमाणाच्या भूकंपापेक्षा २ पट जास्त नसून १०,००० पट जास्त शक्तिशाली असेल.

थोड्याच दिवसात रिश्टर स्केल लोकप्रिय झाले. परंतु मधल्या काळात

काही नवीन मोजपट्ट्या तयार केल्या गेल्या, यातील काही अजूनही वापरल्या जातात. यातील काही प्रचलित मापनांपैकी एका मापनात P लहरींच्या आधारावर परिणाम मोजतात. आलेखामधील P लहरींचा एक असा भाग निवडतात जिथे आवर्तकाळ एक सेकंद असतो. याप्रमाणे एक आणखीन मोजपट्टी पृष्ठभागातील लहरींच्या आधारे बनवली गेली. यात आलेखामधील पृष्ठभागीय लहरींचा २० सेकंद असलेला भाग आवर्तकाळ निवडतात.

जगातील पहिल्या अणुबाँब चाचणीच्या वेळी (न्यू मेक्सिको, जुलै १९४५) बाहेर पडलेली ऊर्जा ५ रिश्टर परिमाणाच्या भूकंपाच्यावेळी निघालेल्या ऊर्जेएवढी होती हे सत्य भूकंपाच्यावेळी निघणाऱ्या ऊर्जेच्या संदर्भात तुलना करायला उपयोगी होऊ शकते. एक मेगाटन अणुबाँबच्या स्फोटाच्यावेळी निघालेली ऊर्जा, ६ रिश्टरच्या भूकंपाच्यावेळी निघालेल्या ऊर्जेइतकी असते. परंतु अणुबाँबमध्ये ऊर्जा एका जागी केंद्रित असते तर भूकंपाच्यावेळी ती पसरली जाते. म्हणून एक समान परिमाण असलेले भूकंप आणि अणुबाँब स्फोटाचे परिणाम वेगवेगळे असतात.

भूकंप किंवा अणुबाँब : आता अणुबाँबची गोष्टच निघाली आहे तर एक प्रश्न उद्भवतो की भूकंपमापकामधील

आलेख हा भूकंपाचा आहे का अणुबाँब चाचणीचा आहे हे शास्त्रज्ञांना कसे कळते?

अमेरिका व रशियामधील शीतयुद्धाच्या वेळी एकमेकांनी केलेल्या अणुचाचण्यावर लक्ष ठेवल्यामुळे या आलेखाचे खूप बारकाईने विवेचन केले जाऊ लागले.

भूकंप व अणुबाँब स्फोटाच्या आलेखांची तुलना केल्यानंतर स्पष्ट कळते की भूकंपामध्ये पृष्ठभागावरील लहरी चांगल्या जोरदार निर्माण होतात. परंतु बाँब चाचण्यांमध्ये पृष्ठभागावरील लहरी खूप कमकुवत होतात.

याच्याशिवाय काही तांत्रिक सूक्ष्म बाबी आहेत. ज्यात पहिल्या P किंवा S

लहरींच्या विस्ताराला प्रमाण मानून भूकंपाचे परिमाण काढतात. या परिमाणाची तुलना पृष्ठभागावरील लहरींवरून मिळालेल्या परिमाणाशी करतात. आता दोघांमधील गुणोत्तर मांडले जाते. सततच्या केलेल्या विश्लेषणावरून असे समजते की भूकंपाच्या तुलनेत अणुबाँब चाचण्यात हे गुणोत्तर खूप कमी असते. ❖

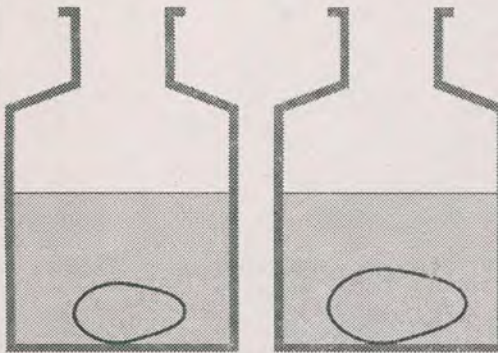
लेखक : माधव केळकर, एकलव्यच्या शै. संदर्भचे संपादक

अनुवाद : जयंती साने, खाजगी व्यवसाय, विज्ञानलेखन व भाषांतरात रस

हे करून पाहिलंत ?

मागच्या एका अंकात दिलेला हा प्रयोग तुम्ही करून पाहिला असेल - एका बटाट्याचा वाटीसारखा आकार कापून घेतला, आणि तो पाण्याच्या भांड्यात ठेवून दिला. काही तासानंतर बटाट्याच्या वाटीमध्ये (बटाट्याच्या भिंतीमधून) पाणी शिरल्याचं आढळतं.

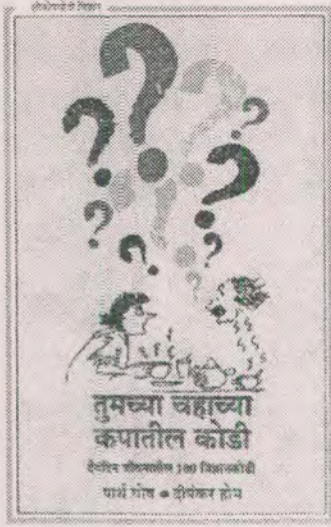
असाच याहून मोठा एक प्रयोग आहे. तोही करून पहा. अंडं फोडताना ते नीट पाहिलंत तर वरच्या टरफलाखाली आणखी एक पातळसा पापुद्रा दिसतो. पण आता अंडं फोडू नका तर ते व्हिनेगार मध्ये बुडवून ठेवा. २ - ३ दिवसामध्ये अंड्याचं वरचं टरफल विरघळून जातं. अंडं हळूहळू



मोठं होतं. बाटलीचं तोंड आधी अंडं जेमतेम आत शिरण्याइतकं असेल, तर आता अंडं त्यातून बाहेर येणार नाही.

यानंतर दुसरा एक प्रयोग करता येतो. बाटलीतून व्हिनेगार काढून टाकून त्यात पाणी भरलं, तर अंडं पुन्हा लहान देखील होतं.

या सगळ्यामागचं कारण तुमच्या लक्षात एव्हाना आलंच असेल.



तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी

काही दिवसांपूर्वी मी माझ्या एका मैत्रिणीकडे गेले होते. तिच्याकडे एक पुस्तक दिसले 'तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी.' मुखपृष्ठ इतके वेधळ होते, की पुस्तक एकदम उचलले आणि वाचायलाच सुरुवात केली.

लेखक : विद्या साताळकर

आपल्या दैनंदिन जीवनात घडणाऱ्या अनेक गोष्टी आपल्याला 'अतिपरिचयात् अवज्ञा' या न्यायाने अतिशय सामान्य वाटतात. सोप्या वाटतात. खरे तर त्यात असे काही रहस्य लपलेले असते, की ते उलगडण्यात अतिशय आनंद मिळतो. या विचारातून भौतिकशास्त्राशी खेळता खेळता डॉ. पार्थ घोष, डॉ. दीपंकर होम ह्यांनी हे पुस्तक तयार केले आहे. मराठी अनुवाद श्री. आर. एम. देशपांडे ह्यांनी केला आहे.

पुस्तकाच्या प्रस्तावनेतच फार गंमतीशीर उदाहरण दिले आहे. आपल्या प्रसिद्ध आत्मचरित्रात रिचर्ड फाईनमन एक आठवण सांगतात - कार्नेल विद्यापीठाच्या

चहापानगृहात एक व्यक्ती चाळे करीत असताना त्यांनी पाहिली. त्या व्यक्तीने एक ताटली हवेत फेकली. त्या ताटलीवर कार्नेल विद्यापीठाचे एक पदक होते. त्या पदकाचा रंग लाल होता. ही ताटली हवेत फेकली असताना फाईनमन ह्यांना असे आढळले, की लाल पदकाचा गोल फिरण्याचा वेग हा हेलकावे खाण्याच्या वेगापेक्षा जास्त होता. ह्या घटनेबद्दल ते विचार करू लागले. संबंधित भौतिकशास्त्राशी 'खेळू' लागले. ते म्हणतात, 'ताटलीच्या हेलकाव्यावर उगाच केलेला विचार, त्यासाठी काढलेल्या आकृत्या, त्या संबंधांत

तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी

नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया (१९९५) किंमत रु. ३२/-

झालेला अभ्यास इत्यादींनी मला नोबेल पुरस्कार मिळवून दिला. त्यामुळे या लेखकद्वयांनी तरुण वाचकांना अशी विनंती केली आहे, की 'वर वर क्षुल्लक वाटणाऱ्या घटनातील खाचाखोचा, रहस्य जरूर शोधा. ह्या अतिपरिचित घटनांकडे दुर्लक्ष करू नका. न जाणो, त्यातून तुम्हालाही नोबेल पुरस्कार मिळू शकेल.'

काही वर्षांपूर्वी दूरदर्शनवर 'क्रेस्ट' हा कार्यक्रम होत असल्याचे काही जणांना आठवत असेल. या कार्यक्रमाच्या सूत्रधारामध्ये डॉ. घोष होते. तसेच 'सायन्स टुडे', 'अमृत बाजार पत्रिका' ह्यांच्या स्तंभातून केलेल्या नियमित लेखनातून हे पुस्तक साकार झाले आहे.

भौतिकशास्त्राच्या पुस्तकात नेहमी उष्णता, प्रकाश, ध्वनी वगैरे विषयांप्रमाणे भाग पाडलेले असतात. या पुस्तकात मात्र कोडी कुठे आढळतात यानुसार भाग पाडले आहेत. उदा. काही कोडी स्वयंपाकघरात, काही निसर्गात, काही खेळाच्या मैदानात, काही सिनेमा पाहताना तर काही कादंबरी वाचताना आढळतात.

पुस्तकाच्या शेवटच्या भागात उत्तरे न सापडलेली कोडी दिली आहेत. त्यांची उत्तरे रिचर्ड फाईनमनची चिकित्सक वृत्ती ठेवून शोधण्याचे वाचकांना आव्हान आहे.

