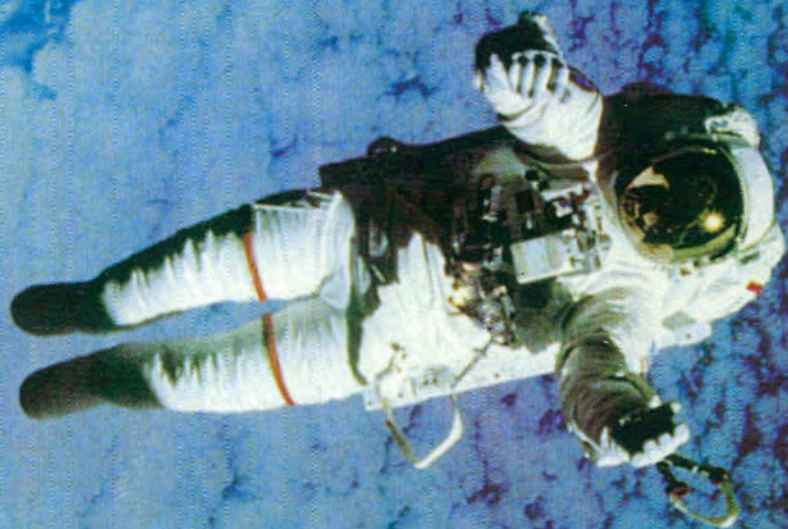


प्रदर्भ.

अंक-१

ऑगस्ट-सप्टेंबर १९९९



शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे
संजीवनी कुलकर्णी
प्रदीप गोठोस्कर
नागेश मोने

सहयोग :

प्रियदर्शिनी कर्वे

रेखाचित्रे :

पल्लवी आपटे आणि
शैक्षिक संदर्भच्या सौजन्याने

सल्लागार :

नरेश दधीच

अक्षर जुळणी : क्विक सर्व्ह

मुखपृष्ठ मुद्रण : मुद्रा

मुद्रण : संजीव मुद्रणालय

संदर्भ

अंक-१

ऑगस्ट-सप्टेंबर १९९९

निर्मिती आणि वितरण

पालकनीती परिवार

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

दूरध्वनी : ३४१२३०, ३६९८५९

किंमत : रुपये २०/-
वार्षिक मूल्य : रुपये १००/-

फक्त खाजगी वितरणासाठी

होशंगाबाद येथील 'एकलव्य' या संस्थेच्या सहयोगाने व

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



पृथ्वीच्या परिवलनाचे अनेक परिणाम पृथ्वीच्या वातावरणावर दिसून येतात. एका विशिष्ट दिशेने फिरणारी व वाहणारी विनाशकारी चक्रीवादळेही पृथ्वीच्या परिवलनाने प्रभावित होतात. पृथ्वीच्या वातावरणात घडणारे बदल अवकाश-यानातून काढलेल्या छायाचित्रांत दिसून येतात. मुखपृष्ठावरील हे छायाचित्र अंतराळवीर 'मार्क ली'चे आहे. स्पेस

शटल 'डिस्कव्हरी'च्या एका मोहिमेत 'कार्ल मीड' याने हे छायाचित्र काढले. त्या वेळी स्पेस शटल पृथ्वीपासून २७५ कि.मी. उंचीवर परिक्रमा करत होते. अंतराळवीरांनी काढलेल्या छायाचित्रांचा आज संशोधनासाठी वापर केला जातो. पृथ्वीच्या गतीबद्दल आणखी माहिती करून घेऊ या - "धरतीची फिरती" या लेखात.

[छायाचित्र : ORBIT, Nasa Astronauts Photograph the Earth/ National Geographic यांच्या सौजन्याने.]

भूमिका

संदर्भ द्वैमासिकाचा पहिला अंक आपल्या हाती देताना आम्हाला आनंद वाटतो. संदर्भमधून विज्ञान व शिक्षण यावरील उत्कृष्ट लेख तुमच्यापर्यंत पोहोचविण्याचा आमचा प्रयत्न आहे. शिक्षकांसाठी, मुलांच्या विविध प्रश्नांना तोंड देणाऱ्या पालकांसाठी व स्वतःहून शिकू इच्छिणाऱ्या विद्यार्थ्यांसाठी **संदर्भ**तील हे लेख उपयोगी ठरतील असा विश्वास वाटतो. **संदर्भ**तील लेख विज्ञान व शिक्षण यांच्या विविध पैलूंवर तुम्हाला विचार करायला लावतील.

विज्ञान शिक्षणाच्या प्रक्रियेत आपल्याला आजुबाजूला घडणाऱ्या अनेक नैसर्गिक प्रक्रियांबद्दल एक नवी जाणीव निर्माण होते. आर्किमीडीसच्या जीवनात जसा युरेकाचा क्षण आला, तसे क्षण आपल्याही आयुष्यात विज्ञान शिकत असताना येतात व ते अविस्मरणीय ठरतात. या आनंदाची प्रचिती लहान व थोर अशा सर्वांनाच यावी हाही **संदर्भ**मागचा एक उद्देश आहे. मात्र यासाठी वर्गात व पाठ्यपुस्तकात बंदीस्त असलेल्या शिक्षणाची आपल्याला मुक्तता करावी लागेल, विज्ञानाला शाळेच्या चार भिंतीबाहेर विश्वाच्या अंगणात न्यावे लागेल. इथे आपल्याला अनेक प्रश्न पडतील- मुंग्या एकमेकांशी कशा बोलतात? प्राचीन काळातील लोकांनी गणित व भूमितीचा शोध कसा लावला? आकाश रात्री काळं का दिसतं? झाडांना, फुलांना जाणिव असतात का? सर्वात पूर्वेकडील देश कोणता? इत्यादी इत्यादी. प्रश्न पडणं, ते विचारणं, त्यांची उत्तरं शोधायला घडपडणं यातूनच खरं शिक्षण होऊ शकते. थोडक्यात सांगायचं तर, विज्ञानाकडे एक विषय म्हणून न पाहता एक प्रक्रिया किंवा विचार करण्याची एक पद्धत म्हणून आपण सर्वांनी बघावं.

संदर्भतून विज्ञान व शिक्षण याबद्दल लिहिण्यामागे आणखी एक महत्त्वाचा उद्देश आहे. गेल्या काही दशकात, अगदी एका पिढीच्या कालावधीत, आपल्या राहणीमानात अनेक बदल घडले आहेत. आज आपण उपग्रहाने प्रक्षेपित केलेले कार्यक्रम पाहतो, संशोधनातून बदललेली अन्नधान्य खातो, रोगराईपासून संरक्षण मिळविण्यासाठी विविध लशांचा उपयोग करतो, आज आपल्या वापरातील वीज काही प्रमाणात अणुविद्युत भट्टीत बनविली जाते. कोणे एकेकाळी या सर्व गोष्टींची सुरुवात विज्ञानातील कल्पना म्हणून झाली. आज मात्र विज्ञान आणि तंत्रज्ञान आपल्या राहणीमानात व जीवनशैलीत प्रचंड बदल घडवून आणत आहेत. अशा काळात विज्ञान व उत्तम शिक्षण अत्यावश्यक ठरते, कारण त्याचा आपल्या जीवनाशी महत्त्वाचा संबंध आहे.

संदर्भचा हा पहिला अंक आपल्याला आवडेल आणि आपल्या प्रतिक्रिया तुम्ही आम्हापर्यंत पोहोचवाल, अशी आम्हाला आशा आहे.

-संपादक

बटाटा - प्रयोगशाळेत ?.....५

स्वयंपाकघरात बटाट्यावर काय काय प्रयोग चालतात हे तर सगळ्यांनाच चांगलं माहित असतं. पण या शिवायही बटाट्याचे अनेक उपयोग आहेत. जीवशास्त्रज्ञांचं काम बटाट्याखेरीज अडू शकतं हे माहितेय तुम्हाला ?

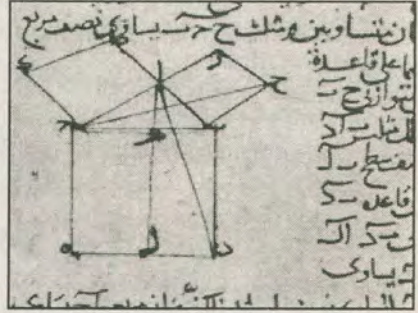


धरतीची फिरती..... ११

पृथ्वी जर गोल फिरते आहे तर का नाही जाणवत ते आम्हाला? चेंडू वर टाकला तर तो त्याच जागी परत का येतो? इत्यादी अनेक सोप्या प्रश्नांची उत्तरे सांगणे कठीण जाते. पृथ्वीच्या परिवलनाबद्दल व त्यामुळे निर्माण होणाऱ्या परिणामांबद्दल वाचूया .

पायथागोरसचा एक सिद्धांत.....२५

पायथागोरसच्या प्रमेयाचा आशय इजिप्शियन, चिनी व भारतीय यांना याआधी निश्चितपणे माहित होता. याची सिद्धता युक्लिडने तीन शतकांनंतर दिली. या प्रमेयाच्या इतर अनेक मनोरंजक सिद्धता लोकांना सापडल्या आहेत.



धर्मगुरू ग्रेगर मेंडेल.....४३

एका ख्रिश्चन धर्मगुरूने आपल्याच धर्मशिक्षणसंस्थेच्या आवारातील बागेत वाटाण्याच्या बिया पेरल्या. त्यानंतरच्या दहा वर्षांत त्याने वाटाण्याच्या फुलांवर प्रयोग केले. आनुवंशिकतेवर मूलभूत स्वरूपाचे संशोधन करणाऱ्या या धर्मगुरूचे नाव होते- ग्रेगर मेंडेल.

खोदून काढलं एक गाव.....३९

उत्खननामध्ये सुंदर मूर्ती, दागिने, नाणी बघायला मिळत असतील, अशी आपली कल्पना असते. प्रत्यक्षात मात्र संशोधन व उत्खनन कसं केलं जातं, त्याची ही कहाणी.



कथा कॅलेंडरची.....६९

आज जगभरात वापरलं जाणारं ग्रेगरियन कॅलेंडर कधीपासून वापरात आलं? बहुसंख्य उत्तरं २००० वर्षांपूर्वी चालू झालं, अशीच येतील. प्रत्यक्ष वापरात येण्यापूर्वी या कॅलेंडरमध्ये काय घडामोडी घडल्या त्या जाणून घेऊ या.

अनुक्रमणिका

- | | | | |
|-------------------------------|----|------------------------------------|----|
| ○ भूमिका..... | १ | ○ आनुवंशिकतेचे नियम | |
| ○ बटाटा प्रयोगशाळेत..... | ५ | शोधणारा धर्मगुरु - मेंडेल | ४३ |
| ○ धरतीची फिरती..... | ११ | ○ खोदून काढले एक गाव..... | ४९ |
| ○ जलपातळीचा मर्मभेद..... | १९ | ○ कथा कॅलेंडरची | ६९ |
| ○ पायथागोरसचा | | ○ छोट्या प्रयोगाकडून | |
| विलक्षण सिद्धांत..... | २५ | मोठ्या उपयोगांकडे | ६७ |
| ○ प्राणवायूची देवाणघेवाण..... | ३३ | ○ कुठे आहे माझ्या मित्राचं घर? ... | ७३ |
| ○ हवेतून हिरे ! | ४१ | ○ मोजमापे | ८० |
| ○ आपला हात जगन्नाथ..... | ४२ | | |

आवाहन

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

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

संदर्भ द्वैमासिकासाठी देणगी मूल्य किंवा आर्थिक मदत ड्राफ्ट किंवा मनीऑर्डर याद्वारे **पालकनीती परिवार**च्या नावाने 'संदर्भकरिता' असा स्पष्ट उल्लेख करून पाठवावे.

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

पालकनीती परिवार
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्वेरोड, पुणे ४११००४. फोन ३४९२३०.

बटाटा - प्रयोग शाळेत ?

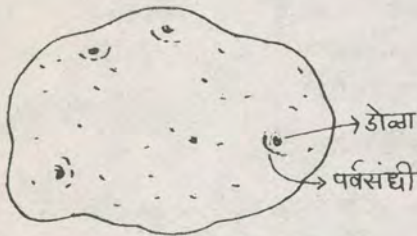
बटाटा स्वयंपाकघराऐवजी प्रयोगशाळेत ? पाहूया वनस्पतीशास्त्र काय सांगतेय बटाट्याबद्दल ! स्वयंपाकघरात बटाट्यावर काय काय प्रयोग चालतात हे तर सगळ्यांनाच चांगलं माहित असतं. पण या शिवायही बटाट्याचे अनेक उपयोग असतात. जीवशास्त्रज्ञांचं काम बटाट्याखेरीज अडू शकतं हे माहितेय ?

लेखक : किशोर पंवार

अनुवादक : प्रज्ञा पिसोळकर

रूपांतरित खोड

सर्वप्रथम पाहू की बटाटा म्हणजे आहे तरी काय? बटाटा जमिनीखाली वाढतो. पण ते मूळ नाही. ते एक रूपांतरित खोड आहे. वनस्पतीशास्त्रज्ञ यासाठी अनेक पुरावे देतात. उदाहरणार्थ बटाट्यावर आढळणारे डोळे. बटाट्याच्या पृष्ठभागावर छोट्या छोट्या खाचा दिसतात. त्यांना पर्वसंधी म्हणतात. खाचांमध्ये डोळे असतात. डोळे म्हणजे खोडांवर आढळणारे मुकूल होय. प्रत्येक मुकूलात तीन कळ्या असतात व दोन कळ्यांमधील अंतराला पर्व म्हणतात. पर्वसंधी, कळ्या व पर्व यांचे अस्तित्व बटाटा हे खोड आहे हे सिद्ध करते. ऊसाचे खोड

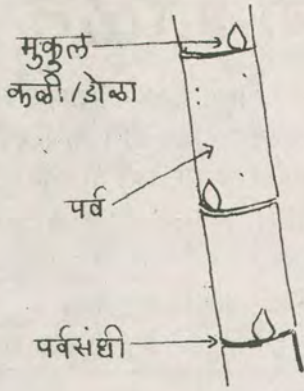


डोळ्यासमोर आणले तर हे अधिक स्पष्ट होईल.

ऊसामध्ये पर्वसंधी व पर्व स्पष्ट दिसतात. प्रत्येक पर्वसंधीवर एक एक डोळाही दिसतो. फरक फक्त इतकाच की ऊसाचे खोड जमिनीच्या वर वाढते तर बटाट्याचे खोड जमिनीच्या खाली वाढते. ऊसाचे खोड लांब, काठीप्रमाणे दिसते, तर बटाट्याचे खोड गोलाकार किंवा अंडाकृती दिसते. पण दोन्ही खोडांमध्ये रचनात्मक फरक काही नाही.

बटाट्याच्या डोळ्यापासून फूट येते. ती जमिनीच्या वर वाढते. त्या मुख्य खोडाला अनेक फांद्या फुटतात. त्या फांद्या मातीच्या थराखाली व जमिनीला समांतर वाढतात. काही काळानंतर या उपशाखांची पुढे होणारी वाढ खुंटते. मुख्य फुटीला जमिनीवर पाने फुटतात. सूर्यप्रकाशात हिरवी पाने प्रकाश संश्लेषणाने अन्न बनवितात व ते अन्न नंतर जमिनीखाली उपशाखांकडे पोहोचते करतात. उपशाखांच्या टोकांमध्ये अन्न साठविले जाते.

उपशाखांची टोके अन्नसंग्रहामुळे फुगीर बनतात. फुगीर भागांचेच नंतर नवे बटाटे



बनतात. जमिनीखाली असणाऱ्या खोडांना कंद म्हणतात.

बटाट्याचे झोपलेले डोळे

बटाट्याचे पीक घेणे मोठे मनोरंजक काम आहे. इतर भाज्या, फळे यांच्याप्रमाणे बटाट्याच्या बिया पेरत नाहीत. बटाट्याच्या प्रवर्धनात सर्वात महत्त्वाचे असतात ते बटाट्याचे डोळे. बटाट्याच्या डोळ्यांनाच बियांप्रमाणे वापरतात. 'डोळस' बटाटे जमिनीत पेरल्यावर झोपलेले डोळे जागे होतात. त्यातून मुख्य शाखा वाढते.

पण जेव्हा बटाटे प्रवर्धनासाठी न वापरता भाजी म्हणून वापरायचे असतात तेव्हा त्यांना शीतगृहात ठेवतात. शीतगृहात बटाट्यावरील डोळे दीर्घकाळ सुप्तावस्थेत राहतात. बटाट्याच्या डोळ्यांना गाढ झोप यावी म्हणून कधी कधी फॅनॉर्फॅथलिक अॅसेटिक आम्लाचे द्रावणही बटाट्यांवर शिंपडतात. त्यामुळे डोळ्यांपासून फुटवे येत नाहीत. बटाट्याच्या कंदाचे भाजी म्हणून व्यापारी महत्त्व टिकून राहते.

जेव्हा बटाट्याचा वापर प्रवर्धनासाठी करायचा असतो तेव्हा बटाटे शीतगृहातून बाहेर काढतात. बटाट्याच्या डोळ्यांवरील झोप उडविण्यासाठी शीतगृहातील बटाट्यांना इथिलीन क्लोरोहायड्रोजनच्या बाष्पात २४ तास ठेवतात. किंवा त्यांच्यावर २ टक्के अमोनियम थायासायनिक आम्ल किंवा जिबरेलिन फवारतात. त्यामुळे बटाट्यावरील डोळे खडबडून जागे होतात. अंकुरित होतात.

प्रयोगशाळेत बटाटा

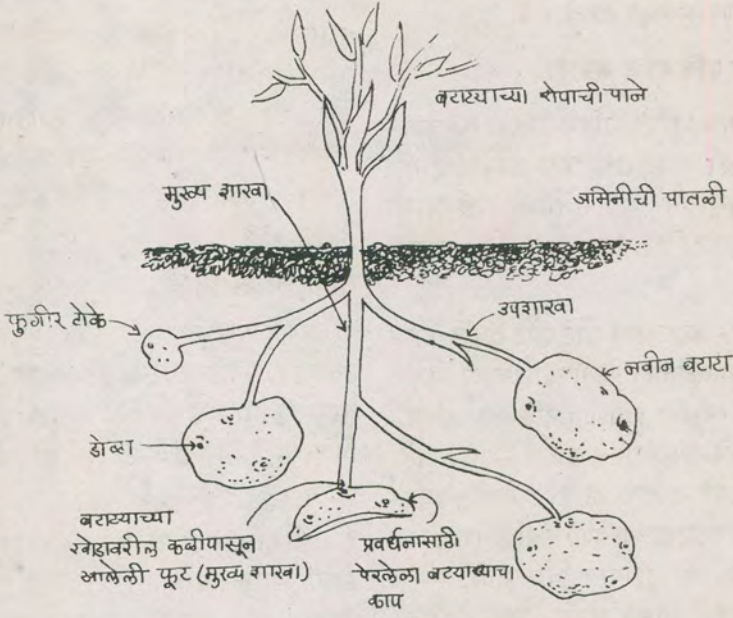
जीवशास्त्राच्या अभ्यासात बटाट्याचे योगदान महत्त्वपूर्ण आहे. पेशीची रचना बघायची बाब असो किंवा पेशी विभाजनाचा अभ्यास असो. बटाटा हा मदतीला हवाच. वनस्पतीविज्ञानाची मूळ शाखा मॉर्फॉलॉजी (आकारविज्ञान) पासून ते अत्याधुनिक जीवतंत्रज्ञानापर्यंत बटाट्याचा वापर होतो.

बटाट्याच्या पेशींमधील स्टार्च

सजीव पेशींमध्ये अन्नकण कसे साठविले जातात हे बघायचं असेल तर बटाट्याची आठवण येणारच. बटाट्याच्या पातळ चकत्या करून जर त्या आयोडिनच्या द्रावणात ठेवल्या तर पेशीत साठविलेले स्टार्चचे अन्नकण काळसर निळ्या रंगाचे होतात. सूक्ष्मदर्शीखाली हे काप पाहिले तर पेशींची रचना तर दिसतेच पण स्टार्चचे निळसर काळे कणही अतिशय सुरेख दिसतात. शाळेतील सूक्ष्मदर्शकाखाली हा प्रयोग तुम्ही जरूर करून बघू शकाल.

अति पातळ छेद

जीवशास्त्रात खोडं व पानं इत्यादींची रचना शिकण्यासाठी त्यांचे अतिशय पातळ,



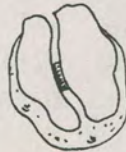
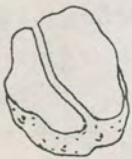
बटाट्याचे अलैंगिक शाकीय प्रवर्धन

एकसारख्या जाडीचे छेद घेणं गरजेचं असतं. असे उभे व आडवे छेद घेणं ही एक कलाच आहे. विशेषतः मऊ खोडांचे पातळ छेद घेणं अतिशय अवघड जातं. अशा वेळी बटाट्याचा 'पिथ' (भेंड) म्हणून वापर करतात.

यासाठी बटाट्याचे छोटे ठोकळे कापून घेतात. यालाच पिथ म्हणतात. ठोकळ्यावर

एक अरुंद पण खोल चीर पाडतात. ज्या मऊ वनस्पतीजन्य भागाचा छेद घ्यायचा आहे तो भाग या चिरेत बसवितात. मग त्या पिथचेच वनस्पतीजन्य भागासह पातळ छेद घेतात. बटाट्याबरोबरच तो भागही कापला जातो. बटाटा त्या भागास आधार देतो. अशा रितीने स्वतःचे बलिदान देऊन बटाटा दुसऱ्या वनस्पतीजन्य भागाची अंतररचना

मऊ खोडांचे पातळ छेद घेण्यासाठी बटाट्याचा पिथ म्हणून वापर करतात. छेद घेणारं पातं वापरून बाणाच्या दिशेने बटाट्यासह मऊ देठाचा छेद खालील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे घेतला जातो.



दाखविण्यास मदत करतो.

जैविक प्रक्रिया व बटाटा

सजीवांमधील विविध प्रक्रिया समजावून घेण्यासही बटाट्याचा फार उपयोग होतो. जीवनरसायन व सूक्ष्मजीवशास्त्राची प्रयोगशाळा तर बटाट्याचाचून अपूर्णच राहिल.

श्वसन - बटाट्याचे छोटे छोटे तुकडे करून ते परीक्षानळीतील फिनॉफ्थॅलिनच्या फिकट गुलाबी रंगाच्या द्रावणात टाकतात. थोड्या वेळाने फिनॉफ्थॅलिनचे द्रावण रंगहीन होते. काय झाले माहिती आहे? श्वासोच्छ्वास करताना बटाट्याच्या पेशी कर्बद्विप्राणिल वायू सोडतात. तो पाण्यात विरघळतो. त्याचे कार्बनिक आम्ल बनते. आम्लाबरोबर प्रक्रिया झाल्याने रंगीत फिनॉफ्थॅलिन रंगहीन होते.

असाच प्रयोग मेथिलीन ब्ल्यू वापरूनही करता येतो. बटाटा श्वासोच्छ्वासाच्या प्रक्रियेत प्राणवायू वापरतो. त्यामुळे हळूहळू परीक्षानळीतील द्रावणामधील प्राणवायूचे प्रमाण कमी कमी होते. जोपर्यंत द्रावणात प्राणवायू विरघळलेल्या स्वरूपात असतो तोपर्यंत मेथिलीन ब्ल्यूचे द्रावण निळे असते. प्राणवायूचा अभाव असेल तर ते रंगहीन बनते.

एका परीक्षानळीत मेथिलिन ब्ल्यूचे निळे द्रावण काठोकाठ भरा. परीक्षानळीत मग बटाट्याचे तुकडे टाका व मग परीक्षानळीला बूच लावून ती हवाबंद करतात. यामुळे परीक्षानळीतील द्रावण हवेतील ऑक्सिजनच्या संपर्कात येऊ शकत नाही. काही वेळाने हेही द्रावण रंगहीन होते.

परासरण - वनस्पतीमधील पाण्याचे परासरण समजण्यासाठी व ते दर्शविण्यासाठी बटाट्यापासून 'ऑस्मोस्कोप' बनवितात. हा सोपा प्रयोग बारावीपासून ते पदवीपर्यंतच्या वर्गांमध्ये आपल्याला सहज करून दाखविता येईल.

विकरांचे अस्तित्व

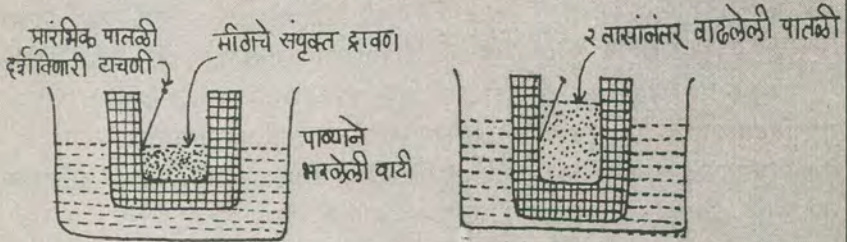
सजीवांमध्ये वेगवेगळे विकर (एन्झाईम्स) असतात. उदाहरणार्थ आपल्या पचनक्रियेत वापरली जाणारी विकरे. बटाट्यामधील विकरांची उपस्थिती अनेक छोटे छोटे मजेशीर प्रयोग करून तपासता येते.

१ . डी हायड्रोजीनेज विकर - बटाट्याच्या डोळे असलेल्या भागाचे पातळ तुकडे करतात. ते १ टक्का टीटीसीच्या (ट्रायक्लोरो टेट्रा झोलियम क्लोराईड) द्रावणात ठेवतात. थोड्या वेळाने तुकडे लालसर गुलाबी होतात. हा रंग श्वसनक्रियेत भाग घेणाऱ्या डी हायड्रोजीनेज विकराचे अस्तित्व दर्शवितो. बटाट्याचे पीक लावण्यापूर्वी नेहमी हा प्रयोग करतात. डोळ्यांमध्ये या विकराचे अस्तित्व दिसले तर सिद्ध होते की डोळे श्वासोच्छ्वास करत आहेत. म्हणजेच ते जिवंत आहेत. जिवंत डोळेच बटाट्याच्या नव्या रोपांना जन्म देऊ शकतात.

२ . कॅटॅलेज विकर - एका परीक्षानळीत हायड्रोजन पेरॉक्साईडचे द्रावण घेतात. त्यात बटाट्याचे छोटे तुकडे करून टाकतात. प्रथम तुकडे नळीच्या बुडाशी जातात. तुकड्यांमधील कॅटॅलेज विकरामुळे हायड्रोजन पेरॉक्साईडचे रुपांतर ऑक्सिजन व पाणी यात होते. तुकड्यांच्या पृष्ठभागावर ऑक्सिजनचे बुडबुडे तयार होतात व बुडबुडे बटाट्याच्या

बटाट्यापासून ऑस्मोस्कोप

एक मोठा बटाटा घ्या. त्याला घनाकृती आकारात कापा. या ठोकळ्याच्या कोणत्याही एका पृष्ठभागावर एक खड्डा कोरा. खड्डा खोल असला तरी आरपार मात्र नसावा. बटाट्याचा हा ठोकळा पाण्याने भरलेल्या वाटीत किंवा खोल बशीत ठेवा. ठोकळ्यातील खड्ड्यात मिठाचे अतिसंपृक्त द्रावण भरा. खड्ड्यातील द्रावणाची प्रारंभिक पातळी लक्षात यावी म्हणून या पातळीवर एक टाचणी टोचून ठेवा. २-३ तासांनी निरीक्षण केलं तर काय दिसतं? मिठाच्या द्रावणाची पातळी वाढलेली दिसते. पातळीत पडलेल्या फरकाची कारणे म्हणजे सजीव पेशींमध्ये असलेली अर्धपर्यायता व वनस्पतीपेशींमध्ये होणारे पाण्याचे परासरण. खड्ड्यातील द्रावाची घनता बाहेरच्या पाण्याच्या घनतेपेक्षा जास्त असते. त्यामुळे कमी घनतेच्या द्रावाकडून जास्त घनतेच्या द्रावाकडे पाण्याचा प्रवास (परासरण) होतो. बटाट्याच्या पेशी पाण्याच्या या एकदिश प्रवासास परवानगी देतात. त्यामुळे ठोकळ्याच्या बाहेर असलेले पाणी आत येते व खड्ड्यातील द्रावाची पातळी उंचावते. पण बटाट्याच्या पेशी खड्ड्यातील मिठाच्या रेणूंना मात्र बाहेरील पाण्यात जाऊ देत नाहीत.



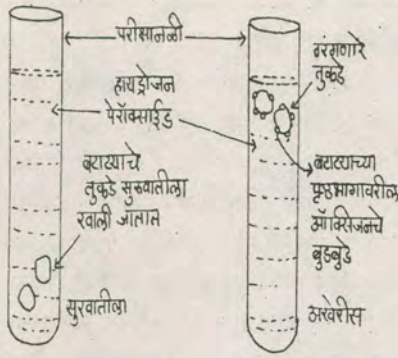
तुकड्यांना द्रावणाच्या पृष्ठभागावर रेटतात. म्हणून थोड्या वेळाने तुकडे पृष्ठभागावर तरंगताना दिसतात.

बटाट्यापासून संवर्धन माध्यम

प्रत्येक सजीवाला जिवंत राहण्यासाठी अन्नाची गरज असते तशीच सूक्ष्मजीवांनाही असते प्रयोगशाळेत सूक्ष्मजीव व एखाद्या पोषक माध्यमावर वाढवितात. त्यासाठी असे आदर्श संवर्धन माध्यम आवश्यक असते जे सूक्ष्म जीवांना अन्न तर पुरवतेच शिवाय सूक्ष्म जीवांच्या वसाहतींना आधार देण्याचे कामही करते.

संवर्धन माध्यमात वेगवेगळी पोषके (हायड्रोजन, नायट्रोजन, ऑक्सिजन, सल्फर, फॉस्फरस, कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, निकेल, कोबाल्ट, बेरियम इत्यादी) आवश्यक असतात. वेगवेगळे सूक्ष्म जीव वेगवेगळी पोषके वापरतात. उदाहरणार्थ प्रकाशसंश्लेषण करणारे सूक्ष्म जीव ठराविक पोषके शोषतात. तर यौगिकांपासून काही सूक्ष्म जीव पोषण मिळवितात.

पीडीए हे (पोटॅटो डेक्स्ट्रोस अगार) हे बटाट्यापासून बनविलेले एक अत्यंत साधे संवर्धन माध्यम आहे. त्याच्यात बटाटे,



माध्यमावर सूक्ष्म जीवांच्या वसाहती वाढताना, फळतांना पाहणं हा रोमांचक अनुभव आहे.

बटाटाचा आणखी एक महत्त्वाचा उपयोग आहे. बटाटाच्या सालापासून आज डॉक्टर अत्यंत उपयोगी बॅण्डेज बनवितात. भाजलेल्या त्वचेची मलमपट्टी करताना बटाटाच्या सालीचा खूप उपयोग होतो. बटाटाची त्वचा प्राणवायू शरीरापर्यंत पोहोचवू शकते आणि त्याच वेळी पाणी मात्र शोषून घेऊ शकते. तुम्हीही खाली दिलेला छोटा प्रयोग करून बघू शकाल. बटाटाच्या त्वचेचा एक छोटा चौकोनी तुकडा बटाटापासून वेगळा करा. काही दिवसांनी तुमच्या लक्षात येईल की, त्वचा नसलेल्या ठिकाणी नवीन त्वचा तयार होते. जरी बटाटा त्याच्या झाडापासून तोडलेला असला तरी त्वचा तयार होण्याची प्रक्रिया बटाट्यामध्ये चालूच असते. ❖

डेक्सट्रोज शर्करा व अगार अगार वापरतात. साधारणतः २०० ग्रॅम सालीसह बटाटे, १० ग्रॅम डेक्सट्रोज व १५ ग्रॅम अगार अगार यापासून १ लिटर पीडीए बनवितात.

समुद्राच्या पाण्यात ग्रेसिलेरिया, गेलिडियम नावाची शैवाले वाढतात. त्यांच्या पेशीभित्तीकेपासून अगार अगार ही भुकटी बनवितात. चीनजवळच्या समुद्रात ही शैवाले मोठ्या प्रमाणावर आढळतात. म्हणून त्यांना 'चायना ग्रास' असेही म्हणतात. एरवी आइस्क्रिम बनविताना लागणाऱ्या फ्रिझिंग मिक्समध्ये चायना ग्रास वापरलेले असते. ते बाजारात सहज उपलब्ध असते.

सूक्ष्मजीवशास्त्र व बटाटा

सूक्ष्मजीवशास्त्राच्या प्रारंभिक अभ्यासात बटाटाचा उपयोग होतो. यात सूक्ष्मजीव किंवा पेशी कृत्रिमरीत्या प्रयोगशाळेत वाढवितात.

त्यांना वाढविण्यासाठी पोषक माध्यम लागते. पीडीए हे असेच एक पोषक माध्यम आहे. बटाटा वापरलेल्या या संवर्धन

लेखक : **किशोर पंवार**

संधवा, खरगोन येथे पदव्युत्तर महाविद्यालयात वनस्पती शास्त्राचे अध्यापन करतात

अनुवादक : **प्रज्ञा पिसोळकर**

चिंचवड येथे आधुनिक व्यायामशाळा चालवितात. वैज्ञानिक व इतर साहित्यांचे भाषांतर करण्याची आवड.



धरतीची फिरती



सूर्यमालेतील सर्वच ग्रह सूर्याभोवती फिरतात तशीच पृथ्वीही सूर्याभोवती व स्वतःभोवती फिरते. पण पृथ्वी फिरते आहे याची आपल्याला का बरं जाणीव होत नाही? प्रवास करताना एरवी आपल्याला गतीचा अनुभव येतो, मग पृथ्वीचे फिरणे आपल्याला का जाणवत नाही? पृथ्वी स्वतःभोवती फिरते आहे याची जाणीव माणसाला कशी बरं झाली?

लेखक : अनिता रामपाल

अनुवादक : नागेश मोने, जुई दधीच

पृथ्वी फिरते आहे. आपल्या कललेल्या अक्षाभोवती पृथ्वी फिरते आहे. वर्षानुवर्षे ती फिरते आहे. स्वतःभोवती फिरत फिरत ती सूर्याभोवती देखील फिरते आहेच. त्यामुळे पृथ्वीचे हे फिरणे सनातन तर आहेच पण नित्यनूतनही आहे. एका सेकंदात जवळजवळ एक लाख फूट इतके अंतर. म्हणजे ३१ कि. मी. अंतर एका सेकंदात. वाई ते सातारा इतके अंतर एका सेकंदात !

समजा एका गावाहून आपण निघालो आहोत. कल्पना करा प्रवासाला अर्धा तास लागतो आहे. जाताना गाव लागते वाटेत एखादे, एखाद्या छोट्या मोठ्या धरणाचा डावा उजवा कालवाही भेटतो आपल्याला, एखादे टेकाड वा छोट्यासा घाटही लागतो आणि पाहता पाहता पोहोचतो आपण गावाला. पण इथे मात्र केवढ्या प्रचंड वेगाची आपण नोष्ट

करतो आहे. एका सेकंदात ३१ कि. मी. तुम्ही म्हणाल अरे वा ! इतक्या जोरात पळते आहे पृथ्वी अन् जाणवतही नाही आपल्याला अन् मग मानायचे कसे हे खरे म्हणून ! दिसत का नाही पृथ्वी आपल्याला फिरताना? पृथ्वीचा प्रचंड वेग न जाणवायला काय काय कारणे आहेत?

हजारो वर्षांपूर्वीपासून हा प्रश्न चालत आला आहे. या प्रश्नातून इतर अनेक प्रश्न निर्माण झाले, त्यातून वाद झाले, संवाद झडले. भल्याभल्यांची डोकी चक्रावली.

