

# शैक्षणिक संदर्भ

अंक - १०

एप्रिल-मे २००१



“ विज्ञान म्हणजे काय? ”



सहिल्या अंधाव्याजा रोपटी तर बुकच्याने सांग भाण्णुत पाहिली.  
शिरानुन हारीया पायाची भाण्णुती केची.

शिक्षण आणि विज्ञानात  
रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे  
संजीवनी कुलकर्णी  
नागेश मोने  
प्रियदर्शिनी कर्वे

शैक्षणिक

• संदर्भ •

अंक - १०

एप्रिल - मे २००१

अक्षरजुळणी व मुद्रण :

न्यू वे टाईपसेटर्स अॅण्ड प्रोसेसर्स  
संजीव मुद्रणालय

सर रतन टाटा ट-स्ट, मुंबई  
यांच्या आर्थिक मदतीने व  
एकलव्य, होशंगाबाद  
यांच्या सहयोगाने हा अंक  
प्रकाशित केला जात आहे.

पालकनीती परिवारसाठी

निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

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

ई-मेल : karve@wmi.co.in

दूरध्वनी : ५४४९२३०

किंमत : रुपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रुपये १००/-

**मुखपृष्ठ :** आपल्याला अडचणीत टाकणारे अनेक प्रश्न मुलं विचारतात. त्यांचे कुतूहल शमविण्यासाठी या प्रश्नांची उत्तरं देण्याचा किंवा उत्तरं शोधण्याचा आपण यथाशक्ती प्रयत्न करतो. विज्ञान म्हणजे काय - हा असाच एक प्रश्न.

त्याचे उत्तर शोधताना आम्हाला एक गोष्टच सापडली. त्यातील चित्रे आपण मुखपृष्ठावर पाहिलीत. आणि गोष्ट वाचा, पान ३३ वर.

**कव्हर ३ :** प्रकाशातील रामन परिणामाबद्दल नोबेल पारितोषिक मिळालेले चंद्रशेखर वेंकट रामन यांनी वाद्यांच्या विज्ञानावरही महत्त्वाचे संशोधन केले आहे.

मृदंगम् व तबल्याच्या वैशिष्ट्यपूर्ण पटलांच्या कंपनांचा अभ्यास करण्यासाठी सी. व्ही. रामननी एक अगदी सोपी पध्दत वापरली होती. पटलावर थाप मारण्याच्या थोडे आधी किंवा थाप मारल्याबरोबर त्यावर बारीक वाळू भुरभुरवायची. कंपनामुळे या वाळूचे वेगवेगळे आकार तयार होतात. या आकारांच्या मदतीने कंपनांची रचना समजावून घेता येते. रामनच्या प्रयोगांत मृदंगम्च्या पटलावर तयार झालेल्या वाळूच्या आकृत्या छायाचित्रात दाखवल्या आहेत. अधिक माहिती - वाद्यांचे विज्ञान या लेखात, पान ९ वर.

# अनुक्रमणिका

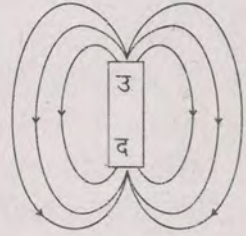
शैक्षणिक संदर्भ अंक - १०

एप्रिल - मे २००९

- सर्पांचे अंतरंग ..... ३
- शिकवण्याची ती पध्दत ..... १९
- विज्ञान म्हणजे काय ? ..... ३३
- ध्वनी - दोन विशेष परिणाम ..... ५३
- वनस्पती विरुद्ध वनस्पतिभक्षक .. ५९
- वाद्यांचे विज्ञान ..... ९
- उल्कावर्षाव कशामुळे ..... २३
- जुळ्या भावंडांपैकी एक -  
चुंबकत्व ..... ३९
- मूषक मर्दन ..... ६६

## जुळ्या भावंडांपैकी एक - चुंबकत्व

विद्युत आणि चुंबकत्व ही जुळी भावंडांचे म्हणायला हवीत. पण त्यांच्यातलं हे नातं आपल्याला अगदी अलिकडे कळलेलं आहे. या दोन्ही संकल्पनांचे शोध स्वतंत्रपणे लागले, आणि त्यांचा विकासही वेगवेगळ्या मार्गाने झाला. त्यापैकी चुंबकत्वाची विलक्षण कहाणी वाचू या लेखात.

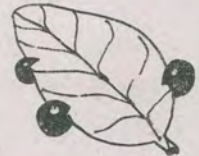


## उल्कावर्षाव कशामुळे

आकाशातून उल्का पडताना आपल्याला कधी दिसली आहे ? दिसली नसेल तरी उल्का पहाण्याचा अपूर्व अनुभव घ्यायला आपल्याला नक्कीच आवडेल. तो कसा आणि कधी घेता येईल याबद्दल या लेखात वाचा.

## वनस्पती विरुद्ध वनस्पतिभक्षक

एखाद्या प्राण्यावर हल्ला झाला, तर तो पळून जाऊ शकतो. पण एकाच जागी मुळं रोवून उभ्या असलेल्या वनस्पतींचं काय ? वनस्पती आपल्या भक्षकांपासून स्वतःचा बचाव कसा करतात ?



## मूषक मर्दन

बासरीवाला आणि उंदीर ही गोष्ट प्रत्येकानं ऐकली असेल. त्या गोष्टीतल्या गावाप्रमाणेच एकदा लंडनमध्ये उंदरांचा सुळसुळाट झाला. उंदीर नष्ट करण्यासाठी तिथल्या लोकांनी काय काय केलं - ते या गोष्टीत वाचा.



## प्रिय वाचक, लेखक, अनुवादक व हितचिंतक

शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिक ऑगस्ट-सप्टेंबर १९९९ पासून सुरू झाले. पहिल्याच वर्षात द्वैमासिक सुमारे १२०० वाचकांपर्यंत पोचले. आणि युनिसेफ - यवतमाळ जिल्हा परिषद यांच्या सहाय्याने सध्या चालू असलेल्या दुसऱ्या वर्षात ही संख्या २५०० च्या घरात गेली आहे. आपण सर्वांनी द्वैमासिकाला आजवर जो आधार व सहकार्य दिले आहे, त्याबद्दल आम्ही आपले मनःपूर्वक आभारी आहोत.

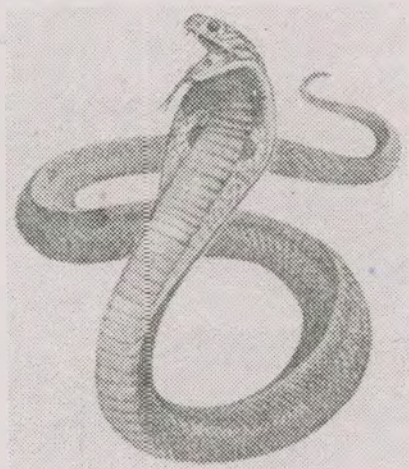
शैक्षणिक संदर्भसाठी आपण पुढील गोष्टी करू शकता.

१. पुढील वर्षाची वर्गणी (रु. १००) शक्य तितक्या लवकर आमच्याकडे पाठवा.
  २. आपल्या नातेवाईकांत किंवा मित्रपरिवारात असलेल्या शालेय शिक्षक व विद्यार्थ्यांपर्यंत या द्वैमासिकाची माहिती पोचवा. त्यांना वर्गणी भरण्यास उद्युक्त करा, किंवा त्यांना वार्षिक वर्गणी भेट द्या.
  ३. ग्रामीण भागातील १०, २५, ५० किंवा १०० शाळांची वर्गणी पुरस्कृत करा.
  ४. आपल्या माहितीतल्या देणगी देऊ शकणाऱ्या व्यक्ती किंवा संस्थांकडून आर्थिक मदतीसाठी शैक्षणिक संदर्भची शिफारस करा.
  ५. वेगवेगळ्या संस्थांतर्फे, विविध कारणांनी शालेय विद्यार्थ्यांना दिले जाणारे प्रोत्साहनपर बक्षिस म्हणून शैक्षणिक संदर्भची वार्षिक वर्गणी भरण्याची शिफारस करा.
  ६. विज्ञान व शिक्षणाबद्दल स्वतंत्र किंवा अनुवादित लेख स्वतः पाठवा, किंवा इतरांना लेख पाठविण्यासाठी सुचवा.
  ७. आपण विज्ञान विषयक लेखांचे हिंदी किंवा इंग्रजीतून मराठीत चांगले अनुवाद करू शकत असाल, तर आमच्याशी संपर्क साधा.
  ८. विज्ञान व शिक्षणाबद्दल चांगले लिखाण वाचनात आल्यास आम्हाला त्याची एक प्रत पाठवा.
  ९. आपण शिक्षक किंवा विद्यार्थी असल्यास वैज्ञानिक संकल्पना समजावून देण्यासाठी किंवा समजून घेण्यासाठी द्वैमासिकाचा वापर करा, व आपले अनुभव कळवा.
  १०. द्वैमासिकाबद्दलच्या आपल्या वस्तुनिष्ठ प्रतिक्रिया आमच्यापर्यंत पोचवा.
  ११. आपल्या जवळपास होणाऱ्या विज्ञानविषयक प्रदर्शनांत किंवा पुस्तक मेळाव्यांत सहभागी होण्यासाठी आम्हाला मदत करा.
- ऑगस्ट २००१ पासून सुरू होणाऱ्या तिसऱ्या वर्षातही आपली भरघोस साथ लाभेल, ही आशा करत आहोत.

संपादक मंडळ

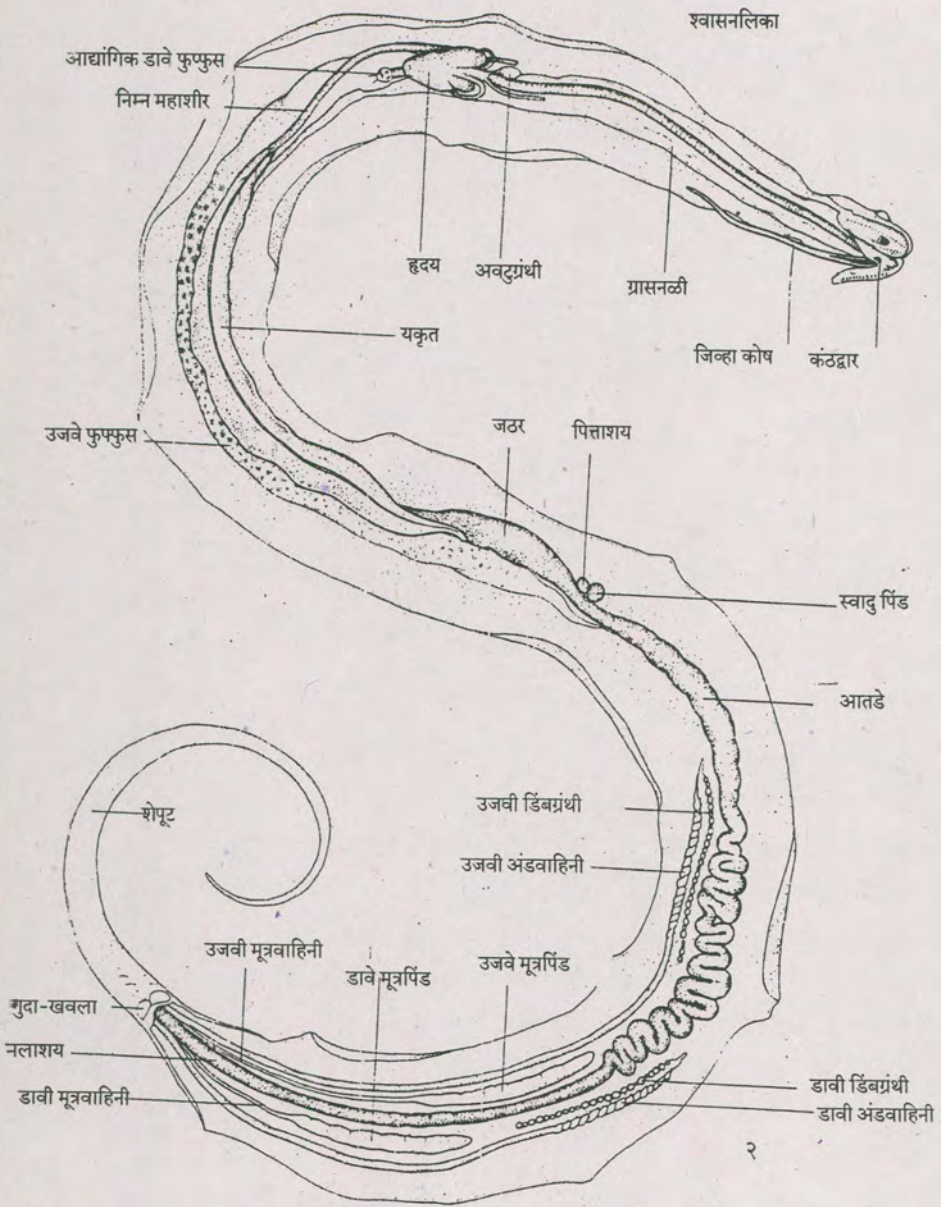
# सर्पचे अंतरंग

लेखक : रमेश काणकोणकर



पृष्ठवंशी प्राण्यांच्या अंतरंगात अवयवांची दोन्ही बाजूस सममिती (symmetrical) ठेवण केलेली असते. सर्प हा पृष्ठवंशी प्राणी असल्याने त्याच्याही अंतरंगात अशीच ठेवण असावी अशी सर्वसाधारणपणे अपेक्षा असणार. परंतु सर्पाला वृत्तचिर्तीच्या आकाराचे चिंचोळे आणि लांबच लांब शरीर लाभलेले असल्याने त्याच्या शरीरात अवयवांची सममिती ठेवण असणे शक्य नाही. हातापायाशिवाय चालणे, भक्ष्याचे तुकडे न करता ते अखळे गिळणे, डोळ्यावर पापण्या नसणे, जीभ दुभागलेली असणे

याप्रमाणे नियमाला अपवाद ठरण्याचा विडा उचलेल्या या प्राण्याने म्हणूनच शरीराच्या आतील अवयवांच्या रचनांचा प्रश्न मोठ्या खुबीने सोडविला आहे. जागेच्या टंचाईवर मात कशी करायची हे सर्पाकडूनच शिकून घ्यावे. आपल्या शरीरात जोडीने आढळणाऱ्या फुफ्फुस, मूत्रपिंड यासारख्या अवयवांची मांडणी बाजूबाजूला न करता ती त्याने एकामागे एक अशी तरी केली आहे. किंवा जोडीतील फक्त एक इंद्रिय व्यवस्थितपणे विकसित केले आहे आणि दुसरे जेमतेम नावाला आढळते. काही सर्पांनी

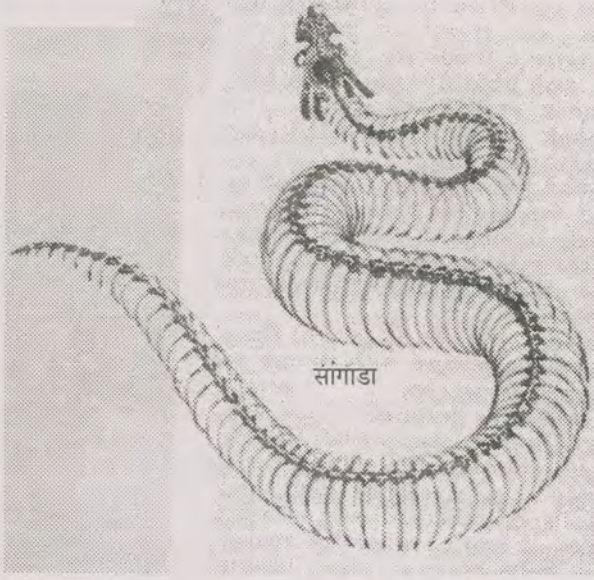


तर दोघांपैकी एका इंद्रियाला पूर्ण फाटा दिला आहे. म्हणूनच सर्पांचे शरीर उघडे करून पाहिले असता उजव्या फुफ्फुसाच्या मागे डावे फुफ्फुस, उजव्या मूत्रपिंडाच्या मागे डावे मूत्रपिंड, उजव्या अंडाशयाच्या मागे डावे अंडाशय अशी रचना दृष्टीस पडते. विशेष म्हणजे उजव्या बाजूची इंद्रिये डाव्या बाजूकडील इंद्रियांहून मोठी असतात. बहुसंख्य सर्पांत उजवीकडचे एकच एक फुफ्फुस पहायला मिळते. डुरक्या घोणस, मंडोल, अजगर, अनाकोडा यासारख्या भारदार आणि काही अंशी अजस्रकाय सर्पांत नाही म्हटले तरी डाव्या फुफ्फुसाचे दर्शन घडते. ते जेमतेम विकसित झालेले असते. मात्र बहुसंख्य सर्पांत उजव्या बाजूकडचे सुविकसित फुफ्फुस आकाराने फार लांब असते आणि काही सर्पांच्या बाबतीत ते अवस्कराच्या मुखापर्यंत पसरलेले असते. काही सर्पांमध्ये श्वासनलिकायुक्त फुफ्फुस विकसित झालेले पहायला मिळते. असे फुफ्फुस नेहमीच्या श्वासनलिकेवर पडलेले असते. फुफ्फुसातील श्वासनलिका खऱ्या अर्थाने फुफ्फुसाच्या कार्यात मदत करते. एरव्ही फुफ्फुसाचा पुढचा भाग आणि खास प्रकारे विकसित झालेली श्वासनलिका ऑक्सिजन शरीरात घेण्याचे कार्य करते तर फुफ्फुसाच्या मागच्या भागात हवेचा नाठा करून ठेवलेला असतो. निरनिराळ्या जातींच्या सर्पांत फुफ्फुसाचा आकार आणि आकारमान यात फार फरक असतो. पाणसर्प

पाण्यात रहात असल्याने त्यांना फुफ्फुसात जास्त हवा साठवून ठेवावी लागते. म्हणून पाणसर्पांची फुफ्फुसं भुईसर्पांच्या आणि वृक्षेयसर्पांच्या फुफ्फुसांहून मोठी असतात. या कारणामुळेच पाणसर्प श्वासावरोध करून अर्धा-अर्धा तास पाण्यात बुडी मारून राहू शकतात, तर इतर सर्प फार थोडा वेळ श्वासावरोध करू शकतात.

सर्पांची श्वासनलिका अपूर्ण कूर्चामय वलयांनी बनलेली असते तर फुफ्फुसं म्हणजे वाताशय आणि वातपेशी यांची जाळी असतात. सर्पांमध्ये स्नायूंचे श्वासपटल नसते. तथापि फुफ्फुस आणि श्वासनलिका वेगळी ठेवण्यासाठी त्यांच्या दरम्यान अस्तरवजा पटल असते. स्नायूंच्या आकुंचनाने फासळ्या हलवून आणि बंदिस्त शरीर-कुहरातील फुफ्फुसांचे आणि इतर इंद्रियांचे प्रसरण आणि आकुंचन घडवून आणून श्वासोच्छ्वास केला जातो.

अन्ननलिकेत अन्नाचे सतत पचन आणि शोषण चालू रहात असल्याने अन्ननलिकेचा पृष्ठभाग मोठा असणे आवश्यक असते. म्हणूनच सर्व पृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये अन्ननलिकेत वेटोळी असतात. परंतु सर्पांचे शरीरच लांब असल्याने त्यांच्या अन्ननलिकेस वेटोळी पडण्याचे कारणच उरत नाही. उलट नलिकेसारखी लांबलचक शरीररचना त्यांच्या पथ्यावर पडली आहे. लहान आतड्याचा छोटोसा भाग सोडता तोंडापासून मलाशयापर्यंत कोणतेही वेटोळे न पडता



सांगाडा

अन्ननलिका सरळ पसरली आहे. जठर म्हणजे अन्ननलिकेच्या तळाशी असलेली जाडजूड विवर्धित (enlarged) पिशवी असते. अन्य पृष्ठवंशी प्राण्यांप्रमाणे जठर शरीराच्या कुहरात आडवे पडलेले नसते. अन्ननलिका जसजशी जठराकडे येऊ लागते तसतश्या तिला अधिकाधिक घड्या पडत जातात. जठरातील घड्यांची संख्या सर्वात जास्त असते. जठराची पिशवी एकाएकी एका निजठर वल्लाने (pyloric valve) बंद केलेली असते. जठरातील अन्न जोपर्यंत पूर्णतया विरघळत नाही तोपर्यंत अतिशय मजबूत स्नायूने बनलेला निजठर वल्ल अन्नाला छोट्या आतड्यात जाऊ देत नाही. आपल्या जठरात ज्याप्रमाणे अन्न घुसळले जाते तसे सर्पांच्या जठरात अन्न घुसळले जात नाही. तरीही या

विवर्धित पिशवीरूपी जठरात अन्न कसे काय विरघळवले जाते, हे कोडे आहे.

त्यामानाने आखूड आणि छोटी वेटोळी असलेल्या आतड्यात अन्नाचे शोषण होते. आतड्याच्या पुढील भागात अन्नाचा चोथा बराच काळ रोखून ठेवला जातो. येथे बराच मल साचल्यानंतर त्याचे मोठे गोळे केले जातात. शेवटी ते विष्ठेच्या रूपात बाहेर टाकले जातात. क्ष-किरणांनी अभ्यास केला असता अजस्रकाय सर्पाला त्याचे अन्न पूर्णपणे पचवायला सुमारे चार दिवस लागतात असे आढळून आले आहे. अर्थात सर्पांच्या जातीनुसार, वयोमानानुसार आणि भक्ष्याच्या प्रकारानुसार तसेच वातावरणाच्या तापमानानुसार अन्न पचविण्याच्या काळात फरक पडतो. परंतु अन्नाचे पचन फार मंदरीत्या



होते हे निश्चित. सर्प अन्नाचे पचन किती मंदरीतीने करतात यासंबंधी कल्पना यावी म्हणून क्लिफर्ड पोप यांचे पुढील निरीक्षण उपयोगी पडावे. ते म्हणतात, “इंग्लंडमधील एक मीटर लांबीच्या ग्रास-स्नेक नावाच्या सर्पांने साधारण मोठ्या आकाराचा एक बेडूक मिळला होता. नव्वद मिनिटांनी त्याने तो तोंडावाटे पुन्हा बाहेर फेकून दिला आणि तरीही बेडूक जिवंत होता.”

येथे हेही नमूद केले पाहिजे की भक्ष्य लांब असल्यास एकदम जठरात जाऊ दिले जात नाही तर अन्ननलिकेत धरून ठेवले जाते. जसजसे जठरात भक्ष्य विरघळत जाते तसतसा भक्ष्याचा उरलेला भाग अन्ननलिकेतून जठरात सरकवला जातो.

सर्पांच्या छोट्या आतड्याची रचना साधी पण सक्षम बनली आहे. आतड्यात भरपूर चरबी साठवून ठेवलेली असते. सर्पांना जेव्हा भक्ष्य मिळत नाही किंवा बंदिस्त केलेल्या सर्पांना जेव्हा वेळेवर अन्न दिले जात नाही तेव्हा जगण्यासाठी या राखीव चरबीचा सर्प उपयोग करतात. याच कारणाने उपासमार घडलेल्या सर्पांच्या आतड्यात कमी चरबी आढळते.

पचनास साह्य करणारी पित्ताशय, यकृत आणि प्लीहा यासारखी अंगे इतर पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या शरीराशी तुलना करता सर्पांच्या डोक्याच्या अधिक जवळ आणि बरीच पुढे असतात. यकृत बरेच लांब असून त्याची

डावी पाळी लहान असते. पित्ताशय यकृताच्या बाजूला असण्याऐवजी यकृताखाली दबलेले असते.

सुसर, मगर या नक्रवर्गाचा अपवाद सोडल्यास इतर सरपटणाऱ्या प्राण्यांपासून सर्पांचे हृदय सहज लक्षात यावे इतके वेगळे आहे. कार्याच्या दृष्टीने विचार केल्यास सर्पांचे हृदय केवळ तीन कप्प्यांनी बनलेले आहे. नाही म्हणायला चौथा कप्पा आहे परंतु तो तिसऱ्या कप्प्यापासून पूर्णतया विभक्त नाही. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर सर्पांच्या हृदयात दोन अलिंद (auricles) आणि दोन वेगवेगळी महाश्वमनी प्रकांडे (aortic trunk) असतात. परंतु त्याचे निलय (ventricle) पूर्णपणे विभागलेले नसते. साहजिकच फुफ्फुसांकडून येणारे ऑक्सिजनयुक्त शुध्द रक्त आणि रक्ताभिसरणानंतर परतणारे ऑक्सिजनविरहित अशुध्द रक्त काही अंशी एकमेकांत मिसळते. याचमुळे नक्रवर्गी प्राणी, पक्षी आणि सस्तनी प्राणी यांच्या हृदयाशी तुलना करता सर्पांचे तीन कप्पी हृदय कार्यक्षमतेत डावे उरते. चार कप्पी हृदयामार्फत ऑक्सिजनयुक्त शुध्द आणि केवळ शुध्द रक्त रक्ताभिसरणात सोडले जाते. सर्पांच्या लांबट शरीरातील लांबट इंद्रियांना व्यवस्थित रक्तपुरवठा करता यावा म्हणून रक्तवाहिन्यांच्या संख्येत वाढ झाल्याचे पहायला मिळते. सर्पांच्या रक्तपेशी लंब

वर्तुळाकारी असून माशाच्या आणि बेडकाच्या रक्तपेशींप्रमाणे सर्पांच्या रक्तपेशीतही केंद्रक असतो.

