

शैक्षणिक

पंदरी

अंक - ७

ऑगस्ट-सप्टेंबर २०००

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुध्दे
प्रियदर्शिनी कर्वे
संजीवनी कुलकर्णी
प्रदीप गोठोस्कर
नागेश मोने

शैक्षणिक

• संदर्भ •

अंक - ७

ऑगस्ट - सप्टेंबर २०००

सल्लागार :

नरेश दधीच

अक्षरजुळणी व मुद्रण :

श्वेता कॉम्प्युटर सर्व्हिसेस

निर्मिती आणि वितरण

पालकनीती परिवार

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

ई-मेल : karve@wmi.co.in

दूरध्वनी : ५४४९२३०

किंमत : रूपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रूपये १००/-

होशंगाबाद येथील 'एकलव्य' या संस्थेच्या सहयोगाने व

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



पृथ्वीवरची जमीन वेगवेगळ्या भूपट्टांवर
विभागली गेली आहे हे भूपट्ट (गेल्या २०
कोटी वर्षांपासून) हळूहळू सरकत आहेत.
सुएझचे आखात (डावीकडे) आणि
अकाबाचे आखात (उजवीकडे) यांचा
उपग्रहाद्वारे काढलेला हा फोटो. आफ्रिका

खंडापासून अरब द्वीपकल्प दूर जात असल्याने ह्या गर्ता तयार झाल्या. या सगळ्या
प्रक्रियेबद्दल वाचा- सावधान! धरणी सरकते आहे- या लेखात. सरकणाऱ्या भूपट्टांचा
नकाशा या अंकाच्या आतल्या कव्हरवर आहे. या भूपट्टांच्या किनाऱ्यावर सापडलेल्या
सागरी पर्वत शृंखला आणि सागरी गर्ता येथे दाखवल्या आहेत.

(फोटो : अर्थ सॅटेलाइट कॉर्पोरेशन 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

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक - ७

ऑगस्ट-सप्टेंबर २०००

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

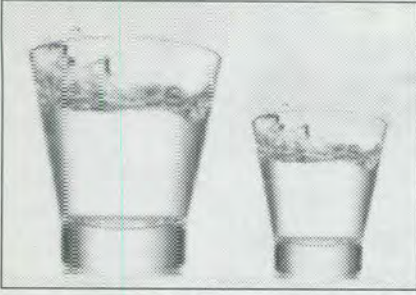
उकल एका प्राचीन लिपीची.....९

मोहेंजोदाडो आणि हडप्पा ही नावं आपल्याला शाळेत अगदी लहानपणीच भेटतात. इतिहासातल्या गोष्टी जाणून घेणं जितकं आकर्षक तितकंच अवघडही. आता वापरात नसलेल्या लिपीचा अर्थ उलगडण्याचं काम तसंच गुंतागुंतीचं. इतिहासतज्ज्ञ हे काम कसं करत असतील?



भूलभुलैय्या..... १७

भूल पडणे आणि भूल देणे दोन्ही गोष्टी गूढच. पेशंटच्या भल्यासाठी त्यांना भूल देणाऱ्या डॉक्टरांकडूनच ही भूलभुलैय्याची कहाणी ऐकू या.



घन, द्रव आणि वायू.....२५

पदार्थांचे प्राथमिक वर्गीकरण.

खोलात शिरून अभ्यास करायला लागलो तर त्यातील खाचाखोचा आणि गंमतीजमती कळायला लागतात.



सावधान! धरणी सरकते आहे!....५३

हिमालयात प्रवास करताना अनेकदा रस्ते बनवण्यासाठी खणलेल्या डोंगराच्या भागात अगदी गोल-गोल गोटे दिसतात. पाण्याच्या प्रवाहातल्या दगडांचे होतात. तसे ज्यांनी नदी-समुद्राच्या तळाशी असायचं ते डोंगराच्या अंधे मधे कसे आले असतील असं वाटल्यावाचून रहात नाही.

सरोवर की बर्फाचे मैदान ?.....७१

पाणी गोठलं की त्याचं बर्फ होतं. या साध्या प्रक्रियेमागे थोड्या वेगळ्या गोष्टी आहेत. तापमान जसं जसं कमी होत जातं तसतशा वेगळ्या घडामोडी घडतात. त्यामुळे काय होतं?



अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक-७

ऑगस्ट - सप्टेंबर २०००

- ❖ थोडा भूगोल थोडा इतिहास आणि कालिदास..... ५
- ❖ उकल एका प्राचीन लिपीची..... ९
- ❖ भूलभुलैय्या..... १७
- ❖ घन, द्रव, वायू आणि काच..... २५
- ❖ भौतिकशास्त्रातली 'सोपी' प्रात्यक्षिके..... ३१
- ❖ आपला हात जगन्नाथ..... ४३
- ❖ व्हर्निअरचा सिद्धांत..... ४७
- ❖ सावधान! धरणी सरकते आहे!..... ५३
- ❖ अनाकलनीय नाते..... ६३
- ❖ ध्वनी : आवाजाची 'ओळख'..... ६८
- ❖ सरोवर का बर्फाचं मैदान?..... ७१

- पुढील वर्षाची वर्गणी पाठवायला विसरू नका.
- ऑगस्ट ९९ ते जुलै २००० मधील अंक १ ते ६ यांचा एकत्रित संच उपलब्ध

मागील अंकांतील हे लेख तुम्ही वाचले आहेत ना ?

नमुना अंक - १

- कच्चे धागे, पक्के धागे ● प्रयोग का करावेत ? ● प्रकाश आणि कॅंबडीचे अंडे ● गणित नको रे बाबा
- दग उंच उंच का राहतो ● कॅलेंडरमधली जादू ● खोटं साफ खोटं व संख्याशास्त्र ● हती गांडूळ असता तर ? ● कशात प्रथिने तर कशात स्निग्ध ● वृक्षचिंतन हे अनोखे ● 'परिसरा' मध्ये काय असतं आणि काय नसतं ● शुक्राणू आणि अंडाणूची निर्मिती ● करून बघू या इतिहास संशोधन ● शिवु आणि राक्षस ● मेंदूसुद्धा चक्रावला.

नमुना अंक - २

- तिसरा डोळा ● कधी बहर, कधी शिशिर ● पायथागोरसच्या सिद्धता ● धक्कादायक !! ● आपण आक्रसतोय ? ● पृथ्वी गोल आहे कशावरून ? ● प्रयोगांकडून सिद्धतांकडे ● जेव्हा गुलाम राजे झाले ● पोलिओची हकालपट्टी ● वर्णाभिलेख ● नेमीशरण शिपायाची अंत्ययात्रा

ऑगस्ट-सप्टेंबर १९९९

- भूमिका ● बटाटा प्रयोगशाळेत ● धरतीची फिरती ● जलपातळीचा मर्मभेद ● पायथागोरसचा विलक्षण सिद्धांत ● प्राणवायूची देवाणघेवाण ● हवेतून हिरे ! ● आनुवंशिकतेचे नियम शोधणारा धर्मगुरु - मेंडेल ● खोदून काढले एक गाव ● कथा कॅलेंडरची ● छोट्या प्रयोगांकडून मोठ्या उपयोगांकडे ● कुठे आहे माझ्या मित्रांचं घर ?

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर १९९९

- त्या अनाम वीरांना ● सात आश्चर्ये ● रेणूभाराचा गुंता ● श्रावण मासी हर्ष मानसी ● परीघाचे त्रिज्येशी नाते ● डावं-उजवं ● 'मॅन्ग्रोव' 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 ● धायमस पुराण ● माती रंगे खेळताना ● शून्याच्या पाठीमागे ● गुरुनानकांचा 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

थोडा भूगोल थोडा इतिहास आणि कालिदास

लेखक : सी. एन्. सुब्रमण्यम् अनुवाद : श्रीनिवास पंडित.

मागील वर्षी राजस्थानचा अभ्यास दौरा करायची संधी मिळाली. त्यानिमित्ताने उदयपूरजवळच्या नवानिया गावी गेलो. त्या गावाविषयी एक सुंदर अभ्यासू लेख वाचनात आला होता. एवढंच त्या विशिष्ट गावी जायचं कारण होतं. गावकऱ्यांनी मला गावाची सहल घडवली. आम्ही तिथली घरं, शेतीवाडी, तलाव पाहिले. गावाजवळच्या जमिनीची माती भुरकट होती. शेतं लहान लहान होती. ठिकठिकाणी विहीरी होत्या. आणि बांधावर अधेमधे खूप झाडे वाढली होती. थोडं पुढे गेलो आणि एकजण म्हणाले “ बघा आता माल सुरु झाला.” खरंच, वेगळाच परिसर समोर उभा होता. सर्वत्र काळीभोर सखल जमीन, कुठेतरी एकटं झाड, बस्स. झुडपं, बांध, विहीरी काहीही नाही. गावकऱ्यांनी

सांगितलं की पूर्वी ही जमीन हाच शेतकऱ्यांचा कणा होता. पावसाळ्यात ह्या जमिनीत पाणी सादून दलदल व्हायची पण रबी हंगामात त्याच ओलाव्यावर गहू किंवा हरभरा केला जायचा. इथली शेतीची कामंही सामूहिक पद्धतीनं केली जायची. पेरणी, कापणी सर्व काही एकत्र येऊन केलं जायचं.

दुसरे एक जण म्हणाले, “आता सगळीकडे कालवे झालेत त्यामुळे वरकस जमिनीवरही लोक दोन दोन पिके घेतात. पण त्यापूर्वी आम्हाला ‘माल’ जमिनीचा फक्त आधार होता”.

नवानिया गावाहून परतलो, पण मनात वारंवार एक प्रश्न उभा रहात होता. या जमिनीला ‘माल’ का म्हणतात ? उदयपूरच्या एका तज्ज्ञानं उत्तर दिलं की ‘मालवा’ या



शब्दापासून आला असावा, कारण माळव्यातील जमीन अशीच काळी कसदार आहे. राजस्थानात जिथे जिथे अशा जमिनी आहेत, त्यांना 'माल'च म्हटले जाते. थोडा विचार केल्यावर आठवलं की मुगलांच्या प्रशासकीय भाषेत शेतसाऱ्याला 'माल' म्हटले जाई. या जमिनींमधून दरवर्षी शेतसारा 'माल' मिळे, म्हणून तर हे नाव पडले नसेल?

या दोनपैकी नक्की कुठल्या शब्दापासून माल हा शब्द तयार झाला असेल असा विचार वर्षभर अधून मधून मनात येत होता आणि एक दिवस 'मेघदूत' वाचता वाचता अचानक कोडं सुटलं.

मेघदूत महाकाव्याची गोष्ट तुम्हाला ठाऊक आहे का ? कैलास पर्वतावर एक यक्ष रहात होता. त्याच्या हातून काही चूक घडली, म्हणून त्याच्या राजाने त्याला एक वर्ष दूर,

नर्मदा नदीच्या दक्षिणेकडे रहाण्याची शिक्षा दिली. तिथे गेल्यावर त्याला आपल्या पत्नीची खूप आठवण येऊ लागली. पण करणार काय? प्रत्यक्ष भेट तर नाहीच, पण निरोप तरी पाठवणार कसा ? आषाढाच्या पहिल्या दिवशी त्याला काळे ढग उत्तरेकडे जाताना दिसले. त्याला वाटलं, हे ढग तरी कैलास पर्वतावर पोचतील की ! त्यानं ढगाला आपलं दुःख सांगितलं. पत्नीची किती आठवण येते तेही सांगितलं. हे सारं आपल्या पत्नीला कळवायची विनंती केली.

निरोपाबरोबर पत्ताही हवा ना ? तोही त्याने सविस्तर दिला. नर्मदा नदी, उत्तरेकडे विदिशा, नंतर दशपूर, कुरूक्षेत्र (हरियाणा) आणि नंतर कैलास पर्वत.

या काव्याचा कर्ता कालिदास (बहुधा) उज्जैन निवासी होता. त्यामुळे त्याला नर्मदेचा परिसर चांगला ठाऊक होता. त्याचे वर्णन त्याने २९ श्लोकांमध्ये केले आहे, पण दशपूरनंतरच्या रस्त्याचे वर्णन ३ श्लोकात आटोपले आहे. जुन्या काळातील भूगोलाचे अभ्यासक सुद्धा मेघदूताचा अभ्यास करत.

पण आपण बघत होतो 'माल' शब्द कोठून आला ते. या मेघदूतामधला १६ वा श्लोक असा आहे :-

त्वय्यायत्तं कृषिफलमिति भ्रूविलासानभिज्ञैः
प्रीतिस्निग्धैर्जनपदवधूलोचनैः पीयमानः।
सद्यःसीरोत्कषणसुरभि क्षेत्रमारुह्य मालं
किञ्चित्पश्चाद्व्रज लघुगतिर्भूय एवोत्तरेण ॥

अर्थ : हे ढगा, तू वृष्टी केल्यावरच उत्तम पीक येणार आहे. (उत्तम पीक येणे तुझ्या हाती) निरागस कृषिवलांच्या ललना सौभाग्यच घरी आले आहे म्हणून प्रेमाने तुझ्याकडे दृष्टी लावून बसल्या आहेत. त्यांनी नांगरलेल्या जमिनीच्या मातीचा सुगंध सर्व मालावर पसरला आहे. त्याचा आस्वाद घेत तू उत्तर दिशेने जा. ('मालमारूह्य' म्हणजे पठारावर चढून) तू आम्रकूट (अमरकंटक), विंध्य, विदिशा, उज्जयिनी, दशपूर, ब्रम्हावर्त अशा मार्गाने कुरूक्षेत्राच्या (हरियाना) मार्गे कैलास पर्वताकडे जा (व्रज).

यातील 'माल' हा शब्द मालव (प्रांत) या अर्थाने वापरला आहे असे अनेकजण समजतात, खरं तर हे वर्णन नर्मदेच्या दक्षिणेकडील आहे. ढगाने अजून नर्मदा पार केलेली नाही, आणि मालवा तर नर्मदेच्या दक्षिणेकडे असूच शकत नाही. मेघदूताचा मध्ययुगीन टीकाकार मल्लिनाथाने 'माल' चा अर्थ 'शेल प्रायम उन्नतस्थलम' (डोंगरावरील सखल भूमी) असा दिला आहे. म्हणजे कालिदास माल हा शब्द डोंगरावरील सपाट, शेतीयोग्य जमीन, पठार अशा अर्थाने वापरतो.

'मालम्' या संस्कृत शब्दाचा अर्थ शेत किंवा उंच पठार. 'माळ' या मराठी शब्दाचा अर्थ खडकाळ, नापीक भूमिचा उंच विस्तृत प्रदेश, मैदान, पठार असाच आहे.

आता या शब्दाचे कोडे मला उलगडले. हा फारशी भाषेतील शब्द नाही वा मालवा शब्दापासूनही आला नाही, तर आज आपण ज्याला पठार म्हणतो, त्यासाठी वापरला जाणारा जुना संस्कृत शब्द आहे. पण तो क्वचित आढळतो. कदाचित हा तमिळ 'माल' शब्दाशी संबंधित असावा, तमिळमध्ये माल म्हणजे उंच, महान आणि मलै म्हणजे पर्वत. पण माल मूळ संस्कृत शब्द असेल, तर मालव शब्द कुठून आला ? इतिहास तज्ञांच्या म्हणण्यानुसार 'मालव लोक (जमात) राहतात तो मालवा.' जुन्या इजिप्शियन वाङ्मयात हे लोक पंजाबात राहतात असा उल्लेख आहे. त्यांची भूतकाळातील नाणी जयपूरच्या जवळपास खूप सापडतात, पण ही जमात माळव्यात वसल्याचा उल्लेख सापडत नाही.

म्हणजे माल या शब्दापासूनच मालव-मालवा-माळवा शब्द तयार झाला असेल का ?



शैक्षिक संदर्भ एप्रिल ९९ मधून साभार.

लेखक : सी. एन. सुब्रमण्यम्

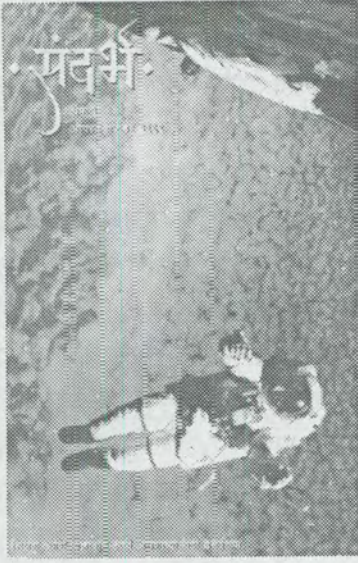
एकलव्यच्या विज्ञान कार्यक्रमात सहभागी

अनुवाद : श्रीनिवास पंडित

पुणे येथे व्यावसायिक, भाषांतराची आवड.

आभार : श्री. शं. रा. दाते

निवृत्त संस्कृत अध्यापक, पुणे



शैक्षणिक संदर्भचे अंक तुम्ही इतरांना भेट म्हणूनही देऊ शकता !
 ज्ञान आणि आनंद फक्त स्वतःजवळ ठेवू नये, तो सर्वांना वाटावा. तो वाटल्यानं कमी होत नाही, तर आणखी वाढतो. शैक्षणिक संदर्भ तुमच्या स्नेहीसोबत्यांना भेट द्या. पुढील वर्षभरातल्या सहा अंकांनी आनंद शतगुणित करा. शेवटच्या पानावरील नमुना फॉर्मप्रमाणे तुमच्या स्नेही - मित्रांचे पत्ते आणि वर्गणी, ड्राफ्ट किंवा मनीऑर्डरने पाठवा. तुमच्या आठवणींसह वर्षभर आम्ही त्यांना 'शैक्षणिक संदर्भ' द्वैमासिक पाठवू. याखेरीज मागील वर्षातील ६ अंकांचा एकत्रित संचही आपण भेट देऊ शकता.

दिनांक / /

श्री. _____

पत्ता

- यांना ऑगस्ट २००० ते जुलै २००१ मधील सहा अंक भेट म्हणून पाठवावेत.
 - यांना ऑगस्ट ९९ ते जुलै २००० मधील ६ अंकांचा एकत्रित संच पाठवावा.
- ही भेट श्री. _____ यांच्याकडून दिली जावी.

पत्ता

त्यासाठी वर्गणी रु. १००/- अथवा मागील ६ अंकांच्या संचासाठी रु. १३०/-
 मनि ऑर्डर /ड्राफ्ट/चेक 'संदर्भ' नावे पाठविली आहे.

उकल एका प्राचीन लिपीची

चार प्राचीन संस्कृतींपैकी सिंधू संस्कृतीतील लिपीने तज्ज्ञांना फार काळपर्यंत कोड्यात टाकले आहे. मात्र आता उपलब्ध पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांवरून प्रकाशात आलेल्या सत्य गोष्टी व त्यावरून काढलेले निष्कर्ष ह्यांच्या साहाय्याने ह्या लिपीची उकल करण्याच्या संशोधनाबद्दल या लेखात वाचा. लेखाचा हा पहिला भाग आहे.

लेखक : वॉल्टर फेअरसर्विस, ज्यु. ■ अनुवाद : मीना कर्वे

सुमेर, इजिप्त, चीन आणि सिंधु संस्कृती ह्या जगातल्या सर्वांत प्राचीन संस्कृती आहेत. पहिल्या तीन संस्कृतीतील लिप्या आपण वाचू शकतो; परंतु चौथ्या संस्कृतीतील लिपी मात्र अगम्यच राहिली आहे. उत्खननात सापडलेल्या विविध वस्तूंवरूनच सिंधु खोऱ्यातील संस्कृतीवर आपण प्रकाश टाकू शकलो. ह्या भागात जगातील सर्वांत प्राचीन साहित्य आढळल्याचे पुरावे आपल्याला मिळतात. पण इथे नांदणाऱ्या ह्या महान संस्कृतीचा ह्या साहित्यात काहीच उल्लेख नसणे हा एक मोठाच विरोधाभास म्हटला पाहिजे.

उत्खननात सापडलेल्या मोहेंजोदाडो व हडप्पा ह्या भव्य शहरांवरून सिंधु खोऱ्यातील

ह्या संस्कृतीला हडप्पा संस्कृती म्हटले जाते. हडप्पा लिपीची उकल करणाऱ्या तज्ञांना सुरुवातीला इतक्या जटिल समस्यांना तोंड द्यावे लागले की ह्यातून काही मार्गच निघणार नाही असे त्यांना वाटू लागले. मुख्य समस्या म्हणजे आपल्याला सापडलेल्या लिखाणातील लिपीचा त्रोटक वापर! हे लिखाण म्हणजे फक्त मुद्रांवरील अतिशय त्रोटक मजकूर आणि मातीच्या भांड्यांवरील मर्यादित प्रमाणात असलेली चित्रलिपी ह्या दोन स्वरूपात आहे. असे सरासरी फक्त ५ ते ६ लेख उपलब्ध आहेत आणि त्या लेखांच्या लिपीत २१ पेक्षा जास्त चिन्हे नाहीत. शिवाय काही चिन्हे ही चित्ररूपात आहेत. त्यामुळे तर तज्ञांच्या कल्पनाशक्तीला एक प्रकारे आव्हानच मिळाले. ह्या तज्ञांनी हडप्पा

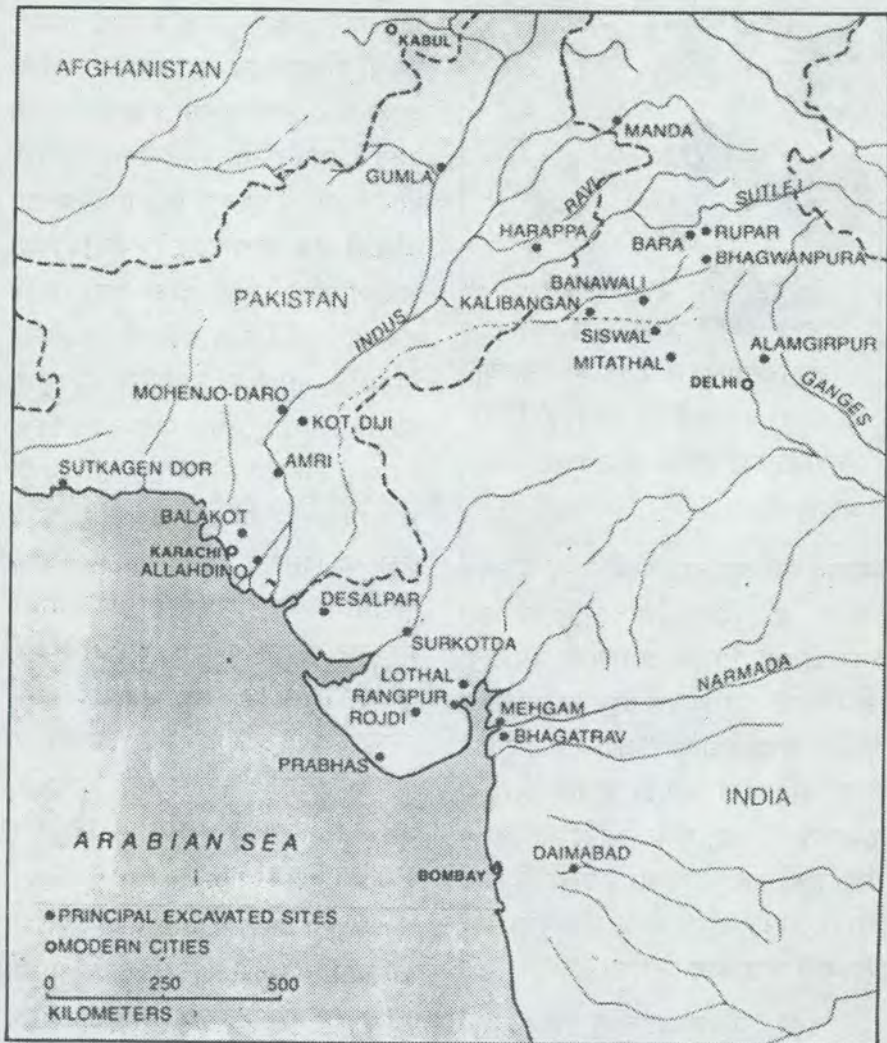
लिपीचा संबंध मिनोअन, कनानाईट, हिटाईट आणि वेगळ्याच वैशिष्ट्यांनी युक्त अशा ईस्टर आयलंडवरच्या लिपीबरोबर जोडण्याचा आटोकाट प्रयत्न केला. मात्र अलिकडच्या काळात वेगळा दृष्टिकोन अवलंबण्यात आला.

१९२० मध्ये हडप्पा संस्कृतीतील वरील दोन भव्य शहरांचा शोध लागला. तेव्हापासून ते दुसऱ्या जागतिक महायुद्धाचा शेवट होईपर्यंत भारत व पाकिस्तान इथे पुरातत्त्ववेत्त्यांना हडप्पा संस्कृतीचे अस्तित्व दर्शविणारी जवळजवळ १००० ठिकाणे सापडली. ही सर्व ठिकाणे भारतातील नर्मदा नदीच्या आसपासच्या भागापासून उत्तरेकडे गुजराथ, कच्छ आणि त्यापुढे पाकिस्तानातील सिंध, पश्चिम पंजाब, तसेच भारतातील राजस्थान, पूर्व पंजाबपासून थेट दिल्लीच्या आसपासचा भाग इतक्या विस्तृत पट्ट्यात सापडली आहेत. काही वस्तीस्थाने अरबी समुद्राच्या किनाऱ्या-किनाऱ्याने थेट इराणच्या सरहद्दीपर्यंत आणि बलुचिस्तानातही आहेत. प्रेम्प पुरातत्त्ववेत्त्यांना अलिकडील उत्खननात एक ठिकाण भर मध्य आशियात ऑक्सस नदीच्या काठी सापडले आहे.

हडप्पा संस्कृतीतील बहुतेक वस्त्या ह्या आकाराने लहान म्हणजे साधारणतः २ ते ५ एकर क्षेत्रात आहेत व मुख्यत्वे करून नदी किंवा ओढ्याच्या काठी वसलेल्या आहेत.

ह्या सर्व वस्त्यांचे तीन काळात विभाजन करता येईल. इराणची सरहद्द व उपखंड ह्यामध्ये असलेल्या वस्त्या ह्या सुरुवातीच्या काळातल्या दिसतात. नंतरच्या काळातल्या वस्त्या ह्या जास्त विकसित संस्कृती असलेल्या दिसतात. ह्या विकसित वस्त्या अधिक विस्तृत भागात पसरलेल्या आहेत. ह्यातील बहुतेक सर्व सिंधु नदीच्या खोऱ्यातील आहेत, तर काही बलुचिस्तान व ऑक्सस नदीच्या तीरावरील वस्तीपर्यंत दूरवर पसरलेल्या आहेत. ह्यानंतरच्या काळातील वस्त्या सिंधु नदीच्या दक्षिणेला व पूर्वेला पसरल्याचे दिसते. नंतरच्या काळातील वस्त्यांमध्ये सापडलेल्या पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांवरून असे दिसते की तेथील स्थानिक पशुपालन व शेती करणाऱ्या वस्त्यातील समाजाशी ह्या लोकांचा मिलाफ होऊन गेला आहे. म्हणजे हडप्पा संस्कृती ही एकदम लयाला गेली नाही. उलटपक्षी, आजच्या खेड्यापाड्यातून दिसून येणारी जीवनपद्धती विकसित करण्यात हडप्पा संस्कृतीने फार मोठी भूमिका बजावली आहे असेच म्हणावे लागेल.

पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांवरून हडप्पा संस्कृतीविषयी आपल्याला काय माहिती मिळाली आहे? पहिली गोष्ट ही की ह्या लोकांचे जीवन शेतीवर अवलंबून होते. हे लोक अन्नधान्य पिकवत होते. तसेच भाजीपाल्याचे पीक घेत होते. गुरे पाळणे हाही



मुंबईपासून मध्य आशियापर्यंत हडप्पा संस्कृतीतील अवशेष सापडलेले आहेत.

त्यांच्या शेतीविषयक अर्थकारणाचा महत्त्वाचा भाग होता. दुसरे म्हणजे ह्या लोकांची जीवनपद्धती साधीसुधी असली तरीही संपन्नतेच्या खुणाही जागोजागी दिसून येतात. काही अवजारे आणि शस्त्रे

बनवण्यासाठी ते तांब्याचा आणि ब्राँझचा उपयोग करत असत. त्यांच्या दागिन्यांचा मुख्य भाग म्हणून जे मणी असायचे ते तयार करण्यासाठी कधी कधी सोन्या-चांदीचाही वापर केलेला दिसतो. ह्याचबरोबर त्यांच्या



बलुचिस्तानात सापडलेल्या मातीच्या भांड्यावर कोरलेली ही अक्षरे, ही लिपी उजवीकडून डावीकडे वाचली जात होती असे सुचवितात.