या प्रश्नांचा आपण विचार करण्यापूर्वी माझ्या एका अनुभवापासून सुरुवात करू या. एकदा रेल्वेने प्रवास करत होतो. मला अचानक एक प्रश्न पडला. एका पॅसेंजरला मी विचारले, 'काय हो, गाडी चालली आहे का थांबली आहे?' त्रासिक चेहरा करून त्याने

माझ्याकडे पाहिले. 'काय मूर्ख आहे लेकाचा' असा भाव पुरेपूर चेहऱ्यावर आणून अत्यंत अपेक्षित अशा शब्दातच प्रतिसाद त्याने मला दिला. तो म्हणाला, 'दिसत नाही का तुम्हाला गाडी चालली आहे म्हणून?' पण तरीही धीर न सोडता मी विचारलेच पुन्हा त्याला, 'कसे जाणवते तुम्हाला की गाडी चालली आहे म्हणून?' तो समजावून सांगण्याच्या सुरात म्हणाला 'झाडे मागे पडताहेत. डोंगरही मागे जाताना जाणवताहेत, एक ओढ्यावरचा पूल पार केला आपण अन् तो बघा म्हशी चारणारा माणूस कसा झर्कणू मागे गेल्याचे जाणवते आहे. हे पाहण्याचे सोडून काय प्रश्न करित बसला आहेत?'

मीही काही कच्च्या गुरूचा चेला नव्हतो. म्हटले, 'अहो, हे ठीक आहे सारे पण समजा ही नदी, झाडे डोंगर अन् जमीन काहीच दिसत नसते आपल्याला अथवा विसरून जा आहेत म्हणून तर मग डब्यात बसून कसे जाणवेल गाडी चालली आहे म्हणून?'

हा माझा अनुभव काही जगावेगळा नाही. तुम्हीही हा अनुभवलेला असणार. तर काय वाटते तुम्हाला? खिडकी दारातून बाहेरचं जग न बघताना कळेल का आपल्याला की गाडी चालली आहे? आणखी एक नेहमीचाच अनुभव बघूया.

हातात चेंडू घेऊन वर फेकण्यात वा जमिनीवर टप्पे टप्पे खेळण्यात मजा काय असते ते मी सांगायला नको तुम्हाला, चेंडू वर फेकला तर तो पुन्हा आपल्याच हातात येतो अगदी सहज. त्याला आदेशच दिलेला असतो तसा जणू काही. पण चेंडू वर टाकल्यावर आपण थोडे पुढे वा थोडे मागे

झालो तर? येईल का तो आपल्या हातात. नाही येणार. अन् चेंडूही पहिल्याच ठिकाणी पडणार. पण असे का होते?

आणखी एक परिस्थिती लक्षात घेऊयात. गाडी निवांतपणे उभी आहे स्टेशनवर. डब्यातल्या माणसाने चेंडू वर टाकला तर पुन्हा हातात आला त्याच्या. त्याने अनेकदा हे करून पाहिले. खात्री करून घेतली.

आता मात्र गाडीने गती घेतली आहे. या धावत्या रेल्वेत जर आपण चेंडू वर टाकला तर तो परत आपल्याच हातात येतो. आपला तर्क आता चालायला हवा. गाडी गतीशील असल्याने त्यातल्या वस्तूही त्याच गतीने जात असतात. त्यामुळे आपण जरी चेंडू वर टाकला तरी चेंडूला आधीची गती पुढे नेत राहते. म्हणून चेंडू आपल्या हातात येतो. पण चेंडू खाली यायच्या काळातही गाडी पुढे गेलेली असतेच की म्हणजे आता प्रश्न असा झाला आहे की जमिनीवर चेंडूवर टाकल्यावर आपण पुढे अथवा मागे सरकल्यास चेंडू आपल्या हातात येत नाही. पण गाडीच्या चालत्या डब्यात मात्र चेंडू वर टाकल्यावर डबा पुढे सरकत असूनसुद्धा चेंडू आपल्या हातातच येतो आहे.

आपण जेव्हा चालत्या रेल्वेत असतो तेव्हा डब्यातील प्रत्येक गोष्ट, आपले सामान, पाण्याची बाटली आणि आपण स्वतः रेल्वेच्या गतीने पुढे पुढे जात असतो. या वस्तूंना वेग प्राप्त झालेला असतोच. तरी आपल्याला त्या स्थिर दिसतात. कारण त्या सर्वांमधील सापेक्ष गती शून्य आहे. मगाचच्या प्रश्नाकडे परत पाहूया. गाडीबरोबर चेंडूही पुढेच जात असल्याने चेंडू आणि गाडी यांचा

आपापसातील वेगही सापेक्षरीत्या शून्यच राहतो. त्यामुळे चेंडू त्याच ठिकाणी पडतो. जणू काही चालत्या गाडीचा तिच्या वेगाचा ह्या चेंडूवर काही परिणाम झालेला नाही. असे जर घडत नसते तर मोठी मौज आली असती. बाटलीतले पाणी ओतताना पेल्यात न पडता कुठे भलतीकडेच पडले असते !

आपला मगाचाच मुद्दा पुन्हा उपस्थित करूयात. बाहेरची झाडे, डोंगर या सान्यांना विसरून गतीची जाणीव आपल्याला होईल काय? समजा खिडक्या बंद केल्या अन् गाडी हलल्यामुळे मिळणारे धक्के थोड्यावेळासाठी विसरलो आपण, तर कसे सांगणार 'डबा धावतोय' म्हणून?

अशक्यप्रायच गोष्ट आहे नाही ! डबा गतीमान आहे सांगण्यासाठी बाहेर पहावेच लागेल आपल्याला. कुरणे मागे जात आहेत, झाडे मागे पळत आहेत अन् पर्वतांना अन् टेकड्यांना आपण ओलांडत आहोत हे पहावेच लागणार !

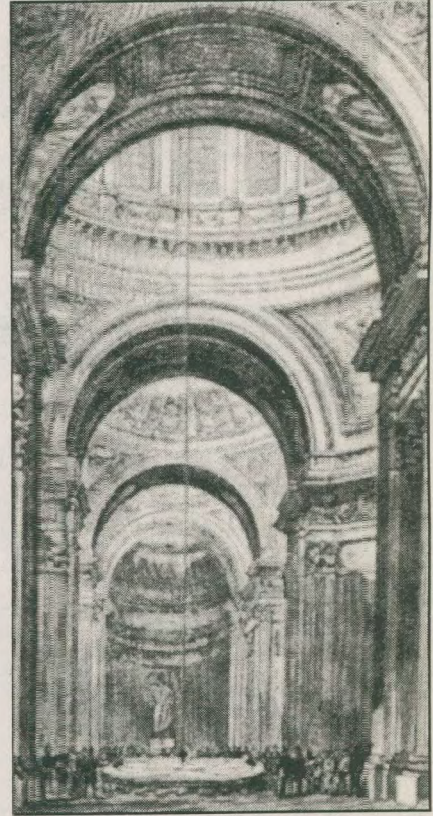
संपूर्ण पृथ्वी म्हणजे जणू डबा

आता कल्पना करा की सारी पृथ्वी डबा आहे. सेकंदाला ३१ कि. मी. धावणाऱ्या या डब्याबरोबर चेंडू, आपण स्वतः, घर आणि झाडंही धावत आहेत. हवाही त्याच गतीने धावते आहे. मग कळणार कसे आपल्याला पृथ्वी फिरते आहे म्हणून?

म्हणजे डब्यासारखेच इथेही बाहेर पहावे लागणार आहे. बाहेर पाहिल्याशिवाय या प्रश्नाचे उत्तर देणे अवघडच आहे. म्हणजे अंतरिक्षात काही मागे पडते आहे असे दिसले तर आपण पुढे जात आहोत, पृथ्वी फिरते आहे असे म्हणणार आपण. म्हणजे अंतरिक्षातल्या

वस्तूंच्या संदर्भातच आपल्या गतीची खात्री पटणार आपल्याला. मग आता पृथ्वीच्या बाहेर आकाशात पाहणे आले तर. टाकूया नजर आकाशाकडे, काय दिसते आपल्याला? दिव्यमा सूर्य दिसेल पूर्वेकडे अथवा पश्चिमेकडे अन् रात्रभर आकाशातले तारे दिसतील आपल्याला. हे फिरणारे तारे पाहून

लिऑन फोकल्ट याने बनविलेला हा लंबक पॅरिस येथे बघायला मिळतो. पृथ्वी जशी फिरते तसा हा लंबक आंदोलनाची दिशा बदलतो. फोकल्टच्या या प्रयोगामुळे पृथ्वीचे परिवन सिद्ध झाले. पुढील पानावरील चौकट बघा.



आणखी एक समस्या उत्पन्न होणारच आहे. आपली पृथ्वी फिरते आहे का हे चंद्र सूर्य तारे फिरताहेत म्हणून मानावयाचे, यासाठी तुमच्या परिचयाचे एक उदाहरण देतो. तुम्ही रेल्वेत बसला आहात. तुमच्या रेल्वेच्या शेजारी आणखी एक रेल्वे उभी आहे अन अचानक कोणतीही एक रेल्वे हळू हळू धावू लागते अन आपल्याला भ्रम होतो क्षणभर, आपली रेल्वे स्थिर असली तरीही ती सुरु झाली आहे, धावू लागली आहे असे वाटते. मग प्लॅटफॉर्म, झाडे अशा स्थिर वस्तूंकडे बघून आपण निर्णय घेतो अन समस्या सोडवून टाकतो. पण पृथ्वी अन आकाश यांची गतीची समस्या सोडविणे सोपे थोडेच आहे?

आकाशाकडे बघून फिरणाऱ्या सूर्य चंद्र ताऱ्यांमुळे पृथ्वी स्थिर अन तिच्याभोवती हा 'फेर' सुरू आहे असे मानणे स्वाभाविकच होते.

अधिक निरीक्षण, अधिक जाणीवपूर्वक नोंदी अन अधिक काटेकोर विचारांनी स्थिर पृथ्वीचा सिध्दांत खोटा ठरायला सुरुवात झाली. रोज रात्री एकाच वेळेला ताऱ्याची स्थिती बदललेली आढळली अन सूर्याचा मार्गही वर्षभर आकाशात एकसारखा नाही, हे लक्षात आले माणसाच्या. पृथ्वीच्या सभोवतालच्या ताऱ्यांची गती दाखविण्यासाठी प्रतिकृती बनविण्यात आली. मिळालेल्या माहितीच्या आधारे वृत्ताकार, दीर्घवृत्ताकार रचनांच्या सहाय्याने आपला प्रश्न सोडविण्याची खूपच खटपट करण्यात आली पण काटेकोर निरीक्षणे अन सूक्ष्मतम मोजमापे यांच्यामुळे प्रतिकृती गुंतागुंतीची होऊ लागली. इथे मात्र एक आश्चर्य वाटावे, अशी कल्पना पुढे आली

समजा तुम्ही वेगाने जाताहात अन सायकलवरून जाताजाता तुम्ही एखादी गोष्ट एखाद्या विशिष्ट ठिकाणी पडावी म्हणून फेकलीत तर दुसरीकडेच जाऊन पडते. खूपदा मी प्रयोग करून पाहिला पण माझा नेम अनेकदा चुकलाय. सायकलवरून जाताना हातातले केळीचे साल उकिरड्यावर पडावे म्हणून मी प्रयत्न केला पण ती साल खूपच पुढे जाऊन पडली. घाटातल्या देवाला गाडीतून पैसे टाकणाऱ्यांच्या बाबतीतही हाच अनुभव येतो, अन पुलावरून पैसे नदीत पडावेत म्हणून वाहनाचा वेग फारच कमी केला तरच योग्य तिथे पैसे पडतात. हे इतकं सगळं सांगायच कारण असं की या गडबडीचं नेमकं वैज्ञानिक कारण काय आहे? शोधायला हवं.

माझ्या सायकलच्या गतीमुळे केळ्याच्या सालीलाही तीच गती आली आहे. समजा ताशी १२ कि.मी. पण कचराकुंडी मात्र स्थिर आहे ना. म्हणजे सापेक्ष गतीचा विचार मी केलाच नाही. म्हणजे साल कचराकुंडीतच टाकायची असल्यास ती गतीचा अंदाज घेऊन अगोदरच टाकायला हवी. देवीला पैसे टाकायचे असतील तर पुलावर वेग कमी केल्यावरच टाकणे कसे सोयीचे ठरते ते तुमच्या आता लक्षात येईल. सायकलवरून येऊन बादलीत चेंडू टाकण्याचा खेळ खेळायला सांगा मुलांना. खूप मजा येते. सापेक्ष गतीचा अंदाज ज्याला नीट आला त्यालाच यश मिळणार. अनुभव घेऊनच मुलं ठरवितात की किती अगोदर चेंडू टाकायला हवा अन गतीचे समायोजन केल्याने हे सहज घडते असं लक्षात येतं. पूरग्रस्त खेड्यात अन्नाची पाकिटे टाकताना पायलटला असाच

अंदाज करावा लागतो अन् लगेच निर्णय घ्यावा लागतो. वस्तू किती उंचीवरून किती सेकंदात खाली पडेल अन् त्यावेळेत विमान किती पुढे जाणार आहे. याचे गणित आहे. तेवढ्याच अंतरावरून अगोदर पाकिटे टाकावी लागतात. म्हणजे मग 'क्षुधाशांतीचे' पुण्य पाकिटे टाकणाऱ्याच्या पदरी जमा होणार.

फारच हवेतल्या गप्पा झाल्या आपल्या. आता पाय जरा पृथ्वीवर टेकवूयात. पृथ्वीच्या फिरण्याने हवेवर होणाऱ्या परिणामाचा विचार फारच महत्त्वाचा आहे. जर एका तासाला १ लाख कि. मी. या वेगाने पृथ्वी फिरते आहे

तर हवेचे घोंघावणारे वादळ आम्हाला का जाणवत नाही? असे सू-सू करणारे वादळ पृथ्वीवासियांना सहजच उचलून का नेत नाही? हात हवेमध्ये हलविल्यावर जाणवते आम्हाला हलणारी हवा तर इतक्या महाप्रचंड वेगाने फिरणारी हवा वादळवाऱ्यांचे थैमान का नाही घालत? बघा विचार करून काय घडत असावे?

अशी प्रश्नांची वादळे मात्र इतिहासात अनेकदा निर्माण झाली आहेत. दीड हजार वर्षांपूर्वी आर्यभट्टाने सांगितले होते की आपली पृथ्वी फिरते आहे तेव्हा अनेक खगोलवीरांना हे मान्य झाले नव्हते. कारणही

लिऑन फोकल्ट (१८१९ ते १८६८) हा त्याच्या काळातील प्रसिद्ध संशोधक होता. त्याने प्रकाश किरणांचे गुणधर्म विद्युत चुंबकीय परिणाम व छायाचित्र याबद्दल अनेक शोध लावले. परंतु तो त्याच्या एका प्रयोगासाठी मात्र सर्वात अधिक नावाजला गेला. १८५० साली त्याने पहिल्यांदा प्रयोगाद्वारे पृथ्वी फिरते आहे हे सिद्ध केले. या प्रयोगासाठी त्याने एक लांबलचक दोरी असलेला लंबक तयार केला. या लंबकाची आंदोलने पृथ्वी जशी फिरते तशी दिशा



बदलतात हे त्याच्या लक्षात आले. उत्तर गोलार्धात लंबकाची दिशा घड्याळाच्या काट्याप्रमाणे फिरते. ती दक्षिण गोलार्धात घड्याळाच्या काट्याच्या विरुद्ध दिशेने फिरते. विषुवृत्तावर मात्र लंबकाची दिशा बदलत नाही. या सोप्या प्रयोगावरून पृथ्वीचे गोल फिरणे सिद्ध होते. या प्रसिद्ध प्रयोगापासून या लंबकाला फोकल्टचा लंबक असे म्हटले जाते. युऑन फोकल्टचा मृत्यू ११ फेब्रुवारी १८६८ साली पॅरिस येथे झाला.

साफ होते न मानणान्यांचे. सूर्यच पृथ्वीभोवती फिरताना दिसतो आहे तर काय? आजही तोच फिरताना दिसतो आहे की! आम्हाला जाणवतच नाही की पृथ्वी फिरते म्हणून तर का म्हणून मानायचे आम्ही. पण अधिक पाने चाळली पुस्तकांची तर ही माणसं कशी विचार करत होती अन् कसे प्रश्न उत्पन्न करीत होती त्याची माहिती आपल्याला मिळते.

पाचव्या शतकात आर्यभटांनी आपल्या आर्यभटीय या ग्रंथात लिहिले आहे की, नक्षत्रे स्थिर असून पृथ्वी फिरते आहे. ४३,२०,००० वर्षांत पृथ्वी १,५८,२२,३७,५०० वेळा पृथ्वी फिरते.

अनुलोम गतिर्नोऽस्थ : पश्चत्यचलं विलोमत्रं यद्वत्!

अचलानि भाति तद्वत् समपश्चिमगानि लंकायाम् !!

(आर्यभटीय, अध्याय ४, श्लोक ९)

ज्याप्रमाणे नावेत बसणाऱ्या व्यक्तीला किनाऱ्यावरच्या स्थिर वस्तू, झाडे वगैरे उलट दिशेने जाताना दिसतात त्याप्रमाणे पृथ्वीवरून पाहताना तारे पश्चिम दिशेला जाताना दिसतात. अनेक पंडितांनी आर्यभटाच्या या विधानाला विरोध केला व अनेकांनी याचा अर्थही निराळाच लावला. अत्यंत प्रसिद्ध अश्या ब्राह्मिहिरांनी सहाव्या शतकात तर 'पंचसिद्धांतिका' या आपल्या ग्रंथात पृथ्वी स्थिर आहे असेच म्हटले आहे. त्याचेच विधान पाहूयात, 'काहीजणांच्या मते पृथ्वी गोल फिरते जणू काही ती कुंभाराच्या चाकावरच स्थित झाली आहे. नक्षत्रे स्थिर आहेत, असेही त्यांचे म्हणणे आहे, असेच जर असेल तर सायंकाळी पक्षी आपल्याच

घरट्यात परततात कसे? शिवाय पृथ्वी हळूच भ्रमण करत असेल तर एका दिवसात एक फेरी पूर्ण कशी काय करू शकते?'

अहो ब्राह्मिहिरच काय, ब्रह्मगुप्तांसारखा सखोल अभ्यासकही आर्यभटाशी असहमत होता. आपल्या 'ब्राह्मस्फुटसिद्धांत' या ग्रंथात ते म्हणतात, 'पृथ्वी फिरू शकत नाही!' त्यांचा तर्क अन् प्रश्न कसे होते पहा जरा. आज मजा वाटते आपल्याला. जर पृथ्वी फिरत असेल तर आपण आपल्या घरी परतणार कसे? घरातून बाहेर पडल्यावर त्याचे घर पूर्व दिशेला भरपूर सरकले जाणार की अन् सापडणार कसे त्याला त्याचे घर पुन्हा. आणि जर पृथ्वीचा वेग खूपच आहे म्हणतायत तर साऱ्या गोष्टी जागच्या जागी कश्या? उन्मळून का नाहीत पडत?

जे प्रश्न आज आम्हाला पडतात तेच या विद्वानांनाही झोप उडविणारे वाटत होते चेंडू खाली पडेपर्यंत गाडी पुढे गेली असूनही चेंडू हातात कसा हा आजचा आपला प्रश्न आणि पक्षी किंवा माणूस परतून येईपर्यंत त्याचे घर किती पुढे गेले असणार- यात किती साम्य आहे! आता तर तुम्हीसुद्धा स्पष्टीकरण देऊ शकता. रेल्वे असो अथवा पृथ्वी असो गतीच्या गुणधर्मात काहीच फरक पडत नाही. त्यावरील प्रत्येक वस्तू त्याच गतीने पुढे सरकत असते. त्यामुळे काही मागे पडले वा रेंगाळले असा प्रश्नच उपस्थित होत नाही. पृथ्वीवर गतिमान असणाऱ्या वस्तूंना पृथ्वीच्या स्वतःच्या गतीमुळे अन् त्या पदार्थांच्या स्वतःच्या गतीमुळे अश्या दोघांमुळे वेग प्राप्त झाला आहे. जसे वर टाकलेला चेंडू वरही जात राहतो अन्

पृथ्वीच्या गतीच्या दिशेमध्ये ही गतीमान असता. जसे सायकलवरून टाकलेले केळ्याचे साल पुढे जातेच सायकलच्या दिशेत पण कचराकुंडीकडेही जाते.

या सालीला आणखी एक गती आहेच. खालच्या दिशेने काम करणाऱ्या गुरुत्वाकर्षणाच्या बलामुळे प्राप्त झालेली. अर्थात त्याचा विचार इथे करायला नको. एक मुद्दा महत्त्वाचा आहे की पृथ्वीवर राहणारे आपण सारे पृथ्वीच्या गतीच्या परिणामाला बघू शकत नाही. कारण ते आपल्याला जाणवत नाही. सभोवतालचे सारे स्थिर दिसते. कारण सारेच त्या वेगाने फिरते आहे. हवेच्या आवरणालाही पृथ्वीने गुरुत्वाकर्षणाने इतके बांधले आहे की सारे वायूमंडलही तसेच फिरते आहे. म्हणून तर वायूमंडल पृथ्वीसापेक्ष स्थिर वाटते. अन् वाऱ्याच्या घोंघावणाऱ्या वादळाची भीती आपल्याला वाटत नाही.

पृथ्वीच्या फिरण्याचा प्रश्न प्रत्येक शतकात वादाचा राहिला. त्यावर सतत चर्चा होत राहिली. लोक प्रश्न उपस्थित करीत राहिले अन् तर्कांच्या अन् निरीक्षणांच्या सहाय्याने काहीजण उत्तरे देत राहिले. आठव्या शतकातल्या खगोलशास्त्रज्ञाने लिहिले आहे की, 'जर पृथ्वी पश्चिमेकडून पूर्वेकडे फिरते आहे तर हवेत सोडलेले बाण पश्चिमेलाच पडले असते आणि ढगही नेहमीच पश्चिमेला जाताना दिसले असते.' पहिले भास्कराचार्य याच्या मते तर आर्यभटाचा रोखच निराळा होता. हवेच्या प्रवाहामुळे नक्षत्रे पश्चिमेला जाताना दिसतात. त्यामुळे पृथ्वी फिरते आहे असे आम्हाला वाटते असे आर्यभटाला

म्हणावयाचे होते. अनेकजणांनी याच पद्धतीने आर्यभटाच्या मताचे खंडन केलेले आढळते. काहींनी तर त्यासाठी वेदांचा आधार घेतला. ते म्हणून लागले, वेदात म्हटले आहे - 'पृथ्विप्रतिष्ठा' म्हणजे पृथ्वी अचल आहे म्हणजे आर्यभटाचे मत हे तर्काने तर खोटेच अन् वेदांच्याही विरुद्ध आहे. म्हणजे हे पृथ्वी फिरते हे त्याचे मत सर्वथैव चूक आहे. नवव्या शतकातल्या पृथुदका याने म्हटले आहे की, 'लोकभयामुळे भास्कराचार्य व इतरांनी आर्यभटाचे म्हणणे वेगळ्या रीतीने मांडले. नक्षत्र स्थिर आहेत व पृथ्वी फिरत असल्यानेच रोज ग्रह आणि नक्षत्रे यांचे उदयास्त दिसतात आपल्याला.'

या एका प्रश्नावर सातत्याने विचारमंथन झाले. चर्चा झडल्या. आपल्या मान्यताप्राप्त सिद्धांताची बाजू लढविली गेली. ते बरोबर होते हे कोणत्या न कोणत्या तर्काने सिद्ध करू पाहिले अन् या संघर्षातच काही वैज्ञानिकांनी नवीन पर्यायांचा पुरस्कार केला व त्याच्या समर्थनार्थ नवीन पुरावे दिले. अर्थात यातूनच नवीन सिद्धांताचा जन्म झाला. आपली गोष्ट केवळ वैज्ञानिकांच्या संदर्भातच नाही चाललेली. आम्हाला विशेष वाटते याचे की नवीन पिढीतील मुले जेव्हा पृथ्वी वेगाने फिरते हे ऐकतात तेव्हा त्यांच्या मनात विचारांचे काहूर का नाही निर्माण होत. या मुद्याने जर भल्याभल्यांची पंचाईत केली आहे तर आमची मुले मूकपणाने संमती देत हे का ऐकतात?

'अरे, जर ती फिरते तर का नाही जाणवत ते आम्हाला?' असा प्रश्न अनेकदा मुलं विचारतात. त्यांच्या नैसर्गिक जिज्ञासेला

आम्ही कोणत्या पद्धतीने कुंठित केले आहे? त्यांच्या अकृत्रिम उत्साहाला व प्रश्न विचारण्याच्या क्षमतेला आम्ही केव्हा बंदिस्त केले आहे? आपणच विचार करूयात की प्रत्येक दिवशी आपल्या मुलांवर आपण असे अनेक विचार कसे लादले आहेत?

लहान वयात अनेक बाबी सारख्याच लादल्या गेल्याने मुलांना उबग आलेला असतो. आठवा तुम्ही तिसऱ्या - चौथ्या इयत्तेत पाठ केलेल्या किती बाबींचा अर्थ आम्हाला आजही समजला आहे? प्रश्न सुचणं आणि त्यांच्या सोडवणुकीच्या प्रयत्नातूनच समज विकसित होण्याची क्रिया सुरु होऊ शकते.

एकूण काय गतीच्या सापेक्षतेचा विचार

करता करता प्रगतीच्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या प्रश्न निर्माण करण्याच्या वृत्तीपर्यंत पोहोचलो आहोत. प्रश्न निर्माण करणे, त्यांच्या सोडवणुकीसाठी विविध पर्यायांचा अवलंब करणे व त्यातून आयुष्याचा अर्थ समजून घेणे हीदेखील एक गतिमान प्रक्रियाच आहे. ❖

लेखक : अनीता रामपाल - होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रमात सहभागी.

रुपांतर : नागेश मोने, वाई येथे विज्ञान वाचनालय चालवतात व द्रवीड हायस्कूल येथे अध्यापन करतात. जुई दधिच, पुणे विद्यापीठात संख्याशास्त्राचे अध्ययन करतात, अक्षरनंदन शाळेत गणित शिकवितात.

होमी भाभा अभ्यासक्रम

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

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

जलपातळीचा मर्मभेद

पाण्याच्या तसराळ्यात ठेवलेल्या पेटत्या मेणबत्तीवर ग्लास उलटा ठेवल्यावर ग्लासमधील पाणी वर चढण्याचे कारण सर्व पाठ्यपुस्तकांमध्ये दिल्याप्रमाणेच आहे का? याच संदर्भात काही शोध घेण्याचा हा प्रयत्न.

लेखक : सात्यकी भट्टाचार्य, अभिषेक धर.

अनुवादक : विदुला स्वामी

विज्ञानाच्या पाठ्यपुस्तकांमध्ये ऑक्सिजनचे प्रमाण ठरविण्यासाठी एक प्रयोग दिला जातो. त्याद्वारे हवेत ८० टक्के नायट्रोजन आणि २० टक्के ऑक्सिजन आहे हे सिद्ध करण्याचा प्रयत्न केला जातो. या प्रयोगात एका पाण्याने भरलेल्या तसराळ्यात एक मेणबत्ती पेटवून त्यावर एक चंचुपात्र उलटे ठेवले जाते. थोड्या वेळाने मेणबत्ती विझते आणि चंचुपात्रातील पाण्याची पातळी वाढते. पाठ्यपुस्तकांमधून या निरीक्षणावरून असे अनुमान काढले जाते की जेव्हा चंचुपात्रातील ऑक्सिजन पूर्णपणे वापरला जातो तेव्हा मेणबत्ती विझते आणि ऑक्सिजनची पोकळी भरून काढण्यासाठी पाणी चंचुपात्रात वर चढते. जेवढे पाणी चढते तेवढे त्याचे आकारमान ! हे सुरुवातीला असलेल्या हवेच्या एकूण आकारमानाच्या २० टक्के असते.

महाराष्ट्रातील उच्च माध्यमिक शाळेतील एका शिक्षकाचे या प्रयोगाचे अनुमान असे होते : जर एकाऐवजी दोन मेणबत्त्या पेटवल्या तर पाण्याची पातळी जास्त वाढते आणि तीन

मेणबत्त्या पेटवल्या तर पाण्याच्या पातळीतील वाढ आणखी जास्त असते ! आम्हीही प्रयत्न करून पाहिला आणि हाच अनुभव आम्हाला आला. दोन मेणबत्त्या वापरल्यामुळे पाण्याच्या पातळीतील वाढ ही एक मेणबत्ती वापरल्यावर होणाऱ्या वाढीपेक्षा जास्तच होती. पाठ्यपुस्तकातील स्पष्टीकरण या अनुमानाशी विसंगत वाटते. कारण ऑक्सिजन खर्च झाल्यामुळे त्याची निर्वात पोकळी भरून काढण्यासाठी जर पाण्याची पातळी वाढत असेल तर दोन मेणबत्त्यांच्या ज्वलनामुळेही पाण्याच्या पातळीत तितकीच वाढ व्हायला हवी आणि कोणत्याही परिस्थितीत पाण्याची पातळी २० टक्क्यांच्या वर जायलाच नको.

आम्ही विचार करू लागलो की प्रथम पाण्याची पातळी का वाढते याचा शोध लावला पाहिजे. जेणेकरून आपण या निरीक्षणाचे स्पष्टीकरण समाधानकारकरीत्या देऊ शकू. पुस्तकात दिलेले स्पष्टीकरण योग्य असू शकत नाही, कारण ज्वलनासाठी खर्च झालेल्या ऑक्सिजनच्या प्रत्येक रेणूपासून

कार्बन डाय ऑक्साईडचा एक रेणू बनतो. याचाच अर्थ जितक्या आकारमानाचा ऑक्सिजन वापरला गेला तितक्याच आकारमानाचा कार्बन डायऑक्साईड तयार झाला. त्यामुळे पाण्याची पातळी बदलू शकत नाही. याउलट प्रत्यक्षात असं आहे की, मेणबत्तीच्या ज्वलनामुळे कार्बन डाय ऑक्साईडबरोबरच वाफही तयार होते. याचाच अर्थ, जे काही निर्माण झाले आहे त्याचे आकारमान, खर्च झालेल्या ऑक्सिजनच्या आकारमानापेक्षा जास्त झाले.

मग पाणी वर चढण्यामागे काय गौडबंगाल आहे? याबाबतीत आम्ही काही शक्यतांचा अभ्यास केला. :

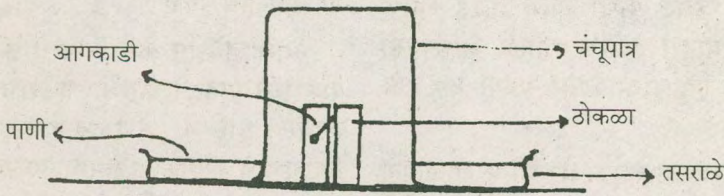
पहिले अनुमान : जो कार्बन डाय ऑक्साईड तयार होतो तो पाण्यात विरघळतो. कदाचित जास्त तपमानामुळे चंचुपात्रातील दाब वाढलेला असेल तर जास्त दाबाच्या अनुषंगाने विद्राव्यक्षमता वाढल्यामुळे कार्बन डाय ऑक्साईडचा जवळजवळ सर्वच हिस्सा

लगेचच पाण्यात विरघळेल आणि त्याची जागा घेण्यासाठी पाणी वर चढेल.

दुसरे अनुमान : जेव्हा मेणबत्ती जळत असते तेव्हा त्याच्या आसपासची हवा विरळ होते. त्यामुळे जेव्हा त्यावर चंचुपात्र उलटे ठेवले जाते तेव्हा त्यातील हवा आधीपासूनच विरळ व गरम असणार. थंड झाल्यावर चंचुपात्रातील दाब कमी होतो. व त्यामुळे पाणी वर चढते.

तिसरे अनुमान : मेणाच्या ज्वलनामुळे पाण्यात अतिविद्राव्य असे आणखी काही वायू तयार होण्याची शक्यता असेल.

या शक्यता पडताळून पाहण्यासाठी आम्ही काही प्रयोग केले. मेणबत्तीच्याऐवजी आम्ही काडेपेटीतील काडीचा उपयोग केला. यामुळे मेण जळून तयार होणाऱ्या वायूपेक्षा वेगळा वायू तयार होऊन आमच्या तिसऱ्या अनुमानाचा पडताळा झाला असता. शेवटी आम्ही सारे प्रयोग काडेपेटीतील काड्यांचा वापर करूनच केले. यामुळे चंचुपात्राच्या आतील हवेचे आकारमान मोजणे सोपे होते.



काड्या लोखंडाच्या ठोकळ्यावर ठेवल्या किंवा त्यांना दोन ठोकळ्यांमध्ये अडकवले गेले.

कारण मेणबत्ती किती जागा व्यापते हे लक्षात घेऊन ते वजा करावे लागत नाही. म्हणजेच प्रयोगात किती हवा वापरली जाते हे मोजणेही सोपे होते. तसेच काड्यांमुळे आम्हाला प्रयोग करणे एकदम सोपे झाले. वास्तविक पाहता, शेवटचा प्रयोग मेणबत्ती वापरून करणे कठीणच होते.

सुरुवातीचे प्रयोग :

आम्ही हा प्रयोग १, २ आणि ३ काड्यांनी केला. तिन्ही वेळा पाण्याच्या पातळीतील वाढ अशाप्रकारे होती.

- १ काडी - २.५ सें.मी.
- २ काड्या - ३.१ सें.मी.
- ३ काड्या - ३.२ सें. मी.

सुरुवातीला हवेचे आकारमान २४० घन. सें.मी. होते आणि ते १८४ घन. सें.मी. झाले. म्हणजेच जवळजवळ २३ टक्के हवेची जागा पाण्याने घेतली.

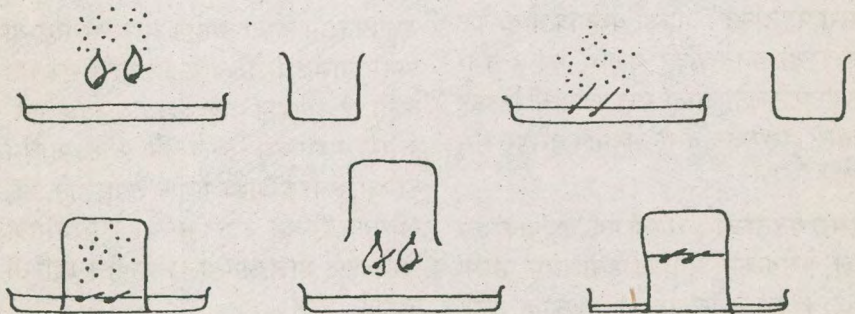
प्रयोग १ - अनुमान १ चा पडताळा

अ : आम्ही सुरुवातीचाच प्रयोग गरम पाणी आणि ४ काड्यांचा वापर करून पुन्हा केला. तपमान वाढले की पाण्यातील कोणत्याही वायूची विद्राव्यक्षमता कमी होते. त्यामुळे गरम पाण्याच्या पातळीतील वाढ ही

आधीपेक्षा कमी होईल असे आम्हाला वाटले. पण आम्हाला असे दिसले की, पाण्याची पातळी प्रथम थोडी वर चढून एका जागेवर स्थिरावली आणि नंतर हळूहळू वाढत जाऊन, थंड पाण्याच्या प्रयोगातील वाढलेल्या पातळीपर्यंत पोहोचली. यावरून कोणताही स्पष्ट निष्कर्ष काढता आला नाही.

ब : आम्ही कार्बन डायऑक्साईडने भरलेली एक परीक्षानळी पाण्यात उलटी करून ठेवली. परीक्षानळीत पाण्याची पातळी जवळजवळ ०.५ सें.मी. वर चढली. परीक्षानळीची लांबी १३.५ सें.मी. होती. यावरून असे वाटते की, सर्वसाधारण स्थितीत कार्बन डायऑक्साईडची पाण्यातील विद्राव्यता खूपच कमी आहे. पण आम्ही परीक्षानळी कार्बन डायऑक्साईडने पूर्णपणे भरली होती हे मात्र सिद्ध करू शकत नाही. तसेच वायू पाण्यात मिसळण्याऐवजी तसाच परीक्षानळीत भरलेला राहू शकेल.