सर्पाची मूत्रपिंडेही लांब असतात. उजव्या बाजूचे मूत्रपिंड सुविकसित आणि नाकाच्या किंवा डोक्याच्या फार जवळ असते. शरीरातील मल किंवा टाकाऊ भाग 'अर्धघन' असल्याने सर्पाला मूत्राशयाची गरज नाही. म्हणूनच त्याच्या शरीरात मूत्राशय आढळत नाही. सर्पांच्या जननग्रंथीही लांबोड्या असतात. त्यापैकी एक ग्रंथी दुसऱ्या ग्रंथीच्या मानाने डोक्याजवळ असते. मादी सर्पांच्या शरीरात डाव्या अंडवाहिनीचा अभाव असू शकतो.

सर्पांच्या मोठ्या आतड्याचे टोक आखूड असते. हे टोक त्वचेच्या बाहेर जेथे येते तेच त्याचे गुदद्वार. मूत्रनलिका, अंडाशयवाहिन्या, रेतवाहिन्या सऱ्या याच आतड्यात असतात. गुदद्वाराच्या किंचित मागे असलेल्या काहीशा उंचवट्याखाली मूत्रद्वार आणि वर अंडाशय किंवा रेतशय यांची तोंडे असतात.

सर्पांचे वृषण रेशमाच्या पोसलेल्या किड्याप्रमाणे लांबोडे आणि पांढऱ्या रंगाचे असतात. त्यातील रेतवाहिन्यांची रचना वेड्यावाकड्या तंतूंच्या जाळ्यासारखी असते.

सस्तनी प्राण्यांच्या मानाने सर्पांचा मेंदू छोटा असून तो पक्ष्याच्या मेंदूशी जवळचे नाते दाखवतो. त्याच्या मेंदूचा बहुतेक भाग रेखित

पिंडाने (corpus stratum) व्यापलेला असतो. कार्यपध्दतीचा विचार केला तर रेखित पिंड हे शिकण्याचे केंद्र नसून ते उपजत गुणांचे (instincts) केंद्र आहे.

बहुसंख्य सर्पांमध्ये स्कंध मेखला (shoulder girdle) आणि श्रोणी मेखला (pelvic girdle) आढळत नाहीत.

बॉयडी आणि पायथॉनिडी कुलांतील सर्पांत आणि इतर काही सर्पांत श्रोणी मेखला अवशेष रूपात पहायला मिळतात. लेप्टो-टिफ्लोपिडी हे असे एकमेव सर्प आहेत की त्यांच्यात अवशेषरूपी उरोस्थी पहायला मिळतात.

सर्पांच्या पाठीचा कणा चांगला लांब असून त्याला अनेक फासळ्या असतात आणि त्याचा सांगाडा सुव्यवस्थित असतो. काही आद्य सर्प सोडता सर्पांना खांद्याचे हाड, जत्रुकास्थी (collar-bone) आणि उरोस्थी (breast-bone) इत्यादी अवयव नसतात. उरोस्थी अभावामुळेच सर्प गिळलेले मोठाले भक्ष्य जठरापर्यंत नेऊ शकतो. भक्ष्य चावून चावून त्याचे बारीक बारीक तुकडे न करणाऱ्या सर्पांसारख्या प्राण्याला ही गोष्ट नक्कीच फायदेशीर ठरली आहे.



लेखक : डॉ. रमेश काणकोणकर - जीवशास्त्राचे अभ्यासक. मराठीतून विज्ञानविषयक लिखाणाबद्दल आस्था.



## वाद्यांचे विज्ञान

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

चंद्रशेखर वेंकट रामन यांनी प्रकाश लहरींच्या 'रामन परिणामा'चा शोध लावला आणि त्याबद्दल त्यांना नोबेल पारितोषिक मिळाले. भारतीय संशोधकाला पूर्णपणे भारतात केलेल्या संशोधनासाठी मिळालेले हे आजपर्यंतचे एकमेव नोबेल पारितोषिक आहे. रामन यांनी आपल्या कारकिर्दीत केवळ प्रकाशलहरींवरच नाही, तर एकंदरीत लहरींच्या विज्ञानाबाबत मूलभूत व चौफेर संशोधन केले. नामवंत पदार्थ वैज्ञानिक जी. वेंकटरमन यांनी लिहिलेले रामन यांचे चरित्र 'जर्नी इनटू लाइट', रामन यांच्या संशोधनाचाच नाही तर व्यक्तिमत्त्वाचाही वेध घेते. चरित्रकार जी. वेंकटरमन यांनी प्रस्तावनेत म्हटल्याप्रमाणे रामनची कहाणी म्हणजे आधुनिक भारतातील विज्ञानाचीही कहाणी आहे. आपल्या कारकिर्दीच्या सुरुवातीच्या काळात रामन यांनी केलेल्या संशोधनाची झलक दाखवणारा हा लेख, 'जर्नी इनटू लाइट' या पुस्तकातील एका भागाचा स्वैर अनुवाद आहे.

पुस्तक : जर्नी इनटू लाइट; लाइफ अँड सायन्स ऑफ सी. व्ही. रामन'

लेखक : जी. वेंकटरमन, प्रकाशक : पेंग्विन बुक्स, १९९४. किंमत रु. १५०/-

व्हायोलिनवरील सखोल संशोधनानंतर रामन यांचे लक्ष भारतीय वाद्यांकडे वळले, यात नवल नाही. भारतीय वाद्यांच्या समृद्ध साठ्यातल्या दोन नादवाद्यांवर - तबला व मृदंगम् - आणि दोन तंतूवाद्यांवर - तंबोरा व वीणा - त्यांनी आपले लक्ष केंद्रित केले. नादवाद्यांबद्दल त्यांनी लिहिले आहे -

“ताणलेल्या वर्तुळाकार पटलावर किंवा ड्रमच्या चामडी पडद्यावर आघात केल्याने निर्माण होणारी कंपने अत्यंत जटिल असतात, हे सर्वश्रुत आहे. पटलाच्या मूलभूत नादाखेरीज, एकमेकांशी कोणतेही सांगीतिक नाते नसलेले अनेक गौण स्वरही (over-tones) यातून निर्माण होतात. हे कमी-अधिक तीव्रतेचे सर्व गौणस्वर मिळून एक बेसूर परिणाम साधतो. तेव्हा युरोपियन पदार्थ-वैज्ञानिकांना ज्ञात असलेले गोल पटलाचे ड्रम म्हणजे ‘वाद्य’ नाहीत, तर ‘ताल देण्यासाठी आवाज निर्माण करण्याची साधने’ आहेत. युरोपियन वाद्यवृंदात वापरल्या जाणाऱ्या आणि ध्वनीच्या विशिष्ट पातळीला जुळवता येणाऱ्या केटलड्रमबाबतही हेच म्हणावे लागेल.”

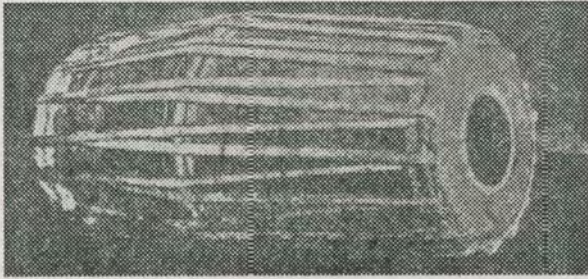
रामन पुढे लिहितात -

“युरोपियन विज्ञानाला माहीत असलेली सर्व नादवाद्ये अशा तऱ्हेने असांगीतिक आहेत, आणि केवळ खुल्या मैदानात किंवा मोठ्या वाद्यवृंदात - जिथे थोड्याशा आवाजाने रंजकतेत फारसा फरक पडत नाही

अशा ठिकाणी - सहन करता येतात. भारतीय नादवाद्ये मात्र सर्वस्वी वेगळी आहेत. आपण नेहमी उत्कृष्ट गायक किंवा बासरी अथवा व्हायोलिन वादकांच्या साथीला नादवाद्ये असल्याचे पहातो, आणि चांगल्या नादवाद्यांचा परिणामही चांगला साधल्याचे अनुभवतो. किंबहुना यावरूनच भारतीय नादवाद्यांमध्ये काही निराळेच नादशास्त्रीय गुणधर्म आहेत याची मला जाणीव झाली, आणि या संशोधनासाठी प्रेरणा मिळाली”

रामन मृदंगमूचे वर्णन असे करतात -

“टोके कापलेल्या दोन शंकूंचे तळ एकमेकांना जोडून ठेवले असावेत, अशी दिसणारी एक प्रचंड लाकडी पोकळ वस्तू. या दोन शंकूपैकी एक दुसऱ्यापेक्षा लांबीला जरा जास्त असतो. या वस्तूच्या दोन्ही तोंडांवर चामड्याचे पडदे ताणून बसवलेले असतात. प्रत्येक पडद्याभोवती घट्ट बसवण्यासाठी चामड्याचेच कडे असते. आणि पडद्यांवरचा ताण कायम ठेवण्यासाठी एक चामड्याची वादी दोन्ही कड्यांच्या परिघाला समान अंतरावर असलेल्या सोळा भोकांमधून ओवलेली असते. या ताणून बसवलेल्या वादीखाली सारख्या अंतरावर लाकडाचे आठ ठोकळे बसवलेले असतात. या ठोकळ्यांच्या सहाय्याने पडद्यांवरचा ताण कमी-जास्त करता येतो. उजव्या हाताने वाजवायच्या लहान पडद्यावरचा ताण अधिक बारकाईने कमी-जास्त करण्यासाठी

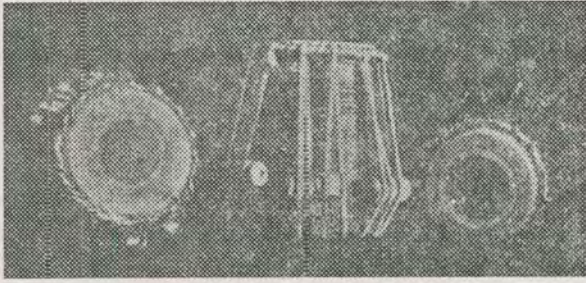


पडद्याभवतीची कडी एका छोट्या हातोडीने वर किंवा खाली ढकलता येते. मोठ्या पडद्यातून पायाभूत नाद ध्वनी निर्माण होतो. या स्वराची प्रत व पट्टी नियंत्रित करण्यासाठी या पडद्यावर कणकीचा लेप दिला जातो. लहान पडद्याची रचना हे मृदंगमूचे खास वैशिष्ट्य आहे. हा पडदा बनवण्यासाठी सारख्या जाडीचे विशिष्ट प्रतीचे चामडे निवडले जाते. सर्वप्रथम मृदंगमूच्या लहान तोंडावर या चामड्याचा दुहेरी पडदा चढवला जातो, आणि बाजूच्या गोल कड्यात अडकवून ताणून घेतला जातो. मग यातल्या वरच्या थरातून मध्यभागचा एक वर्तुळाकार तुकडा कापून काढून टाकतात. अशा रितीने मध्यभागी चामड्याचा एकच थर रहातो, आणि त्याच्यावरचा थर कंकणाकृती असतो. या कंकणाची रुंदी मृदंगमूच्या नादाची प्रत निश्चित करते. खालच्या थराच्या आता उघड्या पडलेल्या वर्तुळाकार भागावर काळ्या रंगाच्या एका विशिष्ट पदार्थाचे एकावर एक लेप चढवले जातात. ही काळी पेस्ट चामड्यावर लावतात व चामड्यावर काळा रंग पक्का चिकटून ते

कोरडे होईपर्यंत चोळतात. एकावर एक वर्तुळाकार थर चढवताना थरांची त्रिज्या कमी कमी करत नेतात. यामुळे थराची जाडीही केंद्रबिंदूपासून अंतराबरोबर बदलत जाते. चामड्यावर लावला जाणारा हा काळा पदार्थ म्हणजे लोखंडाचा बारीक कीस, कोळसा व स्टार्चचे मिश्रण असते. ह्या लेपामुळे पडद्याची लवचिकता वाढते. लेप देण्याचे हे काम टप्प्या-टप्प्याने करतात, आणि अधून मधून पडद्यातून निघणारा नाद तपासून बघतात. योग्य नाद निर्माण करण्यासाठी लेप चढवण्याचे हे काम अत्यंत कौशल्याचे असते. हे पारंपरिक ज्ञान वंशपरंपरेने एक पिढीकडून दुसऱ्या पिढीकडे दिले जाते, आणि खूप वर्षांच्या शिक्षण व अनुभवानेच हे कौशल्य प्राप्त होते.”

तबल्याबद्दल रामन लिहितात -

“यात एकाच वेळी दोन ड्रम - एक उजव्या हाताने व एक डाव्या हाताने - वाजवले जातात. हे ड्रम म्हणजे लाकूड किंवा धातूच्या, एक बाजू उघडी असलेल्या पोकळ वस्तू असतात, आणि त्यांच्या मोकळ्या तोंडावर चामड्याचे पडदे ताणून बसवलेले असतात.



उजव्या हाताने वाजवायच्या ड्रमचा पडदा मृदंगमूच्या पडद्यासारखाच असतो. डाव्या हाताने वाजवायच्या ड्रमच्या पडद्यावरही काळा लेप दिलेला असतो, पण तो मध्यभागी नसून जरा एका बाजूला असतो. या एका बाजूला असलेल्या लेपाचा उद्देश उजव्या हाताने वाजवायच्या ड्रमवर मध्यभागी असलेल्या लेपापेक्षा पूर्णतः वेगळा असतो... तबल्यावरही ड्रमवरचा पडदा ताणून बसवण्याची यंत्रणा मृदंगमूसारखीच असते. फरक फक्त इतका, की ताणासाठी वापरलेली वादी खालच्या बंद बाजूवरून नुसतीच गुंडाळलेली असते. मृदंगमूप्रमाणेच यातही वादीची बरोबर सोळा वेटोळी असतात.”

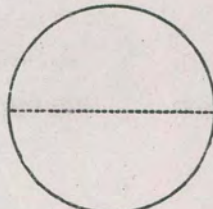
आपण वाजवत असलेल्या वाद्याच्या क्षमतांचा पुरेपूर वापर कसा करायचा हे निष्णात वादकाला ठाऊक असते. वादनाच्या तंत्राची चर्चा करताना रामन आपली निरीक्षणे नोंदवतात -

“हे वाद्य म्हणजे ध्वनीशास्त्रातील कारागिरीचा एक उल्लेखनीय नमुना आहेच, पण प्रत्यक्ष संगीतात त्याचे ध्वनीशास्त्रीय गुणधर्म वापरण्याचे तंत्र आणखी वैशिष्ट्यपूर्ण

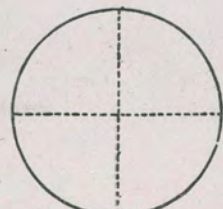
आहे... या तंत्राचा पाया आहे - पडद्यावर थाप मारण्याची पध्दत ... यामध्ये स्पर्श होणाऱ्या भागाच्या क्षेत्रफळाचे अचूक नियंत्रण, आघात लवचिक हाताने केला आहे की ताठर हाताने, थापेचा कालावधी आणि जोर यांचा समावेश होतो. तसेच थाप मारताना किंवा आघातानंतर लगेच चामड्याला काही बोटानी स्पर्श करून काही प्रगुणकंपने (harmonics) रोखली जातात, तर काही नव्याने निर्माण केली जातात. काही ओळखीच्या मात्रांमध्ये पहिले, दुसरे किंवा तिसरे प्रगुणकंपन एकटेच निर्माण केले जाते, तर काही मात्रांमध्ये वाद्यातून निर्माण होऊ शकणाऱ्या पाच नादांपैकी एक किंवा अनेक नादांबरोबर संयुक्तपणे निर्माण होते. कधी उजव्या हातातील पडद्यावरच थाप मारली जाते, तर कधी डावीकडच्या पडद्यातूनही त्याचवेळी नाद निर्माण केला जातो. उजव्या पडद्यापेक्षा डाव्या पडद्याचा नाद एक सप्तक खालच्या पातळीचा असतो. हे वादन न थांबता सतत चालू रहाते आणि त्याला त्याची स्वतःची अशी जटिल गती आणि लय असते. या सर्व विवेचनावरून भारतात नादवाद्यांची



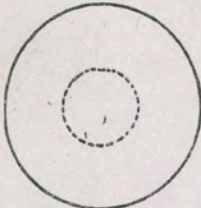
1.000



1.594



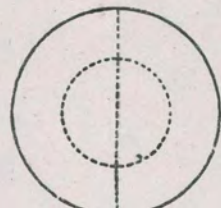
2.188



2.396  
.438



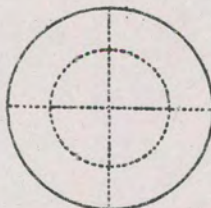
2.653



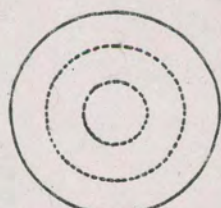
2.918  
.548



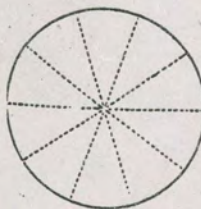
3.156



3.501  
.610



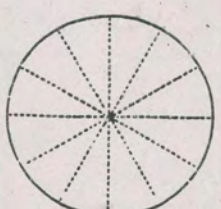
3.600  
.278, 038



3.652



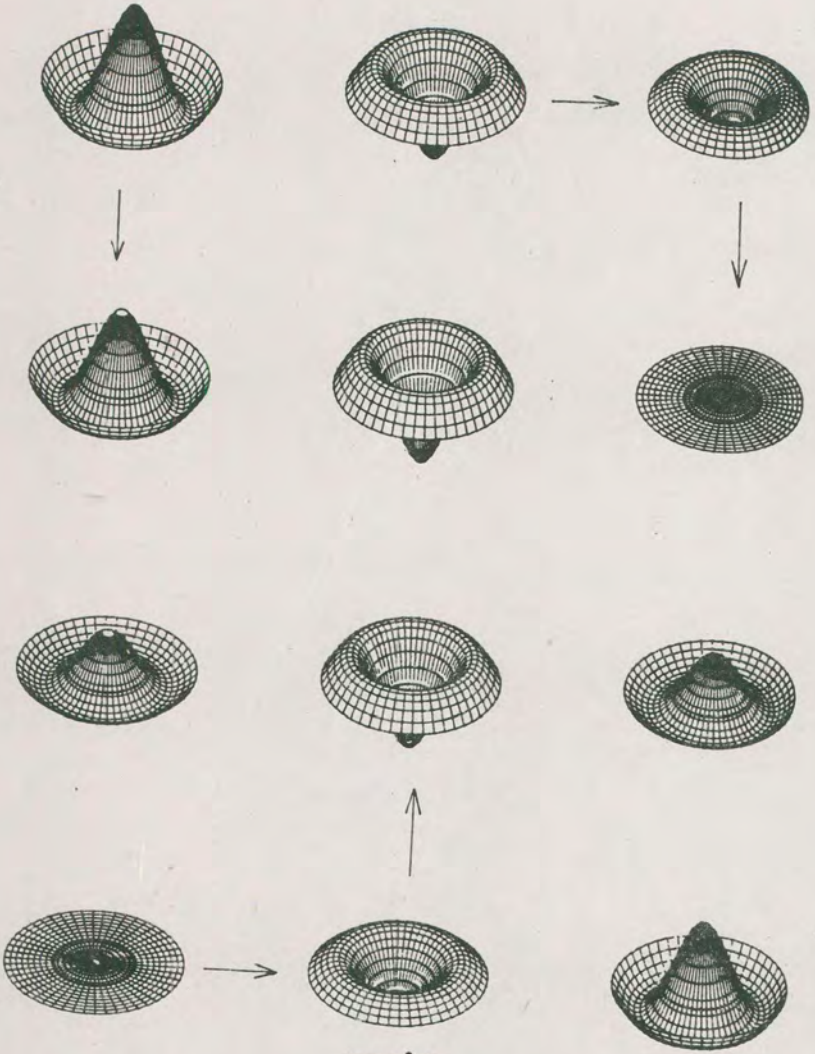
4.000  
.654



4.154

### आकृती १

वर्तुळाकार पटलाची सर्वसाधारण कंपनी. प्रत्येक कंपनीची वारंवारता मूळ वारंवारतेच्या किती पट आहे, हे प्रत्येक आकृतीच्या खाली दाखविले आहे.



आकृती २

सर्वसाधारण कंपने वर्तुळाकार पटलाची स्थिती

रचना आणि वापराचे शास्त्र किती विलक्षण पुढारलेले आहे, याची थोडी कल्पना येईल.”

मृदंगम् व तबल्यामागचे विज्ञान जाणून घेण्यासाठी परिघावर सगळीकडे सारखा ताण

असलेल्या वर्तुळाकार पटलाच्या कंपनांची शास्त्रीय माहिती असायला हवी. लॉर्ड रॅले यांनी ‘ध्वनीचा सिध्दांत’ या आपल्या प्रसिध्द ग्रंथात याची चर्चा केली आहे. अशा

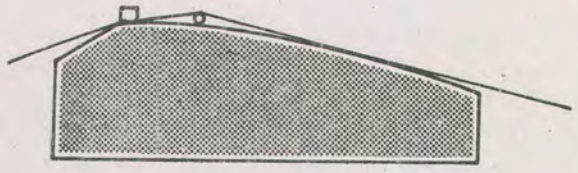
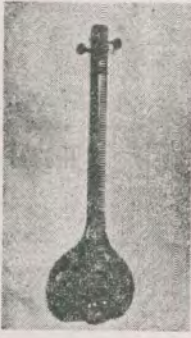


पटलाच्या सर्वसाधारण कंपनांच्या (normal modes) रचना आकृती १ मध्ये दाखवल्या आहेत. आकृती २ मध्ये एका कंपनात पटलाची स्थिती कालाबरोबर कशी बदलत जाते याचे एक उदाहरण दाखवले आहे. आकृती १ मध्ये प्रत्येक कंपनासाठी रेषा व वर्तुळांच्या आकारातील अक्षोभस्थाने (nodes) दाखवली आहेत, तसेच मूळ वारंवारतेच्या तुलनेत त्या कंपनाची वारंवारता किती आहे (मूळ वारंवारता एक धरून), हेही लिहिले आहे. बहुतेक संगीतिक वाद्यांमध्ये गौण कंपनांच्या (overtones) वारंवारता मूळ वारंवारतेच्या पूर्णांक पटीत असतात. \* पण या पटलात मात्र असे दिसत नाही. तेव्हा युरोपियन ड्रमला रामन 'केवळ आवाज निर्माण करणारा' म्हणतात यात आश्चर्य

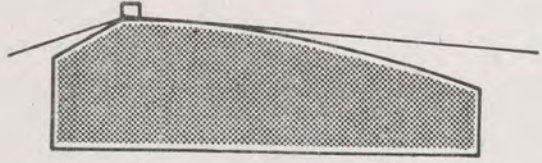
नाही. मृदंगम् व तबल्यामध्येही कंपने आकृती १ सारखीच सममित रचनांची असतात. पण गौण कंपनांच्या वारंवारता प्रगुणकंपनांच्या खूपच जवळ जातात, आणि यामुळे या वाद्यांची सांगीतिक गोडी वाढते. या कंपनांचा अभ्यास करण्यासाठी रामननी एक अत्यंत सोपी पध्दत वापरली. मृदंगम्च्या किंवा तबल्याच्या पटलावर थाप मारण्याच्या थोडे आधी किंवा थाप मारल्याबरोबर त्यावर बारीक वाळू भुरभुरवायची. कंपनांमुळे ही वाळू अक्षोभस्थानांच्या रेषांवर किंवा वर्तुळांवर जमा होते, व कंपनाची रचना समजते. याच पध्दतीने मृदंगम्वर तयार झालेल्या वाळूच्या आकृत्या अंकाच्या शेवटी कव्हर तीन वर दाखवल्या आहेत. तंबोरा हे केवळ साथीसाठी वापरले जाणारे

\* : मूळ कंपनाच्या वारंवारतेच्या पूर्णांक पटीत असलेल्या वारंवारतेच्या गौण कंपनांना प्रगुणकंपने म्हणतात. वारंवारता १, २, ३... पट असलेल्या प्रगुणकंपनांना अनुक्रमे पहिले, दुसरे, तिसरे, ... प्रगुणकंपन म्हणतात. अर्थातच पहिले प्रगुणकंपन म्हणजेच मूळ कंपन होय.

रामननी अलाहाबाद विद्यापीठाच्या पदव्युत्तर परीक्षेच्या प्रश्नपत्रिकेत मृदंगम्धून निर्माण होणाऱ्या कंपनांवर एक प्रश्न विचारला होता. अर्थात परीक्षेत कोणा विद्यार्थी हा प्रश्न सोडवण्याचा प्रयत्न करेल, असे त्यांना अजिबात वाटले नव्हते. हरीशचंद्र या विद्यार्थ्याने हे आव्हान स्वीकारले. वेळ कमी पडल्याने हरीश दुसरे कोणतेच प्रश्न सोडवू शकला नाही, पण त्याने लिहिलेल्या उत्तरावर रामन इतके खूष झाले की त्यांनी स्वतः भेटून त्याचे अभिनंदन केले. पुढे हरीशचंद्रने अणुवैज्ञानिक होमी भाभांबरोबर काही काळ काम केले. नंतर तो संयुक्त संस्थानात प्रिन्स्टन येथे स्थायिक झाला व गणिताच्या क्षेत्रातील एक दिग्गज म्हणून त्याने नाव कमावले.