कलाकुसरीच्या वस्तूपैकी बऱ्याच वस्तू लाकूड, हाडे, शिंपले, दगड आणि माती ह्या त्या क्षेत्रात विपुल प्रमाणात उपलब्ध असलेल्या साहित्यापासून बनवलेल्या आहेत. मण्यांमध्ये काही काही वेळा दुर्मिळ अशा खड्यांचा उपयोग केलेला दिसतो. त्यामध्ये अकिक, गोमेद आणि नीळ यांचा समावेश आहे. ऑक्सस नदीच्या किनारी सापडलेल्या वस्तीजवळ नीलमण्याच्या खाणीही आढळल्या आहेत.

हडप्पा जीवनपद्धतीतील एक अतिशय आश्चर्यकारक गोष्ट म्हणजे प्रत्येक व्यवहारातले कमालीचे प्रमाणीकरण! वास्तुशास्त्रात बांधकामाच्या विटांचे एकसारखे आकारमान आणि त्यांची बांधकामातली रचनाही अगदी एकाच प्रकारची दिसते. सांडपाणी वाहून नेणारी गटारे

बांधण्याची पद्धत एकाच प्रकारची दिसते, घरांची मोजमापे एकाच प्रकारची दिसतात. काही विशिष्ट प्रकारच्या इमारती - ज्या बहुतेक सार्वजनिक असाव्यात - त्यांची बांधणी, तसेच खाजगी रहाण्याच्या घरांची बांधणी एकाच प्रकारच्या नकाशाच्या आखणीनुसार केलेली दिसते. दुसरे म्हणजे वजनेमापे सर्व एकाच प्रकारची, मातीच्या भांड्यांचे आकार व त्यावरील कलाकुसर एकाच प्रकारची, तसेच मोठे चमचे किंवा पळ्या, हातमागाचे धोटे, फार काय खेळण्यातल्या गाड्या वगैरेही एकाच प्रकारच्या दिसतात. ह्याचबरोबर काही काही गोष्टींमध्ये हडप्पा काळानंतरच्या भारतीय जीवनात दिसून येणाऱ्या पद्धतीचे मूळ असलेले दिसून येते. उदा. मस्तकावर धारण करण्याच्या पगड्या, पागोटी, इ. वेगवेगळ्या बांगड्या आणि गळ्यातील आभूषणे, इतकेच काय पण मूर्तिकलेची पद्धतही हडप्पा पद्धतीशी मिळती जुळती दिसते.

हडप्पा संस्कृतीविषयी आपल्याला जी काही माहिती मिळते त्याचा हा ढोबळ सारांश आहे. ह्या संस्कृतीविषयी जे आपल्याला अजूनही माहित नाही, तेही तितकेच महत्वाचे असू शकते. वेगवेगळ्या राज्यांमध्ये काही शत्रुत्व होते का किंवा त्यांची एकमेकांशी काही युद्धे वगैरे झाली होती का, त्यांच्यात व्यापार होत असे का, राजे-रजवाडे आणि त्यांचे दरबार अस्तित्वात होते का, ह्या सर्व प्रश्नांची आपल्याला काहीही उत्तरे मिळत

नाहीत. तसेच प्राचीन संस्कृतींमध्ये सर्वसाधारणपणे दिसून येणारे मंदिरांचे समूहदेखील आढळत नाहीत. पुरातत्त्वशास्त्रीय पुराव्यांवरून हडप्पा धर्म किंवा राजकीय व सामाजिक पद्धतींचा काहीही ठावठिकाणा लागत नाही. तरीही त्यानंतरच्या संस्कृतीच्या विकासात या संस्कृतीची महत्त्वपूर्ण भूमिका आहे. हडप्पा लोक कापूस तर पिकवत होतेच, कदाचित तांदूळही पिकवत असावेत. कुक्कुटपालनही करत होते. कदाचित बुद्धिबळाच्या खेळाचा शोधही त्यांनीच लावला असावा. सर्वात महत्त्वाच्या दोन यांत्रिक शोधांपैकी एक शोध त्यांनी लावला असावा. तो म्हणजे पवनचक्कीचा. दुसरा शोध पाणचक्कीचा आहे.

ह्या संस्कृतीच्या परिपूर्णतेचा काळ हा साधारणपणे ख्रिस्तपूर्व ३२०० ते १७०० हा मानला जातो असे दिसते. ह्यावरून असे सूचित होते की एखाद्या शक्तीमान मानवसंघटनेने ह्या वस्त्या विकसित केल्या असाव्यात आणि तत्कालिन दुसऱ्या मनुष्यवस्त्यांशी त्यांनी नियमितपणे संबंध ठेवलेले असावेत.

हडप्पा लिपी वाचणे हे काम इतके अवघड आहे की साहजिकच कुठल्याही तज्ज्ञाला ते अशक्य कोटीतले आहे असेच वाटते. पहिली अडचण उभी राहाते ती ही लिपी एका अनोळखी पद्धतीची अहे. इजिप्तमधील रोझेटा शिलालेख किंवा इराणमधली बहिस्त स्मारक ह्यांच्यासारखे



इराक येथे सापडलेल्या अवशेषातील मुद्रेचा ठसा

तिचे कुठल्याही समकालीन भाषा वा लिपीशी साम्य नाही. दुसरी अडचण म्हणजे हे लेख अतिशय त्रोटक आहेत. हडप्पा लिपीमधील सर्व लिखाण हे फक्त ४००० मुद्रामध्ये समाविष्ट आहे. ह्या मुद्रा ठशांच्या स्वरूपात आहेत. मातीच्या भांड्यांवरील चित्रलिपीच्या स्वरूपात काही लेख आहेत. ह्यातील बरेच खराब झालेले आहेत, तर मातीची भांडी बरीच फुटलेली असल्यामुळे त्यांच्यावरील चित्रलिपीच्या लिखाणात अखंडपणा राहिलेला नाही.

सुदैवाने हडप्पा मुद्रांवरील लिखाणात अक्षरे आणि चित्रे ह्या दोन्हींचा उपयोग केलेला आहे. चित्रातील आकृती वरून अक्षरांचा अर्थ काय असावा हे काही अंशी सूचित होते. बहुतेक मुद्रा कोरीव काम करायला सुलभ अशा संगजिन्याच्या बनवलेल्या आहेत. त्या चौकोनी किंवा आयताकृती आहेत. ह्या मुद्रांच्या पाठीमागील बाजूस उंचवटे करून त्यांना दोरी



पशुपती दिल्लीच्या राष्ट्रीय वस्तुसंग्रहालयातील मुद्रा

मगरी) आणि हत्तीही दिसतात. कुठलाही प्राणी असो, त्याच्या पुढे एखादी वस्तू ठेवलेली दाखवली आहे. जंगली जनावरांच्या पुढ्यात टोपली (विशेषतः लांबशिंगी बैलाच्या पुढ्यात) किंवा 'फांदी' ची आकृती चित्रांकित केलेली दिसते. एका शिक्क्यावर मिरवणुकीच्या चित्रात सापडले आहे.

ओढण्यासाठी भोके पाडलेली आहेत. पुढील बाजूस निगेटिव्ह सारखे चित्र व अक्षरे ह्यांचे मिश्रण आहे. मुद्रांवरील हे कोरीवकाम एखाद्या व्यक्तीची मालकी किंवा अधिकार दर्शवणारे असावे असे सर्वसाधारणपणे म्हणता येते. म्हणजेच एखाद्या वस्तूवर मऊ मातीत दाबून उठवलेल्या ह्या मुद्रेच्या ठशावरून ती वस्तू व तिचा मालक ह्यांचा परस्पर संबंध प्रस्थापित होत असावा असे आपण म्हणू शकतो.

बहुतेक मुद्रांवर दोन मुख्य चित्राकृतीचे चित्रण दिसते. एक म्हणजे जनावरांच्या चित्राकृती. ह्यात बहुतकरून एक शिंगाचा व वर्शिड असलेला बैल (युनिकॉर्न) दिसतो. त्याशिवाय रेडा, बोकड. आखूडशिंगी बैल, पाणघोडा, वाघ, मगर (भारतीय नद्यातील

जनावरांची चित्रे असलेल्या काही मुद्रांमध्ये, समूहामध्ये जनावरे दाखवली आहेत. एका प्रसिद्ध मुद्रेवर मध्यभागी एक मानवी आकृती आहे. त्याला 'जनावरांचा राजा' (पशुपती) असेही काहीवेळा म्हणतात. तो मांडी घालून बसलेला आहे व त्याने डोक्यावर रेड्याच्या तोंडाचे शिरस्त्राण घातले आहे. त्याच्या उजव्या बाजूला पाणघोडा व रेडा दाखवले आहेत. ही मुद्रा भंगलेली आहे. पण मधल्या आकृतीच्या डाव्या पायाखाली मागे वळून पहाणाऱ्या बोकडाचे चित्र आहे. आणि उजव्या बाजूलाही त्याच्याशी मिळत्या जुळत्या बोकडाच्या चित्राची शिंगे असावीत असे दिसते आहे.

(इथला मुद्रेचा भाग तुटलेला आहे.) एका कमी चित्रे असलेल्या मुद्रेवर एका पिंपळाच्या झाडावर आधारित चित्रे आहेत. ह्या झाडाच्या फांदीतून लांबशिंगी बैलांची दोन शिंगे फुटलेली दाखवली आहेत.

एका लोलकासारख्या भरीव त्रिकोणाच्या आकाराच्या मुद्रेवर असाच एक जनावरांचा गट दाखवला आहे. (काही मुद्रा हे भरीव त्रिकोणाच्या आकाराच्या आहेत, तर काही दंडगोलाकारही आहेत.) ह्याच्या एका त्रिकोणी बाजूवर एका रांगेत एक हत्ती, एक पाणघोडा, एक वाघ आणि आणखी एक

चौथा प्राणी आहे. (हा चौथा प्राणी कोणता असावा हे ती आकृती फारच अस्पष्ट झाल्यामुळे ओळखू येत नाहीये.) बहुतेक ही बाजू जंगली प्राण्यांच्या चित्रांची असावी. दुसऱ्या बाजूवर जी चार प्राण्यांची रांग दाखवली आहे त्यातील एकही प्राणी जंगली नाही. पण ह्या दोन्ही बाजूंवर वरच्या बाजूला असलेल्या पाचव्या प्राण्याचे चित्र हे जंगली प्राण्यात समाविष्ट असणाऱ्या मगरीचे आहे.



हडप्पा संस्कृतीतील एक मुद्रा : कराची (पाकिस्तान) येथील वस्तु-संग्रहालयात ही मुद्रा ठेवली आहे. वरच्या भागातील ३ हा आकडा 'सर्वात पुढे' असेही दाखवतो. पान आणि बाणाची खूण आहे तिचा अर्थ-आई. शेजारची शिंगे असलेली काठी अधिकारदर्शक आहे. शेवटची खूण-कान असलेल्या भांड्याची-त्याचा अर्थ उच्च किंवा उत्कृष्ट.

वरील सर्व गोष्टींवरून ही मुद्रा हडप्पा संस्कृतीतील उच्च अधिकाऱ्याची, बहुधा एका स्त्रीची असावी.

जंगली प्राण्यांच्या चित्रांच्या बाजूवर असलेल्या मगरीच्या निमुळत्या तोंडापुढे एका माशाचे चित्र काढल्याचे आपण ओळखू शकतो. तिच्या मागच्या बाजूलाही मासा दाखवला आहे. पण दुसऱ्या बाजूवर मात्र मासा काढल्याचे दिसत नाही.

'पशुपती'च्या मुद्रेपेक्षाही अनेकविध चित्रे असलेल्या चौथ्या मुद्रेवर पूजातत्वाचा समावेश केलेला दिसतो. ह्या मुद्रेच्या वरील

उजव्या कोपऱ्यात पवित्र पिंपळाच्या झाडाचे चित्र काढले आहे. ह्या झाडाच्या फांद्यांमध्ये पशुपतीची आकृती आहे. ह्या शिंगे असलेल्या आकृतीपुढे एक गुडघे टेकून बसलेली मानवी आकृती आहे. ह्या आकृतीला घागऱ्यासारखे वस्त्र परिधान केलेले दाखवले आहे. त्यावरून ती स्त्रीची आकृती असावी असे म्हणता येईल. ह्या आकृतीच्या डाव्या बाजूला मोठा बोकड आहे. मुद्रेच्या खालच्या अर्ध्या भागात घागरा घातलेल्या ७ आकृत्या आहेत. त्यांचे लांबलचक केस 'पोनीटेल' सारखे बांधलेले आहेत. पाचव्या मुद्रेवरही अशाच वस्त्रांकित आकृत्या आहे. त्यापैकी एका घागरा घातलेल्या आकृतीवर एक रेडा हल्ला करतो आहे असे भोषण दृश्यही आहे.

ह्या चित्रप्रतीकांवरून आपल्याला हडप्पाच्या सामाजिक व्यवस्थेविषयी धोडीफार कल्पना करता येते. ती अशी की ह्या मुद्रेचे मालक असलेल्या व्यक्ती ह्या सर्वसामान्यतः एकाच कौटुंबिक पिढ्यातील असाव्यात. उदा. पाणघोड्याचे चित्र असलेल्या मुद्रा बाळगणाऱ्यांच्यात काही समान सामाजिक नाते असावेत. समान नाते असणाऱ्या ह्या व्यक्ती समाजात उच्चवर्णीय कुटुंबाशी संबंधित असाव्यात. ह्या उच्चवर्णीय कुटुंबाची एक टोळी किंवा जमात असावी. काही मुद्रेवरील मिरवणुकीच्या दृश्यातील जनावरांच्या मूर्तीरूपी प्रतिमा ह्या प्रतीक म्हणून वापरलेल्या दिसतात. ही गोष्ट उच्चवर्णीय कुटुंबाच्या कल्पनेला पुष्टीच देते.

एका मोठ्या मानवसमुदायाचे हे दोन वर्ग (गट) असावेत असे वाटते. 'पशुपती'ची प्रतिमा असलेले शिके बाळगणारा एक गट व पिंपळ वृक्षदेवतेच्या पूजकांची प्रतिमा असलेल्या मुद्रा बाळगणारा दुसरा गट असावा. याचाच अर्थ समान रीतीरिवाज असलेल्या दोन उपसमुदायांचा मिळून तयार झालेला एक समाज, एकमेकांत बेटीव्यवहार होणारे समाजाचे दोन भाग असा होतो.

वेगवेगळ्या चित्रप्रतिमा असलेल्या ह्या मुद्रांचे मालक हे त्या त्या विशिष्ट गटाचे किंवा सामाजिक घटकांचे असावेत. ही कल्पना एकदा मान्य केली की ह्या मुद्रांवरील हडप्पा लिपीतील हे लिखाण ह्या मुद्रांच्या मालकाची ओळख दर्शवणारे असावे असा तर्क आपण करू शकतो. उदा. हे लिखाण एखाद्या व्यक्तीचे नाव, धंदा, रहाण्याचे ठिकाण, दर्जा किंवा पद आणि अशाच सारखी माहिती देणारे असावे. ह्या मुद्रांवरील लिखाणाचा अभ्यास केला असताना व्यक्तीची ओळख दर्शविणाऱ्या चिन्हांच्या क्रमांचे (sequence) खूप वैविध्य तर आढळतेच, शिवाय ह्या जोड्या वरचेवर, पुन्हा पुन्हा आलेल्या दिसतात. त्यामुळे आपल्या वरील स्पष्टीकरणाच्या तर्काला पुष्टीच मिळते. ❖

लेखक : वॉल्टर फेरसर्विस, ज्यु.

प्रसिद्ध पुरातत्त्वज्ञ

अनुवाद : मीना कर्वे,

समाजशास्त्राच्या पदवीधर

भूलभुलैया



लेखक : डॉ. माणिक बिचकर

रविवारची दुपारची वेळ, अनिकेत त्याच्या मित्रांबरोबर लपंडाव खेळत होता. खेळता खेळता पाय घसरून तो खाली पडला अन् नेमकं डोकं च दगडावर आपटलं त्याचं! मोठी खोक पडली होती, कपाळावरून रक्ताची धारच लागली. हात कपाळावर दाबून धरून त्याने आईला हाक मारली. जखमेची खोली बघून आईने त्यावर रूमाल बांधला अन् त्याला दवाखान्यात नेले.

डॉक्टरांनी जखम बघून 'टाके घालायला लागतील' असं सांगिल्यावर अनिकेतला रडू आलं. रडत रडत 'सुई टोचेल ना मला' असं तो म्हणायला लागल्यावर डॉक्टरकाकांनी त्याला समजावून सांगितले, "अरे, जागेवर बधिर केल्याशिवाय मी काही करणार नाहीये."

अन् खरंच की! जखमेच्या जवळ इंजेक्शन दिल्यानंतर त्याच्या वेदना पुरत्या थांबल्या. आता डॉक्टरांनी जखम नीट साफ करून टाके घातले तरी त्याला अजिबात दुखलं नाही. डॉक्टरांचं हे सगळं करून झाल्यावर त्याच्या मनात बरेच प्रश्न उभे राहिले. न राहवून त्याने डॉक्टरांना विचारले, "काका, भूल अशीच देतात का नेहमी?"

डॉक्टर हसले आणि म्हणाले, "ही तर अगदी साधी भूल आहे. तुला माहिती आहे का भूल किती प्रकारे देतात ते?"

तो म्हणाला, "नाही."

"मग ऐकायचंय का तुला?" अनिकेतलाही खूप उत्सुकता वाटू लागली होती. "सांगा ना काका, प्लीज!"

डॉक्टर सांगू लागले, “भूल तीन प्रकारे दिली जाते. पूर्ण भूल, काही भागापुरतीच भूल (Regional Anaesthesia) आणि फक्त विशिष्ट जागेवर दिलेली भूल (Local Anaesthesia).

अनिकेत म्हणाला, “मला ह्यातली आत्ता शेवटच्या प्रकारची भूल दिली होती नं? पण काका, पूर्ण भूल केव्हा द्यायची असते हो?”

डॉक्टर - “बराच वेळ चालणाऱ्या मोठ्या शस्त्रक्रियेसाठी अशा प्रकारची भूल द्यावी लागते.”

अनिकेत - “त्यासाठी औषधं तरी कोणती वापरतात, काका? आणि त्यांचा शोध तरी कसा लागला?”

अनिकेतची उत्सुकता बघून डॉक्टरही मग सविस्तरपणे सांगू लागले. “पूर्ण भूल देण्याची औषधं साधारणपणे १५० वर्षांपूर्वी वापरली जाऊ लागली. इ. स. १८४१ साली इथर हा द्रव पदार्थ वापरला गेला. त्यापूर्वी कोणतीही शस्त्रक्रिया करायची झाली नं, तर रोग्याला झोपेचं औषध देऊन, बांधून ठेवून किंवा ५-६ जणांनी घट्ट पकडून धरून काम करावं लागायचं.”

एखाद्याला खुर्चीत बांधून ठेवलंय किंवा ५-६ जणांनी घट्ट पकडून धरलंय अन्

डॉक्टर त्याच्यावर सुरी चालवतायत ह्या कल्पनेनेच अनिकेतला हसू यायला लागलं. “डॉक्टर, मी एकदा एक सिनेमा पाहिला होता. त्यात पेशंटचा दात काढायला डॉक्टरांनी एक फवारा मारल्यावर पेशंट हसतच सुटतो. भूल देण्यासाठी असा हसवणारा वायू असतो का?”



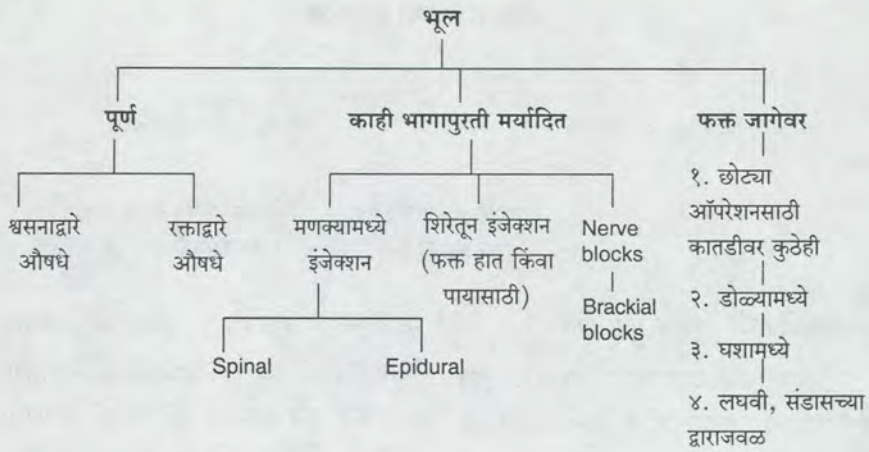
“हां, तो नायट्रस ऑक्साईड. खरं म्हणजे त्यामुळे थोडं गुदगुल्या केल्यासारखं वाटत रहातं. सिनेमातल्या इतकं बेफाम हसू येत नाही. या वायूबरोबर प्राणवायूही

वापरावा लागतो. विशिष्ट भागापुरती भूल द्यायला हा वापरला जातो.”

“पूर्ण भूल द्यायला अजून इथरच वापरतात?”

“नाही. इथरमुळे बेशुद्धी यायला ५ ते १० मिनीटं लागतात. त्याचा वास फार वाईट येतो त्यामुळे पेशंट गोंधळ करायला लागतात, हातपाय झाडतात - अशा लाथा खाण्यापेक्षा २-३ मिनीटात भूल देणारं एथिल क्लोराईड, क्लोरोफॉर्म अशी औषधं आता वापरली जातात.

एथिल क्लोराईडमुळे पूर्ण बेशुद्धी येते याचा शोध अगदी अचानक लागला बरं



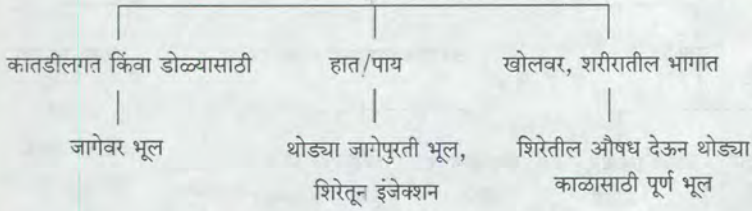
का! एकदा एक दंतवैद्य रोग्याचा दात काढण्यासाठी आधी एथिल क्लोराइडचा फवारा मारत होते अन् त्याची वाफ नाकाद्वारे शरीरात गेल्यामुळे काही काळ रोगी बेशुद्धच झाला. त्यानंतर एथिल क्लोराइड पूर्ण भूल देण्यासाठी वापरले जाऊ लागले. नाहीतर त्याआधी फक्त दुखरा भाग तात्पुरता बधिर करण्यासाठी ते वापरत असत. कारण ह्या औषधाची फार ताबडतोब वाफ होते. या वाफ होण्याच्या क्रियेमध्ये हे औषध ज्या पृष्ठभागावर टाकले असेल तो भाग खूप गार आणि बधिर होतो. म्हणून फक्त दुखरा भाग तात्पुरता बधिर करण्यासाठी ह्या औषधाचा वापर करत असत. पण दंतवैद्याकडील घटनेनंतर ते पूर्ण भूल देण्यासाठीही वापरले जाऊ लागले.”

“काका, क्लोरोफॉर्म कसं वापरतात? तेही पूर्ण भूल देण्यासाठी?” अनिकेतची विचारणा.

“होय, क्लोरोफॉर्म व इथर ही औषधंही बऱ्याच वर्षांपासून श्वासावाटे हवेबरोबर शरीरात सोडून भूल देण्यासाठी वापरली जातात. ह्या सगळ्या औषधांना त्यांचा त्यांचा एक वेगळा उग्र वास असतो. क्लोरोफॉर्मचा वास हा त्यातल्या त्यात बरा असतो. एथिल क्लोराइड, क्लोरोफॉर्म व इथर ही तिन्ही औषधे नाकावर जाळी ठेवून त्यावर फडके टाकून, त्यावर थेंब थेंब टाकली असताही त्यांनी पूर्ण भूल चढते. पण बरं का अनिकेत, सिनेमात दाखवतात किंवा बातम्यांमध्ये येतं की नाकावर रूमाल धरला आणि ती व्यक्ती बेशुद्ध झाली असं यापैकी कोणत्याही औषधामुळे होत नाही. तसं फक्त सिनेमातच होतं बरं का !”

“पण काका, ही औषधं काही ठराविक प्रमाणातच वापरावी लागत असतील, नाही का? नाहीतर तात्पुरती झोप लागायच्या ऐवजी कायमचीच झोप लागायची !”

१. थोड्याच वेळाची शस्त्रक्रिया



अनिकेतची मध्येच एक शंका !

“अगदी खरं आहे तुझ्या मनात आलंय ते ! एथिल क्लोराइड नू क्लोरोफॉर्म ही दोन्ही औषधं हृदयावर परिणाम करू शकतात अन् त्यामुळे त्यांची जास्ती मात्रा रोग्याच्या मृत्यूचे कारण बनू शकते. म्हणून तर हल्ली भूल देण्यासाठी याचा खास अभ्यास अचलेले तज्ज्ञ डॉक्टर असतात. पण इथर हे फारच सुरक्षित औषध होतं, त्यामुळे कितीतरी वर्षं हे खूप मोठ्या प्रमाणात वापरलं गेलं.”

“मग इथरच वापरायचं ! बाकीची औषधं हवीत कशाला !”

“इथरचा वास फारच उग्र होता. शिवाय भूल उतरत असताना रोग्याला उलट्या होण्याची खूप शक्यता असायची. नंतरही कितीतरी दिवस श्वासाबरोबर इथरचा वास येत रहायचा. शिवाय इथरमुळे तोंडात खूप लाळ तयार व्हायची, म्हणून लाळ कमी करण्यासाठी अँट्रोपीन हे इंजेक्शन भूल देण्यापूर्वीच द्यावं लागायचं. पण आता ट्रायलीन, हॅलोथेन, फ्ल्यूथेन, आयसोफ्ल्यूथेन वगैरे विविध द्रव्यं,

ठराविक मोजक्या प्रमाणात हवेत मिसळण्याची यंत्र (Vaporizers) आणि प्राणवायू अन् नायट्रस ऑक्साइड पुरवणारे बॉईल्स मशिन यामुळे पूर्ण भूल-तज्ज्ञांच्या देखरेखीखाली कितीही काळ देणे-धोक्याचे राहिलेले नाही.”

“मग आता संपूर्ण भूल देण्याच्या कामात खूपच सुधारणा झाली असेल, नाही का, काका !” अनिकेत अगदी मनापासून डॉक्टर सांगत असलेली माहिती ऐकत होता.

“हो तर ! नुसतं नाकावर जाळी टाकून ही वायुरूप औषधं श्वासात सोडण्यापेक्षा आजकाल प्रथम शिरेमधून औषध देऊन रोग्याला पूर्ण बेशुद्ध करतात. मग त्याच्या स्वरयंत्रामधून श्वासनलिकेत रबरी किंवा पोरटेक्स नळी घालून त्या नळीवाटे प्राणवायू, नायट्रस ऑक्साइड आणि हॅलोथेन सारखं औषध सोडलं जातं. रोग्याचे सगळे स्नायू पॅनक्यूरोनियमसारख्या औषधाने तात्पुरते पूर्णपणे शिथिल केले जातात. अन् कृत्रिमरित्या मशीनने किंवा फुगा हाताने दाबून श्वसन क्रिया चालू

२. जास्त काळ लागणारी शस्त्रक्रिया

कमरेच्या खालील भागातील,
ओटीपोटातील भागातील

Spinal/Epidural

डोके, मान, छाती,
बेंबीवरील पोट या भागात

पूर्ण भूल

ठेवली जाते. त्यामुळे जरी चुकून जठरातील अन्नपाणी घशात आले तरी श्वासनलिकेत जाऊ शकत नाही. श्वासनक्रिया विनाअडथळा चालू रहाते. अशा प्रकारची भूल कित्येक तास देता येऊ शकते. या सुधारित पद्धतीमुळेच अलिकडे हृदयावरील, मेंदूवरील अवघड शस्त्रक्रियाही अधिक यशस्वीपणे, व्यवस्थित करता येऊ लागल्या आहेत.”

“पण सगळ्याच शस्त्रक्रिया करण्यासाठी हे एवढं सगळं करायला लागतं का हो काका? शिवाय लहान मुलांसाठी पण असंच, का ती पद्धत वेगळी आहे?” अनिकेतच्या मनातलं विचार चक्र फिरतच होतं.