क : आम्ही सुरुवातीचा प्रयोग चार काड्या आणि पाण्यातील कार्बन डायऑक्साईडचे संपृक्त द्रावण (सोडा) घेऊन पुन्हा केला. यामध्ये मुळातच द्रावण कार्बन डायऑक्साईडने संपृक्त असल्यामुळे



ज्वलनामुळे तयार झालेला कार्बन डायऑक्साईड त्यात विरघळू शकत नव्हता. म्हणजेच या स्थितीत पाण्याची (द्रावणाची) पातळी वर चढायला नको. पण आम्हाला असे दिसले की, येथेसुद्धा द्रावणाची पातळी तितकीच वर चढली जितकी साध्या पाण्यात चढली होती. यामुळे हे स्पष्ट होते की अनुमान - १ बरोबर असणे शक्यच नाही.

प्रयोग - २ अनुमान - २ चा पडताळा

पहिला पडताळा : पहिली स्थिती : आम्ही काही वेळापर्यंत दोन काड्या पेटवल्या. अनुमान दोननुसार, या काड्यांच्या भोवताली विरळ गरम हवेचे एक क्षेत्र निर्माण होईल.

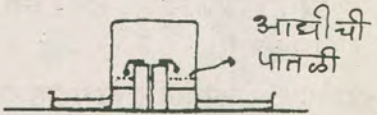
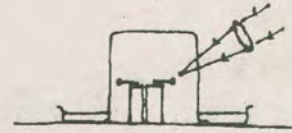
दुसरी स्थिती : नंतर आम्ही काड्या विझवल्या.

तिसरी स्थिती : आणि लगेचच चंचुपात्र उलटे करून पाण्यावर ठेवले. आम्हाला वाटले की पूर्वीप्रमाणेच विरळ हवा चंचुपात्रात असेल आणि पूर्वीप्रमाणेच पाणी वर चढेल - तेवढेच पाणी - जेवढे पूर्वी चढले होते.

पण येथे तर पाणी अजिबातच वर चढले नाही. याचे दोन अर्थ निघू शकतात - एक तर आमचे अनुमान चुकीचे असेल किंवा चंचुपात्र उलटे करताना कधीतरी विरळ हवेचे क्षेत्र नष्ट झाले असणार.

दुसरा पडताळा : आम्ही चंचुपात्र थोडा वेळ पेटलेल्या काड्यांवर पालथे धरून नंतर पाण्यावर ठेवले. आता मात्र पाण्याची पातळी वाढली. म्हणजेच दुसरे अनुमान बरोबर असू शकते.

तिसरा पडताळा : आम्ही एक चंचुपात्र गरम केले जेणेकरून आतील हवा गरम आणि विरळ होईल आणि नंतर ते पाण्यावर उलटे



ठेवले. पाण्याची पातळी वाढली नाही. हे निरीक्षण आमच्या दुसऱ्या अनुमानाविरुद्ध आहे.

अनुमान - ३ साठी तर्क :

इथपर्यंत आल्यावर आम्ही आपल्या तिसऱ्या अनुमानासंबंधी विचार करायला सुरुवात केली. हे अनुमान मात्र शक्य वाटत नव्हते. कारण मेणाच्या ज्वलनाने फक्त कार्बन डायऑक्साईड आणि पाणीच तयार होते. हो, आगकाडीच्या ज्वलनाच्या रासायनिक क्रियेबद्दल मात्र आम्हाला काहीच माहिती नव्हती.

शेवटचा प्रयोग :

शेवटी आम्हाला असा एक प्रयोग सुचला की ज्यामुळे आम्ही आमच्या दुसऱ्या अनुमानाचा पडताळा अधिक अचूक रितीने घेऊ शकत होतो. येथे आम्ही चंचुपात्र पाण्यात अशा प्रकारे उपडे करून ठेवले की त्यामध्ये प्रथमपासूनच एक नवीन आगकाडी आहे. आता जर काहीतरी युक्ती करून ही काडी पेटवली तर आतील हवा गरम होऊन तिचे आकारमान वाढेल. यामुळे बुडबुड्यांच्या स्वरूपात हवा बाहेर येईल. हा प्रयोग आम्ही असा केला.

आम्ही प्रथम चंचुपात्रात दोन काड्या ठेवल्या. यातील एक आम्ही त्यावर भिंगाच्या सहाय्याने सूर्यकिरण केंद्रित करून पेटवली. ती पेटल्यापेटल्या पाण्यातून हवेचे बुडबुडे बाहेर पडले. पहिल्या टप्प्यानंतर पातळी स्थिर झाली. आता दुसरी काडी जाळली. बुडबुडे बाहेर पडले नाहीत पण पाण्याची पातळी जरा कमीच झाली.

आमच्या दृष्टिने या निरीक्षणातून असे लक्षात येते की, जेव्हा पहिली आगकाडी पेटली तेव्हा चंचुपात्रातील हवा गरम होऊन प्रसरण पावली. त्यामुळे चंचुपात्रातील दाब वाढला. ज्यामुळे वाढलेल्या आकारमानाची जवळजवळ सगळी हवा बुडबुड्यांच्या स्वरूपात बाहेर पडली. काडी विझताच आतील हवा थंड होऊ लागली. त्यामुळे चंचुपात्रातील हवेवरील दाब कमी झाला आणि चंचुपात्रातील पाण्याची पातळी वाढली. आता पुन्हा दुसऱ्या टप्प्यात हवा गरम होऊन पसरल्यामुळे आतील पाण्याची पातळी थोडी कमी झाली; परंतु पहिल्या स्थितीप्रमाणे बुडबुडे बाहेर पडले नाहीत.

कारण आतील दाब एवढा जास्त वाढला नाही की हवा त्या पाण्याच्या स्तंभातून बाहेर येईल. तसेच कदाचित बुडबुडे यामुळेही बाहेर आले नसावेत की पहिल्या स्थितीत तयार झालेल्या निर्वात पोकळीमुळे तसराळे आणि चंचुपात्र एकमेकांत एकदम घट्ट बसले असतील.

या प्रयोगामुळे आमच्या दुसऱ्या अनुमानाला जोरदार पुष्टी मिळते. हा प्रयोग दोन मेणबत्या वापरून आलेल्या निष्कर्षाशीही मिळतो. दुसरे अनुमान जास्त मेणबत्या जाळल्यामुळे पाण्याच्या पातळीतील जास्त वाढीचे स्पष्टीकरण देऊ शकते.

आम्हाला असे वाटते की, ज्या कारणामुळे प्रयोग - २ च्या पहिल्या आणि तिसऱ्या पडताळ्याने अपेक्षित परिणाम न दिसण्याची कारणे अशी असू शकतील :

१) चंचुपात्र उलटून ठेवता ठेवता विरळ हवेचे क्षेत्र नष्ट होते.

२) चंचुपात्रातील विरळ हवा हे कमी दाबाचे क्षेत्र असल्यामुळे ती अतिशय वेगाने आजुबाजूच्या हवेशी संतुलन प्राप्त करते. ही गोष्ट ह्यामुळेही सिद्ध होते की, आगकाडी विझताच ताबडतोब पाण्याची पातळी वाढते.

शेवटी, आम्हाला असे वाटते की हे सारे प्रयोग दुसऱ्या व्यक्तींकडून पुन्हा केले जावेत आणि कोणत्याही निष्कर्षाला पोहोचण्यापूर्वी पडतळून पाहिले जावेत. ❖

लेखक: **सात्यकी भट्टाचार्य, अभिषेक धर.**
टीआयएफआर येथे संशोधक.

अनुवादक : **विदुला स्वामी,** कोल्हापूर
येथे इंजिनिअरिंग कॉलेजात अध्यापक.

भास्कराचार्य व पायथागोरसचे प्रमेय

सभोवतालच्या अनुभवातून ज्ञानप्राप्ती होते तसंच ज्ञानप्राप्तीसाठी सभोवतालच्या कित्येक गोष्टींचा वापर करता येतो. भूमिती आणि ओरिगामीची सुरेख सांगड घालता येते. कोडी सोडविण्यातून गणित शिकवण्याचं काम रसपूर्ण होतं.

भास्कराचार्य (दुसरे) इ. स. १११४ ते ११८५ हे आर्यभटांच्या परंपरेतले शेवटचे प्रसिद्ध भारतीय गणिती. ब्रह्मगुप्तासह पूर्वीच्या गणितींच्या कार्यातील त्रुटी त्यांनी दुरुस्त केल्या. तोपर्यंत विकसित झालेले गणित व खगोलशास्त्र यांनी सुसंघटितपणे मांडले. त्या चार खंडांपैकी लीलावती हा पहिला खंड. भास्कराचार्यांनी लीलावतीला गणित शिकविण्यासाठी जे प्रयत्न केले, कोडी रचली ती या ग्रंथात वाचायला मिळतात. हे खंड ब्रिटीश काळापर्यंत प्रमाणभूत मानले जात. १५८७ मध्ये अबुल फौजी यांनी लीलावतीचे फारसीमध्ये भाषांतर केले. लीलावतीमध्ये अंकगणित, क्षेत्रफळ व घनफळ यावर आधारित २७८ श्लोक आहेत.

आणखी एक विशेष गोष्ट अशी की यातील काही श्लोकांवर आधारित नृत्यनाट्य 'लिलावती', श्रीमती झेलम परांजपे यांनी ओडिसी नृत्य शैलीत सादर केले आहे. या प्रयोगासाठी काही श्लोकांचा मराठीत अनुवाद श्री. वसंत बापट यांनी केला आहे.

नऊ हात उंचीचा होता खांब तयाच्या शिखरी
मोर बैसला, बिक नागाचे खांबातकच्या विवरी
रतंभापासून तिप्पट अंतर राखून येता नाग
तिरकस झोपावला मोर तो समान राखून वेग
बिळापासून किती अंतरावरी भिडे नागाला
गणिता करूनी सांगे गणका तर उत्तर आम्हाला.



५५



पायथागोरस - एक विलक्षण सिद्धांत

पायथागोरसच्या प्रमेयाचा आशय त्याच्या काळापूर्वी इजिप्शियन, चिनी व भारतीय यांना निश्चितपणे माहित होता. या प्रमेयाची सिद्धता (अर्थात ग्रीकांच्या म्हणजे निगमन पद्धतीने) युक्लिडने तीन शतकांनंतर दिली. अमेरिकेतील एका विज्ञानाला वाहिलेल्या प्रकाशनाने शंभराच्या वर सिद्धता एकत्रित केल्याचे नोंदले गेलेले आहे. पुष्कळशा सिद्धता विच्छेदनावर आधारलेल्या असून त्या एकमेकांपासून फारशा निराळ्या नाहीत. श्रीयुत वाड यांच्या संग्रही असलेल्या काही सिद्धता त्यांनी पाठविल्या आहेत.

लेखक : वा. के. वाड

भास्कराचार्यांनी दिलेली सिद्धता :

ΔPQR च्या बाजूंच्या लांबी $QR = a$,

$PR = b$, $PQ = c$ असून

$m \angle PRQ = 90^\circ$.

QR वर $QM = b$ होईल असा M हा बिंदू घेतला.

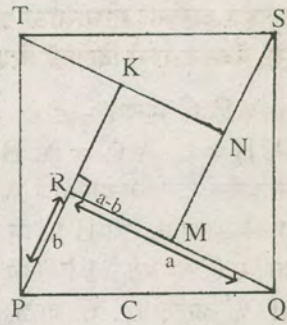
म्ग $RM = a - b$.

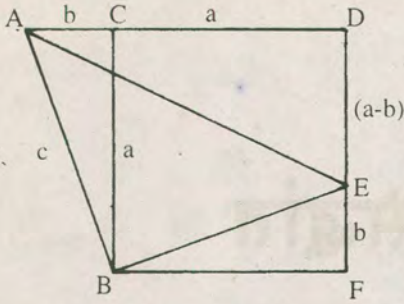
नंतर $PQST$ हा चौरस काढला. ΔPQR ,

ΔQSM , ΔSTN आणि ΔTPK हे

एकरूप होतात आणि $RMNK$ हा चौरस होतो.

$$\begin{aligned} \text{म्ग } C^2 &= 4A(\Delta PQR) + (a-b)^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{2} (QR \times PR) + (a-b)^2 \\ &= 2ab + (a-b)^2 \\ &= a^2 + b^2. \end{aligned}$$





ΔABC या काटकोन त्रिकोणात
 $m \angle c = 90^\circ$, $AC = b$,
 $BC = a$, $AB = c$.
 BC वर $BCDF$ हा चौरस काढा
 आणि FD वर E हा बिंदू असा घ्या की
 $FE = b$.
 चौरस $BCDF$ चे क्षेत्रफळ,

$$a^2 = A(\Delta BEF) + A(\square BCDF)$$

शिवाय, $\Delta BEF \cong \Delta ABC$, त्यामुळे $BE = AB = c$

$$\text{म्हणून } a^2 = A(\Delta ABC) + A(\square BCDF).$$

$$\begin{aligned} &= A(\Delta BAE) + A(\Delta ADE) \\ &= \frac{1}{2} (AB \times BE) + \frac{1}{2} (AD \times DE) \\ &= \frac{1}{2} c^2 + \frac{1}{2} (a+b)(a-b) \\ &= \frac{1}{2} c^2 + \frac{1}{2} (a^2 - b^2) \end{aligned}$$

$$\text{म्हणजे } 2a^2 = c^2 + (a^2 - b^2), \text{ त्यावरून } a^2 + b^2 = c^2.$$

स्लाईड रूलच्या शोधासाठी प्रसिद्ध असलेल्या सी.

एस. जॅक्सन यांनी दिलेली सिद्धता :

ΔABC मध्ये $m \angle c = 90^\circ$

$AB = c$, $AC = b$, $BC = a$.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे AB वर $ABKM$

हा चौरस काढा, रेषा BC वर रेषा KL आणि

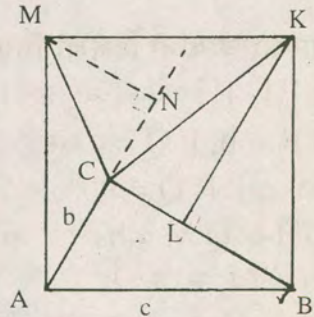
रेषा AC वर रेषा MN लंब काढा.

M , C आणि K , C जोडा.

मग ΔMNA आणि ΔBLK हे को-को-बा

कसोटीनुसार ΔACB शी एकरूप दाखवता येतील. त्यामुळे $MN = BL = b$

आणि $AN = LK = a$



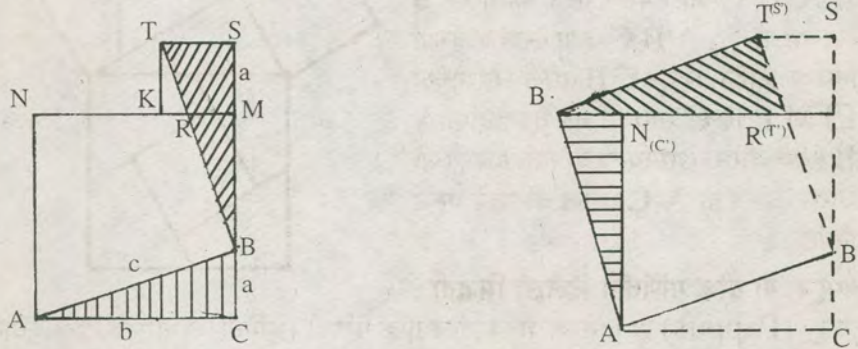
आता, चौरस $ABKM$ च्या आंतरभागात C हा बिंदू असल्यामुळे ΔMCA व ΔBCK यांच्या क्षेत्रफळांची बेरीज चौरस $ABKM$ च्या क्षेत्रफळाच्या निम्मी आहे, असे दाखवता येईल. म्हणजेच,

$$1/2 (A C \times M N) + 1/2 (B C \times K L) = 1/2 A B^2$$

$$b \times b + a \times a = c^2$$

$$b^2 + a^2 = c^2$$

कमीत कमी विच्छेदनाची सोपी सिद्धता :



$\Delta A B C$ मध्ये $\angle c = 90^\circ$,

$A B = c$, $A C = b$, $B C = a$.

बाजू $A C$ वर $A C M N$ हा चौरस काढा.

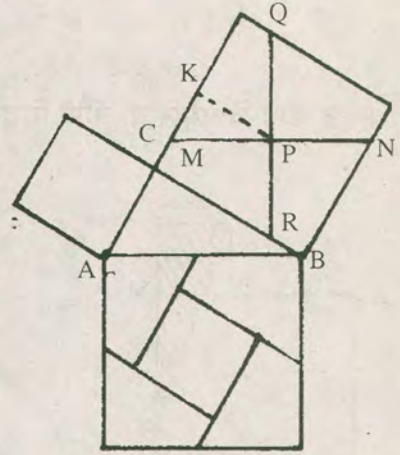
त्या चौरसाची बाजू $C M$ ही S पर्यंत अशी वाढवा की $M S = C B$ आणि

$M S$ वर $M S T K$ हा चौरस काढा. T, B जोडा. रेखांकित भागात $\Delta T B S$ आणि $\Delta A B C$ कापून घ्या.

आता कापलेला $\Delta A B C$ राहिलेल्या भागाला असा जोडा की बाजू $A C$ ही $A N$ च्या दिशेने व बाजू $C B$ ही $R N$ च्या दिशेने जाईल. तसेच, कापलेल्या $\Delta T B S$ चा शिरोबिंदू R वर पडेल, S हा T वर पडेल व बाजू $T B$ ही $R N$ वर पडून B' ला B हा शिरोबिंदू मिळेल. मग चौरस $A B T B'$ हा मूळच्या $\Delta A B C$ च्या $A B$ या कर्णावरील चौरस मिळेल.

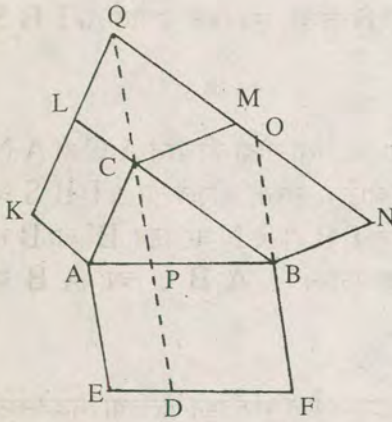
आणखी एक विच्छेदन सिद्धता : शालेय पाठ्यपुस्तकात युक्तिडने दिलेल्या सिद्धतेसाठी काटकोन त्रिकोणाच्या तिन्ही बाजूंवर चौरस काढलेले असतात, त्याप्रमाणे तिन्ही बाजूंवर चौरस काढलेले आहेत. बाजू $C B$ वरील चौरसाच्या कर्णाचा छेदनबिंदू P असून त्यामधून रेख $Q P R$ हा $A B$ ला लंब असलेला आणि रेख $M P N$ हा $A B$ ला समांतर असलेला रेखाखंड आहे. रेख $P K$ हा $C Q$ वर लंब काढलेला आहे.

आता, $\square M A B N$ हा समांतरभुज चौकोन आहे, हे सहज दिसून येते, (नव्हे, सिद्ध करता येते). शिवाय, $C B$ वरील चौरसाच्या संमितीमुळे, $Q R = M N = A B$ हे दाखवता येईल. शिवाय $\triangle M P K$ हा $\triangle A B C$ शी समरूप सिद्ध करता येते व त्याच्या बाजू $\triangle A B C$ च्या संगत बाजूंच्या निम्म्या आहेत. म्हणून $C B$ वरील चौरसाच्या $\square M P R C$ सारख्या चार तुकड्यांना $A B$ वरील चौरसात बसविल्यावर त्यांच्यामध्ये जो चौरस राहिल तो $A C$ वरील चौरसाने भरून निघतो.



पप्पूज या ग्रीक गणितीने दिलेली सिद्धता :

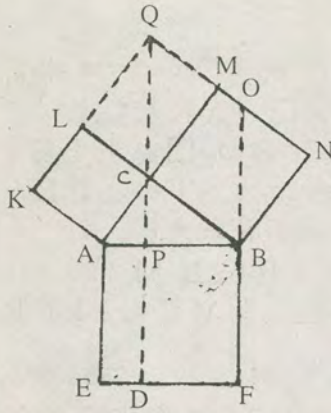
पप्पूज (Pappus) हा तिसऱ्या शतकातील ग्रीक गणिती (भूमिती) व शास्त्रज्ञ होता. त्याने पायथागोरसच्या प्रमेयासारखे सर्वसामान्य असे एक प्रमेय मांडले व सिद्ध केले. त्याचे प्रमेय कोणत्याही त्रिकोणाच्या बाबतीतील व त्या त्रिकोणाच्या बाजूंवर उभारलेल्या कोणत्याही समांतर भुज चौकोनांच्या क्षेत्रफळांसंबंधी आहे. पायथागोरसचे प्रमेय काटकोन त्रिकोणाच्या (म्हणजे विशिष्ट त्रिकोणाच्या) बाजूंवर उभारलेल्या चौरसांबाबतचे (म्हणजे समांतरभुज चौकोनांच्या) बाबतचे आहे.



पप्पूजचे प्रमेय असे आहे : $\triangle A B C$ हा कोणताही एक त्रिकोण आहे. त्याच्या $A C$ बाजूवर त्रिकोणाच्या बाहेर $\square A K L C$ हा एक समांतरभुज चौकोन काढलेला आहे. तसेच $C B$ या बाजूवर $\square C M N B$ हा समांतरभुज चौकोन काढलेला आहे. $K L$ आणि $M N$ वाढविल्या असून त्या Q बिंदूत एकमेकींना मिळतात. आता, जर $A B$ या बाजूवर $\square A E F B$ हा समांतरभुज असा काढला की $A E = C Q$ आणि $A E \parallel C Q$. मग $\square A E F B$ चे क्षेत्रफळ $A C$ आणि $C B$ यावर उभारलेल्या

समांतरभुज चौकोनांच्या क्षेत्रफळांच्या बेरजेबरोबर आहे.

हे सिद्ध करू. त्यासाठी $Q C$ वाढविली व ती $A B$ ला P मध्ये व $E F$ ला D मध्ये मिळते.



तसेच FB वाढविली असता MN ला O बिंदूत मिळते.

समान पायांवरील समांतर रेषांच्या जोडीत बद्ध असलेले समांतरभुज समक्षेत्र असल्यामुळे

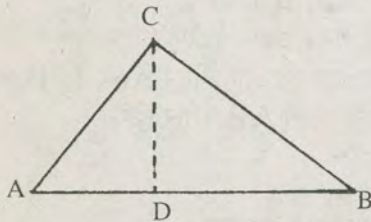
$$A(\square CMNB) = A(\square QOBC) \\ = A(\square PBF D) \text{ आणि त्याचप्रमाणे} \\ A(\square AKLC) = A(\square APDE).$$

म्हणून

$$A(\square CMNB) + A(\square AKLC) \\ = A(\square PBF D) + A(\square APDE) \\ = A(\square AEFB) \text{ हे सिद्ध.}$$

आता, पायथागोरसच्या प्रमेयाकडे वळू. जर ABC चा $\angle C$ हा काटकोन असेल, तर AC आणि CB वरील समांतरभुज चौकोनांचे रूपांतर चौरसांमध्ये होते आणि $QC = AB = AE$ होत असल्यामुळे AB वरील समांतरभुज चौकोनसुद्धा चौरस होतो. या दोन आकृत्यांची तुलना करून बघा.

समरूप त्रिकोणांच्या गुणधर्मांवर आधारलेली सिद्धता :



$$\Delta ACB \text{ मध्ये } m\angle C = 90^\circ,$$

रेख $CD \perp$ रेख AB .

मग ΔADC आणि ΔACB हे को-को समरूपता कसोटीनुसार समरूप आहेत. त्यामुळे,

$$AD/AC = AC/AB$$

$$AC^2 = AD \times AB$$

तसेच $\Delta BDC \sim \Delta BCA$.

$$\text{त्यामुळे, } BD/BC = BC/AB$$

$$\text{म्हणून } BC^2 = BD \times AB.$$

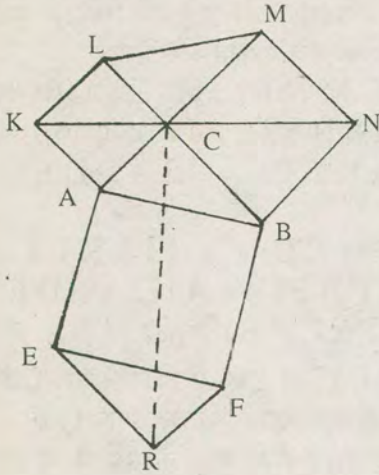
वरील समीकरणातील संगत बाजूंची बेरीज करून,

$$AC^2 + BC^2 = AD \times AB + BD \times AB$$

$$\text{म्हणजेच } AC^2 + BC^2 = AB(AD + BD) = AB \times AB + AB^2$$

ही सिद्धता समरूप त्रिकोणांच्या गुणधर्मांवर आधारलेली असल्यामुळे प्रमेयांच्या क्रमाच्या कारणास्तव ती बाद करण्याचे काहीही प्रयोजन नाही. समरूप त्रिकोणाचे जे गुणधर्म वरील सिद्धतेत वापरले आहेत ते पायथागोरसच्या प्रमेयावर कोणत्याही तऱ्हेने अवलंबून नसल्यामुळे, ती तितकीच वैध आहे.

लिओनार्डो डी व्हिन्सी ने दिलेली सिद्धता :



ΔABC चा $\angle C$ हा काटकोन असून, तिन्ही बाजूंवर $\square AKLC$, $\square CMNB$ व $\square AEFB$ हे चौरस काढले आहेत. EF वर ΔERF असा काढा की $FR = AC$ आणि $ER = BC$. LM जोडा. मग, $\Delta ABC \cong \Delta LMC \cong \Delta FER$

आता, KCN हा सरळ रेषाखंड आहे, असे सहज दाखवता येईल. त्या रेषाखंडाने $ABNMLK$ या आकृतीचे दोन एकरूप चौकोनांत ($\square KABN$ आणि $\square KLMN$) विभाजन झालेले आहे. तसेच रेषाखंड CR ने $AERFBC$ या आकृतीचे दोन एकरूप चौकोनांत

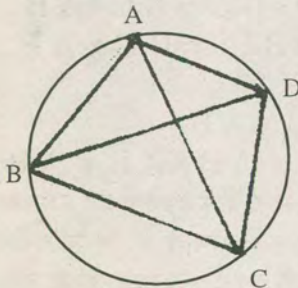
($\square CAER \cong \square RFBC$) विभाजन झालेले आहे. $\square CAER$ हा $\square KABN$ शी एकरूप दाखवता येतो.

म्हणून आकृती $ABNMLK \cong$ आकृती $AERFBC$.

पहिल्या आकृतीतून ΔLCM व ΔACB हे दोन एकरूप त्रिकोण काढून टाकले की राहते AC व CB यांच्यावरील चौरसांची बेरीज. दुसऱ्या आकृतीतून ΔACB व ΔFRE हे दोन एकरूप त्रिकोण काढून टाकले की राहतो AB वरील चौरस.

म्हणून $AC^2 + CB^2 = AB^2$

टॉलेमीच्या (इ.स. ८७-१६८) सिद्धांतावर आधारलेली सिद्धता :

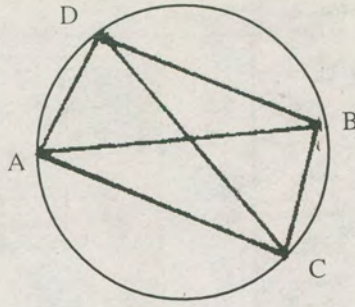


टॉलेमीचा सिद्धान्त असा आहे :

चक्रीय चौकोनाच्या कर्णांनी होणारा आयत, संमुख बाजूंच्या जोड्यांनी होणाऱ्या आयतांच्या क्षेत्रफळांच्या बेरजेशी समक्षेत्र असतो.

म्हणजे $\square ABCD$ हा चक्रीय चौकोन असेल, तर

$$AC \times BD = AB \times CD + AD \times BC.$$



आता, आपणास माहीत आहे की काटकोन त्रिकोणाच्या परिवर्तुळाचा केंद्रबिंदू हा त्याच्या कर्णाचा मध्यबिंदू असतो. म्हणजे B मधून C A ला समांतर काढलेला रेषाखंड वर्तुळाला D बिंदूत मिळत असेल. तर A C B D हा चक्रीय चौकोन होईल व तो आयत असेल. त्याचे कर्ण A B आणि C D हे त्या वर्तुळाचे व्यास होतील.

□ A C B D या चक्रीय चौकोनात, टॉलेमीच्या सिद्धांतानुसार,

$$A D \times B C + A C \times B D = A B \times C D \dots\dots(१)$$

पण $A D = B C$, $B D = A C$ (आयताच्या संमुख बाजू)

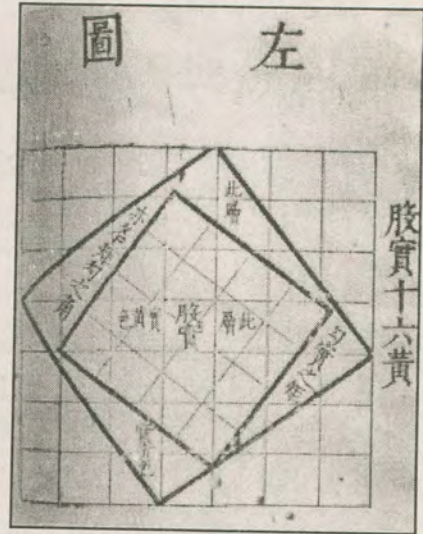
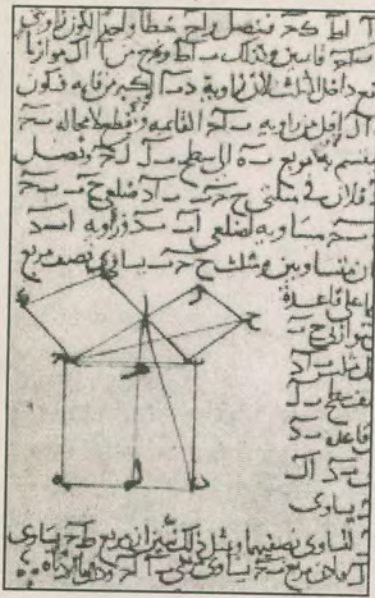
आणि $C D = A B$ (आयताचे कर्ण) म्हणून (१) चे रूपांतर

$$B C^2 + A C^2 = A B^2 \text{ असे होते. } \blacklozenge$$

लेखक : श्री. वा. के. वाड. निवृत्त मुख्याध्यापक. महाराष्ट्र गणित अध्यापक महामंडळामधे कार्यरत.

मानसशास्त्राने आपल्याला हे दाखवून दिले आहे की, सहा दिवस शिक्षा आणि एक दिवस उपदेश हे आदर्श विद्यार्थी बनवण्याचे तंत्र होऊ शकत नाही.

- बर्ट्रान्ड रसेल, या शतकातील प्रसिद्ध तर्कशास्त्रज्ञ व गणितज्ञ.



इ. स. १२५८ सालच्या सुमारास अरेबिक आणि चिनी लोकांनाही पायथागोरस या सिद्धांताची माहिती होती. वरील दोन चित्रांत त्या काळी काढल्या गेलेल्या दोन आकृत्यांची माहिती दिलेली दिसते. चारू पाई या चिनी गणितज्ञाने पायथागोरसच्याच काळामध्ये सिद्धांताची मांडणी केली.

आपण संदर्भसाठी काय करू शकता ?

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

प्राणवायूची देवाण-घेवाण

प्राणी जलचर असो की भूचर असो, सर्वांनाच त्यांच्या भोवतालच्या वातावरणामधून श्वासोच्छ्वास करण्यासाठी श्वसन संस्थेची आवश्यकता असते. काही प्राण्यांमध्ये हे कार्य त्वचेद्वारा होत असते. काही प्राण्यांमध्ये श्वसनासाठी तर खास अवयव निर्माण झालेला असतो.

लेखक - भरत पूरे

अनुवादक - डॉ. पुरुषोत्तम जोशी.



आपण श्वास कशासाठी घेतो या प्रश्नाने आपण कदाचित कधी बेचैन झाला असाल. प्राणी, वनस्पती आदी सारेच सजीव श्वास घेतात, परंतु सोयीसाठी आपण आपली चर्चा प्राण्यांच्या श्वसनापुरती मर्यादित ठेवू या.

तसं पाहिलं तर सर्व सजीवांना निरनिराळ्या शारीरिक प्रक्रियांसाठी उर्जेची गरज असते. यासाठी अन्न ग्रहण केले जाते आणि त्याच्याद्वारे उर्जेची निर्मिती केली जाते.

खाद्य पदार्थांमध्ये प्रथिने, कर्बोदके, सेल्यूलोज आणि मेद वगैरे पदार्थ विशिष्ट प्रमाणामध्ये समाविष्ट झालेले असतात. शरीरात असणाऱ्या प्रत्येक पेशीमध्ये या पदार्थांपैकी खास करून कर्बोदके आणि मेद यांचे 'ऑक्सिकरण' होत असते. ऑक्सिकरणाच्या क्रियेमधून ऊर्जा निर्माण

होते आणि ऑक्सिकरण होण्यासाठी प्राणवायू असणे जरूरीचे असते.

श्वासोच्छ्वासाची प्रक्रिया, श्वास घेणे अथवा श्वास सोडणे अशा तांत्रिक बाबीपुरती ही क्रिया सीमित न राहता पेशींच्या प्रसामध्ये घडणाऱ्या रासायनिक प्रक्रियेतही तिची मदत होते. प्रक्रिया पेशीमध्ये घडत असल्यामुळे तिला 'पेशीय श्वसन' असेही म्हटले जाते. या प्रक्रियेसाठी प्राणवायू आवश्यक असल्यामुळे त्या क्रियेला 'ऑक्सिश्वसन' असेही म्हणतात. बहुसंख्य प्राणी याच पद्धतीने श्वसन करित असतात.

रक्ताचे कार्य :

प्राणी जे अन्न ग्रहण करतात त्यांचे पचन होते. 'पचन' होणे म्हणजे अन्नामध्ये

असलेल्या सेल्युलोज, प्रथिने, कर्बोदके आणि मेद यांचे अणू, रेणूमध्ये रूपांतर होणे! अन्ननलिकेच्या भित्तिकेखाली पसरलेल्या रक्तवाहिन्याद्वारा हे अणू-रेणू शोषून घेतले जातात आणि त्यांचा शरीरातील प्रत्येक पेशीला पुरवठा केला जातो. अन्न पेशींपर्यंत अशाप्रकारे पोहोचते खरे, परंतु त्याचे ऑक्सिकरण होणे आवश्यक असते आणि ऑक्सिकरणाला प्राणवायू हवा! प्राणवायू शरीरामध्ये कसा प्रवेश करतो आणि पेशींपर्यंत कसा पोहोचवला जातो ते आता पाहू या.

श्वासाद्वारे आत घेतलेली हवा फुफ्फुसांमध्ये प्रवेश करते. या हवेमध्ये प्राणवायू शिवाय नत्र, कर्बद्विप्राणिल वायू (कार्बनडायऑक्साईड) इतर वायूही असतात. परंतु यापैकी शरीराला केवळ प्राणवायूचीच गरज असते. म्हणून फुफ्फुसामध्ये अशी यंत्रणा हवी की, जी श्वासाद्वारे घेतलेल्या हवेमधला केवळ प्राणवायू शोषून घेईल आणि पेशीय श्वसनाच्या प्रक्रियेतून निर्माण झालेला कर्बद्विप्राणिल वायू शरीराबाहेर आणून सोडेल.

फुफ्फुसांमध्ये रक्तवाहिन्यांचे जाळे पसरलेले असते. त्यातून वाहणाऱ्या रक्तामधल्या लाल पेशींमध्ये 'हिमोग्लोबीन' नावाचे रसायन असते. या रसायनाचे वैशिष्ट्य आहे की त्याचा हवेशी संपर्क येताच त्यातील प्राणवायूशी त्याची रासायनिक क्रिया घडून एक संयुग निर्माण होते. यात हिमोग्लोबीन प्राणवायूला स्वतःशी पक्के जखडून ठेवते. ऑक्सिजन वाहून

नेणाऱ्या या रक्तपेशी जेव्हा शरीरात सर्वदूर जातात तेव्हा त्यातील ऑक्सिहिमोग्लोबिनचे विघटन होऊन त्यातील ऑक्सिजन पेशीद्वारा समाविष्ट होतो आणि पेशीतील कर्बोदके व मेद यांचे ऑक्सिकरण घडवून आणतो.