तंबोरा व त्याचा घोड्याची रचना



वीणेच्या घोड्याची रचना

### आकृती ३

तंबोरा व वीणेतील घोड्याच्या रचनेतील फरक

वाद्य आहे. यात एका मोठ्या पोकळ भोपळ्यावर चार तारा ताणून बसवलेल्या असतात. ताण कमी जास्त करून या तारांचे हवे ते स्वर जुळवता येतात. तारांवरील ताण नियंत्रित करण्यासाठी एक अतिशय सोपी यंत्रणा वापरलेली असते. थोडक्यात म्हणजे हे एक अतिशय साधे पण समृद्ध सांगीतिक गुणधर्म असलेले तंतूवाद्य आहे. याचे रहस्य उलगडून दाखवताना रामन लिहितात -

“मी तंबोऱ्याच्या एका वैशिष्ट्याकडे लक्ष वेधू इच्छितो. हे वैशिष्ट्य म्हणजे तंबोऱ्याच्या भोपळ्यावर तारा ताणून बसवण्यासाठी वापरलेल्या घोड्याची रचना. युरोपियन

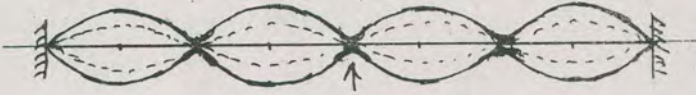
तंतूवाद्यांप्रमाणे तंबोऱ्यात धारदार घोड्याच्या कडेवरून तारा थेट वर उचलल्या जात नाहीत, तर घोड्याच्या वरच्या वलायाकार लाकडी पृष्ठभागावरून जातात. घोड्याच्या पृष्ठभागाच्या संपर्कात असणारी तारेची लांबी अचूकपणे नियंत्रित करण्यासाठी तार व घोडा यांच्या मध्ये एक योग्य जाडीचा लोकरीचा किंवा रेशमाचा दोरा सरकवला जातो, आणि अदमासाने त्याचे अंतर ठरवले जाते. साधारणतः धातूची तार लाकडी घोड्याला निसटता स्पर्श करील, अशा रितीने हा दोरा (ज्वार) मागे किंवा पुढे सरकवला जातो.”

वीणा हे जरा वेगळे तंतूवाद्य असून त्याच्या

भोपळ्यावरचा घोडा तंबोन्यापेक्षा दोन बाबतींत वेगळा असतो. एकतर घोड्याचा वरचा वलयाकार पृष्ठभाग धातूचा असतो, आणि दुसरे म्हणजे यात तारा जुळवण्यासाठी दोरा वापरला जात नाही. तंबोरा व वीणेंतील घोड्यांच्या रचनांतील फरक आकृती ३ मध्ये दाखवला आहे.

रामननी तंबोरा व वीणा यांचाही सखोल

अभ्यास केला असावा, असे वाटते. पण यावर त्यांनी लिखाण मात्र फार थोडे केले आहे. रामनचे महत्त्वाचे निरीक्षण हे होते, की या वाद्यांत कंप पावणाऱ्या तारेच्या अक्षोभस्थानी तार छेडली तर प्रगुणकंपने रोखली जात नाहीत. ताणलेली तार छेडल्यावर निर्माण होणाऱ्या ध्वनीलहरींचा अभ्यास करण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या



दोन्ही टोके ताणून बांधलेली तार बोटाने छेडली असता, चित्रात दाखवल्याप्रमाणे कंप पावू लागते. बांधलेले (दोन्ही टोकाचे) बिंदू नेहमीच अक्षोभस्थानी असतात. कंपनांची वारंवारता ही तारेची लांबी, व्यास, तिच्यावरचा ताण तसेच तार छेडण्याची पध्दत यावर अवलंबून असते. कोणत्याही तंतूवाद्यात तारेवरचा ताण व तिची लांबी कमी-जास्त करण्यासाठी वेगवेगळ्या रचना वापरल्या जातात. वाद्यामध्ये छेडण्याच्या तारा एका पोकळ वस्तूला (उदा. तंबोन्याचा भोपळा) जोडलेल्या असतात. तारेतील कंपने या पोकळ वस्तूच्या अंतर्भागातील हवेत संक्रमित होतात, व त्यामुळे या हवेत कंपने निर्माण होतात. बंदिस्त जागेतील हवेत ध्वनीलहरींचे अनुस्पंदन (reverberation) व प्रवर्धन (resonance) कसे होते, हे आपण ध्वनीविषयीच्या लेख मालिकेत वाचले आहे. ज्याप्रमाणे छेडलेल्या तारेच्या कंपनांची ऊर्जा पोकळीतील हवेकडे संक्रमित होते, त्याचप्रमाणे पोकळीतील हवेच्या कंपनांची ऊर्जा तारेकडे संक्रमित होऊन तारेच्या कंपनांत बदल घडवून आणते. त्यामुळे निर्माण होणारा स्वर हा या सर्व परस्परावलंबी कंपनांचा एकत्रित परिणाम असतो. चाचाच अर्थ असा की, कोणत्याही तंतूवाद्यातून कोणते सूर निर्माण होऊ शकतात हे ठरवण्यात तारेच्या व पोकळीच्या रचनांबरोबरच तार व पोकळीतील हवा यांच्यात ऊर्जेची देवाणघेवाण घडवून आणणाऱ्या घोड्यांच्या रचनेचाही महत्त्वाचा वाटा आहे. तंबोरा व वीणेवरील आपल्या अभ्यासात रामन यांनी याच गोष्टीकडे लक्ष वेधले आहे.

सोनोमीटर या उपकरणात मात्र असे घडते. किंबहुना वीणा व तंबोऱ्यात तार छेडण्याच्या जागी अक्षोभस्थान असलेली प्रगुणकंपने जोमदार स्वर निर्माण करतात. याचे कारण काय असावे? रामन एक अंदाज मांडतात -

“सर्वसाधारण आकाराच्या घोड्यावर, कंप पावणाऱ्या तारेने निर्माण होणाऱ्या बलांच्या तुलनेत, या वाद्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण घोड्यांवर निर्माण होणारी बले निराळी असावीत. ज्या ठिकाणी तारेचा व घोड्याचा निसटता स्पर्श होतो, त्याच ठिकाणाहून बरीचशी ऊर्जा तारेकडून घोड्याकडे संक्रमित होत असावी. या बिंदूजवळ तारेकडून घोड्यावर, निर्माण होणारे बल हे प्रत्येक कंपनाच्या वेळी झटक्याच्या स्वरूपात असावे. भोपळ्यातून निर्माण होणाऱ्या गौण कंपनांच्या वैविध्यामागे, आणि तारेच्या कंपनांत सुरुवातीला नसलेली गौण कंपने निर्माण होण्यामागे हेच कारण असावे. तार छेडल्यावर काही काळानंतर घोड्याकडून तारेवर होणाऱ्या प्रतिक्रियेमुळे तारेच्या कंपनांत बदल होईल आणि सुरुवातीला नसलेली कंपने त्यात निर्माण होतील. किंबहुना मूळ कंपनांची ऊर्जा अखंडपणे गौण कंपनांच्या उर्जेत रूपांतरित होत राहिल.”

रामनच्या प्रोत्साहनामुळे गव्हर्नमेंट

कॉलेज, लाहोर येथील अहमद शाह बुखारी यांनी तंबोऱ्याच्या कंपनांची छायाचित्रे काढली तर कार यांनी घोड्याच्या गतिकीचा अभ्यास केला. पण या वेळपर्यंत रामनचे लक्ष दुसरीकडे वेधले गेले होते, आणि ध्वनीशास्त्रातील संशोधनाला ते पुरेसा वेळ देऊ शकत नव्हते. बऱ्याच वर्षांनी कॅटगट अकुस्टिकल सोसायटीला \*\* लिहिलेल्या एका पत्रात रामन म्हणतात - “वैज्ञानिक म्हणून उमेदवारीच्या काळातील माझ्या कामाचे स्वरूप मी केलेल्या तंतूवाद्याच्या अभ्यासावरून दिसून येते. १९१४ ते १९१८ या कालावधीत यातले बहुतेक सर्व संशोधन केले गेले. पण जुलै १९१७ मध्ये कलकत्ता विद्यापीठाकडून मला देण्यात आलेले प्राध्यापकपद आणि प्रकाशलहरींच्या अभ्यासातली माझी वाढती रुची यामुळे माझा या वाद्यांवरचा अभ्यास थांबला”.



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

\*\* कॅटगट अकुस्टिकल सोसायटी ही काही व्हायोलिनप्रेमी लोकांनी एकत्र येऊन स्थापन केलेली संस्था होती. १९३० च्या दशकात रामन यांचा या संस्थेबरोबर बराच पत्रव्यवहार झाला, व त्यांना संस्थेचे सन्माननीय सदस्यत्व देण्यात आले.



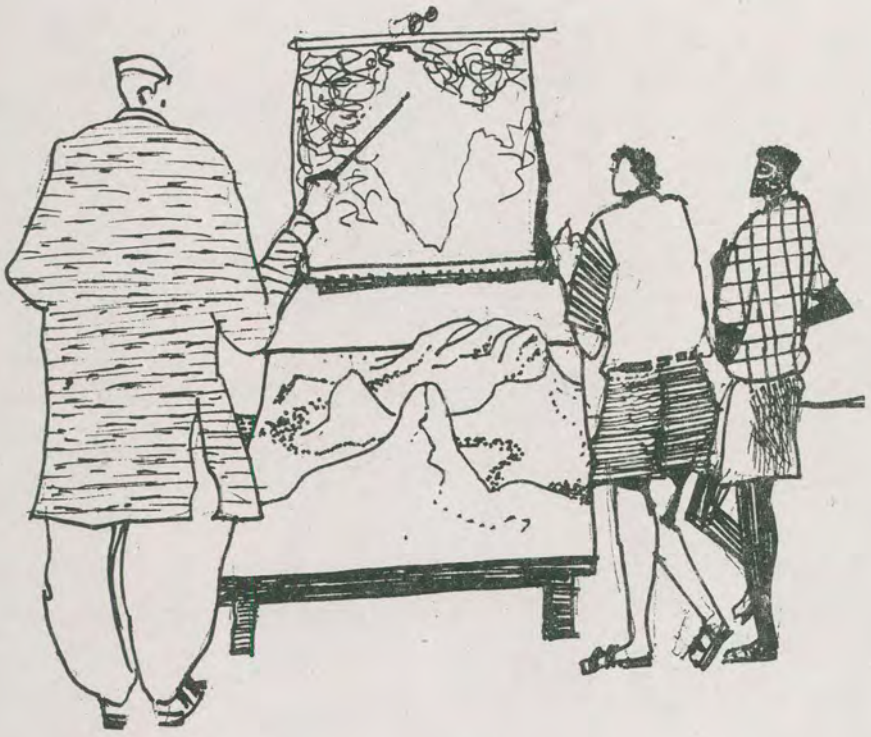
# शिकवण्याची ती पध्दत

लेखक : नीलम भोंडे • अनुवाद : यशश्री पुणेकर

सामाजिक अभ्यासाचे विषय अतिशय रटाळ असतात.  
पण दहावीत असतानाचा माझा अनुभव वेगळाच होता.

मी होशंगाबादच्या नवोदय विद्यालयात शिकत होते. नवोदयच्या नियमाप्रमाणे त्यातल्या विद्यार्थ्यांना दोन वर्ष दुसऱ्या राज्यात जाऊन शिकावं लागत असे. त्याप्रमाणे आम्ही ९ वीच्या वर्षी कुकनूर (जिल्हा रायचूर-कर्नाटक) इथं गेलो. नवी जागा, नवं वातावरण, नवी भाषा - रुळायला सहज एक वर्ष गेलं. मग १० वीची बोर्डाची परीक्षा. त्यामुळे वर्षाच्या सुरवातीपासूनच सर्वांनी अभ्यासाला सुरवात केली होती. गणित

आणि विज्ञान यांचा अभ्यास जास्त महत्त्वाचा होता. कारण सगळ्यांनाच ते अवघड वाटतं. इंग्रजी आणि हिंदी भाषा तशा सोप्या असल्याने त्यांची विशेष तयारी करण्याची आवश्यकता नव्हती. मग राहिला सामाजिक अभ्यास. यातले इतिहास, भूगोल आणि नागरिकशास्त्र अतिशय कंटाळवाणे वाटत. बहुतेक जणांचे हे नावडते विषय होते. या तीन-तीन विषयांच्या तयारीसाठी वेळ कसा काढायचा, हा आमच्यापुढे एक प्रश्नच होता.



पण आमचे या विषयाचे शिक्षक दत्तात्रयजी यांची शिकवण्याची पध्दतच खूप निराळी होती. ते आमचे वर्गशिक्षक असल्याने आमच्या वर्गावर त्यांचा पहिलाच तास असे. थोडेसे कडक होते, तरी त्यांचं आमच्यावर खूप प्रेम होतं. त्यांनी आम्हाला सुरवातीलाच सांगितलं की रोज संध्याकाळी दोन तास शाळेत सामाजिक विषयाचा अभ्यास करायला यायचं. आम्हा वसतीगृहातल्या (निवासी) मुलांना संध्याकाळी येणं काहीच अवघड नव्हतं. आमच्या त्या शाळेत सामाजिक विषयावरचं एक संग्रहालयच होतं.

तिथं वेगवेगळी मॉडेल्स, चित्रं आणि नकाशे होते. पृथ्वीचा गोल, ज्वालामुखी, ग्रामीण जनजीवन अशी मॉडेल्स बघताना खूपच माहिती मिळत असे. यातली काही मॉडेल्स विद्यार्थ्यांनीच तयार केली होती. कधी कधी आमचा वर्ग संग्रहालयातच भरत असे, तिथे आमचे सर चित्रं आणि नकाशे दाखवून शिकवत असत.

आमच्या वर्गाचे त्यांनी वेगवेगळे गट पाडले होते. प्रत्येक गटात पाच विद्यार्थी होते. त्यातला एक हुशार, दोन मध्यम आणि दोघे जरा कच्चे असे गट केले होते. संध्याकाळी

सहा वाजता परत शाळेत जाऊन आम्ही आपापल्या गटात बसत होतो. मग सर आम्हाला इतिहास, भूगोल किंवा नागरिक शास्त्रातला एखादा प्रश्न देत असत. आम्ही या प्रश्नांची उत्तरं पुस्तकातून शोधून त्यावर चर्चा करायचो. आमच्यातल्या कच्च्या विद्यार्थ्यांना या प्रश्नांची उत्तरे लिहून द्यावी लागायची. बाकीचे त्यांना मदत करत असत. अशा अभ्यासात खूप मजा यायची.

### इतिहास असा

इतिहासात 'भारतीय सांस्कृतिक परंपरा' असा एक धडा होता. त्यामध्ये वेगवेगळ्या राजांनी बांधलेल्या मंदिरांची आणि वास्तुरचनांची माहिती होती. जर सरांनी हा धडा वर्गात शिकवला असता तर फारच बोअर झालं असतं. पण त्यांनी तो वेगळ्या पध्दतीनं शिकवला. आमच्या संग्रहालयात एक प्रोजेक्टर आणि काही स्लाईड्स होत्या. त्यामध्ये राजांनी बांधलेले महाल, भवने आणि वेगवेगळ्या वास्तुरचनांच्या अनेक स्लाईड्स होत्या. प्रोजेक्टरवर त्या दाखवत असतानाच सर त्याबद्दलची माहिती सांगायचे. त्यामुळे निरनिराळे वास्तुकलेचे नमुने आम्हाला जाणून घेता आले. त्या स्लाईड्सचं आम्हाला फार आकर्षण वाटत असे. त्यामुळे इतिहासासारखा विषयसुद्धा छान वाटायला लागला. जेव्हा सर स्लाईड्स दाखवत तेव्हा त्यातल्या वस्तू ओळखायला सांगत. त्यामुळे आम्हाला जास्तच उत्सुकता वाटायची. म्हैसूर, श्रीरंगपट्टण आणि

हम्पीच्या सहलीत तर तिथली वास्तुकला आम्हाला प्रत्यक्षच बघायला मिळाली.

### भूगोलाचा अभ्यास

भूगोलात बांध, अभयारण्य या विषयावरचा धडा होता. सरांकडे या विषयाच्या ऑडिओ कॅसेट्स होत्या. वर्गात सर संपूर्ण धड्याची माहिती सांगत आणि संध्याकाळी लक्ष देऊन या कॅसेट्स ऐकायच्या, त्यातली महत्त्वाची माहिती वहीत उतरवून घ्यायची, यामुळे आमची या विषयातली रुची तर वाढलीच पण पुस्तकाव्यतिरिक्त कितीतरी नवी माहिती कळली. अभयारण्याच्या काही स्लाईड्सही आम्ही पाहिल्या. इतिहास भूगोलात नकाशावरचे प्रश्नही असतात. हे नकाशेसुद्धा आम्ही स्लाईड्सवरनं शिकलो. त्यामुळे विषय अगदी सोपा होऊन गेला. बाकीच्या धड्यांची आम्ही चर्चा करून उत्तरं शोधून तयारी केली.

### नागरिक शास्त्र

अर्थात निवडणूक पक्ष, मतदान.

निवडणूक, न्यायालय, विधानसभा, लोकसभा असे नागरिकशास्त्राचे धडे सरांनी आम्हाला प्रयोगातून शिकवले. आमच्या सरांचे हे प्रयोग अतिशय परिणामकारक ठरले. त्यांनी शाळेत निवडणूक घेतली. सर्वात प्रथम वर्गात चार पक्ष तयार केले - दोन मुलांचे, दोन मुलींचे. चारी पक्षांचे अध्यक्ष नेमून त्यांना निवडणूक चिन्हं दिली. वर्गातली बाकीची मुलं कोणत्याही पक्षाला मत देऊ शकत होती.

किंवा त्यांना कोणत्याही पक्षाचा सदस्य होता येत असे. त्या वेळेला शाळेत अतिशय उत्साहाचं वातावरण होतं. निवडणुकीला उभे राहिलेल्या उमेदवारांना पोषाख ठरवून दिले. मुलींना साडी आणि मुलांना धोतर झब्बा. (आपली नेते मंडळी असाच वेष करतात ना ?) मग निवडणूक आयोग स्थापन केला आणि निवडणुकीची तारीख ठरली.

वर्गात निवडणूक प्रक्रियेसंबंधी सर्व माहिती आधीच दिलेली होती. मग काय? प्रचाराची धामधूम सुरु झाली. फलक, प्रचारपत्रकं आणि मतपत्रिका बनवल्या गेल्या. शाळेच्या सभागृहात निवडणूक बघायला शाळेचे प्राचार्य, इतर शिक्षक आणि इतर सर्व वर्गातली मुलं सगळीच जमली. प्रचाराच्या समाप्तीच्या आधी सगळ्या पक्षांची मिरवणूक काढली. प्रत्येक पक्षाच्या अध्यक्षांनी भाषण केलं व आपल्या पक्षाचा कार्यक्रम सांगितला. मग सुरु झाली प्रत्यक्ष निवडणूक.

मतदानासाठी असलेल्या जागेत एक मतपेटी ठेवली होती. मतपत्रिकेवर उमेदवाराचं नाव आणि निवडणूक चिन्ह छापलं होतं. महत्वाचं म्हणजे फक्त दहावीच्या मुलांनाच मतदानाचा हक्क होता. मतदात्यांच्या नावाची यादी घेऊन एक अधिकारी बसला होता. रांगेने येणाऱ्या मतदात्यांच्या नावावर तो खूण करत असे. एक एक जण पुढे सरकत आपलं मत गुप्त पध्दतीने देत होता. अशा तऱ्हेने आमचं मतदान अतिशय शांततेनं पार पडलं. सगळी प्रक्रिया विद्यार्थ्यांच्या पूर्ण लक्षात आली.

सुरक्षा व्यवस्था समजावी म्हणून मतपेटी सुरक्षितपणे विशिष्ट जागी नेण्यात आली. मग मतमोजणी झाली. विजयी उमेदवारांची नावे घोषित झाली. सर्वांनी त्यांचं अभिनंदन केलं.

अशीच आमच्या सरांनी वर्गात खोटी खोटी लोकसभासुध्दा तयार केली. वर्गातल्या मुलांना सदस्य बनवलं. दोन पक्ष तयार केले. सरकारी पक्षातल्या मुलांना मंत्रीपदं दिली. दुसरा विरोधी पक्ष होता. एक मुलगा लोकसभा अध्यक्ष झाला. आम्हाला एक विषय दिला. त्यावर आमचा जोरदार वादविवाद झाला.

अशा तऱ्हेने वेगवेगळे कार्यानुभव घेत आमचा सामाजिक विषयांचा अभ्यास पार पडला. रोज संध्याकाळच्या सामूहिक चर्चेतून उत्तरांची चांगली तयारी झाली. हे सगळं आमच्यासाठी नवीन होतं, पण आम्हाला ही पध्दत अतिशय आवडली, कारण हे आमच्या आयुष्यभर लक्षात रहाणार होतं. सामाजिक अभ्यास कंटाळवाणा न होता मनोरंजक झाला होता. सगळ्या विद्यार्थ्यांची छान तयारी झाल्याने परीक्षेची काळजीच नष्ट झाली.



शैक्षिक संदर्भमधून साभार

लेखक : नीलम भोंडे :

नर्मदा महाविद्यालय, होशंगाबाद

अनुवाद : यशश्री पुणेकर सांख्यिकीच्या

पदवीधर, विज्ञान अनुवादात रस





# उल्कावर्षाव कशामुळे ?

लेखक : विनया कुलकर्णी

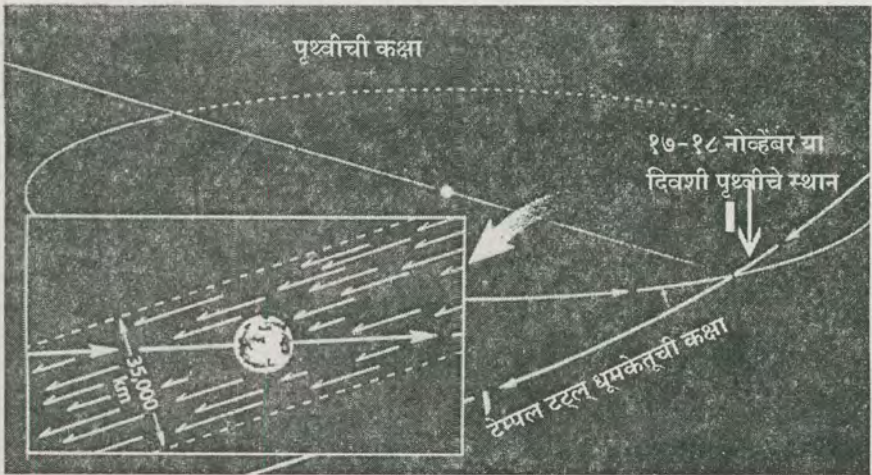
निरभ्र रात्री सलग काही काळ आकाशात बघत राहिल्यास अचानक एखादा तारा निखळून पडल्याचे किंवा तेजस्वी वस्तू अचानक आकाशात येऊन नाहीशी झाल्याचे आपण बघतो. ही तेजस्वी वस्तू म्हणजेच उल्का (तारा नव्हे). एखादी उल्का पडताना दिसणं किंवा त्याहीपेक्षा उल्कांचा वर्षाव पडताना पाहणं हा अनुभव आपण घेतला आहे का ?

१६-१७ नोव्हेंबर १९९८ च्या रात्री आकाशात झालेला उल्कावर्षाव अविस्मरणीय होता. त्यानंतरही काही उल्कावर्षाव मी पाहिले पण त्या उल्कावर्षावाची सर कशालाच नाही. खगोलनिरीक्षकांसाठी ती एका अर्थाने दिवाळीच होती.

कधी कधी एखादी उल्का तर कधी उल्कांचा पाऊस असं का होतं? एखादी उल्का पडणे व उल्कांचा पाऊस पडणे यामागे

वेगवेगळी कारणं आहेत. आकाशात इतस्ततः विखुरलेल्या कणांपैकी एखादा धूलिकण पृथ्वीच्या वातावरणात येऊन जळल्यावर उल्का दिसते, तर धूमकेतूंनी मागे सोडलेल्या धूलिकणांमुळे उल्कावर्षाव होतो. आकाशात कुठल्याही रात्री उल्का दिसू शकतात, उल्कावर्षाव मात्र वर्षातील ठराविक रात्रीच दिसतात.