मुलांना आपण सतत हे कर, हे करू नको अशी सूचना देत असतो. फ्रिजमधून

बर्फाचा ट्रे आणताना 'बर्फाला जीभ लावू नकोस बरं का!' किंवा 'इस्त्री करताना कपड्यांवर थोडे पाणी शिंपडायला विसरू नकोस' असे सहज सांगतो. पण असे का करायचे असा प्रतिप्रश्न जर मुलाने विचारला आणि (मी सांगते म्हणून असे उत्तर न देता) त्याचे कारण देता आले तर मुलं किती खूश होतील! या पुस्तकात अशा सोप्या वाटणाऱ्या शंका आणि त्यांची उत्तरे मागे दिली आहेत. श्री. सुपर्णो चौधरी ह्यांनी काढलेली चित्रेही फार सुरेख आहेत.

पुस्तकाचा मराठी अनुवाद करताना मात्र बऱ्याच ठिकाणी अतिशय क्लिष्ट शब्द वापरले आहेत. उदा. 'गुरुत्वाकर्षणाची ऐशी तैशी' यात "घूर्णी भांड्याचे तळ वरती व तोंड जरी खाली असले तरी त्यातील द्रव खाली पडणार नाही. द्रव खाली पडण्यास घूर्णन प्रतिबंध करते." असे वाक्य आहे. या ठिकाणी 'घूर्णी' या शब्दाच्या ऐवजी 'भांडे वेगाने फिरत असता' असेही म्हणता आले असते.

अर्थात ही अडचण बाजूला सारता येणारी आहे. त्यामुळे 'चहाच्या कपातील कोडी' सोडवण्याचा आनंद आपण जरूरच घ्यावा. आपल्या रोजच्या आयुष्यातील विज्ञान सोपेपणाने, मराठीतून समजावून घेणे या पुस्तकामुळे शक्य होते. काही कोडी आणि त्यांची उत्तरे नमुन्यादाखल दिली आहेत-

प्रश्न : बर्फाच्या तबकाला जिभेने स्पर्श करू नका.

बर्फाच्या तबकाला तुम्ही कधी हाताने स्पर्श केला आहे का? स्पर्श केला असताना तुम्हाला असे आढळून आले असेल की तुमची बोटे त्याला चिकटतात. याचे कारण काय? जिभेने तबक चाटण्याचा प्रयत्न करू नका. तुम्हाला त्रास होईल.



उत्तर : तुमची बोटे नेहमीच ओली असतात. म्हणजेच त्यांच्यावर पाण्याचा अतिशय पातळ थर पसरलेला असतो. ज्या वेळेस तुम्ही तबकाच्या बाह्य हिमाच्छादित भागाला बोटांने स्पर्श करता तेव्हा तुमच्या बोटावरील पाणी गोठते. बोटांच्या दाबामुळे हे गोठलेले पाणी तबकाच्या बाह्य पृष्ठभागावरील बर्फाच्या स्फटिकांना चिकटते. तबकाच्या हिमाच्छादित भागाला जिभेने स्पर्श केल्यास जीभ तबकाला चिकटेल. त्यामुळे जिभेच्या स्पर्शित भागावरील मांसाचा तुकडा ओढला जाईल.

प्रश्न : उतू जाणारा द्रव

दूध उकळत असताना सारखे उतू जात असते. ही एक कटकटीची बाब असते. दूध उतू न जाऊ देण्यासाठी सारखे लक्ष ठेवावे लागते. काही जण असे सांगतात की दुधामध्ये सुरवातीपासूनच एक चमचा टाकल्यास दूध उतू जात नाही आणि कायम लक्ष ठेवण्याचा त्रास वाचतो. दुधात आणि वरणातसुद्धा असा कोणता गुणधर्म असावा, की ज्यामुळे त्यात चमचा टाकल्यास उतू जाणे बंद होते?



उत्तर : दूध तापवित असताना त्याच्यातील स्निग्ध पदार्थ अलग होतात व त्यांचे पृष्ठभागावर एक पातळ पटल तयार होते, हे प्रत्येकाला माहित असते. दुधात तयार होणारे वाफेचे बुडबुडे (दुधात बरेचसे पाणी असते) या पटलामुळे अडविले जातात. या बंदिस्त वाफेच्या दाबामुळे हे पटल भांड्यात वरवर जाते व शेवटी काही दूध उतू जाते. दूध सतत ढवळत राहिल्यास हे पटल फाटते व आतील वाफेचा दाब कमी होतो. त्यामुळे दूध उतू जात नाही. अन्वीक्षा नि प्रमाद पद्धतीचा अवलंब करून गृहिणीने तंत्र शोधून काढले आहे.



प्रश्न : साबण आणि मळ

साबणामुळे आपल्या शरीरावरील व कपड्यातील मळ का निघतो, याबद्दल तुम्हाला काही कल्पना आहे का?

उत्तर : मळाचे कण तेलकट अथवा प्रभारित असतात. निव्वळ पाण्याने धुवून ते निघत नाहीत कारण त्याचा अंगभूत गुण आपल्या शरीरावर आणि कपड्यावर

चिकटण्याकडे असतो. विशेष म्हणजे तेल पाण्यात मिसळत नाही. साबणाच्या रेणूंचे वैशिष्ट्य असे की, (त्यांच्या रैणव रचनेमुळे) त्यांचा गुण तेलकट व प्रभारित कणांना चिकटण्याकडे असतो. नंतर पाण्याने धुतल्यामुळे कपड्यातील मळ साबणासहित निघून जातो.



उड्या मारणारे दगड

तलावाच्या काठावर उभे राहून पाण्यात दगड फेकणे हा लहान मुलांचा एक आवडता खेळ. मुले बरेचदा दगड विशेष कौशल्याने पाण्यात फेकतात. त्या वेळेला असे दिसते की दगड जणू काही उड्या मारीत पाण्याच्या पृष्ठभागावर पुढे चालला आहे. ह्या प्रकारात दगड एका ठिकाणी पाण्याच्या पृष्ठभागाला स्पर्श करतो. तो तेथे

पाण्यात बुडत नाही. तेथून तो हवेत उसळतो. नंतर काही अंतर पुढे जाऊन दगड पाण्याच्या पृष्ठभागापासून पुन्हा उसळतो. असे करीत करीत तो पुढे जातो. वरील आकृतीत दगड पुढे कसा जातो हे दाखविले आहे. वरील खेळात तुम्हाला असे आढळून आले असेल की दगडाच्या क्रमशः होणाऱ्या उड्यांचा टप्पा हळूहळू कमी होत जातो व शेवटी दगड थांबतो

आणि पाण्यात बुडतो. कोलंबिया विद्यापीठाचे प्रोफेसर इ.एच. राईट ह्यांना समुद्र किनाऱ्यावरील पक्क्या जमून बसलेल्या ओल्या वाळूवरून वरील प्रमाणेच दगड उडवत पुढे नेण्याची भलतीच अफलातून कल्पना सुचली. त्यांनी एक विलक्षण चमत्कार शोधून काढला. त्यांना आढळले ते असे की दगडाच्या पहिल्या उडीचा टप्पा कमी असतो. त्यानंतर होणाऱ्या उडीचा टप्पा थोडा अधिक असतो. त्यानंतर होणाऱ्या उडीचा टप्पा पुन्हा कमी आणि असेच दगड थांबेपर्यंत

घडत जाते. (दगडाचे उड्या मारणे येथे आवर्ती वाटते) नियमित आकाराच्या सगळ्या दगडांसाठी असाच प्रकार आढळून येतो. राईट यांनी केलेल्या पहिल्या निरीक्षणापासूनच ह्या चमत्काराचा सविस्तर अभ्यास करण्यात आला. त्यासाठी शीघ्रगतीने छायाचित्रे काढण्याची पद्धत देखील वापरली गेली. आम्हाला असे आढळते की ह्याबाबत दिलेली सर्व स्पष्टीकरणे बरीच क्लिष्ट आहेत. ह्याबाबत सोपे गुणात्मक स्पष्टीकरण आम्हाला हवे आहे. कदाचित तुम्ही मदत करू शकाल.



नाचणारी धार

नळाची तोटी चालू करा. तोटीला उलट्या दिशेने असे फिरवा की नळातून पडणारी धार बारीक व संथ राहिल. आता धारेमध्ये तुमचे बोट ठेवा. बोटापासून तोटीपर्यंतच्या धारेत अप्रगामी तरंगासारखा आकृतीबंध तयार झालेला दिसतो. या आकृतिबंधाची आवर्तिता ही तुमचे बोट व

तोटी यामधील अंतरावर अवलंबून असते, ह्याची नोंद घ्या. या विचित्र प्रकाराचे कोणतेही समाधानकारक उत्तर आम्हाला माहित नाही. या बाबत करू शकाल का तुम्ही आम्हाला काही मदत? ❖

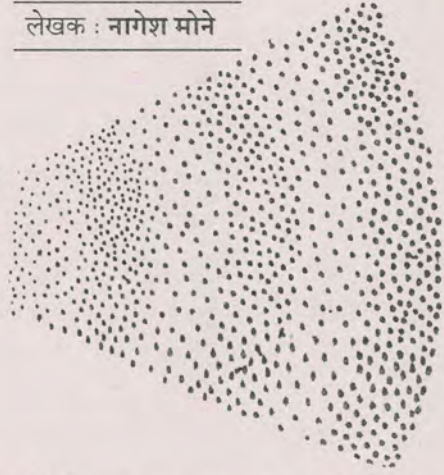
लेखक : विद्या साताळकर

पालकनीती गटात सहभागे, साहित्याची आवड.



ध्वनी : वेग

लेखक : नागेश मोने



वस्तूमध्ये निर्माण झालेली कंपने वस्तूभोवतालच्या हवेत कंपने उत्पन्न करतात अन् ध्वनीतरंगांची निर्मिती होते. वस्तू केंद्रस्थान बनते अन् ध्वनीलहरी सर्व दिशांनी समान वेगाने प्रसारित होतात. या लहरी कानांवर आदळल्या की कानाच्या पडद्यात कंपने उत्पन्न होतात अन् आपल्याला आवाजाची जाणीव होते. आपण ऐकू आलेल्या हाकेला जणू “ओ” देता!