“बरोबर आहे तुझ्या मनातली शंका. छोट्या शस्त्रक्रियांसाठी या सगळ्या गोष्टींची गरज नसते. त्यासाठी शिरेतून देण्याची औषधे खूप सोयीची असतात. या पद्धतीत वापरलेलं पहिलं यशस्वी औषध म्हणजे थायोपेन्टोन. हृदयाकडे रक्त वाहून नेणाऱ्या नीलेमध्ये सुई ठेवून हे औषध रक्तातून दिले जाते, अन् हळूहळू झोप, गुंगी व नंतर

बेशुद्धी येते. पण रक्ताभिसरण चालूच असल्यामुळे मेंदूत पोचलेल्या या औषधाचे प्रमाण कमी होऊन काही वेळात म्हणजे साधारण १५ ते ३० मिनिटात रोगी पुन्हा जागा होऊ शकतो.

यासारखीच केटॅमीन, प्रोपोफॉल, इपॅन्टॉल ही इतर औषधं आहेत. पैकी केटॅमीन हे लहान मुलांना गुदद्वारामार्गे सुद्धा देता येते किंवा दंडावर वा मांडीवर सुई टोचूनही देता येते. लहान मुलांसाठी ते फार सोयीस्कर पडते. प्रोपोफॉलमुळे भूल पाहिजे तेव्हा उतरण्याची सोय करता येते. फॅटॅनील हे औषध वेदनाशामक म्हणून वापरले जाते.”

“काका, तुम्ही मला आता कुठल्या औषधाचं इंजेक्शन दिलंत हो?” अनिकेतला आपल्यावर होत असलेल्या उपचाराबद्दल कुतुहल होतंच.

“बरं का अनिकेत, जागेवर इंजेक्शन देऊन बधिरपणा आणणारी औषधं त्यामानाने अलिकडची आहेत. कोकेन ह्या औषधाचा शोध १८६६ साली लागला. १८८० साली सिगमंड फ्रॅड यांनी हे औषध

अफूच्या आहारी गेलेल्या रोग्यांच्या उपचारासाठी वापरले. त्यांची सहकारी कार्ल कोलर हिने त्याचे द्रावण रोग्याच्या डोळ्यात घातले आणि तिथे बधिरपणा आला. त्यानंतर वेगवेगळ्या जागी इंजेक्शन देऊन बधिरपणा आणायला कोकेन वापरलं गेलं. १९०५ मध्ये प्रोकेन, तर १९४० साली लिग्नोकेन बनवण्यात आलं. सध्या लिग्नोकेन हे फार मोठ्या प्रमाणावर वापरलं जाणारं औषध आहे. तुलाही ह्याच औषधाचं इंजेक्शन मी जागेवर दिलं आहे, अनिकेत, कंटाळला नसलास तर सांगू का पुढे?"

“हो, सांगा न काका ! मला तर ही सगळी माहिती इतकी नवी आणि इंटरेस्टिंग वाटतेय.” त्याचा ऐकण्याचा उत्साह बघून डॉक्टरांना सांगायला मजा वाटू लागली.

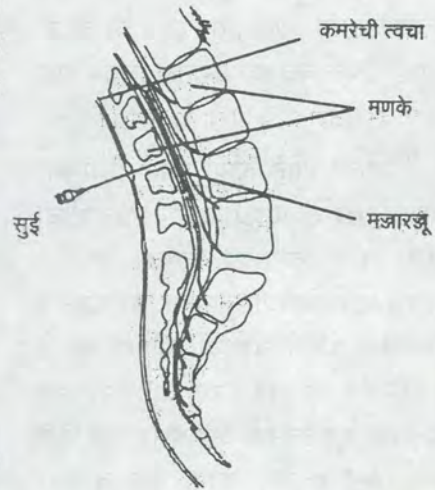
“जागेवर भूल देण्याच्या औषधांचा वापर काही विशिष्ट भागाला भूल देण्यासाठीही केला जातो (Regional Anaesthesia). याशिवाय भूल देण्याचे इतर प्रकार असे आहेत.

- 1) Spinal Anaesthesia (मज्जारजू मध्ये)
- 2) Epidural (मज्जारजू बाहेरील आवरणात)
- 3) Intravenous regional Anaesthesia (शिरेतून)
- 4) Brachial Block / Nerve blocks

आता ही आकृती बघ.

मोठ्या भोपळ्याला एक लांब शेपटी जोडलेली असावी तसे मेंदू व मज्जारजू दिसतात बरं का! मज्जारजूमार्फत सर्व मज्जातंतू शरीरातून मेंदूकडे आणि मेंदूकडून शरीरातील सर्व अवयवांकडे संदेश पोहचवतात. मेंदू आणि मज्जारजूच्या आजूबाजूस छोट्याश्या पोकळीत पाण्यासारखा द्रवपदार्थ भरलेला असतो. त्यामुळे आपल्या विविध हालचालींमुळे निर्माण होणारे धक्के मेंदू व मज्जारजूला फारसे बसत नाहीत. या पोकळीच्या जाडसर आवरणास ड्युरा म्हणतात. मज्जारजू कमरेच्या पहिल्या किंवा दुसऱ्या मणक्यापर्यंत संपतो, पण वरील आवरण मात्र माकडहाडाच्या जरा वरपर्यंत संपते.

लांब सुईच्या साहाय्याने जागेवर परिणाम करणारी लिग्नोकेन, ब्यूपिव्हाकेन ह्या



सारखी औषधे जर ह्या आवरणाच्या आत दिली तर त्या रोग्याच्या शरीराचा खालचा अर्धा हिस्सा पूर्णपणे बधिर होतो, पण डोक्याच्या बाजूला रोगी सर्व समजू शकतो, फार काय, शस्त्रक्रिया करणाऱ्या डॉक्टरांशी तो गप्पाही मारू शकतो. पण वेदना मुळीच होत नाहीत. ह्यालाच Spinal Anaesthesia म्हणतात. बधिरपणाची पातळी कुठपर्यंत यावी यासाठी दिलेल्या औषधाच्या द्रावणाचे वजन मज्जारजू भोवतीच्या पोकळीतील द्रावापेक्षा जास्त केल्यास, ऑपरेशन टेबल डोक्याकडे किंवा पायाकडे खाली झुकते केल्यास वर छातीच्या पिंजऱ्यापर्यंत बधिरपणा येऊ शकतो किंवा फक्त पायच बधिर होऊ शकतात. हीच औषधे पोकळीच्या आत न देता (ड्यूराच्या) बाहेर दिली तर त्याला Epidural Anaesthesia म्हणतात. आजकाल तेथे बारीक नळी घालून थोड्या थोड्या काळाने औषधाचे डोस देता येतात आणि त्या भागाचा बधिरपणा जास्त काळ लांबवता येतो.

जिथे जिथे शक्य आहे त्या ऑपरेशनसाठी spinal / epidural प्रकारची भूल वापरली जाते. आजकाल वेदनारहित प्रसूतीसाठीही अशाच प्रकारे कमी मात्रेमध्ये औषधे देता येतात. अशा प्रकारे शरीराचा काहीच भाग बधिर करण्याचा सर्वात मोठा फायदा अंसा की रोगी पूर्णपणे शुद्धीवर असतो. श्वासाच्या

यंत्रणेवर, फुफ्फुसांच्या कार्यावर या भुलीचा फार कमी परिणाम होतो आणि भुलीनंतरचे बरेचसे धोके टाळता येऊ शकतात. ज्या रोग्यांना छातीचे विकार आहेत त्यांच्यासाठी तर हे जास्त महत्त्वाचे !

आता फारसे न वापरले जाणारे भुलीचे प्रकार म्हणजे Intravenous regional anaesthesia आणि nerve blocks. जर रोग्याची एकूण अवस्था चिंताजनक असेल आणि पूर्ण भूल देणे हे जीवावरचा धोका ठरेल अशी परिस्थिती असेल तर फक्त हात किंवा पाय बधिर करण्यासाठी ह्या प्रकारची भूल देतात.

कधी कधी कॅन्सरच्या रोग्यांच्या असह्य वेदना थांबवण्यासाठीसुद्धा ह्या प्रकारच्या भुलीचा वापर केला जातो.”

“काका, भूल देणारा डॉक्टर होण्यासाठी काही खास शिक्षण असतं का हो? कारण मला एवढं माहीत आहे की ऑपरेशन करणारे आणि भूल देणारे डॉक्टर वेगवेगळे असतात.” अनिकेत.

“हो, भूल देणारे डॉक्टर वेगळे असतात आणि शस्त्रक्रियेत त्यांचा फार महत्त्वाचा वाटा असतो. साधारण ५०/६० वर्षांपूर्वी भूल देणे हे काम कोणीही करत असे. पण जसजसं भूल देण्याचं तंत्र विकसित झालं तसतशी ही वैद्यकीय अभ्यासाची वेगळी शाखा मानण्यात येऊ लागली. सुरुवातीला M.B.B.S. नंतर

डिप्लोमाचा कोर्स सुरू झाला. नंतर ती पूर्ण विकसित शाखा मानून M.D. ह्या डिग्रीची सुरुवात झाली. आता तर केवळ हृदयाच्या शस्त्रक्रियेसाठी भूल देणारे, मेंदूच्या शस्त्रक्रियेसाठी भूल देणारे, वेदनाविरहित प्रसूतीसाठी भूल देणारे, कॅन्सरच्या रोग्यांना किंवा इतर कारणाने तीव्र वेदना होणाऱ्या रोग्यांना उपचार करणारे असे विविध प्रकार भूल देणाऱ्या शिक्षणात उदयाला येत आहेत. काही दिवसांनी भूल देण्याच्यासुद्धा विविध शाखा आल्यास नवल वाटायला नको !

तर बघ, एवढ्या गप्पा करता करता वेळ कसा गेला कळलं तरी का? दुखायला

लागलं ना आता थोडं थोडं ! आता ह्या गोळ्या घे म्हणजे ठणका कमी होईल. आता आठवड्याने आपल्याला टाके काढायचे बरं कां !”

अनिकेत तर ह्या सगळ्या माहितीमुळे आपलं दुखणं वगैरे पार विसरून गेला होता.

❖

लेखक : डॉ. माणिक बिचकर

भूलशास्त्र तज्ज्ञ, राजगुरुनगर.

विविध सामाजिक कामात सहभागी.

शब्दांकन : मीना कर्वे

‘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

घन, द्रव, वायू आणि काच



पदार्थांच्या तीन अवस्थांमधील फरक आपण सहजपणे सांगतो की हा घनरूप आहे, हा द्रवरूप आहे किंवा हा वायूरूप आहे. काचेविषयी तुमचे काय मत आहे? घन, द्रव, वायू यापैकी कोणत्या स्थितीत तुम्ही काचेला स्थान देता ?

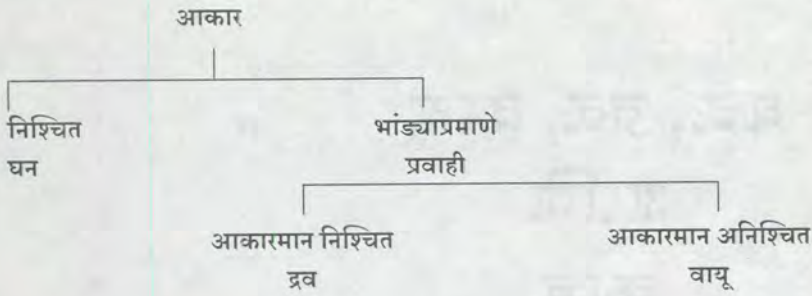
लेखक : सुशील जोशी अनुवाद : भाग्यश्री कुलकर्णी

ढोबळ पद्धतीने आपण पदार्थांच्या तीन अवस्था सहज ओळखतो. याचा आधार घेऊनच आपण पदार्थांची घन, द्रव, वायू या तीन प्रकारात विभागणी करतो. ही विभागणी आपल्याला पूर्णपणे कळलेली असते का? उदा. आपण एल. सी. डी. - लिक्वीड क्रिस्टल डिस्प्ले' चे नाव ऐकून असाल. कॅल्क्युलेटर, मोबाईल फोन, डिजिटल मनगटी घड्याळे इत्यादींमध्ये त्याचा वापरही होत असतो. याच्या मुळाशी जाऊन विचार केला तर हा विरोधाभास असल्याचे जाणवेल. एखादा पदार्थ जर द्रव असेल तर तोच स्फटिक कसा ?

पदार्थांच्या अवस्थांबद्दल अशा काही गोंधळात टाकणाऱ्या बाबी-वरील ढोबळ वर्गीकरणाबाबत सखोल विचार करण्याची

गरज दाखवून देतात. काच हा पदार्थ द्रव प्रकारात मोडतो. हे कदाचित तुमच्या ऐकण्यात किंवा वाचण्यात आले असेल. भौतिक-रसायन शास्त्रांवर आधारित पुस्तकांत ही माहिती सापडते की 'काच' हा घन पदार्थ नसून तो प्रवाही आहे. तुम्ही म्हणाल की काच आणि प्रवाही? प्रवाही पदार्थांपासून कधी भांडी बनविली जातात का?

घन, द्रव, वायू यांचे गुणधर्म : आपण घन, द्रव, वायू यामध्ये वर्गीकरण करताना पदार्थांच्या बाह्य गुणधर्मांवर लक्ष केंद्रित करतो. जसे ठराविक आकार, ठराविक आकारमान किंवा पदार्थांचा प्रवाहीपणा इ. पदार्थांचा आकार निश्चित असेल तर तो 'घन' ठरतो. जर पदार्थ ओतता येत असेल

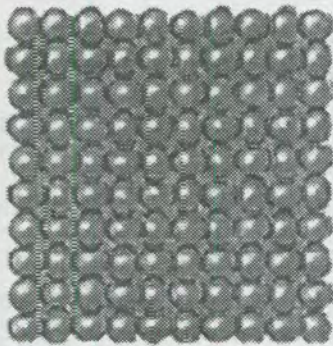


व नंतर तो भांड्याचा आकार धारण करत असेल तर तो प्रवाही ठरतो. प्रवाही (fluid) मध्ये 'द्रव' आणि 'वायू' हे दोन उपप्रकार आहेत. जर एखादा पदार्थ सहजतेने आकुंचन किंवा प्रसरण पावत असेल तर तो वायू नाहीतर द्रव असे विभाजन केले जाते.

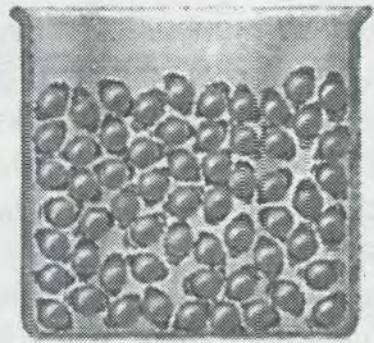
वरील गुणधर्मांशी तुम्ही सहमत असाल. थोडावेळ काचेविषयी विचार बाजूला ठेवून आपण काही नेहमीच्या उपयुक्त पदार्थांचा विचार करू या. 'मीठ' (किंवा साखर किंवा पीठ) याबद्दल तुमचे मत काय ? अर्थातच, मीठ घन आहे. पुन्हा एकदा नीट विचार करा. साखर प्रवाही नाही का? आपण भरतो त्या

डब्याचा आकार ती धारण करत नाही का? मग, या आधारावर साखरेला तुम्ही द्रव मानण्यास तयार होणार का? नाही! साखरेला द्रव मानण्याची तुमची तयारी नाही. कदाचित तुम्ही म्हणाल की जेव्हा साखर ओततो. किंवा 'फ्री फ्लो' मीठ ओततो तेव्हा त्याचे 'कण कण' दिसतात, म्हणूनच ते घन पदार्थ आहेत. पाण्याचे कण आपल्याला दिसत नाहीत पण कणांचे दिसणे न दिसणे हे त्यांचा आकार किती मोठा आहे ह्यावर अवलंबून आहे. असे असेल तर मग साखर, मीठ यांना द्रव न मानण्याचे कारण काय ?

या उदाहरणावरून एक गोष्ट लक्षात येईल



घन



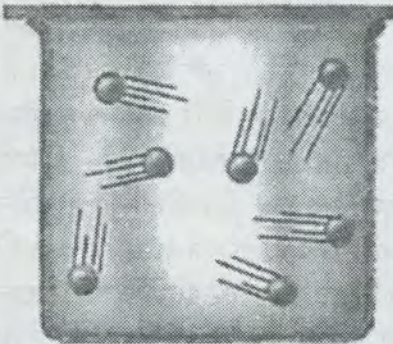
द्रव

की जी परिभाषा आपण शिकलो ती अपूर्ण आहे. कित्येकदा ही परिभाषा दैनंदिन अनुभवांमधेसुद्धा उपयोगात आणता येत नाही. खरंतर घन, द्रव, वायू हे वर्गीकरण आपण जितके पक्के मानतो, तितके ते पक्के नाही. किंवा यामधील विभाजन रेषा पुसट आहेत. या अवस्थांमध्ये स्पष्ट विभाजन रेषा ठरविण्यापेक्षा याबाबत एक जाणीव निर्माण करणे योग्य ठरेल म्हणजेच या अवस्थांमधील बदल समजून घेण्याचा प्रयत्न केला पाहिजे. या दृष्टीने या अवस्थांच्या लाक्षणिक स्तरावरील गुणधर्मांऐवजी, आण्विक स्तरावरील गुणधर्म विचारात घ्यावे हे जास्त योग्य होईल. आण्विक स्तरावर विचार केल्यास स्पष्ट होते की या तीन अवस्था आण्विक व्यवस्थेचे वेगवेगळे स्तर दाखवितात.

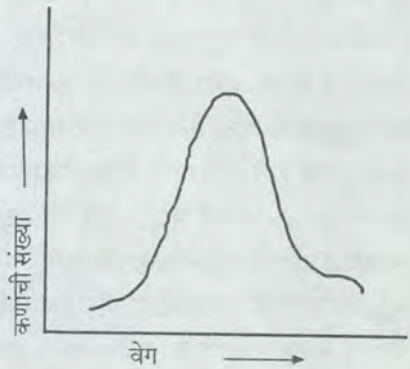
आण्विक अवस्था : सर्व पदार्थ हे अणू, रेणू व आयनांच्या एकत्र येण्यातून तयार होतात, हे तर तुम्हाला माहित असेलच. जेव्हा

पदार्थाचे हे कण एकमेकांपासून पूर्णपणे स्वतंत्र असतात, जेव्हा त्यांच्यामध्ये परस्पर क्रिया होण्याचा संभव नसतो तेव्हा ते मुक्तपणे (Random) संचार करत असतात. त्यातच ते कधी कधी एकमेकांवर आदळतात आणि परत आपापल्या मार्गाने जातात. या स्थितीस आपण वायूरूप अवस्था म्हणतो. सर्वच कणांचा वेग सारखा नसतो. काही कण खूप वेगाने फिरत असतात तर काही अतिशय कमी वेगाने. काही कणांचा वेग हा या दोन गर्तींच्या मधला असतो.

जर आपण विशिष्ट वेग धारण करणाऱ्या कणांची संख्या घेऊन आलेख काढला तर तो खालच्या चित्रात दाखविला आहे तसा दिसेल. यावरून अनुमान काढता येते की अगदी कमी वेग असणाऱ्या कणांची संख्या सर्वात कमी आहे. त्याचप्रमाणे खूप जास्त वेग असणारे कणसुद्धा कमीच आहेत. जास्तीतजास्त कण एका विशिष्ट वेगमर्यादामध्ये आहेत. या चित्राला आपण



वायू



सामान्य वितरण चित्र म्हणतो - घंटीच्या आकाराचे.

आता आपण बघूया हे कण एकमेकांवर आदळतात तेव्हा काय होते ते. प्रत्येक कणाची काही ठराविक गतिक ऊर्जा (Kinetic Energy) असते. जेव्हा दोन कण एकमेकांच्या जवळ येतात तेव्हा त्यांच्यात परस्पर क्रिया होण्याचा संभव असतो. एकमेकांच्या जवळ असण्याची एक स्थिती अशी उत्पन्न होते की त्यांच्यामध्ये आकर्षण निर्माण होते. पण जर हे कण खूप वेगाने जवळ आले असतील (आकर्षणाने वेग अजून वाढतो) तर ते एकमेकांच्या अगदी जवळ जातात आणि मर्यादेपेक्षा अधिक जवळ आल्याने त्यांच्यात प्रतिकर्षण (Repulsion) निर्माण होते व ते परत दूर लोटले जातात.

याचा एकूण परिणाम म्हणजे सर्वच कण मुक्तपणे संचार करत राहतात. यालाच वायू म्हणतात.

आता समजा कणांची ऊर्जा कमी केली, अर्थात् तापमान कमी करूनच. तापमान, खरंतर कणांच्या गतीचे मोजमाप आहे. (कणांची गती तापमानावर अवलंबून असते.) ऊर्जा कमी केली तर कणांची गतीसुद्धा कमी होते. तेव्हा यांची टक्करसुद्धा कमी वेगाने होते. परिणामी ते एकमेकांच्या इतक्या जवळ जातच नाहीत की ज्यामुळे त्यांच्यात प्रतिकर्षण निर्माण होईल. परंतु असे निश्चित नाही की प्रत्येक टक्कर याच प्रकारची असेल. वेगाचे वितरण सामान्यच असेल पण

सरासरी कमी होईल. परिणामतः प्रतिकर्षण निर्माण करण्याइतके हे कण एकमेकांजवळ येणार नाहीत. त्यामुळे आदळल्यावर एकमेकांपासून दूर जाण्याऐवजी हे कण एकमेकांबरोबर राहतील. हो, दोन कणांचे हे युगुल एकत्रितपणे विशिष्ट वेगात फिरेल आणि दोन्ही कण एकमेकांपासून एका ठराविक अंतरावर कंपन करत राहातील.

आता द्रव बनविण्याची क्रिया सुरू झाली असे म्हणता येईल. जेव्हा अशा अनेक कणांचे पुंजके तयार होतील तेव्हा वायूचे द्रवात परिवर्तन होईल.

आता ह्या स्थितीतसुद्धा हे कणांचे पुंजके स्वतंत्रपणे गतिमान आहेत. एकमेकांवर आदळत आहेत, कधी कधी तुकडेसुद्धा होत आहेत. पण एकंदरीत लहान लहान पुंजक्यात एक विशिष्ट रचना निर्माण होत आहे. ही व्यवस्था किती दूर पसरते ते या कणांच्या गुणधर्मावर अवलंबून आहे.

जेव्हा स्फटिक तयार होतात : आता आपण एका रोमांचक विषयाकडे वळूया. द्रवरूप पदार्थाला आणखी थंड केले असता, कणांच्या पुंजक्यांचा वेग अधिकच मंदावतो. एक तापमान असे येईल की जेव्हा कणांच्या पुंजक्यांची गति खूपच कमी होईल. तापमान कमी होत होत गोठणबिंदूपर्यंत पोहोचेल आणि हेच ते तापमान असेल जे द्रवरूपाने घनरूपात परिवर्तन घडवून आणेल. ह्याच तापमानाला त्या पदार्थाचे स्फटिक तयार होतात. ही स्फटिक बनण्याची क्रिया विविध

घटकांवर अवलंबून आहे. आता आपण स्फटिक कसे तयार होतात ते पाहू.

जसे जसे तापमान कमी होईल तसे द्रवाचे कण / कणांचे पुंजके यांची गती मंद होत जाईल. ते एकमेकांवर मंद गतीने आदळल्यास त्यांच्यात बंध तयार होतात. प्रत्येक पदार्थात या बंधांची विशिष्ट रचना असते. किंबहुना योग्य तऱ्हेने आदळण्याचा अर्थ असा की हळू हळू ही रचना संपूर्ण पदार्थांमध्ये पसरते व द्रवाचे घनात रूपांतर होते. या पद्धतीने कणांच्या पुंजक्यांचे आदळणे हा एक योगायोग आहे. या क्रियेवर खालील घटकांचा प्रभाव पडतो.

१) थंड करण्याचा वेग : असे आढळून आले आहे की द्रवाला फार वेगाने थंड केल्यास अचूक स्फटिक तयार होत नाहीत.

२) धूलिकण / सूक्ष्म स्फटिकांची उपस्थिती: स्फटिक बनण्याच्या प्रक्रियेला धूलिकण किंवा त्याच पदार्थांचे सूक्ष्मकण यांच्या उपस्थितीने मदत होते. धूलिकणांमुळे नेमकी कशाप्रकारे मदत होते हे अजून माहीत नाही. पण सूक्ष्म स्फटिकी कणांमुळे त्या द्रवातील इतर, भटकंती करणाऱ्या कणांना जमा होण्यासाठी सहज जागा मिळते. या कणांना 'केंद्रक' म्हणतात. जितकी जास्त केंद्रके तयार होतील तितके जास्त छोटे छोटे स्फटिक निर्माण होतात.

३) यांत्रिक हालचाल : कित्येक वेळा असे आढळून आले आहे की ज्या भांड्यामध्ये द्रवाचे स्फटिक करण्यात येत आहेत त्याच्या

आतील बाजूस ओरखडा ओढल्याने स्फटिक करण्यास मदत होते. कदाचित याचे कारण हे असेल की गोठणबिंदूच्या जवळपासच्या तापमानाला द्रवाची विष्यंदता (Viscosity) खूप जास्त होते व कणांची गती फारच मंदावते. परिणामतः या कणांपासून विशिष्ट रचना तयार होण्याची शक्यता कमी होते. अशा वेळी यांत्रिक हालचालीने मदत मिळते.

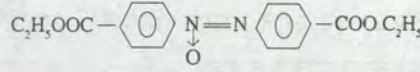
आता, द्रवरूपातील साखर किंवा मीठ थंड केले असता काय होईल ते पाहू. या क्रियेत त्यांची अनेक छोटी छोटी केंद्रके बनतील आणि ती छोट्या स्फटिकांमध्ये रूपांतरित होतील. पण पूर्ण पदार्थांमध्ये ती विशिष्ट रचना तयार होणार नाही. म्हणजेच ही घन आणि द्रव यामधील अवस्था आहे.

काचेची निर्मिती : आता आपण एका रोचक परिस्थितीचा विचार करू. एखाद्या द्रवाला थंड केले असता, केंद्रके तयार झाली नाहीत आणि समजा द्रवाची विष्यंदतासुद्धा खूप वाढली आहे. अशावेळी त्याच्या कणांच्या पुंजक्यांची गतीसुद्धा इतकी मंदावेल की ते योग्य तऱ्हेने एकत्र येण्याची शक्यता फारच कमी होईल. या द्रवाचे तापमान, गोठणबिंदूच्या खाली गेल्यावरसुद्धा तो द्रवरूपातच राहील. खरंतर, 'काच' हा असाच पदार्थ आहे 'अतिशीतल द्रव !' (supercooled liquid).

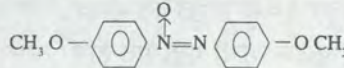
'काच' द्रव असण्याची अनेक उदाहरणे देता येतील. काच ही प्रवाही असते परंतु विष्यंदता जास्त असल्याने अतिशय हळूहळू



लिक्रिड क्रिस्टल डिस्प्ले
बनविण्यासाठी वापरले
जाणारे काही पदार्थ →



एथिल पी-अॅजॉक्सी बेन्जोएट



पी-अॅजॉक्सी अनिसोल

अमोनियम ओलीएट
 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO C}_2\text{H}_4\text{N}$

कोलेस्ट्राएल अॅसीटेट
 $\text{CH}_3\text{COO C}_{27}\text{H}_{45}$



$\text{COO C}_{27}\text{H}_{45}$

कोलेस्ट्राएल एम-नाइट्रोबॅजोएट

वाहते. असे ऐकिएवत आहे की जुन्या खिडक्यांच्या काचा वरील बाजूस पातळ तर खालच्या बाजूस जाड झालेल्या असतात. कारण हेच की अनेक वर्षांनंतर काच वाहून खालच्या भागात जमा झाली आहे. असे सुद्धा म्हणतात की जर एक मीटर लांबीची काचेची पट्टी, दोन्ही बाजूंना विटांचा आधार देऊन ठेवली तर ती लवकरच मध्यभागी झुकते.

काचेची विष्यंदता जर थोडी कमी करता आली तर ती स्फटिक बनेल. पण स्फटिक झालेल्या काचेचा उपयोग नाही कारण तिला आपण पाहिजे तो आकार देऊ शकत नाही.

अशा या अतिशीतलित द्रवांना काही लोक पदार्थांचो चौथी अवस्था 'विट्रियस' म्हणजेच सांद्रजल म्हणतात.

लिक्रिड क्रिस्टल डिस्प्ले : अवस्थांच्या या गोंधळात लिक्रिड क्रिस्टल - 'द्रव स्फटिक' ही एक मजेदार व उपयुक्त गोष्ट आहे. या स्फटिकांचा सर्वात मजेदार गुण असा की हे केशिका नळीत चढतात आणि पृष्ठीय ताण दाखवतात. चुंबकीय क्षेत्राच्या प्रभावाखाली

ते चुंबकीय बलाच्या दिशेने पारदर्शी होतात. या विशिष्ट गुणधर्माचा उपयोग एल. सी. डी. बनवण्यासाठी केला जातो. ज्यापासून लिक्रीड क्रिस्टल बनविले जातात. असे जवळ जवळ ३०० पदार्थ आता माहीत आहेत.