जेव्हा आकाशातील एखादा छोटा दगड,



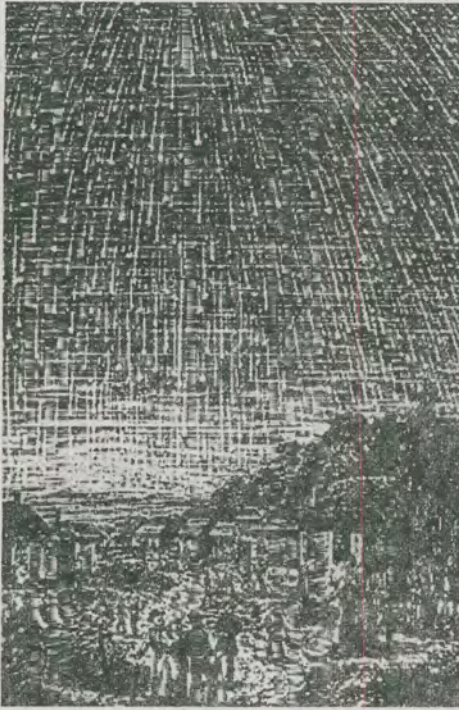
बारीकसा धूलिकण पृथ्वीच्या वायुमंडलात येतो त्यावेळी वायुमंडलाशी होणाऱ्या त्याच्या घर्षणामुळे तो जळतो. हीच उल्का होय. हा दगड वा धूलिकण जेवढा मोठा तेवढी अधिक तेजस्वी उल्का आपल्याला पहायला मिळते. अशा तेजस्वी उल्कांना अग्निगोलक (fireball) असे म्हणतात. या दगडांमधे विविध धातूमूलद्रव्ये असतात. अशा दगडाचे वातावरणाशी घर्षण झाले की प्रकाश व उष्णतेच्या रूपात ही उर्जा बाहेर पडते. अधिक उष्णता निर्माण झाल्यावर या धातूमूलद्रव्यांचे बाष्पीभवन होते व त्या ठिकाणी दगडांमधे पोकळी निर्माण होते. पोकळीत हवा गेली की विशिष्ट प्रकारचा शीळ घातल्यासारखा आवाज निर्माण होतो. दगडाचे आकारमान व पोकळीचे स्वरूप यानुसार आवाज लहानमोठा असतो. अशा आवाज करणाऱ्या अग्निगोलकांना बोलाइड

(bolide) असे म्हणतात. उल्केचा वेग सेकंदाला १२ कि.मी. ते ७२ कि.मी. च्या दरम्यान असू शकतो. वातावरणात १४० कि.मी.वर असताना धूलिकण जळायला लागतात. अग्निगोलक वातावरणात ५० कि.मी. पर्यंतही खाली येतात. अग्निगोलक बघणे हा वेगळाच रोमांचक अनुभव असतो.

#### अशनी, उल्का व उल्कापाषाण

सूर्य, ग्रह, त्यांचे उपग्रह हे सूर्यमालेचे मुख्य घटक आहेत. त्याचप्रमाणे धूमकेतू, मंगळ व गुरू यांच्यादरम्यानचा लघुग्रहांचा पट्टा व ग्रहांदरम्यानच्या जागेत विखुरलेले अशनी व धूलिकण यांचाही सूर्यमालेत समावेश होतो.

अवकाशातील मिलिमीटरपासून १०० मीटरपर्यंतच्या मोठ्या दगडांना अशनी असे म्हणतात. अशनी धूलिकणांपेक्षा मोठे व लघुग्रहांपेक्षा लहान असतात. मोठ्या आकाराच्या अशनीपेक्षा लहान आकाराच्या



एका धार्मिक पुस्तकामध्ये छानण्यासाठी काढलेले चित्र

१८३३ साली झालेल्या सिंह राशीतील  
उल्का वर्षावाची काढलेली चित्रे



नायगारा धबधब्यापाशी दिसलेल्या  
उल्कावर्षावाचे चित्र  
बऱ्याचशा उल्का एकाच बिंदूपासून  
निघालेल्या दिसतात.

अशनींची संख्या जास्त असते. लहान अशनी व धूतीकण पृथ्वीच्या वायुमंडलात शिरल्यावर पूर्णपणे जळून जातात. मात्र आकाराने मोठे असलेले अशनी वातावरणात पूर्णपणे जळून न जाता त्यांचा काही भाग पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर पोहचतो. याला उल्कापाषाण असे म्हणतात.

उल्कापाषाणांचे दोबळमानाने दगडरूप, लोहरूप व लोहदगड या तीन प्रकारात वर्गीकरण केले जाते. एकूण उल्कापाषाणांपैकी साधारणपणे ९३% उल्कापाषाण

दगडरूप व ३% लोहरूप असतात. लोहरूप उल्कापाषाणांमध्ये ९०% लोह व ९% निकेल असते, तर लोहदगड उल्कापाषाणांमध्ये लोह व दगड यांचे समप्रमाण असते. उल्कापाषाण सापडल्यावर आपला प्रत्यक्षपणे पृथ्वीच्या बाहेरच्या विश्वाशी संपर्क येतो. उल्कापाषाणांचा अभ्यास सूर्यमालेच्या जडणघडणीची कोडी सोडवताना उपयुक्त ठरतो. मात्र पृथ्वीवरील खडकांशी असलेल्या साधर्म्यामुळे उल्कापाषाण शोधणे बरेच अवघड जाते.

## धूमकेतू व उल्कावर्षाव

धूमकेतू हे आपल्या सूर्यमालेचे घटक आहेत. ग्रहांप्रमाणेच धूमकेतूही सूर्याभोवती फिरत असतात. धूमकेतूंच्या परिभ्रमणकक्षा ग्रहांच्या परिभ्रमण कक्षांपेक्षा अधिक लंबवर्तुळाकार असतात. त्यामुळे परिभ्रमण काळात धूमकेतू कधी सूर्याच्या खूप जवळ व

कधीकधी सर्वाधिक दूर जातात.

धूमकेतू हे प्रामुख्याने बर्फ, छोटे छोटे दगड व धूलिकणांपासून बनलेले असतात. सूर्याभोवती फिरत असताना सूर्याच्या जवळ आल्यावर संप्लवन क्रियेमुळे (पदार्थाचे घनअवस्थेतून वायूअवस्थेत रूपांतर) धूमकेतूतील बर्फाची वाफ होते व धूलिकण

## American Meteor Organisation

या संस्थेची स्थापना १९११ मधे डॉ. चार्ल्स पी ओलिव्हिअर यांनी केली. तेव्हा ते American Astronomical Society चे सदस्य होते. हौशी आणि व्यावसायिक आकाशनिरीक्षकांच्या मदतीने त्यांनी जवळपास ६५ वर्षे या क्षेत्रात काम केले. यातूनच पुढे उल्कांच्या शास्त्रोक्त अभ्यासाला चालना मिळाली. याविषयी त्यांनी बरेच लेखनही केले. १९२५ साली त्यांनी लिहिलेले "Meteors" हे तर या क्षेत्रातील प्रमाणभूत साहित्य समजले जाते.

या संस्थेचे मुख्य कार्यालय न्यूयॉर्क येथे आहे. याच क्षेत्रात काम करणारी दुसरी संस्था म्हणजे International Meteor Organization (IMO) ही होय. अमेरिका, इंग्लंड, जर्मनी, जपान या देशांमध्ये या संस्थेची कार्यालये आहेत. IMO ची स्थापना १९८८ साली झाली. मात्र याच्या स्थापनेमागे थोडा इतिहास आहे. उल्कांचे निरीक्षण करणाऱ्या हौशी आकाशनिरीक्षकांमध्ये विचारांची देवाणघेवाण व्हावी, निरीक्षणाच्या पद्धतीवर चर्चा व्हावी या हेतूने १९७९ मधे जर्मनीत बॉन येथे पहिल्यांदा International Meteor Weekend पाळला गेला. पुढे दर एक-दोन वर्षांनी जगात इतरत्र याचे आयोजन केलं गेलं. दरवेळी मिळणारा आकाशनिरीक्षकांचा प्रतिसाद वाढतच होता. १९८६ व १९८८ मधे जगातल्या बऱ्याच देशातून हौशी व व्यावसायिक खगोल निरीक्षक यात सहभागी झाले व खऱ्या अर्थाने याला आंतरराष्ट्रीय स्वरूप प्राप्त झाले. नंतर १९८८ मधे नेदरलँडला भरलेल्या सभेत IMD ची स्थापना करण्याचे निश्चित झाले.

websites <http://www.amsmeteors.org/> <http://www.imo.netm>

व छोटे छोटे दगड बाहेर सोडले जातात. धूमकेतूच्या सूर्याभोवतीच्या कक्षेत हे कण विखुरले जातात. सूर्याच्या जवळ आल्यावर धूमकेतूला एका बाजूने छानसा पिसारा वा शोपूट येते. त्यावेळी धूमकेतू कुंच्याच्या आकारासारखा दिसतो. असा धूमकेतू साधारणपणे १० वर्षांनी एकदा दिसतो.

पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असताना ज्यावेळी धूमकेतूंनी सोडलेल्या धुळीच्या पट्ट्याला छेदते त्यावेळी आपल्याला खूप जास्त प्रमाणात उल्का पहायला मिळतात. याला उल्कावर्षाव असे म्हणतात. पृथ्वीभोवती असलेल्या वातावरणाच्या थरामुळे आपल्याला उल्का-

वर्षावासारखे दृश्य पहायला मिळते. पृथ्वीभोवती वातावरण नसते तर असे असंख्य कण पृथ्वीवर आदळत राहिले असते. मग काय झाले असते? याची कल्पना करायची असेल तर दुर्बिणीतून चंद्राकडे बघा.

पृथ्वीभोवतीच्या वातावरणामुळे पृथ्वीच्या कक्षेत येणारे धुलिकण वा छोटे दगड



१९१८ च्या सिंह राशीतील उल्का वर्षावाचे रंगोलिया येथे घेतलेले छायाचित्र (एक्सपोजर १० मि.) या अग्रिगॉलची तेजस्विता -८ होती.

वातावरणातच जळून जातात. चंद्राच्या बाबतीत असं होत नाही. चंद्राभोवती वातावरण नसल्याने त्याच्या कक्षेतील धुलिकण वा दगड त्याच्या पृष्ठभागावर आदळून असंख्य खड्डे, खळगे व विवरे तयार होतात.

प्रत्येक उल्कावर्षाव हा एकेका धूमकेतूमुळे होत असतो. वर्षातील उराविक

## Association of Indian Meteor Observers

उल्कावर्षावाची शास्त्रीय पद्धतीने निरीक्षणे घेण्यासाठी IMO ने एक ठराविक रीत आखून दिली आहे. यानुसार निरीक्षण करण्यासाठी आपण शहरातल्या वा गावातल्या विजेच्या दिव्यांपासून दूर जागा निवडतो, डोळ्यांचे अंधाराशी समायोजन साधतो, त्या ठिकाणाहून दिसणारा सर्वात मंद तारा किती प्रतीचा आहे, निरीक्षणे आकाशाच्या कुठल्या भागात व कुठल्या वेळी घेतली, आकाशात चंद्र होता का, मेघाच्छादन किती होते, इ. सर्व गोष्टी नोंदवाव्या लागतात.

या प्राथमिक नोंदींमुळे जगभरातून येणाऱ्या माहितीचा मेळ घालणे शक्य होते. एखाद्या शहरातून ठराविक वेळी एका व्यक्तीला तासाभरात ३० उल्का दिसल्या व त्या शहरापासून केवळ २० कि.मी दूर असलेल्या व्यक्तिला १० उल्का दिसल्या असं का झालं? या गोष्टीचा उलगडा आपण नोंदवलेल्या सर्वाधिक मंद ताऱ्याच्या प्रतीवरून होतो. सर्वाधिक मंद ताऱ्याच्या प्रतीवरून आपल्याला त्या ठिकाणाहून किती मंद तारा दिसू शकतो हे कळते आणि त्या ठिकाणाहून नोंदलेल्या प्रतीच्यापेक्षा मंदप्रत असलेल्या उल्का आपल्याला दिसणार नाहीत हे नक्की होतं. प्रत्येक ठिकाणाहून दिसणारा सर्वात मंद तारा हा वेगवेगळा म्हणजे वेगळ्या प्रतीचा असतो. प्रत्यक्ष निरीक्षणामधे उल्कांची प्रत (तेजस्विता), रंग, शक्य असल्यास दिशा यांचाही समावेश केला जातो. यात पारंगत झालेले निरीक्षक कालांतराने आकाशाच्या नकाशावर उल्कांची नोंद करतात. या सगळ्यासाठी कमालीचा उत्साह, चिकाटी आणि तंत्रशुद्ध पद्धतीची जाण यांची आवश्यकता असते. आपली निरीक्षणे जेव्हा आपण IMO सारख्या संस्थेला पाठवतो त्यावेळी धूमकेतूविषयीच्या अभ्यासात आपण खारीचा वाटा उचलत आहोत ही कल्पनाही सुखावह असते. जे कृत्रिम उपग्रह सोडले जातात त्यांना धोका संभवतो का, असल्यास किती, इ. विषयी या निरीक्षणातून अंदाज बांधता येतो.

उल्कावर्षावांचे निरीक्षण करणारा, IMO शी संलग्न असा AIMO : Association of Indian Meteor Observers असा एक गट भारतात कार्यरत आहे. श्री. अरविंद परांजपे हे या गटाचे co-ordinator म्हणून काम बघतात. उल्कावर्षावांच्या निरीक्षणांबद्दल आपण उत्सुक असाल तर श्री. अरविंद परांजपे यांच्याशी 'आयुका, गणेशखिंड, पुणे - ४११ ००७' या पत्त्यावर संपर्क साधू शकता.

वेळी पृथ्वी ठराविक धूमकेतूची कक्षा छेदते व आपल्याला उल्कावर्षाव पहायला मिळतात. धूमकेतू सूर्याजवळून जातो त्या सुमारास (कधी आधी व कधी नंतरची वर्षे) दिसणारे उल्कावर्षाव अन्य वर्षी दिसणाऱ्या उल्कावर्षावांपेक्षा खूपच जास्त असतात. उल्कावर्षावासाठी कारणीभूत असलेल्या धूमकेतूच्या परिभ्रमण काळाइतक्या काळानंतर पुढचा मोठा उल्कावर्षाव आपल्याला पहायला मिळतो.

उल्कावर्षावाच्या वेळी दिसणाऱ्या प्रत्येक उल्केचा मार्ग मागे नेल्यास त्या सगळ्या उल्का आपल्याला एकाच बिंदूपासून निघालेल्या दिसतात. खरंतर या उल्का काही एका बिंदूपासून निघत नसतात. सनांतर जाणारे रेल्वेचे रुळ लांबून बघितल्यास जसे एकत्र जोडले गेल्याचा भास होतो त्याचप्रमाणे उल्कावर्षावाच्या वेळी सर्व उल्का एकाच बिंदूपासून निघाल्याचा भास होतो. उल्कांचा हा आरंभबिंदू ज्या राशीत असेल त्या तारकासमूहाचं नाव त्या उल्कावर्षावाला दिले जाते. उदा. भूतपातून होणारा उल्कावर्षाव म्हणजे क्राइन्टाईडस् (३ जानेवारीच्या सुमारास), शौरितून होणारा उल्कावर्षाव म्हणजे लायरिडस् (२२ एप्रिल) कुंभराशीत उल्कावर्षावाला अँकारिडस्, सिंहेतून होणारा लिओनिडस् (१७ नोव्हेंबर)



१९६६ मध्ये झालेला सिंह राशीतील उल्का वर्षाव  
(एक्सपोजर १०-१२ मि.)

न्यू मेक्सिको स्टेट युनिव्हर्सिटी येथे घेतलेले छायाचित्र

मिथुन राशीतून होणारा जेमिनिडस् (१३ डिसेंबर) हे काही ठळक उल्कावर्षाव आहेत.

उल्कावर्षावाची निरीक्षणे नुसत्या डोळ्यांनी, व्हिडीओ/फोटोंद्वारे व रेडिओलहरींच्या अभ्यासातून घेता येतात. नुसत्या डोळ्यांनी घेतलेल्या निरीक्षणात उल्कांची प्रत, रंग, वेग व दिशा याविषयी माहिती नोंदवली जाते. आंतरराष्ट्रीय स्तरावर अमेरिकन मिटीऑर सोसायटी, इंटरनॅशनल मिटीऑर ऑर्गनायझेशन यांसारख्या संस्था उल्कावर्षावाच्या निरीक्षणांचे संकलन व अभ्यास करतात.

१९९८ सालापासून सिंहराशीतून होणारा उल्कावर्षाव आपल्यासाठी जणू पर्वणीच आहे. १५ नोव्हें. ते २१ नोव्हें. दरम्यान सिंहराशीतून उल्कावर्षाव होतो (Leonid Meteor shower).

## काही महत्त्वाचे उल्कावर्षाव

उल्का वर्षाव	उगमस्थान असलेले नक्षत्र/रास	उल्कावर्षावाचा काळ (व सर्वाधिक उल्का वर्षावाचा दिवस)	उल्कावर्षावाचा ताशी दर
१. क्वाड्रान्टिडस्	भूतप	१-५ जाने. (३ जाने.)	४०
२. लायरिडस्	शौरी	१६-२५ एप्रिल (२२ एप्रिल)	१५-२०
३. इटा - अॅक्वारिडस्	कुंभ	१९ एप्रिल - २८ मे (४ मे)	२०
४. ऑफियुकिडस्	भुजंगधारी	(२० जून)	२०
५. सदर्न डेल्टा अॅक्वारिडस्	कुंभ	१२ जुलै - १९ ऑगस्ट (२८ जुलै)	१५-२०
६. पर्सिडस्	ययाती	१७ जुलै - २५ ऑगस्ट (१२ ऑगस्ट)	५०
७. ओरिओनाइडस्	मृग	२ ऑक्टो-७ नोव्हें (२१ ऑक्टो)	२५
८. लिओनिडस्	मघा	(१७ नोव्हें)	१५
९. जेमिनाइडस्	मिथुन	७-१७ डिसेंबर (१४ डिसेंबर)	५०



सामान्यपणे १७/१८ नोव्हेंबरच्या रात्री सर्वाधिक उल्का पडतात. हा उल्कावर्षाव टेम्पल-टट्ल या धूमकेतूमुळे होतो. या धूमकेतूचा परिभ्रमण काळ ३३.३ वर्षे आहे. म्हणजेच साधारणपणे दर ३३ वर्षांनी आपल्याला मोठा उल्कावर्षाव दिसणार. २८ फेब्रु. १९९८ रोजी हा धूमकेतू सूर्याच्या जवळून गेला. त्यामुळे १९९८, ९९ यावर्षी अपेक्षेप्रमाणे जास्ती प्रमाणात उल्कावर्षाव झाला.

अर्थात १९९८-९९ सालचा उल्कावर्षाव सांगितल्यावेळेच्या आधीच मोठ्या प्रमाणावर दिसला. (उल्कार्षावाच्या वेळेच्या बाबतीत थोडा बदल होऊ शकतो) उल्कावर्षावाबाबत वेळेचा अंदाज पुढील गोष्टींवरून मांडतात. धूमकेतूच्या कक्षेला पृथ्वी कधी व कुठे छेदून जाणार आहे, याचं गणित मांडावं लागतं. या धूमकेतूंनी सोडलेल्या धुळीच्या पट्ट्याच्या जितकी मध्याजवळून पृथ्वी जाते, तेवढे जास्त धूलिकण पृथ्वीच्या वातावरणात येतात व जास्त उल्का दिसतात. हेच जर पृथ्वी या धुळीच्या पट्ट्याला कडेने छेदत असेल तर कमी उल्का दिसतात. या अशा गुंतागुंतीमुळे वर्तवलेला अंदाज थोडाफार बदलतोही. २००० नोव्हेंबर मध्ये मात्र चंद्र जवळ असल्यामुळे फक्त तेजस्वी उल्काच दिसू शकल्या. शास्त्रज्ञांच्या मते २००१ व २००२ सालीही सिंहाराशीतून मोठा उल्कावर्षाव दिसण्याची शक्यता आहे.

## उल्कावर्षाव पहायचा कसा?

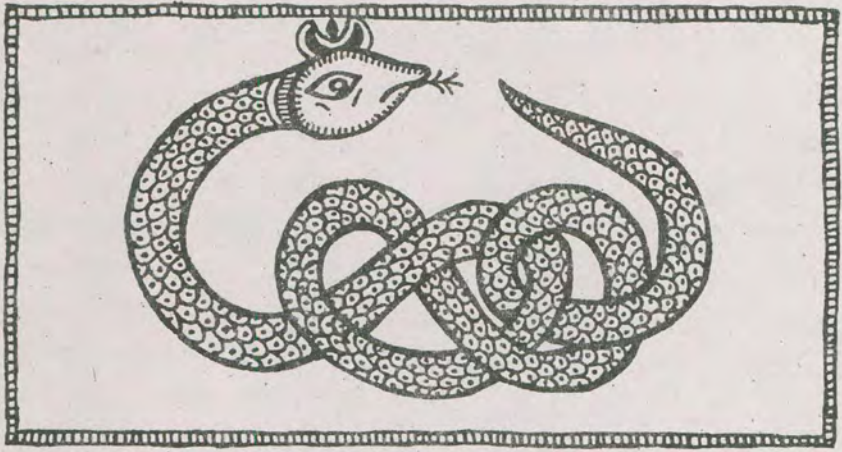
उल्कावर्षाव बघण्यासाठी दुर्बिण वा द्विनेत्रीची गरज नसते. नुसत्या डोळ्यांनी उल्कावर्षाव बघता येतो. उल्कावर्षाव बघण्यासाठी शहरापासून दूर एखादी अंधारी जागा निवडा. उल्कावर्षावाचा जो आरंभबिंदू असेल (उदा. सिंहाराशीतून होणाऱ्या उल्कावर्षावाचा आरंभबिंदू सिंह राशीत असतो.) त्यापासून थोड्या अंतरावर आकाश बघायचे म्हणजे आपल्याला उल्का दिसू शकतील.

उल्कावर्षाव चांगला दिसण्यासाठी इतर गोष्टींचीही अनुकूलता लागते. उदा. उल्कावर्षावाचेवेळी आकाश निरभ्र असावे, आकाशात चंद्र नसावा, सर्वाधिक उल्का पडण्याची जी वेळ वर्तवलेली असते त्यावेळी आपल्या गावामध्ये रात्र असावी. उल्कावर्षावाचा आरंभबिंदू डोक्यावर असताना आपल्याला अधिकाधिक उल्का बघायला मिळतात. जर आरंभबिंदू क्षितिजाजवळ असेल तर आरंभबिंदूपासून क्षितिजाखाली जाणाऱ्या उल्का आपल्याला पहायला मिळत नाहीत.

पुढील दोन्ही वर्षांच्या नोव्हेंबर महिन्यात आपल्याला मोठा उल्कावर्षाव पहायला मिळो ही सदृच्छा!



लेखक : विनया कुलकर्णी आयुकामधे विज्ञानशिक्षण व प्रसारासाठी कार्यरत. दुर्बिण बनवण्याचा अनेक वर्षांचा अनुभव.



## विज्ञान म्हणजे काय ?

लेखक : विनोद रायना, डी.पी. सिंह ● चित्रांकन : सत्यनारायण लाल कर्ण  
● अनुवाद : नागेश मोने

एक होता राजा. त्याच्यापाशी सारे काही होते. कशाचीच उणीव नव्हती त्याला. राजवाडा होता, खायला उत्तमोत्तम पदार्थ होते अन् परिधान करायला उंची वस्त्रे देखील होती त्याच्यापाशी. त्याची प्रत्येक इच्छा पूर्ण करण्यासाठी नोकरचाकरांची सगळी फौजही होती. एक छोटा राजकुमारही होता त्याला. इतकं सगळं असूनही गेल्या काही दिवसांपासून तो चिंतेत होता खरा ! वस्तुस्थिती अशी होती की तो छोटा राजकुमार, ज्याच्यावर राजाचे निरतिशय प्रेम होते, तो असे प्रश्न विचारावयास लागला

होता की ज्यांची उत्तरे राजा देऊ शकत नव्हता. तो केव्हातरी विचारत असे, “पिताश्री, चिमण्या कशा काय हो उडतात?” कांही वेळेस विचारी, “पिताश्री, सगळ्या वस्तू नेहमी खालीच कशा काय हो पडतात? वर का नाही जात? बघा ना, मी एक दगड वर टाकला तो कसा भरकन खाली आला ते.” दोन-एक वर्षांपूर्वीची गोष्ट. चंद्र पाहिला त्याने आकाशात आणि झाली प्रश्नांची सरबत्ती सुरू! सान्या प्रश्नांची उत्तरे थोडीच राजाकडे असणार? काही काही वेळेस त्याला या प्रश्नांनी इतके बेजार केले की तो राजकुमाराला



रागवायचा देखील. नंतर खूप वाईट वाटायचे त्याला त्याबद्दल. या रागवारागवीमुळे राजकुमारही राजाला टाळायला लागला होता. त्यात राजा स्वतःला पडलेल्या प्रश्नांच्या सोडवणुकीमध्येही पुरता अडकलेला असायचा.

शेवटी एक दिवस राजाने आपल्या एका बुद्धिमान मंत्र्याला बोलावले. त्याला सांगितले, “महाशय, राजकुमार मला भरपूर प्रश्न विचारतो; परंतु मी त्यांची उत्तरे देऊ शकत नाही. मलाही काही प्रश्न पडलेले आहेत. मी असं ऐकलंय की विज्ञानाच्या सहाय्याने या प्रश्नांची उत्तरे मिळू शकतात. तुम्ही कर्तबगार आणि बुद्धिमान आहात. तेव्हा विज्ञान म्हणजे काय हे सांगणार का आम्हाला?”