ध्वनीलहरीचे हे प्रसारण निसर्गतः किती वेगाने होते! एक मजेशीर प्रश्न नेहमी उपस्थित केला जातो-वीज अगोदर दिसते अन् ढगांचा गडगडाट नंतर ऐकू येतो, असे का? प्रकाशाचा वेग ध्वनीलहरींच्या वेगापेक्षा खूपच अधिक आहे म्हणून हे घडते. असाच आणखी एक प्रश्न-एखाद्या मैफिलीमधील वादकाच्या

वाद्याचा आवाज अगोदर कोण ऐकेल ? त्याच्या समोर बसलेला १५ फुटावरचा श्रोता, का रेडिओवर त्याचवेळी संगीत ऐकणारा श्रोता? चमत्कारिक वाटेल तुम्हाला पण १०० किमी वरचा श्रोता आधी ऐकतो अन् १५ फूटांवरील श्रोता नंतर! ध्वनीचा वेग आहे ३४० मी/सेकंद. त्यामुळे १५ फूट म्हणजे साधारण ५ मीटर जाण्यासाठी त्याला वेळ लागतो ५/३४० म्हणजे १/६८ सेकंद. तर १०० किमी वरील श्रोत्याकडे ध्वनी रेडिओतरंगामार्फत पाठविला जातो (जे तीन लाख किमी जातात १ सेकंदाला), त्यासाठी त्यांना $100/300000 = 1/3000$ सेकंद वेळ लागतो. १/३००० सेकंद हे खूप लहान आहे १/६८ सेकंदांच्या तुलनेत!!

वेग म्हणजे अंतर अन् कालावधी यांचे

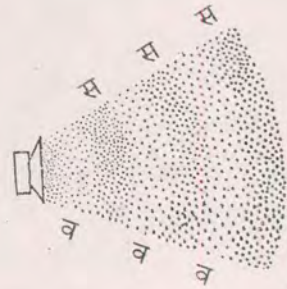
गुणोत्तर. आपण वाहनाचा वेग 60 km/hr म्हणतो म्हणजे ते वाहन 1 तासात सरासरी 60 कि.मी. जाते असा त्याचा अर्थ असतो. ध्वनीलहरीचे 1 आंदोलन पूर्ण होण्यास 1 सेकंद लागल्यास त्या वेळेत कापलेले अंतर म्हणजे तरंग लांबी. ही तरंगलांबी λ या चिन्हाने दर्शवितात. λ म्हणजे लॅम्बडा. प्रत्येक वेळी 1 सेकंदात 1 आंदोलन होते असे नाही. n आंदोलनांसाठी 1 सेकंद लागल्यास 1 आंदोलनासाठी $1/n$ कालावधी लागणार. एका आंदोलनात कापलेले अंतर म्हणजे तरंग लांबी हे आपण वर पाहिलेच. म्हणून अंतर λ व कालावधी $1/n$ सेकंद यांचा भागाकार होणार $n\lambda$ म्हणून वारंवारता व तरंगलांबी यांच्या गुणाकाराने मिळणारा वेग म्हणजे

$$v = n\lambda$$

ध्वनीलहरींचा विचार करताना शिखर आणि दरी असणाऱ्या आकृतीचा विचार सामान्यतः केला जातो. आयाम, आवाजाची पट्टी, वारंवारता, तरंगलांबी या संकल्पनांचा विचार करणे या आकृतीमुळे सोपे जाते. पण प्रत्यक्ष ध्वनी मात्र या शिखरदरी असणाऱ्या अवतरंगांचा नसतो, तो असतो अनुतरंगांचा.

सुरुवातीची आकृती ही हवेचे कण सर्वत्र सम प्रमाणात विखुरल्याची आहे. दुसऱ्या आकृतीत घंटानाद झाल्यानंतरची स्थिती आहे. तिसरी आकृती दुसऱ्या आकृतीचीच नुधारीत आवृत्ती आहे. घंटेचा टोल वाजविल्याने घंटेलागतची हवा जोराने आंदोलित होते व कमी जागेत अधिक कण एकवटतात व हवेचे संकोचन होते. यालाच संपीडन म्हणतात. शिखर म्हटले की दरी आलीच किंवा खड्डा खणला की मातीचा ढीग तयार होणारच इतके स्वाभाविक आहे हे. संपीडन क्षेत्रात कमी जागेत अधिक कण आल्याने हवेचा दाब व घनता वाढते. आकृतीत 'स' म्हणजे संपीडन व 'व' म्हणजे विरलन.

वायुरूप, द्रवरूप व स्थायुरूप अशा तिन्ही माध्यमातून ध्वनीलहरी प्रसारीत होऊ शकतात. माध्यमाशिवाय ध्वनीलहरींचे वहन होऊच शकत नाही. चंद्रावर हवा अत्यंत विरळ असल्याने ध्वनीचे वहन आत्यंतिक क्षीण असते. पृथ्वीसभोवतालच्या वातावरणापलीकडे निर्वात प्रदेश असल्याने ग्रह ताऱ्यांवरील प्रचंड स्फोटांचे आवाज



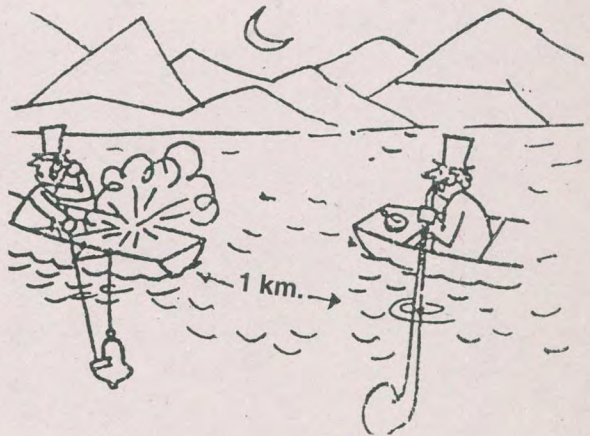
आपल्यापर्यंत पोहोचू शकत नाहीत. माध्यम बदलताना प्रकाशाप्रमाणेच त्यांचे वर्तनही बदलते. ध्वनीचे हे अपवर्तन शास्त्रीय भाषेत प्रणमन म्हणून, इंग्रजीत refraction म्हणून प्रसिद्ध आहे.

वायुरूप माध्यमातील ध्वनीचा वेग मोजण्यासाठी प्रतिध्वनीचा वापर केला जातो. मूळ ध्वनी परावर्तक पृष्ठभागावर आपटून पुन्हा ऐकू आला की प्रतिध्वनी उत्पन्न झाला असे म्हटले जाते. एखाद्या इमारतीच्या उंच भिंतीपासून २००-२५० फूट अंतरावर उभे राहून टाळ्या वाजवून त्यांचे प्रतिध्वनी मिळविले जातात व त्यासाठी किती कालावधी लागला यावरून वेग ठरविला जातो. निश्चित अंतर माहित असणाऱ्या टेकड्यांच्या साहाय्यानेदेखील ध्वनीचा वेग मोजला जातो. स्फोटकांच्या स्फोटांमुळे दिसणाऱ्या प्रकाशाची नोंद दुसऱ्या टेकडीवर घेतली जाते व नंतर ऐकू येणारा आवाज किती वेळाने ऐकू आला यावरून वेग काढला जातो. वायुरूप माध्यमात ध्वनीलहरींचा वेग आहे ३४० मीटर प्रति सेकंदास. अर्थात हा सरासरी वेग आहे.

द्रवरूप माध्यमातील ध्वनीचा वेग कसा काढतात हे पाहण्यापूर्वी द्रवरूप माध्यमात ध्वनीचे वहन होते का हे

पहावयास हवे. पाण्याखाली विशिष्ट घंटांनाद केल्यास मासे त्या आवाजाकडे आकर्षित होतात हे फॉन गुइरिक या शास्त्रज्ञाला ३०० वर्षापूर्वीच आढळले आहे. आजकाल कोळीसुद्धा ध्वनी उत्पन्न करणाऱ्या इलेक्ट्रॉनिक माध्यमांच्या सहाय्याने मासे पकडतात. योग्य संगीत वा धून कानावर पडली की काही जातीचे मासे जोडीने नृत्य करतात असेही आढळल्याच्या नोंदी आहेत. पाण्याखाली दोन दगडांच्या आघाताने ध्वनी निर्माण करून तुमच्या दुसऱ्या पोहणाऱ्या मित्राला पाण्यात ऐकण्यास सांगा. इतके कशाला, आवाज काढणारे खेळणे बादलीतल्या पाण्यात दाबा अन् बादलीला कान लावून ऐका! द्रवात ध्वनी प्रवाहित होतो असे लक्षात येईल तुमच्या.

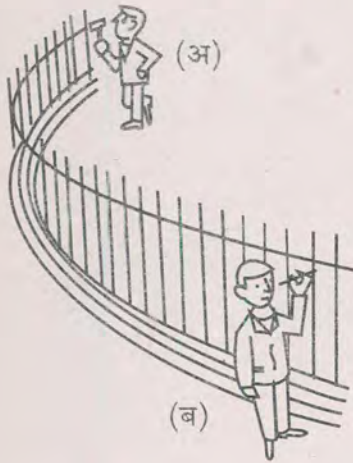
स्विस शास्त्रज्ञांनी केलेला प्रयोग इथे दिला आहे. एका तळ्यात एकजण बोटीत बसला व त्याने पाण्यात असणाऱ्या घंटेवर



हातोड्याने आघात करुन ध्वनी उत्पन्न केला व त्याचवेळी बंदुकीच्या पावडरचा स्फोटही केला. त्याच्यापासून १ कि.मी. अंतरावरील दुसऱ्याने तो ध्वनी ऐकण्यासाठी एक सोयही करुन ठेवली होती. पावडरचा स्फोट झाला त्या वेळेपासून घंटेच्या आवाजापर्यंतचा कालावधी लक्षात घेऊन वेग काढला.

ध्वनीचा पाण्यातील वेग हवेतील वेगाच्या $4\frac{1}{2}$ पट असतो असे लक्षात आले. म्हणजे हवेत ध्वनी सेकंदाला ३४० मीटर जातो तर पाण्यात एका सेकंदात १५३० मीटर म्हणजे दीड किलोमीटर जातो! १५३० मीटर म्हणजे १ मैल! अलिकडे वेग मोजण्यासाठी जलरोधी मायक्रोफोन्सचा वापर करुन अधिक अचूकता आणली आहे पण मूळ तत्त्व मात्र तेच आहे. ध्वनीचा वेग टर्पेटाईनमध्ये १३२५ मीटर, तर अल्कोहोलमध्ये १२५० मीटर प्रतिसेकंदास आहे.