या लेखात काही गोष्टी अपूर्ण आहेत. पण यातील प्रत्येक मुद्दा इथे विस्ताराने सांगणे अशक्य आहे. मी जाणूनबजून काही गोष्टी अगदी थोडक्यात सांगितल्या आहेत. जर तुम्हाला काही शंका असतील तर त्या जरूर कळवा. विचारांच्या, मतांच्या, माहितीच्या देवाणघेवाणीतून ही चर्चा आणखी पुढे नेता येईल. ❖

शैक्षिक संदर्भ अंक २८ मधून साभार.

लेखक : सुशील जोशी, विज्ञान लेखन करतात स्रोत फीचर्स व होशंगाबाद विज्ञान कार्यक्रमात सहभागी.

अनुवाद : भाग्यश्री कुलकर्णी

सिंहगड कॉलेज ऑफ इंजिनीअरिंग येथे अधिव्याख्याता.

भौतिकशास्त्रातली 'सोपी' प्रात्यक्षिके

'व्हाय टोस्ट लॅण्डस जेलीसाईड डाऊन' या पुस्तकाचे लेखक रॉबर्ट एरलिच हे अमेरिकेतील जॉर्ज मेसन विद्यापीठात पदार्थविज्ञानाचे प्राध्यापक आहेत. त्यांची इतर काही प्रसिद्ध पुस्तके आहेत-द कॉस्मॉलॉजिकल मिल्कशेक, व्हॉट इफ यू कुड अनस्कॅबल अँ एग? आणि टर्निंग द वर्ल्ड इनसाइड आऊट अँड १७४ अदर सिंपल फिजिक्स डेमॉन्स्ट्रेशन. 'व्हाय टोस्ट लॅण्डस जेलीसाईड डाऊन' हे पुस्तक भारतात 'युनिवर्सिटी प्रेस'ने १९ मध्ये प्रकाशित केले (किंमत रु. १४०/-); पुस्तकातील काही भागावर हा लेख आधारित आहे.

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

प्रात्यक्षिके दाखवण्यासाठी स्वतःच प्रयोग तयार करा, असं म्हटलं की, पहिला प्रश्न विचारला जातो, तो हा की, "कशासाठी ही उठाठेव?" या प्रश्नाला काय उत्तर द्यायचं, हे विचारणारा कोण आहे शिक्षक की विद्यार्थी यावर अवलंबून आहे. तुमच्यापैकी शाळेत शिक्षक म्हणून काम करणाऱ्यांना प्रयोगशाळेसाठी साहित्य घेण्यासाठी निधीची कमतरता नेहमीच जाणवली असेल. त्यामुळे तुमच्यासाठी या प्रश्नाचं उत्तर उघड आहे. घरच्या घरी बनवलेली बहुतेक प्रात्यक्षिकं खूपच स्वस्तात तयार होतात आणि महागड्या उपकरणांइतक्याच प्रभावीपणे काम करू शकतात. याही पुढे जाऊन, स्वतःची

प्रात्यक्षिकं बनवताना तुम्ही मूळच्या प्रात्यक्षिकात सुधारणा करू शकता आणि तुमच्या गरजेला अनुरूप असे बदल करू शकता.

काहीना असं वाटतं की फार सोप्या आणि साध्या दिसणाऱ्या प्रात्यक्षिकांमुळे विद्यार्थ्यांचा विरस होतो. पण माझं मत याच्या अगदी उलट आहे. भौतिकशास्त्र हे काही अमूर्त, अवघड आणि दैनंदिन जीवनापासून लांब असलेलं शास्त्र नव्हे. आपल्या रोजच्या परिचयाच्या, साध्यासुध्या वस्तू वापरल्याने, भौतिकशास्त्र दैनंदिन जीवनाशी जोडलं जातं, (त्याला मानवी चेहरा लाभतो.) गुंतागुंतीची उपकरणं वापरून प्रयोग केल्यानं याच्या

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

बरोबर उलटा परिणाम होतो. अर्थात गरज असेल, तेव्हा गुंतागुंतीची उपकरणं वापरण्याला मी विरोध करत नाही, पण शक्यतो त्यांचा वापर टाळायचा प्रयत्न करायला सांगतो आहे.

स्वतःच प्रात्यक्षिकांची रचना करण्याचा एक महत्त्वाचा फायदा म्हणजे आपल्याला प्रात्यक्षिकाचं जास्त चांगलं आकलन होतं. त्याच्या मर्यादा आणि खाचाखोचांची तर माहिती होतेच, पण त्यापेक्षा महत्त्वाचं म्हणजे त्यामागचं विज्ञान आपल्याला जास्त चांगलं कळतं. प्राथमिक भौतिकशास्त्र वाटतं तितकं प्राथमिक नाही आणि 'सोप्या' प्रात्यक्षिकांच्या निष्कर्षांनी भल्या भल्या अनुभवी भौतिक शास्त्रज्ञांनाही चकित केलं आहे. ते कबूल करतात त्यापेक्षा कितीतरी जास्त वेळा ! कदाचित शिक्षकांनी स्वतःच प्रात्यक्षिके बनवण्याचा सर्वात महत्त्वाचा हेतू आहे, की स्वतः बनवलेली प्रात्यक्षिकं शिकवताना वापरली जाण्याची शक्यता जास्त असते !

भौतिकशास्त्राच्या बऱ्याचशा शिक्षकांना चांगलं प्रात्यक्षिक बघायला आवडतं, पण आपल्या वर्गात ते क्वचितच प्रात्यक्षिक दाखवतात-फारच उठाठेव असते ना ती ! आपल्याला पाहिजे ते साहित्य शोधून आणा, त्याची जुळणी करा आणि मग प्रात्यक्षिक चाललं नाही, की काय चुकलं, वर्गाला समजावून सांगा ! या उलट या पुस्तकात दिलेल्या घरगुती प्रात्यक्षिकांत असं काही

घडणार नाही. यातली बरीच प्रात्यक्षिकं तुम्ही खिशात घालून वर्गात नेऊ शकाल, त्यांना कोणतीही जुळणी लागत नाही आणि मुख्य म्हणजे या प्रात्यक्षिकांतून न्यूटनच्या नियमांऐवजी मर्फीचे नियम सिद्ध होण्याची भीती बाळगण्याचंही कारण नाही !

सरतेशेवटी, आपल्या सर्जनशीलतेला वाव देण्यासाठी, आपल्या कल्पना इतरांपर्यंत पोहचवण्यासाठीही तुम्हाला प्रात्यक्षिकं बनवावीशी वाटू शकतात. तुम्हाला भौतिकशास्त्रावर एखादा कार्यक्रम घ्यायचा असेल, हाताने करून पाहण्याचे प्रयोग असलेले विज्ञान प्रदर्शन उभारायचे असेल किंवा आपण तयार केलेल्या प्रात्यक्षिकाबद्दल लिहायचे असेल. हेतू कोणताही असो, तुमचे प्रात्यक्षिक सांगितल्याप्रमाणे काम करेल याची खात्री करून घ्या. अशी कितीतरी प्रात्यक्षिके असतात, की जी तत्त्वतः चालायला हवीत, पण प्रत्यक्षात त्यात फारच अडचणी असतात आणि प्रात्यक्षिकं हाताळण्यात पुरेसा वेळ खर्ची घातल्याखेरीज या अडचणी उघडही होत नाहीत.

याबाबत मीही अपराधी आहे, हे मी कबूल करतो. माझ्या आधीच्या काही पुस्तकांत मी अशी काही प्रात्यक्षिकं दिली आहेत, जी मी स्वतः कधीच करून पाहिली नाहीत, पण मला असं वाटलं की, यात काही चूक होणं शक्यच नाही. स्वतः प्रयोग करून पहाण्याला पर्याय नाही, हे अगदी खरं आहे. अनुभवाचं मोल फार मोठं असतं !

प्रयोग १.

स्ट्रॉच्या मदतीने बाटलीतून पेय पिणं ही वाटते तितकी सोपी गोष्ट नाही !

साहित्य : बऱ्याचशा प्लास्टिकच्या स्ट्रॉ, चिकटपट्टी, एक पाण्याचा पेला, एक चांगले घट्ट झाकण असलेली प्लास्टिकची बाटली. झाकणाला स्ट्रॉ आत जाईल एवढेच भोक पाडावे.

तुम्ही जेव्हा स्ट्रॉने एखादे पेय पिता, तेव्हा पेयाच्या पृष्ठभागावरच्या दाबामुळे पेय स्ट्रॉमध्ये वर ढकलले जात असते. हे होण्यासाठी पेयाच्या पृष्ठभागावरचा दाब तुमच्या तोंडातल्या दाबापेक्षा जास्त असायला हवा. किमान स्ट्रॉमध्ये चढलेल्या पेयाच्या वजनामुळे निर्माण झालेल्या दाबाइतका तरी जास्त असायला हवा. हे तुम्ही चार वेगवेगळ्या प्रकारे दाखवू शकता.

१. पेल्यात पाणी घ्या. एका स्ट्रॉने ते पिता येईलच. मग त्या स्ट्रॉवर दुसरी स्ट्रॉ चिकटवा. मध्ये छिद्र किंवा फट रहाणार नाही याची काळजी घ्या. मग दोन स्ट्रॉच्या उंचीच्या या स्ट्रॉमधून पाणी पिऊन बघा. मग आणखी एक स्ट्रॉ वर चिकटवा. अशाप्रकारे एक एक स्ट्रॉ वाढवत न्या, आणि जास्तीत जास्त किती उंचीच्या स्ट्रॉमधून तुम्ही पाणी ओढून घेऊ शकता, ते पहा.

हवेचा एक वातावरणीय दाब म्हणजे साधारणतः १० मीटर पाण्याच्या स्तंभाचा दाब. तुम्ही १ मीटर लांबीच्या स्ट्रॉमधून पाणी खेचून घेतलंत, तर त्याचा अर्थ तुमच्या



तोंडातला दाब तुम्ही एक दशांश वातावरणीय दाबाने कमी करू शकलात. दर एक मीटरमागे तुमच्या तोंडात निर्माण होत असलेला दाब एक दशांश वातावरणीय दाबाने कमी होत जायला हवा. काही विशिष्ट उंचीनंतर तुम्हाला हे शक्य होणार नाही.

२. तोंडात दोन स्ट्रॉ धरा. एक स्ट्रॉ पाण्यात बुडवा, दुसरा हवेतच राहू दे. तुम्ही कितीही जोरात ओढलंत तरी पाणी पिऊ शकणार नाही. हवेतल्या स्ट्रॉमुळे तुमच्या तोंडाचा आतला भाग वातावरणाच्या संपर्कात आहे. त्यामुळे आतला दाब कधीच वातावरणीय दाबापेक्षा कमी होऊ शकणार नाही.

३. झाकणाला बरोबर स्ट्रॉएवढेच भोक पाडलेल्या प्लास्टिकच्या बाटलीत थोडे पाणी भरून घ्या. भोकातून स्ट्रॉ आत घालून पाणी पिता येतं का पहा. तुम्ही फारसं पाणी पिऊ शकणार नाही. कारण तुम्ही स्ट्रॉने बाटलीतलं पाणी ओढून घेतलंत, की बाटलीमधली हवा प्रसरण पावेल. त्यामुळे बाटलीतल्या पाण्यावरचा दाब कमी होईल. काही वेळानंतर

तोंडातला दाब आणि बाटलीतला दाब यांमध्ये पाहिजे तितका फरक निर्माण करणे तुम्हाला अशक्य होईल.

४. हीच गोष्ट तुम्ही पुढ्याच्या डब्यातलं शीतपेय पितानाही करून बघू शकता. या डब्यातून स्ट्रॉने पेय ओढताना तुम्ही जर मध्ये थांबला नाहीत तर जसजसे या डब्यातले पेय कमी होईल, तसतसा डबा चेपत जाईल. पण एका विशिष्ट मर्यादेनंतर तोंडात पेय येणार नाही. मग तुम्ही थांबलात आणि स्ट्रॉवाटे हवा डब्यात जाऊ दिलीत, तर पुन्हा तुम्ही पेय पिऊ शकाल.

प्रयोग २.

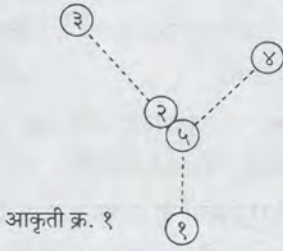
नाण्यांच्या टकरीतून संवेग अक्षय्यतेच्या नियमाचा (Law of conservation of momentum) पडताळा पहा.

साहित्य : एक रुपयाची दोन नाणी (किंवा ५० पैशाचं एक आणि रुपयाचं एक अशी दोन नाणी)

कित्येकदा चाळा म्हणून टेबलावर ठेवलेल्या एका नाण्यावर, टिचकी मारून दुसरं नाणं धडकवण्याचा खेळ तुम्ही केला असेल. टक्कर थेट आमने-सामने आहे की, निसटती आहे यावर दोन्ही नाण्यांचा पुढचा प्रवास अवलंबून असतो, हेही तुम्ही यात पाहिलं असेल. या क्षुल्लक वाटणाऱ्या खेळातून तुम्ही संवेगाची अक्षय्यता पडताळून पाहू शकता.

एक नाणं स्थिर आहे आणि दुसरं नाणं वेगानं येऊन आदळतं आहे. अशा परिस्थितीत संवेग दोन्ही दिशांत अक्षय्य

रहातो-दुसऱ्या नाण्याच्या प्रवासाच्या दिशेत (याला आपण X दिशा म्हणू) आणि त्याच्या लंब दिशेत (म्हणजेच Y दिशेत.) यापैकी लंब दिशेतला संवेग अक्षय्य रहातो, हे आपण प्रत्यक्ष पाहू या. दुर्दैवाने X दिशेतल्या संवेगाबद्दल या प्रात्यक्षिकातून आपल्याला काही म्हणता येणार नाही. कारण हाताने नाणं किती वेगात ढकलायचं, यावर आपण नियंत्रण ठेवू शकत नाही. पुढचं वर्णन वाचताना जरी गुंतागुंतीचं वाटलं, तरी ते प्रत्यक्ष करायला फारसं अवघड नाही. टकरीनंतर प्रत्येक नाणं किती अंतर प्रवास करतं आणि स्थिर नाण्यावर येऊन आदळणाऱ्या नाण्याच्या दिशेशी टकरी नंतरच्या दोन्ही नाण्यांच्या मार्गांचे कोन काय असतात, हे आपल्याला मोजायचं आहे. तर सुरुवात करू या एका कागदावर खालच्या कडेजवळ एक नाणं आणि मध्यभागी एक नाणं ठेवून. पेन्सिलीनं या नाण्यांच्या कडेकडेने गोल आखून ठेवा. (हाच प्रयोग तुम्ही मोठ्या वर्गासमोर ओव्हरहेड प्रोजेक्टरवर पारदर्शिका ठेवूनही करू शकता.) टिचकी मारून कागदाच्या कडेजवळचे नाणे कागदाच्या मध्यभागी ठेवलेल्या नाण्याकडे ढकला. ढकललेल्या नाण्याला पुरेसा वेग द्या, म्हणजे टकरीनंतर दोन्ही नाणी मीटरपट्टीने नीट अंतर मोजता येईल, इतकी लांब फेकली जातील. यासाठी तुम्हाला दोन प्रकारच्या टकरी टाळाव्या लागतील- एक म्हणजे, आमने-सामने टक्कर आणि दुसरी म्हणजे अगदी



आकृती क्र. १

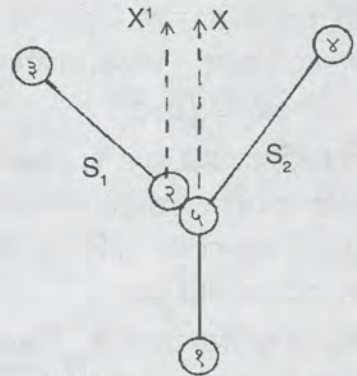
पुसटशी टक्कर. दोन्ही प्रकारच्या टकरीत दोन्हीपैकी एक नाणं टकरीच्या जागेपासून फारच कमी अंतर दूर जातं. टकरीनंतरच्या दोन्ही नाण्यांच्या जागाही पेन्सिलीने रेखून घ्या. आकृतीमध्ये या सर्व जागा आकड्यांनी दाखवल्या आहेत.

यामध्ये १ ही पहिल्या नाण्याची व २ ही दुसऱ्या नाण्याची टकरीपूर्वीची जागा. टकरीनंतर पहिले नाणे ४ या जागी व दुसरे नाणे ३ या जागी जाते. ५ ही पहिल्या नाण्याची टकर होतेवेळची जागा. पुढे जाण्यापूर्वी तुम्हाला ५ ही जागा ठरवणं भाग आहे. ही जागा ठरवण्याचे दोन मार्ग आहेत. अ) २ आणि ३ या वर्तुळांच्या मध्यांना जोडणाऱ्या सरळ रेषेत २ ला लागून नाणं ठेवा आणि ५ रेखून घ्या. ब) २ ला लागून नाणं असं ठेवा की, ५ आणि २ या वर्तुळांच्या मध्यांना जोडणारी सरळ रेषा, ५ व ४ च्या मध्यांना जोडणाऱ्या रेषेच्या बरोबर काटकोनात येईल.

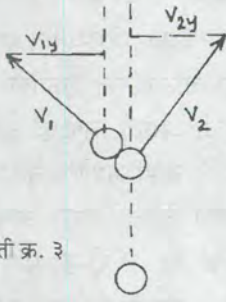
जर ही टक्कर स्थितीस्थापक (elastic) असती, आणि दोन्ही नाण्यांची वस्तुमानं अगदी समान असती, तर 'अ' व 'ब' या

दोन्ही मार्गांनी ५ ची जागा एकच आली असती. कारण या परिस्थितीत दोन्ही नाणी एकमेकांना काटकोनात एकमेकांपासून दूर फेकली गेली असती. पण ही टक्कर काही स्थितीस्थापक नाही आणि दोन्ही नाण्यांच्या वस्तुमानातही किंचित फरक असू शकतो. पण 'अ' व 'ब' हे दोन्ही मार्ग वापरून मिळणाऱ्या जागांच्या साधारण मध्यभागी ५ ही जागा धरून आपण पुढे जाऊ शकतो.

एकदा ५ ही जागा निश्चित झाली, की १ आणि ५ या वर्तुळांच्या मध्यांना जोडणारी रेषा आखा. ही झाली तुमची X दिशा. मग २ च्या मध्यातून या X अक्षाला समांतर अशी X^1 ही रेषा काढा. शेवटी २ व ३ चे मध्य आणि ४ व ५ चे मध्य जोडणाऱ्या रेषा काढा. (आकृती २ मध्ये हे दाखवले आहे.) या दोन रेषाखंडांची लांबी म्हणजे अनुक्रमे स्थिर व ढकललेल्या नाण्यांनी टकरीनंतर काटलेले अंतर. या अंतरांना आपण S_1 व S_2 म्हणू.



आकृती क्र. २



आकृती क्र. ३

टकरीच्या नंतर ताबडतोब दोन्ही नाण्यांचे वेग असतील,

$$V_1 = \sqrt{2aS_1} \quad \text{आणि} \quad V_2 = \sqrt{2aS_2}$$

इथे आपण हे गृहीत धरतो आहोत, की दोन्ही नाण्यांना थांबवणारे ऋण त्वरण $(-a)$ सारखेच आहे. दोन्ही नाण्यांचा घर्षण स्थिरांक सारखाच असेल, तर प्रत्यक्षातही हे त्वरण सारखेच असेल.

तेव्हा आता आपण लिहू शकतो,

$$V_1 / V_2 = \sqrt{S_1 / S_2}$$

समजा, आपण अशा एककांत मापन करतो आहोत, की ज्यामध्ये V_1 आणि S_1 यांची परिमाणे सारखीच येतात. तर या आपल्या खास मापनप्रणालीमध्ये

$$V_2 = \sqrt{S_1 S_2}$$

अशा रितीने केवळ S_1 व S_2 मोजून आपण दोन्ही नाण्यांचे वेग काढू शकतो. हे वेग सदिश आहेत, हे ध्यानात घ्या आणि त्याप्रमाणे बदल करून आकृती ३ काढा.

आकृतीत या दोन्ही वेगांचे Y - दिशेतील घटकही (V_{1y}, V_{2y}) दाखवले आहेत.

या रेषाखंडांची लांबी मोजली की दोन्ही नाण्यांचे टकरीनंतरच्या वेगाचे Y - दिशेतील घटक मिळतील.

आता, Y - दिशेला संवेग जर अक्षय्य रहात असेल, तर टकरीनंतरच्या Y - दिशेतील या दोन्ही संवेगांची बेरीज शून्य यायला हवी. कारण टकरीपूर्वी एक नाणं तर स्थिरच होतं, आणि दुसरं नाणं फक्त X दिशेत ढकललं असल्याने Y दिशेतला त्याचा वेग (आणि म्हणून संवेग) शून्य होता. दोन्ही संवेगांची बेरीज जर शून्य असेल, तर

$$m_1 V_{1y} - m_2 V_{2y} = 0$$

(ऋण चिन्ह दोन्ही संवेगांची विरुद्ध दिशा दर्शविते)

$$\therefore \frac{V_{1y}}{V_{2y}} = \frac{m_2}{m_1}$$

म्हणजेच पहिल्या नाण्याचा Y दिशेतला वेग व दुसऱ्या नाण्याचा त्याच दिशेतील वेग यांचे गुणोत्तर दुसऱ्या नाण्याचे वस्तुमान व पहिल्या नाण्याचे वस्तुमान यांच्या गुणोत्तराइतके यायला हवे.

तीच दोन नाणी वापरून अनेकदा प्रयोग करून तुम्ही

$$\therefore \frac{V_{1y}}{V_{2y}} = \frac{m_2}{m_1}$$

हे गुणोत्तर

दरवेळी सारखे येते का पहा. येत नसल्यास त्यात किती टक्क्यांनी फरक पडतो ते पहा. मग दोन अगदी वेगवेगळ्या वस्तुमानांची नाणी घेऊन काय होतं, ते पहा.

प्रयोग ३.

जॅम लावलेला ब्रेडचा तुकडा टेबलावरून जमिनीवर पडला, तर नेमका जॅम लावलेल्या बाजूवरच का पडतो?

साहित्य : खरपूस भाजलेला ब्रेडचा तुकडा, अॅल्युमिनिअमचा पत्रा.

नेमकी जॅमचीच बाजू खाली जमिनीला लागते, यामागे दुर्दैवाचा नाही तर न्यूटनच्या नियमांचा हात आहे. टेबलावरून ब्रेडचा तुकडा सटकला की त्याला कोनीय गती (angular velocity) प्राप्त होऊन तो खाली पडता पडता स्वतःभोवती फिरू लागतो. ह्या गतीचा परिणाम केवळ घसरतेवेळी ब्रेडचा तुकडा व टेबलाचा पृष्ठभाग यांमधील कोनावर अवलंबून असतो. हा कोन सर्वसाधारणतः 30° असतो. याच्यापेक्षा कमी कोनाला तुकडा खाली पडणार नाही. तिरक्या फळीवर भाजलेल्या ब्रेडचा तुकडा ठेऊन, फळीचा कोन बदलून तुम्ही पडताळा पाहू शकता.

हे सारं प्रकरण वाटतं तितकं सोपं नाही, कारण टेबलावरून ब्रेडचा तुकडा निसटला की त्याचे निरूढी परिबल (**moment of inertia**) आणि गुरुत्वाकर्षणामुळे त्याच्यावर कार्य करत असलेले घूर्णन (torque) या दोन्ही गोष्टी वेळाबरोबर बदलत जातात. या सगळ्या गोष्टी विचारात घेता, शेवटी आपण या सूत्राशी येतो.

$$W = 0.956 \sqrt{\frac{g}{L}}$$

इथे g म्हणजे गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे त्वरण व L ही ब्रेडच्या तुकड्याची लांबी .

30° च्या कोनाला ब्रेडचा तुकडा घसरू लागतो असे गृहीत धरले तर 3.4 इंच (8.9 सें.मी.) रुंद ब्रेडच्या तुकड्याचा कोनीय वेग सेकंदाला 1.49 प्रदक्षिणा इतका येतो.

समजा टेबलाची उंची h असेल, तर टेबलावरून जमिनीपर्यंत पोचायला लागणारा वेळ आहे-

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(न्यूटनच्या नियमांनुसार, $S = ut + \frac{1}{2}at^2$)

S - विस्थापन, u - मूळचा वेग, a - त्वरण, t - काळ)

जमिनीवर पडण्यापूर्वी हा तुकडा wt इतक्या प्रदक्षिणा स्वतःभोवती घालतो. सुरुवातीचा त्याचा कोन होता, 30° म्हणजे 0.523 प्रदक्षिणा. याचाच अर्थ, टेबलाच्या पृष्ठभागावरून जमिनीवर येईपर्यंत ब्रेडच्या या तुकड्याच्या एकूण प्रदक्षिणा होतात,

$$1.59 \sqrt{2h/g} + 0.083$$

या सूत्रावरून कोणत्याही उंचीच्या टेबलावरून पडताना ब्रेडच्या किती प्रदक्षिणा होतील, हे आपण सांगू शकतो.

ब्रेडच्या एका बाजूला जॅम लावला की, त्या बाजूचं वस्तुमान थोडं वाढतं. हा परिणाम प्रयोगात साधण्यासाठी आपण ब्रेडच्या एका भाजलेल्या तुकड्याला एका बाजूला अॅल्युमिनिअमचा पत्रा लावू. (खरोखरच आपण जॅम लावलेला ब्रेड प्रयोगासाठी वापरायचा म्हटला, तर प्रत्येक प्रयोगाला एक तुकडा याप्रमाणे ब्रेडचे कित्येक पुडे आणि किमान बाटलीभर जॅम वाया जाईल !)

प्रयोगासाठी आपल्याला ब्रेडचा हा तुकडा 'जॅमची' बाजू वर ठेऊन एका गुळगुळीत क्षितिजसमांतर पृष्ठभागावर अगदी कडेला ठेवायचा आहे आणि हलकेच खाली ढकलून द्यायचा आहे.

सोबतच्या कोष्टकात वेगवेगळ्या चार उंचीसाठी केलेल्या प्रयोगांचे निष्कर्ष दिले आहेत. पहिल्या स्तंभात क्षितिजसमांतर पृष्ठभागाची उंची आहे, तर शेवटच्या स्तंभात प्रत्येक उंचीसाठी ब्रेडच्या किती प्रदक्षिणा होतात याचा आधी दिलेल्या सूत्रानुसार काढलेला आकडा आहे. मधल्या तीन स्तंभांत प्रत्यक्ष प्रयोगांचे निष्कर्ष आहेत. 'वर' म्हणजे जमिनीवर पडलेल्या ब्रेडची जॅमची बाजू वर किती वेळा राहिली, त्याचा आकडा आहे. 'खाली' म्हणजे किती वेळा जॅमची बाजू खाली जमिनीकडे होती, त्याचा आकडा. काही प्रयोगामधे ब्रेडचा तुकडा जमिनीवर पडल्यानंतर परत उसळी मारून उलटा झालेला दिसला. याचा आकडा 'उसळी' या स्तंभात लिहिली आहे.

पहिल्या ओळीतील सर्वात कमी उंचीसाठी खरोखरच ब्रेडचा तुकडा साधारण


अर्धी प्रदक्षिणा करून जॅमच्या बाजूवर पडतो असे दिसते. चौथ्या ओळीतील सर्वात जास्त उंचीसाठी मात्र ब्रेडच्या तुकड्यांची जवळजवळ एक प्रदक्षिणा पूर्ण होऊन तो जॅमच्या उलट्या बाजूवर पडतो.

मधल्या दोन्ही ओळीतील उंचींसाठी ब्रेड उसळी मारून बाजू बदलण्याची शक्यता जास्त दिसते. जेव्हा असं होत नाही, तेव्हा ब्रेड जॅमच्या उलट्या बाजूवरच जास्त वेळा पडताना दिसतो. आपण सर्वसाधारणतः वापरतो त्या टेबलांची उंची याच दरम्यान असते. मग इथं नेमकं काय होतं?