राजाचे बोलणे ऐकून मंत्री विचारात नडला. विज्ञान विषयाचे शिक्षण काही स्तरापर्यंत त्याने घेतले होते हे खरेच; पण विज्ञान काय

आहे, याच्याबद्दल त्यानेदेखील सखोल विचार आजपर्यंत केला नव्हता. आणखीही एक समस्या होती. राजासारख्या विज्ञान न समजणाऱ्या माणसाला कसे समजावयाचे की विज्ञान काय आहे म्हणून?

एक आठवडाभर राजाच्या मंत्र्याने भरपूर विचार केला. नंतर तो राजाला म्हणाला, “महाराज! तुम्ही एक छान प्रश्न विचारला आहे की ‘विज्ञान’ काय आहे म्हणून. याचे उत्तर देण्यापूर्वी एक गोष्ट समजून घेणे जरूरीचे आहे की आपल्या व राजकुमाराच्या प्रश्नांत साधर्म्य काय आहे? साम्य काय आहे? या सान्या प्रश्नांचा संबंध सान्या परिसराशी आहे. परिसराबद्दल जाणून घेण्याच्या जिज्ञासेतून या प्रश्नांची निर्मिती झाली आहे. महाराज, विज्ञानाचीही सुरुवात जिज्ञासेतून होत असते. कोणत्याही गोष्टीला बघून, स्पर्श करून, वास घेऊन, चव पाहून अथवा ऐकून ही जिज्ञासा उत्पन्न होते. ही जिज्ञासा एक प्रश्न निर्माण



करते आणि या प्रश्नाचे उत्तर देण्यासाठी विज्ञान प्रयत्न करते. आपल्या चोहो बाजूंनी पसरलेले विश्व समजून घेण्यासाठी विज्ञान आपल्याला मदत करते.”

हे ऐकून राजा म्हणाला, “महोदय, हे सारे छानच आहे अन् योग्यही; पण विज्ञान या साऱ्यांची उत्तरे देते कसे?”

मंत्रीमहोदय म्हणाले, “हे समजून घेण्यासाठी आपल्या वैज्ञानिकांच्या कार्यपद्धतीकडे लक्षपूर्वक पहावे लागेल. समस्येच्या संदर्भात ते साधी, वस्तुनिष्ठ अशी माहिती गोळा करतात आणि त्या माहितीच्या आधारे मनात एक चित्र निर्माण करतात. खूपदा घडते असे की, जमविलेली सारी माहिती समस्येचे चित्र पूर्ण करण्यास पूर्णपणे उपयोगी पडत नाही. मग वैज्ञानिक अधिक प्रयोग करतो व समस्येच्या संदर्भात अधिक माहिती गोळा करतो. हे सारे तो सतत करत रहातो, एक तर्कशुद्ध आणि संभाव्य असे मनातले चित्र

पूर्ण होईतो अन् त्या समस्येचे उत्तर सापडेपर्यंत.”

राजा म्हणाला, “मंत्रीजी, आपले म्हणणे माझ्या पूर्णपणे लक्षात येत नाहीये! एखादे साधे सोपे उदाहरण घेऊन तुम्ही ही गोष्ट स्पष्ट करू शकाल काय?”

मंत्री म्हणाले, “हो तर! का नाही? आता राजकुमाराच्या एका प्रश्नानेच सुरुवात करूया. त्याने विचारले की, वस्तू नेहमी खालीच का पडतात म्हणून. ही समस्या निर्माण होण्याचे कारण म्हणजे आपण नेहमीच पाहतो की, हवेत सोडलेली वस्तू खाली येते. असे निरीक्षण सर्वच वस्तूंबाबत अन् सर्वच ठिकाणी अचूक आहे काय? हे समजून घेण्यासाठी आपापल्या वेगवेगळ्या ठिकाणी अन् वेगवेगळ्या वस्तूंवर प्रयोग करावयास हवेत. असे केले तर दगड, शिक्रे, सुई, कपडे, कागदाचे तुकडे - लहानमोठे का असेनात, काहीही असू द्यात - खाली पडताना



दिसतात. काही वर्षांपूर्वी एका वैज्ञानिकाने असाच प्रयोग केला होता व या प्रश्नाचे उत्तर दिले होते त्याने.”

आता मात्र राजाला अधिकच रस उत्पन्न झाला. त्याने विचारले, “काय होते त्याचे उत्तर?”

मंत्री म्हणाले, “उत्तर तर अगदी साधे अन् समजण्यास सोपे आहे. वस्तू खाली पडतात कारण पृथ्वी स्वतःकडे प्रत्येक वस्तूला खेचते.”

राजा एकदम आश्चर्यचकित झाला, म्हणाला, “अरे, ही तर एकदम सोपी गोष्ट आहे ! कसे काय इतके दिवस आमच्या लक्षात नाही आले कुणास ठाऊक ?”

मंत्रिमहोदय म्हणाले, “महाराज, ही गोष्ट खरीच की उत्तरे अगदी साधी सोपी असतात; पण ती शोधून काढणे इतके साधे सोपे काम नव्हे! निश्चित निर्णयाप्रत पोहोचण्यासाठी खूप निरीक्षणे, प्रयोग अन् माहितीचे

विश्लेषण वगैरे करावे लागते. काही काही वेळेस वैज्ञानिक एखाद्या प्रश्नाच्या उत्तरासाठी आपले सारे आयुष्य खर्च करतात अन् त्यांच्या मृत्यूनंतर अनेक वर्षांनी त्या प्रश्नाचे उत्तर मिळते, असेही घडते.”

आता मात्र विज्ञानाच्या संबंधात काही काही गोष्टी राजाच्या लक्षात येऊ लागल्या. आणखी काही गोष्टी समजावून घेण्यासाठी त्याची उत्सुकता शिगेला पोहोचली.

दुसऱ्या दिवशी राजा मंत्र्याला म्हणाला, “तुम्ही विज्ञानाच्या संदर्भात जे काही सांगितले त्यामुळे मी अगदी खूष आहे तुमच्यावर. एखादा प्रयोग करून तुम्ही जर का हे सांगितले तर माझी समजूत अधिकच पक्की होईल. अन् त्या प्रयोगात तुम्ही मला सामील करून घेतले तर अधिकच छान. अधिकस्य अधिकं फलम् । वाटल्यास यासाठी दोन तीन दिवसांचा अवधीही तुम्ही घेऊ शकता.”



आपण यात आणखीनच अडकणार असे त्या मंत्र्याला वाटले. प्रयोगातून आपले म्हणणे मांडणे ही खरोखरच एक अवघड गोष्ट होती. पण तो एक बुद्धिमान अन् संशोधक वृत्तीचा माणूस होता. खूप विचार करून दुसऱ्या दिवशी त्याने एक हत्ती आणि जन्माने आंधळ्या तीन व्यक्तींना राजवाड्यात आणले.

हे बघून राजा, राजकुमार आणि महालातील सारेच्या सारेजण गोळा झाले.

मंत्र्याने राजाला विचारले, “महाराज, प्रयोगास सुरुवात करायची का?”

राजाला वाटले, मंत्रिमहोदय चेष्टा तर करत नाहीत ना ? तो म्हणाला, “काय राव, चेष्टा करता होय ? विज्ञानाचा, हत्ती अन् अंधांशी काय संबंध आहे ?”

मंत्री म्हणाले, “महाशय, ही चेष्टा नव्हे. आंधळ्यांना ठारूक नाहीये की इथे काय आहे म्हणून. आपल्या जिज्ञासेने ते कशा प्रकारे शोध घेतात ते आपण पाहूयात!”

मग त्या मंत्र्याने त्या तिघांपैकी एकेकाला हत्तीला स्पर्श करावयास आणि त्याचे वर्णन

करावयाला सांगितले.

पहिला आंधळा गेला. हत्तीच्या शोपटीला त्याने हात लावला अन् म्हणाला, “हे दोरीसारखे काहीतरी आहे.”

दुसऱ्याने सोंडला हात लावला अन् म्हणाला, “हे सापासारखे आहे.”

तिसऱ्या आंधळ्याने हत्तीच्या पायाला स्पर्श केला अन् म्हणाला, “हे झाडाच्या खोडासारखे काही तरी आहे.” त्यांचे बोलणे ऐकून सारे जण हसू लागले, त्यामुळे सारे आंधळे हडबडले, गडबडले. मंत्र्याने साऱ्यांना शांत केले. आता मंत्री काय करतात याकडे साऱ्यांचे लक्ष वेधले गेले.

मंत्रीमहोदय म्हणाले, “आता आपण पाहिलेच की, या तीनही व्यक्तींनी एकाच प्राण्याबाबत तीन वेगवेगळी अन् चुकीची मते मांडली. आता आपण त्या तिघांना मिळून एकत्रच प्रयत्न करावयास सांगू या.”

मंत्र्यांनी तिघांनाही आदेश दिला. तीनही आंधळे एकमेकांची मते ऐकून अचंबित झाले अन् विचार करू लागले की काही प्रमाणात दोरीसारखी, काही प्रमाणात सापासारखी,



काही प्रमाणात झाडाच्या खोडामारखी असणारी अशी कोणती वस्तू असणार ? खूप वेळ ते चर्चा करित राहिले; पण कोपात्याच निर्णयाप्रत नाही पोहोचू शकले ते. त्यांनी पुन्हा त्या प्राण्याला तपासून बघावयाचे ठरविले. अन् त्यांनी विचार केला की यावेळी नुसते स्पर्श करून नाही ठरवायचे तर व्यवस्थित शोधच घेऊ या म्हणून. खूप वेळ ते हत्तीला स्पर्श करित राहिले अन् एकमेकांना जनुभव सांगत राहिले.

पहिला म्हणाला, “त्या सापासारख्या वस्तूला मी आता नीट समजून घेऊ शकतोय. अरे, ही तर वरच्या दिशेलाही गेली अन् डोक्यासारख्या भागालाही जोडली गेली आहे.” त्या आंधळ्याने पटकन हात बाजूला केला आणि म्हणाला, “अरे हे तर तोंड ! वाचलो मी. नाहीतर आत्ता चावले असते त्याने मला. ही जी सापासारखी गोष्ट वाटते आहे ना, ते म्हणजे एक विशेष नाक असणार आहे ह्या प्राण्याचे!”

दुसरा म्हणला, “ज्याला तू दोरी म्हणत होतास ना ती गोष्ट मी आता तपासून

बघतोय. फार मोठी नाहीये ती. पण वाटतंय असं की, शरीराच्या मोठ्या भागाला ती जोडली गेली आहे. माझ्या दोन्ही हातांत न मावणारा भाग आहे हा. अर्थात हे काय आहे हे काही लक्षात येत नाही माझ्या.”

तिसरा म्हणाला, “तुमच्या दोघांचं ऐकून मीही जरा तपशीलात जाऊन शोधतो आता. हे झाडाचे खोड नसणार. कारण याला वरच्या बाजूला फांद्या कोठे आहेत ? अन् पानेही नाहीत. वरच्या बाजूला एका अवाढव्य शरीराला हे जोडलेले दिसताहेत. ही गोष्ट आपणहून उदू शकते आहे आणि पुढेही जाऊ शकते आहे वाटते. हा, समजले आता मला, हा एक मोठा पाय आहे.”

यानंतर त्या तिघांनीही आपापल्या अनुभवांच्या आधारावर एकमेकांत चर्चा केली. जेव्हा मंत्र्यांने त्यांना त्यांच्या शोधाबद्दल आणि निष्कर्षाबद्दल विचारले तेव्हा त्या तिघांपैकी एकाने उत्तर दिले.

“महाराज, ज्या गोष्टीची आम्ही आता तपासणी केली ते एक मोठे जनावर असावे. त्याचे नाक जमिनीपर्यंत पोहोचेल इतके लांब

आणि पाय अगदी भरभक्कम आहेत. त्याचे शरीरही अगदी अगडबंब वाटले आम्हाला. इतके अगडबंब की दोन्ही हात पसरवून पाहिले तरी मावेना हातात ते. आमच्यापेक्षा ते उंच आहेच अन् म्हणूनच त्याच्या वरच्या भागाची तपासणी नाही करता आली आम्हाला.

त्याच्या मागच्या बाजूला दोरीसारखा काहीएक भाग आहे खरा. शक्यता आहे की ती शोपूट असणार म्हणून. पण नक्की नाही सांगू शकत आम्ही. आमचा अंदाज आहे की हा प्राणी हत्ती असणार किंवा त्याच्यासारखा मिळताजुळता कोणतातरी. कारण आम्ही जन्मापासून आंधळे आहोत. अन् त्यामुळेच त्या संदर्भात लोकांनी केलेले वर्णन ऐकूनच आम्ही त्या आधारावर हे म्हणतो आहोत.”

मंत्री म्हणाले, “महाराज, हा प्रयोग इथेच संपतो. मला आशा आहे की विज्ञानाच्या प्रक्रियेबाबत आपण खूप काही समजून घेतले असणार!”

राजाच्या चेहऱ्यावर एक अनामिक आनंद, एक नवीन जाणीव अन् उत्साहाचे तेज चमकू लागले. त्याने मंत्र्याकडे आदराने पाहिले अन् म्हणाला, “जितक्या सोप्या पध्दतीने अन् सहजतेने तुम्ही विज्ञान आम्हास समजून दिले ती मोठी स्तुतियोग्यच गोष्ट आहे खरी; पण तरीही या प्रयोगाच्या निष्कर्षाची, अनुमानांची आम्हा लोकांसाठी म्हणून थोडी अधिक माहिती देता काय ?”

मंत्री म्हणाले, “महाराज, या प्रयोगाचे सार या प्रकारचे आहे : त्या तीन आंधळ्या

व्यक्तींनी वापरलेली पध्दतच वैज्ञानिक नेहमी वापरत असतात. प्रत्येक व्यक्तीने उपलब्ध वस्तुस्थिती एकत्र करण्याचा प्रयत्न केला, व त्या अज्ञात प्राण्याचे एक काल्पनिक चित्र बनविण्याचा प्रयत्न केला. ते आंधळे असल्यामुळे त्यांनी गोळा केलेली माहितीही कमीच होती अन् म्हणूनच त्या आधारावर त्यांनी बनविलेले काल्पनिक चित्र नीट तयार होऊ शकले नाही. या स्थितीत त्यांनी आपापले अनुभव शोध अन् प्रयोगांच्या साहाय्याने अधिक समृद्ध करण्याचा प्रयत्न केला. पुढे त्यांनी आपली मते एकत्रित केली. प्रत्येकाने हत्तीच्या एकेका अवयवाचे व्यवस्थित अवलोकन स्पर्शाच्या साहाय्याने केले व तपासणी केली. प्रत्येक पायरीवर त्यांनी एकमेकांशी चर्चा केली, संवाद साधला, तेव्हा कुठे त्यांच्या मनातल्या काल्पनिक चित्राला हळूहळू आकार प्राप्त झाला आणि लांब नाक, शोपूट, पाय वगैरे निष्कर्षापर्यंत ते पोहोचले. लोकांच्या मनातले ऐकून त्यांनी त्यांच्या मनातल्या कल्पनेशी त्याची तुलना केली अन् गोष्ट सिध्द केली. भाकितांचे, अंदाजांचे खरेपण प्रयोगांच्या माध्यमातून सिध्द करणे हीच विज्ञानाची पध्दत आहे, हेच विज्ञान आहे!”



अनुवाद : नागेश मोने. द्रविड हायस्कूल, वाई येथे शिक्षक. विज्ञान वाचनालय चालवितात.



# जुळ्या भावंडांपैकी एक - चुंबकत्व

लेखक : प्रदीप गोठोस्कर

विद्युत उर्जा आणि चुंबकीय उर्जा यांना जुळी भावंडंच म्हणावे लागेल. कारण दोन्हीचा उगम एकाच वेळी होतो आणि एकाला दुसऱ्याशिवाय राहावत नाही. म्हणूनच आज आपण त्यांना - विद्युतचुंबकत्व असे एकत्र नाव दिले आहे. परंतु ऐतिहासिक दृष्टिकोनातून पाहिल्यास चुंबकत्वाला वयाने मोठा मानावे लागेल. कारण विजेच्या शोधाआधी अनेक शतके मानवाला चुंबकाच्या अजब गुणधर्मांची माहिती होती. वीज आणि चुंबक यांच्यात जवळचे नाते आहे हे आपल्याला विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला समजून आले.

लोखंड आणि त्या गटातील पदार्थांनाच चुंबक आकर्षित करते, चुंबकाचे दोन तुकडे केले तर त्यापासून दोन लहान चुंबक तयार होतात, दोन चुंबक एकमेकांना कधी आकर्षित करतात तर कधी दूर ढकलतात, किंवा तुम्ही ज्या पृथ्वीवर आज रहाता आहात ते खरोखरच अवकाशात फिरणारं एक प्रचंड चुंबकच आहे. हे सर्व कसं काय घडतं? चुंबकत्व कशापासून येतं? याचा शोध मानवाला कसा लागला? याचीच ही गोष्ट आहे.

## १. चुंबकत्वाचा शोध

चुंबकाचा शोध लागून इतकी शतके गेली आहेत की याचा शोध कोणी व कसा लावला हे सांगणे आज अशक्यच आहे. परंतु असे म्हणतात की प्राचीन ग्रीस देशात मॅग्नेशिया नावाचे शहर होते, या शहरात चुंबकत्व असणारे दगड प्रथम सापडले. म्हणूनच 'मॅग्नेट' (म्हणजे चुंबक) असे नाव पडले.

असेही म्हणतात की ग्रीसमधे मॅग्नेस नावाचा शेतकरी होता. त्याच्या प्रथम लक्षात आले की काही नैसर्गिक दगड, लोखंडी खिळे आकर्षित करतात. म्हणून कदाचित अशा दगडांना त्याचेच नाव मॅग्नेट पडले. प्राचीन चीन मधील (इ.स. ५५० पूर्वं) लोकांनाही चुंबकाबद्दल माहित असल्याचे संदर्भ आढळतात. आज आपल्याला परिचित

असलेल्या होकायंत्रात चुंबक असते आणि होकायंत्राचा शोधही चीनमध्येच पहिल्यांदा लागला. परंतु आधुनिक होकायंत्रे उत्तर ध्रुव दाखवतात तर चीनमधील होकायंत्रे दक्षिण ध्रुव दाखवायची. साहजिकच आहे कारण चीनचा बहुतांशी व्यापार हा दक्षिण-पूर्वेकडील देशांशीच चालायचा.

चुंबकत्वाचे गुणधर्म असलेला दगड जर दोरीवर टांगला तर तो अंदाजे उत्तर-दक्षिण दिशेला स्थिर होतो हे समजल्यानंतर प्रवासात चुंबक वापरून उत्तर-दक्षिण दिशेचा अंदाज बरंधता येऊ लागला

आणि पुढे या तत्त्वापासून होकायंत्राचा जन्म झाला. होकायंत्राने तर इतिहासच घडवला कारण त्याच्या आधारे अनेक समुद्र प्रवास आणि मोहिमा यशस्वी होऊ शकल्या.

इंग्लंडची राणी पहिली एलिझाबेथ हिचा डॉक्टर विल्यम गिल्बर्टला (१५४०-१६०३) चुंबकत्वाच्या शोधाचे श्रेय द्यावे लागेल. गिल्बर्टने सर्वप्रथम चुंबकांचा वैज्ञानिक दृष्टिकोनातून सखोल अभ्यास केला आणि त्याला लागलेल्या शोधांवर 'द मॅग्नेट' हा ग्रंथ लिहिला. म्हणून गिल्बर्टला चुंबकीय संशोधनाचा 'गॅलिलीओ' मानतात. गिल्बर्टने हे प्रथम नमूद केले की प्रत्येक चुंबकाला दोन ध्रुव असतात. जे विरुद्ध दिशा दाखवतात.

यातील सजातीय एकमेकांना दूर ढकलतात तर विजातीय ध्रुव एकमेकांना आकर्षित करतात.

गिल्बर्टच्या हेही लक्षात आले की पृथ्वीच्या पाठीवर कुठेही होकायंत्रातील चुंबक हे दक्षिण-उत्तर दिशाच दाखवते म्हणजेच होकायंत्रातील चुंबक आणि



पृथ्वीचा काही संबंध असला पाहिजे. पृथ्वीही एक प्रचंड चुंबक असेल तर प्रत्येक होकायंत्र पृथ्वीच्या चुंबकाने प्रभावित होईल. याही आधी पीटर पेरिग्रीनसनेही फ्रान्समध्ये १२६९ साली चुंबकाचा अभ्यास केला होता. पेरिग्रीनसनेच चुंबकाच्या दोन

टोकांना 'उत्तर' आणि 'दक्षिण' ध्रुव अशी नावे दिली.

तेव्हा पृथ्वी या प्रचंड चुंबकावर आपण सर्वजण राहातो आहोत याची जाणीव आता सर्वांना झाली. आपल्याला पंचेद्रिये वापरून आजूबाजूला घडणाऱ्या घटनांची जाणीव होते. परंतु मानवाला चुंबकीय क्षेत्राचा मात्र स्पर्श जाणवत नाही कारण आपल्या शरीरातील बहुतांशी घटक अचुंबकीय आहेत. म्हणूनच पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राबद्दल आपल्याला अनेक शतके थांगपत्ताही लागला नाही. या उलट अनेक प्राणी, कीटक आणि जीवाणूनाही पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राची ओळख होती आणि त्याचा

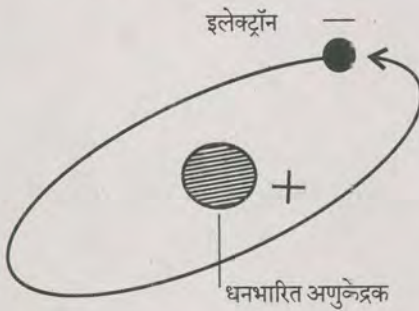
त्यांनी मजेशीर उपयोग करून घेतला आहे.

तेव्हा चुंबकाचे हे अजब गुणधर्म येतात कुठून हे मोठे रहस्यच होते. ते फक्त लोखंडच आकर्षित का करतात आणि उत्तर-दक्षिण दिशाच का दाखवतात? अनेकांनी तर चुंबकाच्या दगडात 'आत्मा' असावा असेही सिद्धांत मांडले होते.

गिल्बर्टने केलेल्या अचूक निरीक्षणांनंतर जवळजवळ तीनशे वर्षांत चुंबकाच्या गुणधर्माची उकल आज मानवाला झाली आहे. होकायंत्र, पृथ्वी किंवा सूर्यवरील चुंबकीय क्षेत्र कसे निर्माण होते हे आज आपल्याला चांगले समजले आहे. यामागील तत्व एवढे सोपे आहे की ते आज शाळेतल्या मुलांनाही समजू शकते.

## २. चुंबकत्व कसे निर्माण होते?

चुंबकत्वाचे गुपित चुंबकीय पदार्थांच्या अणूंच्या रचनेत दडलेले आहे. प्रत्येक मूलद्रव्याचा अणू हा ऋणभारित इलेक्ट्रॉन, धनभारित प्रोटॉन आणि भाररहित न्युट्रॉन या कणांपासून बनलेला असतो. यातील प्रोटॉन आणि न्युट्रॉन हे अणूच्या केंद्रभागात एकत्र



रहातात तर ऋणभारित इलेक्ट्रॉन या केंद्राभोवती विविध कक्षांमध्ये फिरतात. अणूमध्ये किती प्रोटॉन, न्युट्रॉन आणि इलेक्ट्रॉन आहेत त्यावर मूलद्रव्याचे मूलभूत गुणधर्म ठरतात. उदा. धातू विद्युतवाहक असतात तर अधातू विद्युतवाहक नसतात. पदार्थाचे रंग, चव, वास, रासायनिक गुणधर्म हे सर्व काही त्याच्या अणूतील इलेक्ट्रॉनच्या संख्येवर अवलंबून असते.

चुंबकाचा विद्युत भाराशी काहीतरी संबंध असला पाहिजे याची पहिली चाहूल १८२० साली हान्स ऑरस्टेड याला लागली. त्याने पाहिले की जेव्हा केव्हा वीजवाहकातून विजेचा प्रवाह वाहातो तेव्हा त्याच्या आसपासची होकायंत्रे त्यांची दिशा बदलतात. जणू काही विद्युतप्रवाह स्वतःचे चुंबकच तयार करतो. विद्युत प्रवाह म्हणजे अक्षरशः हजारो ऋणभारित इलेक्ट्रॉनच्या नदी सारखा प्रवाहच असतो. तेव्हा ऑरस्टेडने वाहत्या विद्युत भारांपासून चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते हे सिद्ध केले. ऑरस्टेडचा प्रयोग तुम्ही आजही करून पाहू शकाल. या प्रयोगांवर आधारित आणखी अनेक निष्कर्ष मायकल फॅराडे या ब्रिटीश शास्त्रज्ञाने काढले. फॅराडेच्या कल्पक प्रयोगांवरून हे पक्के सिद्ध झाले की विद्युत प्रवाहापासून चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते तसेच चुंबकीय क्षेत्रातील बदलांपासून विद्युत प्रवाहही निर्माण होतो. म्हणूनच वीज आणि चुंबकाला जुळी भावंडं म्हणता येईल.