वायुरूप माध्यमापेक्षा द्रवरूप माध्यमात



ध्वनीचा वेग वाढल्याचे आपण पाहिले. स्थायुरूप माध्यमात तर ध्वनीचा वेग फारच अधिक आहे. टेबलाला कान लावून हाताने टेबलावर टक्टक करी, ध्वनी जोरात ऐकू येतो. पापड खाताना ध्वनी जोरात जाणवतो. आपल्याला. म्हणजे ध्वनी स्थायूतून प्रवाहित होतो हे नक्की!

शेजारील आकृतीतील एक गमतीदार प्रयोग पहा. एका लोखंडी कठड्यावर 'अ' या ठिकाणची व्यक्ती आघात करते आहे तर 'ब' या ठिकाणची व्यक्ती पेन्सिलीच्या साहाय्याने ऐकत आहे. हवेच्या माध्यमातूनही ध्वनी येतो आहे तर धातूमधूनही ध्वनीचे वहन होते आहे. धातूमधून होणारे वहन 'ब' ठिकाणच्या व्यक्तीस लवकर जाणवते. ध्वनीचा लोखंडामधून वहनाचा वेग हवेतील वेगाच्या १६-१७ पट असतो. लोखंडात तो एका सेकंदास सुमारे ६००० मीटर जातो.

माध्यमातून होणारे ध्वनीचे वहन हे त्या माध्यमाच्या घनतेवर व स्थितीस्थापकतेच्या गुणधर्मावर अवलंबून असते. माध्यमावरील दाब वा ताण काढून घेतल्यास त्याची मूळची स्थिती त्याला प्राप्त होते या गुणधर्मास स्थितीस्थापकत्व म्हणावयाचे. इंग्रजीत इलॅस्टिसिटी. हे स्थितीस्थापकत्व एका संख्येने व्यक्त करतात. या संख्येस म्हणावयाचे गुणांक अथवा स्थितीस्थापकत्वाचा सहगुणक. तो E अक्षराने दर्शवितात. घनता जर d अक्षराने दर्शविली तर E आणि d यांच्या गुणोत्तराच्या

वर्गमुळाइतका ध्वनीचा वेग असतो, असे न्यूटनने सिद्ध केले.

$c = \sqrt{E/d}$, $c =$ ध्वनीचा वेग

E/d या गुणोत्तराची किंमत वायूंपेक्षा द्रवाची वा द्रवांपेक्षा स्थायुरूपांची अधिक असल्याने ध्वनीलहरींचा वेग क्रमशः वाढत जाणारा आढळतो. अर्थात ध्वनीच्या वेगावर परिणाम करणारे-तापमान, हवेची आर्द्रता, वाऱ्याचा वेग व दिशा हेही घटक महत्त्वाचे आहेत.

वायूंचे तापमान वाढले की त्यांची घनता कमी होऊ लागते व E/d या गुणोत्तराचे मूल्य वाढत जाते व ध्वनीचा वेगही वाढत जातो. तापमान कमी झाले की ध्वनीचा वेग कमी होतो. ध्वनीलहरींचा वेग 0° सेल्सिअसला साधारण ११०० फूट प्रतिसेकंद इतका आहे. एका अंशाने तापमान वाढले की प्रतिसेकंद २ फूट वेग वाढतो. म्हणजे 25° से. तापमानाला तो $1100 +$ वरचे ५० मिळून ११५० फूट होतो दर सेकंदास. म्हणजे ७७६

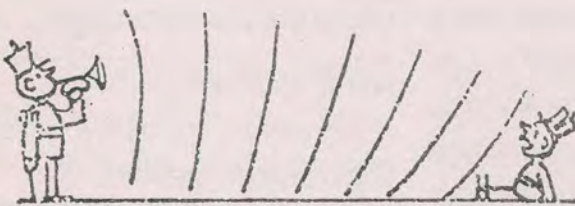
इतके मैल ताशी वेग होणार! अर्थात उलटही खरे आहे हे. 0° सेल्सिअसपेक्षा तापमान घसरले की कमी होणाऱ्या प्रत्येक एका अंशाला २ फूट प्रतिसेकंद घटही होते त्याच्या वेगात.

हवेची आर्द्रता वाढल्यास घनता कमी होते व E/d या गुणोत्तराची किंमत वाढते व आर्द्र हवेत ध्वनीचा वेग वाढतो.

वाऱ्याच्या दिशेने ध्वनीलहरींचे प्रसारण झाले तर ध्वनी दूरपर्यंत ऐकू जातो. वाऱ्याची दिशा व ध्वनीलहरींच्या प्रसारणाची दिशा परस्पर विरुद्ध असल्यास ध्वनी दूरवर पोचू शकत नाही.

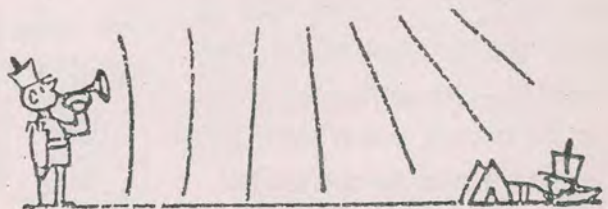
हवा निरनिराळ्या थरांची बनलेली असल्याने जमिनीलागतच्या हवेचा थर सर्वात कमी वेगाचा तर वरचे थर क्रमाने अधिक वेगाचे राहतात, त्यामुळे ध्वनीवहनाचे वेगवेगळे आविष्कार दृष्टोत्पत्तीस पडतात.

वाऱ्याची गती शून्य असल्यास



थंड पृष्ठभागामुळे ध्वनीचा वेग कमी होतो.

उष्ण पृष्ठभागामुळे ध्वनीचा वेग वाढतो.



ध्वनीलहरी एकाच प्रतलात सारख्या वेळेत सारखेच अंतर जातात.

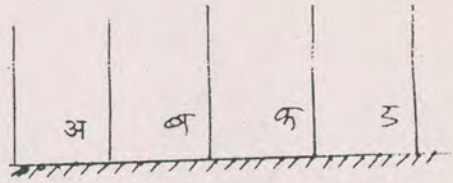
वाऱ्याची व ध्वनीलहरींची दिशा एकच असेल तर तरंगमुखाचा वरचा भाग जास्त वेगाने वाहत जाईल व तो भाग जमिनीकडे झुकेल व व्यक्तीला तीव्र ध्वनी ऐकू येईल.

तरंगमुख म्हणजे लहरीचा परिणाम ज्या पृष्ठभागावर होतो तो पृष्ठभाग. इंग्रजीत Wave front.

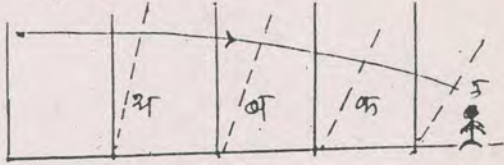
वाऱ्याची दिशा व ध्वनीलहरींचे प्रसारण विरुद्ध दिशांनी होत असल्यास तरंगमुख विरुद्ध दिशेला झुकल्याने ध्वनी वरच्या दिशेने जातील व श्रोत्यास क्षीण ध्वनी ऐकू येईल.

ध्वनीवेगावर परिणाम करणाऱ्या या घटकांबरोबर आणखी एक मुद्दा फारच महत्त्वाचा आहे. ध्वनीलहरीच्या म्हणजे अनुतरंगाच्या संपीडनांमधील वा विरलनामधील अंतर कमी जास्त का असेना, ध्वनीची पट्टी कमी अधिक का असेना, ध्वनी समान वेगानेच प्रेषित होतो. तरंगलांबी खालच्या पट्टीतील स्वरासाठी वाढते तर वरच्या पट्टीतील स्वरासाठी कमी होते त्यामुळे व्यक्तीचे निरनिराळ्या तरंगलांबीचे व पट्टीतील स्वर ऐकणाऱ्याच्या कानावर एकाच वेळी आदळतात व आपण गाण्याला दाद देतो!

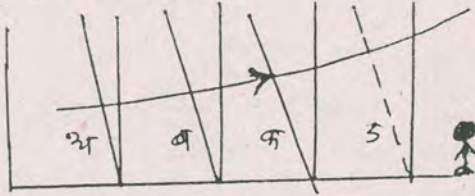
वाऱ्याची गती शून्य



→ वाऱ्याची दिशा



← वाऱ्याची दिशा



गाण्यावरून आठवले म्हणून सांगतो की न्हाणीघरातील गाण्याच्या वृत्तीचा निनादन या ध्वनीच्या गुणधर्माशी संबंध आहे. त्याबद्दल पुढील लेखात अधिक संवाद साधूयात. ❖

लेखक : नागेश मोने

द्रविड हायस्कूल, वाई येथे शिक्षक, विज्ञान वाचनालय चालवितात.



ऐंशी दिवसांत जगाची सफर



लेखक : ज्यूलस व्हर्न संक्षिप्त अनुवाद : शुभदा जोशी

१८७० सालानंतरचा काळ. १७५६ ते १८५७ पर्यंत ईस्ट-इंडिया कंपनीने भारतावर राज्य केले, त्यानंतर आता इंग्लंडच्या राणीचे राज्य चालू झाले होते. 'ग्रेट इंडियन पेनिन्सुला रेल्वे' नव्यानेच चालू झाली होती. या काळामध्ये इंग्लंडमध्ये ही गोष्ट सुरू होते. मित्रांशी पैज मारून फिलिस फॉग ऐंशी दिवसात जग प्रदक्षिणा करायला निघाले. पुढे काय काय झालं ते पाहू या.

२ ऑक्टोबर १८७२ ची लंडनमधील सकाळ. प्रसन्न उन्हाळा संपून थंडीला सुरवात झाली होती. अधून मधून नेमानं हजेरी लावणारा पाऊस तर होताच.