या रासायनिक प्रक्रियेमध्ये ऊर्जा तर मुक्त होतेच. त्याचबरोबर कर्बद्विप्राणिल वायूही निर्माण होतो. रक्त या कर्बद्विप्राणिल वायूला फुफ्फुसांपर्यंत पोहोचविते. अशा प्रकारे फुफ्फुसांमध्ये रक्त केवळ प्राणवायू घेऊन जाण्याचे कार्य करते असे नसून कर्बद्विप्राणिल वायू परत नेण्याचेही कार्य करते. हा कर्बद्विप्राणिल वायू उच्छ्वासाबरोबर शरीराबाहेर टाकला जातो.

थोडक्यात ही सारी प्रक्रिया दोन भागांमध्ये पूर्ण होते. १. प्राणवायूला पेशींपर्यंत पोहोचविणे. २ कर्बद्विप्राणिल वायूला शरीराबाहेर सोडणे.

जलचरांचे रक्त आणि पाण्याचे प्रवाह :

जलचरांना पाण्यामध्ये विरघळलेला प्राणवायू मिळतो. त्यामुळे भूचर प्राण्यांना जसा तो प्रथम पेशी स्तरात मिसळून घ्यावा लागतो, तशी जरूरी जलचर प्राण्यांना भासत नाही. परंतु पाण्यात प्राणवायूचे प्रमाण अत्यंत कमी (जवळजवळ ०.५ टक्के) असल्याने मात्र अडचण होते. त्यामुळे जास्तीत जास्त प्रमाणात प्राणवायू प्राप्त करून घेणे हे त्यांना आवश्यक असते.

जलचर प्राण्यांमध्ये प्रत्येक कल्ला हजारो लहान लहान धाग्यांनी बनलेला असतो. अशाच असंख्य धाग्यांनी कल्लापट्टी आणि अशाच अनेक कल्लापट्ट्यांनी कल्ला-कमान

श्वसन स्तर कसा असतो ?

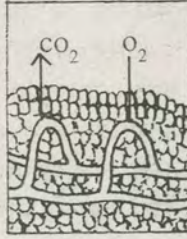
जमिनीवर आणि पाण्यात राहाणारे अनेक प्राणी श्वास घेण्यासाठी आणि सोडण्यासाठी फुफ्फुसांचा उपयोग करतात. परंतु सर्व सजीवांमध्ये फुफ्फुसे असतातच असे नाही. खरे तर फुफ्फुसे हा असा स्तर आहे की ज्याच्याद्वारा वातावरण आणि शरीर - पेशी, या दोघांत वायूंचे आदान-प्रदान होत असते. आपण त्या स्तराला श्वसन-स्तर म्हणू शकतो. कारण, ज्या प्राण्यांमध्ये फुफ्फुसे नसतात त्यांच्यामध्ये दुसऱ्या प्रकारचा श्वसनस्तर असतो. हा श्वसनस्तर प्रामुख्याने खालील प्रकारचा असतो.

अ : अधिकांशाने एक पेशीय प्राणी पाण्यातच राहतात. त्यांच्या सभोवताली असलेल्या पाण्यातून वायू-विजनाच्या तत्वावर आधारित असलेल्या पद्धतीने वायूंचे आदान-प्रदान होत असते. जेव्हा या प्राणी-पेशीमध्ये प्राणवायूचे प्रमाण कमी होते तेव्हा तो पेशीमध्ये शिरतो आणि जेव्हा आतमध्ये कर्बद्विप्राणिल वायूचे प्रमाण वाढते तेव्हा तो बाहेर पडतो.

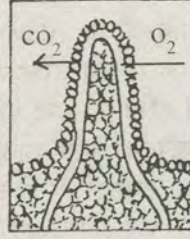
अ



ब



क



ड



ब : काही लहान किंवा थोडे मोठे असलेले प्राणी, त्यांच्यामध्ये प्राणवायूचा वापर कमी प्रमाणात होत असल्यामुळे ते आपल्या कातडीच्या साहाय्यानेच श्वसन करतात. त्यांच्या कातडीखाली रक्तवाहिन्यांचे जाळे पसरलेले असते. या कातडीतून वायू-वीजन वेगाने

व्हावे म्हणून त्यांची कातडी खूप पातळ असते. बेडकांसारखे काही उभयचर प्राणी कातडीबरोबर फुफ्फुसांनीही श्वसन करतात.



क : शरीराबाहेर असलेले कल्ले हा श्वसन-स्तराचाच प्रकार आहे. खूप पातळ असणाऱ्या या स्तराखाली रक्तवाहिन्यांचे जाळे असते.

ड : वातावरणामध्ये श्वास घेणाऱ्या प्राण्यांमध्ये

साधारणपणे फुफ्फुसांचाच वापर केला जातो. या फुफ्फुसांच्या आत घड्या पडलेला मोठ्या क्षेत्रफळाचा श्वसन-स्तर असतो. अशा प्राण्यांत पेशींपर्यंत प्राणवायू पोहोचविण्याचे कार्य रक्ताला करावे लागते.

इ : कीटकांच्या शरीरामध्ये श्वसन नलिकांचे जाळे पसरलेले असते. या नलिकांचा शेवट पेशीसमूहांमध्ये होतो. वातावरणातील हवा त्यात प्रवेश करते आणि ती मोठ्या मोठ्या नलिकांतून प्रत्येक पेशींपर्यंत पोहोचते.

तयार झालेली असते. कल्ला-कमानीच्या जोरावरच हे जलचर प्राणी विनासायास श्वसन करू शकतात. कल्ल्याच्या कमानीमध्ये रक्तवाहिन्यांचे जाळे पसरलेले असते. त्यातून वाहणारे रक्त आणि पाणी यांच्यातील अंतर खूपच कमी, म्हणजे केवळ एका पेशीच्या लांबीइतके असते. अशा अती पातळ स्तरामुळे रक्तपेशी आणि पाण्यांत मिसळलेला प्राणवायू यांच्यातील वायू-वीजन अतिशय वेगाने होते. हे या पातळ स्तराचे वैशिष्ट्य आहे. पाणी प्राण्याच्या तोंडातून आत येते आणि कल्ल्यांवरील झडपेतून बाहेर पडते. असे घडत असताना त्याचा प्रत्येक कल्लाध्यांशी संपर्क येतो. यावेळी रक्त आणि पाणी एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेने वाहात असतात. प्रवाह विरुद्ध दिशेने वाहात असल्यामुळेच पाण्यामध्ये अस्तित्वात असणाऱ्या प्राणवायूतील जास्तीत जास्त प्राणवायू आपल्याकडे ओढून घेते.

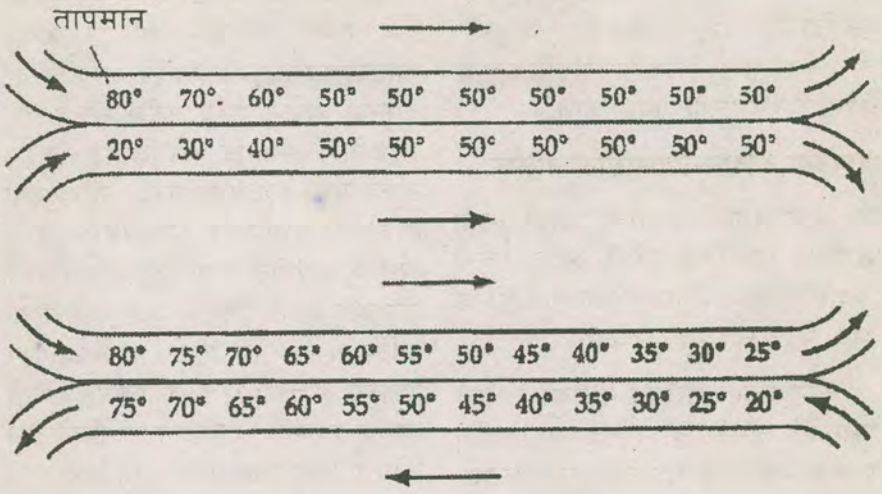
विरुद्ध दिशेने वाहणाऱ्या प्रवाहांमुळे होणारा फायदा :

गरम दुधाचा ग्लास जेव्हा आपल्याला थंड करायचा असतो तेव्हा तो आपण गार पाण्यात ठेवतो. त्यावेळेस उष्णतेच्या अभिसरणाची क्रिया फार चांगल्या प्रकारे प्रत्ययास येते. आता

पुढील प्रयोगाचा विचार करा.

उष्णतेचे सहजपणे आदान-प्रदान होईल इतक्या जवळ एकावर एक अशा पद्धतीने धातूच्या दोन नळ्या ठेवल्या. त्यातील एकातून 10° सेल्सिअस तापमानाचे आणि दुसरीतून 20° सेल्सिअस तापमानाचे पाणी एकाच दिशेने वाहात जाईल असे सोडले. या स्थितीत अधिक तापमान असलेल्या पाण्याच्या नळीतील उष्णता कमी तापमान असलेल्या पाण्याच्या नळीतील उष्णतेकडे अभिसरित होऊ लागेल. परंतु जेव्हा दोन्ही नळ्यातील पाण्याचे तापमान सारखे होईल तेव्हा उष्णतेचे अभिसरण पूर्णतः थांबेल.

परंतु त्या नळ्यातील पाणी एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेने वाहील अशी व्यवस्था केल्यास काय होईल पाहू या. अशा व्यवस्थेमध्ये उष्णतेचे एक नळीतून दुसऱ्या नळीत होणारे अभिसरण अधिक चांगल्या प्रकारे होईल. कारण खालच्या नळीतून वाहणारे पाणी गरम तर होत राहीलच परंतु प्रत्येक ठिकाणी ते वरील नळीतील पाण्याच्या तापमानापेक्षा कमी तापमानाचे असेल. असे होताना एका नळीतील पाणी दुसऱ्या नळीतील पाण्याच्या तुलनेत अधिक गरम असल्याचे आढळून येईल. तापमानातील फरकामुळे उष्णता



शोषून घेण्याची क्षमता वाढलेली असते.

माशाच्या कल्ल्यातून वाहणारे रक्त, पाण्याच्या प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेने वाहात असल्यामुळे पाण्यातील (ज्याच्यामध्ये मुळातच प्राणवायूचे प्रमाण खूप कमी आहे) प्राणवायू अधिकाधिक प्रमाणात शोषून घेण्यात यशस्वी होते.

शंभर वर्ग मीटर क्षेत्रफळाची फुफ्फुसे

उन्हाळ्यामध्ये पाण्याची वाफ होण्याचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे श्वसनस्तर ओलसर ठेवणे जमिनीवरच्या प्राण्यांना जड जाते. श्वसनाचे अवयव जर शरीराबाहेर असतील तर त्यांत प्राणवायू विनासायास मिसळत राहावा यासाठी ते अवयव सतत ओलसर ठेवणे हे एक दिव्य होऊन बसते. या दिव्यापासून मुक्ती मिळविण्याचा एक उपाय म्हणजे श्वसन स्तर शरीराच्या आतल्या बाजूला असणे हा होय. प्रत्येक पेशीला आवश्यक तेवढा प्राणवायूचा पुरवठा होणे

जरीचे असल्यामुळे मुबलक प्रमाणात तो शोषून घेता यावा यासाठी श्वसनस्तर गरजेपुरता मोठा असणे ही दुसरी महत्त्वाची बाब आहे. श्वसन स्तरापासून प्राणवायू प्रत्येक पेशीपर्यंत पोहोचविणे आणि तेथे तयार झालेला कर्बद्विप्राणिल वायू श्वसन-स्तरापर्यंत घेऊन येणे, हे महत्त्वाचे काम करण्यासाठी सस्तन प्राण्यांमध्ये एक नवा अवयव उत्क्रांतीत झाला - फुफ्फुसे.

फुफ्फुसांच्या आतली रचना एखाद्या लवचिक थैलीसारखी असते. या थैलीच्या आतला स्तर छोट्याछोट्या बुडबुड्यांसारखा दिसतो. यांना वायुकोश म्हणतात. ते सदैव ओलसर असतात. त्यातच वायूंचे आदान-प्रदान होत असते. यांच्यामुळे श्वसनस्तराचे एकूण क्षेत्रफळ खूप वाढते. जर फुफ्फुसांना बाहेर काढले आणि पसरले तर ते शंभर वर्ग मीटर इतकी जागा ते व्यापून टाकतील. वायुकोशांमध्ये रक्तवाहिन्यांचे जाळे

पसरलेले असते. हे रक्त शरीरातील पेशींपासून कर्बद्विप्राणिल वायू येथपर्यंत घेऊन येते आणि तो वायू येथे सोडून देऊन, प्राणवायू घेऊन पुन्हा शरीरातील पेशींपर्यंत प्रवास करते.

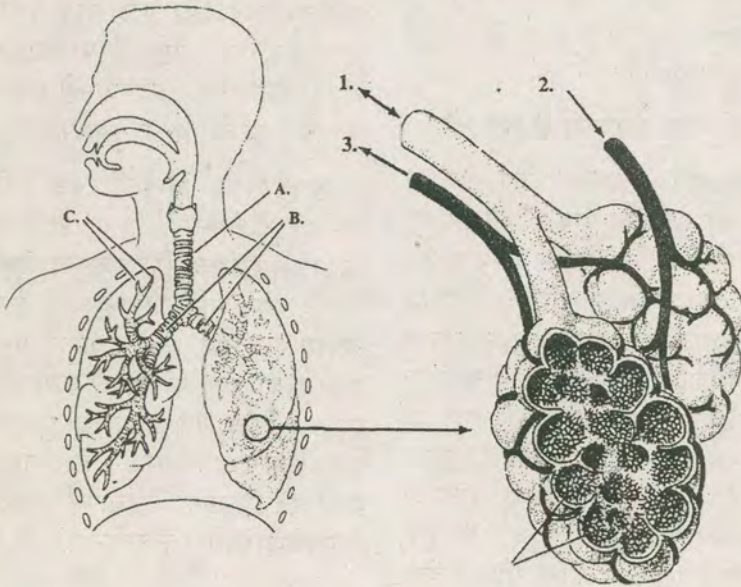
वायूंच्या आदान-प्रदानासाठी नलिका :

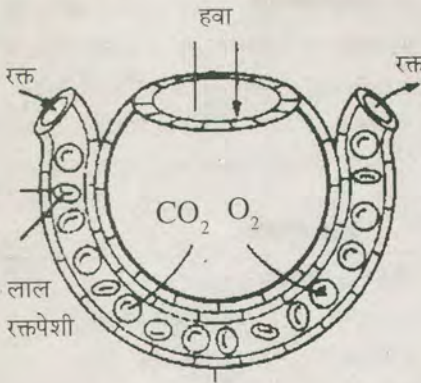
आणखी एका प्रकारची श्वसन पद्धती शरीरात विकसित झाली आहे. तिला 'श्वसननलिकानुवर्ति पद्धती' म्हणतात. कीटक याच पद्धतीच्या साह्याने श्वसन करतात.

कीटकाच्या शरीरात नलिकांचे जाळे पसरलेले असते. या नलिका शरीरातील प्रत्येक पेशींपर्यंत पोहोचलेल्या असतात. कीटकाच्या छातीच्या आणि पोटाच्या

खंडभागामध्ये डाव्या-उजव्या बाजूस श्वसन छिद्रे असतात. ही श्वसन छिद्रे एका बाजूने वातावरणाशी संपर्क साधून असतात तर दुसऱ्या बाजूने शरीरांतर्गत नलिकांशी जोडलेली असतात. या छिद्रांतून सरळ नलिकांमध्ये हवा प्रवेश करते. नलिकांच्या टोकाच्या भागामध्ये द्रवपदार्थ भरलेला असतो. हवेतील प्राणवायू या द्रवामध्ये मिसळतो आणि नलिकांना जोडल्या गेलेल्या ऊर्तिमध्ये वितरित होतो. याच प्रकाराने पेशींच्या आंत निर्माण झालेला कर्बद्विप्राणिल वायू या द्रवामध्ये वितरित होऊन नलिकेतील हवेमध्ये मिसळला जातो. याचा अर्थ असा की या पद्धतीत प्राणवायू घेऊन जाण्यासाठी

श्वसोच्छ्वासासाठी वापरली जाणारी श्वसननलिका व इतर उपनलिका. फुफ्फुसाचा एक छोटा भाग खालील आकृतीत मोठा करून दाखविला आहे. यात नलिका क्र. १ मधून ऑक्सिजन आत घेतला जातो व बाहेर सोडला जातो. नलिका क्र. २ मधून रक्त आत जाते. नलिका क्र. ३ मधून रक्त बाहेर येते. या प्रक्रियेत हवेतील ऑक्सिजनची आणि रक्तातील कार्बनडायऑक्साईडची देवाणघेवाण होते.





वायुकोश हे फुफ्फुसातील सर्वात छोटा भाग. या भागात रक्तपेशी ऑक्सिजन शोषून घेतात व कार्बनडायऑक्साईड बाहेर टाकतात.

की या पद्धतीत प्राणवायू घेऊन जाण्यासाठी कोणत्याही माध्यमाची (उदाहरणार्थ रक्त) आवश्यकता नसते. कीटक हे अतिउत्साही, चपळ असतात यावरून ही श्वसन पद्धती किती कार्यक्षम आहे आणि त्यांना आवश्यक असणारा प्राणवायू या पद्धतीने ते कसा पटकन मिळवतात हे कळते.

या सर्व श्वसनस्तरांमधली एक गोष्ट निश्चित ध्यानात घेण्याजोगी आहे. ती म्हणजे, ज्या प्राण्यांमध्ये श्वसन-स्तर आणि ऊतिपेशी हे एकमेकांपासून दूर अंतरावर असतात त्या प्राण्यांमध्ये वायूंना ऊतिपर्यंत नेणे आणि त्यांच्यापासून आणण्याचे कार्य रक्ताला करावे लागते. ते करण्यासाठी रक्तामध्ये असे काही रासायनिक पदार्थ असतात की जे प्राणवायूबरोबर सहजतेने मिळून संयुगे बनवू शकतात आणि पेशींच्या जवळ जाऊन विघटीत होऊन प्राणवायूला मोकळे करतात. या पदार्थांना 'श्वसन - रंगद्रव्य' म्हणतात.

उदाहरणार्थ, आपल्या रक्तामध्ये असणारे हिमोग्लोबिन ! हिमोग्लोबिन पाठीचा कणा असणाऱ्या जवळपास सर्व प्राण्यांच्या शिवाय गांडुळाच्या रक्तामध्येही असते. गांडुळांमध्ये आढळणारे हिमोग्लोबिन रक्तपेशींमध्ये नसून रक्तसामध्ये विरघळलेले असते. एवढाच फरक या दोघांमध्ये आहे. शिंपले, झिंगे, खेकडे, गोगलगाय अशा काही प्राण्यांमध्ये हिमोग्लोबिनऐवजी हिमोसायनीन नावाचा पदार्थ असतो. या पदार्थांच्या अस्तित्वामुळे त्यांच्या रक्ताचा रंग लाल न दिसता निळसर दिसतो. काही जातीच्या गांडुळांमध्ये हेमएरिथ्रिन अथवा क्तोरोक्रुओरिन ही रसायने श्वसनाला मदत करतात.

आतापर्यंत आपण पाहिलेल्या श्वसन-क्रियेमध्ये कोणत्या ना कोणत्या प्रकारच्या अन्नपदार्थांच्या ऑक्सिकरणाची प्रक्रिया अपरिहार्यपणे होत असते. परंतु गोलकृमि, पट्टकृमीसारखे प्राणी जे इतर प्राण्यांच्या शरीरातील कोणत्या ना कोणत्या अवयवांत शिरून, परोपजीवी या नात्याने आपले जीवन व्यतित करीत असतात. त्यांच्यापर्यंत हवा अथवा प्राणवायू कसा पोहोचतो? काही सूक्ष्म जीव तर अशा वातावरणांत जीवन जगत असतात की जेथे प्राणवायूचा पत्ताच नसतो. परंतु त्यांना उर्जेची आवश्यकता भासत असतेच. या आवश्यकतेची पूर्तता ते कशी घडवून आणतात?

अनाॅक्सी श्वसन :

जर शरीरात आवश्यक असलेल्या उर्जेची निर्मिती करण्यासाठी प्राणवायूची गरज नसेल तर? त्या प्रक्रियेस प्राणवायूची आवश्यकता नसते. म्हणून त्या प्रकारच्या श्वसनाला

‘अनॉक्सि श्वसन’ म्हणतात. त्यात उर्जेबरोबर कर्बद्विप्राणिल वायूच्या ऐवजी दुसऱ्या रासायनिक पदार्थाची अथवा कर्बद्विप्राणिल वायूबरोबरच इतर पदार्थाची निर्मिती होते. उदाहरणार्थ, जिलबीच्या पिठातील जीवाणू यीस्ट (किण्व) याच्या श्वसनाच्या प्रक्रियांपासून (इथिल) अल्कोहोल आणि कर्बद्विप्राणिल वायू यांपासून उर्जा निर्माण होते ती उर्जा ऑक्सिडेशनाने निर्माण होणाऱ्या उर्जेच्या तुलनेत खूपच कमी असते.

आपल्यालाही भाविष्यकाळात अनॉक्सी श्वसन करावं लागलं तर? घाबरण्यासारखं काही नाही. परंतु हे खरं की कधीकधी आपल्यासारख्या ऑक्सिडेशन करणाऱ्या प्राण्यांना अशा परिस्थितीला तोंड द्यावे लागते.

खूप वेगाने पळत असताना किंवा व्यायाम करताना श्वासोच्छ्वासाचा वेग वाढत जातो आणि पळणे अथवा व्यायाम करणे थांबवल्यावर थकल्यासारखे वाटते. या गोष्टीचा अनुभव तुम्हाला निश्चितपणे आला असेल. प्रत्यक्षतः अशा स्थितीमध्ये शरीराची कार्यक्षमता खूपच वाढलेली असते. त्यामुळे अधिक उर्जेची गरज भासते. याचा अर्थ असा की, पेशींना नेहमीपेक्षा अधिक उर्जा हवी असते. परंतु पाहिजे तेवढा पुरवठा मात्र होत नाही. त्यामुळे, साऱ्या शरीरातील प्राणवायूचे प्रमाण घटते. परिणामतः पेशींमध्ये घडत असलेल्या रासायनिक क्रियांमध्ये कर्बद्विप्राणिल वायू आणि उर्जा निर्माण होण्याऐवजी लॅक्टिक आम्ल हा पदार्थ अनॉक्सी श्वसनात तयार होतो. यामुळे व्यायामानंतर आणि वेगाने पळाल्यानंतर आपल्याला बराच वेळ जोरजोराने

श्वासोच्छ्वास करावा (फुंकणी फुंकावी तसा) लागतो. कारण त्यामुळे कमी पडणाऱ्या प्राणवायूचा पुरवठा वाढवला जाऊन लॅक्टिक आम्लापासून शरीराला मुक्ति मिळू शकते. लॅक्टिक आम्ल आणि प्राणवायू यांच्या रासायनिक प्रक्रियेतून कर्बद्विप्राणिल वायू पाणी आणि ऊर्जा निर्माण होते. ❖

लेखक : भरत पूरे

अनुवादक : डॉ. पुरुषोत्तम जोशी,
प्राणी शास्त्राचे प्राध्यापक, पुणे
विद्यापीठातून निवृत्त.

TRENVITHICKS,
PORTABLE STEAM ENGINE.



Catch me who can.

Mechanical Power Subduing
Animal Speed.

रिचार्ड ट्रेविथिक (१७७१ ते १८३३)
याने वाफेच्या इंजिनाचा उपयोग
मुलांना मजेचा प्रवास घडवण्यासाठी
केला. वरील चित्र ट्रेविथिकच्या या
प्रयोगाची जाहिरात आहे.

हवेतून हिरे !

हिरा हे कार्बनचं एक अपरूप आहे. कार्बनची इतरही अनेक अपरूपं आहेत - ग्राफाईट, कोळसा, काजळी, इ. या सर्वांमधला मुख्य फरक म्हणजे कार्बनच्या अणूंमधले वेगवेगळ्या प्रकारचे बंध आणि या अणूंची मांडणी. आपल्या भोवतालच्या सामान्य दाब व तापमानाच्या पर्यावरणात कार्बनचं ग्राफाईट हे अपरूप अधिक स्थिर असतं. म्हणजेच या पर्यावरणात कार्बनच्या अणूंना ग्राफाईटची संरचना बनविण्यासाठी कमी उर्जा लागते. याउलट भूगर्भात खोलवर असणाऱ्या उच्च दाब आणि तापमानाच्या पर्यावरणात कार्बनच्या अणूंना हिऱ्याची संरचना बनवणं कमी कष्टाचं असतं. यामुळे ग्राफाईट भूपृष्ठाजवळच सापडतं, तर हिरे मात्र खोल खाणीमधून काढावे लागतात. काही युक्तीनं जर आपण प्रयोगशाळेत कार्बनच्या अणूंच्या समूहाभोवती हिऱ्याच्या संरचनेला अनुकूल असं पर्यावरण निर्माण केलं तर हिरे तयार होतील.

हिरे बनविण्यासाठी जर प्रयोगात ९९ भाग हायड्रोजन आणि १ भाग मिथेन असं जवळजवळ वातावरणात आढळणारे मिश्रण एका निर्वात पोकळीत २००० डिग्री सें. इतक्या उच्च तापमानाला तापवलेल्या टंगस्टनच्या तारेवरून वाहू देण्यात आलं. ही तार तापविण्यासाठी त्यातून विद्युत प्रवाह पाठविला होता. या तारेखाली सुमारे १ सेंटीमीटर अंतरावर एक सिलिकॉनचा तुकडा ठेवलेला होता. या तुकड्याला आधी हिरकणीनं घासलेलं होतं. त्यामुळे हिरकणीचे सूक्ष्म कण (१ मायक्रॉन किंवा कमी आकाराचे) त्याच्या पृष्ठभागात घुसून बसलेले होते. तापलेल्या टंगस्टनच्या उर्जेमुळे हायड्रोजन आणि मिथेनच्या रेणूंचं विघटन झालं आणि प्रचंड प्रमाणावर आण्विक हायड्रोजन आणि हायड्रोकार्बनचे काही अतिक्रियाशील आयन तयार झाले. अणू आणि आयनांचं हे मिश्रण तुलनेनं कमी गरम (सुमारे ८०० डिग्री सें.) अशा सिलिकॉनच्या पृष्ठभागाबरोबर होणारी रासायनिक प्रक्रिया आणि त्या पृष्ठभागावर आधीच उपलब्ध असलेले हिरकणीचे कण या सगळ्यांचा एकत्रित परिणाम म्हणून हायड्रोकार्बन आयनांतील कार्बन अणूंना हिऱ्याची संरचना बनवण्यास अनुकूल परिस्थिती निर्माण झाली आणि काही मिनिटांत सिलिकॉनच्या पृष्ठभागावर हिऱ्याचे स्फटिक वाढू लागले. चार तासांनंतर टंगस्टनच्या तारेतून वाहणारा विद्युतप्रवाह आणि तारेवरून वाहणारा वायूंच्या मिश्रणाचा प्रवाह थांबवण्यात आला आणि सिलिकॉनचा तुकडा निर्वातातच गार होऊ दिला. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाखाली अशा प्रकारे बनलेल्या हिऱ्यांचे छायाचित्र काढता येते. या अंकाच्या शेवटी दाखविलेले छायाचित्र बघा.

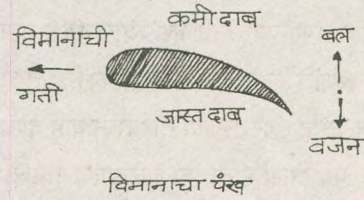
आपला हात जगन्नाथ

कागदाचे विमान

आपल्याला आयुष्यात कधी ना कधी वैमानिक व्हावं असं सर्वांनाच वाटतं. पक्ष्यांसारखं मुक्तपणे उडायला, खूप उंचीवरून शहरे, नद्या, डोंगर बघायला कोणाला नाही आवडणार. पण हवेपेक्षा कितीतरी पटीने जड असणारी विमाने व पक्षी हवेत अधांतरी कसे काय राहू शकतात? असा प्रश्न पडलाय कधी तुम्हाला? याचे रहस्य त्यांच्या आकारात दडलेले आहे. यावेळी आपण हवेत लांबवर उडणारे पण करायला सोपे असे विमान या कागदापासून बनवू. कात्री, गोंद व रंग मात्र तयार ठेवा.

विमान व पक्षी जर हवेत तरंगायला हवा असेल तर त्याच्या वजनाएवढेच बल वजनाच्या विरुद्ध दिशेने म्हणजे वरच्या दिशेने आपल्याला निर्माण करायला लागेल. परंतु सरळपणे वजनाएवढे बल निर्माण करणे जवळजवळ अशक्यच असते. कारण तेवढी उर्जाच आपण दिलेल्या वजनातून निर्माण करू शकत नाही. अर्थात बल निर्माण करण्याचे इतरही काही पर्याय आहेत. उदाहरणार्थ,

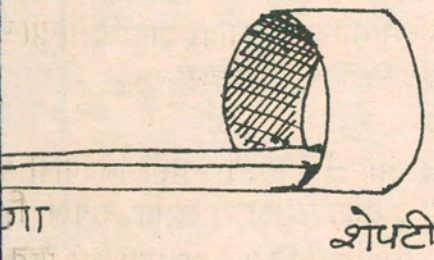
बल = दाब / क्षेत्रफळ



आता आपल्याला असा आकार व दाब

तयार करावा लागेल की ज्यापासून आपण विमानाच्या वजनाच्या विरुद्ध दिशेने वजनाएवढेच बल निर्माण करू शकू. हे जरी सोपे वाटले तरी असा आकार बनवण्यासाठी अनेक अयशस्वी प्रयत्न झाले. अखेर १७ डिसेंबर १९०३ साली विल्बर व ऑलिव्हर राईट बंधूंनी हे शक्य करून दाखवले. विमानावर वरच्या दिशेने बल निर्माण करण्यासाठी एक सोपी युक्ती त्यांनी वापरली. तुम्ही जर पक्ष्यांचा किंवा विमानांच्या पंखांचा आकार जवळून बघितलात तर तुमच्या लक्षात येईल की, पंखांना मागच्या बाजूला सुंदर बाक असतो. विमान जेव्हा खूप वेगाने पुढे जाते तेव्हा पंखाच्या या आकारामुळे हवा पंखाखाली दाबली जाते. अर्थात यामुळे विमानाच्या पंखाखाली जास्त व वरती कमी दाब निर्माण होतो व पूर्ण पंखावर वरच्या दिशेने बल निर्माण होते. अर्थात पुरेसे बल निर्माण होण्यासाठी पंखाचा आकार पुरेसा मोठा असावा लागतो. वजन मात्र वाढता कामा नये. अर्थात पंखाखालील दाब विमानाच्या गतीवरही अवलंबून असतो. जर विमान आवश्यक गतीने पुढे जात नसेल तर अर्थात वरच्या दिशेने निर्माण झालेले बल कमी पडेल व विमान उडणार नाही. म्हणूनच १९०३ सालाआधी अनेक लोकांची उडण्याची स्वप्नं स्वप्नंच राहिली. १९०३ साली राईट बंधूंच्या विमानाची गती ५० कि.मी. प्रती तास होती तेव्हा ते विमान उडू शकले.

चे पहिले उड्डाण (१७ डिसेंबर १९०३)

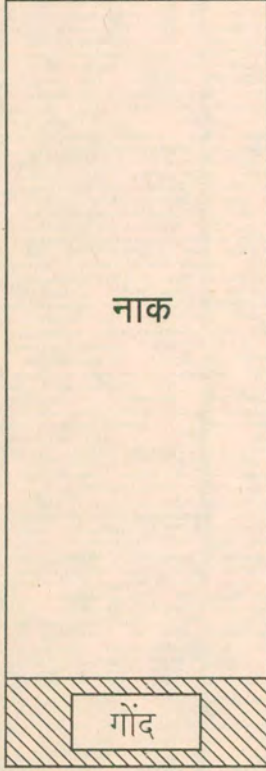


गा

शेपटी

कागदाचे

आपण आज असेच एक विमान बनवूया जे खूप वेळ हवेत तरंगेल. या विमानाचे तीन नाक.



☞ आधी या तीन पट्ट्या नीट कापून काढल्यामुळे आपण विमानाच्या मागच्या बाजूला आहोत.

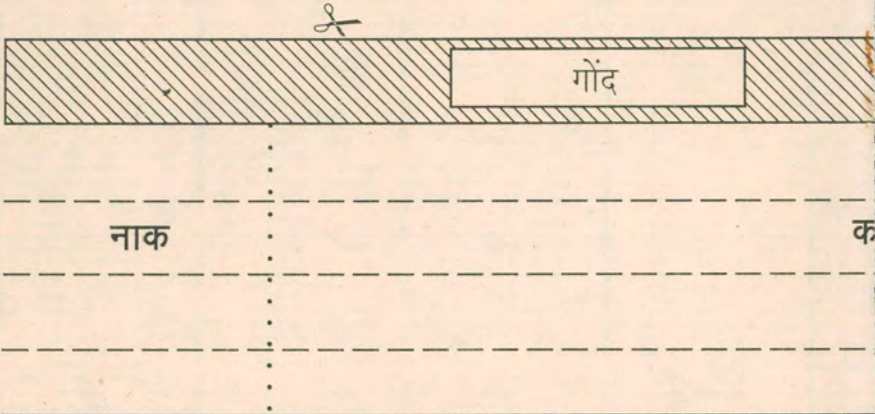
☞ आता कण्याचा कागद दिलेल्या रेषेवर करा.

☞ दाखविलेल्या पट्टीवर गोंद लावून ही

☞ शेपटी व नाक यांच्या टोकावरही गोंद बनवा. या तीनही गोष्टी नीट वाळू द्या.

☞ विमानाच्या कण्यावर दाखविलेल्या वरून घट्ट चिकटवा. पूर्ण वाळू द्या)

हे झाले आपले विमान. नाही विश्वास बसत मोकळी व वारा नसलेली जागा लागेल. विमान नाकाच्या दिशेने अलगद पुढे फेक



विमान

आपण दूर फेकले तर ते हवेच्या दाबामुळे
भाग आहेत. १. कणा, २. शेपटी व ३.

शेपटीची पट्टी नाकापेक्षा मोठी आहे. कारण
जास्त दाब (जास्त क्षेत्रफळ) निर्माण करणार

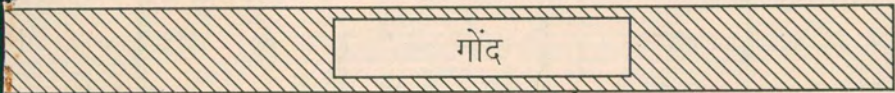
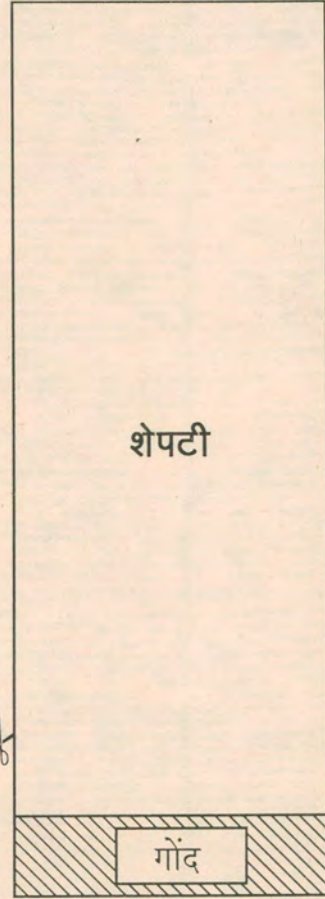
दुमडा व त्याची लांब चौकोनी नळकांडी तयार

नळकांडी बंद करा.

लावून त्यांची एक मोठी व एक छोटी बांगडी

भागी शेपटी व नाकाची बांगडी जोडा (गोंदाने

सत? हे विमान उडवण्यासाठी तुम्हाला
मानाचा कणा अलगद हातात धरून तुम्ही
(सोडा). थोडा प्रयत्न करावा लागेल.