## अधांतरी पिन

चुंबक पिना, खिळे किंवा टाचण्या अशा लोखंडी चिजा आकर्षित करते. या तत्त्वाचा उपयोग करून आपण अशा गोष्टींना हवेत अधांतरी तरंगत ठेवू शकतो - अगदी गुरुत्वाकर्षणावर मात करून. तुमच्याकडे जर एखादे लहानसे चुंबक असले तरी तुम्ही ही जादू करून दाखवू शकाल.

साहित्य : एक चुंबक, साधा दोरा, काही टाचण्या किंवा खिळे

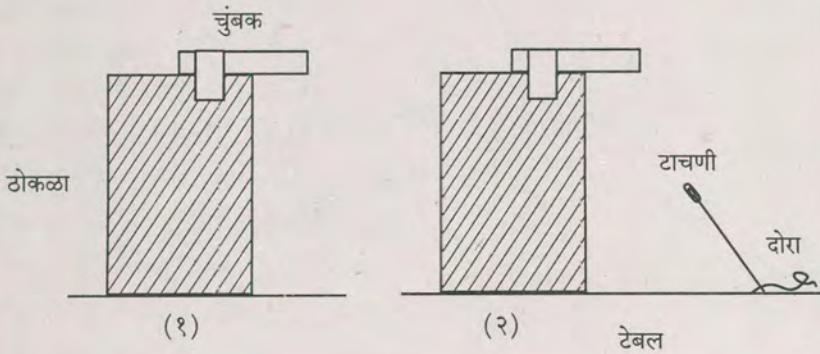
क्रिया : प्रथम या वस्तू तुमच्या जवळील चुंबकाला चिकटतात ना याची खात्री करून घ्या.

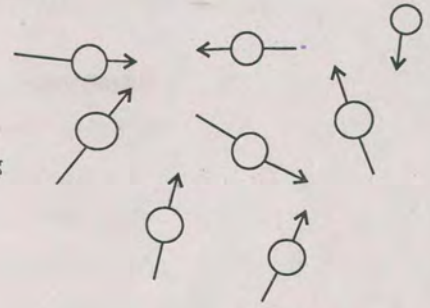
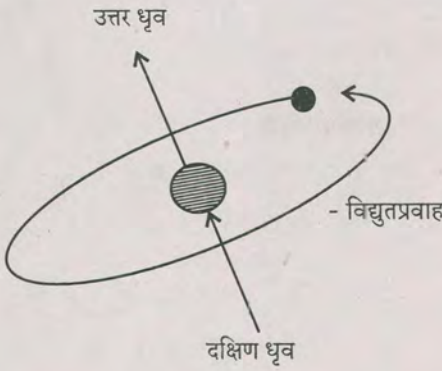
हे चुंबक एका लाकडी ठोकळ्यावर किंवा इतर उंचवट्यावर टेप लावून चिकटवा (१) एका टाचणीला दोरा बांधून तो दोरा चुंबकाच्या खाली टेबलावर बोटाने धरून ठेवा. जेव्हा दोऱ्याची लांबी विशिष्ट असेल, तेव्हा टाचणी दोऱ्यासकट चुंबकाकडे आकर्षित होईल आणि हवेत अधांतरी उभी राहील. (२)

दोऱ्याची लांबी जर जास्त असेल तर टाचणी चुंबकापर्यंत पोचेल आणि अधांतरी रहाणार नाही. जेव्हा तुम्हाला दोऱ्याची लांबी बरोबर साधता येते, तेव्हाच ही जादू घडते.

दोऱ्याची लांबी जर कमी झाली तर मात्र टाचणी अधांतरी रहात नाही. ती टेबलावर पडेल. असे का बरं घडते? याचं उत्तर सुचतंय का? चुंबकीय क्षेत्र आणि गुरुत्वाकर्षण दोन्ही याला कारणीभूत आहेत.

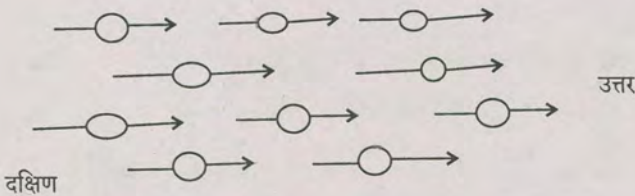
या जादूचा उपयोग तुम्ही शाळेत आणि घरी करून घेऊ शकाल का?





अणूंची रचना आणि विद्युत प्रवाहापासून चुंबकत्व या दोन तत्वांपासून आता आपल्याला चुंबकाचे गुणित उलगाडता येईल. अणूंच्या कक्षेमध्ये ऋणभारित इलेक्ट्रॉन सतत फिरत असतात. तेव्हा सर्व अर्थाने अणूंच्या केंद्राभोवती अनेक इलेक्ट्रॉनचा विद्युतप्रवाहच वहात असतो असे मानावे लागेल. या छोट्या विद्युत प्रवाहापासून अणूंच्या केंद्रात छोटे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. याचा अर्थ प्रत्येकच मूलद्रव्याचा अणू एक चुंबक बनतो, असा मात्र नाही. काही अणूंमध्ये इलेक्ट्रॉनची संरचना अशी असते, की अणूभोवती फिरणाऱ्या सर्व इलेक्ट्रॉनच्या हालचालींचा एकत्रित परिणाम शून्य असतो.

(उदा. दोन इलेक्ट्रॉन जर परस्परांविरुद्ध दिशांत प्रवास करत असतील, तर त्यांचा विद्युतप्रवाहाच्या दृष्टीने एकत्रित परिणाम शून्य होईल.) अशा अणूंमध्ये चुंबकत्व नसते. म्हणूनच लोखंडासारख्या काही ठराविक पदार्थांतच चुंबकत्व येऊ शकते. तसेच काही पदार्थ मूलद्रव्य या स्वरूपात चुंबकीय नसले, तरी इलेक्ट्रॉनची देवाणघेवाण किंवा भागीदारी करून बनणारी त्यांची संयुगे चुंबकीय असू शकतात. ज्याप्रमाणे इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहामुळे चुंबकत्व निर्माण होते, त्याचप्रमाणे चुंबकीय क्षेत्रामुळे इलेक्ट्रॉनच्या हालचालीही बदलतात. यामुळे मुळात चुंबकीय नसलेले अणू चुंबकीय क्षेत्रांत ठेवले असता त्यातील



## यातील कोणता खिळा चुंबक आहे ते ओळखा

विशालला त्याच्या वडिलांनी वाढदिवसाला बक्षीस म्हणून एक चुंबक दिले. मग दुसऱ्या दिवशी विशालने ते त्याचा मित्र कुणालला दाखवायला शाळेत आणले. चुंबकाच्या अनेक गमती जमती विशाल आणि कुणालनी केल्या. कुणालला पण आता तसेच चुंबक हवे होते. विशालने मग एक युक्ती केली. त्याने दोन सारखे दिसणारे लोखंडाचे खिळे आणले. त्यातील एक खिळा विशालने त्याच्याकडील चुंबकावर अनेकदा हळूवारपणे एकाच दिशेने घासला. काही मिनीटे घासल्यानंतर काय आश्चर्य? या खिळ्यातही चुंबकीय गुणधर्म निर्माण झाले. अर्थात खिळ्याचेही एक छोटे चुंबक तयार झाले. दुसरा खिळा मात्र तसाच म्हणजे अचुंबकीय राहिला.

विशालने मग हे दोन्ही (सारखेच दिसणारे) खिळे कुणालला दुसऱ्या दिवशी शाळेत भेट दिले. अशा रितीने कुणालला चुंबक तर मिळाले, परंतु या दोन खिळ्यातील चुंबक-खिळा नक्की कोणता हे काही त्याला कळेना. दोन्ही खिळे तर अगदी सारखेच दिसत होते.

कुणालने मग डोके लढवले आणि एक सोपी युक्ती करून या दोन खिळ्यातील चुंबक-खिळा कोणता हे बरोबर शोधले. कुणालने हे कोडे कसे बरं सोडवले ? तुम्हाला येईल सोडवता ?

१. चुंबकावर जर लोखंडासारखे पदार्थ सतत एका दिशेने घासले तर लोखंडातील अणूंची रचना हळूहळू बदलू लागते. त्यातील अणू एका दिशेला तोंड करतात. अशा अणूंची संख्या क्रमाक्रमाने वाढते आणि या लोखंडातही उत्तर-दक्षिण ध्रुव तयार होतात आणि त्याचे चुंबक बनते. तुम्हीपण अशाप्रकारे टाचण्या, खिळे किंवा इतर लोखंडी पदार्थात चुंबकत्व निर्माण करू शकाल.

२. या वर्षी तुमच्या वाढदिवसाला तुम्ही खेळणी किंवा खाऊ न मागता आई-बाबांना चुंबकाचा संच भेट म्हणून मागू शकाल.

इलेक्ट्रॉनच्या हालचाली वेगळ्या होऊ लागतात आणि मग या हालचालींचा एकत्रित परिणाम शून्य रहातोच असे नाही. त्यामुळे चुंबकीय क्षेत्रात काही अचुंबकीय अणू चुंबक बनतात. मात्र हे चुंबकत्व सर्वसाधारणतः अत्यंत कमी तीव्रतेचे असते.

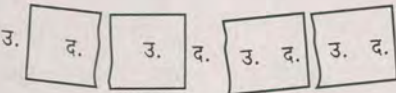
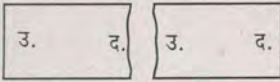
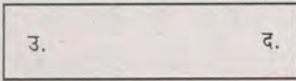
जसे रव्याच्या लाडूतील प्रत्येक कण रव्याचा असतो तसेच चुंबकातील प्रत्येक अणू स्वतःच एक छोटा चुंबक असतो. पक्के घर बांधायला जशी अनेक मजबूत विटांची गरज असते तसेच प्रखर चुंबक हे विशिष्ट चुंबकीय अणूंपासून बनलेले असतात. अशा प्रकारचे अणू जरी पदार्थात असले (उदाहरणार्थ, लोखंड किंवा स्टील) तरी त्यापासून चुंबके सहजासहजी तयार होत नाहीत. उदाहरणार्थ, लोखंडाचे अणू जरी सूक्ष्म चुंबक असले तरी ते विविध दिशांना विखुरलेले असतात. आणि परिणामी त्यांची एकत्रित चुंबकीय क्षमता जवळजवळ शून्य होते. या अणूंची चुंबकीय क्षेत्रे एकमेकांच्या विरुद्ध असल्याने त्यापासून एकसंध चुंबकीय क्षेत्र तयार होत नाही. वर्गात जसा सुटीच्या वेळेत गोंधळ चालतो ना तसेच या अणूंमध्ये चुंबकीय क्षेत्राचा गोंधळ माजलेला असतो.

जर काही प्रक्रिया करून आपण या सर्व अणूंना शिस्तीमधे एकाच दिशेने वळवले तर मात्र त्यांची एकत्रित ताकद आपल्याला दिसून येते. उदाहरणार्थ, जेव्हा लोखंडापासून चुंबक तयार होते तेव्हा धातूंचा प्रत्येक अणू एकाच दिशेकडे वळवला जातो. सर वर्गात

आल्यावर जशी मुले गपचूप फळ्याकडे तोंड करून बसतात ना तसेच. आता प्रत्येक अणूंच्या चुंबकीय क्षेत्रात एकमेकांची भर पडते आणि एक समान उत्तर आणि दक्षिणध्रुवीय चुंबक तयार होते. प्रत्येक अणू हे छोटे चुंबक असले तरी पदार्थात कोट्यावधी अणू असल्याने ते एकत्रित आल्यावर त्यापासून जबरदस्त चुंबक तयार होते. परंतु ज्या मूलद्रव्याच्या अणूंमध्ये चुंबकत्व नसते. उदाहरणार्थ गंधक, कार्बन त्याच्या अणूंना कितीही शिस्तीत बसवले तरीही त्यापासून चुंबक तयार होऊ शकत नाही. म्हणूनच चुंबकाचा लाकडावर परिणाम होत नाही. विखुरलेल्या अणूंना शिस्तीत बसवण्याचे काम कोण करते? नैसर्गिक अवस्थेत आढळणारे चुंबकीय दगड कसे तयार होतात? असे चुंबकीय दगड कदाचित वीज पडल्यामुळे तयार होत असतील. पावसाळ्यात ढगांमधून जमिनीवर जेव्हा वीज पडते तेव्हा ढगांवर साठलेला प्रचंड विद्युतभार विद्युत प्रवाहाद्वारे पृथ्वीवर जोडला जातो. जर आजूबाजूला लोखंडाचे खनिज असलेले दगड विखुरलेले असतील, तर विजेपासून निर्माण झालेले प्रखर चुंबकीय क्षेत्र या दगडांतील अणूंना एका दिशेने फिरवायचे काम करते. म्हणजे ऑरस्टेडने केलेल्या प्रयोगाप्रमाणेच. परंतु आकाशातून पडणाऱ्या विजेचा प्रवाह कितीतरी पटीने जास्त असल्याने त्यामुळे धातुजन्य खनिजांचेही चुंबकात रूपांतर होऊ शकते.

### ३. साधे चुंबक

याच तत्त्वाचा वापर करून विद्युत प्रवाहाद्वारे आज आपण कृत्रिम रित्याही चुंबक बनवू शकतो. अशा कृत्रिम चुंबकांचा अनेक कारखान्यात आज मोठ्या प्रमाणात उपयोग करतात. तुमच्या शाळेच्या प्रयोगशाळेत किंवा वैज्ञानिक खेळण्याच्या दुकानात मिळणारे चुंबकही असेच कृत्रिमरीत्या बनवले जाते. हे चुंबक वापरून तुम्ही अनेक छोटे जादूचे आणि मजेशीर प्रयोग करू शकता तेव्हा संधी मिळाल्यास स्वतःसाठी असे एखादे चुंबक तुम्ही जरूर खरेदी करा. अशा चौकोनी चुंबकाचे दोन ध्रुव असतात - उत्तर आणि दक्षिण ध्रुव. जर चुंबकाचे दोन तुकडे केले तर त्यापासून दोन छोटी चुंबके तयार होतात परंतु त्यांचे उत्तर-दक्षिण ध्रुव मात्र कायम त्याच दिशेने वळलेले रहातात. अगदी लहान तुकडे केले तरीही हा नियम कायम रहातो. अशा साध्या चुंबकाभोवती गोलाकारात चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. या क्षेत्राचा उगम उत्तर ध्रुवामधे होतो आणि शेवट



दक्षिणध्रुवामधे होतो. अर्थात दोन्ही ध्रुवांजवळ चुंबकीय क्षेत्राची प्रखरता जास्त असते. आणि चुंबकापासून दूरवर चुंबकीय क्षेत्र कमी कमी होत जाते. लोखंडाचा बारीक भुगा वापरून तुम्ही अशा चुंबकीय क्षेत्राचा नकाशाही काढू शकता.

### ४. पृथ्वी नावाचे चुंबक

गिल्बर्टच्या निरीक्षणांनंतर अनेक शास्त्रज्ञांनी पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राचा अभ्यास केला. त्यावरून असे लक्षात आले की पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र जवळपास साध्या चुंबकाप्रमाणेच आहे. पृथ्वीच्या पोटांमध्ये एक काल्पनिक आयताकृती चुंबकच असावा जसा.

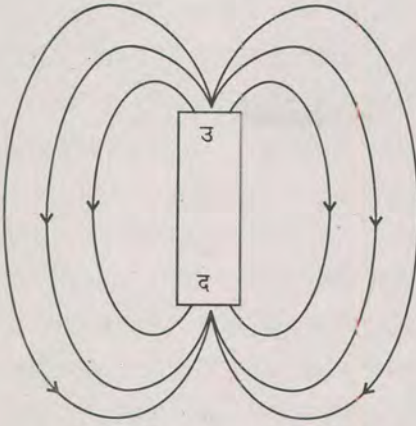
शास्त्रज्ञांच्या मते पृथ्वीचे चुंबकत्व तीन गोष्टींमुळे निर्माण झाले आहे.

१. पृथ्वीचा पृष्ठभाग जरी घन असला तरी अंतर्भागात गरम लाव्हारस द्रव स्वरूपात आहे. पृथ्वीच्या परिवलनामुळे या लोहमिश्रित लाव्हारसात प्रवाह निर्माण होतात.

२. पृथ्वीच्या वातावरणाबाहेर सुमारे १००० कि.मी.वर विद्युतभाराचे एक प्रचंड वलय आहे. या कड्यासारख्या वलयाला व्हॅन अॅलनचा पट्टा म्हणतात. यातून पृथ्वीभोवती विद्युतप्रवाह वाहतो.

३. पृथ्वी सूर्याच्या चुंबकीय क्षेत्राच्या प्रभावाखाली आहे. या तिन्ही गोष्टींचा एकत्रित परिणाम होऊन पृथ्वीत चुंबकत्व निर्माण होते.

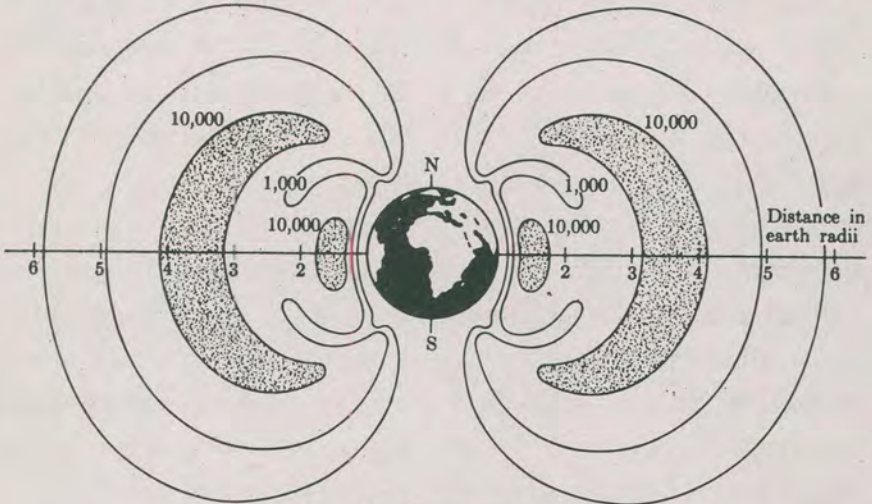




या चुंबकीय क्षेत्राचा उगम कॅनडा देशातील उत्तर भागातून होतो आणि पृथ्वीचा चुंबकीय दक्षिण ध्रुव अंटार्क्टिका खंडात आहे. हे लक्षात घ्या की पृथ्वीचा चुंबकीय उत्तर ध्रुव आणि भौगोलिक उत्तर ध्रुव यात फरक आहे. या दोघांमध्ये अनेक किलोमीटरचे अंतर आहे. तुम्ही जर उत्तर

ध्रुवताऱ्याचा वापर केलात तर आर्क्टिक खंडात भौगोलिक उत्तर ध्रुवावर पोहोचाल आणि होकायंत्राचा वापर करून प्रवास केला तर मात्र उत्तर कॅनडात पोहोचाल. पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राचे इतरही विविध गुणधर्म आहेत. काही सहस्र वर्षांच्या कालावधीनंतर पृथ्वीच्या उत्तर आणि दक्षिण ध्रुवांची अदलाबदल होते. यांच्या खुणा पुरातन चुंबकीय दगडांच्या थरांमध्ये दिसून येतात. ध्रुवांची अदलाबदल नक्की कशांमुळे होते हे आजही उमगलेले नाही परंतु याचा संबंध पृथ्वीच्या पोटातील लाव्ह्याच्या प्रवाहांशी आणि सूर्याच्या चुंबकीय क्षेत्राशी असावा असा अंदाज आहे.

पृथ्वीच्या भोवतालचे चुंबकीय क्षेत्राचे वलय हे मानवाला निसर्गाने दिलेले वरदानच मानावे लागेल. या चुंबकीय कवचामुळे



व्हॅन अॅलनचा पट्टा

अनेक घातक किरणांचा शिरकाव जमिनीपर्यंत होऊ शकत नाही. अवकाशातून अशा उच्च ऊर्जा असलेल्या कणांचा आणि किरणांचा मारा पृथ्वीवर होत असतो. हे जर आपल्या शरीरात घुसले तर ते घातक ठरू शकतात. परंतु पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे हे कण परावर्तीत होतात आणि जमिनीवर पोचू शकत नाहीत. परंतु या चुंबकीय कवचाच्या बाहेर अंतराळवीर जेव्हा यानातून जातात तेव्हा त्यांना मात्र अशा उच्च ऊर्जा असलेल्या कणांपासून काळजी घ्यावी लागते.

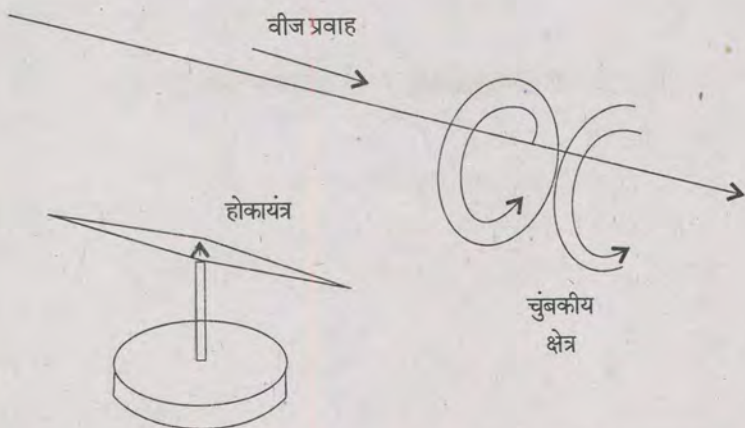
#### ५. पक्षी-प्राणी आणि पृथ्वीचे चुंबकत्व

चुंबकत्वाचा शोध लागायला माणसाला अनेक शतके लागली. पण पृथ्वीच्या चुंबकत्वाचा उपयोग अनेक प्राणी, पक्षी आणि जीवाणू करून घेत आले आहेत. उत्तर गोलार्धातील कडक थंडीपासून वाचण्यासाठी काही पक्षी अनेक प्रदेश ओलांडून विषुववृत्ताजवळ रहायला येतात. यातील काही पक्षी तर अगदी अचूकपणे ठराविक जागीच वर्षानुवर्षे स्थलांतर करतात. संशोधनातून असे दिसून आले आहे की हे पक्षी रात्री आकाशातील तान्यांच्या आणि दिवसा जमिनीवरील खुणांचा तर वापर करतातच परंतु पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राचा आराखडाही त्यांना माहित असतो. पक्ष्यांच्या मेंदूतील ठराविक पेशी सूक्ष्म होकायंत्राचे

काम करतात. या होकायंत्रांनी दाखवलेली दिशा व इतर खुणांच्या आधारावर हे पक्षी दिवस-रात्र, दिशा न चुकता उडू शकतात.

अशाच प्रकारचा अवयव ट्राऊट माशांच्या नाकातही आढळून आला आहे. इथल्या पेशीतील होकायंत्रेही पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राची दिशा मेंदूपर्यंत पोहोचवू शकतात. म्हणजे आपल्याला जसे वर आणि खाली याची जन्मजात संवेदना असते तशी या प्राण्यांना इतर सर्व दिशांचीही संवेदना जन्मजात असते. माशाच्या नाकातील ही अतिसूक्ष्म चुंबके शोधून काढायला शास्त्रज्ञांना अनेक वर्षे लागली. शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शक वापरल्यानंतर शास्त्रज्ञांना 'मॅग्नेटाईट' चे स्फटिक काही पेशींमध्ये आढळून आले. हे स्फटिकच होकायंत्राचे काम करतात. या पेशी मज्जतंतूंना जोडलेल्या असल्याने पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राची संवेदना मेंदूपर्यंत पोहोचवायला मदत होते. मॅग्नेटाईट हे लोखंडाचे एक ऑक्साईड असून हाच पदार्थ नैसर्गिकरित्या आढळणाऱ्या चुंबकीय दगडांतही असतो.

या प्रकारची होकायंत्रे आज विविध जीवाणूंमध्येही आढळली आहेत. या होकायंत्राचा उपयोग करून जीवाणू डबक्यात किंवा सागर, तलावात आपल्या हालचाली करतात. म्हणजे पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र जणू काही प्राण्यांना एक रस्त्यांचा नकाशा म्हणून उपयोगी पडते.