फिलिस फॉग हे लंडनमधील श्रीमंत उमराव. बिल नावाच्या माणसाशी ते बोलत होते. तो त्यांच्याकडे नोकर म्हणून काम करू इच्छित होता. चाळीस वर्षांचे फॉग चांगले उंच व देखणे होते. तीस वर्षांचा

बिल सर्कशीतला कसरतपटू होता. फॉगनी विचारले, "माझं आयुष्य संथ आहे. मी एकटाच असतो. तुला ते अगदी अळणी वाटेल, चालेल?" "मला आता शांत आयुष्यच जगायचं आहे. धकाधकीच्या जीवनाचा मला कंटाळा आलाय." बिल म्हणाला. हे पटून फॉगनी त्याला कामावर ठेवलं.

फॉग काटेकोर स्वभावाचे होते. त्यांच्या

वेळा सांभाळल्या की त्यांचे काम सोपे होते. ते सकाळी क्लबात जात ते रात्रीच परतत. बिल खूष होता. □ □ □

आज क्लबात जोरदार चर्चा चालू होती. शहरात बँकेवर मोठा दरोडा पडला होता. फॉग यांचे मित्र अंदाज करत होते.

“पोलिस त्याला मुळीच पकडू शकणार नाहीत. तो देशाच्या बाहेरही गेला असेल.” स्टुअर्ड म्हणाले.

असं होणार नाही. लंडनमधून बाहेर पडायच्या आत सगळ्या वाटांवर पोलिसांची नजर असणार”

दुसरा मित्र म्हणाला, “चोराला पकडायला मोठं बक्षिस जाहीर झालंय. पळून पळून पळणार कुठे?”

“जग फार मोठं आहे.” स्टुअर्ड.

त्यावर तो मित्र म्हणाला, “पण आता ते वाहतुकीच्या मार्गांनी जोडलं गेलंय. एखादा माणूस तीनेक महिन्यात सहज जगाची सफर मारून येईल.”

फॉगच्या डोक्यात चक्रं सुरु झाली होती, “तीन महिने कशाला ? ऐंशी दिवस खूप झाले.” ते म्हणाले.

“छे हो, कसं शक्य आहे? वादळ... दंगे... काहीही अडचणी येऊ शकतात. इतकं सोपं नाही ते!” “अशक्य काही नाही, ऐंशी दिवस पुरेसे आहेत, मी स्वतः फेरी मारून दाखवतो.” फॉग म्हणाले.

“पैज लावणार ?” स्टुअर्ड. “चला लावली पैज. मी पैज हरलो तर बँकेतले माझे सगळे पैसे तुमचे.” फॉगनी डायरी पाहून म्हटले, “आज २ ऑक्टो. बरोबर ऐंशी दिवसांनी, २१ डिसेंबरला रात्री मी इथे पोचेल.” □ □ □

वेळापत्रक

लंडन ते ब्रिंदिनी	आगगाडी	३ दिवस
ब्रिंदिनी ते सुएझ	जहाज	४ दिवस
सुएझ ते मुंबई	जहाज	१३ दिवस
मुंबई ते कलकत्ता	आगगाडी	३ दिवस
कलकत्ता ते हाँगकॉंग	जहाज	१३ दिवस
हाँगकॉंग ते जपान. (सिंगापूर मार्ग)	जहाज	९ दिवस
जपान ते सॅनफ्रॅन्सिस्को	जहाज	११ दिवस
सॅनफ्रॅन्सिस्को ते न्यूयॉर्क (अमेरिका)	आगगाडी	७ दिवस
न्यूयॉर्क ते लंडन	जहाज	९ दिवस

एकूण ८० दिवसांच्या आत

ऐंशी दिवसांच्या सफरीच्या या कल्पनें बिल चक्रावून गेला. सोबत त्यांनी थोडे कपडे, बरेचसे पैसे घेतले. जगभरच्या जहाजांचे नि आगगाड्यांचे वेळापत्रक घेऊन ते निघाले. पहिला आगगाडीचा प्रवास सुरू झाला. लंडन ते इटली मधलं ब्रिदिसी. संपूर्ण जगात फिरून, तऱ्हेतऱ्हेचे प्रदेश पहायला मिळणार म्हणून फॉग खूप होते. गाडीत बसल्या बसल्या त्यांनी एक सविस्तर वेळापत्रक तयार केलं.

खिडकीतून दिसणारा सभोवतालचा हिरवेपणा कमी होत होता. रूंद पानांची नि सूचिपर्णी वने मागे पडत होती. पॅरीस मधली जलाशयंही मागे पडत होती. आल्प्स पर्वत ओलांडून गाडी इटलीमध्ये शिरली. खेडी कमी झाली. तुरळक बुटकी झाडं नि फळाफुलांच्या बागा दिसू लागल्या. □ □ □

‘ब्रिदिसी ते मुंबई’ बोटीचा प्रवास, हा पुढचा टप्पा. भूमध्य सागरातून प्रवास सुरू झाला. पूर्व आणि पश्चिम जोडणारा सुएझचा कालवा. तिथे मात्र हवा खूपच गरम होती. भोवती अरबस्थानचा वाळवंटी प्रदेश होता. सुएझ बंदरात फिक्स नावाचा एक पोलिस अधिकारी प्रवाशांवर बारीक नजर ठेवून होता. त्याच्यावर लंडनच्या बँकेवर पडलेल्या दरोड्यातील चोर शोधायची कामगिरी होती. त्याला फॉगचा संशय आला. त्याच्याकडे संशयित

आरोपींचे फोटो होते. फॉगना पहाताच ‘हाच तो!’ असं त्याला खात्रीनं वाटू लागलं. त्याने फॉगचा पाठलाग करायचे ठरवले. त्यांना पकडण्याचे वॉरंट मिळावे म्हणून प्रयत्न सुरू केला. □ □ □

घुसमटून टाकणाऱ्या तांबड्या समुद्रावरच्या हवेतून बाहेर पडल्यावर सर्वांना हायसे झाले. जहाज अरबी समुद्रातून मुंबईला पोचले. मुंबईला दमट हवा होती. आता रेल्वेने कलकत्याला जायचं होतं. बिल खाली खरेदी करण्यासाठी शहरात गेला होता. फिक्स, फॉगना पकडण्यासाठी वॉरंटची वाट पहाच होते. ते अजून लंडनहून आले नव्हते. ‘आता काय करावे बरं’ फिक्स विचारात पडला. तेवढ्यात बिलचा आरडाओरडा त्याच्या कानी पडला. एका देवळात बूट घालून गेल्याने बिलला भरपूर मार खावा लागला होता. आणखी गाजावाजा नको म्हणून बिल व फॉग तेथून निघाले. एकदाचे आगगाडीत बसले. फिक्स मनातल्या मनात हसत होता.

तोही त्यांच्या पाठोपाठ गाडीत चढला. गाडी देशावरच्या पठारी भागाकडे जाऊ लागली, संह्याद्री ओलांडल्यानंतर हवा थंड नि कोरडी बनली. सदाहरित जंगलं मागे पडली. खुरटी झुडपं, गवत दिसू लागलं. मधूनच छोटी खेडी आणि त्यांच्या भोवतीची शेतं दिसत. प्रदेश सपाट सरळ असला तरी प्रवास सोपा नव्हता. मध्येच



काही भागात रेल्वेमार्गांचे काम चालू होते. प्रवाशांना गाडीतून उतरावं लागलं. इतर कुठल्या तरी वाहनानं पुढच्या स्टेशनवर पोचायचं होतं. जरूर पडल्यास पायी जायची सुद्धा फॉगची तयारी होती. पण अनवाणी पायांनी त्या घनदाट जंगलातून जायची बिलची मात्र तयारी नव्हती. मग त्यानेच धावपळ करून एक हत्ती आणि माहूत भाड्यान घेतला. हत्तीच्या पाठीवरच्या हौद्यात ते बसले. हेलकावे खात खात त्यांचा प्रवास चालू झाला.

जंगलात एका स्त्रीला मिरवणुकीने सती जाण्यासाठी घेऊन जात होते. ह्या विचित्र प्रथेबद्दल ऐकून फॉग संतापले, व त्या दुर्दैवी स्त्रीला वाचवण्याचा त्यांनी निश्चय केला. खरं तर त्यामुळे त्यांना उशीर होणार होता.

त्या दिवशी चितेवरून सतीला उचलून

नेणारे भूत लोकांना दिसलं. लोक घाबरून पळून गेले. ते भूत म्हणजे झाडावर लपून बसलेला बिल होता. त्या स्त्रीचं नाव होतं आवडा. तिला घेऊन पुढील प्रवास सुरू झाला. भारतात तिच्या जीवाला भीती होती. तिचे एक काका हाँगकाँगला रहात. तिला तिच्या काकांकडे पोचवावं असं त्यांनी ठरवलं. कलकत्यत पोचल्यावर आगगाडीतून उतरल्या उतरल्या या तिघांना पोलिसांनी पकडले. पण कशासाठी ते कोणालाच काही कळलेना. अखेर न्यायाधिकाऱ्यांच्या हातातले बिलचे बूट पाहून उलगाडा झाला. अर्थात हे कारस्थान फिक्सचेच होते. धार्मिक नियम मोडल्यामुळे फॉग व बिलला आठ दिवसांची कैदेची शिक्षा झाली. त्याऐवजी भरपूर दंड भरून सुटका करून घेण्यात फॉगनी यश मिळवले. फिक्स निराश झाला. पण या जोडीचा पाठलाग मात्र त्यानं सोडला नाही.

आता पुढे कलकत्ता ते हाँगकाँग असा बोटीचा प्रवास होता. बंगालच्या उपसागरातून सिंगापूरकडे बोट निघाली. सिंगापूरमध्ये ४-५ तास बोटीचा मुकाम होता. फॉग आणि आवडा आजूबाजूला थोडं फिरायला निघाले. रुपारचं कडक ऊन जाणवत होतं. झाडांचं गच्च हिरवेपणा मात्र सुखद होता. चारच्या सुमाराला पावसाला सुरवात झाली. सिंगापूर सोडून निघताना हवेत चांगलाच गारवा होता.

“रोज उन्हाळा, रोज हिवाळा नि रोजच पावसाळा. मजाच आहे.” फॉग मनात म्हणाले.