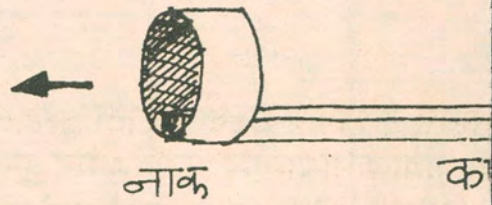
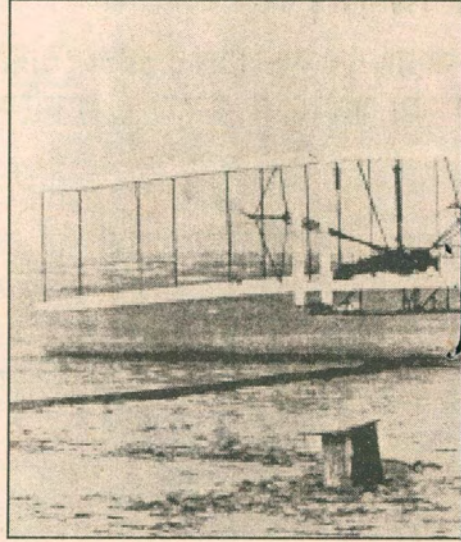


कणा

शेपटी

x

किटी हॉक येथे राईट बंधूंच्या विमान



आनुवंशिकतेचे नियम

शोधणारा धर्मगुरू - मेंडेल

१८५६ साली ऑस्ट्रिया (सध्याचा स्लोव्हाकिया) देशातील ब्रून शहरामध्ये एका ख्रिश्चन धर्मगुरूने आपल्याच धर्मशिक्षणसंस्थेच्या आवारातील बागेत वाटण्याच्या बिया पेरल्या. त्यानंतरच्या १० वर्षांत त्याने वाटण्याच्या रोपांवरील फुलांवर अनेक प्रक रचे प्रयोग केले. अनुवंशिकतेवर मूलभूत स्वरूपाचे संशोधन करणाऱ्या या धर्मगुरूचे नाव होते - ग्रेगर मेंडेल.

अनुवादक : बळवंत गोठोस्कर



मेंडेलने केलेल्या प्रयोगात प्रामुख्याने स्व-पराग सिंचन (Self-pollination) म्हणजेच फुलाच्या परागकणांचे त्याच फुलातील वर्तिकाग्रावर (stigma) सिंचन आणि पर-परागसिंचन (cross-pollination : म्हणजे एका फुलातल्या परागकणांचे दुसऱ्या रोपावरील फुलांवर सिंचन) अशा प्रयोगाचा समावेश होता. यातून निर्माण झालेल्या संकरित रोपांवरील फुलांचे सतत निरीक्षण करून असा निष्कर्ष काढला की फुलांचा आकार, पाकळ्यांचा रंग, त्यात तयार झालेल्या शेंगा, दाण्यांचा आकार, रंग, इत्यादी अनेक गुण हे स्व किंवा पर-परागसंयोगामुळे नव्हे, तर प्रभावी व अप्रभावी गुणांच्या विशिष्ट गणितीय नियमांनुसार पुढील पिढीत प्रकट होतात. त्याने अशा संशोधनाद्वारे जीवनातील आनुवंशिकता ही नियमबद्ध असल्याचे प्रतिपादन केले. आणखी खोलात जाऊन त्याने हेही सांगितले की प्रत्येक गुणसूत्रावरील जनुकांच्या (Genes) विविध गुणधर्मांचे नियमन दोन घटकांमुळे होते;



वरील चित्र मेंडेलने १८६६ साली केलेल्या कामाच्या कागदपत्रांमधून घेतले आहे. त्याने वाटाण्याच्या रंगावरून अनुवंशिकतेच्या नियमांचा अंदाज बांधला.

त्यापैकी एक नरजातीकडून येतो, परागीभवनातून व दुसरा स्त्रीजातीकडून. हे दोन्ही घटक परागसंयोगातून निर्माण होणाऱ्या संकरित बीजांमध्ये असतात. त्यातील एक घटक प्रभावी, क्रियाशील असून तो प्रकट होतो. दुसरा घटक हा अप्रभावी व अप्रकट राहतो. या दुसऱ्या घटकाचा प्रभाव लगेच दिसला नाही तरी क्रमवार पुढे येणाऱ्या पिढ्यांमध्ये तो प्रकट होतो. हे प्रयोगसिद्ध नियम त्याने शास्त्रज्ञांपुढे मांडले. जवळजवळ ३५ वर्षांपर्यंत कोणीही त्यांच्याकडे विशेष लक्ष दिले नाही. आता मात्र सर्व शास्त्रज्ञ हे मान्य करतात की या प्रयोगांमुळेच आनुवंशिकतेचे प्रमुख नियम प्रस्थापित झाले.

ग्रेगर जोहान मेंडेलचा जन्म ऑस्ट्रिया देशातील हाईसडॉर्फ या गावी ११ जुलै १८२२ रोजी झाला. शालेय शिक्षणानंतर ग्रेगरने ब्रून येथील ऑगस्टेनियन धर्मशिक्षणसंस्थेत (Monastery) प्रवेश घेतला आणि जन्मभर याच संस्थेत काम केले. संस्थेतील वातावरण बरेचसे मोकळे (स्वातंत्र्यपूर्ण) होते. तिथे धार्मिक शिक्षणाबरोबर वनस्पतीशास्त्राकडे ग्रेगर आकर्षित झाला. लहानपणी त्याने आपल्या वडिलांकडून रोपे-कलम करण्याचे कौशल्य शिकून घेतले होते. त्याच विषयाचा आणखी खोलात जाऊन अभ्यास करण्याचे त्याने ठरवले. संस्थेतील बागेच्या कोपऱ्यात त्याने फुलांतील परागकणांवर निरनिराळे प्रयोग सुरु केले. त्यात त्याने काळजीपूर्वक केलेल्या निरीक्षणात असे दिसले की संकरित (Hybrid) रोपांमध्ये काही गुणधर्म हे आश्चर्यकारकपणे सातत्याने प्रकट होतात. असेच प्रयोग त्याने उंदरावरही केले. दिसलेल्या परिणामांची कारणे शोधण्यासाठी ग्रेगरने अनेक शास्त्रीय पुस्तके आणि मासिके वाचली. त्याआधीही फुलातील परागकणांवर प्रयोग झालेले होते, पण त्यात काही नियमबद्ध परिणाम दिसले नव्हते. कुक्षीशी स्व किंवा पर-पराग संयोग व त्यातून निर्माण झालेल्या क्रमवार संकरित रोपांचे व त्यांच्या गुणधर्मांचे व्यवस्थित निरीक्षण व लिखाणही केले गेले नव्हते. हे सर्व लक्षात आल्यावर ग्रेगरने असेच प्रयोग मोठ्या प्रमाणात व्यवस्थितपणे करण्याचे ठरविले.

रोपे व त्यांच्या गुणधर्मांची निवड

सर्वप्रथम ग्रेगरपुढे रोपांच्या निवडीचा प्रश्न

उभा राहिला. या कामासाठी त्याला संकररहित विशुद्ध निर्मिती देणारी रोपे पाहिजे होती. दुसरा महत्वाचा प्रश्न म्हणजे त्या रोपांवरील फुलांचे बाहेरून (हवेतून किंवा कीटकांद्वारे) येणाऱ्या परागकणांपासून बचाव करणे. तसे न केल्यास नव्या पिढीमध्ये निवडलेल्या गुणांबरोबर बाहेरील गुणही मिसळून आनुवंशिकतेचे प्रयोग असफल झाले असते. बऱ्याच छाननीनंतर ग्रेगरने बागेतच उगवणाऱ्या वाटाण्याच्या रोपांची निवड केली. या फुलांमध्ये स्व-परागण होऊ शकते. शिवाय त्यांचा बाहेरील परागकणांपासून बचाव करणेही सोपे असते.

प्रयोगांच्या आरंभी २ वर्षे मेंडेलने वाटाण्याच्या ३४ उपजातींच्या बियांची लागवड केली. त्यातून त्याने २२ रोपांची निवड केली. ही रोपे, त्यावर येणारी फुले व शेंगा, त्यातील वाटाण्याचे दाणे इत्यादी गुणधर्मांचे त्याने ७ विभाग केले.

- १) बियांचा आकार गोल किंवा खडबडीत
- २) दाण्यांचा रंग पिवळा किंवा हिरवा
- ३) वरील आवरण राखाडी किंवा शुभ्र
- ४) शेंगेचा आकार टपोरा किंवा कप्पेदार
- ५) कच्च्या शेंगेचा रंग हिरवा किंवा गर्द पिवळा
- ६) रोपावरील फुले शेंड्यावर किंवा इतर फांद्यांवर
- ७) रोपांची लांबी आखूड किंवा उंच.

या गुणधर्मांच्या निवडीनंतर मेंडेल आपल्या प्रयोगांना सिद्ध झाला. सर्वप्रथम त्याने गोल व खडबडीत बीजे पेरली. नंतर खडबडीत बियांतून आलेल्या रोपांतील कळ्यांमधले पुंकेसर कापून टाकले. त्यामुळे

त्या कळ्यांत स्व-परागण होण्याची शक्यता नाहीशी झाली. त्याशिवाय वरून पातळ पिशव्यांचे आवरण घालून त्याने अशा कळ्यांचे बाहेरून येणाऱ्या परागकणांपासून संरक्षण केले. योग्य वेळ येताच गोल बियांच्या रोपांवरील फुलांचे परागकण गोळा करून मेंडेलने झाकलेल्या फुलांमधील वर्तिकाग्रांवर (Stigma) त्यांचे सिंचन केले. याच प्रकारे आधी निवडलेल्या सात गुणधर्मांच्या जोड्यांवर एकंदर ७० रोपांवरील फुलांवर २८७ प्रकारचे परागसिंचन प्रयोग केले.



प्रभावी आणि अप्रभावी गुणधर्म

जेव्हा अशा संकरित फुलांपासून शेंगा तयार झाल्या तेव्हा त्यातील परिणाम बघून मेंडेल चकीत झाला. खडबडीत बीजांपासून तयार झालेल्या रोपांवरील संकरित फुलांच्या शेंगांमधील सर्व दाणे गोलच होते. यावरून दाण्यांना गोल आकार देणारा गुण हा जास्त प्रभावी होता हे त्याच्या लक्षात आले. सर्व संकरित रोपांवरील फुलांचे, शेंगांचे व दाण्यांचे योजनाबद्ध निरीक्षण करून मेंडेलने

निवेडलेल्या जोड्यांमधले कुठचे गुण प्रभावी (प्रकटित) आणि कुठचे अप्रभावी (अप्रकटित) हे माहीत करून घेतले.

अशा संकरित रोपांमध्ये अप्रकटित राहिलेल्या गुणांचे काय झाले याचा शोध मेंडेलने पुढील प्रयोगांतून घेण्याचा प्रयत्न केला. संकरित रोपांवरील फुलांवर स्वपरागकण करून तयार झालेल्या दुसऱ्या पिढीतील शेंगांमधील दाणे पाहून मेंडेल पुन्हा चकीत झाला. त्यातील प्रत्येक शेंगेत गोल आणि खडबडीत असे दोन्ही प्रकारचे दाणे निघाले. अशा गोळा केलेल्या एकंदर ७३२४ दाण्यांमध्ये ५४७४ गोल दाणे (अ गट) आणि १८५० खडबडीत दाणे (ब गट) निघाले. याचा अर्थात प्रभावी आणि अप्रभावी गुणांचे दुसऱ्या पिढीत प्रकट होण्याचे प्रमाण ३:१ असे

शेतकऱ्यांच्या पोटी जन्माला आलेल्या ग्रेगॉर मेंडेलची १८४७ साली धर्मगुरू म्हणून नेमणूक झाली.



होते. हेच दाणे पेरल्यावर ब गटाच्या क्रमवार ७ पिढ्यांमधील शेंगांमध्ये फक्त खडबडीत दाणेच निघले. अ गटापासून निर्माण झालेल्या रोपांमध्ये निराळाच परिणाम दिसून आला. प्रत्येक ३ रोपांमधील दोन रोपांतून मिश्र प्रकारचे दाणे निघाले व तिसऱ्या रोपावरील शेंगांमध्ये फक्त गोल दाणे निघाले. यातून मेंडेलने असा निष्कर्ष काढला की शुद्ध, असंकरित गोल बियांपासून निर्माण झालेल्या सर्व पिढ्यांमध्ये गोल दाणेच निर्माण होतात. याउलट संकरित गोल बियांपासून तयार झालेली रोपे दोन प्रकारचे दाणे निर्माण करत होती व तेही ३:१ याच प्रमाणात.

प्रयोगांच्या पुढील मालिकेत मेंडेलने २ निराळे गुणधर्म असलेल्या रोपांच्या फुलांवर विरुद्ध गुण असलेल्या रोपांवरील फुलांचे परागण केले. उदाहरणार्थ गोल व पिवळे दाणे देणाऱ्या फुलांवर खडबडीत व हिरवे दाणे देणाऱ्या फुलांतील परागकणांचे सिंचन केले. अशा द्विगुणजोडी - संकरित बिया पेरल्यावर निर्माण झालेल्या पहिल्या पिढीतील शेंगांमध्ये फक्त गोल व पिवळे दाणेच निघाले. या पिढीतील फुलांचे स्वःपरागसिंचन केल्यानंतर मिळालेल्या दुसऱ्या पिढीतील शेंगांमध्ये ४ प्रकारचे दाणे निघाले. गोळा केलेल्या ५५६ दाण्यांमध्ये ३१५ गोल व पिवळे दाणे, १०१ खडबडीत पिवळे दाणे, १०८ गोल हिरवे दाणे आणि ३२ खडबडीत हिरवे दाणे मिळाले. या चार गटांचे प्रमाण होते ९:३:३:१. यानंतर खूप कष्ट घेऊन ३ गुणधर्मांच्या जोड्या असलेल्या रोपांवरील असेच प्रयोग केले. उदा: गोल, राखाडी आवरणासहीत पिवळे दाणे देणारी रोपे व खडबडीत, सफेत आवरणासहीत हिरवे दाणे देणारी रोपे यांचे



संकरण, त्यातून निर्माण झालेल्या पिढीमध्ये वेगळे गुण असणाऱ्या गटांची संख्या २७ होती. म्हणजेच गुणसंकरात तिप्पट वाढ झाली.

या नियमबद्ध क्रमवारीवर मेंडेलचा तरीही विश्वास बसला नाही. नंतरच्या प्रयोगांत त्याने संकरित गोल व पिवळे दाणे देणाऱ्या रोपांचे, पहिल्या पिढीतील गोल व पिवळे दाणे देणाऱ्या रोपांशी संकरण (Back - cross Fertilisation) केले. त्यातून तयार झालेल्या पिढीतही दाण्यांचे चार प्रकार मिळाले. गोल व पिवळे ३१ दाणे, गोल व हिरवे २६ दाणे, खडबडीत व पिवळे २७ दाणे व खडबडीत व हिरवे असे २६ दाणे. या चार गटांचे प्रमाणे १:१:१:१ असे होते. आता मात्र वर्णसंकरातील ३:१ प्रमाणाच्या नियमबद्धतेची मेंडेलला खात्री पटली.

वास्तविक पाहता चार्ल्स डार्विन या शास्त्रज्ञाने केलेल्या वर्णसंकर प्रयोगांतसुद्धा ३:१ या प्रमाणात गुणधर्म प्रकट झाले होते. पण त्यामागचे गणितीय महत्त्व डार्विनला समजले नव्हते. मेंडेलने हे जाणले की प्रत्येक गुण हा आनुवंशिक दृष्टीने स्वतंत्र असून निरनिराळ्या प्रकारच्या वर्णसंकरात त्याचा प्रभाव दिसतो. त्याने काढलेले निष्कर्ष असे आहेत. १) आनुवंशिकता ही स्वतंत्र

जनुकांच्या जोडीने एका पिढीतून पुढच्या पिढीत जाते. अशा संकरित पिढीत प्रभावी तसेच अप्रभावी असे दोन्ही प्रकारचे जनुक असतात. २) संकरित रोपांवरील फुलांच्या जननकोशिकांमध्ये संकरपूर्व आनुवंशिक सामग्रीचा अर्धाअर्धा हिस्सा असतो. ३) निरनिराळे गुण असलेल्या वनस्पती किंवा प्राणी यांच्या संयोगापासून निर्माण झालेल्या संकरित पिढीत सर्व गुणांचे याच प्रमाणात विभाजन झालेले असते.

लोकांचा प्रतिसाद

या वेळेपर्यंत मेंडेलने १२९८० नमुन्यांवर काम केले होते. त्यावर आधारलेला शोधनिबंध मेंडेलने ब्रूनमधील निसर्गशास्त्र संस्थेत (Natural Science Society) इतर शास्त्रज्ञांसमोर वाचला. पण त्या शास्त्रज्ञांना वनस्पतीशास्त्र आणि गणित यातील संबंध समजले नाहीत व निष्कर्षही पसंत पडले नाहीत. नंतर संस्थेच्या मासिकात त्याचे लेख छापून आले. त्याकडेही कोणाचे फारसे लक्ष गेले नाही. म्युनिक विश्वविद्यालयातील प्रसिद्ध वनस्पतीशास्त्रज्ञ प्राध्यापक कार्ल विल्हेम व्हॉन नागेली यांना मेंडेलने आपले प्रयोगसिद्ध निष्कर्ष कळविले. परंतु नागेली हे परंपरावादी शास्त्रज्ञ होते. एका अनोळखी व अप्रसिद्ध धर्मगुरुच्या प्रयोगांना त्यांनी काही महत्त्व दिले नाही. महिन्याभरानंतर त्यांनी मेंडेलला एक पत्र लिहून हॉकवीड या जातीच्या रोपांवर प्रयोग करण्यास सुचवले. मेंडेलने तेही प्रयोग केले. खरे पाहता हॉकवीड हे रोप अशा प्रकारच्या संशोधनाला योग्य नव्हते.

यानंतरच्या प्रयोगांत मेंडेलने लाल व

पांढरी फुले देणाऱ्या रोपांचे परस्पर - परागसिंचन करून संकरण केले. पहिल्या संकरित पिढीत सर्व फुले लाल रंगाची निघाली. दुसऱ्या पिढीत मात्र लाल, पांढरी व भिन्न भिन्न मिश्र रंगांची फुले निघाली. यातून त्याने असा निष्कर्ष काढला की वनस्पतींच्या फुलांचा रंग हा गुण एकापेक्षा जास्त जनुकांकडून नियंत्रित होतो व त्यामुळे दुसऱ्या पिढीतील फुलांमध्ये रंगांची विविधता आढळते.

काही वर्षांनंतर मेंडेल ब्रूनच्या धर्मसंस्थेचा प्रमुख संचालक झाला. त्याच्यावर इतरही जबाबदाऱ्या आल्यामुळे त्याला आपल्या प्रयोगासाठी वेळ काढता आला नाही. ६ जानेवारी १८८४ या दिवशी मेंडेलचे निधन झाले.

मेंडेलने प्रतिपादन केलेल्या नियमांचे सर्वात मोठे वैशिष्ट्य म्हणजे त्यांनी डार्विनच्या उत्क्रांतीवादाला त्याच्या प्रयोगांमुळे वैज्ञानिक आधार मिळाला. डार्विनच्या सिद्धांतानुसार नैसर्गिक उत्क्रांतीमुळे अनेक प्रकारचे विशिष्ट गुण हे निरनिराळ्या जातींमध्ये एकत्र येतात व त्यातून ते एका पिढीतून दुसऱ्या पिढीत दिले जातात. ते कसे दिले जातात? या प्रश्नाला डार्विनकडे काही उत्तर नव्हते. मेंडेलने प्रसिद्ध केलेल्या शोधनिबंधात स्पष्टपणे प्रतिपादन केले होते की हे गुण विशिष्ट जनुकांच्या जोडीने पुढच्या पिढीत दिले जातात. हे जनुक जननकोशिकांमध्ये निरनिराळे राहतात. या दोन्ही सिद्धांतांचे महत्त्व ह्युगोडरीस या डच शास्त्रज्ञाला समजले. त्याने प्रिमरोझ या रोपांवर असेच प्रयोग केले व मेंडेलचे शोधनिबंध पुन्हा प्रकाशात आणले. २४ मार्च १९०० या

दिवशी (मेंडेलच्या मृत्यूनंतर १६ वर्षांनी) रीसने जर्मन वनस्पतीशास्त्र संस्थेत आपले प्रयोग व निष्कर्ष सादर केले व त्यांचे सर्व श्रेय मेंडेलला दिले.

या वर्षी २४ एप्रिल रोजी कार्ल कोरेन्स नावाच्या जर्मन शास्त्रज्ञाने वाटाण्याच्या संकरीकरणाचे आपले प्रयोग जर्मन संस्थेत सादर केले; याच विश्वासाने की त्यांचे सर्व श्रेय त्यालाच मिळेल. आणखी दोन महिन्यांनंतर एरिक शेरमाक या ऑस्ट्रियन शास्त्रज्ञानेही याच संस्थेत वनस्पती संकरणावरचे आपले प्रयोग सादर केले. त्यालाही खात्री होती की संकरीकरणाचे नियम शोधण्याचे श्रेय त्यालाच मिळेल. नंतर मात्र या दोघांचीही खात्री पटली की ३५ वर्षांपूर्वीच मेंडेलने या गुणधर्मांच्या आनुवंशिकतेसंबंधीचे नियम शोधले होते.

या तीन शास्त्रज्ञांनी मेंडेलला श्रेय दिल्यावरच विश्वभरच्या शास्त्रज्ञांचे मेंडेलच्या प्रयोगांकडे लक्ष गेले. कित्येक दशकांच्या उपेक्षा आणि विलंबनानंतर मेंडेलला त्याची योग्य प्रतिष्ठा मिळाली. त्याचबरोबर आनुवंशिकता या शास्त्रात मेंडेलवादाला मान्यताही मिळाली. ❖

मूळ लेख **शैक्षिक संदर्भ**च्या जाने-फेब्रु. १९९८ च्या अंकामध्ये प्रकाशित झाला आहे.

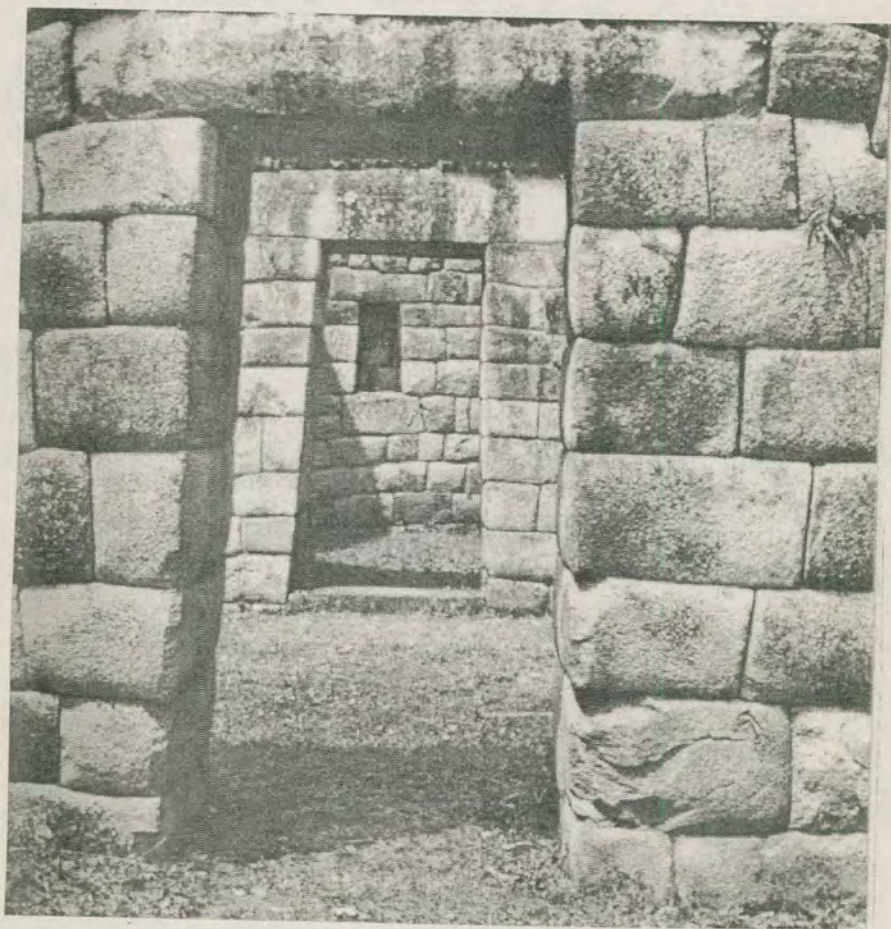
अनुवादक : बळवंत गोठोस्कर, कर्करोगावर टाटा कॅन्सर रिसर्च इन्स्टिट्यूटमध्ये अनेक वर्षे संशोधन, विज्ञान लेखनाची आवड.



इनामगाव ना कधी कुठल्या साम्राज्याची राजधानी होती, ना तिथे कुणी महापुरुष जन्मला ह्यंता, ना ते कुठल्या महान ऐतिहासिक घटनेचे केंद्रस्थान होते ! पण तरीही ३६०० वर्षांपूर्वी तिथे राहणारे लोक नक्कीच विशेष असले पाहिजेत.

लेखक : सी. एन. सुब्रह्मण्यम
अनुवाद : मीना कर्वे

खोदून काढलं..... एक गाव !





जेव्हा आपण पुरातत्त्वशास्त्र किंवा उत्खननाविषयी विचार करायला लागतो तेव्हा अनेक कल्पना आपल्या डोळ्यासमोर तरळू लागतात. सुंदर सुंदर मूर्ती, सोन्या-चांदीचे दागिने, हिरे-माणके, नागी एक नां दोन, काय काय आश्चर्यजनक गोष्टी बघायला मिळतील, अशी आशा वाटू लागते. आपल्याला कुठे माहीत असते की जिथे उत्खनन चालू असते तिथे उत्खनन करणारे शास्त्रज्ञ प्राचीन अवशेषांच्या मातीच्या ढिगाऱ्यात लेंड्या शोधत असतात आणि लेंड्यांचे प्रमाण कुठल्या काळात जास्त आहे अन् कुठल्या काळात कमी आहे ह्याची त्यांना काळजी पडलेली असते! एवढेच काय एखादा कुणी अमुक अमुक काळात कुत्र्यांची हाडे तुटलेली व जळलेली का बरे मिळतायत या प्रश्नामुळे विचारात पडलेला असतो. ह्या माणसाचे डोके फिरलेय असे आपल्याला नक्कीच वाटे! पण अशाच माथेफिरू शास्त्रज्ञांची एक टोळी पुण्याच्या डेकन कॉलेजमधून निघाली आणि महाराष्ट्रातल्या इनामगावावर लागोपाठ कित्येक वर्षे स्वारी करत राहिली, तिथे उत्खनन करून लहानसहान सापडतील त्या सगळ्या वस्तू एकत्र जमवत राहिली आणि त्या वस्तू कशा स्थितीत मिळाल्या याबद्दल टिपणे करत राहिली. परिसर काही फार मोठा नव्हता, जवळपास ५ हेक्टर !

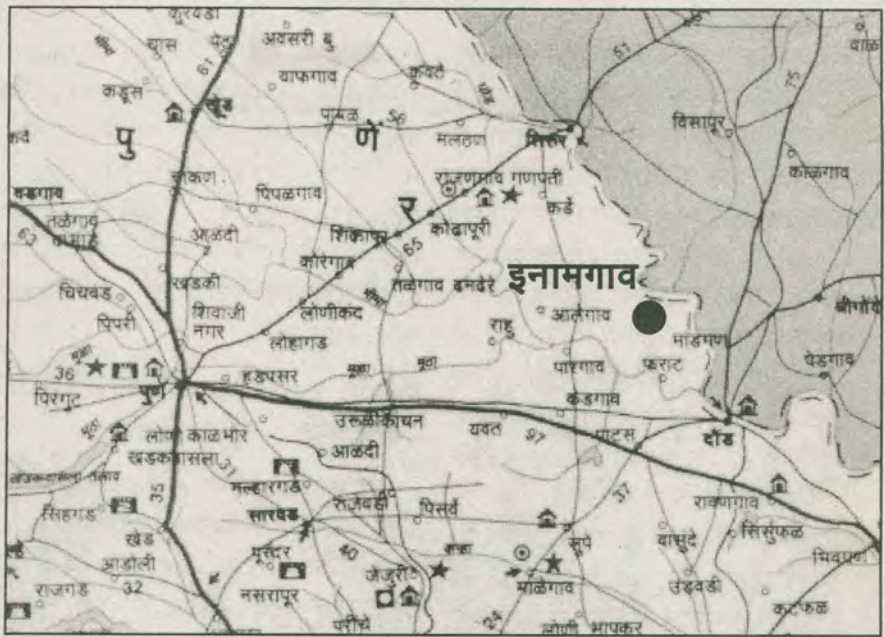
ह्या परिसरात राहणाऱ्या या प्रागैतिहासिक लोकांचे असे काय बरे वैशिष्ट्य होते की त्यांच्यावर कुणी एवढी मेहनत घेऊन संशोधन

करावे? इनामगाव ना कधी कुठल्या साम्राज्याची राजधानी होती ना तिथे कुणी महापुरुष जन्माला होता, ना कुठल्या महान ऐतिहासिक घटनेचे ते केंद्रस्थान होते ! पण तरीही ३६०० वर्षांपूर्वी तिथे राहणारे लोक नक्कीच विशेष असले पाहिजेत. हे लोक अशा एका प्रदेशात ६०० वर्षांहून अधिक काळ समृद्ध जीवन जगले की जिथे आजच्या काळातल्यासारखे सरकारी अनुदान मिळूनदेखील सर्वसाधारण जीवन जगणे कठीण होऊन बसते ! दक्षिण महाराष्ट्राचा हा भाग तीव्र दुष्काळाचा भाग आहे. इथे ५० वर्षांमध्ये ११ वर्षे दुष्काळाची व त्यापैकीही ७ वर्षे तीव्र दुष्काळाची असतात, असे दिसून येते. त्यामुळेच आपल्यापुढे असा प्रश्न उभा राहतो की ३६०० वर्षांपूर्वी ह्या प्रदेशातील लोकांनी अशी कोणती युक्ती योजली होती की जेणेकरून त्यांना अशा दुष्काळग्रस्त परिस्थितीतही समृद्ध जीवन जगणे शक्य झाले? तेव्हा तर नांगर-बैल यांचाही उपयोग होत नसावा, कारण त्या काळात लोखंडाचा वापर करण्यास सुरुवातच झालेली नव्हती !

लेंड्या आणि हाडांचा इतिहास

शेळीच्या लेंड्या आणि कुत्र्यांची हाडे यांचा माणसांच्या जीवनपद्धतीशी काय बरे संबंध असेल? कोणत्याही घरात सापडणाऱ्या शेळ्यांच्या लेंड्यांवरून त्या घरात असणाऱ्या धान्याच्या साठ्याचा अंदाज बांधता येतो.

कुत्र्यांची हाडेही कमी महत्त्वाची लेखून चालणार नाही. सर्वसाधारणपणे असे मानले जाते की कुठल्याही देशाच्या संस्कृतीनुसार माणूस जर कुठल्या जनावराला आपला मित्र



किंवा आपल्या कुटुंबाचा सदस्य मानत असेल तर ते जनावर म्हणजे कुत्रा ! आपल्याला जर माणसे कुत्री मारून खात होती अशी चिन्हे आपल्याला दिसायला लागली तर नक्कीच एकूण परिस्थिती फार बिकट असली पाहिजे असा निष्कर्ष आपण काढू शकतो. जनावराची सापडलेली हाडे जर तुटलेली किंवा भाजलेली आढळली तर माणसाने ते जनावर खाण्यासाठी उपयोगात आणले असले पाहिजे, असे आपण समजू शकतो.

इनामगावच्या उत्खननात सापडलेल्या

लेंड्या आणि कुत्र्यांची हाडे ही या दुष्काळग्रस्त प्रदेशातील लोक आपली गुजराण कशी करत होते हे समजून घेण्यासाठी महत्त्वाची ठरतात. पण हे सगळेच एक गहन कोडे आहे. ते उलगडण्यासाठी आपल्याला अधिक माहिती मिळवणे प्राप्त आहे.

इनाम गाव : एक ओझरता दृष्टिक्षेप

माळव्याहून आलेले लोक : इनामगाव इथे लोक कधी वस्ती करू लागले ते पाहू. इथे मनुष्यवस्तीचा इतिहास ३६०० वर्षांपूर्वीपासून

इनामगाव आहे कुठे? पुणे-नगर रस्त्यावर शिरूर हे गाव लागते. शिरूर-न्हावरे-इनामगाव अशी बस पुण्याहून निघते. आज इनामगावला उत्खननाची जागा म्हणजे केवळ टेकड्या बघायला मिळतील-वस्तीपासून तीन किलोमीटर अंतरावर. परंतु इनामगावातील प्राचीन संस्कृती कशी होती ते बघायला आपण पुण्यातील डेक्कन कॉलेजच्या संग्रहालयाला भेट देऊ शकता. त्यासाठी संग्रहालय विभाग, डेक्कन कॉलेज, पुणे येथे संपर्क साधावा.

सुरू होतो. याच काळात सिंधू संस्कृतीतील गावे उजाड व्हायला सुरुवात झाली होती आणि दूर वायव्येकडे संस्कृत बोलणाऱ्या लोकांच्या टोळ्या येऊन वस्ती करू लागल्या होत्या. याच काळात माळव्यात एक शेतकरी समाज वर येऊ लागला होता. ३६०० वर्षांपूर्वी (इ.स.पू. १६००) या लोकांपैकी काही लोक महेश्वराच्या दक्षिणेला तापी आणि गोदावरी नद्यांच्या खोऱ्यातून येत येत महाराष्ट्राच्या दक्षिणेपर्यंत येऊन पोहोचले. या मार्गात अनेक ठिकाणी त्यांनी वस्ती केली. हे लोक इतक्या दक्षिणेला आणि ते सुद्धा अशा दुष्काळी प्रदेशात का वसले हे सांगणे जरा कठीण आहे. कारण काहीही असो, पण हे मात्र खरं की इ.स.पू. १६०० पर्यंत माळव्याच्या शेतकरी समाजाशी संपर्क ठेवणाऱ्या लोकांनी इनामगावात वस्ती केली होती. त्या काळात माळव्यातले लोक ज्या प्रकारची भांडीकुंडी वापरत असत त्याच प्रकारची भांडी हे लोक वापरत असत. जवळजवळ २०० वर्षांपर्यंत हीच वहिवाट होती. मग त्यानंतर पश्चिम महाराष्ट्रातील शेतकऱ्यांची स्वतःची संस्कृती विकसित होऊ लागली. ती आज 'जोर्वे संस्कृती' या नावाने ओळखली जाते. इथे संस्कृतीचा अर्थ लोकांच्या राहण्याची, जीवन जगण्याची पद्धत असा आहे. ही पद्धत माळव्यातील जीवनपद्धतीपेक्षा वेगळी होऊ लागली होती. या स्थित्यंतराची चिन्हे सर्वात प्रथम महाराष्ट्रातील जोर्वे नावाच्या ठिकाणी दिसून आली म्हणून त्याला जोर्वे संस्कृती असे म्हणतात.

इ.स.पू. १६०० ते १४०० हा काळ (माळवा-काळ) फार संपन्न होता, असे

म्हणता येणार नाही, पण तरीही या काळात लोकांचे जीवन बऱ्यापैकी विकसित झालेले होते. शिकार, पशुपालन आणि शेती या तिन्ही मार्गांनी लोक आपला निर्वाह करत होते. ते गहू, जव (सातू), डाळी, वाटाणे, मटकी इ पिकवत होते आणि चौकोनी घरातून राहात होते. त्यावेळची कित्येक घरे जमिनी खणून बांधलेली होती.