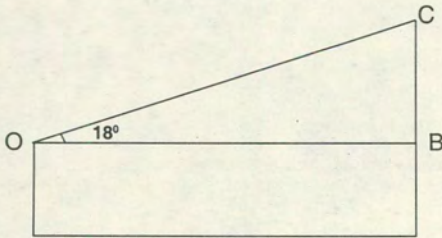
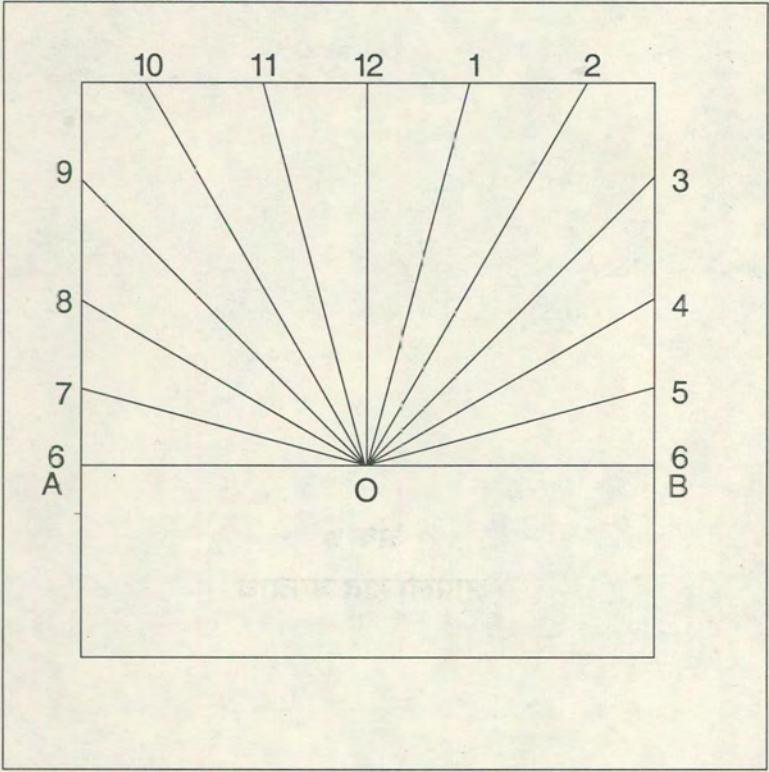
आपल्या टेबलांसाठी प्रत्यक्षात ब्रेडचा तुकडा जॅमच्या उलट्या बाजूवर पडण्याचीच शक्यता जास्त आहे. पण या उंचीसाठी उसळी मारून बाजू बदलण्याची प्रवृत्ती असल्याने हा तुकडा शेवटी जॅमच्या बाजूवर पडलेला दिसतो. अर्थातच, मुळात जॅमचीच बाजू खाली असेल, तर हा तुकडा उसळी मारू शकत नाही. यामुळे शेवटी दिसत असं की, टेबलावरून घसरलेला जॅम लावलेल्या ब्रेडचा तुकडा बहुतेकदा जॅमच्या बाजूवरच जमिनीवर पडतो.

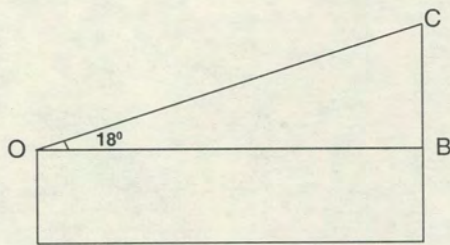
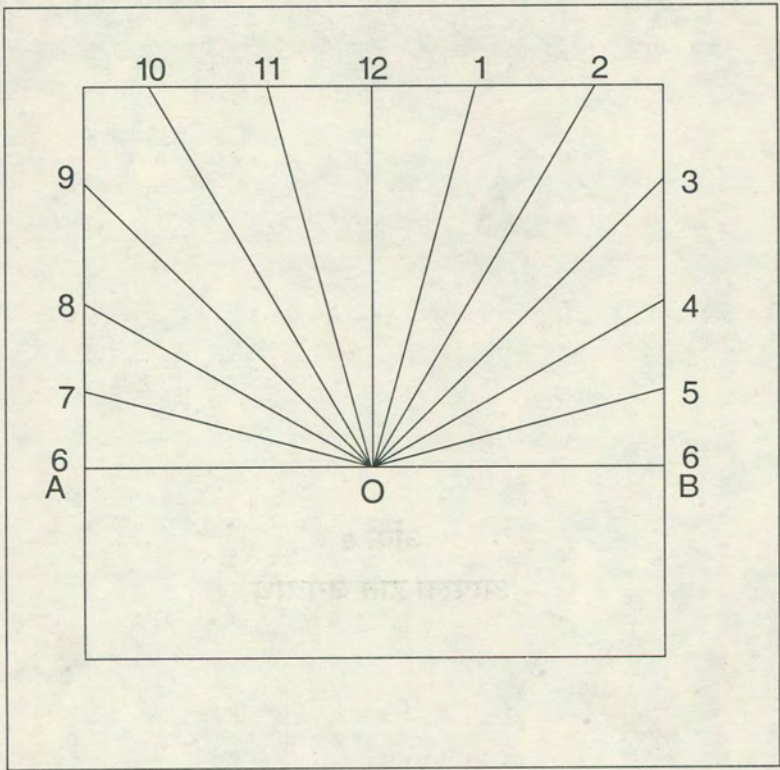
कोष्टक

उंची (मी.)	वर	खाली	उसळी	प्रदक्षिणांची संख्या
०.४७०	०	२०	१	०.५७
०.७७५	१४	४	३३	०.७२
०.९४०	९	८	१८	०.७८
१.१०५	२०	०	६	०.८४



अंक ७
आपला हात जगन्नाथ





अंक ७
आपला हात जगन्नाथ

आपला हात जगन्नाथ

कितली बाजले?

दोन घटनांमधील अंतर आपण काळ या संकल्पनेच्या आधारे व्यक्त करतो. काल, परवा, प्राचीन काळी, आत्ता, नंतर, आधी अशा शब्दांच्या आधारे कालावधी आपण व्यक्त करतो. पण असे शब्द वापरून कालावधी काटेकोरपणे प्रकट होत नाही. म्हणून अंकांच्या माध्यमातून कालावधी स्पष्ट करण्याची पद्धत अस्तित्वात आली. कालावधी मोजण्याची साधने त्यामुळेच आवश्यक बनली. घड्याळ हे असेच एक महत्त्वाचे साधन-वेळ मोजण्यासाठी. घड्याळ तयार करण्यासाठी सुरुवातीला माणसाने त्याला नित्य अनुभवास येणाऱ्या नैसर्गिक आविष्कारांचा वापर केला, हे कालमापन मोघम व ढोबळ स्वरूपाचे राहते असे लक्षात आल्यावर यांत्रिक तत्त्वांचा, विद्युत ऊर्जेचा, इलेक्ट्रॉनिक माध्यमाचा व अणुस्पंदनांचा वापर करून घड्याळे बनविली गेली व त्यातील अचूकता वाढत गेली. सूक्ष्मातिसूक्ष्म कालावधी मोजण्यासाठी त्याला महत्प्रयास करावे लागले.

फार प्राचीन काळी सूर्य, चंद्र, तारे यांच्या भ्रमणावरून मोघम वेळ ठरविली जात असे. सौर घड्याळ तयार करण्यामागे

उन्हामुळे मिळणाऱ्या सावलीचा वापर केला आहे. इसवी सन पूर्व १५०० मध्ये हे इजिप्तमध्ये मात्र वापरात होते. बर्लिन संग्रहालयात आपणाला त्याचे अवशेष पहावयास मिळतात. त्यानंतर पायऱ्यांची सौर घड्याळे अस्तित्वात आली. एका भिंतीची सावली पायऱ्यांवर पडेल अशी व्यवस्था केली होती. या पायऱ्यांवर पडलेल्या सावलीवरून वेळेचा अंदाज बांधला जात असे. कितली सुरेख कल्पना आहे ही ! अनुभव, साऱ्यांची गरज, सौंदर्यदृष्टी, निरीक्षण या एक आनंददायी अनोखा अनुभव देण्याचा एक मोठाच प्रयत्न आहे हा. पण दिवसाचा एकूण कालावधी वर्षभर कधीच स्थिर नसल्याने पायऱ्यांच्या उंचीमध्ये, लांबीमध्ये बदल करावा लागला अन् त्याची गुंतागुंत वाढत गेली. त्याच काळात पाणघड्याळांचाही उपयोग सुरु झाला. एका पसरट व खाली निमुळत्या होत जाणाऱ्या भांड्याच्या आतील बाजूस एक मोजपट्टी ठेवलेली असे. पट्टीच्या सर्वात वरच्या खुणेपर्यंत भांड्यात पाणी भरीत. बुडाशी असलेल्या छिद्रातून पाणी बाहेर पडत असे. पाणी

सौरघड्याळाची रचना

१. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे ८ इंच *

लांबीचा एक चौरसाकृती कागद कापा

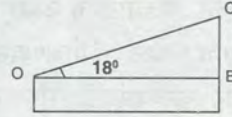
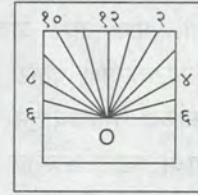
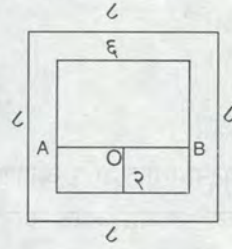
२. त्याच्या आतील बाजूने १ इंच अंतरावर एक चौरस तयार करा.

३. खालील बाजूने २ इंच अंतरावर एक आडवी रेष काढा. तिथे दोन्ही बाजूस ६ लिहा.

४. वरील बाजूचा मध्य काढा व 15° चे कोन करा. कोनमापकाच्या काळजीपूर्वक वापराने हे शक्य आहे. 15° चाच कोन का?

५. B पाशी ६, त्याच्या वरील बिंदूपाशी ५, त्यावरील बिंदूपाशी ४ याप्रमाणे पूर्ण करा.

आता आपल्याला एक काटकोन त्रिकोण तयार करावयाचा आहे. इंग्रजीत त्याला नोमॉन (gnomon) असे



जसजसे बाहेर पडे तसतशी पाण्याची पातळी कमी होत जात असे. मोजपट्टीवर वेळ दर्शविण्यासाठी खुणा असत. परंतु ऋतूप्रमाणे बदलत जाणाऱ्या कालखंडामुळे या पाणघड्याळात खूप सुधारणा करण्याची गरज उत्पन्न झाली.

सौरघड्याळांचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग ग्रीकांनी केल्यावर सौरघड्याळे प्रसिद्ध झाली. मिलेट्सच्या अ‍ॅनेक्झिमॅंडरने गावाच्या चौकात एक सौरघड्याळ

बसविले. हातात मावेल अशा वाडग्यात, एका खोलगट बशीत एक स्तंभ बसविलेला असे व वाडग्याच्या आतील बाजूस अंशांकन केलेले असे व त्यामुळे वेळ समजत असे. इ.पू. २९० मध्ये रोमनांनी यांचा वापर केला अन् बाजारात त्याची रीतसर विक्री होऊ लागली.

चौदाव्या शतकात युरोपमध्ये वाळूच्या घड्याळाचा वापर होऊ लागला. एका लाकडी चौकटीत, एकमेकांना छिद्राने

म्हणतात. मराठीत त्याला आपण छायात्रिकोण म्हणू या! याच त्रिकोणाच्या सावलीने वेळ मोजावयाची असल्याने छायात्रिकोण.

६. दोन इंच लांबीचा रेख OB काढा व B पाशी 90° चा कोन करा.

७ O बिंदूपाशी किती अंशाचा कोन करावयाचा ते तुम्ही कोणत्या गावात आहात त्यावर अवलंबून आहे. तुमच्या गावाच्या अक्षांशाइतका कोन O बिंदूजवळ करावा. ध्रुवतारा क्षितिजापासून किती अंतरावर दिसतो, त्यावरून तुमच्या गावाचे अक्षांश ठरविता येतात.

८. पुण्यात आहात असे गृहीत धरले तर 18° चा कोन, नागपुरात असाल तर 21° याप्रमाणे कोन करावे लागतील.

९. OB खाली एक इंचाची पट्टी सोडा.

१०. आपल्या पहिल्या टप्प्यात बनविलेल्या सूर्यघड्याळ तबकडीवर 12 च्या रेषेवर एक 2 इंच लांबीची खाच पाडा व त्यातून वरील छाया त्रिकोणाची OB खालील पट्टी आत सरकवा व डिकाने चिकटवून टाका. अक्षांशाइतका कोन असलेली त्रिकोणाची बाजू मध्यावर O पाशी यायला हवी.

११. हे घड्याळ पातळ व लुकतुके वाटल्यास तबकडी व छायात्रिकोण पुढच्यावर चिकटवा व छायात्रिकोणही जाड करा.

१२. या घड्याळाचा वापर करताना 12 वाजताची रेष उत्तर दिशेकडे रोखून समतल पृष्ठभागावर ठेवा व छायात्रिकोणाची सावली कुठे पडते पहा. तितके वाजले !

*** (मधल्या पानावर दिलेली आकृती मात्र यापेक्षा लहान मापाची आहे.)**

जोडलेली दोन काचेची भांडी असत. एका भांड्यात बारीक कोरडी वाळू घालून त्या छिद्रावाटे ती सर्व एका तासात खालच्या भांड्यात पडेल अशी रचना असते. सर्व वाळू पडल्यावर लगेच घड्याळ उलटले केले जात असे व कालखंडांचे या तऱ्हेने मापन केले जात असे. आजकाल दूरदर्शनवरील १ मिनिट सारख्या कार्यक्रमात या घड्याळांचाच १ मिनिटासाठी वापर केलेला आपणास दिसतो तर संगणकाच्या पडद्यावर “थांबा, प्रोग्रॅम सुरु आहे”,

अशी सूचना देण्यासाठी याचा वापर केलेला असतो. जळणाऱ्या मेणबत्तीवरून वा दिव्यातील जळणाऱ्या तेलाच्या खाली जाणाऱ्या पातळीवरूनही कालाचे मापन करण्यात येत असे.

आधुनिक काळात झालेल्या विज्ञानाच्या प्रगतीने या प्रकारच्या घड्याळांची गरज संपलेली आहे पण या कालमापनाच्या प्रक्रियेत मागे वळून पाहणे ही मनोरंजक व उद्बोधक आहे यात शंका नाही. ❖

आवाहन

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

- हा अंक आपण जरूर विकत घ्या व इतरांना दाखवावा.
- पुढील वर्षातील सहा अंकांसाठी वर्गणी पाठवा.
- ऑगस्ट १९ ते जुलै २००० पर्यंतच्या सहा अंकांचा एकत्रित संच उपलब्ध आहे. आपल्या परिचित शैक्षणिक संस्था, शिक्षक, विद्यार्थी यांना हा संच भेट द्यावा किंवा विकत घेण्यास सुचवावे.
- तुमच्या माहितीतील एखादी संस्था आर्थिक मदत देऊ शकत असेल तर अशा संस्थेची माहिती कळवा.
- तुमच्या परिचयातील शाळा, शिक्षक आणि पालक यांच्यापर्यंत शैक्षणिक संदर्भ पोचवावे.

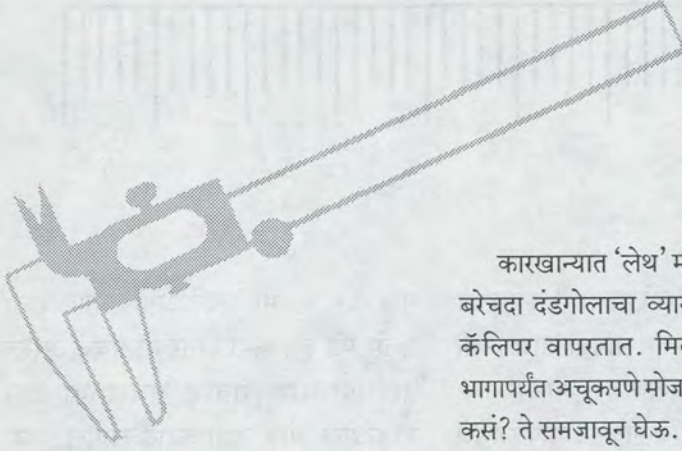
शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकासाठी वर्गणी किंवा आर्थिक मदत 'संदर्भ' या नावाने पाठवावी.

● संदर्भ ●

द्वारा पालकनीती परिवार

अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्णे रोड, पुणे ४११००४. फोन : ५४४१२३०

व्हर्निअरचा सिद्धांत



कारखान्यात 'लेथ' मशिनवर काम करताना बरेचदा दंडगोलाचा व्यास मोजताना व्हर्निअर कॅलिपर वापरतात. मिलीमीटरच्या दहाव्या भागापर्यंत अचूकपणे मोजायचं काम यामुळे होतं. कसं? ते समजावून घेऊ.

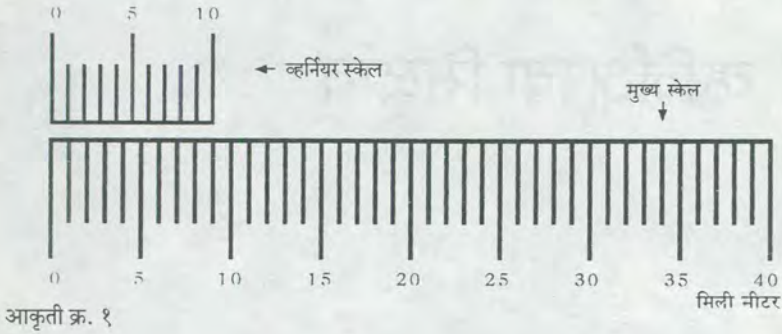
लेखक : विनोदकुमार अनुवाद : स्वप्निल प्रभुदेसाई

पाठ्यपुस्तकांमध्ये 'व्हर्निअर कॅलिपर' कसा वापरायचा, लघुत्तम मापाचे सूत्र (Least Count Formula), सांगितले जाते. परंतु व्हर्निअरचा सिद्धांत मात्र समजावून सांगितला जात नाही. एखाद्या गोष्टीची जाडी मिलीमीटरच्या दहाव्या हिश्यापर्यंत, व्हर्निअर कॅलिपर वापरून मोजणे कसे शक्य होते हे जाणणे दोन गोष्टींसाठी गरजेचे ठरते. एक म्हणजे व्हर्निअर कॅलिपरचे लघुत्तम मापासाठी जे सूत्र वापरले जाते, त्याचा उगम कसा होतो. दुसरे म्हणजे व्हर्निअरची

मापनाची पद्धत इतर पद्धतीहून कशी वेगळी (आणि तितकीच मजेशीर) आहे हे समजावून घेणे. (याठिकाणी मापन हा शब्द एकादद्या वस्तूची लांबी किंवा जाडी याअर्थाने वापरला आहे.) तसेच व्हर्निअर स्केल व्यवहारात (उदा. प्रयोगशाळा, कारखाना) वापरले जाते. तेव्हा ते कसे वापरले जाते, हे समजून घेणे. तुम्हाला नक्कीच आवडेल.

व्हर्निअरचे लघुत्तम माप

व्हर्निअर स्केलचा शोध १९३० मध्ये पिअरी व्हर्निअर या वैज्ञानिकाने लावला.



याच्या सहाय्याने कोणत्याही स्केलचे (मापनपद्धतीचे) लघुत्तम माप बऱ्याच अंशी कमी केले जाऊ शकते. साधारणतः कोणत्याही मापनपद्धतीचे लघुत्तम माप म्हणजे त्या मापनपद्धतीवरील सर्वात जवळच्या दोन रेषांमधील (अनुक्रमे दोन रेषा) अंतर. अर्थात हे स्पष्टच आहे की, या दोन क्रमवार रेषांमधील अंतर कमी केले म्हणजे मापनपद्धतीवरील लघुत्तम मापही कमी होते. आपण नेहमी फूटपट्टी (किंवा मीटरपट्टी) वापरतो, परंतु ही फूटपट्टी वापरून आपण कमीत कमी किती लांबी / जाडी मोजू शकतो, इकडे फारसं लक्ष देत नाही. नेहमीची फूटपट्टी वापरून आपण जे कमीतकमी अंतर मोजू शकतो ते आहे १ मि. मी. कारण त्यावर सें. मी. तसेच मि. मी. च्या खुणा असतात. एखाद्या वस्तूची लांबी/जाडी त्याहून कमी असेल तर आपण आपली नेहमीची फूटपट्टी वापरू शकत नाही. म्हणजे फूटपट्टीचे (किंवा मीटरपट्टीचे) लघुत्तम

माप हे १ मि. मी. एवढे आहे. आपल्याला १ मि.मी. हून कमी अंतर मोजायचे असेल तर पट्टीवरील सर्वात जवळच्या दोन रेषांमधील अंतर कमी करावे लागेल. असे केल्याने पट्टीवरील दोन रेषांमधील अंतरांची स्पष्टता कमी होऊन मोजताना चूक होऊ शकते. तेव्हा व्हर्निअर स्केल या अडचणीवर कसे मात करते हे आपण पाहू.

व्हर्निअर स्केल हे आपल्या पट्टीवरील मुख्य स्केलशी जोडलेले एक छोटे स्केल असते. ह्या व्हर्निअर स्केलवर सारख्याच अंतरावर ठराविक रेषा आखलेल्या असतात. व्हर्निअर स्केलवर कोणत्याही दोन क्रमवार रेषांमधील अंतर आणि व्हर्निअर स्केलवरील एकूण रेषा या दोन गोष्टी, तुमच्या मुख्य स्केलवरील लघुत्तम माप कितीने कमी करायचे आहे, यावर अवलंबून असतात, हे लक्षात घेणे महत्त्वाचे आहे. प्रथम लघुत्तम माप कितीने कमी करावयाचे आहे हे ठरविले

जाते. मग व्हर्निअर स्केलवरील रेषांची संख्या व दोन रेषांमधील अंतर या गोष्टी गणिताने काढल्या जातात. याउलट करता येत नाही.

व्हर्निअर स्केल हे मुख्य स्केलवरती पुढे मागे सरकविता येऊ शकते. व्हर्निअर पद्धतीचे सर्वाधिक प्रचलित रूप म्हणजे व्हर्निअर कॅलिपर्स. आकृती (१) मध्ये अशा प्रकारचे एक स्केल दाखविले आहे.

यामध्ये मुख्य स्केलचे लघुतम माप १ मिलीमीटर आहे. समजा तुम्हाला १ मिलिमीटरच्या दहाव्या हिश्यापर्यंत मोजणी करायची आहे. तेव्हा व्हर्निअर स्केलवर सारख्याच अंतरावर दहा भाग अशा प्रकारे आखले जातात जेणेकरून हे व्हर्निअर स्केलवरील दहा भाग मुख्य स्केलवरील नऊ भागांबरोबर असतील; म्हणजे व्हर्निअर स्केलवरील दोन टोकाच्या दोन रेषांमधील अंतर हे नऊ मिलीमीटर एवढे असेल. अर्थात,

व्हर्निअर स्केलवरील १० भाग = मुख्य स्केलवरील ९ भाग (म्हणजे ९ मि.मी.)

म्हणजे व्हर्निअरच्या एका भागाचे माप = ०.९ मि.मी.

आता, व्हर्निअर कसे कार्य करते ते पाहू या. जेव्हा व्हर्निअरच्या दोन जबड्यांमध्ये कोणतीच वस्तू (जिचे मापन करायचे आहे ती) नसते, तेव्हा मुख्य स्केलवरील शून्याची खूण ही व्हर्निअर स्केलवरील शून्याच्या खुणेशी तंतोतंत जुळते. शून्य चूक (zero error) नसेल तर व्हर्निअरची दहावी रेषा मुख्य

रेषेवरील नवव्या रेषेशी जुळते. यावेळी मुख्य स्केलवरील एक भाग व व्हर्निअर स्केलवरील एक भाग यांच्या मापातील फरक असा राहिल:

१ मि.मी. - ०.९ मि.मी. = ०.१ मि.मी.

याचाच अर्थ, व्हर्निअर स्केलवरील पहिली रेषा ही मुख्य स्केलवरील पहिल्या रेषेअगोदर येते ती ०.१ मि.मी. ने

व्हर्निअर स्केलवरील दुसरे चिन्ह (दुसरी रेषा) मुख्य स्केलवरील दुसऱ्या रेषेअगोदर ०.२ मि.मी. ने येते.

याप्रमाणे व्हर्निअर स्केलवरील दहावी रेषा मुख्य स्केलवरील दहाव्या रेषेच्या १ मि.मी. अगोदर येते, तसेच ती मुख्य स्केलवरील नवव्या रेषेशी तंतोतंत जुळते. हे आकृती १ मध्ये दाखविले आहे.

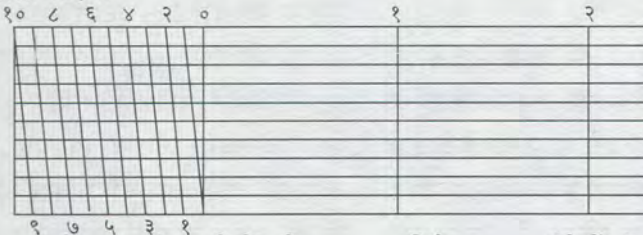
आकृती १ व वरील माहितीवरून हे स्पष्ट कळते की, जर व्हर्निअरच्या दोन जबड्यांमधील वस्तूचा आकार ०.१ मि. असेल तर व्हर्निअर ०.१ मि. ने पुढे सरकेल व त्याची पहिली रेषा मुख्य स्केलवरील पहिल्या रेषेशी तंतोतंत जुळेल, म्हणजे अगदी समोरासमोर येईल. वस्तूचा आकार जर ०.२ मि.मी. असेल, तर व्हर्निअरवरील दुसरी रेषा मुख्य स्केलवरील दुसऱ्या रेषेसमोर (अगदी तंतोतंत) येते. वस्तूचा आकार जर ०.९ मि.मी. असेल तर व्हर्निअरवरील नववी रेषा मुख्य स्केलवरील नवव्या रेषेसमोर येते.

व्हर्निअरला पर्याय

बरेचदा आपल्या नेहमीच्या पट्टीच्या मागच्या बाजूला आकृतीत दाखल्याप्रमाणे रेषा आखलेल्या दिसतात. याला कर्णस्केल (Diagonal Scale) म्हणतात. हे स्केल वापरूनही आपण ०.०१ सें. मी. किंवा ०.०१ इंच लघुत्तम मापन करू शकतो.

आकृतीत इंच कर्ण इंच स्केल दाखविले आहे. यामध्ये ०.१ इंच अंतरावर रेषा आखल्या आहेत. यावर १-१ इंच अंतरावर उभ्या रेषा आखल्या आहेत. सर्वात डावीकडचा एक चौकोन सोडून उभ्या रेषांना ०, १, २, ... असे आकडे दिले आहेत. शून्याच्या उभ्या रेषेच्या डावीकडे असलेल्या चौकोनात ० ते १० असे इंचाचे १० समान भाग सर्वात खालच्या व सर्वात वरच्या रेषेवर दाखविले आहेत. मग समांतर तिरक्या उभ्या रेषांनी या चौकोनातील आडव्या रेषाखंडाचे १०-१० समान भाग केले आहेत. या प्रत्येक पूर्ण भागाची लांबी अर्थातच ०.१ इंच आहे. या तिरक्या रेषा कशा आखल्या आहेत हे पाहिले तर आणखी एक गोष्ट लक्षात येईल. प्रत्येक तिरपी रेषा लागोपाठच्या आडव्या रेषांना (जिथे छेदते, त्या बिंदूमधील) अंतर ०.०१ इंच आहे.

आता या स्केलचा वापर कसा करायचा, ते पाहू. समजा आपण एका काडीची लांबी मोजत आहोत. साध्या मीटरपट्टीवर ही लांबी २ इंचापेक्षा जास्त दिसली. आता नक्की लांबी किती हे काढण्यासाठी आपण कर्ण स्केल वापरू. यासाठी ही काडी सर्वात खालच्या आडव्या रेषेवर ठेवावी. हे करताना काडीचे एक टोक २ इंच दर्शवलेल्या उभ्या रेषेवर आले पाहिजे. अर्थातच दुसरे टोक ० इंचाच्या उभ्या रेषेच्या डावीकडे जाईल. आता समजा असे दिसले की, या भागात हे टोक ०.३ इंच दर्शविलेल्या चौथ्या तिरक्या रेषेच्याही थोडे पलिकडे जात आहे. म्हणजे काडीची लांबी २.३ इंच पेक्षा किंचित जास्त असणार. आता ही काडी आडव्या रेषांना समांतर हळूहळू सरकवली आणि काडीचे हे दुसरे टोक (पहिले टोक २ इंचाच्या उभ्या रेषेवरच आहे.) ०.३ इंचाची तिरकी रेषा आणि एक आडवी रेषा यांच्या छेदनबिंदूशी आले, की थांबवली. समजा ही स्थिती खालून आठव्या आडव्या रेषेवर आली. आता खालून वर जाताना तिरक्या रेषेवरचा आडव्या रेषांवरचा छेदनबिंदू $2 \times 0.01 = 0.02$ इंचाने पुढे सरकला आहे. याचा अर्थ असा की आपल्या काडीची लांबी २.३८ इतकी असली पाहिजे.



इथे आपण इंच कर्ण स्केलचे उदाहरण पाहिले. याच पद्धतीने सें.मी. कर्णस्केलही तयार करता येते. पण १ मि. मि. हे अंतर ०.१ इंचापेक्षा खूपच कमी असल्याने अशा स्केलचा वापर डोळ्यांना बराच त्रासदायक ठरू शकतो.