सिंगापूरहून निघून चिनी समुद्रातून त्यांना हाँगकाँगला जायचं होतं. या दरम्यान समुद्रात वादळ झाले. जहाजाचा वेग मंदावला. उशीर होतो आहे हे पाहून फिक्सला बरे वाटले. हाँगकाँगहून जपानकडे निघणारे जहाज चुकले तर ते त्याच्या पथ्यावरच होते. हाँगकाँग हा खरातर चीनचाच एक भाग. पण तेथे ब्रिटिशांची वसाहत होती. तेथे फॉगना अटक करणे फिक्सला शक्य होते. एकदा हाँगकाँगहून निघाल्यावर मात्र वाटेत कोठेही ब्रिटीशांचं राज्य नव्हतं त्यामुळे नंतर काहीही करणं फिक्सला अवघडच होतं. टोलेजंग इमारती, मोठे रस्ते आणि समुद्रकाठची हवा हे एखाद्या पश्चिमेकडच्या देशाशी मिळतेजुळतेच चित्र होते. पण माणसं चिनीच. पिवळ्या रंगाची आणि मिचमिच्या डोळ्यांची.

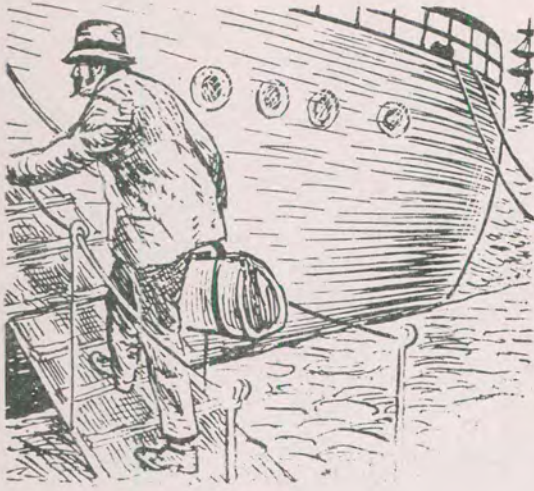
हाँगकाँगला बोट उशीरा पोचली. जपानला जाणारी बोट दुरुस्तीसाठी बंदरात अडकली होती. ‘बोट चुकली नाही’, हे पाहून सगळे आनंदले. हाँगकाँगमध्ये फॉगना आवडाच्या काकांचा पत्ता मात्र मिळाला नाही. शेवटी तिन्ही त्यांच्या बरोबरच लंडनला यायची तयारी दाखवली.

बिल बोटीची तिकीटे काढायला गेला. बोटीची दुरुस्ती पूर्ण झाल्याचं त्याला तिथे



कळालं. म्हणजे बोट त्याच रात्री निघणार. बिल आनंदला. पण फिक्स मात्र विचारात पडला. ह्या जोडीला इथंच अडकवणं त्याला भाग होतं. त्यानं बाजारात बिलशी ओळख करून घेतली. गप्पांच्या नादात बिलला भरपूर दारू पाजली. इकडे फॉगनी बिलची खूप वाट पाहिली. शेवटी सकाळी ते धक्क्यावर आले. जहाज तर निघून गेलेलं. पुढच्या जहाजाची वाट पहाण्यात अर्थ नव्हता. अखेर त्यांनी एका छोट्या जहाजातून शांघायला जायचं ठरवलं. फिक्स त्यांच्या मार्गावर होताच. तो थापा मारून त्यांच्याबरोबरच आला.

एवढ्या छोट्या बोटीनं प्रवास करण्याचा अनुभव काही औरच होता. वारा अनुकूल होता तोपर्यंत ठीक होतं. पण नंतर दक्षिणेच्या दिशेने जोरदार वारा वाहू



लागला आणि मुसळधार पाऊस सुरु झाला. पाण्याच्या लाटा जोराने बोटीवर आदळू लागल्या. वादळाची तीव्रता वाढत चालली होती. खलाशी मोठ्या कष्टानं जहाज सावरत होते. शीड उभं करत होते. शेवटी वादळ ओसरलं. त्या जीवघेण्या प्रवासातून बाहेर पडून मंडळी शांघायजवळ पोचली. पण पहातात तर काय? शांघायहून जपानला जाणारी बोट सुटली होती. फॉग निराश झाले नाहीत. त्यांनी खुणेची तोफ वाजवून 'बोट संकटात असल्याची खूण केली' जपानकडे जाणाऱ्या बोटीच्या कप्तानानं त्यांना मदत केली. सर्वांना बोटीवर घेतले. प्रवासाची गाडी रुळावर आली म्हणायची. □ □ □

पूर्वेकडचा सोनेरी प्रकाशाचा प्रदेश सुरु झाला. उन होतं पण त्यात धग नव्हती. पण बिल कोठे होता? जपानचे बंदर याकोहोमाला बोट पोचली. फॉगनी बिलचा

तपास केला. समजा बिल बोटीनं आधीच पोचला असेल तरी त्याच्याजवळ पैसे नव्हते. त्यानं काय केलं असेल? 'नक्कीच तो सर्कशीत सापडेल' असं फॉगना वाटलं. ते सर्कसच्या दिशेने निघाले. तिकिटं काढली. त्यांच लक्ष कुठे बिल दिसतो का इकडेच होतं. कसरतीचा खेळ सादर करताना बिल त्यांना दिसला. सर्कस मालकांना भरपाई देऊन सगळे

ताबडतोब जहाजावर आले.

इकडे फिक्सना फॉगसाठी पकड वॉरंट मिळाले होते. परंतु परक्या देशात ते अटक करू शकत नव्हते. आता इंग्लंड येईपर्यंत थांबणे भाग होते.

जहाज अमेरिकेच्या मार्गाला लागल्यावर बिलने त्याची सर्व हकीकत फॉग व आवडाला सांगितली. आवडानेही त्यांच्या धाडसी प्रवासाबद्दल बिलला सांगितले. आपल्यामुळे या दोघांना त्रास झाला म्हणून बिलला वार्ईट वाटले. "पुन्हा तो दारू पाजणारा दिसू तर देत बघतोच त्याच्याकडे" असे बिलला वाटायला आणि फिक्स नजरेस पडायला एकच गाठ पडली. त्यानं फिक्सला गाठून बदडायला सुरुवात केली. फिक्सने त्याला आपण गुप्त पोलिस असल्याचं आणि फॉग चोर असल्याचं सांगितले. आपल्या सज्जन

मालकावरचा हा आरोप ऐकून बिल संतापला. भरपूर मार आणि सज्जड दम देऊन त्याने फिक्सला सोडले. हे सर्व मालकांना सांगावं का? त्या भल्या माणसाला कशाला उगाच त्रास - असे त्याला वाटले. फॉगला त्याने काहीच सांगितले नाही. □ □ □

जगाच्या नकाशात पूर्वेकडे टोकाला जपान दिसते तर पश्चिमेकडे टोकाला अमेरिका. पण पृथ्वी गोल आहे. त्यामुळं या दोन्ही टोकांना सांधणारा प्रशांत महासागर लक्षात येत नाही. जगातला सगळ्यात मोठा आणि खोल असा हा महासागर. सुदैवानं प्रशांत महासागरातल्या

प्रवासात काही अडचण आली नाही. ठरल्याप्रमाणे अकरा दिवसांनी ते अमेरिकेला, सॅनफ्रॅन्सिस्कोला पोचले.

एखाद्या बंदरावर असावी अशीच हवा सॅनफ्रॅन्सिस्कोला होती. पण शेजारून जाणाऱ्या समुद्रातल्या थंड पाण्याच्या प्रवाहामुळे हवा थंड होती. आता रेल्वेने उत्तर अमेरिका ओलांडून पूर्व किनाऱ्यावरच्या न्यूयॉर्क येथे पोचायचे होते. अमेरिकेच्या आतल्या भागात, तिथले मूळ रहिवासी, रेड इंडियनांच्या टोळ्या होत्या. गोऱ्यांनी त्यांच्या जमिनी ताब्यात घेतल्यानं



ते आक्रमक बनले होते. त्यांच्या हल्ल्यांची भीती होती. बराच वेळ रेल्वे राॅकी पर्वताच्या डोंगराळ भागातून जात होती. डोंगराळ प्रदेश संपता संपताच गाडीवर रेड इंडियनांचा हल्ला झाला. ते प्रवाशांवर तुटून पडले. त्यांचे सामान हिसकावू लागले. वाटेत काही सैनिकांच्या छावण्या दिसल्या. ड्रायव्हरने गाडी थांबवली. सैनिकांना पाहून हल्लेखोर पळून गेले. सैनिकांनी जखमींवर उपचार केले. सुदैवानं फॉग व आवडाला फारसं लागलं नव्हतं. पण बिल कुठे दिसेना. त्याला हल्लेखोरांनी पळवून नेले

सहावीला गोष्ट सांगताना -

इयत्ता तिसरी पासून आपला जिल्हा, राज्य (४ थी), देश (५ वी) असं शिकत शिकत मुलं सहावीत पोचतात. आणि तिथे भूगोलाचा आवाका एकदमच वाढतो. शेजारी देशांच्या अभ्यासाबरोबरच, सबंध जगभरातले नैसर्गिक प्रदेश आणि भरीत भर म्हणून अक्षवृत्ते - रेखावृत्ते, स्थानिक वेळ प्रमाण वेळ अशा अतिशय क्लिष्ट संकल्पना येतात. अर्थात आम्हा शिक्षकांपुढे पर्याय नसतो. आलिया भोगासी ! त्यात भूगोलाला एकूण वेळापत्रकात सर्वात कमी वेळ, त्यामुळे संकल्पना पुरेशा स्पष्ट होतील असे काही प्रयोग करणंही अवघड जातं. सहावीला भूगोल शिकवत असताना, 'ऐंशी दिवसांत जगाची सफर' हे फार पूर्वी वाचलेल पुस्तक परत वाचनात आलं. पुस्तक धमालच आहे. ते सहावीच्या भूगोलाशी जोडता येईल असं वाटलं. कथेचा नायक फॉग ८० दिवसात पृथ्वीच्या प्रदक्षिणेची पैंज लावतो, त्यात ८० ऐवजी ८१ दिवस लागतात. तरीही पैंज जिंकतो. हे कसं ? हे रहस्य सोडवणं अभ्यास करण्यापेक्षा जास्त आकर्षक असतं.