## ६. चुंबक आणि विद्युत

इ.स. १८२१ सालापर्यंत विद्युत आणि चुंबक ही दोन भावंडे आहेत याचा आपल्याला पत्ताही नव्हता. फक्त निसर्गात आढळणाऱ्या आणि लोखंडापासून बनणाऱ्या चुंबकाची माहिती मानवाला होती. त्यांच्या नात्याचा शोध लागला तो हान्स ख्रिश्चन ऑरस्टेड या डेन्मार्कच्या शास्त्रज्ञाला. १८२१ साली ऑरस्टेड मित्राला वीज तारेतून कशी वाहते याचा प्रयोग करून दाखवत होता. या उपकरणाच्या जवळच ऑरस्टेडच्या प्रयोगशाळेतील होकायंत्र होते. ऑरस्टेडने जेव्हा तारेतून वीज प्रवाह चालू किंवा बंद केला तेव्हा या होकायंत्रावर काहीतरी परिणाम होऊन होकायंत्राने त्या क्षणापुरती दिशा बदलली. अर्थात होकायंत्र तारेपासून दूर होते, तेव्हा या दोघांमध्ये नक्की काय घडते आहे असा प्रश्न ऑरस्टेडला पडला. एक चुंबकीय क्षेत्रच होकायंत्राला

हलवू शकते तेव्हा तारेतून वहाणाऱ्या विजेचा आणि चुंबकीय क्षेत्राचा काहीतरी संबंध असला पाहिजे याची ऑरस्टेडला खात्री झाली. वीजप्रवाहात जेव्हा केव्हा बदल होतो तेव्हा चुंबकीय क्षेत्राचा उगम होतो - असा विचार ऑरस्टेडने मांडला आणि अनेक शतकांनंतर या दोन जुळ्या भावंडांची भेट झाली. ऑरस्टेडने केलेला प्रयोग तुम्हालाही सहज करून पाहाता येईल आणि विजेचा संबंध चुंबकाशी आहे हे तुम्हीपण शाळेत किंवा आई-बाबांना सिद्ध करून दाखवू शकाल. ऑरस्टेडच्या प्रयोगावर फ्रेंच शास्त्रज्ञ आंद्रे अँपियरने बराच विचार केला आणि वीज आणि चुंबकातील नात्याला गणिताच्या रूपात मांडून दाखविले. यानंतर चुंबकाचे विद्युतचुंबक असे नवीन रूप लक्षात आले. म्हणजे चुंबक विजेचा प्रवाह वापरूनही बनवता येते हे लक्षात आले. उदाहरणार्थ आपण घराच्या दारावरील बेल वाजवतो ती याच तत्त्वावर चालते.

## शिक्षकांसाठी चुंबकत्व शिकवण्यासाठी आराखडा

### मुले काय शिकतील :

१. फक्त काही ठराविक वस्तूच चुंबकाकडे आकर्षित होतात.
२. अशा सर्व गोष्टीमध्ये लोखंड असते.
३. चुंबकत्व हे पदार्थांच्या अप्रणूच्या रचनेतून निर्माण होते.

### साहित्य :

१. विविध वस्तू-ज्यांमध्ये लोखंडी आणि लोखंडी नसलेल्या पदार्थांचाही समावेश असेल. उदाहरणार्थ - चमचा, कानातील डूल, खडू, डस्टर, औषधाच्या गोळ्या, टाचण्या, गंज चढलेल्या वस्तू इत्यादी.

२. शक्तिशाली चुंबक

### आराखडा :

तास पहिला : मुलांना चुंबकत्वाबद्दल काय माहिती आहे आणि त्यांनी चुंबक आधीही पाहिले किंवा वापरले आहेत का याचा आढावा घ्या. या तासात मुलांना त्यांच्या अनुभवांबद्दल बोलू द्या. या तासाच्या शेवटी चुंबकाचा विविध पदार्थांवर कसा वेगळा परिणाम होतो हे सर्व वर्गाला एकत्र दाखवा.

**दुसरा तास :** वर्गातील मुलांचे ५-१० चे गट करा. प्रत्येक गटाला वरील सामान मिळाले आहे याची खात्री करा.

या गटांनी तुम्ही दाखवलेले प्रात्यक्षिक करायचे आहे. परंतु त्याही आधी कोणते पदार्थ चुंबकाला आकर्षित होतील आणि होणार नाहीत याची मुलांनी आपसात चर्चा करावी.

गटातील प्रत्येक मुलाने मग प्रत्येक पदार्थ चुंबकाबरोबर तपासून पहावा. यातील पदार्थांची यादी करून कोणते पदार्थ चुंबकीय आहेत आणि कोणते नाहीत याची नोंद करावी. प्रत्यक्षात याच बरोबर मुलांना चुंबकीय वाटणारे पदार्थ चुंबकीय निघाले किंवा नाही याची नोंद करावी.

काही पदार्थ चुंबकाकडे आकर्षित का होतात? अशा पदार्थांमध्ये काय साम्य आहे? त्यांचे काय गुणधर्म महत्त्वाचे वाटतात? याची मुलांबरोबर चर्चा करावी.

**तास तिसरा :** चुंबक आणि लोखंडी पदार्थ वापरून प्रत्येक गटाला या लेखातील व

इतरही सोपे प्रयोग करण्यास वेळ द्यावा. परंतु मुलांनी त्यांच्या प्रयोगातून त्यांना चुंबकीय गोष्टींचे काय गुणधर्म कळले हे शेवटी मांडायचे आहे. प्रत्येक गटांनी त्यांचे शोध वर्गसमोर मांडावेत.

चुंबकीय क्षेत्र आणि त्याचे विद्यार्थ्यांनी शोधलेले गुणधर्म कसे उगम पावतात याचे स्पष्टीकरण द्या. यासाठी शिक्षकांनी सोप्या आकृत्या, अणूंची पदार्थातील रचना इत्यादी कल्पना वापराव्यात.

मुलांचे वय पाहून वरील प्रयोग आणि त्यांची उकल कमी किंवा जास्त करावी.

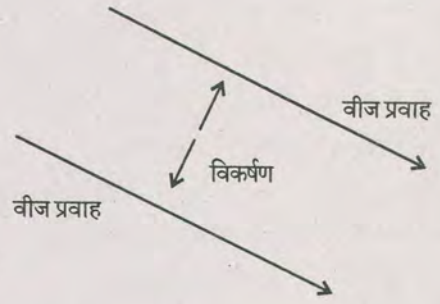
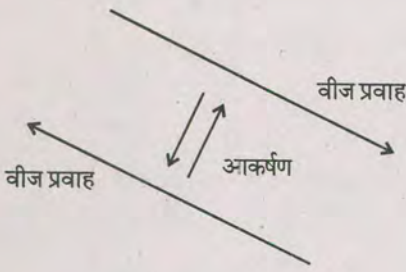
### विषया संबंधीत चर्चा

1. पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र काही सहस्रवर्षांनी उलटे होते म्हणजे उत्तर ध्रुवाचा दक्षिण ध्रुव होतो. असे जर नजीकच्या भविष्यात झाले तर त्याचा काय परिणाम होईल? हा शोध भूगर्भशास्त्रज्ञांनी कसा लावला?
2. चुंबकीय आणि विद्युतक्षेत्र यांच्या एकत्रीकरणाने काय फायदा झाला? विद्युतचुंबकीय शास्त्राचे स्वतःचे असे काय उपयोग मानवाला झाले? विज्ञानातील वेगवेगळे विषय एकत्र आणण्यात फायदा आहे का?
3. पक्षी आणि जीवाणू प्रवास करण्यासाठी पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राचा उपयोग करतात हे शास्त्रज्ञांनी शोधून काढले आहे. पण या वस्तुस्थितीचा मानवाला पुढे कसा फायदा करून घेता येईल.
4. मायकेल फॅराडेच्या शोधाने चुंबकीय क्षेत्रापासून वीज निर्माण करणे शक्य झाले आणि विद्युत जनित्राचा जन्म झाला. आज आपले जीवन या शोधामुळे कसे बदललेले आहे? हा शोध जर इतका महत्त्वाचा आहे तर तुमच्या आई-वडिलांना किंवा शेजारच्या काका-काकूंना मायकेल फॅराडेचे नाव आणि त्याचा शोध माहिती आहे का? तो त्यांना तुम्ही सांगू शकाल का?

या घंटेचे ठोके विजेने निर्माण केलेल्या चुंबकामुळेच पडतात.

ॲम्पियरने पुढे प्रयोग करून दाखवले की तारेतून वहाणारी विद्युतधारा जर चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करत असेल तर अशा दोन तारांमध्ये आकर्षण किंवा विकर्षण निर्माण

होते. जर या दोन तारा विरुद्ध दिशांनी विजेचा प्रवाह वाहून नेत असतील तर त्यामध्ये चुंबकीय आकर्षण निर्माण होते. याउलट एकाच दिशेने वाहणारे विद्युतप्रवाह तारांना चुंबकीय क्षेत्राद्वारे विकर्षित करतात. ॲम्पियरच्या या प्रयोगातून विजेचा प्रवाह



चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करतो हे सिद्ध झाले. आज ॲम्पियरचा हा नियम विद्युतचुंबकीय शास्त्रातील चार मूलभूत नियमांपैकी एक मानला जातो.

बदलते चुंबकीय क्षेत्र वाहकामधे विद्युतप्रवाह निर्माण करते, हे मायकेल फॅराडे या शास्त्रज्ञाने सिद्ध केले. याच तत्त्वाचा उपयोग विद्युत जनित्रात केला जातो. फॅराडेने मांडलेला हा नियम म्हणजे ॲम्पियरच्या नियमाचे प्रतिबिंब होते. मूलभूत विद्युतचुंबकीय नियमातील दुसरा नियम म्हणून फॅराडेचा सिद्धांत ओळखला जातो. अशारीतीने फॅराडे आणि ॲम्पियर यांनी विद्युत आणि चुंबकत्व यातील परस्परसंबंध स्पष्ट केला.

याही पुढे जाऊन जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल या शास्त्रज्ञाने विद्युत चुंबकीय लहरी कशा तयार होतात आणि त्यांचा प्रवाह कसा वाहातो याचे गणित मांडले. मॅक्सवेलने विद्युतचुंबकत्वाच्या सिद्धांतांना गणिती परिभाषा दिली आणि विद्युतचुंबकत्वाचे चार नियम चार समीकरणांद्वारे मांडले. मॅक्सवेलने

मांडलेल्या समीकरणांमुळे वीज, चुंबक आणि विद्युत चुंबकत्वाचे सर्वच गुणधर्म सहजरित्या समजून घेता आले. म्हणून विद्युत-चुंबकीयशास्त्रातील चार मूलभूत समीकरणांना मॅक्सवेलची समीकरणे म्हणून ओळखले जाते.

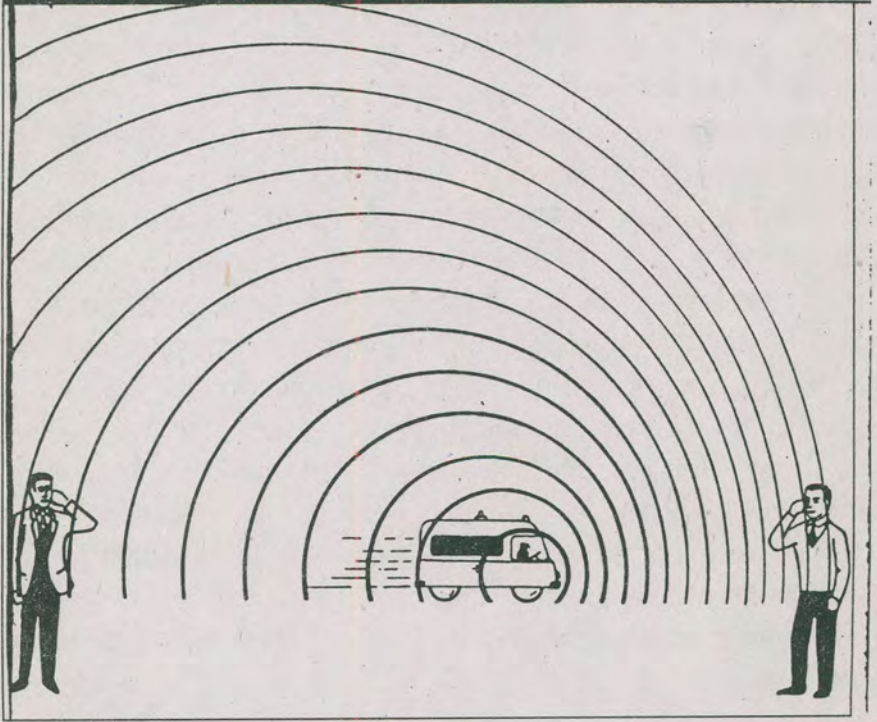
आज आपण येथे चुंबकाची माहिती करून घेतली पुढे कधीतरी आपण विजेचा इतिहास आणि त्याचा मानवाला लागलेला शोध याची ओळख करून घेऊ या. विद्युतचुंबकीय शास्त्राचा अभ्यास हा याहीपेक्षा अधिक आकर्षक आहे. तुम्ही विचार करा की आपल्या घरातील आणि आजूबाजूला असणाऱ्या किती गोष्टी विद्युत-चुंबकावर अवलंबून असतात. तेव्हा या जुळ्या भावंडांशी आपली दररोज गाठ पडत राहाणार आहे.



लेखक : प्रदीप गोठोस्कर, विज्ञान लेखन व विज्ञान शिक्षणात रस.

# ध्वनी - दोन विशेष परिणाम

लेखक : नागेश मोने



आपल्या कानावर पडणाऱ्या ध्वनीपैकी बहुतांशी ध्वनी माध्यमात स्थिर असलेल्या उद्गमापासूनच तयार झालेला असतो. उदा. शाळेची घंटा, रेडिओ, घराशेजारील बांधकाम चालू असतानाचा ध्वनी, एखाद्या यांत्रिक कार्यशाळेत होणारा यंत्रांचा आवाज, इत्यादी. पण अग्निशमन दलाच्या गाडीची वाजणारी घंटा, आपल्या जवळून वेगाने जाणारी गाडी,

विमानतळावरून वा विमानतळाकडे वेगाने झेपावणारे विमान, अशा परिस्थितीत ध्वनी उद्गमाची हालचाल, ध्वनीच्या आपल्याला जाणवणाऱ्या पट्टीच्या संदर्भात फारच मोलाची भूमिका बजावित असते.

**हे घडते कसे ?**

बाहेर पडणारी ध्वनीलहर ही वर्तुळाकार असते. पण वरच्या चित्रातील ध्वनी उत्पन्न

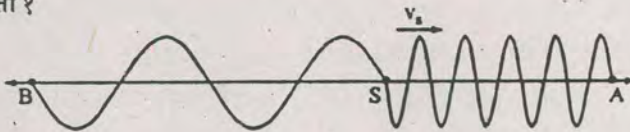
करणारे उगमस्थान हे विशिष्ट दिशेने पुढे पुढे सरकत आहे. त्यामुळे वर्तुळाचा केंद्रबिंदू हरक्षणी बदलत आहे. अर्थातच ध्वनीलहरींची दाटी एका बाजूने तर मागील बाजूने त्या ताणल्या गेल्यासारख्या दिसतात. आकृतीवरून लक्षात येईल लगेचच. गाडी ज्या दिशेला जाते आहे त्याच दिशेला तुम्ही असल्यास तुमच्याकडे येणाऱ्या ध्वनीलहरी संपीडित असणार असे जाणवते. अर्थातच उच्च वारंवारतेचा ध्वनी ऐकल्यासारखे म्हणजे उंच पट्टीतला ध्वनी जाणवणार तुम्हाला. गाडी तुम्हाला ओलांडून पुढे गेली की जणू काही ताणल्या गेलेल्या म्हणजे विरलन झालेल्या ध्वनीलहरी आपल्याला खालच्या पट्टीतल्या वाटतात. ज्या क्षणाला गाडी आपल्याला ओलांडते त्या क्षणाला आवाजाच्या पट्टीची उच्चतम मर्यादा गाठली गेल्याचे आपल्याला जाणवते. गाडीचा वेग जितका अधिक तितका हा बदल जाणवण्याइतपत असतो. हा बदल आवाजाच्या मोठेपणात नाही तर पट्टीत आहे. रेल्वेस्टेशनवर रेल्वेची शिटी ऐकताना हे ठळकपणे जाणवते किंवा मोटारगाड्यांच्या शर्यती दूरदर्शनवर पाहताना हा बदल जाणवतो. माध्यमाच्या अनुषंगाने निरीक्षक / श्रोता अन् ध्वनी उद्गम यातील परस्पर

सापेक्ष अंतरातील बदलामुळे उत्पन्न होणारा पट्टीतील बदल म्हणजे डॉप्लरचा परिणाम आहे. ऑस्ट्रियन भौतिकशास्त्रात डॉप्लर याने यासंबंधात संशोधन केले म्हणून त्याचे नाव.

या परिणामाचे थोडे गणिती स्पष्टीकरण पाहू. आकृती १ मध्ये S या ठिकाणी ध्वनी उद्गम आहे. A ठिकाणचा श्रोता S च्या पुढील बाजूस तर B ठिकाणचा श्रोता S च्या मागील बाजूस आहे. B च्या संदर्भात ध्वनी उद्गम दूर जाणारा तर A च्या संदर्भात तो जवळ येणारा आहे. SA भागात ध्वनी लहरींची दाटी झाली आहे तर SB भागात त्याचे विरलन दिसते. त्यामुळे A या ठिकाणच्या श्रोत्याला B च्या तुलनेत अधिक ध्वनीलहरी ऐकू येतात. प्रत्यक्ष तरंगलांबीपेक्षा A आणि B ठिकाणच्या तरंगलांबी निरनिराळ्या आहेत. त्यांना संचयित तरंगलांबी असे म्हटले आहे. A पाशी B च्या तुलनेत तरंगलांबी कमी आहे. त्यामुळे श्रोत्याला जाणवलेली ध्वनीलहरींची वारंवारता त्याच्या उद्गम सापेक्ष स्थानावर अवलंबून राहते आहे. म्हणून A पाशी उंच पट्टीतला तर B पाशी खालच्या पट्टीतला ध्वनी जाणवतो आहे.

समजा ध्वनी उद्गमाच्या हालचालीपेक्षा निरीक्षकच ध्वनी उद्गमाकडे वेगाने गेला तर?

आकृती १





(lactose) खर्ची पडते, पण दुधात नसणारी अनेक जीवनसत्त्वे त्यात निर्माण होतात.

फळांच्या रसापासून केलेले मद्य हेही थंड प्रदेशात ताज्या भाज्या व फळे यांच्या अभावाने हिवाळ्यात उत्पन्न होणारी जीवनसत्त्वांची कमतरता भरून काढावयास उपयोगी पडत असे. मद्यात असणाऱ्या अल्कोहोलमुळे त्याचे अन्य जीवाणूपासून रक्षण होते.

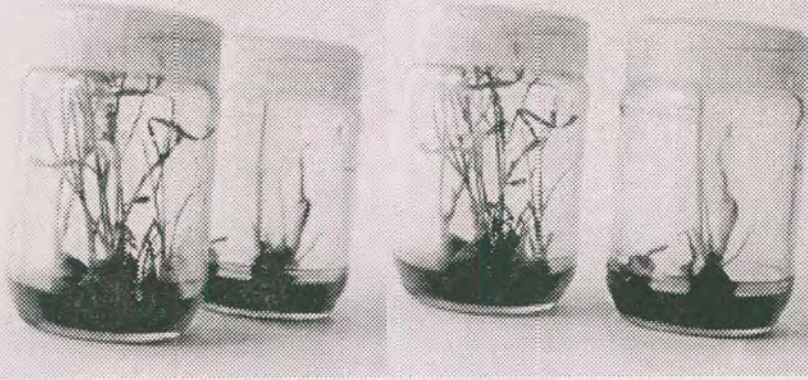
पारंपरिक जैवतंत्रात वापरल्या जाणाऱ्या पध्दती फार सोप्या होत्या, पण सूक्ष्म जीवांचा व पेशींचा अभ्यास जसजसा सखोल होत गेला, तशा नव्या व अधिक गुंतागुंतीच्या पध्दती प्रचारात आल्या. सर्व सूक्ष्म जीवांना त्यांच्या जातीनुसार विशिष्ट आधारद्रव्य (medium) लागते. प्रकाश ऊर्जेचा वापर करून आपले अन्न आपणच निर्माण करू शकणाऱ्या प्रकाशसंश्लेषक जीवाणू आणि शेवाळांना (algae) निव्वळ खनिज (mineral) क्षारांच्या आधारद्रव्यावर वाढवता येते. असे जीव वगळल्यास बाकी सर्व सूक्ष्मजीव आणि पेशींना आपल्या वाढीसाठी विशिष्ट सेंद्रीय (organic) पदार्थांवर अवलंबून रहावे लागते. याबाबतीत बहुसंख्य सूक्ष्मजीव फारसे चोखंदळ नसतात व त्यामुळे त्यांना काकवी, उकडलेले बटाटे किंवा मांसाचे सूप, अशा सामान्य आधारद्रव्यांवरही वाढवता येते, पण काहीना मात्र अगदी विशिष्ट असे आधारद्रव्यच लागते. याशिवाय आधारद्रव्याची तीव्रता (concentration), त्याची आम्लता (acidity), त्याच्या



रसाकर्षणाचा दाब (osmotic pressure), तापमान, संवर्धनाला होणारा प्राणवायूचा पुरवठा, इत्यादी घटकही तितकेच महत्त्वाचे असतात. त्यामुळे आधुनिक जैवतंत्रात सूक्ष्मजीवांच्या संवर्धनाला वरील सर्व घटक योग्य त्या प्रमाणात मिळावेत म्हणून खास अशा किण्वनपात्रांची (fermenter) योजना करावी लागते. तसेच किण्वनातून निर्माण होणाऱ्या विविध पदार्थांतून आपल्याला हवा असणारा पदार्थ शुद्ध स्वरूपात मिळविण्यासाठी पुन्हा त्यांवर विविध प्रक्रिया कराव्या लागतात. यासाठी रासायनिक अभियांत्रिकी (chemical engineering) व संगणकतंत्र (computer science) इत्यादी आधुनिक शाखांचा उपयोग केला जातो.

एकेकाळी केवळ मद्य, चीज किंवा इडली-डोसे यांच्यापुरत्याच मर्यादित असलेल्या अशा या साध्या व आदिम जैवतंत्राने गेल्या २५-३० वर्षांमध्ये आश्चर्यकारक प्रगती केली

## वनस्पतींच्या ऊतिसंवर्धनाचा शेतीसाठी वापर



### प्रयोगशाळेतील ऊसाची रोपे

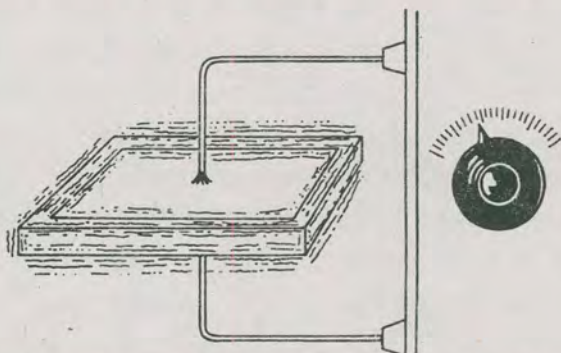
वनस्पतींचे गुणन करण्यासाठी ऊतिसंवर्धनाचा उपयोग होऊ शकतो, पण ऊतिसंवर्धनात कृत्रिम प्रकाश, वातानुकूलित व संपूर्णतया निर्जंतुक अशी प्रयोगशाळा, महागडी संप्रेरके व रसायने, आणि मोठ्या पगाराचे तंत्रज्ञ, यांची गरज भासत असल्याने ऊतिसंवर्धित वनस्पतींच्या निर्मितीची किंमत एकेका रोपाला ५ रु. च्या आसपास असते. शेतकऱ्यांना प्रतिहेक्टर हजारो रोपटी लागत असल्याने ही किंमत परवडत नाही. त्यामुळे थेट ऊतिसंवर्धनातून बाहेर पडलेली रोपटी शेतात लावणीसाठी वापरली जात नाहीत.

परंतु शेतीसाठी लागणाऱ्या प्रजातींची रोगमुक्त रोपे बनविण्यासाठी ऊतिसंवर्धनाचा चांगला उपयोग करता येतो. चित्रात दाखविलेली रोपे उसाची आहेत. उसाला मोझेक व्हायरसचा उपद्रव होतो व रोगट बियाण्यातून निर्माण होणाऱ्या पिकाचे उत्पन्न कमी येते. ऊतिसंवर्धनाचा वापर करून उसाचे रोगमुक्त असे मातृबेणे तयार केले जाते. ही रोपटी पुढे रोपवाटिकेत किंवा रोगमुक्त अशा पर्यावरणात वाढवून त्यांची दुसरी पिढी शेतकऱ्यांना परवडेल अशा भावात देता येते.

आपण ऐकू शकत असणाऱ्या ध्वनीची वारंवारता असते २० हर्ट्झ ते २०,००० हर्ट्झच्या दरम्यान. या प्रकारच्या ध्वनीला श्राव्यध्वनी असे म्हणतात. श्राव्य म्हणावयाचे कारण ऐकू येतो म्हणून. अर्थात वाढत्या वयाबरोबर ही २०,००० हर्ट्झची मर्यादा १०,००० हर्ट्झपर्यंत येते. २० हर्ट्झपेक्षा कमी वारंवारतेच्या ध्वनीला अवश्राव्य तर २०,००० हर्ट्झपेक्षा जास्त वारंवारतेचा ध्वनी म्हणजे श्राव्यातीत ध्वनी होय. कुत्रा ४०,००० हर्ट्झपर्यंतचा ध्वनी ऐकू शकतो! म्हणून त्याचा वापर पोलिस दलात केला जातो. समुद्राची खोली मोजण्यासाठी माशांचे थवे किती अंतरावर आहेत ते ओळखण्यासाठी, शत्रूची समुद्राखालील जहाजे ओळखण्यासाठी SONAR (Sound Navigation and Ranging) ही पध्दत वापरतात. या पध्दतीत २५,००० हर्ट्झ वारंवारतेचा ध्वनी वापरला जातो. १० अब्ज हर्ट्झ वारंवारतेचा ध्वनी प्रयोगशाळेत निर्माण

करण्यात शास्त्रज्ञांना यश मिळाले आहे. १० लाख हर्ट्झ पर्यंतच्या ध्वनीची उपयुक्तता सिध्द झालेली आहे. अर्थात अशा ध्वनीलहरी उत्पन्न करण्यासाठी शिष्टी अथवा बासरी उपयोगाची नसते! कार्टेजच्या स्फटिकाच्या कंपनातून श्राव्यातीत ध्वनी उत्पन्न होतो. सर्वसाधारण ध्वनीलहरी सर्व दिशांनी प्रसारित होतात पण श्राव्यातीत ध्वनीलहरी एकाच दिशेने जातात. अन् त्यामुळेच कमीत कमी जागेत अधिकाधिक ध्वनिउर्जा समाविष्ट करता येते.