याप्रकारे १ मि.मी. च्या दहाव्या हिशशापर्यंत सहजगत्या व्हर्निअरवरील वाचन घेता येते. उदा. एखाद्या वस्तूचा आकार ४.५५ सें. मी. आहे व ती व्हर्निअरच्या दोन जबड्यांमध्ये अडकविली तर, व्हर्निअर स्केलवरील शून्य (म्हणजे पहिली रेषा) मुख्य स्केलवरील ४.५ सें. मी. व ४.६ सें. मी. या दोन रेषांच्या मध्ये होईल; आणि व्हर्निअरची ५ वी रेषा मुख्य स्केलवरील एका रेषेसमोर तंतोतंत येईल (या ठिकाणी ती मुख्य स्केल वरील ५ सें. मी. च्या रेषेशी तंतोतंत जुळेल.) येथे हे ध्यानात घ्या की, व्हर्निअरवरील 'कोणती' रेषा मुख्य स्केलवरील एखाद्या रेषेशी तंतोतंत जुळते हे महत्त्वाचे असून मुख्य स्केलवरील 'कोणत्या' रेषेशी तंतोतंत जुळते हे महत्त्वाचे नाही. (आकृती २ पहा)

अशाप्रकारे व्हर्निअर स्केलचे लघुत्तम माप खालीलप्रमाणे होईल :-

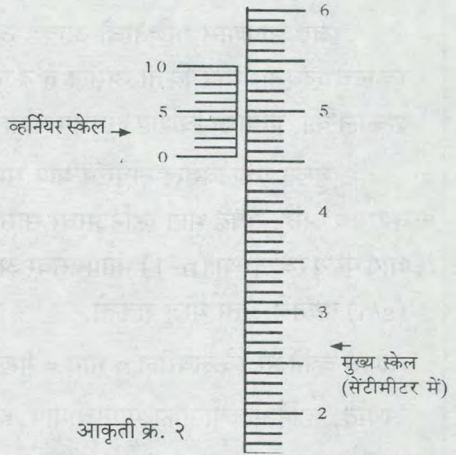
लघुत्तम माप = (मुख्य स्केलवरील एका भागाचे माप) - (व्हर्निअरवरील एका भागाचे माप)

$$= १ \text{ मि.मी.} - ०.९ \text{ मि.मी.}$$

$$= ०.१ \text{ मि.मी.}$$

$$= ०.०१ \text{ सें.मी.}$$

आता आपल्याला एक असा व्हर्निअर कॅलिपर बनवायचा आहे की ज्यामुळे आपण ०.०५ मि.मी. पर्यंतचे अंतर मोजू शकू. म्हणजे अशा व्हर्निअर स्केल मधील प्रत्येक भाग हा मुख्य स्केलवरील प्रत्येक भागापेक्षा



स्केलच्या जागेवरून मोजलेले माप ओळखा बरं.

०.०५ मि.मी. ने कमी असेल. असे तेव्हाच शक्य होईल जेव्हा व्हर्निअर स्केलवरील २० भाग मुख्य स्केलवरील १९ भागांबरोबर येतील कारण - जर व्हर्निअर स्केलचा प्रत्येक भाग ०.०५ मि.मी. एवढा आहे तर व्हर्निअर स्केल वरील २० भागांची लांबी मुख्य स्केलवरील २० भागांच्या लांबीपेक्षा $२० \times ०.०५ = १$ मि.मी. ने कमी असेल.

आता, थोडा विचार करून पुढील प्रश्न सोडवू शकाल ? जर तुम्हाला व्हर्निअर स्केल वापरून ०.०१ मि.मी. पर्यंतचे अंतर मोजायचे आहे तर व्हर्निअर स्केल कसे निवडाल ? कागदावर गणित मांडून आपणास हे शक्य असले तरी, प्रत्यक्षात व्यवहारात असा व्हर्निअर कॅलिपर बनवताना कोणत्या अडचणी येऊ शकतात ? या अडचणीवर तुम्ही थोडा विचार केला तरी तुम्हाला

लघुत्तम मापाचे सूत्र

जर आपणास गणिताची आवड असेल तर आपण सूत्राने देखील व्हर्निअर स्केलचे लघुत्तम माप किती असेल ते काढू शकता. किंवा सूत्रानेच, हे तुम्ही पाहू शकाल की, एखाद्या विशिष्ट लघुत्तम मापाचा व्हर्निअर स्केल कसा बनेल.

मुख्य स्केलवरील लघुत्तम माप समजा s जेवढ्या पर्तीनी (भागांनी) कमी करायचे आहे. तेवढे भाग व्हर्निअरवर सारख्याच अंतरावर असले पाहिजेत आणि हे भाग मुख्य स्केलच्या $(n-1)$ भागांबरोबर असतील तर व्हर्निअरची मदत होऊन आपण (s/n) पर्यंतचे अंतर मोजू शकतो.

म्हणजे व्हर्निअर स्केलवरील n भाग = मुख्य स्केलवरील $(n-1)$ भाग.

अर्थात, व्हर्निअरच्या एका भागाचे माप = $[(n-1) / n] \times s = (n-1) s / n$

व्हर्निअरचे लघुत्तम माप

= (मुख्य स्केलवरील १ भागाचे माप) - (व्हर्निअर स्केलवरील १ भागाचे माप)

$$= s - \frac{(n-1)s}{n} = s - \frac{ns}{n} + \frac{s}{n} = \frac{ns - ns}{n} + \frac{s}{n} = \frac{s}{n}$$

∴ व्हर्निअर स्केलचे लघुत्तम माप

= (मुख्य स्केलचे लघुत्तम माप) ÷

(व्हर्निअर स्केल वरील एकूण भाग)

अशाप्रकारे या दोन पद्धतींनी व्हर्निअरच्या लघुत्तम मापाचा सिद्धांत समजावून घेता येतो.

व्हर्निअर स्केल वापरण्याची मर्यादा दिसू शकेल.

निरीक्षण अवश्य करा.

व्हर्निअर स्केलचा उपयोग स्पेक्ट्रोमीटर (विविध दृश्य विद्युतचुंबकीय लहरींची तरंगलांबी मोजण्यास सहाय्य करणारे यंत्र) आणि चल सूक्ष्मदर्शक इत्यादी यंत्रांमध्ये केला जातो. जेव्हा तुम्हाला संधी मिळेल तेव्हा त्यांच्यावर असलेल्या व्हर्निअर स्केलचे

शैक्षिक संदर्भ ३१ मधून साभार

लेखक : विनोद गुप्ता-रतलाम येथील कॉलेजमध्ये भौतिकशास्त्र शिकवतात.

अनुवाद: स्वप्निल प्रभुदेसाई पुणे येथे भौतिकशास्त्रात MSc करत आहेत.

सावधान!

धरणी सरकते आहे!

पर्वतांच्या जडणघडणीबद्दल अभ्यास करतांना आपल्या हिमालयाबद्दल अद्भुत माहिती ऐकायला मिळते. आधी म्हणे भारत आशिया खंडाला जोडलेला नव्हताच. त्यांच्यामध्ये चक्र टेथीस नावाचा उथळ समुद्र होता. मग हलके हलके भारत वरवर सरकत गेला आणि आशिया खंडाला धडकला. त्यावेळी दोन्ही बाजूंनी पडणाऱ्या प्रचंड दाबामुळे समुद्रतळ वर उचलला गेला आणि त्याचाच हिमालय हा वली पर्वत बनला. हिमालयाच्या खडकांत समुद्री जीवाश्म सापडतात ते त्याचमुळे. ही सगळी कल्पना एकेकाळी अतिशय अतर्क्य वाटली. प्रचंडच्या प्रचंड भूखंड म्हणे सरकताहेत आणि त्यांच्या विलग होण्यानं किंवा धडकल्यानं पर्वत, दऱ्या आणि आज दिसणारे खंडांचे आकार दिसताहेत.

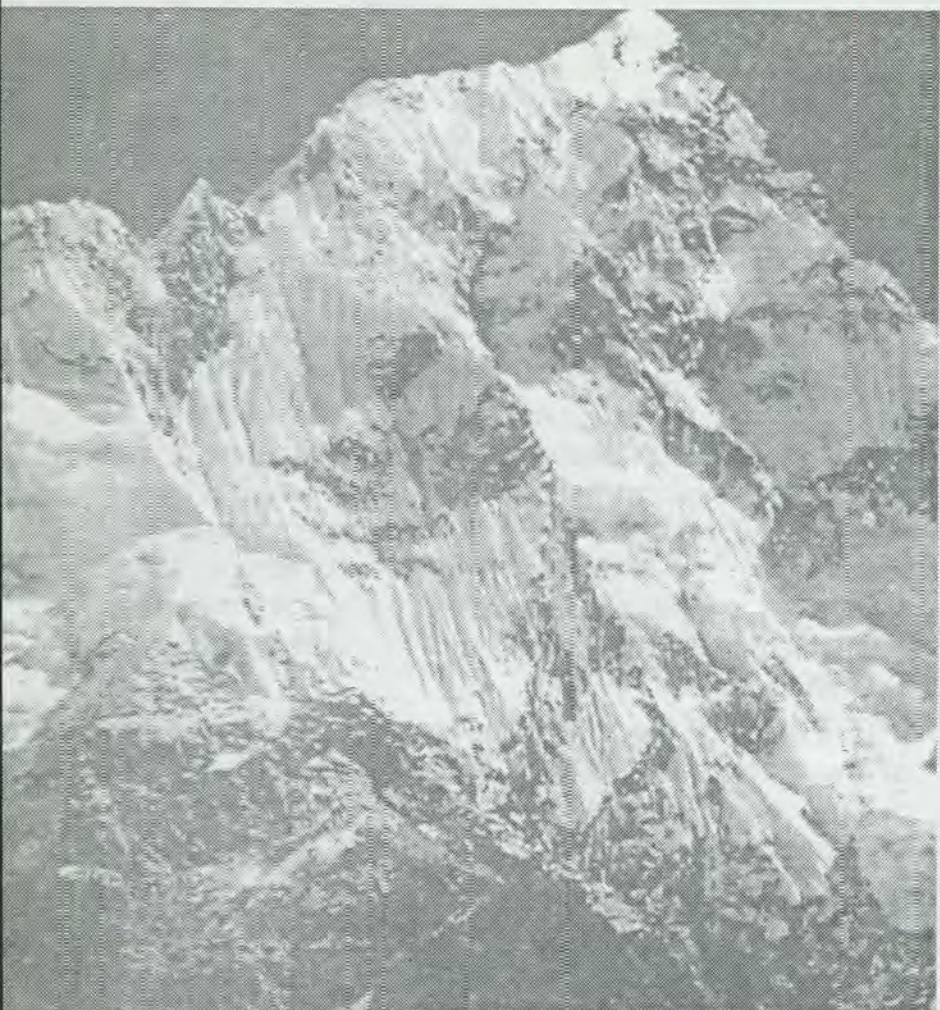
विश्वास बसत नाही ना? पण १९७० च्या आसपास ह्या भूपट्ट शास्त्राचा जन्म झाला (टेक्टॉनिक्स) आणि ह्या अद्भुत गोष्टींच्या समर्थनार्थ अनेक पुरावे पुढे आले. ह्या संदर्भातल्या अनेक प्रश्न आणि उत्तरांचा वेध या लेखातून घेतला आहे.

लेखक : आमोद कारखानीस अनुवाद : शुभदा जोशी

माझ्या घराच्या भिंतीवर एक मोठा जगाचा नकाशा टांगलेला आहे. जेव्हा मी त्याच्याकडे लक्षपूर्वक पाहतो तेव्हा सगळे खंड मला एखाद्या जिगसां पझलसारखे वाटायला लागतात. मी जेव्हा थोडा फार भूगोल शिकलो तेव्हा मला समजलं, खरोखरच हे खंड जिगसां पझल सारखे एकमेकांत फिट बसणारे तुकडे आहेत. करोडो वर्षांपूर्वी हे सारे तुकडे एकमेकांना

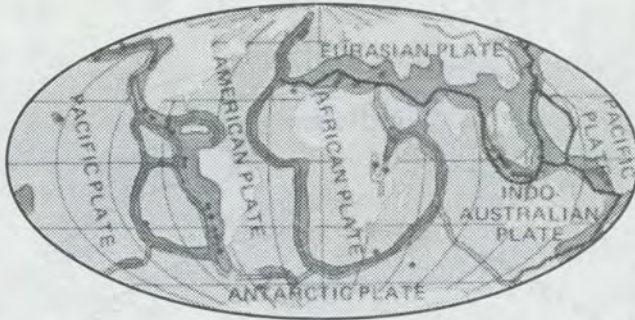
जोडलेले होते. नंतर पृथ्वीच्या अंतरंगात चाललेल्या कसल्यातरी गहन प्रक्रियेमुळे ते खंड अनेक तुकड्यांत विभागले गेले. मग हे तुकडे इकडे तिकडे सरकत फिरत आज आहेत त्या स्थितीला पोचले.

अर्थात ह्यावर विश्वास तरी कसा ठेवणार! अगदी अलिकडच्या काळात म्हणजे तीसेक वर्षांपूर्वी वैज्ञानिकांनी ही गोष्ट मान्य केली. यापूर्वीच्या काळात



माउंट एव्हरेस्ट :

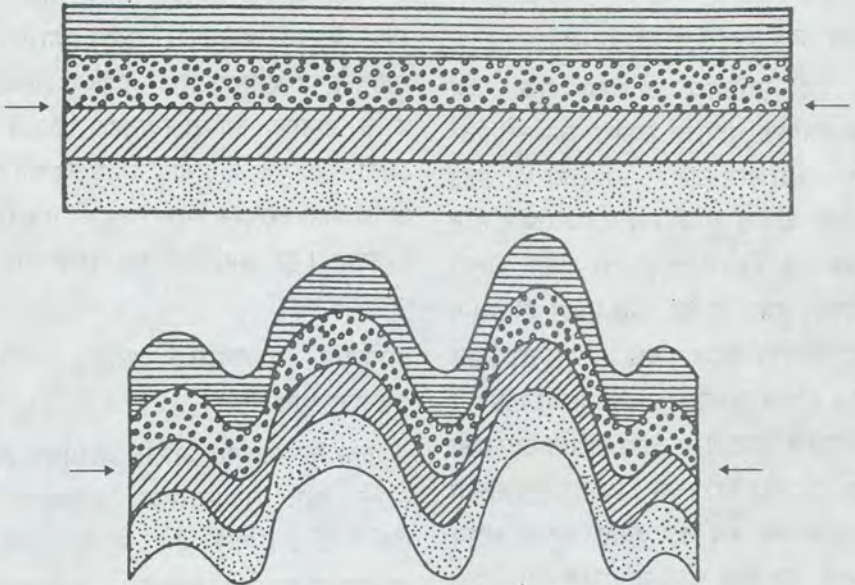
हिमालयातलं सर्वात उंच शिखर. हे पहाड गाळाच्या खडकांच्या थराथरांचे बनले आहेत. दोन्ही बाजूनं पडणाऱ्या प्रचंड दाबामुळे ह्या पहाडांना वळ्या पडल्या आहेत. जगात अनेक ठिकाणी अशा प्रकारच्या पर्वत शृंखला सापडतात. गाळाचे खडक पाण्याच्या खाली बनतात. मग असं काय कारण असेल की हे खडक वरती आले आणि त्यांचे पर्वत बनले ?



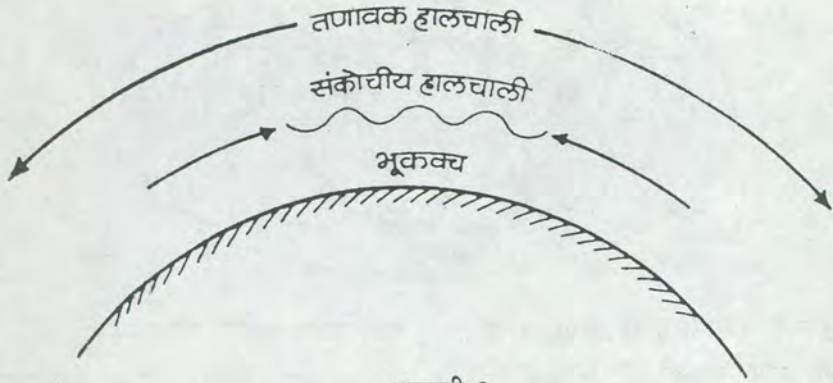
अनेकांनी यासाठी पुरावे शोधायचा प्रयत्न केला होता. पण ही गोष्ट निव्वळ कल्पना विलास म्हणून उडवून लावली गेली. (अर्थात् हे आपल्याला नवीन नाही. प्रचलित समजापेक्षा वेगळ्या म्हणण्याच्या पदरी हेच पडत आलेलं आपण पाहिलंय. उदा. पृथ्वी गोल आहे.)

तट, पहाड आणि जीवाश्म

हिमालय आणि आल्प्स पर्वतरांगा एकमेकींपासून हजारो किलोमीटर दूर आहेत. तरीही त्यांच्यावर सापडणाऱ्या जीवाश्मांमध्ये कमालीचे साम्य आहे. खडकांच्या थरांवर दोन्ही बाजूंनी पडणाऱ्या दाबामुळे बनलेले हे वलीपर्वत आहेत.



आकृती १



आकृती २

(आकृती १) दाबामुळे एकमेकांवर चढलेल्या ह्या वळ्या गाळाच्या खडकाच्या आहेत. एकावर एक साचत जाणाऱ्या थरांचे हे खडक समुद्राच्या तळाशी बनतात. मग हे समुद्र तळाचे खडक वर आले आणि त्याच्या मोठ्या पर्वतरांगा बनल्या याला असं काय कारण घडलं असेल?

ह्या सारखाच आणखी एक प्रश्न अटलांटिक भागाचा नकाशा बनवल्यानंतर लोकांच्या असं लक्षात आलं की आफ्रिका आणि दक्षिण अमेरिकेचे एकमेकांकडे तोंड असलेले किनारे एक दुसऱ्याला अगदी मिळते जुळते आहेत. असं वाटतं की त्यांना जर उचलून जवळ जवळ आणलं तर सहज एक होऊन जातील. जेव्हा ह्याचा खोलवर अभ्यास केला गेला तेव्हा लक्षात आलं की या दोन्ही खंडांच्या किनाऱ्यालगतच्या खडकांच्या रचनेत, वयात खूपच साम्य आहे. हा काय फक्त योगायोग समजायचा का?

एकोणिसाव्या शतकात जगभरातल्या नैसर्गिक विविधतेचा अभ्यास करण्यासाठी, माहिती मिळवण्यासाठी लोक लांब लांबचे प्रवास करत होते. अशा अभ्यासांत त्यांना आफ्रिका आणि दक्षिण अमेरिका या किनाऱ्यांवर एकाच जातीचे साप, कासवं आढळली. तसंच भारतात सापडलेल्या ग्लोसोपेटरिस जातीच्या एका फर्नचे जीवाश्म ऑस्ट्रेलियातही सापडले. आता हाही एक योगायोग मानायचा का? आणि नाही तर प्रश्न उभा रहातो की हजारो किलोमीटर दूर असणाऱ्या खंडांवर हे जीव पोचलेच कसे?

आकुंचन पावणारी पृथ्वी आणि बुडलेले पूल

एक कल्पना पुढे आली. कदाचित हे सगळे खंड पुलासारख्या कुठल्यातरी गोष्टींनं जोडले गेले होते, ते पूल नंतर समुद्रात बुडून गेले असतील. अमेरिकन



पर्वत आणि गर्ता : जगातल्या सर्व महासागरांच्या तळात सागरकड्यांच्या लांबच लांब रांगा सापडतात. आणखी खोलात जाऊन शोधल्यावर असं लक्षात आलं की ह्या सर्व पर्वतशृंखलांच्या मध्यभागी एक दरी आहे.

सर्व महासागरांत पसरलेल्या समुद्री पर्वत शृंखला आपापसात जोडलेल्या आहेत आणि खंडांच्या किनाऱ्यावर गर्ता सापडल्या आहेत.

भूवैज्ञानिक जेम्स डाना यांनी असं मांडलं की पृथ्वी थंड होत असताना आकुंचन पावली. आणि पर्वत म्हणजे ह्या आकुंचन पावलेल्या सुरकुत्या आहेत.

मग दुसरा प्रश्न पुढे आला. जेव्हा कोणतीही गोष्ट आकुंचन पावते तेव्हा सर्व भागांवर सुरकुत्या पडतात मग पर्वत मात्र काही काही भागांतच कसे?

मग काय हे खंड सरकले आहेत?

एकूणात हे कोडं काही सुटायला तयार नव्हतं. काही वैज्ञानिकांना वाटत होतं की, जीव, जीवाश्म तसंच दगडांमध्ये सापडणारे साधर्म्य हे सगळं 'पूर्वी कधीतरी हे खंड एकमेकांना जोडलेले होते', इकडेच बोट दाखवतात. नंतरच्या काळात कोणत्यातरी कारणांनी हे खंड एकमेकांपासून दूर गेले असतील आणि अखेर आत आहेत त्या स्थितीला पोहोचले असतील.

पर्वतरांगांबद्दल त्यांचं म्हणणं होतं की जेव्हा हे खंड एकमेकांवर आदळत असतील तेव्हा त्यांच्यामध्ये येणाऱ्या समुद्राचा तळ दोन्ही बाजूंनी दाब आल्यामुळे वर आला असेल.

हे खरं मानण्यात दोन अडचणी होत्या. एक म्हणजे लोकांची अशी ठाम समजूत होती की पृथ्वी जशी आज आहे तशीच सदासर्वदा असणार. आणि दुसरं म्हणजे इतके विशाल आणि जड खंड कसे बरं सरकतील? म्हणजेच विज्ञानाला आणखी पुराव्यांची गरज होती.

महासागरांच्या तळात

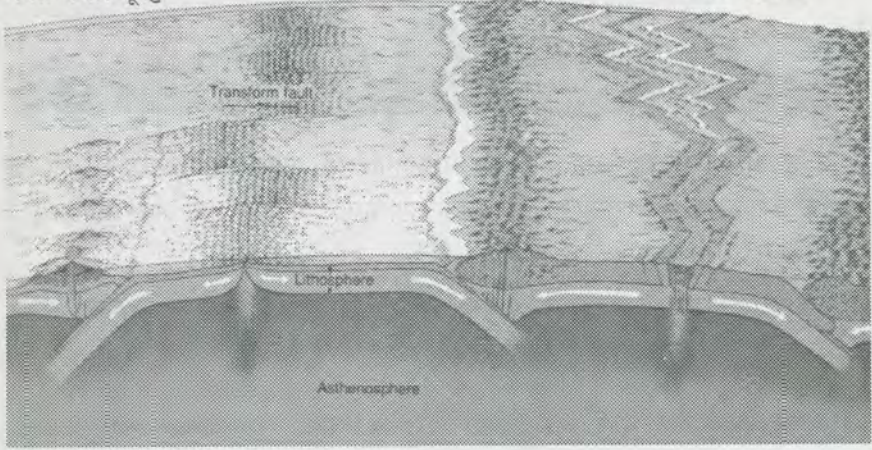
१९५० च्या सुमारास समुद्रविज्ञानाच्या अभ्यासासाठी अनेक उपकरणांचे शोध लागले आणि ह्या अभ्यासानं जोर पकडला. त्यामुळे महासागरांबद्दल नवनवीन माहिती समोर यायला लागली.

जवळ येणारे भूपट्ट

लांब जाणारे भूपट्ट

जवळ येणारे भूपट्ट

लांब जाणारे भूपट्ट



नवीन बनणारा सागरतळ : दोन भूपट्ट एकमेकांपासून दूर सरकायला लागले की तिथे पडणाऱ्या फटीतून नवीन पदार्थ वर येतो. प्रवास करणारे भूपट्ट जेव्हा धडकतात तेव्हा एक भूपट्ट खाली झुकून पृथ्वीच्या आत जातो.

यातले दोन शोध पुढे खूप महत्त्वाचे ठरले. एक म्हणजे अटलांटिक महासागराच्या मधोमध समुद्रतळाशी सापडलेली एक लांबचलांब सागरकड्यांची रांग आणि दुसरे म्हणजे खंडांच्या किनाऱ्याजवळच्या समुद्रतळात सापडलेल्या मोठ्या मोठ्या दऱ्या (गर्ता). पुढे अशा अनेक सागर कड्यांचे व दऱ्यांचे शोध लागले. पृथ्वीवरील भूकंपाचे मुख्य पट्टे आणि ज्वालामुखी या सागरकड्यांवर आणि गर्तांच्या पट्ट्यातच येतात.

तरीही समुद्राच्या तळासंदर्भात एका प्रश्नाचं समाधानकारक उत्तर अजूनही मिळत नव्हतं. जगभरातल्या नद्या त्यांचा

गाळ समुद्रात आणून ओततात. तो गाळ समुद्रतळाशी जमा होतो. खरं म्हणजे अशा प्रकारे आत्तापर्यंत हा समुद्रतळ किती जाड बनायला हवा. पण वास्तवात समुद्रतळ खूपच पातळ आहे. तसंच महासागरांच्या तळाच्या दगडांचं वयही खंडांवरच्या खडकांपेक्षा खूप कमी आहे. विचित्रच आहे ना? खाली समुद्रतळाशी तरुण दगड आणि खंडांवरचे दगड त्यापेक्षा कित्येक वर्षे जुने !

समुद्रतळ आणि चुंबकीय पट्ट्या

समुद्रतळातील खडकांच्या चुंबकीय गुणधर्माचा अभ्यास करताना एक नवीनच गोष्ट लक्षात आली. जणू समुद्रतळ मोठ्या

मोठ्या पट्ट्यांमध्ये विभागला गेला आहे आणि प्रत्येक पट्टीतल्या चुंबकीय कणांची दिशा शेजारच्या पट्टीच्या अगदी उलटी होती.

ह्या दोनही गोष्टींचा एकमेकांशी काही संबंध असेल का? डी.एच्. मॅथ्यू यांनी केलेल्या संशोधनात त्यांनी असं मांडलं की समुद्री पर्वतांमधल्या दऱ्यांमधून बाहेर आलेला पदार्थ त्या पर्वताच्या दोन्ही बाजूंना पसरतो. त्यात असलेले चुंबकीय कण पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राच्या दिशेनुसार रचले जातात.

ह्याच काळात जर पृथ्वीचे चुंबकीय ध्रुव बदलले तर नवीन येणाऱ्या पदार्थांची रचना नवीन ध्रुवांनुसार होते. त्यामुळे शेजार शेजारच्या पट्ट्यांतही एकमेकांच्या उलट चुंबकीय दिशा असलेल्या पट्ट्या आढळल्या.

जेव्हा ह्या गर्तेपासून दूर असणाऱ्या खडकांचं वय तपासलं तेव्हा दूरच्या खडकांचं वय अधिक आढळलं.

आता सगळं साफ-स्पष्ट होतं. समुद्रतळ स्वतःच आपला इतिहास ऐकवत होता.