दुसरं मला अतिशय महत्त्वाचं वाटलं ते म्हणजे कथेचा नायक जगभर फिरतो. सहाजिकच तो वेगवेगळ्या नैसर्गिक प्रदेशातून जातो. नवीन प्रदेश, तिथलं वातावरण, हवामान, वैशिष्ट्ये हे सगळं कथानकासोबतच नायकासमोर उलगडलं जाऊ शकतं. त्या वेळचे ऋतू, हवामान, निसर्ग ह्याबद्दल मुलांशी चर्चा होऊ शकते.

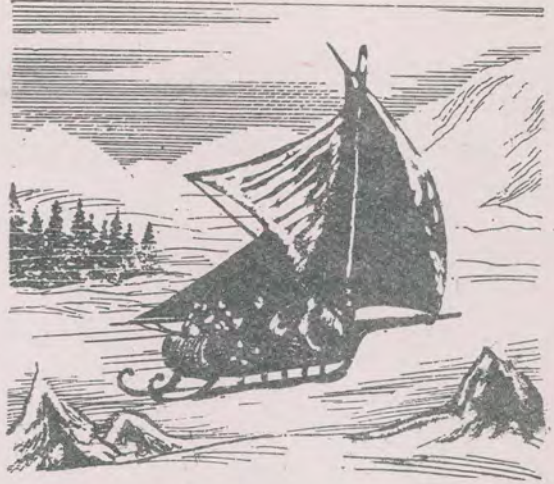
अर्थात मूळ पुस्तक रहस्यकथेच्या अंगानं जातं. त्यामुळे ते रंजकही बनतं. मूळ मोठ्या पुस्तकाची संक्षिप्त गोष्ट तयार करताना नैसर्गिक प्रदेशांचे उल्लेख कथानकात गुंफायचा आवर्जून प्रयत्न केला आहे. छोटी गोष्ट तयार करताना काही फेरफार करावे लागले आहेत. उदाहरणादाखल फॉग यांच्या सहाय्यकाचं नाव पॅसेपार्टूट आहे. अशा अवघड नावानं वाचकांनी विनाकारण अडखळू नये म्हणून ते बदलून 'बिल' केलं आहे.

सहावीच्या मुलांना नैसर्गिक प्रदेश शिकवून झाल्यावर आम्ही ही गोष्ट एकत्र वाचली. फॉग बरोबर जगाची सफर केली. त्या त्या ठिकाणी त्यांनी काय पाहिलं असेल यावर मुलांनी कल्पना मांडल्या, नकाशाच्या व इतर माहितीच्या अनुषंगानं तिथल्या हवामान, ऋतू, निसर्ग, लोकजीवनाबद्दल अनुमानं काढली. ८० आणि ८१ दिवसाचा घोळ मुलांनी विचार करून समजावून घेतला.

भूगोलाच्या अध्ययनात किंवा इतिहासाला जोडून किंवा आणखीही वेगळ्या पद्धतींनी याचा उपयोग करून घेता येईल.

शुभदा जोशी

काय? बिलला शोधायला फॉग व काही सैनिक निघाले. ड्रायव्हरने मात्र गाडी कुणासाठी थांबणार नाही असे जाहीर केले. आधीच उशीर झाला होता. फॉगनी उशीराची पर्वा केली नाही. फॉग यांच्या धैर्यांन आणि प्रेमळपणाने आवडाला भरून आले. त्यांची वाट पहात आवडाही तिथेच थांबली.



फिक्सला थांबण्याशिवाय दुसरा पर्याय नव्हता. आगगाडी निघून गेली.

तो नद्यांच्या खोऱ्यांचा विस्तीर्ण सपाट प्रेअरी प्रदेश होता. उन्हाळ्यात तापणारा, हिरव्या पिवळ्या गवताच्या कुरणांचा हा भाग. हिवाळ्यात मात्र एवढी थंडी की बर्फ पडायला लागतं, नद्या गोठून जातात. अशा बर्फाळ थंडीत रात्रभर आवडा नि फिक्स बसून राहिले. नावालासुद्धा आडोसा नव्हता. भारतासारख्या उष्ण भागातून आलेल्या आवडासाठी ती थंडी कल्पनेपलीकडची होती. डोळ्यात प्राण आणून आवडा वाट पहात होती. पहाटेच्या सुमारास फॉग व बिल सैनिकांसह येताना दिसले. आवडाला अतिशय आनंद झाला.

गाडीतर निघून गेलेली. पुढची गाडी थेट चोवीस तासांनी. पैजेची वेळ तर संपत आलेली. सैनिकांपैकी एकाकडे बर्फावरून धावणारी शिडाची गाडी होती. या मंडळींना

पर्यायच नव्हता. त्या छोट्या उघड्या गाडीत वाऱ्याबरोबर बर्फाचे कण शिरत होते. थंडीचा बंदोबस्तही अपुरा होता. थंडी हाडापर्यंत पोचत होती. अखेर गाडी जवळच्या ओमाहा स्टेशनपर्यंत आली. तोपर्यंत कडाक्याच्या थंडीनं सगळेजण गारटून गेले होते. स्टेशनवर उभी असलेली गाडी पकडायचेही बळ नव्हते. कसेबसे सगळे न्यूयॉर्क पर्यंत पोचले. □ □ □

न्यूयॉर्क ते लिन्हरपूल हा बोटीचा प्रवास. या रोमांचकारी सफरीचा शेवटचा टप्पा. लिन्हरपूलपासून फक्त ६ तासांवर लंडन. स्पर्धा जिंकायची वेळ जवळ यायला लागलेली. पण इथंही संकटांनी त्यांची पाठ सोडली नाही. त्यांची बोट थोडक्यात चुकली. धूर ओकणाऱ्या दुसऱ्याच एका जुनाट बोटीतून त्यांना हा प्रवास करायला लागला. या बोटीचा कप्तान मोठा तिरसट होता. त्याच्याशी

भांडून, बोटीचा प्रचंड आवाज सहन करत लिव्हरपूल पर्यंतचा प्रवास कसाबसा संपला.

आता फक्त सहा तासांवर लंडन. आवडा व बिल आनंदात होते. एकूण पैज जिंकणार तर ! इंग्लंडच्या जमिनीवर पोचताच फिक्सने फॉगसमोर अटकेचे वॉरंट फडकावले. फॉग चक्रावले. सगळ्या जगाच्या प्रवासात आपल्याबरोबर असलेला हा मनुष्य, एकाएकी असा काय वागतो हे त्यांच्या ध्यानात येईना. लंडनमधील बँक दरोड्यातले गुन्हेगार समजून त्यांना पकडले आहे, हे सांगितल्यावर त्यांनी कपाळालाच हात लावला. फॉगना तुरुंगात टाकले गेले.

आवडा व बिल निराश झाले. तुरुंगाच्या दारात ते फॉगची वाट बघत बसून राहिले. फॉग तुरुंगात अस्वस्थपणे येरझाऱ्या घालत होते. तेथून निसटणेही अवघडच होते. दुपारी खालच्या मानेने फिक्स आत आला. आपण घेतलेल्या भलत्या संशयाबद्दल त्यानं फॉगची माफी मागितली. खरा दरोडेखोर सापडला होता.

फॉग सुटले खरे, पण वेळाचं काय ? ते धावतच स्टेशनवर पोचले. मिळेल ती बस पकडून लंडनला निघाले. पण शेवटी लंडनला पोचायला उशीर झालाच. दोन वाजून गेले होते. ते पैज हरले होते. सगळेच खिन्न झाले. बिल हुंदके देऊन रडू लागला. फिक्सबद्दल आपण फॉगना सांगायलां हवं

होतं असं त्याला सारखं वाटत होतं. पण फॉगनी कोणालाच दोष दिला नाही.

दुसऱ्या दिवशी सकाळी फॉग आणि आवडा गप्पा मारत बसले होते. “मी तुझी काळजी घेईन असा विश्वास असल्याने, तुला लंडनला आणलं. पण आता मी अगदी गरीब झालो आहे. माझ्याजवळचे सगळे पैसे मी पैजेत हरलो आहे. फॉग आवडाला म्हणाले.

“तुम्ही सुखरूप परत आलात हे काय कमी आहे ?” तुमच्या माणसांना याचा आनंद होईल.” आवडा म्हणाली

“माझी माणसं? मला या जगात कोणी नाही. मी एकटाच आहे.” फॉग म्हणाले

“तुम्ही एकटे का? मी आहे ना.”

फॉगचा आपल्या कानांवर विश्वास बसेना. आपल्यासारख्या दरिद्री माणसाला ही आपला माणूस म्हणायला तयार आहे ? खरंच किती प्रेमळ आहे आवडा ! त्यांचं हृदय भरून आलं. मृदु स्वरात ते आवडाला म्हणाले, “माझंही तुझ्यावर खूप प्रेम आहे. उद्याच आपण लग्न करूया.” आवडाने लाजून मान खाली घातली.

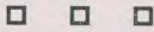
संध्याकाळी बिल धापा टाकीत खोलीत शिरला. घाई करीत तो फॉगना म्हणाला, “चला, चला आपल्याला तात्काळ क्लबमध्ये जायचे आहे. चला, मी वाटेत सांगतो ”गाडी पळत असतांना

बिलने सांगितले, साहेब तुम्ही पैज जिंकली आहे. आज शनिवार २१ डिसेंबर ! रविवार नव्हे. आपण दिवस मोजण्यात चूक केली. ७९ दिवसातच जगाची फेरी पुरी झाली.”

इकडे क्लबमध्ये फॉगचे मित्र दरवाज्याकडे डोळे लावून बसले होते. “ते कसले येतात. ८० दिवसात जगाची सफर म्हणे .. सोपं आहे का ?”

“थांबा, थोडा वेळ बाकी आहे...”

इतक्यात फॉग दार उघडून आत आले. टाळ्यांच्या गडगडाटात सगळ्यांनी त्यांचे स्वागत केले. फॉगनी पैज जिंकली होती.



घरी आल्यावर फॉग यांचे विचारचक्र चालूच होते. “असं कसं झालं ? मी वेळेच्या बाबतीत एवढा काटेकोर ! एवढ्या व्यवस्थित नोंदी ठेवल्या आणि एक अख्खा दिवस कसा मोजायला चुकलो ?” बराच विचार करून पुस्तकांची मदत घेऊन फॉगनी हे रहस्य शोधून काढले.