**इ.स.पू. १४०० ते १००० पर्यंत
(जोर्वे काळ - १) :**

हा इनामगावातील सर्वात संपन्न काळ होता. या काळात इथे लोकवस्ती जवळजवळ १००० होती. लोकांच्या घरांचा आकार चौकोनी व बऱ्यापैकी मोठाही होता. त्यांचे दूरदूरच्या प्रदेशातील लोकांशी व्यापारी संबंध होते. गुजराथ, कर्नाटक, कोकण या प्रदेशातील वस्तूंचा इनामगावात उपयोग होऊ लागला होता. आपल्या वैभवाचे संरक्षण करण्यासाठी त्यांनी वस्तीच्या चारी बाजूंना मातीची भिंत बांधून तटबंदी केली असल्याचे उत्खननात आढळून आले आहे.

**इ.स.पू. १००० ते ७०० पर्यंत
(जोर्वे काळ - २) :**

सुखद गोष्टींचा कधीतरी दुःखदायी शेवट होतोच. इनामगावालाही अशा दुःखद काळाला तोंड द्यावे लागलेले दिसते. या काळात समृद्धी आटली, प्रत्येक क्षेत्रात राहणीमानाचा दर्जा घसरला आणि काही काळाने तर स्मशानकळा येऊन वस्ती पार उध्वस्तच झाली.

संपन्नता आणि न्हास या दोन्ही काळांची जरा बारकाईने पाहणी करू.

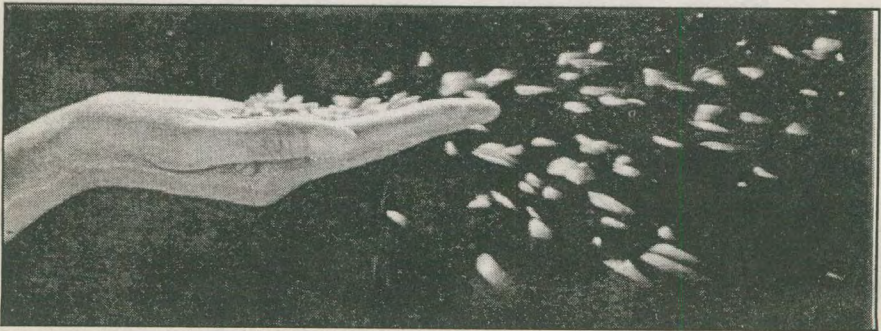
जळक्या दाण्यांना विचारू या :

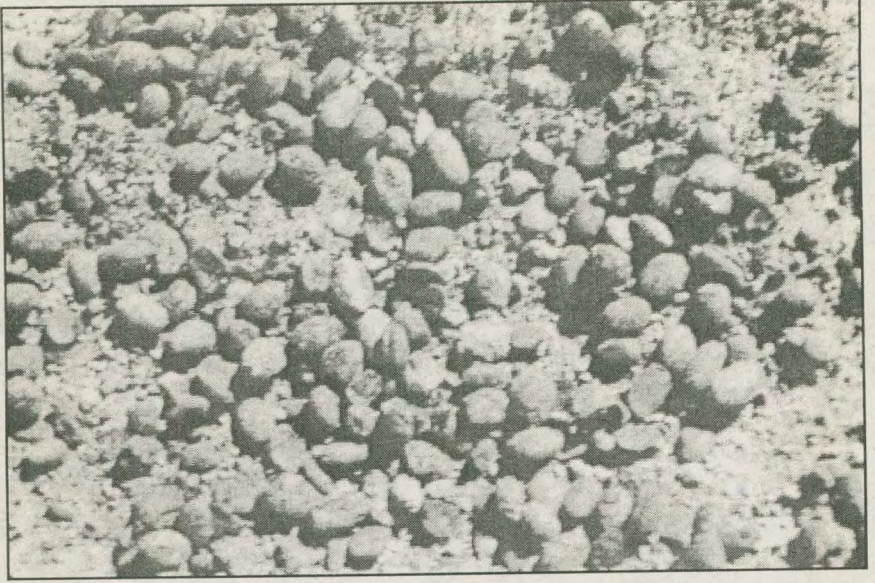
३६०० वर्षांपूर्वी लोक कोणकोणती धान्ये पिकवत होते हे आपल्याला कसे कळले? अन्नधान्याचे दाणे कालांतराने सडून कुजून नष्ट होतात. आपल्याला आश्चर्य वाटेल की या गावात अन्नधान्याचे दाणे सापडले - पण भाजताना जळलेले ! जळले की दाणे खराब होत नाहीत, तर शेकडो -हजारो वर्षे तसेच राहतात. त्या काळी लोक काय काय खात होते हे इतिहासकारांनी जाणून घ्यावे म्हणून तर हे दाणे भाजून जाळून ठेवले नसतील?

जे धान्य पीठ करून खातात ते प्रथम चांगलं भाजून घेतात. भाजल्यामुळे धान्यातला दमटपणा नाहीसा होऊन ते चांगले कोरडे होते. चेमट धान्य दळणे किती अवघड जाते हे आपल्याला माहीतच आहे. इनामगावात जे लोक धान्य भाजण्याचे काम करीत असत त्यांना इतरही बरीच कामे करावी लागत असली पाहिजेत हे आपले नशीबच म्हणायचे ! कारण त्यामुळेच त्यांचे बरेच दाणे जळत असत. सर्वसाधारण भारतीय परंपरेनुसार असा कचरा लोक आपल्या घराच्या बाहेर टाकत असत. हे दाणे तिथेच पडून राहिले आणि 'अहिल्ये' सारखी डेकन

कॉलेजच्या पुरातत्त्ववेत्त्यांची वाट बघत राहिले. (इनामगावातील शास्त्रीय उत्खननात १६३ घरांचे अवशेष मिळाले. त्यापैकी ४३ घरांत किंवा घराबाहेर असे जळके दाणे मिळाले आहेत.)

इनामगावात वेपवाईने किंवा काही दुसऱ्या कारणांमुळे आगीत जळालेली २-३ घरे सापडली. त्यापैकी एकामध्ये जळलेले दाणे सापडले. या दाण्यांमध्ये गहू, तूर, वाटाणा, मटकी, वाल, ज्वारी, नाचणी, उडीद, मूग, हरभरा, केशरी डाळ आणि तांदूळ हे सर्व धान्य सापडले. हे सर्व प्रकार वेगवेगळ्या वेळी व वेगवेगळ्या प्रकारच्या जमिनीमध्ये पिकवले जातात. प्रत्येकाची पाण्याची आवश्यकता वेगवेगळी असते. यावरून हे स्पष्ट होते की इनामगावचे लोक कुठल्या एक-दोन प्रकारच्या पिकांवर विसंबून न राहता वेगवेगळी पिके घेत होते. त्यामुळे दुष्काळ किंवा पूरपरिस्थितीत एक पीक नष्ट झाले तर, निदान दुसरे तरी हाती येण्याची शक्यता वाढत असे. इनामगावासारख्या पर्जन्यछायेच्या प्रदेशात पाऊस पडण्याची शक्यता कमीच - केव्हा जास्त पाऊस पडेल, केव्हा सरासरी एवढा तर केव्हा कमी हे सांगता येत नसे. या लोकांना





जळलेल्या दाण्यांवरून कळलेला इतिहास : इनामगावातील लोक कोणकोणती पिके काढत होते हे कसे समजले ? तिथे सापडलेल्या धान्यांच्या जळलेल्या दाण्यांवरून आपल्याला समजले. या काळातील लोक धान्यांचे पीठ करण्यासाठी पाट्या-वरवंट्याचा उपयोग करत असत. जर दाण्यांमध्ये पाण्याचा अंश असेल तर पीठ दळणे कठीण होऊन बसते. त्यामुळे पीठ करण्यापूर्वी दाणे भाजून खडखडीत करून घ्यावे लागत. या भाजण्याच्या प्रक्रियेमध्ये बरेचसे दाणे करपून जात, असे करपलेले दाणे इनामगावातले लोक बाहेर कचऱ्यामध्ये टाकून देत. करपलेले दाणे हजारो वर्षांपर्यंत सुरक्षित राहू शकतात. या गावातल्या कचऱ्यामधून जे दाणे मिळाले त्यात गहू, जव, तूर, वाटाणा, मटकी, वाल, ज्वारी, नाचणी, उडीद, मूग, हरभरा, केशरी डाळ आणि तांदूळ या धान्यांचे दाणे होते.

सर्व प्रकारच्या परिस्थितीला तोंड देण्यासाठी नेहमीच सुसज्ज रहावे लागे. म्हणूनच वेगवेगळी पिके घेऊन ते आपली जोखीम कमी करण्याचा प्रयत्न करत असले पाहिजेत. मग अतिवृष्टी असो की अवर्षण, एखादे तरी पीक हाती येण्याची शक्यता वाढत असे. दुष्काळग्रस्त भागात पोट भरण्याची समस्या सोडविण्याचा हा उपाय महत्त्वपूर्ण समजला पाहिजे.

तरीही आपल्याला प्रश्न पडतो की या सर्व पिकांपैकी कोणते अधिक महत्त्वाचे होते व

कोणते कमी ! याचे उत्तर शोधणे जरा कठीणच आहे. ज्या पिकांचे दाणे जास्त प्रमाणात सापडले ती पिके अधिक प्रमाणात घेतली जात होती असे गृहीत धरले तर मिळालेली धान्ये आणि डाळी यांच्या दाण्यांची तुलना करून आपण काही अनुमान काढू शकू. अर्थात हे लक्षात ठेवले पाहिजे की आपल्याला भाजताना करपलेले दाणे सापडले आहेत. ज्या धान्याचे पीठ करून वापरत असत ती धान्येच भाजली जात, डाळी कमी प्रमाणात भाजल्या जात असणार.

त्यामुळे गहू किंवा जव या धान्यांचे करपलेले दाणे डाळीपेक्षा जास्त मिळण्याची शक्यता आहे. म्हणून ज्या प्रमाणात वेगवेगळी पिके घेतली जात त्या प्रमाणात अन्नधान्याचे दाणे मिळाले, असे म्हणता येणार नाही.

गहू आणि जव यांचे उदाहरण घेऊ. संपूर्ण वस्तीत मिळालेल्या करपलेल्या दाण्यांमध्ये जवाच्या दाण्यांचे वजन गव्हाच्या दाण्यांच्या वजनाहून १२ पट जास्त भरले. यावरून आपल्याला वाटेल की जव अधिक पिकत असेल. तिथे जवळच केलेल्या उत्खननात लोकांच्या विष्टेचे जे अवशेष सापडले त्यात गव्हाचे वजन जवाच्या वजनाच्या दुप्पट होते. वस्तीमध्ये मिळालेले दाण्यांचे अवशेष आणि माणसांच्या विष्टेतून मिळालेल्या दाण्यांचे अवशेष या दोन्हीमध्ये इतकी विसंगती कशी असा प्रश्न पडतो. याचे एक कारण असे असू शकेल की माणसे स्वतः गहू खात होती आणि जनावरांना जव खायला घालत होती. म्हणजेच मामला वाटतो तितका सरळ दिसत नाही !

जर आपण पिकांची यादी बघितली तर अधिक पिके रब्बीची दिसून येतात. एखाद्या दुष्काळग्रस्त प्रदेशात खरीपाऐवजी रब्बीमध्ये पिके घेतली जाणे आश्चर्यकारक आहे. याची कारणे अनेक असू शकतील. एक तर इथली माती काळी, चिकणमाती आहे. ही माती पावसाचे पाणी बऱ्याच काळपर्यंत धरून ठेवणारी असते. काळ्या मातीत मान्सूनमध्ये मुल्लेल्या पावसाची ओल थंडीपर्यंत टिकून राहू शकते. या कारणामुळे या मातीत रब्बीची पिके घेणे शक्य आहे.

या प्रदेशात गव्हाचे पीक पावसाच्या

पाण्यावर घेणे अशक्य आहे. इनामगावाच्या उत्खननात असे दिसून आले आहे की, सुरुवातीच्या माळवा-काळामध्ये गहू पिकवला जात नसे आणि शेवटच्या पतनाच्या काळातही पिकवला जात नसे. फक्त समृद्ध जोर्वे काळातच गहू पिकवला गेल्याचे दिसते. याचे कारण शोधता शोधता डेक्कन कॉलेजच्या शास्त्रज्ञांना एक महत्त्वपूर्ण शोध लागला. जवळच्या नदीतून एक कालवा काढलेला होता आणि त्याच्या एका बाजूला उंच बांधही घातलेला आढळला. या कालव्यातून शेत जमिनीपर्यंत पाणी वाहून नेणारा एक पाटही काढलेला आढळला. मोठा कालवा साडेतीन मीटर खोल होता व खाली दगड लागेपर्यंत खोदलेला होता. दगड लागेपर्यंत अशासाठी खणला असावा की ज्यामुळे साठवलेले पाणी मातीत मुरून वाया जाऊ नये. या कालव्याची रुंदी ४ मीटर होती म्हणजेच जास्तीत जास्त प्रमाणात पाणी आणून तलावाप्रमाणे साठवूनही ठेवता यावे. कदाचित यासाठीच एका बाजूला बंधारा बांधलेला होता.

हा शोध अत्यंत महत्त्वपूर्ण समजला पाहिजे. कारण यापूर्वी भारतात कालवा - सिंचनाचे पुरावे कुठेही सापडलेले नाहीत. इनामगावात लोक पावसाळ्यात नदीतून वाहून जाणारे पाणी पाट - कालव्यांद्वारे शेतापर्यंत आणत होते आणि जास्तीचे पाणी साठवून थंडीच्या दिवसात गव्हाच्या पिकाला पाणी देत होते. अशा रीतीने या लोकांनी पावसाच्या समस्येवर मात करण्याचा महत्त्वपूर्ण तोडगा काढला होता, असे दिसते.

जंगल आणि शिकार :

इनामगावात हाडांचे २४०० तुकडे

सापडले. यामध्ये हत्ती, गेंडा, हरण, बारशिंगा, नीलगाय, जंगली रेडा, चितळ या जनावरांपासून डुकर वगैरेंसारख्या जनावरांची हाडे आहेत. याशिवाय माशांची हाडेही बऱ्याच प्रमाणात सापडली आहेत. यावरून विकसित शेती असूनही लोक मांसाहारी भोजनावरही अवलंबून होते असे दिसते.

जंगलात शिकार करण्याखेरीज लोक तऱ्हेतऱ्हेची फळे आणि भाज्याही गोळा करून आणत असत. हे लोक बोरांचे खूप शौकिन होते असे दिसते. त्यांच्या घरातून बोरांच्या खूपच बिया सापडल्या आहेत. बोरांशिवाय जांभळे आणि शेंदोळ्या गोळा करत असल्याचे पुरावे आहेत.

धान्याची कोठारे :

शेतीमध्ये एकदम उत्पादन मिळत असल्याने वर्षभराचे धान्य साठवून ठेवावे लागते. त्यासाठी घरात धान्य साठवून ठेवण्याची काहीतरी सोय करून ठेवावी लागते. इनामगावात यासाठी लोकांनी कोठ्या

केलेल्या दिसतात. पण त्यातही एक वैशिष्ट्यपूर्ण गोष्ट दिसून आली. सर्वसामान्यपणे एक भारतीय माणूस रोज ४०० ग्रॅम धान्य खातो, म्हणजेच त्याला वर्षभरासाठी १४५ किलो धान्याची गरज असते. अशाप्रकारे ४ माणसांच्या कुटुंबाला साधारणपणे ६५० किलो धान्य लागते. इनामगावच्या धान्याच्या कोठीमध्ये ७०० किलोपर्यंत धान्य साठवून ठेवले जाई. मग दुष्काळासाठी हे लोक धान्याचा काय बंदोबस्त करत होते?

इनामगावातल्या सगळ्यात मोठ्या घराच्या बाजूला एका इमारतीचे अवशेष सापडले, जिथे कुणी राहात नसावे, पण बऱ्याच धान्याच्या कोठ्या आणि त्या ठेवण्यासाठी बांधलेले ओटे आढळून आले. कदाचित हे गावच्या प्रमुखाचे घर असावे आणि त्याच्या घराच्या शेजारची ही इमारत म्हणजे धान्याचे कोठार असावे. इथे लोक वेळोवेळी धान्य साठवण्यासाठी देत





प्राचीन जोर्वे संस्कृतीत वापरली गेलेली मातीची भांडी (काळ - इ.स. पूर्व १००० ते ७००).

असावेत. त्यामुळे या साठवणीच्या धान्याचा उपयोग दुष्काळाच्या वेळी आणि गरजू लोकांसाठी करता यावा, अशी योजना असावी.

लोकांचा आहार काय होता?

इनामागवातील लोक काय खात होते, म्हणजेच त्यांच्या आहारात कोणकोणत्या गोष्टी समाविष्ट होत्या हे जाणून घेण्यासाठी त्यांच्या हाडांचे परीक्षण केले. हाडांमध्ये सापडलेल्या मॅगनीज, झिंक, तांबे, स्ट्रोनशियम, मॅग्नेशियम इ. च्या प्रमाणावरून शास्त्रज्ञ आहार संतुलनाविषयीची माहिती शोधून कढवात.

समृद्ध जोर्वे काळाच्या तुलनेत नंतरच्या काळात हाडांमध्ये झिंक आणि तांबे यांचे

प्रमाण अधिक दिसले - याचाच अर्थ असा की नंतरच्या काळात लोक मांसाहारावर अधिक अवलंबून असले पाहिजेत. समृद्ध जोर्वे काळातील लोकांच्या हाडांमध्ये मॅगनीजचे प्रमाण अधिक होते - म्हणजेच लोक जंगली झुडपे आणि मासे अधिक प्रमाणात खात होते.

त्याचप्रमाणे श्रीमंत आणि सर्वसामान्य कष्टकरी लोकांच्या घरातून गोळा केलेल्या हाडांचा तुलनात्मक अभ्यास केल्यावर श्रीमंत लोकांचा आहार अधिक पौष्टिक होत, असे आढळून आले. हाडांच्या या अभ्यासवरून असे दिसून आले की समृद्ध जोर्वे काळात आई आपल्या तान्ह्या मुलाला जवळजवळ एक वर्षभर अंगावर दूध पाजत असे, तेच नंतरच्या काळात मात्र २-३ वर्षांपर्यंत पाजत असे.

सामाजिक जीवन :

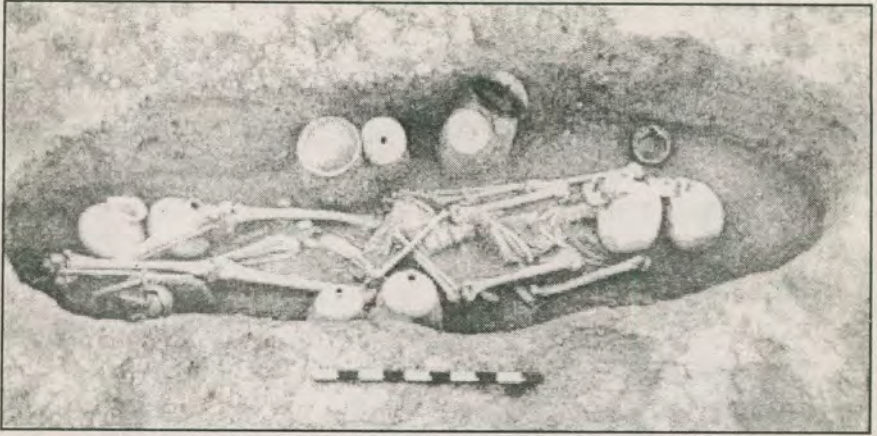
वर गावाच्या प्रमुखाचा उल्लेख आला आहे. एखाद्या गावाचा कुणी प्रमुख होता आणि ते त्याचे घर होते हे कसे ओळखायचे? सगळ्यात पहिली गोष्ट ही की गावातल्या इतर घरांपेक्षा हे घर खूपच मोठे होते. त्यामध्ये ४-५ लोकांचे दफन केलेले होते. इनामगावात मृतांचे घरातच दफन करण्याची पद्धत होती, सर्वसाधारणपणे मृतदेहाचे पाय कापून दफन करण्याची पद्धत होती, पण या मोठ्या घरात दफन केलेल्या मृतदेहांचे पाय कापलेले नव्हते. याचा अर्थ या कुटुंबातील माणसे काही विशेष व्यक्ती होत्या असे वाटते. इथे सापडलेल्या एका लहान मुलाच्या सांगाड्यावर मौल्यवान रत्नांचे आणि तांब्याचे हार सापडले. जेव्हा एखाद्या लहान मुलाच्या अंगावर असे मौल्यवान दागिने सापडतात तेव्हा असा निष्कर्ष काढता येतो की हे दागिने त्याच्या स्वतःच्या कमाईचे नसून वंशपरंपरेने वारसाहक्काने त्याला मिळालेले आहेत.

इनामगावाला एक तटबंदीची भिंत होती, इथे कालवे, बांध आणि धान्याची कोठारे होती, इथल्या लोकांचे दूर-दूरच्या प्रदेशातील लोकांशी देवाण-घेवाण व व्यापारी संबंध होते. आपण लक्षपूर्वक विचार करायला लागलो तर आपल्याला असे ध्यानात येईल की अशा प्रकारचं नियोजन करण्यामध्ये कुणा ना कुणा प्रमुख व्यक्तीचा - पुढाऱ्याचा हात असलाच पाहिजे. मात्र पुढाऱ्याच्या घरात इतर सामान्य घरांपेक्षा काही फार जास्त दौलत होती, असे दिसत नाही. यावरून असे म्हणता येईल की, त्याच्यामधील आर्थिक दरी काही फार मोठी नव्हती.

पण या प्रमुखाच्या घरला लागून असलेल्या धान्याच्या कोठाराचे काय? अशा प्रकारच्या छोट्या टोळ्यांच्या अभ्यासावरून असे म्हणता येते की टोळ्यांचा प्रमुख सगळ्यांसाठी धान्याचा साठा करून ठेवत असे, मजुरांकडून आपली शेतीची कामे करवून घेत असे, पण वेळोवेळी त्यांना जेवाय-खायला घालणे हे त्याचे कर्तव्य ठरत असे. गरजू लोकांना मदतीचा हात देणे आणि दुष्काळात सर्वांना आपल्या कोठारातून धान्य पुरवणे हेही त्याचे कर्तव्य असे. जर तो असा वागला नाही तर लोक त्याची आज्ञा पाळणार नाहीत आणि दुसऱ्या कुणार्ची तरी प्रमुख म्हणून निवड करतील, ही भीती त्याला वाटत असे.

प्रमुखाच्या घरात सापडलेले लहान मुलांची थडगे.





एका सर्वसामान्य माणसाचे थडगे : इनामगावात मृतांच्या घरातच दफन करत असत. दफन करण्यापूर्वी मृताचे पाय कापत असत. अशी पुष्कळ थडगी उत्खननात सापडली. हे थडगे सामान्य माणसाचे आहे हे कसे समजले ? संपूर्ण वस्तीमध्ये एक मोठे घर असे सापडले की जिथे पाय न कापलेले ५ सांगाडे सापडले, तसेच इथे सापडलेल्या एका लहान मुलाच्या सांगाड्यावर मौल्यवान रत्नांचे व तांब्याचे हार सापडले. म्हणूनच हे लोक काही विशेष होते असे म्हणता येईल. बाकीच्या सगळ्या थडग्यांमधील लोकांचे पाय कापलेले होते.

म्हणजेच प्रमुखपदावर टिकून राहण्यासाठी त्याला सगळ्यांनाच आपले औदार्य दाखवणे भाग पडे. याच कारणामुळे इनामगावचा प्रमुख फार मोठी धनदौलत साठवू शकला नसावा. म्हणूनच सामान्य लोकांत आणि त्याच्यात फारसा फरक नसावा.

या गोष्टीचा संबंध दुष्काळग्रस्त प्रदेशात यशस्वीपणे जगण्याशी जोडता येतो. इथल्या लोकांमध्ये प्राप्त साधनसामग्रीचे वाटप फारसे असमान नव्हते. सगळ्यांकडे आपल्या किमान गरजा पूर्ण करण्याइतकी साधनसामग्री उपलब्ध होती. या लोकांना कुठलेही शासकीय कर द्यावे लागत नव्हते, ते आपले जास्तीचे झालेले उत्पन्न आपल्या कठीण काळासाठी राखून ठेवण्याची सावधगिरी बाळगत होते आणि वेळप्रसंगी एकमेकांना

मदतीचा हात देत होते. म्हणूनच या प्रतिकूल परिस्थितीच्या प्रदेशात ६०० वर्षे ते सुखासमाधानाने नांदू शकले असे वाटते.

उजाड होण्याच्या मार्गावर :

इनामगावात उत्खनन करणारे शास्त्रज्ञ सांगतात की इ.स.पू. १००० ते ७०० या कालावधीत लोकांचे राहणीमान खाली खाली येत गेले आणि शेवटी हे गाव वैराण झाले, असे का झाले असावे ?

या काळामध्ये मोठी आयताकार घरे जाऊन त्यांच्या जागी छोटी छोटी गोल घरे बांधली जाऊ लागली. या घरांच्या अवशेषात धान्यांच्या दाण्यांचे प्रमाण कमी कमी होत जाऊन बोरांसारख्या रानावनातल्या फळांच्या बिया आणि जनावरांच्या हाडांचे प्रमाण वाढत गेलेले दिसते. या सगळ्या हाडांच्या

अवेषात हरणांच्या हाडांचे प्रमाण ५ टक्के वरून १४ टक्क्यांपर्यंत वाढलेले दिसते. काही जंगली झुडपांचे अवशेष जास्त सापडत गेले, त्यावरून लोक आता उदरनिर्वाहासाठी त्यांचाच उपयोग करायला लागले असावेत. पाटे वरवंटेही कमी कमी सापडू लागले. गव्हाचे पीक घेणे थांबलेले दिसते अन् पाण्याचे कालवेही मातीने बुजून गेले दिसतात. भांडी-कुंडी बनविताना त्यातली पूर्वीची कलाकुसर लुप्त झालेली दिसते.

जनावरांच्या हाडात मेंढ्या आणि शेळ्या यांच्या हाडांचे प्रमाण २५ टक्क्यांवरून ७२ टक्क्यांपर्यंत गेलेले दिसते. गाई-बैलांच्या हाडांचे प्रमाणे ५३ टक्क्यांवरून १४ टक्क्यांपर्यंत घसरलेले दिसते. शेती कसणारे लोक गाई-बैलांसारखी जनावरे पाळतात. पशुपालनाच्या संदर्भात दुष्काळी परिस्थितीत लोकांना गाई-बैलांसारख्या मोठ्या जनावरांऐवजी शेळ्या-मेंढ्यासारखी कमी खाणारी जनावरे पाळणे सोयीचे ठरते हे आपण आजही बघतो.

एकूण सर्व परिस्थिती पाहिली तर असे दिसून येते की लोक शेतीवाडी कमी करून पशुपालनाकडे वळलेले आहेत. शिकार व जंगलातील कंदमुळे-फळे खाऊन उदरनिर्वाह

करू लागले आहेत. या परिवर्तनाचे कारण काय असावे ?

इतिहासकार, पुरातत्त्ववेत्ते आणि हवामानतज्ज्ञ या सर्वांनी अनेक दृष्टिकोनातून संशोधन करून शेवटी असा निष्कर्ष काढला की इ. स.पू. १००० ते ५०० वर्षे सर्वकाळ दुष्काळच राहिला असावा. याअगोदर इ.स.पू. १७०० ते १००० पर्यंत पाऊसमान चांगले राहिले. अशी परिस्थिती जवळजवळ सर्वच भारतीय द्वीपकल्पात होती. या दुष्काळी वातावरणामुळे लोकांना शेती करणे सोडून द्यावे लागले आणि पर्जन्यमान कमी झाल्यामुळे पशुपालन करण्याकडे आणि जंगलांचा उपयोग करण्याकडे वळावे लागले. इ.स.पू. १००० च्या आसपास पश्चिम आणि मध्य भारतातल्या कितीतरी संपन्न वस्त्या उजाड झाल्या. या वस्त्या इ.स.पू. ५०० नंतरच परत हळूहळू संपन्न होऊ लागल्या.

इनामगावातल्या लोकांनी इतक्या लवकर हार मानली नाही हेच विशेष म्हटले पाहिजे. त्यांनी आपली जीवनपद्धती बदलली आणि जवळजवळ ३०० वर्षे ते तग धरून राहिले. त्यानंतर मात्र त्यांचा काही इलाज चालला नाही आणि इनामगाव ओसाड झाले. ❖

इनामगावचे उत्खनन हे भारतातील सर्वात सखोल व बहुव्यापी उत्खननांपैकी एक समजले जाते. या कामाची सुरुवात पुरातत्त्वज्ञ डॉ. हसमुख धीरजलाल सांकलिया यांनी केली. त्यांच्या नेतृत्वाखाली प्रा. मधुकर केशव ढवळीकर, डॉ. झैनुद्दिन अन्सारी, डॉ. एस. एन. राजगुरू, डॉ. यू. डी. गोगटे तसेच डॉ. एम. डी. काजळे या तज्ज्ञांनी हे काम पूर्ण केले.

संदर्भग्रंथ : First Farmers Of Deccan - एम. के. ढवळीकर.

आणि Excavation In Inamgaon vol 1, 2, 3 - एच. डी. सांकलिया

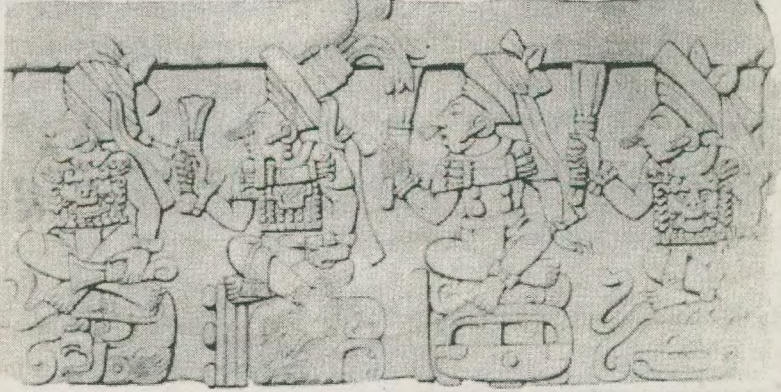
लेखक : सी. एन. सुब्रह्मण्यम

अनुवाद : मीना कर्वे, समाजशास्त्राच्या पदवीधर, वाचनाची आवड.

कथा कॅलेंडरची

कॅलेंडर ही अशी एक गोष्ट आहे की, ती असल्याची जाणीव आपल्याला सहसा होत नाही. परंतु कॅलेंडर नसेल तर काय होईल? याची एकदा तुम्ही कल्पना करून बघा. या कॅलेंडरमध्ये आपल्याला किती विविध गोष्टी बघायला मिळतात. कॅलेंडर म्हणजे जणू एका वर्षाच्या कालखंडाचा एक नकाशाच असतो. जसा तुमच्या शहराचा नकाशा बघून कुठे काय आहे हे कळतं, तसंच कॅलेंडर बघून कधी काय आहे हे कळतं. या कॅलेंडरचा जन्म व उत्पत्ती कशी बरं झाली? कॅलेंडरच्या इतिहासातून आपल्याला जगाच्या इतिहासाची प्रतिमा व घडामोडी पहायला मिळतात.

लेखक : संजीवनी कुलकर्णी



सूर्य, चंद्र, तारे, झाडे, पानं फुलं, पाऊस असं सगळं आपल्याला कधी कळलं, आपल्या जाणीवेत कधी आलं, हे प्रयत्न करूनही मला नीट आठवत नाही. आई, वडील, भाषा, घर हे जेवढे नैसर्गिकपणे कळले असतील तसेच कधीतरी सूर्य, त्याचा प्रकाश, तळपतं ऊन, संध्याकाळ, मग येणारी अंधारी रात्र, आकाशात गच्च भरलेल्या चांदण्या, चंद्र दिसले असणार त्याची ओळख झाली असणार.

आपण अंक आणि अक्षरं वाचायला कधी व कसे शिकलो हेही आपल्याला आठवणार नाही. तसंच तारीख व वार कधी शिकलो? माझ्या घरातल्या प्रत्येक खोलीत किमान एक कॅलेंडर भिंतीवर टांगलेलं असायचं. स्वयंपाकघरातल्या मोठ्या आकड्यांच्या कॅलेंडरवर दुधाचे हिशेब, कामवालीचे खाडे नोंदवलेले असायचे. १ तारखेच्या सुमाराला आई हिशोबाला बसली की ते तिला सांगावे लागायचे. आणखीही एक कॅलेंडर असायचे

ते बरेचदा ध्यानात रहायचे नाही. पण आई आर्जीना पाठ असावे. ते भारतीय पद्धतीतले, पंचांग नावाचे. ते वाचणे इतके सोपे वाटत नसे, तरीही जवळचेच वाटायचे, कारण एकतर त्यातल्या तिथींचा रात्रीच्या चंद्राशी संबंध असायचा. आज रात्री गोल वाटोळा चंद्र दिसेल की कोर दिसेल की अंधारी चंद्रहीन रात्र असेल हे दिवसाच सांगता यायचे आणि दुसरं-सणवारांचे तेच कॅलेंडर असे. आजची तारीख कळली की परवाची, पुढच्या शनवारची इ. तारखा सांगणं गणिती तर्कानी शक्य असतं, पण आज पंचमी तर उद्या काय? हा अंदाज कधी कधी चुकायचा, कारण मधल्याच एखाद्या तिथीचा लोपही होत असे, त्यामुळे अमूक सण केव्हा आहे ते पंचांग पाहूनच सांगावे लागे. त्यातही अनेक प्रकार, दाते आणि टिळक अशा दोन तऱ्हा तर आसपास भेटायच्याच. त्यांचे सण वेगवेगळ्या दिवशी यायचे. मधूनच एखाद्या महिन्याला नाव नसायचे, तो अधिकमास, तीन वर्षांनी येणारा. एखाद्या तिथीचा लोप, एखादा जादा भाकड दिवस, अधिक मास असे गुंतागुंतीचे प्रकार करून भारतीय पद्धतीनं चांद्रमास आणि सौरवर्षाचं गणित जुळवलेलंय हे पुढेपुढे लक्षात येऊ लागलं. वैशाखातलं धग जाणवणारं उन आणि आषाढातला पाऊस. श्रावणातील वनश्री आणि कार्तिकातली पानगळ असं हे कॅलेंडर सांस्कृतिक जगाशी जोडलेलं असलं तरी इतर सर्वत्र, शाळेत,

ग्रेगरियन कॅलेंडरच दिसतं. त्यामुळे तेव्हाही आणि आजही आजचा दिनांक कुठला विचारलं तर श्रावण शुद्ध द्वितीय असं काही मनातसुद्धा यायचं नाही.

याचं कारण ग्रेगरियन कॅलेंडर सर्वत्र वापरलं जातं आणि तुलनेनं सोपंही असतं. चंद्रकलांशी जरी यातल्या महिन्यांचा संबंध नसला तरी ऋतूंचं गणित इथेही अचूक जुळवलेलं आहे. वार - तारखांचा संबंध तर इतका सुस्पष्ट की ३री-४ थीतल्या मुलांनाही जमावा. अर्थात ग्रेगरियन कॅलेंडरही तसं अडचणीचं आहेच. कोणता महिना तिशी आणि कोणता एकतिशी हे लक्षात ठेवावं लागायचं. यासाठीची युक्ती मिटलेल्या मुठींच्या उंचवट्यावर ऐकवली जायची, पण तसंच का? फेब्रुवारीनी काय पाप केलं म्हणून त्याचे दिवस कमी? याचं सयुक्तिक उत्तर काही मिळायचं नाही. प्रश्न पडण्याच्या त्या शालेय वयात संयमी शिक्षकांना असे प्रश्न विचारून भंडावल्याचं मला चांगलंच आठवतं.

इतिहासात ख्रिस्तपूर्व आणि ख्रिस्तोत्तर असे संदर्भ येऊ लागले आणि ग्रेगरियन पद्धत ही ख्रिस्त जन्मापासून कालमापन मानते असं कळलं तेव्हा मला वाटलं, ख्रिस्त जन्माच्या वेळी १ जानेवारी ०००१ अशी तारीख लिहिलेली असणार.