भूपट्टांत विभागली गेलेली पृथ्वी

पृथ्वी अनेक भूपट्टांची बनलेली आहे. आणि ह्या भूपट्टांच्या सीमा म्हणजेच समुद्रतळाकडे गर्तांच्या रांगा. ह्या भूपट्टांवर काही भागात समुद्र आहे तर काही भागात खंड. उदा भारतीय भूपट्टावर भारतासारख्या

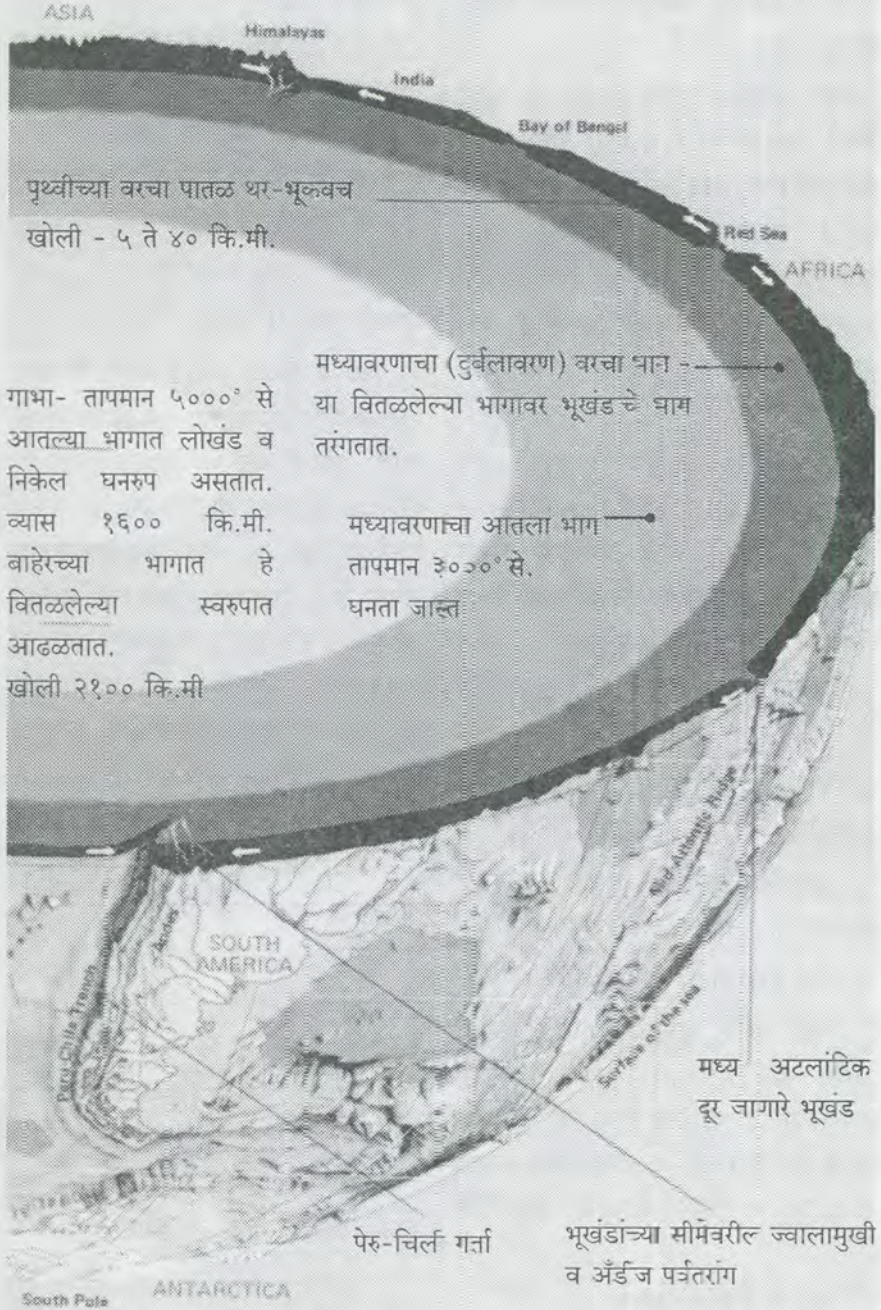
भूप्रदेशाबरोबरच हिंदी महासागराचा तळही सामावला आहे. कल्पना करू या की पृथ्वीवरचं पाणी काढून घेतलं. आता रिकामा गोल कसा दिसेल? वर आलेला भाग म्हणजे खंड असतील व खाली गेलेला भाग समुद्राचा तळ असेल. भूपट्टांच्या सीमांवर समुद्र कड्यांच्या शृंखला असतील. आणि काही सीमांवर खोल खोल दऱ्या असतील.

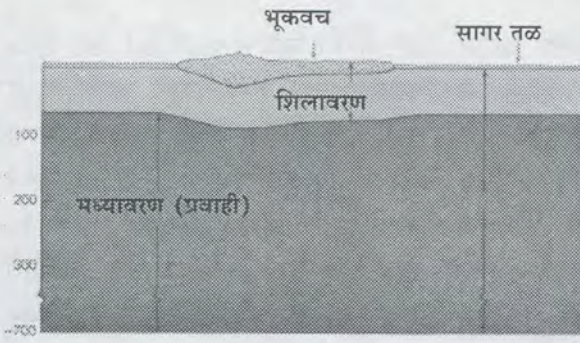
भूपट्टे कसे सरकतात

पृथ्वीचे कवच अखंड नाही. ते सहा मोठ्या व काही छोट्या तुकड्यांचे बनले आहे. त्यांना आपण भूपट्टा म्हणतो. एखाद्या चपट्या थाळीप्रमाणे हे तुकडे एकमेकांपासून दूर जाऊ शकतात किंवा जवळ येऊ शकतात. पृथ्वीच्या वरच्या आवरणाच्या खाली जे मध्यावरण आहे, ते तापवलेल्या मुशीतल्या लोखंडासारख्या वितळलेल्या पदार्थांचे बनले आहे. त्यामुळे हे भूपट्टे ह्या वितळलेल्या घनदाट भूगर्भावर तरंगत आहेत. मध्यावरणात सतत हालचाली चालू असतात. आधणाला ठेवलेल्या पाण्यातील अंतर्गत प्रवाहांप्रमाणे मध्यावरणात प्रवाह चालू असतात. हे प्रवाह अत्यंत धीमे, वर्षाला काही इंच एवढ्याच वेगाचे आहेत. मात्र अशा प्रवाही पदार्थांवर तरंगत असल्याकारणाने खंड हलू शकतात.

जेव्हा दोन भूपट्टे एकमेकांपासून दूर जाऊ लागतात तेव्हा त्यांच्यामध्ये दरी

पृथ्वीचा कापून दाखवलेला भाग





(गर्ता) तयार होते. ही रिकामी जागा भरून काढण्यासाठी पृथ्वीच्या मध्यावरणातला द्रव पदार्थ बाहेर येऊन या जागेत सामावला जातो. तो गर्तेतून बाहेर पडून दोन्ही बाजूंना पसरतो. नवीन समुद्रतळ असा बनतो. समुद्रतळाचा अभ्यास करणाऱ्या वैज्ञानिकांना वेगवेगळ्या वयाच्या समुद्र तळाच्या पट्ट्या सापडल्या त्या या कारणामुळे.

आता जर असा समुद्रतळ बनत राहिला तर पृथ्वीच्या आकारात वाढ होणार नाही का? पण तसं तर दिसत नाही. गेल्या ६० करोड वर्षात पृथ्वीच्या आकारात काहीच वाढ झाली नाहीये. याचाच अर्थ जर कुठे नवीन पृष्ठभाग बनत असेल तर त्याच गतीने तो कुठेना कुठे नष्ट ही होत असणार.

भूखंडाचा तुकडा आणि सागरतळाचा तुकडा जर एकमेकांवर आदळला तर सागर

आपली गोल पृथ्वी तीन विभागात विभागली आहे. वरचे कठीण आवरण, मधला विरघळलेला भाग ज्याला मध्यावरण म्हणतात आणि केंद्राचा घन भाग म्हणजे गाभा. अर्थात आपण फक्त वरचे आवरण आणि मधल्या विरघळलेल्या आवरणाच्या वरच्या भागापर्यंत पोहचू शकतो. आपण ज्यावर राहतो ते भूकवच केवळ एका रेघेने दाखवता येईल येवढे पातळ ५ कि.मी. ते ३० ते ४० कि.मी. आहे. आणि समुद्र तळाचे भूकवच तर त्याहून पातळ म्हणजे केवळ १० कि.मी. जाड आहे. परंतु ते अधिक घनतेच्या बेसाल्ट खडकांचे बनलेले आहे. वरील कवचाच्या खाली ३४८० कि.मी. जाडीचे मध्यावरण आहे. मध्यावरण पाण्यासारखे प्रवाही नाही. तर लोहाराने मुशीत ओतलेल्या लोखंडाप्रमाणे मऊ व पातळ आहे. मध्यावरणाच्या आत द्रवरूप असणारा २१०० कि.मी. जाडीचा बाह्यभाग आहे पृथ्वीच्या बरोबर मध्यातील भाग घनरूपातल्या लोह, निकेल व सिलीकॉन यांच्या संयुगानी बनलेला आहे.

पृथ्वीचे तुकड्यांनी बनलेले कवच मध्यावरणाच्या (मुशीतल्या लोखंडासारख्या वितळलेल्या) घनदाट भूगर्भावर तरंगत आहे. ह्या मध्यावरणातल्या हालचालींमुळेच भूपट्टांचे भाग सरकत राहतात.

तळाचा भाग खाली मुडपला जाऊन मध्यावरणात शिरतो. अशा ठिकाणी सागरी गर्ता तयार होतात. साधारणपणे या खंडांच्या किनाऱ्यावर आढळतात. खाली गेलेला सागरतळ आतील उष्णतेने वितळतो व कवचाचा हा भाग पुन्हा भूगर्भाला मिळतो. अशा तऱ्हेने पृथ्वीच्या भूकवचात एका बाजूने भर पडते तर दुसरीकडे ते पुन्हा भूगर्भात विरघळते.

आता जर दोन्ही भूखंड असणारे तुकडे एकमेकांवर आदळले तर ते एकमेकांवर दाबले जाऊन तेथे उंच घडीच्या पर्वत रांगा तयार होतात. (उदा. हिमालय, इ.)

ह्या खंडांवरील खडकांत फारसे बदल घडत नाहीत. त्यामुळेच खंडांवरील दगडांचं वय समुद्रतळाच्या दगडांपेक्षा अधिक आढळतं.

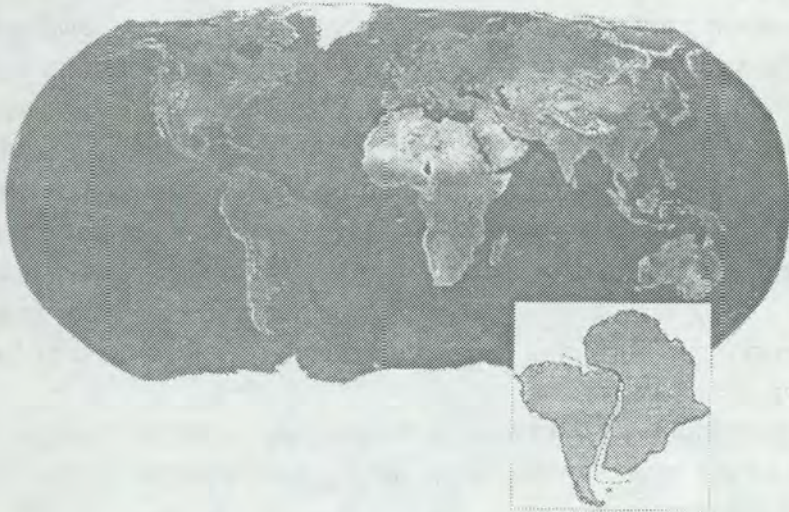
आपण सुरवात केली सर्व खंड एकत्र आणण्याच्या कल्पनेपासून आणि कुठून कुठे येऊन पोचलो. किती अवघड आहे ना ह्यावर विश्वास ठेवणं, की आपल्या पायाखालची धरणी सरकतेय ! पहा ना, कधी भारत खाली अंटार्क्टिका क्षेत्रामधे पडलेला होता आणि आज पृथ्वीच्या मध्यावर येऊन पोचलाय !

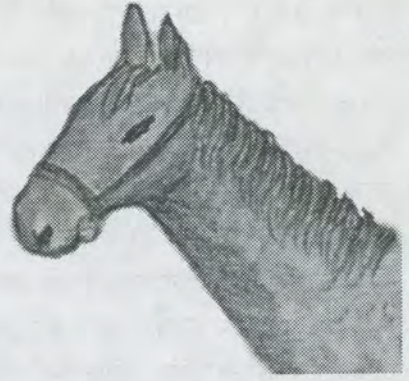


लेखक : आमोद कारखानीस
मुंबई येथील व्यावसायिक, विज्ञानशिक्षण कार्यक्रमात सहभागी.

रूपांतर : शुभदा जोशी
संपादक पालकनीती, भूगोलशिक्षणात रस.

आभार : डॉ. पटवर्धन,
भूशास्त्र विभाग प्रमुख, पुणे विद्यापीठ





अनाकलनीय नाते

लेखक : कॅटीन रेनॉल्ड हिंदी अनुवाद : अरविंद गुप्ता अनुवाद : शरद जोशी

कॅनडामध्ये मॉंट्रिअल नावाचे एक मोठे शहर आहे. शहरातील अनेक लहान लहान रस्त्यांपैकी एक आहे “एडवर्ड स्ट्रीट”. या रस्त्यांलगतच्या घराघरातून सकाळी दुधाच्या बाटल्या पोहोचविण्याचे काम पिअर गेल्या तीस वर्षांपासून करित असे. त्याला या रस्त्याची खडान्खडा माहिती होती. पिअरच्या गाडीला पांढऱ्या रंगाचा उमदा घोडा जोडलेला असे. पंधरा वर्षांपूर्वी घोडा दूध कंपनीमध्ये आला त्यावेळी त्याला नाव नव्हते. कंपनीने पिअरला घोडा दिला. पिअरने त्याला मानेजवळ प्रेमाने थोपटले व त्याच्या डोळ्यात निरखून पाहत म्हटले; “काय उमदा, शहाणा घोडा आहे ! मी याचे नाव जोसेफ ठेवणार. कारण संत जोसेफ भला माणूस होता.”

वर्षभरातच जोसेफला दूधगाडीचा एडवर्ड स्ट्रीटवरील सर्व प्रवास व थांबे माहितीचे झाले. पिअर अभिमानाने सांगत असे, “मी लगामाला हातही लावत नाही. कारण माझ्या जोसेफला लगामाची गरजच पडत नाही.”

रोज पहाटे पाच वाजता पिअर दूधकंपनीमध्ये जात असे. गाडीवर दुधाच्या बाटल्या ठेवल्यावर पिअर गाडीच्या सीटवरून जोसेफला प्रेमाने हाकारी आणि जोसेफ मान वळवून त्याचेकडे पाहत असे. मग इतर गाड्यांवरचे गाडीवान म्हणत - “सर्व ठीक आहे. पिअर, आता चला !” त्यानंतर रुबाबात पिअर व जोसेफची दूधगाडी मार्गस्थ होई.

रस्त्याने जाताना पिअरच्या

इशान्याशिवाय जोसेफ दूधगाडी योग्य मार्गाने नेऊन एडवर्ड स्ट्रीटवरील पहिल्या ग्राहकाच्या घरासमोर अचूकपणे उभी करी. पिअर दुधाची बाटली ग्राहकाच्या दारासमोर ठेवून परत आपल्या जागेवर बसेपर्यंत तो थांबत असे व त्यानंतर पुढे चालून दुसऱ्या ग्राहकाच्या दरापाशी जाऊन उभा रहात असे. अशा रीतीने एडवर्ड स्ट्रीटवरील सर्व ग्राहकांकडे दूध बाटल्या पोहोचवून पिअर आणि जोसेफची स्वारी परत दूध कंपनीच्या कार्यालयाकडे परत येत असे. जोसेफ हा खरोखर हुशार व उमदा घोडा होता.

कंपनीच्या तबेल्यामध्ये जोसेफला ठेवताना पिअरचा ऊर अभिमानाने भरून येई. जोसेफची तो खूप स्तुती करत असे. “मी जोसेफच्या लगामाला कधी हातही लावत नाही. ग्राहकांच्या दारापाशी कोठे थांबावे हे त्याला बरोबर समजते. जोसेफ दूधगाडी ओढत असल्यास माझ्याऐवजी एखादा आंधळा मनुष्यसुद्धा व्यवस्थित दूध देऊन येईल.”

आणि वर्षानुवर्षे या पद्धतीनेच पिअर व जोसेफ

यांचे गाडीने दुधाच्या बाटल्यांचा रतीब घालणे सुरळीतपणे चालू होते. होता होता पिअर आणि जोसेफ वृद्ध झाले. पिअरच्या मिशा पांढऱ्या झाल्या, जोसेफची चालही आता मंद झाली. कंपनीच्या तबेल्यातल्या जॅकच्या लक्षात एके दिवशी ही गोष्ट आलीच. त्या दिवशी पिअर हातात काठी घेऊन तबेल्याकडे आला.

“काय पिअर? कब झाले? तुझे पाय दुखतात काय?” जॅकने हसून विचारले. “होय जॅक ! माझे आता वय झाले आहे.



त्यामुळे आता पाय दुखतात.” पिअर म्हणाला.

“पिअर ! तू आता जोसेफला दुधाच्या बाटल्या ग्राहकाच्या दारापाशी ठेवण्यास शिकवून टाक म्हणजे झाले. बाकी काम तो करतोच म्हणा.” जॅक म्हणाला.

एडवर्ड स्ट्रॅटवरील कुटुंबांतील नोकरांना पिअरला वाचता येत नाही हे माहीत होते म्हणून त्याला ते चिठ्ठी लिहित नसत तर दुधाच्या गाडीचा आवाज ऐकताच ओरडत “पिअर आज एक बाटली जादा दे.”



आणि त्याप्रमाणे लक्षात ठेवून पिअर देत असे. तबेल्याकडे परत आल्यावर न चुकता पिअर दुधाचा हिशेब जॅकला देत असे व जॅक त्याप्रमाणे ताबडतोब त्याची नोंद वहीत करीत असे.

एकेदिवशी सकाळीच दूध कंपनीचा मॅनेजर तबेल्यामध्ये पाहणी करण्यासाठी आला. थोड्यावेळाने जॅकने पिअरकडे पाहून मॅनेजरला म्हटले, “साहेब पिअर बघा कसा घोड्याशी बोलतो आणि घोड्यासुद्धा त्याच्याकडे वळून त्याचे बोलणे ऐकतो. घोड्याच्या डोळ्यातील चमकही बघा. मला वाटते या दोघांची दाट मैत्री आहे आणि दोघांमध्येही काही खास गोष्ट आहे, जिचा इतरांना पत्ताही लागणार नाही. कधी कधी वाटते हे दोघेही आपल्याला हसतात. पिअर सज्जन गृहस्थ आहे. परंतु आता त्याचे वयही झाले आहे तेव्हा त्याला निवृत्त करावे. साहेब आपण त्याची पेन्शन मंजूर करावी.”

मॅनेजर म्हणाला, “तुझे म्हणणे बरोबर आहे. पिअर तीस वर्षे काम करीत आहे आणि त्याच्या कामाविषयी तक्रारीही नाहीत. पिअरला सांग, आता घरी स्वस्थ रहा. त्याचा पूर्ण पगार आपण दरमहा पाठवून देऊ.”

परंतु पिअरने निवृत्त होण्यास नकार दिला. निवृत्त झाल्यास आपल्या लाडक्या जोसेफशी आपली भेट होणार नाही, या कल्पनेनेच तो अस्वस्थ झाला. तो

म्हणाला, “मी आणि जोसेफ दोघेही आता म्हातारे होत आहोत. तेव्हा दोघांनाही एकदमच निवृत्त करा. साहेब, मी आपल्याला सांगतो की जेव्हा माझा जोसेफ निवृत्त होईल तेव्हा मी हे काम आपणहून सोडेन.”

जॅक समजूतदार होता. त्याला पिअरच्या भावना समजल्या. त्यानंतर जेव्हा पिअर व जोसेफ दुधाच्या गाडीवर असत तेव्हा दोघेही उत्साही व तरूण वाटत. परंतु काम संपवून परत जाताना पिअर काठी टेकत जाई आणि जोसेफ तबेल्यात मान खाली घालून सावकाश जाई, तेव्हा त्याला वाईट वाटे.

एके दिवशी सकाळी पिअर तबेल्याजवळ आल्यावर जॅक दुःखाने म्हणाला, “आज सकाळी जोसेफ जागा झालाच नाही. तो आता थकला होता. आणि खरं तर २५ वर्षांच्या घोड्याची स्थिती ७५ वर्षांच्या वृद्धासारखीच असते.”

पिअरने दुःखद अंतःकरणाने म्हटले, “होय ! आता माझेही वय ७५ वर्षांचे झाले आहे, आता माझी व जोसेफची भेट होऊ शकणार नाही.”

“पिअर ! शांत हो ! जोसेफ अजून तबेल्यात आहे. तो अगदी शांतपणे गेला. तू त्याला पाहून ये.” जॅक म्हणाला.

“जॅक ! तुला माझे दुःख कळणार



नाही.” पिअरने घरी जाताना म्हटले.

जॅकने पिअरला थोपटत म्हटले, “अरे काळजी करू नकोस ! आम्ही तुला जोसेफसारखाच दुसरा घोडा आणून देऊ आणि एका महिन्यात तू त्याला जोसेफसारखा तयार कर. बस्स !”

पिअर नेहमी एक मोठी टोपी डोक्यावर घालीत असे त्यामुळे त्याचे डोळे झाकल्यासारखे होत. बोलता बोलता जॅकने सहज पिअरच्या डोळ्याकडे पाहिले आणि तो चरकलाच ! पिअरचे डोळे निर्जीव वाटत होते आणि त्यामध्ये त्याच्या अंतःकरणातील दुःख दाटले होते.

“पिअर आज तू रजा घे” जॅकने

म्हटले परंतु ते ऐकायला पिअर तेथे नव्हताच. तो घराकडे निघाला होता. त्याचे डोळे भरले होते आणि तो हुंदके देत होता. एका वळणावरून पिअर मुख्य रस्त्यावर आला आणि एक ट्रक वेगाने त्याच्याजवळ आला. ड्रायव्हरने हॉर्न वाजवला व जोरात ब्रेक लावले परंतु पिअरला काही समजलेच नाही.

पाच मिनिटांनंतर अॅम्ब्युलन्स आली. त्यातून उतरलेल्या डॉक्टरांनी तपासणी केली. “हा तर गेलाच आहे.” त्यांनी सांगितले. तेवढ्यात जॅक व दूध कंपनीचे इतर कामगार तेथे आले. ड्रायव्हर म्हणाला, “काय माणूस होता! सरळ समोरून आला, आंधळ्यासारखा.”

त्या डॉक्टरांनी पुन्हा डोळ्यांची तपासणी केली. ते म्हणाले, “हा मनुष्य खरंच आंधळा आहे. त्याच्या डोळ्यात मोतीबिंदू आहे. कमीत कमी पाच वर्षे तरी तो मोतीबिंदूमुळे अंध असावा.” त्यांनी

जॅकला विचारले “हा मनुष्य तुमच्याकडे काम करित होता तरी तो आंधळा होता हे तुम्हाला माहिती नाही?”

जॅक म्हणाला, “नाही! डॉक्टरसाहेब खरंच नाही! ही गोष्ट आम्हाला अजिबात कळली नव्हती.”

खरं तर ही गोष्ट फक्त पिअर आणि त्याचा मित्र जोसेफ या दोघांनाच माहिती होती. त्या दोघांचेच हे रहस्य होते.



शैक्षिक संदर्भ अंक २८ मधून साभार.

लेखक : कॅटीन रेनॉल्ड

मूळ कथा : ए सिंक्रेट बिटवीन टू फ्रेंड्स

हिंदी अनुवाद : अरविंद गुप्ता, दिल्ली-विज्ञान लेखन व अनुवाद. विज्ञानखेळांची अनेक पुस्तके प्रसिद्ध.

मराठी अनुवाद : शरद जोशी, पुणे.

चित्रांकन : व्ही. एम्. भोंडे, होशंगाबाद.

आपण संदर्भसाठी काय करू शकता?

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

ध्वनी

आवाजाची 'ओळख'

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

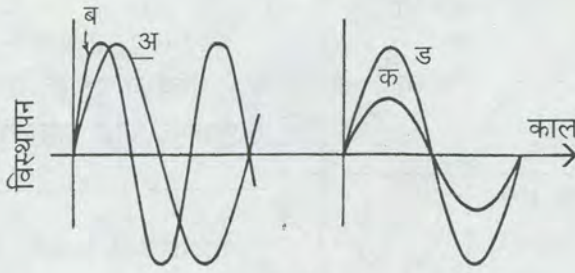
रस्त्यानं चालत असताना मागून एकदम हाक येते आणि वळून पहाण्यापूर्वीच आपण हाक मारणाऱ्याला ओळखलेलं असतं. कानावर पडणारे काही आवाज 'गोड' वाटतात, तर काही त्रासदायक. एखादी वाद्यसंगीताची धून कानावर पडली, तर त्यातली वाद्यं ओळखू येतात...

पाठ्यपुस्तकात 'ध्वनी' म्हणजे माध्यमातून प्रवास करणाऱ्या लहरी आहेत, हे आपण वाचलेलं असतं. लहरी म्हटल्या की, त्यांचे काही मूलभूत गुणधर्म असतात - तरंगविस्तार (Amplitude), तरंगलांबी, वारंवारिता इ. हेही आपल्याला माहित असतं. पण आपल्याला जाणवणाऱ्या आवाजाच्या गुणधर्मांशी, वेगवेगळे आवाज आपल्याला 'ओळखू' येण्याशी याची सांगड कशे घालायची? संगीतातला स्वर आणि गोंगाटाचा आवाज यांत नेमका काय फरक आहे? या आणि

अशाच काही प्रश्नांची उत्तरं शोधता शोधता, ध्वनीच्याच नाही तर एकंदरच लहरींच्या विज्ञानाबद्दल बरंच काही हाती लागतं. अशाच काही गोष्टींची चर्चा आपण या मालिकेतून करणार आहोत.

आपल्याला दोन आवाज वेगवेगळे ओळखू येण्यामागे आवाजाच्या तीन गुणधर्मांचा हात असतो. हे गुणधर्म म्हणजे, आवाजाची पट्टी (Pitch), प्रखरता (Loudness) आणि प्रत (Quality).

आवाजाची पट्टी प्रामुख्यान ध्वनीलहरीच्या वारंवारितेवर अवलंबून असते, पण तीव्रता (Intensity) आणि ध्वनिलहरीचा आकार (Shape of the waveform) यांचाही पट्टी ठरवण्यात थोडा वाटा असतो. जसजशी वारंवारिता वाढत जाते, तशी आवाजाची पट्टीही चढत जाते. उदा. आकृती १ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे 'अ' व 'ब' या दोन ध्वनीलहरी असतील,



आकृती १

तर 'अ' पेक्षा 'ब' ची पट्टी वरची असेल.

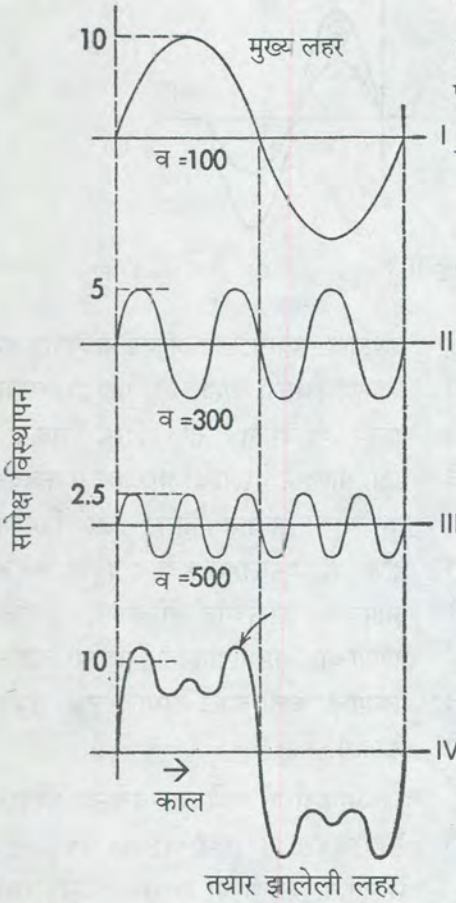
आवाजाची प्रखरता ही ध्वनीलहरीच्या तीव्रतेवर अवलंबून आहे. तीव्रता हे ध्वनी लहरीद्वारे वाहून नेल्या जाणाऱ्या ऊर्जेचे परिमाण आहे. ध्वनीलहरीची ऊर्जा ही लहरीच्या उभ्या विस्तारावर (Amplitude) तसेच वारंवारितेवर अवलंबून असते. आकृती १ मध्ये 'क' लहरीपेक्षा 'ड' लहरीचा उभा विस्तार (Amplitude) जास्त आहे. म्हणजेच 'ड' लहरीच्या आवाजाची प्रखरताही जास्त आहे. त्याचप्रमाणे 'अ' लहरीपेक्षा 'ब' लहरीची पट्टीच नाही तर प्रखरताही जास्त आहे.

आवाजाची प्रत, ही ध्वनीलहरीच्या आकारावर अवलंबून असते. ध्वनीलहरीचा आकार म्हणजे नेमकं काय? एखाद्या माध्यमातून जेव्हा एक ध्वनीलहर प्रवास करते, तेव्हा माध्यमातील कणांच्या हालचालींमुळे त्या माध्यमात एक स्थानावर्ती व कालावर्ती (Periodic in Space and Time) असा आकार तयार होतो यालाच त्या ध्वनीलहरीचा आकार

म्हणतात. हवेसारख्या अदृश्य माध्यमात हा आकार दिसला नाही, तरी पाण्यासारख्या दृश्य माध्यमात तो दिसू शकतो. उदा. पाण्याने भरलेल्या भांड्याच्या कडेवर चमच्यानं आघात केला, तर निर्माण होणाऱ्या ध्वनीलहरी हवेतून प्रवास करून आपल्या कानांपर्यंत पोचतात, तशाच पाण्याच्या पृष्ठभागातूनही प्रवास करून पाण्यावर काही काळ तरंगांची नक्षी तयार करतात.