फॉगनी पश्चिमेकडून पूर्वेकडे प्रवास केला होता. त्यांना आठवलं प्रवासात जहाजावरची वेळ आणि त्यांच्या घड्याळावरची वेळ यात नेहमीच फरक होता. दर दोन तीन दिवसांनी जहाजावरचं घड्याळ पुढे जायचं. सूर्य डोक्यावर आला की त्या घड्याळात बारा वाजायचे. बाकीचे प्रवासी त्या वेळेनुसार आपले घड्याळ लावून घ्यायचे. “आपण लंडन मधल्या

वेळेप्रमाणे पैज लावलीये ना ? मग आता त्याच वेळेला चिकटून रहायला हवं. लोक विचित्र कपडे घालतात, विचित्र पदार्थ खातात तसे त्यांना विचित्र पद्धतीने घड्याळ लावायचे असेल तर लावू दे. आपल्याला काय त्याचं.” असा विचार फॉगनी केला.

जसं जसं पूर्वेकडे जावं तसा सूर्योदय लवकर होत होता. त्यामुळे सूर्य डोक्यावर लवकर येत होता. त्यामुळे सुएझला जहाजावरचं घड्याळ दुपारी बाराची वेळ दाखवत होतं. तेव्हा फॉगच्या घड्याळात सकाळचे दहा वाजले होते. मुंबईला तर भर दुपारी बारा वाजता त्यांच्या घड्याळात चक्र सकाळचे सात वाजले होते. पण फॉगनी त्याकडे लक्ष दिले नाही.

पॅसिफिक महासागरावरून जहाज जाताना कप्तानानं जाहीर केलं होतं, “आपण आज शुक्रवारी २३ नोव्हेंबरला आंतरराष्ट्रीय वारंषा ओलांडणार आहोत. तरीही उद्यासुद्धा तोच वार तीच तारीख”

फॉगना हे पटलं नाही, “एका आठवड्यात दोन शुक्रवार कसे असू शकतील ? ही काहीतरी चमत्कारिक परदेशी पद्धत दिसते आहे.”

पण इथंच फॉगचं चुकलं. पृथ्वी आपल्या आसाभोवती पश्चिम ते पूर्व २४ तासात फिरते. पृथ्वीची जी बाजू सूर्याच्या समोर असते तेथे दिवस असतो. त्या भागाच्या विरुद्ध भागात रात्र असते.

लंडनमध्ये जेव्हा दिवस असतो तेव्हा पृथ्वीच्या गोलावर त्याच्या विरुद्ध भागात असलेल्या जपानमध्ये रात्र असते. प्रत्येक देशातसुद्धा पूर्वेकडच्या नि पश्चिमेकडच्या गावांच्या घड्याळात फरक असू शकतो. त्यामुळे देशाच्या साधारण मध्यातून जाणाऱ्या रेखांवरची वेळ ही संपूर्ण देशासाठी गृहीत धरली जाते. त्या वेळेला त्या देशाची प्रमाणवेळ म्हणतात.

फॉगचं घड्याळ अचूकच होतं. परंतु ते जसे जगाच्या पूर्वेकडे जात होते तसे तसे थोडा थोडा वेळ वाचवत होते. म्हणजे लंडन वेळच्या पुढे जात होते. जगाभोवती त्यांनी प्रदक्षिणा घातली तेव्हां अख्खा एक दिवस वाचवला.

जसं आपण आपल्या देशाची प्रमाण वेळ काढण्यासाठी एक काल्पनिक रेषा पक्की करतो तसंच जगभर प्रवास करणाऱ्यांच्या वेळेत तारीख मोजण्यात गोंधळ होऊ नये म्हणून 'आंतरराष्ट्रीय वार रेषा' पक्की केली आहे. अमेरिकेच्या आणि

अलास्काच्या मधून जाणारी ही उभी काल्पनिक रेषा आहे. या रेषेपासून पूर्वेला जाणारा एक दिवस दोनदा मोजतो. पश्चिमेकडे जाणाऱ्याला एक संपूर्ण दिवस गाळावा लागतो. जहाजावरच्या कप्तानाचं बरोबर होतं. त्या आठवड्यात जहाजावरच्या प्रवाशांच्या वाट्याला दोन शुक्रवार आले होते.

फॉगनी मात्र आपले घड्याळ व दाखवत असलेली वेळ व दिवस हीच पद्धत वापरली. त्यामुळे वाररेषा ओलांडल्यानंतर फॉग न्कळत एक एक दिवस पुढचा धरत गेले. त्यामुळे त्यांच्या मते त्यांना लंडनला पोचायला पैजेच्या वेळेपेक्षा उशीर झाला होता. पण खरंतर ते अख्खा एक दिवस आधो पोचले होते.

❖

रूपांतर : शुभदा जोशी पालकनीतीच्या संपादक, भूगोल शिकवण्यात रस

लेखक : ज्यूलस व्हर्न (१८२८ ते १९०५) विज्ञान कथा या साहित्य प्रकाराची सुरवात १९ व्या शतकात ज्यूलस व्हर्न यांनी केली. 'बलूनमध्ये पाच आठवडे' ही त्यांची पहिली प्रवास कथा. पुढे 'चंद्रावर स्वारी' 'पृथ्वीच्या पोट्यात' 'समुद्राखाली २०,००० लीग' अशा अनेक दीर्घकथा लिहिल्या. 'जगाभोवती ८० दिवसात' ही त्यांची सर्वात प्रसिद्ध कथा. यावर एक सिनेमादेखील काढलेला आहे. या कथेचे संक्षिप्त मराठी भाषांतर उपलब्ध आहे. (ऑक्सफर्ड युनिव्हर्सिटी प्रेस.) तुम्ही वाचले नसेल तर जरूर वाचा.

राक्षसी गणित सुटले

शिकागो विद्यापीठातील गणिततज्ज्ञांना शंभर आकडी संख्येचे दोन अविभाज्य संख्येत (Prime Number) अवयव पाडण्यात यश आले.

ती संख्या अशी -

९, ४१२, ३४३, ६०७, ३५९, २६२, ९४६, ९७१, १७२, १३६, २९४, ५१४, ३५७, ५२८, ९८१, ३७८, ९८३, ०८२, ५४१, ३४७, ५३२, २११, ९४२, ६४०, १२१, ३०१, ५९०, ६९८, ६३४, ०८९, ६११, ४६८, ९११, ६८१.

आणि तिचे दोन अविभाज्य अवयव असे -

८६, ७५९, २२२, ३१३, ४२८, ३९०, ८१२, २१८, ०७७, ०९५, ८५०, ७०८, ०४८, ९७७.

आणि

१०८, ४८८, १०४, ८५३, ६३७, ४७०, ६१२, ९६१, ३९९, ८४२, ९७२, ९४८, ४०९, ८३४, ६११, ५२५, ७९०, ५७७, २१६, ७५३.

या कामासाठी तीन खंडातील शेकडो संगणक २६ दिवस काम करत होते.

संग्राहक : दिगंबर गाडगीळ



‘पालकनीती’

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

■ वार्षिक वर्गणी रु. १००/-

■ आजीव वर्गणी रु. १०००/-

चेक / ड्राफ्ट ‘पालकनीती परिवार’नावाने काढावेत.

पालकनीती परिवारचे उपक्रम

■ पालकनीती मासिक ■ माहितीघर ■ खेळघर ■ सल्ला केंद्र

■ शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिक ■ सामाजिक पालकत्व पुरस्कार

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

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

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.....

बँक ड्राफ्ट/चेक/मनीऑर्डरने 'संदर्भ'च्या नावे पाठविले आहेत.
(पुण्याबाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५ अधिक पाठवावेत.)

नाव _____

पत्ता _____

सही _____ तारीख _____

'संदर्भ', द्वारा पालकनीती परिवार,

अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ०८४



वर्ल्ड अॅटलास मॉथ

विश्वातील दुर्मिळ अशा पतंगांच्या जातींपैकी वर्ल्ड अॅटलास मॉथ ऑफ इंडिया या जातीचा पतंग नुकताच राजापूर तालुक्यातील पाचलनजीकच्या पारूळे येथे एका दहावीच्या विद्यार्थ्यास ऑगस्ट महिन्यात आढळून आला. या जातीतील पतंग बांगलादेश, मॅनमार, इंडोनेशिया, अंदमान बेटे व पश्चिम घाटात आढळतात अशी नोंद आहे. हा पतंग तब्बल २२० मि. मि. रूंदीचा आहे.

या परिसरात इतका मोठा पतंग मिळण्याची ही पहिलीच घटना आहे. या अत्यंत सुंदर दिसणाऱ्या पतंगास छायाबद्ध करण्यासाठी छायाचित्रकारांचेही कॅमेरे सरसावले होते.

हर्क्युलस मॉथ ऑफ ऑस्ट्रेलिया आणि मलेशिया अॅटलास मॉथ (३३० मि. मी. रूंदीचे) हे प्रथम क्रमांकाचे पतंग म्हणून गणले जातात. त्या खालोखाल अॅटलास मॉथ ऑफ इंडियाचा क्रमांक लागतो.

असाच एक पतंग गेल्यावर्षी भीमाशंकरच्या जंगलातही सापडला होता. नंतर या पतंगाच्या दोन अळ्या पाचलच्या जंगलातून आणून, पाळून त्यापासूनही दोन पतंग मिळाले होते.

तुम्ही स्वतः कधी अळ्या पाळून पाहिल्यात का? नसल्या तर जरूर पहा. एखाद्या काचेच्या किंवा प्लॅस्टिकच्या बरणीत तळाशी एक सुती कापड, रूमाल ठेवा. वर झाडांची थोडी पाने टाका त्यावर अळ्या सोडून द्या. पुढे पानं बदलणं, फडकं काढून बरणी स्वच्छ करणं एवढं रोज केलत तर अळ्या वाढतील, कोश करतील आणि त्यातून वेगवेगळे कीटक बाहेर पडतील पण एक मात्र कराच. अळी आणल्यावर प्रत्येक अळीनं किती दिवसांनी कोश केला, प्रत्येक कोशातून किती दिवसांनी, कोणता कीटक बाहेर पडला याची नोंद करून ठेवा.

आभार : श्री. मदन हजेरी - राजापूर
स्वरूप व्हिजन फोटो स्टुडिओ - पाचल.