या अंदाजात काहीतरी गफलत असल्याचं माझं मलाच जाणवून मी कुणा जाणत्याला

B.C. म्हणजे Before Christ आणि A. D. म्हणजे anna Domini म्हणजे Year of our Lord. ख्रिस्तांना न मानणारे लोक B. C. ला B.C.E. म्हणजे before Christian era म्हणतात, आणि A.D. ला A.C. म्हणजेच After Christ.

विचारलंही होतं आणि तेव्हा '१६ व्या शतकात' ग्रेगरियन पद्धत अस्तित्वात आली असं उत्तर देऊन त्यांनी मला आणखीच बुचकळ्यात पाडलं.

तेथपासून ते सध्या फेब्रुवारी २००० मध्ये नेमके दिवस किती? लीप वर्ष नेमकं कोणतं? असे प्रश्न वर्तमानपत्रांतून वाचल्यावर आणि त्याबद्दल पुरेशी स्पष्टता काहींना अजूनही नसल्याचं जाणवल्यावर कॅलेंडरच्या अंतरंगात थोडं अधिक डोकावणं औचित्याचं ठरेल हे स्पष्टच झालं.

१३ व्या पोप ग्रेगरी यांनी ग्रेगरियन कॅलेंडरची मांडणी केली. फेब्रुवारीत २८ दिवस. इतरांपैकी ७ एकतिशी तर ४ तिशी महिने. दर चार वर्षांनी एकदा लीप वर्ष.

खालील शिलालेख अंदाजे इ.स. ७७६ साली माय संस्कृतीत बनविला गेला. माय समात कालांतराबद्दल अनेक कल्पना व रीतीरिवाज होते. त्या नियमानुसार मायन संस्कृतीचे स्वतःचे कॅलेंडरही होते. खालील शिलालेख या कॅलेंडरनुसार दोन खगोल शास्त्रज्ञांच्या भेटीची वेळ सांगतो.



यावर्षी फेब्रुवारी २९ दिवसांचा. एवढं तर आपल्याला सर्वांना माहीत असतंच. पण शतकवर्षांना जरी ते एका नियमानं लीप वर्ष असले, तरीही फेब्रुवारीतले दिवस २८ च ठेवायचे आणि चारशेन भाग जाणाऱ्या शतक वर्षी मात्र लीप वर्ष मानून फेब्रुवारी २९ दिवसांचा असायचा. म्हणजे १६०० साली लीपवर्ष होतं, १७००, १८००, १९०० नव्हतं आणि आता २००० साली फेब्रुवारी २९ दिवसांचाच असेल.

भारतीय कालगणनेप्रमाणेच जगाच्या वेगवेगळ्या संस्कृतींमध्ये अनेक वेगवेगळ्या कालगणनापद्धती अस्तित्वात आल्या.

चर्च कॅलेंडर - हे चंद्र व सूर्याच्या मानानं बेतलेलं होतं. तर हिब्रू कॅलेंडर हे बरंच जुनं, म्हणजे ग्रेगरियन कॅलेंडरच्या आधीच ३७६० वर्ष ३ महिने सुरु झालं होतं. म्हणजे २००० साली हिब्रू कॅलेंडरनुसारचं साल ५७६० असणार आहे. एक इस्लामिक कॅलेंडर आहे. त्यातलं वर्ष तुलनेनं लहान, ३५४ दिवसांचं आहे. चंद्रकलांवर बेतलेल्या या कॅलेंडरमध्ये ३० आणि २९ दिवस एक आड महिन्यात आहेत. १२ महिन्यांचं वर्ष आणि दर ११ वर्षांनी १ दिवस -लीप वर्षातला जास्त. चिनी कॅलेंडरमध्ये ६० वर्षांचं एक अशी चक्र आहेत आणि प्रत्येक वर्षाला एका प्राण्याचं नाव आहे. ऋतूंशी कॅलेंडरचं नातं समान पद्धतीनं असावं. यासाठी १९ वर्षांत ७ जादा महिने दिलेले आहेत. २००० साल हे ७८ व्या चक्रातलं १७ वं वर्ष आहे. त्याचं नाव ड्रॅगन वर्ष.

कॅलेंडरच्या इतिहासात डोकावून पाहिलं तर बॅबिलोनियन संस्कृतीतही कॅलेंडर तयार झालं होतं. ३५४ दिवसांचं चांद्रवर्ष त्यात



होतं. १२ महिने २९ किंवा ३० दिवसांचे. सौरवर्षाशी जुळवून घेण्यासाठी ८ वर्षांमध्ये तीन वेळा जादा महिना घातला जायचा. तरीही ही जुळणी काही फारशी बरी व्हायची नाही.

इजिप्शियन संस्कृतीत सर्वात प्रथम सौरवर्षीय कॅलेंडर तयार झालं. यात १२ महिने प्रत्येकी ३० दिवसांचे आणि शेवटी ५ दिवस उत्सवाचे. सौरवर्षातला उरलेला पाव दिवस

मात्र त्यांनी गृहीत धरलेलाच नव्हता. सहाजिकच ते कॅलेंडर चुकण्याला चांगलाच वाव होता. रोमनांनी प्रथम ग्रीकांकडून कॅलेंडर घेतलं. हे प्रथम १० महिन्यांचं ३०४ दिवसांचं होतं. या वर्षाची नाव मारीसीस, एप्रिलीस, जुनीलीस आणि सप्टेंबर ते डिसेंबर अशी ग्रेगरियन पद्धतीशी जुळणारी आहेत. म्हणजे आजच्या कॅलेंडरची ही आई म्हणता येईल.

रोमन कॅलेंडरमधल्या किंटीलीस महिन्याचं नाव बदलून जुलियस सिझरच्या सन्मानार्थ जुलै करण्यात आलं तर ऑगस्टस याचाही या कामातला विशेष सहभाग असल्यानं सेक्स्टीस महिन्याचं नवं नामकरण ऑगस्ट असं झालं. ऑगस्टसनी आपल्या महिन्यात ३१ दिवस हवेत असा आग्रह धरून फेब्रुवारीतला आणखी एक दिवस काढून घेतला. बिचारा फेब्रुवारी ! दुसरं काय?

हे कॅलेंडर ख्रिस्तपूर्व ७३८ मध्ये आलं.

नंतर रोमन राजा 'नुमा'नी त्यात जानेवारी आणि फेब्रुवारीची भर घालून ते ३६० दिवसांचं केलं. सौरवर्षाशी जुळवून घेण्यासाठी आणखी ५ दिवस घालावेत असाही विचार झाला. ज्युलीयन कॅलेंडर ज्युलीयस सिझरनी सुरू केलं. १२ महिन्यांच्या वर्षामध्ये एक आड ३०-३१ दिवसांचे महिने केले. केवळ फेब्रुवारीत २९ दिवस ठेवले आणि दर चार वर्षांनी हा फेब्रुवारी ३० दिवसांचा असायचा. वर्षाची सुरुवात १ जानेवारीपासून होई. ऋतूशी जुळवून घेण्यासाठी एका वर्षी ४४५ दिवसांचं मोठ्ठं वर्ष लावलं होतं. या वर्षाला रोमन्स गोंधळ वर्ष म्हणतात.

जुलीयन कॅलेंडर १५०० वर्षांहून अधिक वापरलं गेलं. सौरवर्षाच्या कालावधीचा बराच अचूक अंदाज त्यांना होता. परंतु हा अंदाजही दरवर्षी ११ मिनिटं १४ सेकंदांनी चुकत होता, त्यामुळे यात बदल करावेत, अशी गरज निर्माण झाली.

१५८२ साली तज्ज्ञांच्या सहाय्यानं १३ व्या पोपग्रेगरीनी हे काम हातात घेतलं आणि झालेले गोंधळ दुरुस्त करायला ११ दिवसांची घट जाहीर केली. ४ ऑक्टोबर १५८२ नंतर दुसऱ्या दिवशी १५ ऑक्टोबर १५८२ आला. त्यानंतर लीप वर्षामध्ये सुधारणा करून शतक वर्षांचा व चारशे वर्षांचा नियम तयार करण्यात आला. माणसानं सौरवर्षाचा विचार केला तरी सौरवर्षही काही सदैव सारखेच रहात नाही. ते लहान होत जाते. त्यामुळे आपलं ग्रेगरियन वर्ष दर शंभर वर्षांनी ५३ सेकंदांनी अपेक्षेहून मोठे होते आहे.

ग्रेगरियन कॅलेंडर तयार झाल्यावरही

जगभर पोहोचायला तसा वेळच लागला. जर्मन राज्यांनी १७०० सालापर्यंत ज्युलियन कॅलेंडरच योग्य मानलं, ग्रेट ब्रिटन आणि अमेरिकन सत्तांनी १७५२ मध्ये ग्रेगरियन कॅलेंडरचा स्वीकार केला. रशिया आणि टर्की देशांनी तर २० व्या शतकात १९१८ आणि १९२७ साली ही पद्धती मान्य केली.

आता आपण २१ व्या शतकाच्या सीमारेषेवर उभे आहोत. जिथं-तिथं प्रत्येकजण नवीन शतकाच्या सुरुवातीचा (Y2Kचा) जयघोष करीत आहे. नव्या वर्षाच्या स्वागताची जय्यत तयारी सुरू आहे. २१ व्या शतकाचा पहिला सूर्यकिरण अंगावर पडावा म्हणून अतिपूर्वेला भलामोठा डोम बांधून त्यात राहण्यासाठी जगभरांतून लोक धावत आहेत. एवढं खास या २००० सालात मानववंशासाठी काय ठेवलंय?

काही देशांनी तर ही पद्धत स्वीकारून १०० वर्षही पुरती झालेली नाहीत. तसंच अनेक कालगणनांच्या दृष्टीनं २००० साल कधीच पार झालेलं आहे.

तरीही त्या निमित्तानं कॅलेंडर कथेवर एक नजर टाकली आणि त्यातलं मर्म उलगडून पाहताना मला ते अतिशय वेधक वाटलं हे खरंच !..... तुम्हाला? ❖

लेखक : **संजीवनी कुलकर्णी**

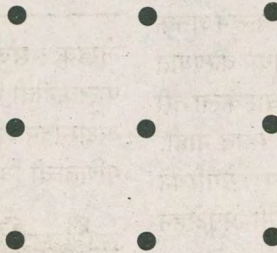
पालकनीती मासिकाच्या संस्थापक,
अक्षरनंदन शाळेच्या उभारणीत सहभाग.
गणिताची विशेष आवड.



प्रयोगाकडून सिद्धांताकडे

सर्वसाधारणपणे विज्ञानाची वाटचाल तीन पायऱ्यांमध्ये होते. प्रथम आपल्या आजूबाजूला घडणाऱ्या घटना व असणाऱ्या वस्तूंबद्दल आपल्याला प्रश्न पडतात. बऱ्याचदा आपण ते विसरून जातो पण कधी तरी ते प्रश्न इतके सतावतात की या प्रश्नाची उत्तरे शोधण्यासाठी आपण काही प्रयोग करून बघतो. प्रश्नाला अनुसरून प्रयोग करणे ही झाली वैज्ञानिक पद्धतीची दुसरी पायरी. परंतु आपण केलेल्या प्रयोगांपासून अगदी मुक्त व नवीन विचार करून अचूक निष्कर्ष काढावा लागतो, तेव्हाच प्रश्नाचे बरोबर उत्तर मिळू शकते. ही वैज्ञानिक पद्धतीतील तिसरी व सर्वात महत्त्वाची पायरी आहे. मुक्तपणे विचार करून उत्तर शोधणे हे कठीण असते. आपण जसजसे शिकतो सवरतो तशी मुक्त विचार करण्याची ताकदही कमी होते. परंतु मुलांमध्ये मात्र मुक्त विचार करण्याची क्षमता भरपूर असते. आपण जर असा विचार करण्याची त्यांची सवय जोपासली तर? खालील कोडे सोडविण्यासाठी तुम्हाला मुक्त विचार करायला लागेल. बघा जमतंय का? पण उत्तर मात्र बघू नका हं.

दिलेल्या नऊ ठिपक्यांमधून फक्त चार (प्रयोगाकडून सिद्धांताकडे, संदर्भ, पान ५१, नमुना अंक २) सरळ रेषा काढा (नऊ ठिपके फक्त चार सरळ रेषांनीच जोडा)पण एकदा काढलेल्या रेषेवरून पुन्हा रेषा गिरवायची नाही. पहा तरी येतंय का तुम्हाला.



छोट्या प्रयोगांतून मोठ्या उपयोगांकडे

महत्वाचे शोध लावण्यासाठी अद्ययावत प्रयोगशाळा आणि उच्च दर्जाचे तांत्रिक प्रशिक्षण आवश्यक आहे, असा एक समज रुढ झालेला आहे. पण याशिवायही अतिशय महत्वाचे आणि उपयुक्त असं संशोधन होऊ शकतं. त्यासाठी गरज आहे ती स्वतंत्र विचारबुद्धीची आणि वर्गात शिकलेल्या सैध्दांतिक संकल्पनांचा आपल्या रोजच्या जीवनाशी संबंध जोडण्याच्या क्षमतेची. या लेखातील प्रयोग विद्यार्थ्यांच्या गटांनी प्रकल्पांच्या स्वरूपात करता येण्यासारखे आहेत.

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

प्रकाश आणि झाडांची एकंदर वाढ यांच्यात फार जवळचा संबंध आहे. आपल्याला माहीत आहेच की सूर्यप्रकाश, पाणी आणि कार्बनडायॉक्साईड यांचा वापर करून वनस्पती स्वतःच्या पोषणासाठी अन्न तयार करत असतात. ही एक रासायनिक प्रक्रिया असते आणि तिला प्रकाशसंश्लेषण (photosynthesis) असं म्हणतात. झाडं दिवसा अन्न तयार करतात आणि रात्री या अन्नाचा वापर स्वतःच्या वाढीसाठी करतात. उंची वाढणं, फांद्या फुटणं, बहर येणं या सगळ्या गोष्टी झाडांच्या वाढीच्या प्रक्रियेचा भाग आहेत. तुम्ही पाहिलं असेल की, एकाच जातीची सगळी झाडं सारखी वाढत नाहीत. एखादं झाड उंच वाढत रहातं, एखाद्या झाडाला फांद्या फुटून ते आडवं पसरतं,

बहरसुद्धा झाडांना कमीजास्त प्रमाणात येतो. याही सगळ्यामागचा करवता धनी बऱ्याच वेळा प्रकाशच असतो.

वनस्पतीशास्त्रज्ञांच्या संशोधनातून असं दिसून आलं आहे की, प्रकाशाच्या वेगवेगळ्या तरंगलांबींचे वनस्पतींवर वेगवेगळे परिणाम होतात. ज्याप्रमाणे आपले डोळे वेगवेगळ्या तरंगलांबींचा प्रकाश वेगवेगळ्या रंगांच्या स्वरूपात पहातात, त्याचप्रमाणे वनस्पतींच्या पेशींमध्येही तरंगलांबी ओळखू शकणारे प्रकाशग्राही (photoreceptors) असतात. हे प्रकाशग्राही दोन प्रकारचे असतात. क्रिप्टोक्रोम आणि फायटोक्रोम. क्रिप्टोक्रोम प्रकाशाच्या वर्णपटातला निळा भाग शोषून घेतात तर फायटोक्रोम वर्णपटातला लाल भाग शोषून

घेतात. वनस्पतींमधील अनेक प्रक्रिया या प्रकाशाच्या प्रेरणेने होत असतात आणि यामध्ये पडणारा प्रकाश निळा आहे की लाल, यावर बऱ्याचशा प्रक्रिया अवलंबून असतात. वनस्पती व इतरही जैविक संघटनांमध्ये वेगवेगळ्या तरंगलांबींच्या प्रकाशांच्या प्रेरणेने घडून येणाऱ्या प्रक्रिया हा इतका गुंतागुंतीचा पण रोचक विषय आहे की त्याच्या अभ्यासातून प्रकाशजीवशास्त्र (photobiology) नावाची एक स्वतंत्र विज्ञानशाखा उदयाला आली आहे.

इथे आपण फक्त वनस्पतींच्या वाढीच्या प्रक्रियेचाच विचार करू या. वनस्पतीशास्त्रज्ञांनी दाखवून दिलं आहे की, वनस्पतींच्या शेंड्याला प्रकाशाच्या दिशेने वाढायची प्रेरणा देण्याचं काम क्रिप्टोक्रोम करतात तर फायटोक्रोम वनस्पतींवर पडणाऱ्या एकूण प्रकाशाच्या तुलनेत प्रकाशसंश्लेषणाच्या दृष्टीनं उपयुक्त (म्हणजे ६०० ते ७०० नॅनोमीटर तरंगलांबीचा लाल प्रकाश) प्रकाशाचे प्रमाण किती आहे. याचा अंदाज बांधतात. या अंदाजावरून वनस्पती उंच वाढत राहणार की तिला फांद्या फुटून ती डेरेदार बनणार आणि वयात आल्यावर अनुकूल वेळी तिला बहर येणार की नाही, हे ठरतं. आपल्या प्रयोगाच्या दृष्टीनं फायटोक्रोमचं हे कार्यच महत्वाचं आहे.

झाडं रात्रीच्या वेळी आपण कशा प्रकारे वाढायचं हे ठरविण्यासाठी दिवसभर विचार करत बसत नाहीत, तर रात्र सुरू होताना शेवटचा जो प्रकाश त्यांच्यावर पडतो, त्याच्या जोरावरच रात्रीचा कार्यक्रम ठरवतात. उदाहरणार्थ एखाद्या ठिकाणी जर झाडांची फार

दाटी असेल, तर संध्याकाळी प्रत्येक झाडावर इतर झाडांची सावली पडते. म्हणजेच, कोणत्याही एका झाडावर पडणाऱ्या प्रकाशाची एकूण तीव्रता तर कमी होतेच, पण हा प्रकाश इतर झाडांच्या पानांमधून गाळून येत असल्यानं त्यातल्या प्रकाशसंश्लेषणाच्या दृष्टीनं उपयुक्त प्रकाशाचं प्रमाणही खूपच कमी झालेलं असतं. यातून झाडाला जाणवतं की, आपल्या जवळपास आपले खूप स्पर्धक आहेत आणि त्या दृष्टीनं त्याची पुढची वाढीची व्यूहरचना ठरते. ही व्यूहरचना मात्र वेगवेगळ्या झाडांच्या बाबतीत वेगवेगळी असते. काही झाडं आपल्या प्रतिस्पर्ध्यांपेक्षा जास्त उंच व्हायचा प्रयत्न करतात. अशा झाडांना सावली टाळू (shade avoiders) म्हणतात. हेच झाड जर प्रखर उन्हात असेल तर त्याला अनेक फांद्या फुटून ते आडवं पसरतं. आणि वयात येताच त्याला बहरही भरपूर येतो. त्याउलट, सावलीत असलेलं झाड आपल्या स्पर्धकांपेक्षा उंच झाल्याखेरीज बहराबिहरायचा विचारही करत नाही आणि गर्दीतल्या सगळ्याच झाडांची एकमेकांवर सावली पडत असल्यानं, सगळीच झाडं एकमेकांशी स्पर्धा करत नुसतीच उंच वाढत राहतात. काही झाडांच्या बाबतीत सावलीत त्यांच्या एकंदर वाढीचा वेग मंदावतो पण ती जिवंत राहतात आणि हळूहळू आपली ताकद वाढवत राहतात. अशा झाडांना सावली साहू (shade tolerant) म्हणतात. बहुतेक वृक्षांची लहान रोपं ही या प्रकारची असतात. कारण जंगलात त्यांना आपल्या मातृवृक्षाच्या सावलीतच लहानाचं मोठं व्हावं लागतं. काही झाडं अशीही असतात, की जी प्रखर



काय मस्त ऊन
मिळतंय नाही हल्ली.
आता तर आम्ही
कळ्याच आणणार.
ऐकतोयस ना?

कुटून मिळवलंस
इतकं ऊन? पोटापूरतं
ऊन मिळवण्यातच
माझी सगळी ताकद
संपलीय.

प्रकाशापेक्षा सावलीतच जोमानं वाढतात. अशा झाडांना सावली प्रेमी (shade loving) म्हणतात. आपण घरात ठेवण्यासाठी जी अनेक शोभेची झाडं वापरतो ती या गटात मोडतात.

इथं हे लक्षात घ्यायला हवं की, झाडाच्या आजुबाजूला कोणीही प्रतिस्पर्धी नसले तरीमुद्दा झाडाच्या खालच्या बाजूच्या पेरानंवर त्याच्या स्वतःच्या वरच्या पानांची सावली पडतच असते. त्यामुळे सावली टाळू झाडांच्या या सावलीतल्या पेराना फांद्या आणि फुलं येत नाहीत. अशा झाडाची छाटणी केली

की त्याला फांद्या फुटून ते डेरेंदार का बनतं आणि त्याला फुलं-फळंही जास्त का लागतात, या प्रश्नाचं उत्तरही यातच दडलेलं आहे.

तुम्हाला कदाचित माहिती असेल की शेतीमध्ये प्रत्येक पिकाच्या बाबतीत चांगलं उत्पादन येण्यासाठी दोन रोपांमध्ये कमीत कमी अंतर किती असावं. हे ठरलेलं असतं. काही पिकांच्या बाबतीत हे अंतर शेतकऱ्यांच्या अनुभवातून ठरलं आहे तर काही पिकांच्या बाबतीत कृषिसंशोधकांनी शास्त्रीय प्रयोग करून ठरवलं आहे. काही वेळा एखाद्या

बियाण्याचा उत्पादक आपल्या बियाण्यासाठी काही विशिष्ट अंतराची शिफारस करतो. या सगळ्यामागे एकच उद्देश असतो तो म्हणजे पिकातल्या रोपांची एकमेकांशी स्पर्धा टाळणं. आपली बहुतेक सर्व पिकं सावली टाळू असतात. त्यामुळे त्यांनी आपल्या अन्नद्रव्याचा वापर उंची वाढवण्यापेक्षा फळण्याफुलण्याकडे करायला हवा असेल तर त्यांची एकमेकांवर सावली पडू देता कामा नये. रोपाच्या स्वतःच्याच खालच्या पेरांवर पडणाऱ्या सावलीपुढे मात्र काहीच उपाय नसतो. अर्थातच या सगळ्यामुळे विशिष्ट क्षेत्रफळातल्या रोपांच्या एकूण संख्येवर आणि त्यामुळे त्या क्षेत्रफळातून मिळू शकणाऱ्या जास्तीत जास्त उत्पादनावर मर्यादा पडते.

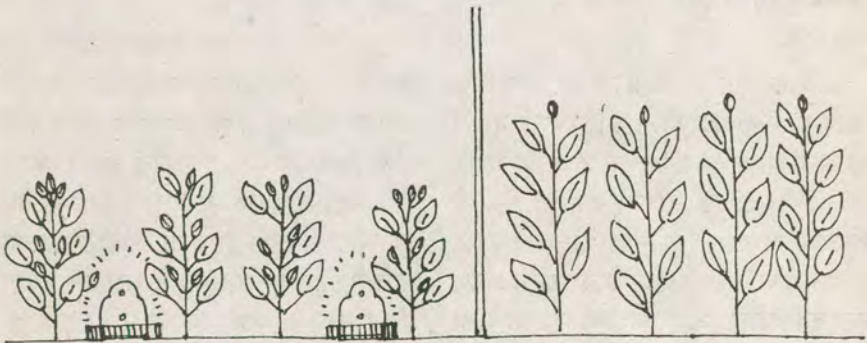
या मर्यादेवर मात करता येईल का? या प्रश्नाचं उत्तर शोधण्यासाठी आरती या संस्थेत काही प्रयोग केले गेले. चला, आपणही यातला एक प्रयोग करून पाहूया.

यासाठी आपल्याला हवा आहे एक २.५

मी. लांबी व १.२५ मी. रुंदीचा वाफा. वाफा करण्यासाठी जागा निवडताना रात्री जिथे कोणत्याही दिव्याचा उजेड पडत नाही अशी जागा निवडणं आवश्यक आहे. तसंच आपल्याला या प्रयोगात विजेचीही गरज पडणार आहे. त्यामुळे विजेचं कनेक्शन असलेली एखादी खोली या जागेच्या जवळ असायला हवी. तुमच्या शाळेच्या किंवा एखाद्या घराच्या आवारात अशी जागा मिळणं फार अवघड नाही.

या वाफ्यात रुंदीला समांतर अशा आठ ओळींमध्ये आपल्याला बी पेरायचं आहे. उन्हाळा किंवा पावसाळ्याचे दिवस असतील तर भेंडी किंवा मका पेरावा, हिवाळ्यात करडई किंवा गहू लावावा. पहिल्यांदा प्रत्येक ओळीत साधारण २ सें. मी. वर एक बी इतकं दाट पेरावं. रोज वाफ्याला पाणी द्यावं. बी उगवून आल्यावर विरळणी करून सुमारे १० सें. मी. वर एक रोप राहिल असं पहावं. गव्हाची मात्र विरळणी करू नये. पेरतानाच

कृत्रिम प्रकाश मिळणारी झाडं डावीकडील आकृतीत दाखविली आहेत. या झाडांना जास्त प्रमाणात कळ्या येतात. फक्त नैसर्गिक प्रकाशात वाढणारी झाडं उजवीकडील आकृतीत दाखविली आहेत.



१० सें. मी. वर एक रोप येईल असं पेरावं. विरळणी झाल्यानंतर आपल्या प्रयोगाला सुरुवात करायची आहे. यासाठी प्रत्येक चार ओळींचा एक गट, असे दोन गट करून, त्यांच्यामध्ये बांबूच्या सहाय्यानं काळ्या प्लास्टिकचा पडदा उभा करा. पडद्याची सावली रोपांवर पडणार नाही याची खात्री करा. या दोनपैकी एका गटामध्ये दोन ओळींच्या मध्ये एक-एक ट्यूबलाईट आकाशाकडे तोंड करून ठेवा. या ट्यूबलाईटसाठी जवळच्या खोलीतून विजेचं कनेक्शन घ्यावं लागेल. आता तुमचा वाफा सोबतच्या चित्रात दाखविल्याप्रमाणे दिसेल.

या प्रयोगात, रोज संध्याकाळी सूर्यास्तानंतर ट्यूबलाईट्स चालू कराव्यात व पूर्ण अंधार पडल्यावर बंद कराव्यात. हा क्रम रोज न चुकता चालू ठेवला पाहिजे. अशा रितीने आपण एकाच परिस्थितीत एकमेकांशी स्पर्धा करत वाढत असलेल्या या रोपांच्या एका गटाला नैसर्गिक पद्धतीनं वाढू देत आहोत, तर दुसऱ्या गटाला रोज संध्याकाळी खालच्या बाजूने कृत्रिम प्रकाश देऊन त्यांच्यावर कुठलीही (स्वतःचीदेखील) सावली नाही, असं भासवत आहोत.

रोपांना रोज पाणी देताना किंवा पावसामध्ये ट्यूबलाईट्स भिजू नयेत, यासाठी त्या विटांच्या सहाय्यानं जमिनीपासून थोड्या वर उचलून घ्याव्या. तसंच त्यांना वरून पारदर्शक पांढऱ्या प्लास्टिकचं आच्छादन करावं. किंवा फक्त प्रकाश द्यायच्या वेळी ट्यूबलाईट्स वाफ्यात ठेवाव्यात. एरवी बाजूला काढून ठेवाव्यात. मात्र अशावेळी रोज त्याच वाफ्याला कृत्रिम प्रकाश मिळेल, याची

काळजी घेणं आवश्यक आहे ! विजेचं कनेक्शन जोडलेल्या ट्यूबलाईट्सऐवजी बॅटरीवर चालणाऱ्या ट्यूबलाईट्सच्या विजेच्या वापरायलाही हरकत नाही.

या चारी गटांमधल्या रोपांना फुलं येऊ लागली की जमिनीपासून कितव्या पेराला फुलं लागतात याची नोंद ठेवा. तसंच फळं धरल्यानंतर (भेंडीला भेंड्या, मक्याला कणसं, गव्हाला ओंब्या आणि करडईला बोंडं लागतील) प्रत्येक झाडाला लागलेल्या फळांची संख्या मोजा. त्यावरून कृत्रिम प्रकाश मिळालेल्या आणि न मिळालेल्या रोपांच्या फळांच्या संख्येची सरासरी काढा.

अर्थात एक गोष्ट लक्षात ठेवली पाहिजे, एका वाफ्यासाठी लागू पडणाऱ्या या युक्तीचं काही एकरांच्या शेताला लागू पडणाऱ्या व्यवहार्य तंत्रात रुपांतर होण्यासाठी अजून बऱ्याच संशोधनाची आणि प्रयोगांची गरज आहे.

या प्रयोगातून आपण शेतीचं उत्पादन वाढवण्याची एक युक्ती शोधून काढली म्हणून फार हुरळून जायचं कारण नाही. काहीशी अशीच शक्य निसर्गानं आपल्याआधीच लढवलेली आहे.

भुईमूगासारख्या काही शेंगाधारी वनस्पतींच्या शेतीत असं दिसून येतं की, या पिकात रोपांची दाटी जितकी वाढवावी तितकं त्याचं हेक्टरी उत्पन्न वाढतच जातं. म्हणजे ही रोपं एकमेकांशी स्पर्धा करत नाहीत का? याचा अभ्यास करताना असं दिसून आलं की या गटातील वनस्पतींची पानं संध्याकाळच्या वेळी मिटतात. त्यामुळे दिवसाच्या शेवटी या रोपांना खालपासून

वरपर्यंत जो प्रकाश मिळतो. तो पानांतून गाळून आलेला प्रकाश नसून थेट सूर्यप्रकाशच असतो. यामुळे प्रत्येक पेराला आपणच उन्हात आहोत, तेव्हा अधिकाधिक फांद्या, कळ्या व फळं निर्माण करणं हे आपलं कर्तव्यच आहे, असं वाटतं जणू! अशा रीतीने ही झाडं स्वतःला फसवतात की आपल्याशी कोणीही स्पर्धा करत नाही.

शेंगा व कडधान्य गटातल्या वनस्पतींच्या मुळांवर गुठळ्या असतात आणि त्यात ऱ्हायझोबियम गटाचे जीवाणू राहतात. हे जीवाणू नायट्रोजनचे स्थिरीकरण करून नायट्रोजनयुक्त संयुगे आपल्या यजमान वनस्पतीला देतात. वनस्पतींना नायट्रोजनयुक्त खते मिळाली की त्या खूप पालेदार बनतात. तेव्हा या पानांमुळे स्वतःच्याच जमिनीलगतच्या भागावर सावली पडू नये यासाठी या गटातल्या वनस्पतींनी संध्याकाळी आपली पाने मिटून घेण्याची शकल लढवली आहे. शेतीत आपण याचा वापर करून घेतो. शेतातली या रोपांची संख्या वाढवतो आणि या वाढलेल्या संख्येच्या प्रमाणात पाणी आणि नायट्रोजनखेरीज इतर पोषणद्रव्यांची मात्राही वाढवतो. त्यामुळे सर्व रोपांची निकोप वाढ होते आणि त्यांना भरपूर फुलं आणि फळं येतात.

वनस्पतींच्या इतर काही गटांनीही सावलीच्या समस्येवर मात करण्यासाठी वेगवेगळ्या युक्त्या योजलेल्या दिसतात. उदाहरणार्थ, कॅज्युरिना व पॉप्लर (चिनार) या वृक्षांच्या मुळांवरही नायट्रोजनचे स्थिरीकरण करणारे जीवाणू वाढतात. या दोन्ही वृक्षांची लागवड अत्यंत दाट, अगदी १ मी. - १ मी. अंतरावरही करता येते. कॅज्युरिना वृक्षाची पाने

अत्यंत अरुंद असल्याने त्यांची फारशी दाट सावली पडत नाही. त्यामुळे दाट लागवड केली तरी सावलीची समस्या उद्भवत नाही. चिनार वृक्षाच्या वाढीची प्रवृत्तीच उभ्या वाढीची आहे. त्याच्या फांद्या सुमारे तीन वर्षांच्या झाल्या की आपोआप गळून पडतात. त्यामुळे अगदी टक्क उन्हात उभा असलेला चिनार वृक्षही कधीच आंबा किंवा काजूप्रमाणे डेरेदार होत नाही. यामुळे चिनारचीही दाट लागवड करणे शक्य होते.

सर्वच वनस्पती अशा काही ना काही उप्यांनी सावलीच्या समस्येवर मात करून आपली संख्या वाढवण्याचा प्रयत्न का करत नाहीत? इथे एक गोष्ट लक्षात घ्यायला हवी. दाटी वाढली की वनस्पतींना फक्त सूर्यप्रकाशासाठीच नव्हे तर नायट्रोजनयुक्त संयुगांसाठीही एकमेकांशी स्पर्धा करावी लागते. त्यामुळे ज्या वनस्पतींच्या मुळांवर नायट्रोजनचे स्थिरीकरण करणारे सूक्ष्मजीव आहेत त्यांनाच निसर्गात अशा प्रकारे सावलीवर मात करण्याची शकल लढवण्याचा फायदा करून घेता येतो. शेतीत आपण बाहेरून पोषणद्रव्यांचा आवश्यक तितका पुरवठा करू शकत असल्याने मुळांवर सूक्ष्मजीव नसलेल्या वनस्पतींतही कृत्रिम प्रकाशाचा व अधिक पोषणद्रव्यांचा वापर करून उत्पन्न वाढवू शकतो. ❖

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

ॲप्रोप्रिएट रुल टेकनॉलजी इन्स्टिट्यूट (आरती) येथे कार्यरत. विज्ञान व तंत्रज्ञानाचा वापर करून ग्रामीण भागात उत्पन्नवाढीचे तसेच रोजगार व व्यवसाय निर्मितीचे व्यवहार्य पर्याय देणारी स्वयंसेवी संशोधन संस्था.

कुठे आहे माझ्या मित्राचं घर?

अब्बास कियारोस्तोमी यांच्या चित्रपटावर आधारित कथा

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

वर्गात आज एवढा गोंधळ चालला होता, की तुम्हाला स्वतःचा आवाजही ऐकू आला नसता. पण असा गोंधळ प्रत्येक शाळेत चालतोच, हो की नाही? जेव्हा केव्हा सर उशिरा येतात किंवा मोकळा तास मिळतो तेव्हा असा गोंधळ वर्गात चालतोच. शाळेतील प्रत्येक क्षण हा खूप महत्त्वाचा असतो. मुलांना वर्गात अनेक कामे असतात. मारामाच्या सोडविणे, गोट्यांची देवाण-घेवाण करणे, गप्पा मारणे व इतरांना चिडवणे. महंमद आणि करिम आज बाकावर त्यांची नावे कोरण्याचा उद्योग करित होते. त्यांनी करकटक हातात घेतलाच आणि सर वर्गात शिरले. 'सलाम वालेकुम, सर.' सर्व मुलं हातातील उद्योग टाकून उभे राहिली. 'वालेकुम सलाम', सर आपल्या जागेवर बसत म्हणाले. त्यांनी प्रथम त्यांचा कोट काढून काळजीपूर्वक खुंटीवर टांगला व फळ्यावर तारीख लिहिली. आज खूपच थंडी होती आणि इराणच्या या भागात तर हिवाळ्यात कडाक्याची थंडी पडते. तारीख लिहून सर वर्गाकडे वळले. 'काय गोंधळ चालला होता वर्गात? सांगितलय ना मी तुम्हाला, मला उशिर झाला तरी मला वर्गात शांतताच असायला हवी. ए वाजीद... कुठे लक्ष आहे

तुझं. मी काय भिंतीशी बोलतोय काय?' अशी जोरदार सुरुवात करून सरांनी पेन बाहेर काढले व गृहपाठ तपासायला सुरुवात केली. शाळा सुरू झाल्याबरोबर सर्व मुलांनी प्रथम गृहपाठाच्या वह्या बाहेर काढायच्या, असा नियमच होता. आता हे खरं की, दिवसाची सुरुवात गृहपाठाने करणं; ही काही आनंदाची बाब नाही. पण नियम हा नियमच असतो. सरांनी पहिल्या बाकापासून गृहपाठ



अभ्यासाला बसला. दमर उघडून गृहपाठाची वही काढली व सरांनी दिलेली गणिते तो सोडवायला लागला. तो लिहू लागला तसे त्याच्या लक्षात आले की, काहीतरी गडबड आहे. दमरात शोधल्यावर त्याला आणि एक गृहपाठाची सापडली. त्याच्या लक्षात आले की त्याने चुकून करीमची गृहपाठाची वही आणली आहे. करीम व महंमद या दोघांच्याही वह्या अगदी सारख्या होत्या, कारण दोघांनी त्या बरोबरच विकत आणल्या होत्या. महंमद हुशार मुलगा होता. 'माझी वही इथे आहे आणि करीमची वहीपण इथेच आहे तर करीमकडे गृहपाठाची वहीच नाही.' महंमदच्या डोळ्यासमोर सकाळचा प्रसंग उभारहिला आणि त्याच्या डोक्यात चक्र चालू झाले. 'जर का करीमकडे वही नाही तर उद्या....' महंमदला आता परिस्थिती पूर्ण लक्षात आली. काहीही करून करीमपर्यंत गृहपाठाची वही आज पोहोचविलीच पाहिजे. नाही तर करीमला शाळेतून काढून टाकले जाईल. या विचाराने महंमदच्या जीवाचे पाणी झाले. तो तडकाफडकी उठून आईकडे गेला व म्हणाला. 'अम्मी, हे बघ मी आज चुकून...' पण त्याआधीच आई जोरात म्हणाली. 'महंमद किती वेळा सांगितलंय मी तुला, की संध्याकाळी तू मला त्रास देऊ नकोस.' महंमद पुन्हा म्हणाला, 'अम्मी, पण तू ऐकून तर घे माझ. ही करीमची वही मी चुकून आणलीय. मी ती त्याला दिली नाही तर करीमला शाळेतून काढून टाकतील. मी त्याला ही वही द्यायला जाऊ का?'. 'काय तू माझ्यामागे भूणभूण लावलीयस. कुठे जायचं नाही आता. अभ्यास वगैरे आता बाजूला ठेव. हे पैसे घे आणि रात्रीसाठी दोन पाव घेऊन ये.'