आकृती १ मध्ये दाखवलेल्या ध्वनीलहरींना साइन लहरी (Sine Waves) म्हणतात, कारण या लहरींच्या आकाराचे गणिती वर्णन 'साइन' या Function च्या मदतीने करता येते. पण आपल्या कानावर पडणाऱ्या विविध लहरी एकाच विशिष्ट विस्ताराच्या नसतात. ध्वनीचे बरेचसे स्रोत हे विशिष्ट वारंवारिता व विस्तार असलेल्या मुख्य लहरीच्या जोडीने वेगवेगळ्या वारंवारिता व विस्तार असलेल्या अनेक दुय्यम लहरीही निर्माण करतात आणि आपल्या कानावर पडणारी लहर हा या सर्व

$v =$ वारंवारिता



आकृती २

I - मुख्य लहर, II व III - दुय्यम लहरी,
IV - मुख्य व दुय्यम लहरींच्या एकत्रित
परिणामामुळे तयार झालेली लहर

वेगवेगळ्या वस्तूनी आघात केले असता अशा प्रकारच्या लहरींचे मनोहारी आकार पाण्याच्या पृष्ठभागावर बघायला मिळतील आणि आवाजाच्या रूपानं जाणवतीलही. यातूनच ध्वनीलहरींच्या आकाराशी ऐकू येणाऱ्या आवाजाच्या प्रतीचं काय नातं आहे, हेही समजून येईल.

वेगवेगळ्या वाद्यांवर एकच सुरावट, एकाच प्रखरतेनं वाजवली, तरी आपल्याला वाद्यं ओळखता येतात. याचं कारण म्हणजे प्रत्येक वाद्यातून निर्माण होणाऱ्या आवाजाची प्रत वेगवेगळी असते. शास्त्रीय शब्दांत सांगायचं तर, प्रत्येक वाद्यासाठी मुख्य स्वराबरोबर निर्माण होणाऱ्या दुय्यम ध्वनीलहरी वेगवेगळ्या असतात, आणि त्यामुळे परिणामतः वाद्यातून निघणाऱ्या ध्वनीलहरींचे आकार वेगवेगळे असतात. जी गोष्ट वाद्यांची तीच माणसाच्या स्वरयंत्राची. प्रत्येक माणसाचं स्वरयंत्र हे त्याचं स्वतःचं, एकमेवाद्वितीय असं 'वाद्य' असतं. त्यामुळे प्रत्येक व्यक्तीचा आवाज हा तिच्या 'ओळखी'चा एक महत्त्वाचा पैलू असतो. ❖

लहरींचा एकत्रित परिणाम असतो. याचेच एक उदाहरण आकृती २ मध्ये दाखवले आहे. या ठिकाणी शेवटी तयार होणारी IV ही लहर म्हणजे I ही मुख्य लहर व II आणि III या दुय्यम लहरी यांचा एकत्रित परिणाम आहे. पाण्याने भरलेल्या भांड्याच्या कडेवर एकाच वेळी तीन वेगवेगळ्या लोकांनी,



सरोवर का बर्फांचं मैदान?

काही देशांमध्ये हिवाळ्यात तपमान इतकं कमी होतं की पाण्याचा बर्फ व्हायला लागतो. सरोवरांमध्ये आधी बर्फाची साय होते. ती जाड होत होत इतकी मोठी होते की त्यावर माणसं चालूही शकतात. इथे अशाच एका सरोवरामध्ये स्केटिंग करणाऱ्यांचा फोटो आहे.

लेखक : अजय शर्मा

अनुवाद : डॉ. हरिश्चंद्र झगडे

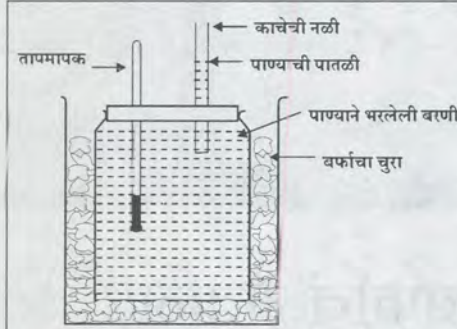
लहानपणापासून एक गोष्ट आपण ऐकत, घोकत आणि खरी मानत आलेलो असतो - पदार्थ गरम झाल्यावर आकाराने वाढतात, जास्त जागा व्यापतात, इत्यादी. घन, द्रव आणि वायुरूप पदार्थांवर उष्णतेचा परिणाम होतो. सर्वसाधारणपणे पदार्थ गरम झाल्यावर प्रसरण पावतात आणि थंडीमुळे आकुंचन पावतात. रोजच्या जीवनातील

आपले अनुभव आपल्याला ही गोष्ट 'निर्विवाद सत्य' मानायला प्रवृत्त करतात.

आता मी जर तुम्हाला सांगितलं की निसर्गात असाही एक पदार्थ आहे, जो गरम केल्यावर आकुंचन पावतो आणि थंड केल्यावर प्रसरण पावतो तर? तुम्ही म्हणाल...काय गप्पा मारता राव ! पण ही गोष्ट खरंच खरी आहे ! असा पदार्थ

अस्तित्वात आहे आणि त्याच्याशी आपण चांगलेच परिचित आहोत. जीवनासाठी सर्वाधिक आवश्यक पदार्थांपैकी तो एक आहे...हे दुसरं तिसरं काही नसून आपलं रोजच्या जीवनातलं जीवन-अर्थात पाणीच आहे !

कुठल्याही साधारण द्रव पदार्थाला उष्णता दिल्यास तो प्रसरण पावतो. पण आपण बर्फाळ पाण्याला जर गरम केलं तर काहीतरी उलटाच प्रकार घडेल-ते आकुंचन पावेल. होय, शून्य अंश सेल्सियस (0° से.) तापमानाच्या

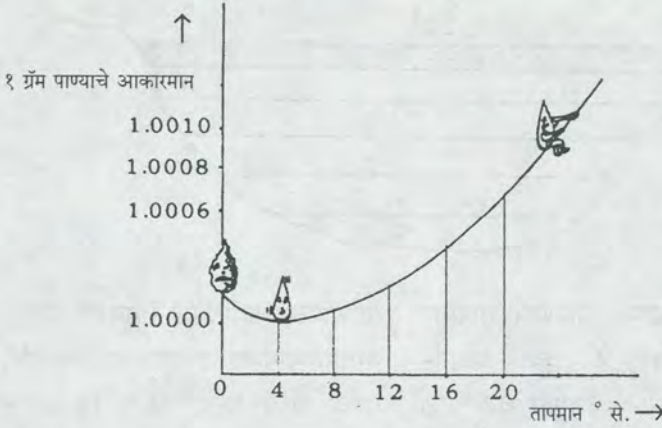


तुम्ही तुमच्या शाळेच्या प्रयोगशाळेत एक प्रयोग करून बघू शकता. झाकणाला दोन भोके असलेली एक काचेची बरणी घ्या. बरणी पाण्याने पूर्ण भरून, झाकणाच्या एका भोकातून तापमापक आणि दुसऱ्या भोकातून एक बारीक काचेची नळी बसवा.

तापमापकाचा बल्ब बरणीच्या तळापर्यंत जायला हवा. आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे बरणीतले पाणी नळीतही चांगले वर चढायला हवे. यासाठी वाटल्यास नळीतूनही बरणीत आणखी थोडे पाणी ओता. आता ही बरणी बर्फाच्या चुऱ्यात ठेवा. हळूहळू पाण्याचे तापमान खाली उतरेल. तापमान 20° से. च्या खाली जाऊ लागले की नळीतल्या पाण्याची पातळी कशी बदलते, ते पहा. नळीवर जर मापनपट्टी आखलेली असेल तर उत्तमच, नाहीतर नळीजवळ साधी मीटरपट्टी धरूनही तुम्ही वेगवेगळ्या तापमानाला पाण्याची पातळी कुठे होती याची नोंद करू शकता.

तुम्हाला बघतानाही जाणवेल की, सुरुवातीला जसजसे तापमान कमी होत जाते, तसतशी नळीतील पाण्याची पातळी खाली येते. पण 4° से. पेक्षा खाली तापमान जाऊ लागले की पाण्याची पातळी परत वर चढू लागते. 0° से. ला पाण्याची पातळी जवळजवळ 1° से.च्याच पातळीला आलेली असते.

तुम्ही नोंद केलेल्या निरीक्षणांवरून क्ष - अक्षावर तापमान व य - अक्षावर नळीतील पाण्याची पातळी घेऊन तुम्ही आलेख काढू शकता. असाच एक आलेख शेजारी दाखवला आहे. फक्त या आलेखात य - अक्षावर पाण्याच्या पातळीऐवजी १ ग्रॅम वजनाच्या पाण्याचे अकारमान घेतले आहे.



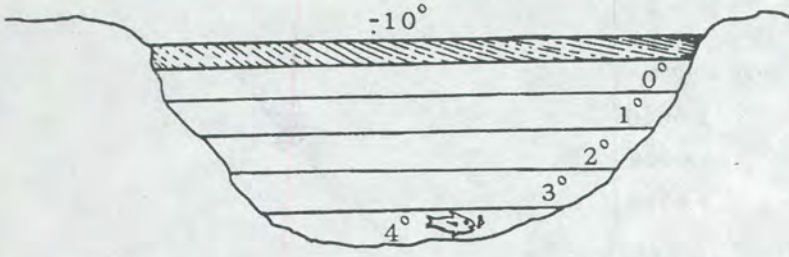
पाण्याला जर आपण उष्णता द्यायला सुरुवात केली तर जोपर्यंत त्याचं तापमान 4° से. पर्यंत वाढत आहे तोपर्यंत त्याचं आकारमान कमी होत जातं आणि घनता जास्त ! आहे ना आश्चर्याची गोष्ट ! आणि 4° से. नंतर ? यानंतर पाणी नेहमी सारख्या इतर द्रवांप्रमाणेच वागतं-उष्णता वाढेल तसं प्रसरण पावतं.

आलेखावरून स्पष्ट होतं की पाण्याची घनता 4° से. ला अधिकतम असणार आहे. हा निष्कर्ष 'सरळ' आहे, पण मामुली अजिबात नाही. निसर्गातल्या कित्येक जीव-जंतूसाठी पाण्याचा हा सामान्य वाटणारा गुणधर्म अतिशय महत्त्वपूर्ण ठरला आहे.

हिवाळ्यात जसजशी हवेतली थंडी वाढत जाईल, पाणीही थंड होत जाईल. सरळ आहे की वरच्या पृष्ठभागावरचं पाणीच सर्वात आधी थंड होणार. जर आपण 4° से. च्यावर तापमान असणाऱ्या

साधारण थंड पाण्याचा विचार केला तर स्पष्ट आहे. थंड पाणी गरम पाण्यापेक्षा अधिक जड असणार. अर्थात गरम पाण्याची घनता कमीच असणार मात्र पाण्याचा वरचा भाग जो सतत थंड होत चालला आहे, खालच्या थरांपेक्षा अधिक जड होईल त्यामुळे तो खाली जाईल आणि त्याची जागा खालचा थर घेईल. तापमान सतत कमी होत राहिल्याचं चे चक्र चालूच राहील.

मात्र जेव्हा तापमान 4° से. पेक्षा उतरतं तेव्हा परिस्थिती काहीशी वेगळी होते. 4° से. तापमानचं पाणी सर्वात जास्त घन, जड असल्याने वरचा स्तर 4° से. पर्यंत पोहोचल्यावर खाली जाऊन बसतो. आता हा खालचा थर खालीच सोडून जो 4° से. तापमानाचा आहे-बाकी सर्व पाण्यात थरांचं खाली-वर होणं सुरुच असतं-जोपर्यंत सगळ्याच पाण्याचं तापमान 4° से. होत नाही तोपर्यंत.



सरोवराच्या सान्या पाण्याचं तापमान 4° से. झाल्यावर हे चक्र थांबत-वातावरणाचं तापमान आणखी थंड झालं तरी ! का ? ...कारण की जर तापमान 4° से. पेक्षा कमी झालं तर वरच्या थरातलं पाणी आता खाली जात नाही. कारण यापेक्षा कमी तापमानाचं पाणी आकारमान वाढल्यानं वजनाने हलकं असतं. म्हणजे 3° , 2° , 1° , 0° से. तापमानाचं पाणी हे 4° से. च्या पाण्यापेक्षा घनतेत कमी असतं-हलकं असतं. आता यापेक्षा जितकं जास्त थंड तितकं जास्त हलकं ! म्हणूनच आता वरचे थर वरच तरंगत राहतात. पाण्याचं 0° से. तापमानाला बर्फ होणं ही गोष्ट अर्थात वेगळी आहे. वरचा थर या तापमानाला पोहोचल्यावर तिथं अवस्थांतर होऊन बर्फ जमा होतं आणि ते तरंगत राहतं-घनता कमीच असल्यानं. म्हणजेच बर्फ वरच्या बाजूने जमायला सुरुवात होते...खालच्या नव्हे ! आता जसजशी थंडी वाढेल तसतसा हा बर्फाचा थर आणखी जाड-जाड होत जाईल, पण कितीही झालं तरी तो बुडणार नाही, तरंगणारच...कारण त्या तापमानाला त्याची घनता...ती तर 4° से. च्या

पाण्यापेक्षा कमी आहे ! एवढंच नव्हे...तर वातावरणातल्या उष्णतेतल्या बदलांशी हा वरचा थरच गप्पागोष्टी करीत असल्याने त्या बदलांचा परिणाम बर्फाखालच्या पाण्यावर होत नाही...बर्फातून उष्णतेचं वहन अवघड असतं !

जोपर्यंत संपूर्ण सरोवराचं पाणी पूर्णपणे 4° से. पर्यंत पोहोचत नाही, त्याचा कुठलाच भाग 4° पेक्षा अधिक थंड होऊ शकत नाही. कारण 4° ला त्याची धाव खालच्या बाजूला राहते ! म्हणूनच खूप खोल सरोवरं आणि सागरांवर सर्व साधारणपणे बर्फ जमा होत नाही - कितीही थंडी पडली तरी ! त्या सगळ्या पाण्याला 4° से इतकं थंड होईपर्यंत हिवाळा सरून जातो !

आता जरा विचार करा-पाणी जर इतर द्रवांप्रमाणेच सर्वसामान्य पद्धतीने वागलं असतं तर ?

तर काय झालं असतं ? .. थंड प्रदेशात, ध्रुवीय सागर, सरोवरात हिवाळ्यात वरच्या भागात जमणारा बर्फ सतत तळाशी बुडून साचत राहिला असता आणि काही

काळातच सगळा जलाशय बर्फमय झाला असता! फक्त वरच्या काही भागात थोडंफार पाणी शिल्लक राहिलं असतं...

एवढ्या मोठ्या परिवर्तनाचं आपल्याशी काही देणंघेणं नसतं तर गोष्ट वेगळी पण त्या तलावात राहणाऱ्या बिचाऱ्या माशांचं, जलचरांचं काय... त्यांचं तर आयुष्यच संपलं असतं ! पण असं होत नाही म्हणून तर ते जलचर सुखी आहेत ! बर्फाखालच्या पाण्यात आपल्या गतीनं त्यांची आयुष्ये वाटचाल करीतच आहेत ! उत्क्रांतीच्या

सिद्धांताप्रमाणे जलचरांपासूनच संपूर्ण जीवसृष्टी उत्क्रांती झाली आहे हे लक्षात घेतलं, तर पाण्याचा हा गुणधर्म किती महत्त्वाचा आहे, हे वेगळं सांगायला नको.

❖

(आधार : कन्सेप्युअल फिजिक्स-पॉल ह्युवेट शैक्षिक संदर्भ अंक ५ मधून साभार.)

लेखक : श्री. अजय शर्मा एकलव्यच्या होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रमात सहभागी

अनुवाद : डॉ. हरिश्चंद्र झगडे.

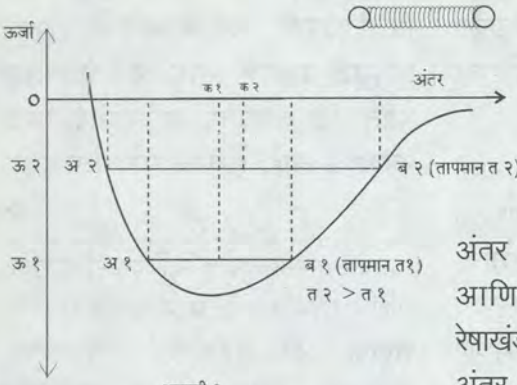
प्रसरण व आकुंचन

पाण्यासारखाच त-हेवाईकपणा खरासारखे काही पदार्थ आणि काही प्रकारचे स्फटिकही करतात असे दिसते. याचे कारण मूलतः या पदार्थांच्या आण्विक संरचनेत आहे. ही गोष्ट समजून घेणे सोपे नाही, पण तरीही आपण प्रयत्न करू.

एखादा पदार्थ तापमान वाढल्यावर प्रसरण पावतो (किंवा तापमान कमी केल्यावर आकुंचन पावतो.), म्हणजे नेमकं काय होतं? प्रत्येक पदार्थ हा अणू एकत्र बांधले जाऊन तयार झालेला असतो, दोन अणूंमधला बंध हा बऱ्याच अंशी एखाद्या अदृश्य स्प्रिंगसारखा असतो. एका विशिष्ट अंतरापेक्षा अणूंना एकमेकांपासून लांब नेण्याला किंवा जवळ आणण्यालाही ही स्प्रिंग विरोध करते. कोणत्याही तापमानाला अणूंना जोडणारी स्प्रिंग विशिष्ट ऊर्जेने कंप

पावत असते. यामुळे स्प्रिंगने जोडल्या गेलेल्या दोन अणूंमधील अंतरही सतत बदलत असते. मात्र विशिष्ट ऊर्जेच्या कंपनासाठी दोन अणूंमधील सरासरी अंतर विशिष्टच असते. तापमान वाढले की, स्प्रिंगची ऊर्जा वाढते, कंपनी जास्त होतात आणि अणूंमधील महत्तम व लघुत्तम अंतर बदलते.

आकृती १ मध्ये दाखवलेला आलेख पहा. हा आलेख गणिती सूत्र वापरून काढला आहे. यात X अक्षावर एक अणू आरंभ बिंदूवर ठेवला असता दुसऱ्या अणूचे त्याच्यापासून अंतर दाखविले आहे, तर Y अक्षावर स्प्रिंगची ऊर्जा. या आलेखाचा अर्थ समजावून घेण्यासाठी आपण एक उदाहरण घेऊ. समजा, 'त १' या तापमानाला स्प्रिंगची ऊर्जा 'ऊ १' इतकी आहे.



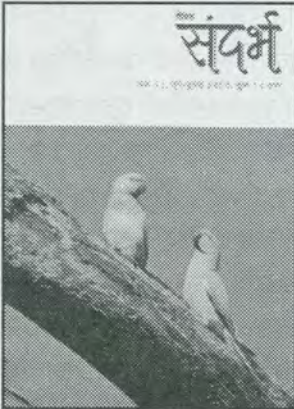
आकृती १

आलेखात काढलेली 'अ१ब१' ही रेषा पहा. 'ऊ१' इतक्या ऊर्जेसाठी स्प्रिंगच्या कंपनामुळे दोन अणूंमध्ये येणारे लघुतम अंतर X अक्षावर 'अ१' या बिंदूने दर्शविले आहे. म्हणजे एक अणू शून्यावर तर दुसरा 'अ१' या बिंदूवर. महत्तम अंतर 'ब१' या बिंदूने दर्शविले आहे. एक अणू शून्यावर तर दुसरा 'ब१' या स्थानावर. या परिस्थितीत दोन अणूंमधील सरासरी अंतर म्हणजे 'अ१ब१'

या रेषाखंडांचा मध्य बिंदू हे अंतर आलेखात 'क' या बिंदूने दर्शविले आहे. या तुलनेत 'त२' या 'त१' पेक्षा जास्त असलेल्या तापमानाची परिस्थिती पहा. इथे दोन अणूंमधले अंतर 'अ२' ते 'ब२' या मर्यादित आहे, आणि सरासरी अंतर 'अ२ब२' या रेषाखंडांचा मध्यबिंदू 'क२' चे शून्यापर्यंतचे अंतर 'क१' पेक्षा जास्त आहे. म्हणजेच तापमान 'त१' पासून 'त२' पर्यंत वाढताना या पदार्थाचे प्रसरण झाले आहे.

इथे एक महत्त्वाची गोष्ट लक्षात घ्यायला हवी. समजा, ऊर्जा आणि अंतर या आलेखाचा आकार आकृती २ मध्ये दाखवल्यासारखा सममित अन्वस्ताकार असता, तर काय झालं असतं ? या परिस्थितीतही 'त१' पेक्षा 'त२' तापमानाला स्प्रिंगच्या कंपनांची लांबी

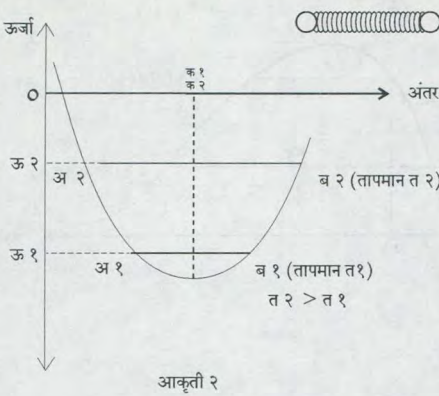
हिंदी संदर्भ



'एकलव्य' ही मध्यप्रदेशातील शालेय शिक्षणामध्ये सुधारणा घडवून आणण्यासाठी सतत कार्यरत असणारी संस्था आहे. त्यांच्यातर्फे चालविले जाणारे 'शैक्षिक संदर्भ' हे एक शैक्षणिक-विज्ञान आशयाचं हिंदी 'ट्रैमासिक' आहे.

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये ५० आहे. वर्गणी मनिऑर्डर अथवा बँक ड्राफ्टद्वारा (एकलव्यच्या नावे) पुढील पत्त्यावर पाठवावी.

एकलव्य, ई-१/२५, अरेरा कॉलनी, भोपाल, मध्यप्रदेश पिन - ४६२०१६



वाढली असती. ('अ२ब२' ची लांबी 'अ१ब१' पेक्षा जास्त आहे.) पण सरासरी अंतर ('क१' व 'क२') मात्र बदलले नसते. म्हणजेच तापमान वाढले तरी प्रसरण झाले नसते. म्हणजेच ऊर्जा विरुद्ध अंतर हा आलेख असममित आहे, म्हणूनच बदलत्या तापमाना बरोबर पदार्थाचे प्रसरण व आकुंचन होते. अर्थात् आलेखाचा नेमका आकार हा स्प्रिंगरूपी बंधाची मजबुती, अणूंची वजने इ. गोष्टींवर, म्हणजेच पदार्थाच्या आण्विक संरचनेवर अवलंबून असणार, हे उघडच आहे.

या सर्व विवेचनात आपण एका गोष्टीकडे सोयिस्कररीत्या दुर्लक्ष केलेले आहे. ही गोष्ट म्हणजे आपल्या विश्वाची त्रिमित रचना. स्प्रिंगांनी जोडलेले आपले दोन अणू केवळ कागदाच्या प्रतलातच, आणि आकृती १ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एकाच दिशेत, कंप पावतील, असं आपण गृहीत धरलं आहे. प्रत्यक्षात ही कंपने कागदाच्या प्रतलात वर-

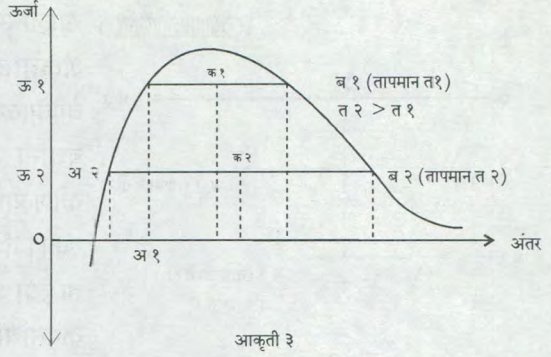
खाली आणि प्रतलाला लंब दिशेतही होऊ शकतात. शिवाय पदार्थात अनेक अणू वेगवेगळ्या दिशांत वेगवेगळ्या मजबुतीच्या बंधांनी जखडले गेलेले असतात. त्यामुळे कोणत्याही तापमानाला इतर अणूसापेक्ष एका विशिष्ट अणूच्या स्थानात होणारा बदल हा त्या अणूला जोडलेल्या सर्व स्प्रिंगांच्या कंपनांचा एकत्रित परिणाम असतो. त्यामुळे काही विशिष्ट आण्विक संरचना असलेल्या अणूंमधील सरासरी अंतर वाढत्या तापमानाबरोबर कमीसुद्धा होऊ शकते. म्हणजेच तापमानाच्या विशिष्ट मर्यादित वाढत्या तापमानाबरोबर हे पदार्थ आकुंचन पावतात. पाणी हे अशाच पदार्थांपैकी एक आहे.

थोडं विषयांतर : ऋण ऊर्जा

आकृती १ व २ वरून तुम्हाला एक गोष्ट जाणवली असेल. दोन अणू एकमेकांना बांधलेल्या स्थितीत असताना (Y) अक्षावरील ऊर्जा शून्यापेक्षा कमी, म्हणजे ऋण, दाखवली आहे. ही 'ऋण ऊर्जा' ही काय भानगड आहे?

अणू प्रत्यक्षात दिसत नसले, तरी वेगवेगळ्या उपकरणांच्या मदतीनं त्याच्या अस्तित्वाचा पडताळा पहाता येतो, आणि त्यांची ऊर्जाही मोजता येते. त्यामुळे केवळ सिद्धांतांनीच नाही तर प्रयोगांनीही हे दाखविता येते की दोन अणू एकमेकांपासून पूर्णतः विलग असतानाची त्यांची एकूण

स्थितिक ऊर्जा (Potential Energy) ही अणू एकमेकांशी बांधले जाऊन तयार होणाऱ्या रेणूच्या स्थितिक ऊर्जेपेक्षा जास्त असते. या दोन ऊर्जांमधला फरक म्हणजे त्या अणूंना जोडणाऱ्या बंधाची ऊर्जा हीच बंधन ऊर्जा (Binding Energy) आकृती १ व २ मधल्या आलेखांच्या γ -अक्षांवर दाखविलेली आहे.



आता विचार करा, जेव्हा आपण तापमान वाढवत नेतो, तेव्हा काय होतं? तापमान वाढवत की रेणूची स्थितिक ऊर्जा वाढते. म्हणजे रेणूची ऊर्जा व त्यातील घटक अणू एकमेकांपासून विलग असतानाची त्यांची एकूण स्थितिक ऊर्जा यातला फरक कमी होतो. म्हणजेच रेणूमधील बंधाची ऊर्जा कमी होते. पण हे करण्यासाठी आपण त्या रेणूला बाहेरून काही ऊर्जा पुरविली आहे - पाण्याचे तापमान वाढवायचे असेल तर त्याला उष्णता पुरवावी लागते. ही गोष्ट दाखवण्यासाठी आलेखात बंधित ऊर्जा ऋण दाखवणे आवश्यक बनते.

समजा, बंधित ऊर्जा आपण धन दाखविली, तर आकृती १ ऐवजी शेजारच्या आकृतीसारखा आलेख काढावा लागेल. या आलेखात तापमान वाढविण्याची दिशा उलटी दाखवावी लागेल. यामधे 'ऊ१' या ऊर्जा पातळीकडून शून्याकडे येण्यासाठी काही बाह्य ऊर्जा खर्च करावी लागते हे

चटकन लक्षात येत नाही. याउलट आकृती १ मधल्या आलेखाचा आकार एखाद्या विहीरीसारखा आहे. विहीरीच्या तळाजवळच्या 'ऊ१' या पातळीवरून वरच्या 'ऊ२' या पातळीपर्यंत रेणू 'खेचून' म्हणजे बाह्य ऊर्जा खर्च करून आणावा लागतो. हे या आलेखावरून लगेच समजू शकते. म्हणजे बंधन ऊर्जेची संकल्पना समजावण्याच्या दृष्टीने आकृती १ किंवा २ जास्त सयुक्तिक आहेत.

आकृती १ व २ सारख्या आलेखांना शास्त्रज्ञही स्थितिक ऊर्जा विहीरी (Potential Energy Wells) असेच म्हणतात.



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

प्रश्नावली

शैक्षणिक
संदर्भ

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

अंकातली भाषा आपल्याला कशी वाटली?

- संवादी चांगली सोपी कठीण

अंकातली विषय मांडणी

- चांगली वाईट ठीक

अंकामधे खालील विषयांचा अंतर्भाव असावा.

.....

.....

शैक्षणिक संदर्भसाठी इतर काही मदत कराल का? कोणती?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

अंक	किंमत	हवे असतील त्या अंकांपुढे ✓ 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 रू.....

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

नाव _____

पत्ता _____

सही _____ तारीख _____

'संदर्भ', द्वारा पालकनीती परिवार,

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