अम्मी काही महंमदचं ऐकायला तयार नव्हती. तिला सांगून उपयोगच नाही. तिने दिलेले पैसे महंमदने खिशात टाकले.

महंमद बूट घालून जसा घराबाहेर पडला तशी त्याला एक युक्ती सुचली. पाववाल्याचं दुकान घरापासून दहा मिनिटांवर होतं. अर्थात दुकानापर्यंत जाऊन परत यायला त्याला वीस मिनिटं लागली असती. जर तो तेवढ्या वेळात धावत टेकडी पार करून करीमच्या घरापर्यंत पोहोचू शकला तर? करीमचं घर सापडणं सहज शक्य होईल. परत येताना अर्थात त्याला पाव विकत घेता आला असता आणि करीमला त्याची वहीदेखील परत करता आली असती. 'मला फक्त करीमची वही परत करायची आहे. म्हणजे सर्व प्रश्न सुटला.' महंमद गावाबाहेर पळत सुटला. धापा टाकत त्याने टेकडी पार केली. छोटा नाला पार करून तो करीमच्या गावात पोहोचला. महंमदने गावात शिरल्याशिरल्या पहिल्यांदाच भेटलेल्या माणसाला विचारले. 'काका, तुम्हाला करीमचं घर कुठे आहे माहीत आहे?' 'कुठला करीम पाहिजे तुला?' काकांनी महंमदला विचारले. 'करीम माझा चांगला मित्र आहे. तो माझ्याच शाळेत जातो. माहिती आहे ना तुम्हाला ती शाळा, टेकडी पलीकडची?' महंमद म्हणाला. 'हां, तो करीम होय? मी ओळखतो त्याच्या वडलांना. त्याच्या घरी जाण्यासाठी तू असा सरळ जा म्हणजे एका विहिरीपाशी तू पोहोचशील. विचार तिथे कोणालातरी; अलीचं घर.' काकांचं बोलणं संपण्याआधीच महंमदने काढता पाय घेतला. त्याला गप्पा मारायला वेळ नव्हता. हळूहळू अंधार पडायला लागला होता. महंमद जेव्हा

कुठे आहे माझ्या मित्राचं घर?

अब्बास कियारोस्तोमी यांच्या चित्रपटावर आधारित कथा

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

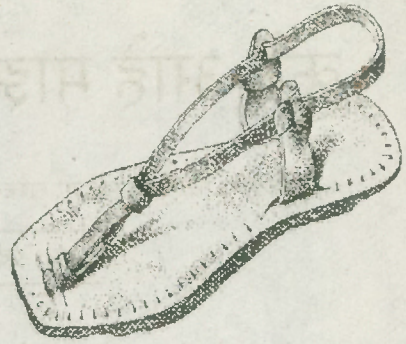
वर्गात आज एवढा गोंधळ चालला होता, की तुम्हाला स्वतःचा आवाजही ऐकू आला नसता. पण असा गोंधळ प्रत्येक शाळेत चालतोच, हो की नाही? जेव्हा केव्हा सर उशिरा येतात किंवा मोकळा तास मिळतो तेव्हा असा गोंधळ वर्गात चालतोच. शाळेतील प्रत्येक क्षण हा खूप महत्त्वाचा असतो. मुलांना वर्गात अनेक कामे असतात. मारामाऱ्या सोडविणे, गोट्यांची देवाण-घेवाण करणे, गप्पा मारणे व इतरांना चिडवणे. महंमद आणि करिम आज बाकावर त्यांची नावे कोरण्याचा उद्योग करित होते. त्यांनी करकटक हातात घेतलाच आणि सर वर्गात शिरले. 'सलाम वालेकुम, सर.' सर्व मुलं हातातील उद्योग टाकून उभे राहिली. 'वालेकुम सलाम', सर आपल्या जागेवर बसत म्हणाले. त्यांनी प्रथम त्यांचा कोट काढून काळजीपूर्वक खुंटीवर टांगला व फळ्यावर तारीख लिहिली. आज खूपच थंडी होती आणि इराणच्या या भागात तर हिवाळ्यात कडाक्याची थंडी पडते. तारीख लिहून सर वर्गाकडे वळले. 'काय गोंधळ चालला होता वर्गात? सांगितलंय ना मी तुम्हाला, मला उशिर झाला तरी मला वर्गात शांतताच असायला हवी. ए वाजीद... कुठे लक्ष आहे

तुझं. मी काय भिंतीशी बोलतोय काय?' अशी जोरदार सुरुवात करून सरांनी पेन बाहेर काढले व गृहपाठ तपासायला सुरुवात केली. शाळा सुरू झाल्याबरोबर सर्व मुलांनी प्रथम गृहपाठाच्या वह्या बाहेर काढायच्या, असा नियमच होता. आता हे खरं की, दिवसाची सुरुवात गृहपाठाने करणं; ही काही आनंदाची बाब नाही. पण नियम हा नियमच असतो. सरांनी पहिल्या बाकापासून गृहपाठ



तपासायला सुरुवात केली. करीम काहीसा अस्वस्थ दिसत होता. 'काय रे करीम तू गृहपाठ केला नाहीस की काय?' महंमदने करीमला विचारलं. करीम हा महंमदचा जिवलग मित्र होता. ते वर्गात नेहमी जवळजवळ बसायचे. सारखे एकत्र असायचे. करीम तसा घरचा गरीब होता. पण महंमदच्या घरची परिस्थिती बरी होती. 'नाही रे महंमद, गृहपाठ केलाय पण तो सुट्या कागदांवर लिहून आणला आहे. मला माझी वहीच सापडली नाही.' करीमचा आवाज फुटत नव्हता. ही खरोखरच वाईट बातमी होती. गेल्याच आठवड्यात सरांनी करीमला सुट्या कागदावर गृहपाठ केला म्हणून शिक्षा केली होती आणि सर अशा गोष्टी विसरत नसत. 'काय करू मी आता, माझी तर काही खैर नाही!' करीम स्वतःशीच म्हणाला. त्याच्या डोळ्यात आता पाणी आले होते. 'मी जर का वर्गातून अदृश्य होऊ शकलो तर.' करीमच्या डोक्यात भलतेच विचार यायला लागले. गृहपाठ तपासत सर त्याच्यापर्यंत पोहोचले.

'कुठे आहे तुझा गृहपाठ, करीम ? उभा रहा बरं.' सरांनी करीमला विचारले. करीमचे पाय आता थरथर कापत होते. तो घाबरत घाबरतच उभा राहिला. त्याने सुटे कागद सरांच्या हातात ठेवले. 'हे काय? हा तुझा गृहपाठ झाला? सुट्या कागदांवर?' सर करीमने दिलेले कागद झेंड्यासारखे फडकावत म्हणाले. 'मी किती वेळा सांगितलंय, की सुट्या कागदांवर मला गृहपाठ चालणार नाही. गृहपाठ हा वहीमध्येच लिहिला पाहिजे, सांगितलंय की नाही?' एवढे बोलून सर मुलांकडे वळले. 'मी तुम्हाला सांगितलं आहे की नाही, की गृहपाठ वहीमध्ये लिहिण्यामागे



कारण आहे. वहीमध्ये लिहिल्यावर तुम्हालाच तुमच्या चुका कळतात. एका वर्षभरात तुम्ही काय शिकता ते तुम्हाला कळतं.' मास्तरांच्या रागाचा पारा आता चांगलाच चढला होता. 'उगीच सांगतो का मी तुम्हाला हे सगळं? मी तुम्हाला काय गाढव म्हणून सांगतो का हे सारं?' कोणाचीही बोलायची हिंमत झाली नाही. काही प्रश्नांची उत्तरे न दिलेलीच बरी. मास्तर पुन्हा करीमकडे वळले व म्हणाले, 'मी तुला शेवटची ताकीद देतो. या पुढे जर गृहपाठ सुट्या कागदांवर लिहून आणलास तर तुला शाळेतून काढून टाकले जाईल; आले लक्षात?' एवढे बोलून सरांनी करीमच्या गृहपाठाचे तुकडे तुकडे करून टाकले आणि ते पुढच्या बाकाकडे वळले. करीमच्या पायातले त्राणच गेले व तो रडत खाली बसला. बाकाखाली मान लपवून त्याने शर्टाच्या बाहीने डोळे पुसले. तो पुटपुटला 'पुन्हा नाही करणार चूक, सर.' वर्गात सर्वासमोर उभं राहून शिक्षक जेव्हा मुलांना ओरडतात तेव्हा मुलांच्या मनाला ते खूप लागतं.

करीमची समजूत काढता काढता महंमदची पुरेवाट झाली. महंमदला पूर्ण दिवस

करीमची करमणूक करावी लागली, तेव्हा कुठं करीमच्या तोंडावर हसू दिसू लागलं. संध्याकाळी चार वाजता शाळेची सुट्टी झाली. हिवाळ्यात शाळा नेहमीच लवकर संपायची. कारण शाळेतील काही मुले खूप दूरच्या गावातून यायची. अगदी सात किलोमीटरवरून त्यांना चालत यावे लागायचे आणि घरी पोहोचेपर्यंत अंधार होऊन जायचा. करीम आणि महंमद शाळेतून सर्वात उशिरा वाहेर पडायचे. ते वेगवेगळ्या गावात राहायचे. त्यांना एकत्र खेळायला फक्त शाळेतच वेळ मिळायचा. बहुतेकदा ते शाळेच्या आवारातच गोट्या खेळायचे आणि उन्हाळ्यात तर दररोज शाळेच्या हौदात खेळायलाही मजा यायची. आजही अंधार होईपर्यंत ते आवारात गोट्या खेळले. अंधारून आल्यावर हळूहळू त्यांची पाऊले घराच्या दिशेने पडली. आपल्या गावची वाट धरत करीम महंमदला म्हणाला 'उद्या भेटू या महंमद.' 'करीम, उद्या येताना माझी निळी

गोटी विसरू नकोस, नाही तर तुझी खैर नाही.' या नेहमीच्याच पद्धतीने त्यांनी एकमेकांचा निरोप घेतला आणि महंमदने गावाच्या दिशेला मोर्चा वळविला. महंमदचं गाव शाळेच्या जवळच होतं.

महंमद हा घरी सर्वांचा लाडका होता. त्याची सर्वजण सतत आठवण काढत. 'महंमद दुधाची बाटली आण', 'महंमद, हा चहाचा कप दादीला देऊन ये', 'महंमद, इथे मस्ती करू नकोस', 'महंमद, धाकट्या भावाकडे लक्ष दे', 'महंमद, जा जाऊन पाव घेऊन ये' त्याच्या नावाचा असा सतत जप केला जात असे. महंमदला घरापेक्षा शाळा जास्त का आवडायची हे कळलं ना? महंमद जेव्हा घरात शिरला तेव्हा अम्मी दोरीवर कपडे वाळत घालत होती. संध्याकाळी अम्मी नेहमीच त्रासलेली असायची. घरच्या कामांच्या रगाड्यामुळे ती संध्याकाळी अगदी वैतागलेली असायची. महंमदने गुपचूप वरती पळ काढला व दूध पिऊन तो आपल्या



अभ्यासाला बसला. दमर उघडून गृहपाठाची वही काढली व सरांनी दिलेली गणिते तो सोडवायला लागला. तो लिहू लागला तसे त्याच्या लक्षात आले की, काहीतरी गडबड आहे. दमरात शोधल्यावर त्याला आणि एक गृहपाठाची सापडली. त्याच्या लक्षात आले की त्याने चुकून करीमची गृहपाठाची वही आणली आहे. करीम व महंमद या दोघांच्याही वह्या अगंदी सारख्या होत्या, कारण दोघांनी त्या बरोबरच विकत आणल्या होत्या. महंमद हुशार मुलगा होता. 'माझी वही इथे आहे आणि करीमची वहीपण इथेच आहे तर करीमकडे गृहपाठाची वहीच नाही.' महंमदच्या डोळ्यासमोर सकाळचा प्रसंग उभा राहिला आणि त्याच्या डोक्यात चक्र चालू झाले. 'जर का करीमकडे वही नाही तर उद्या....' महंमदला आता परिस्थिती पूर्ण लक्षात आली. काहीही करून करीमपर्यंत गृहपाठाची वही आज पोहोचविलीच पाहिजे. नाही तर करीमला शाळेतून काढून टाकले जाईल. या विचाराने महंमदच्या जीवाचे पाणी झाले. तो तडकाफडकी उठून आईकडे गेला व म्हणाला. 'अम्मी, हे वध मी आज चुकून...' पण त्याआधीच आई जोरात म्हणाली. 'महंमद किती वेळा सांगितलंय मी तुला, की संध्याकाळी तू मला त्रास देऊ नकोस.' महंमद पुन्हा म्हणाला, 'अम्मी, पण तू ऐकून तर घे माझ. ही करीमची वही मी चुकून आणलीय. मी ती त्याला दिली नाही तर करीमला शाळेतून काढून टाकतील. मी त्याला ही वही द्यायला जाऊ का?'. 'काय तू माझ्यामागे भूणभूण लावलीयस. कुठे जायचं नाही आता. अभ्यास वगैरे आता बाजूला ठेव. हे पैसे घे आणि रात्रीसाठी दोन पाव घेऊन ये.'

अम्मी काही महंमदचं ऐकायला तयार नव्हती. तिला सांगून उपयोगच नाही. तिने दिलेले पैसे महंमदने खिशात टाकले.

महंमद बूट घालून जसा घराबाहेर पडला तशी त्याला एक युक्ती सुचली. पाववाल्याचं दुकान घरापासून दहा मिनिटांवर होतं. अर्थात दुकानापर्यंत जाऊन परत यायला त्याला वीस मिनिटं लागली असती. जर तो तेवढ्या वेळात धावत टेकडी पार करून करीमच्या घरापर्यंत पोहोचू शकला तर? करीमचं घर सापडणं सहज शक्य होईल. परत येताना अर्थात त्याला पाव विकत घेता आला असता आणि करीमला त्याची वहीदेखील परत करता आली असती. 'मला फक्त करीमची वही परत करायची आहे. म्हणजे सर्व प्रश्न सुटला.' महंमद गावाबाहेर पळत सुटला. धापा टाकत त्याने टेकडी पार केली. छोटा नाला पार करून तो करीमच्या गावात पोहोचला. महंमदने गावात शिरल्याशिरल्या पहिल्यांदाच भेटलेल्या माणसाला विचारले. 'काका, तुम्हाला करीमचं घर कुठे आहे माहित आहे?' 'कुठला करीम पाहिजे तुला?' काकांनी महंमदला विचारले. 'करीम माझा चांगला मित्र आहे. तो माझ्याच शाळेत जातो. माहिती आहे ना तुम्हाला ती शाळा, टेकडी पलीकडची?' महंमद म्हणाला. 'हां, तो करीम होय? मी ओळखतो त्याच्या वडलांना. त्याच्या घरी जाण्यासाठी तू असा सरळ जा म्हणजे एका विहिरीपाशी तू पोहोचशील. विचार तिथे कोणालातरी; अलीचं घर.' काकांचं बोलणं संपण्याआधीच महंमदने काढता पाय घेतला. त्याला गप्पा मारायला वेळ नव्हता. हळूहळू अंधार पडायला लागला होता. महंमद जेव्हा



विहिरीपर्यंत पोहोचला तेव्हा त्याला विहिरीवर गावातल्या बायका गप्पा मारत होत्या, त्या कपडेही धूत होत्या. महंमदने त्यांना विचारलं, 'अलीचं घर कुठे आहे, माहीत आहे?' बायकांना या लहान मुलाकडे बघून आश्चर्य वाटलं. 'अलीकाकांचा मुलगा, करीम, हा माझा चांगला मित्र आहे. तो माझ्याच शाळेत आहे. मला ही वही त्याला परत करायची आहे.' बायकांनी त्याला अलीचं घर दाखवलं. घर रस्त्याच्या पलीकडेच होतं. महंमद एका उडीत घराच्या दारापाशी पोहोचला आणि त्यानं दार ठोठावलं. एका म्हातान्या आजीनं दार उघडलं. महंमदनं आजीला विचारलं, 'करीम इथेच राहतो ना? मला त्याची ही वही द्यायची आहे.' आजीने करीमला हाक मारली व बाहेर बोलावून घेतले. बाहेर आलेला करीम मात्र वेगळाच निघाला. हा करीम खूप मोठा होता आणि तो

महंमदच्या शाळेतही नव्हता. महंमदने त्याला विचारले, 'तुला माझा मित्र करीम माहीत आहे का? मला त्याला ही वही परत करायची आहे.' त्या मुलाने विचारलं, 'कुठला करीम पाहिजे आहे तुला? या गावात अनेक करीम राहतात.' महंमदला सर्व गोष्ट पुन्हा समजावून सांगायला वेळ नव्हता. त्याने दुसऱ्या घराकडे मोर्चा वळविला. बरीच घरं शोधल्यावर महंमदला खूप थकायला झाले. त्याला करीम मात्र भेटला नाही. घरोघरी फिरून महंमदचे पाय दुखायला लागले होते. चौकात पोहोचल्यावर त्याच्या लक्षात आले की, गावात येऊन त्याला जवळजवळ तासभर झाला होता. अंधारही पडला होता.

महंमदच्या तोंडचं पाणीच पळालं. 'आता कसा जाऊ परत मी या अंधारात?' महंमद खूपच घाबरला. तो घराबाहेर इतक्या उशिरा कधीच राहिला नव्हता. इतका दूर स्वतःहून

एकटा कधीच आला नव्हता. महंमदने आपल्या गावाची वाट धरली. जसा तो टेकडी चढू लागला, तशी त्याची छाती धडधडत होती. त्याने लोकांना बोलताना ऐकलं होतं, टेकडीवर रात्री भूतं वस्तीला येतात. टेकडी कशीबशी पार करून महंमद धापा टाकत गावात शिरला. पळतपळत तो पावाच्या दुकानापर्यंत पोहोचला पण दुकान कधीचेच बंद झालं होतं. 'आता मात्र माझी घरी खैर नाही. अब्बा आता चांगलेच पीटून काढणार.' पैसे हातात हातात धरून महंमदने घरात पाय टाकला. पुढच्याच खोलीत अम्मी आणि अब्बा डोक्याला हात लावून, काळजीत बसले होते. अब्बा रेडिओवर रात्रीच्या बातम्या ऐकत होते. त्यांनी महंमदकडे रागाचा कटाक्ष टाकला आणि रेडिओ बंद करून ते उठून दुसऱ्या खोलीत निघून गेले. महंमदने धीर करून अम्मीला म्हटले, 'अम्मी, मी करीमची वही पोहोचवायला त्याच्या गावापर्यंत गेलो होतो, पण नाही भेटला.....' अम्मी म्हणाली, 'काही सांगू नको मला आता कारट्या. जीवाचं पाणी केलंस तू माझ्या. आधी वर जा आणि जेऊन घे.' अम्मीने आपल्याला जवळही घेतले नाही आणि आपल्याला भीती वाटली त्याची पर्वाही नव्हती, याचा महंमदला खूप राग आला. डोळे पुसत तो जीना चढून वरच्या खोलीत पोहोचला. ओरडून अम्मीला म्हणाला, 'मला नाही जेवायचं, जा.' महंमदने शाळेचं दप्तर काढले व कंदीलाच्या प्रकाशात तो गृहपाठ करायला बसला. जवळ ठेवलेल्या जेवणाच्या ताटाकडे त्याने लक्षही दिले नाही. रात्री उशिरापर्यंत महंमद अभ्यास करत होता. अभ्यास करता करता महंमदला वहीवर, कंदीलाशेजारीच कधी झोप लागली

ते कळलंच नाही.

शाळेचा दुसरा दिवस नेहमीप्रमाणेच सुरू झाला. वर्गात आजही एवढा गोंधळ चालला होता, की तुम्हाला स्वतःचा आवाज ऐकू आला नसता. करीमला आज बरं वाटत नव्हतं. त्याचं इतरांकडे लक्ष नव्हतं. काही तरी गडबड होती. सर जसे वर्गात आले, तसा गोंधळ कमी झाला. 'सलाम वालेकूम, सर' सर्व मुलं आपापली जागा घेत उभे राहून म्हणाली, 'वालेकूम सलाम.' सरांनी कोट काढून खुंटीवर लावला. फळ्यावर तारीख लिहून ते वर्गाकडे वळले. करीमच्या शेजारची जागा आज रिकामी होती. महंमद आज शाळेत आला नव्हता. महंमद चांगला विद्यार्थी होता. तो शाळेत कधीही गैरहजर नसायचा. 'मुलांनो, उघडा तुमच्या गृहपाठाच्या वह्या.' सरांनी बाह्या दुमडल्या. पेन काढून ते गृहपाठ तपासायला लागले. आज त्यांनी मागच्या बाकांपासून सुरुवात केली. करीम आता अस्वस्थ झाला. तो बाकाखाली, इकडेतिकडे त्याची वही शोधू लागला. त्याच्या डोळ्यात पाणी भरून आले. त्याला काहीच दिसे ना. सर काय म्हणतायत याकडे त्याचे लक्ष लागले नाही. 'काय करू मी आज. आज माझी काही धडगत नाही.' करीम स्वतःशीच पुटपुटला. 'वडिलांना मी आता काय सांगू. मला शाळेतनं आता काढून टाकणार.' करीमचे हातपाय कापत होते. तोंडातून शब्द फुटत नव्हते.

मागच्या बाकावरील गृहपाठ तपासून सर करीमच्या बाकापर्यंत पोहोचले. 'सर, मी वर्गात येऊ का?' दारात उभ्या असलेल्या महंमदने सरांना विचारले. 'महंमद तुला आज



उशिर का झाला? मी कितीवेळा सांगितलंय की, उशिर झाला तर पूर्ण दिवसभर वर्गाबाहेर उभे रहायला लागेल. 'तुम्हा मुलांना शिस्त लागणार कशी?' महंमद कसाबसा आपलं दसर सांभाळत म्हणाला, 'सर, मी रात्री फार उशिरा झोपलो. शेजारच्या गावात गेलो होतो.' सरांनी महंमदचे ऐकले नाही. 'माझ्याशी वाद घालू नकोस. आज मी तुला सोडून देतो. पण पुन्हा उशिर झाला तर लक्षात ठेव....' सरांचे वाक्य संपायच्या आधीच महंमदने आपल्या बाकाकडे पळ काढला. दसर उघडून महंमदने स्वतःची वही काढली आणि करीमची वही गुपचूप त्याच्याकडे दिली. 'करीम, दाखव मला तुझा गृहपाठ.' सरांनी करीमची वही हातात घेतली. करीम कासावीस झाला. आपला चेहरा दोन्ही

हातांमध्ये लपवून तो रडू लागला. सर करीमची वही तपासू लागले.

'वा करीम, छान लिहिला आहेस आज गृहपाठ!' सरांनी करीमच्या वहीवर सही केली आणि ती करीमला परत केली. करीमला काही कळेच ना. महंमदच्या चेहऱ्यावर मात्र हसू होते. तो करीमच्या कानात कुजबूजला, 'घाबरू नकोस करीम, मी माझ्याबरोबर तुझाही गृहपाठ लिहून आणला आहे.' ❖

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

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

वरील लघुकथा अब्बास कियारोस्तोमी यांच्या एका इराणी चित्रपटावर आधारित आहे.

अनेकदा कठीण कल्पना दुसऱ्याला समजावून सांगणे आपल्याला जमतच नाही. अशा वेळी "तुम्हाला मी एक गोष्ट सांगतो...." - असे म्हणून गोष्टींच्या रूपांत अनेक विचार आपण इतरांना लक्षांत आणून देऊ शकतो.

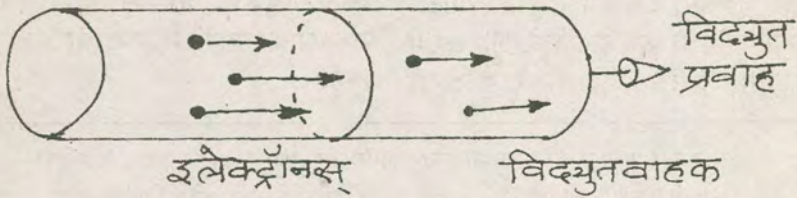
अॅम्पियर

विद्युत प्रवाह मोजण्याचे

आपल्या दैनंदिन जीवनात विजेचा वापर आपण आज इतक्या सहजतेने करतो की वीज म्हणजे काय याबाबत आपल्याला सहसा प्रश्न पडत नाही. परंतु विजेचे इतके उपयुक्त व वापरण्याजोगे रूप तयार करण्यासाठी अनेक शास्त्रज्ञांनी परिश्रम घेतले. त्यातील एक आहे आंद्रे मारी अॅम्पियर. अॅम्पियरचा जन्म १७७५ साली फ्रान्समध्ये झाला. १८०० साली त्यानी लियोन विद्यापीठात प्राध्यापकाची नोकरी धरली. स्थितीज व गतिज विद्युत हा त्यांचा आवडता विषय होता. उरलेले सर्व आयुष्य त्यांनी विद्यापीठात विविध पदार्थांचे विद्युत व चुंबकीय गुणधर्म शोधण्यात घालवले.

अनेक प्रयोगांतून त्यांच्या लक्षात आले की विद्युत प्रवाहाचा व चुंबकत्वाचा घनिष्ठ संबंध असतो. उदाहरणार्थ जर का दोन तारांमधून विद्युत प्रवाह एकाच दिशेने वाहात असेल तर त्या तारांभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते व ते दोन्ही तारांना बाजूला सारते. या उलट जर दोन तारांमधील प्रवाह एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेने वाहात असेल तर मात्र चुंबकीय क्षेत्र तारांना आकर्षित करते. यावरून अॅम्पियरने नियम शोधला की चुंबकीय क्षेत्राचा उगम विद्युत प्रवाहामुळे होतो. या नियमाचा पडताळा अनेक वर्षांच्या प्रयोगांनंतर करता आला. आज आपल्या वापरातील अनेक उपकरणांमध्ये (मिक्सर, पाण्याचा पंप इत्यादी) याच तत्त्वाचा उपयोग करतात. इ. स. १८३६ साली अॅम्पियरचा मृत्यू झाला. अॅम्पियरच्या कामाबद्दल व त्याच्या सन्मानार्थ आज आपण विद्युत प्रवाहाचे एकक अॅम्पियर या नावाने ओळखतो.

ऋणभार (-) असलेले इलेक्ट्रॉन्स जेव्हा विद्युत वाहकातून गतीने वाहतात तेव्हा विद्युत प्रवाह निर्माण होतो. किती विद्युत प्रवाह आहे हे अर्थातच किती विद्युत भार एका सेकंदात



वाहकातून वाहतो यावर अवलंबून असते. एक ॲम्पियर एवढा विद्युत प्रवाह जर निर्माण करायचा असेल तर एका सेकंदात एक कुलंब येवढा विद्युत भार वाहकातून वहायला हवा. म्हणूनच एक ॲम्पियरची व्याख्या म्हणजे,

१ ॲम्पियर = १ कुलंब प्रती सेकंद.

कुलंब हे एक विद्युत भाराचे एकक आहे. एका इलेक्ट्रॉनवर १.६×१०^{-१९} कुलंब येवढा भार असतो. याचाच अर्थ असा होतो की, साधारणपणे $१०^{१९}$ एवढे इलेक्ट्रॉन्स एकत्र आल्यावर १ कुलंब भार तयार होतो. जर विद्युत वाहकातून $१०^{१९}$ इतके इलेक्ट्रॉन्स प्रती सेकंद वाहात असतील तर त्यातून एक ॲम्पियर एवढा विद्युत प्रवाह वाहतो आहे, असे म्हणता येईल. आपल्या शरीरावर विद्युत प्रवाहाचा दुष्परिणाम होऊ शकतो. सर्वसाधारणतः ०.५ ॲम्पियर एवढा विद्युत प्रवाह जर शरीरातून वाहिला तर मृत्यूही येतो. (पहा : धक्कादायक, संदर्भ नमुना अंक - २, पान २७)

इथे आपली आणखी एका एककाशी ओळख झाली कुलंब. कुलंब हे विद्युत भाराचे एकक असून त्याला चार्ल्स ऑगस्टीन द कुलंब या शास्त्रज्ञाच्या सन्मानार्थ त्यांचे नाव दिले आहे. कुलंबची माहिती आपण पुढे कधी तरी जरूर करून घेऊ.

संदर्भच्या द्वैमासिक व नमुना अंकांचे देणगी मूल्य

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

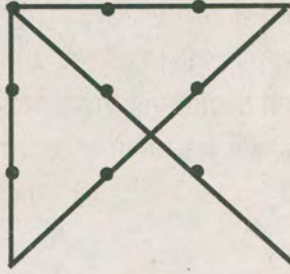
देणगी मूल्य ड्राफ्ट/मनिऑर्डर द्वारे पालकनीती परिवारच्या नावे पाठवावे. पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११००४. फोन : ३४१२३०.

मला एखादी गोष्ट माहिती नाही याची मला भीती वाटत नाही.

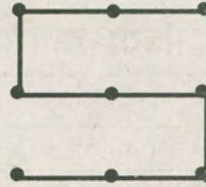
-रिचर्ड फाईनमन, भौतिकशास्त्रात नोबेल पारितोषिक आणि एक उत्कृष्ट शिक्षक.

प्रयोगाकडून सिद्धांताकडे

आलं का पान क्रमांक २४ वरील कोडं? या कोड्याचं मला माहीत असलेलं उत्तर सोपं आहे. खालील दिलेली आकृती बघा.



अर्थात तुम्ही कदाचित यापेक्षा वेगळं उत्तरही शोधून काढलं असेल तर ते आम्हाला जरूर कळवा. एकदा हेच कोडं मी एका शाळेत विज्ञानाच्या तासाला मजा म्हणून विचारलं. इयत्ता पाचवीची या शाळेतील मुलं अशी कोडी मजेत सोडवतात. एका विद्यार्थ्याने मात्र मला लक्षात न आलेले असे नवीन उत्तर सांगितले, ते असे.



तुम्ही म्हणाल की या तर झाल्या पाच सरळ रेषा. पण त्या मुलाचं म्हणणं होतं या तीन लांब रेषा आहेत व दोन अर्ध्या लांबीच्या, म्हणजेच $१+१+१+१/२+१/२ = ४$ रेषा आहेत. हा विचार, जो एका मुलाने सहज केला तो मला सुचला नाही. अर्थात आपल्या नियमात रेषेच्या लांबीवर कुठलीच अट नव्हती. त्यामुळे वरील उत्तरही आपल्याला मान्य करावे लागेल. नऊ ठिपके चार रेषांनी जोडण्याचा हाही एक मार्ग आहे. असा मुक्त विचार करण्याची क्षमता ही विज्ञान पद्धतीतील एक महत्त्वाचे अंग आहे. विज्ञान शिक्षणामधून ही क्षमता आपल्याला कशी वाढवता येईल?

प्रश्नावली

संदर्भ.

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

अंकातली भाषा आपल्याला कशी वाटली ?

संवादी चांगली सोपी कठीण

अंकातली विषय मांडणी

चांगली वाईट ठीक

अंकामध्ये खालील विषयांचा अंतर्भाव असावा.

.....
.....

संदर्भसाठी इतर काही मदत कराल का? कोणती?

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

संदर्भ.

सभासदत्वाचा फॉर्म

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

संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.....बँक ड्राफ्ट/मनीऑर्डरने पालकनीती परिवारच्या नावे पाठविले आहेत.

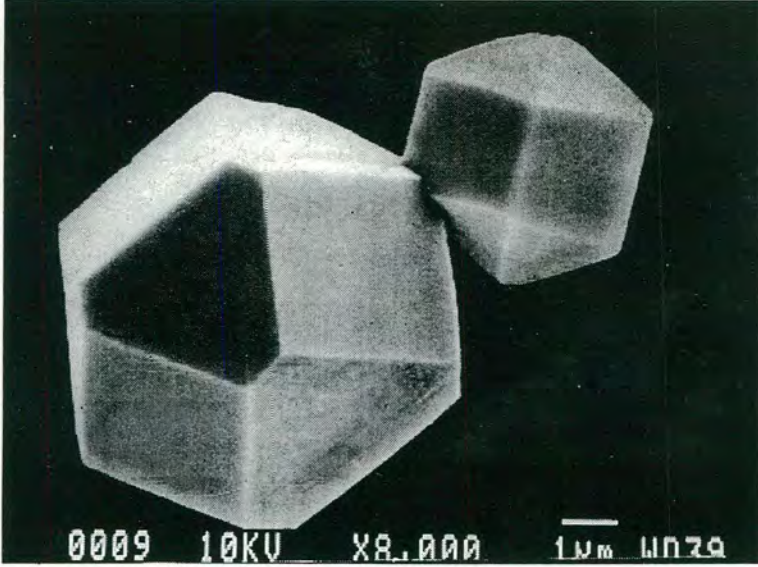
नाव _____

पत्ता _____

सही _____

पालकनीती परिवार,
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वेरोड, पुणे ४११००४

हवेतून हिरे



हिन्याच्या दोन स्फटिकांचे हे छायाचित्र. पण हे हिरे खाणीतून निघालेले नसून, प्रयोगशाळेत तयार केले गेले आहेत. असे हिरे बनवण्यासाठी ९९ टक्के हायड्रोजन व १ टक्का मिथेन वापरले जाते. म्हणजे विज्ञानाच्या करामतीने अक्षरशः हवेतून हिरे बनवण्याचा हा चमत्कार आहे.

सूक्ष्मदर्शकाखाली हिन्याचे स्फटिक ८००० पट मोठे दाखवण्यात आले आहेत, परंतु प्रत्यक्ष स्फटिकाचा आकार ७ मायक्रॉन येवढा लहान असतो. (एक मायक्रॉन म्हणजे चित्रातील पांढरी आडवी रेष ही एका मिलिमीटरचा हजारवा हिस्सा आहे.) सामान्य माणसांच्या दृष्टीने हिन्याचे महत्त्व - एक रत्न म्हणूनच. परंतु शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञांच्या दृष्टीने हिरा हा एक औद्योगिक महत्त्वाचा पदार्थ आहे. धातू कापण्याच्या सुरीपासून ते इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांपर्यंत अनेक ठिकाणी हिन्याच्या अशा स्फटिकांचा उपयोग होतो.