या श्राव्यातीत ध्वनीचा प्रयोगशाळेत, कारखान्यात सर्रास वापर होत असतो. द्रावणातील घटकांचे योग्य प्रमाणात व जलद गतीने एकसंध मिश्रण करण्यासाठी द्रावणातून श्राव्यातीत ध्वनी पाठवितात. रंगांच्या कारखान्यात हे तंत्र सर्वाधिक वापरले जाते. कॅमेऱ्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या प्रकाश संवेदनशील फिल्मस् तयार करायला लागणाऱ्या रासायनिक पदार्थांच्या



क्वार्ट्झ स्फटिकाच्या दोन पृष्ठभागांमध्ये A.C. विद्युतदाब निर्माण केला असता, स्फटिकाची रुंदी A.C. विद्युतदाबाच्याच वारंवारतेने कमी जास्त होते. या कंपनांमुळे स्फटिकातून श्राव्यातीत ध्वनी निर्माण होतो.

मिश्रणासाठी हेच ध्वनी वापरतात. कपड्यांची धुलाई करणे ही बाब अगदी क्षुल्लक आहे यांच्या दृष्टीने. कॅमेऱ्याची भिंगे श्राव्यातीत ध्वनींनी धुतली जातात ! सूक्ष्म जीवाणू व विषाणूंचा यांच्या सानिध्यात नाश होतो तर दुधाचे निजर्तुकीकरण होण्यासाठी आपल्याला यांची मदत मिळते. कठीण पदार्थ कापण्यासाठी, यंत्रातील भेगा ओळखण्यासाठी, पेशीतील अंगकांचा अभ्यास करण्यासाठी श्राव्यातीत ध्वनी वापरले जातात. रक्तातील तांबड्या पेशींच्या प्रवाहाच्या अभ्यासासाठी, अर्भकावस्थेतील मुलाच्या हृदयाच्या अभ्यासासाठी डॉप्लर परिणामाचा उपयोग करण्याची कल्पकता शास्त्रज्ञांनी दाखवली आहे.

ज्यांच्या बाबतीत आपण बहिरे आहोत अशा अवश्राव्य व श्राव्यातीत ध्वनींचे उपयोग हे दुधारी शस्त्र आहे. युध्दकाळात गगनभेदी

विमानांच्या आवाजाने व महाशक्तीशाली बाँबच्या स्फोटांमुळे उत्पन्न झालेल्या ध्वनीने केवळ जैविक बहिरेपण येत नाही तर माणसांच्या संवेदनांनाच बहिरेपणा प्राप्त होतो.

अर्थात मानसिक समाधानासाठी व आनंदासाठी आवश्यक असणारे संगीत ध्वनीच्या साठवणुकीतून सर्वदूर पोहोचते आहे. मागील लेखात कबूल केल्याप्रमाणे पुढील शेवटच्या लेखात ध्वनीच्या साठवणुकीबाबत विचार करूयात तसेच ध्वनीशी संबंधित असणाऱ्या थोड्याफार गणिताचाही विचार आपण करावयास हवा.



लेखक : नागेश मोने

द्रविड हायस्कूल, वाई येथे शिक्षक  
विज्ञान वाचनालय चालवतात.

### डॉप्लर परिणामाची प्रचिती

सी.जे. डॉप्लर (१८०३-१८५३) या ऑस्ट्रियन पदार्थवैज्ञानिकाने डॉप्लर परिणामाचा शोध लावला. युरोपात आगगाड्यांचं जाळं पसरल्यानंतर जवळ येणाऱ्या आणि दूर जाणाऱ्या आगगाड्यांच्या शिट्ट्यांच्या आवाजातील फरकामुळे हा परिणाम त्याला जाणवला असावा. १८४२ साली डॉप्लरने या संदर्भातील आपला शोधनिबंध प्रसिध्द केला. १८४५ साली मारसेन या हॉलंडमधल्या एका खेड्याजवळ एक प्रयोग करण्यात आला. न्हाइन रेल्वेलाइनच्या कडेने संगीताचं शिक्षण घेतलेल्या काही लोकांना उभं करण्यात आलं. रुळावरून जाणाऱ्या आगगाडीच्या एका डब्यात एक ट्रंपेट वाजवलं जात होतं. रुळाजवळ उभ्या असलेल्या प्रत्येक निरीक्षकाने गाडी आपल्या जवळ येताना आणि दूर जाताना ट्रंपेटच्या सुराच्या पट्टीत काय फरक जाणवला याची नोंद घेतली. या नोंदीच्या आधारे गणित करून गाडीचा वेग अगदी अचूक काढता आला.

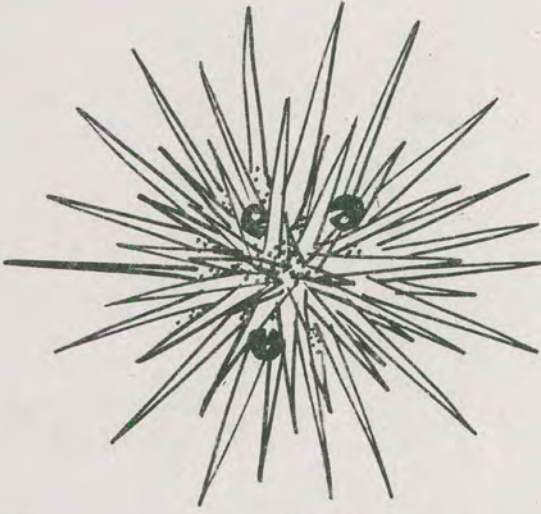


# वनस्पती विरुद्ध वनस्पतिभक्षक

लेखक : आ. दि. कर्वे

निसर्गातील सर्व सजीव एका अन्नसाखळीत बांधले गेले आहेत. यामुळे सजीवांची जवळजवळ प्रत्येक प्रजाती ही इतर कोणत्यातरी प्रजातीचे भक्ष्य आहे आणि प्रत्येक प्रजातीने आपल्या भक्षकांपासून स्वतःचे संरक्षण करण्यासाठी वेगवेगळ्या यंत्रणा विकसित केल्या आहेत. स्वतःच्या बचावासाठी प्राणी वापरत असलेल्या अनेक युक्त्या आपल्याला माहीत असतात. पण अन्नसाखळीच्या मुळाशी असलेल्या वनस्पतींचं काय ?

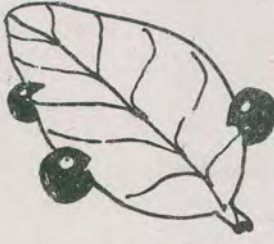
आपल्या भक्षकांपासून स्वतःचे रक्षण करण्यासाठी प्राणी वापरत असलेल्या पद्धती आणि वनस्पती वापरत असलेल्या पद्धती यांमध्ये काही मूलभूत फरक आहेत. प्राण्यांना हालचाल करणे शक्य असल्याने लढाई करणे, बिळात अगर गुहेत लपून बसणे, किंवा ते शक्य नसल्यास पळून जाणे, असे पर्याय उपलब्ध असतात. याउलट वनस्पती एका जागी जखडलेल्या असल्याने भक्षकाशी दोन हात करणे किंवा ते न जमल्यास पळ काढणे यातला कोणताच पर्याय वनस्पतींना शिल्लक रहात नाही. पण असे असूनही वनस्पति-भक्षकांपासून स्वतःचे रक्षण करण्यात वनस्पती बहुतांशी यशस्वी होतात. काही



वनस्पती काटे किंवा जाड साल अशा प्रकारच्या उपायांनी स्वतःचं रक्षण करतात. या संरक्षक अवयवांची तुलना आपण प्राण्यांची शिंगे, नखे, सुळे किंवा बाह्य कवच यांच्याशी करू शकतो, पण या प्रकारे स्वतःचे रक्षण करणाऱ्या वनस्पती तुलनेने थोड्याच असतात. कारण या अवयवांचा उपयोग वनस्पतींना केवळ पाठीचा कणा असणाऱ्या उच्चस्तरीय प्राण्यांविरुद्धच होतो. वनस्पतिभक्षक कीटक व परोपजीवी सूक्ष्मजीवांपासून स्वतःचे रक्षण करण्यात असे उपाय परिणामकारक ठरत नाहीत. त्यामुळे शत्रूंपासून स्वतःचा बचाव करण्यासाठी बहुसंख्य वनस्पती जैवरासायनिक उपायांचाच वापर करतात.

वनस्पतींच्या सुमारे १२००० प्रजातींमध्ये चीक आढळून येतो. या चिकात टर्पीन गटातील द्रव्ये असतात व त्यांचा हवेशी

संपर्क आल्यास ती साकळून घट्ट होतात. आपण या घट्ट पदार्थाला रबर म्हणतो. कीटकाने कोणतीही चिकाळ वनस्पती खाण्यास सुरुवात केली की तिच्यातून बाहेर पडणाऱ्या चिकात त्याचे तोंड व पाय लडबडतात व त्या चिकाचे रबरात रूपांतर झाले की कीटकाचे केवळ तोंडच नाही तर हालचालही बंद होते. वनस्पतीच्या पृष्ठभागाला जखम झाल्यास त्यातून बरेचदा डिंकही निघतो. याचाही असाच उपयोग होतो. चिकाचा व डिंकाचा उपयोग होण्यासाठी वनस्पतीला निदान जखम तरी व्हावी लागते. पण काही वनस्पती तर आपल्या पृष्ठभागावर नुसत्या बसलेल्या कीटकालासुद्धा अशाच प्रकारच्या एका यंत्रणेद्वारा मारून टाकतात. अशा वनस्पतींच्या पृष्ठभागावर नेहमी बारीक लव दिसते. ही लव म्हणजे एका चिकट पदार्थाने



भरलेल्या पेशीच असतात. त्यांवर कीटक बसला की त्याच्या स्पर्शाने या पेशी मोडतात, या तुटलेल्या पेशींमधून बाहेर पडणाऱ्या चिकट द्रावने तो कीटक जखडला जातो व बसल्याजागीच उपासमार होऊन मरतो. वनस्पतीच्या काही प्रजातींमध्ये या पेशींमध्ये चिकट पदार्थासोबतच कीटकांचे बाह्यावरण व त्यांची प्रथिने विरघळवून टाकणारी वितंचकेही (म्हणजे एक प्रकारची रासायनिक द्रव्ये) आढळतात. अशा प्रकारच्या पेशी बटाट्याच्या एका रानटी प्रजातीत आढळतात. या गुणधर्माचे जनक, पीक म्हणून घेतल्या जाणाऱ्या बटाट्याच्या प्रजातीत आणण्याचे प्रयत्न सध्या चालू आहेत, हे प्रयोग यशस्वी झाले तर बटाट्याच्या पिकावर कीटकनाशके उडविण्याची गरज भासणार नाही.

वरील उदाहरणे झाली कीटकांची वनस्पती खाण्याची शारीरिक क्षमता नष्ट करण्याच्या उपायांची. पण याशिवाय आपल्या पेशींमध्ये आपल्या भक्षकांना विषारी ठरतील अशा

पदार्थांची निर्मिती करणे, हा गुणधर्म सरसकट सर्व वनस्पतींमध्ये आढळून येतो. यांत अल्कलॉइड, टॅनिन, सॅपोनीन, स्टेरॉइड, हेमाग्युटिनीन, लेक्टीन, अल्कोहोल, अल्डेहाइड, प्रथिने, इ. विविध प्रकारच्या रसायनांची उपाययोजना केलेली आढळते. सध्या कीटकनाशक गुणधर्माबाबत कडुलिंबाचा जगभर बोलबाला झाला आहे. पण केवळ कडुलिंबच नव्हे तर सर्वच वनस्पतींमध्ये कोणते ना कोणते तरी कीटकनाशक द्रव्य आढळून येतेच. निसर्गात वनस्पतिभक्षक कीटकांच्या सुमारे तीन लक्ष प्रजाती आढळतात. परंतु वनस्पतीच्या कोणत्याही एका प्रजातीचा विचार केल्यास असे दिसून येईल की यांपैकी फक्त चारपाचच कीटकप्रजाती तिला अपाय करू शकतात. एवढेच नव्हे तर वनस्पतीच्या एका प्रजातीवर आढळणारे कीटक दुसऱ्या प्रजातीवर आढळत नाहीत. याचा अर्थ असा लावता येईल की वनस्पतींच्या पेशींमधील नैसर्गिक कीटकनाशक द्रव्यांमुळे वनस्पतींचे बहुसंख्य कीटकांपासून रक्षण होते. पण ही विषे पचविण्याचा गुणधर्म असलेल्या हाताच्या बोटांवर मोजता येतील इतक्या थोड्या कीटकप्रजातींपुढे मात्र या वनस्पतींचा काही उपाय चालत नाही. प्रत्येक वनस्पतिप्रजातीत वेगवेगळी कीटकनाशक रसायने असतात. उदाहरणार्थ ज्वारीच्या पानामध्ये दुरीन् नामक कीटकनाशक आढळते, तर कपाशीत गॉसिपॉल या कीटकनाशक तत्त्वाचा वापर

केला जातो. यामुळे एका वनस्पतिप्रजातीला अपाय करू शकणारे कीटक दुसऱ्या प्रजातीवर आढळत नाहीत. अशा प्रकारच्या नैसर्गिक कीटकनाशकांवर सध्या जोरात संशोधन चालू आहे. जर जनुरोपणाने एका वनस्पतिप्रजातीत आढळणारे कीटकनाशक जनुरक दुसऱ्या प्रजातीत घालता आले, तर आपणांस नजिकच्या भविष्यकाळात पिकांवर कृत्रिम कीटकनाशके उडविण्याची गरजच भासणार नाही.

वनस्पतींमधील अनेक रसायने सामान्य

तापमानात वायुरूपाने उडून जातात. अशा रसायनांमुळे प्रत्येक वनस्पतीला एक विशिष्ट गंध येतो. हा गंध जरी मानवी नाकाला समजू शकला नाही तरी या गंधाचा माग काढीत वनस्पतिभक्षक कीटक आपले भक्ष्य असणाऱ्या वनस्पतीला शोधून काढतात. परंतु निरोगी वनस्पती व कीटकांना बळी पडलेली वनस्पती यांच्या गंधातही फरक असतो. एकादा कीटक वनस्पतीची पाने कुरतडू लागला की तिच्या पेशींमधून इथिलीन, मेथिल जॅस्मोनेट किंवा मेथिल सॅलिसिलेट

### वनस्पती - रसायनांचे कारखाने

वनस्पती स्वसंरक्षणासाठी जी विविध रसायने निर्माण करतात, त्याचा आपल्यालाही उपयोग होतो. यातील बरीच रसायने वेगवेगळ्या कामांसाठी वापरली जातात. काही उदाहरणे खाली दिली आहेत.

**टर्पीन** - हायड्रोकार्बन संयुगांतील  $(C_5H_8)_n$  या रासायनिक रचनेच्या संयुगांना टर्पीन (terpene) असे म्हणतात. हे पदार्थ आयसोप्रिनचे (isoprene,  $C_5H_8$ ) रेणू एकत्र बांधले जाऊन तयार होतात. सामान्य तापमानाला टर्पीन हा रंगहीन द्रव असून या गटातील बरीच संयुगे सुगंधी आहेत. वनस्पती स्वतःच्या संरक्षणासाठी निर्माण करत असलेले हे पदार्थ रबर व वनस्पतीजन्य तेलांच्या (essential oils) रुपाने आपल्याला उपयोगी पडतात.

**अल्कलॉइड** - या हायड्रोकार्बनी संयुगांच्या रेणूंमध्ये कड्यासारख्या रचनेत कमीत कमी एक तरी नायट्रोजन अणू असतो. वनस्पती स्वतःच्या संरक्षणासाठी बनवत असलेली या गटातील अनेक द्रव्ये वेगवेगळ्या औषधांत वापरली जातात. उदा. कोडिन, मॉर्फिन, क्लिनाईन इ.

**टॅनिन** - ही हायड्रोकार्बन संयुगे म्हणजे पॉलीहायड्रॉक्सीबेंझोइक आम्लापासून



यांसारखी वायुरूप रसायने बाहेर टाकली जातात. किड्यांच्या हल्ल्याने वनस्पतींमध्ये निर्माण होणाऱ्या या वैशिष्टपूर्ण गंधरसायनांना वायुरूप संप्रेरक असे म्हटले जाते. त्यांच्या वासाने आपल्यावर कीटकांचा हल्ला होत आहे, हा संदेश आजूबाजूच्या इतर पेशींना मिळतो व त्याने प्रेरित होऊन त्या पेशीही कीटकनाशक रसायने निर्माण करू लागतात. परंतु त्याचबरोबर कीटकांचा नायनाट करणाऱ्या गांधिलमाशांनाही या वायुरूप संप्रेरकांमुळे आपले भक्ष्य असणारे कीटक

कोठे आहेत ते समजते. वासाचा माग काढीत येणाऱ्या गांधिलमाशांच्या माद्या वनस्पतिभक्षक अळ्यांना डसतात व त्यांना अर्धमेल्या करून त्यांच्या शरिरात आपली अंडी घालतात. या अंड्यांतून बाहेर पडणारी गांधिलमाशीची पिळ्हे वनस्पतिभक्षक अळीच्या शरिरातच वाढतात व त्या अळीला पूर्णपणे पोखरून मारून टाकतात.

वर उल्लेखलेल्या वायुरूप संप्रेरकांमुळे केवळ हल्ला झालेल्या वनस्पतीच्याच कीटकनाशक यंत्रणा चेतवल्या जातात असे नव्हे तर तिच्या

बनलेल्या पदार्थाची मिश्रणे असतात. उदा. टॅनिक आम्ल. याचा उपयोग कातडी कमावण्यासाठी, तसेच कापड रंगवण्यासाठी व शाई तयार करण्यासाठी केला जातो.

**सॅपोनिन** - हे पदार्थ हायड्रोकार्बन संयुगांच्या ग्लुकोसाइड या गटात मोडतात. ही संयुगे ग्लुकोज व हायड्रॉक्सी संयुगांच्या रासायनिक प्रक्रियेतून निर्माण होतात. सॅपोनिन्स पाण्यात मिसळली असत फेस निर्माण होतो, त्यामुळे धुलाईच्या साबणात यांचा वापर केला जातो. सॅपोनिन निर्माण करणारी आपल्या परिचयातील एक वनस्पती म्हणजे शिकेकाई.

ही यादी अजूनही बरीच लांबवता येईल. एका दृष्टीने पाहिले तर वनस्पती म्हणजे उपयुक्त रसायनांचे कारखानेच आहेत. वनस्पतीची प्रत्येक प्रजाती वेगवेगळ्या कामांसाठी काही वैशिष्ट्यपूर्ण रसायनांची निर्मिती करत असते. निसर्गात हे वैविध्य इतक्या प्रचंड प्रमाणात आहे, की अजून आपल्याला त्याचा पुरता आवाकाही कळलेला नाही. वनस्पतीजन्य रसायनांचे सर्व उपयोगही अजून आपण जाणलेले नाहीत. त्यामुळे कोणती वनस्पती बनवत असलेले कोणते रसायन आपल्याला केव्हा आणि कशासाठी उपयोगी पडेल, हे सांगणे अवघड आहे. पृथ्वीवरील जैविक विविधतेचे रक्षण करण्याच्या आवश्यकतेमागचे हे एक महत्त्वाचे कारण आहे.

आजूबाजूच्या इतर वनस्पतींच्या कीटकनाशक यंत्रणाही जाग्या केल्या जातात. या गुणधर्माचा वापर करून वनस्पतिजन्य रबराचे व डिकाचे उत्पादन वाढविण्यात शास्त्रज्ञांना यश लाभले आहे. ईथ्रेल नामक एका रसायनाचा हवेशी संपर्क झाला की त्यातून इथिलीन् हे वायुरूप संप्रेरक बाहेर पडते. इथिलीनच्यायोगे वनस्पतीच्या अनेक प्रतिकारक क्रियांना चालना मिळते. वनस्पतीच्या पृष्ठभागास जखम झाली की तिच्यातून चीक किंवा डिक पाझरू लागतो, याचा उल्लेख आधी आलेला आहेच. अशा वनस्पतीवर जर ईथ्रेलचा फवारा मारला, तर रबर किंवा डिक पाझरण्याचा वेग वाढतो.

वनस्पतींवर केवळ कीटकांचाच नाही तर विषाणु, जीवाणु व बुरश्या अशा सूक्ष्म परोपजीवींचाही हल्ला होतो, व याही हल्ल्याला तोंड देण्यासाठी वनस्पती मुख्यतः आपापल्या प्रजातीनुसार विशिष्ट रसायनांचाच वापर करतात. जंतूंच्या हल्ल्याला तोंड देण्यासाठी प्राण्यांच्या शरिरात प्रतिपिंडे नामक प्रथिने निर्माण केली जातात, पण ही प्रतिपिंडे प्रत्येक सूक्ष्म जंतूंच्या प्रजातीनुसार व प्रकारानुसार भिन्न भिन्न असतात व त्यांचा उपयोग केवळ त्याच एका विशिष्ट जंतूचा नाश करण्यासाठी होतो. याउलट वनस्पतींमधील संरक्षक पदार्थ जंतूंच्या जार्तीनुसार भिन्न भिन्न नसून संसर्ग कोणत्याही जंतूचा झाला तरी त्याचा प्रतिकार एकाच प्रकारच्या रसायनांद्वारा केला जातो. या

पदार्थांना शास्त्रीय परिभाषेत फायटोअॅलेक्झीन असे म्हणतात. ही संरक्षकद्रव्ये रासायनिकदृष्ट्या बरीच गुंतागुंतीची असल्याने त्यांच्या निर्मितीसाठी वनस्पतींना बरीच ऊर्जा खर्चावी लागते. त्यामुळे फायटोअॅलेक्झीन रसायनांची जेव्हा गरज पडेल तेव्हाच त्यांची निर्मिती केली जाते. ज्या रासायनिक संदेशवाहकाद्वारा फायटोअॅलेक्झीननिर्मितीला चालना मिळते त्या संदेशवाहकाला फायटोअॅलेक्झीन एलिसिटर (फा.ए.) असे म्हटले जाते. वनस्पतीवर प्रत्यक्ष रोग पडण्याआधीच जर तिच्यावर फा.ए. चा फवारा मारला, तर तिची नैसर्गिक प्रतिकारशक्ती जागृत होऊन ती वनस्पती पुढे येणाऱ्या रोगांना यशस्वीरीत्या तोंड देऊ शकते. त्यामुळे फा.ए. रसायने कोणती हे समजल्यास त्यांचा वापर करून पिकांचा रोगांपासून बचाव करणे व औषधांवरिल खर्च आणि पर्यावरणाचे प्रदूषण कमी करणे, असे विविध प्रकारचे फायदे संभवतात. १९८० च्या दशकात अमेरिकेतील संयुक्त संस्थानांमध्ये तंबाखूच्या मोझेक् विषाणूवर संशोधन करणाऱ्या संशोधकांना असे आढळले, की विषाणूची लागण झालेल्या वनस्पतींमध्ये विषाणुबाधेची दृश्य चिन्हे दिसू लागण्यापूर्वीच तिच्या पानांमधील सॅलिसिलिक आम्लाचे प्रमाण निरोगी पानांच्या पाचपट वाढते व अशा पानांमधील विषाणुनिरोधी प्रथिनांचे प्रमाणही वाढू

लागते. याच सुमारास स्वित्झर्लंडमधील एका कंपनीच्या संशोधकांनी असे दाखवून दिले की भोपळावर्गीय वनस्पतींमध्ये सॅलिसिलिक आम्लाच्या फवारणीने बुरशीविरोधक रसायनांच्या निर्मितीला चालना मिळते. सॅलिसिलिक आम्लाचा हा गुणधर्म कोणत्याही औषधालयात अॅस्परीन या नावाने मिळणाऱ्या अॅसेटिल सॅलिसिलिक आम्ल या रसायनातही आढळून आला आहे. त्यामुळे अॅस्परीनच्या गोळ्या पाण्यात विरघळवून त्या द्रावणाची पिकावर नियमित फवारणी केल्यास पिकावरील संभाव्य रोगाचा प्रादुर्भाव टाळता येतो.



याचा पडताळा तुम्हाला घरच्या घरी सुद्धा घेता येईल. दोन फुलदाण्यांमध्ये पाणी भरून त्यांपैकी एकात एक अॅस्परीनची गोळी विरघळवा. मग या दोन्ही फुलदाण्यांमध्ये कोणत्याही वनस्पतीच्या ताज्या कापलेल्या प्रत्येकी दहा दहा काड्या (पानांसकट) उभ्या करून ठेवा. रोजच्या रोज प्रत्येक फुलदाणीतल्या काड्यांचे निरीक्षण करून ज्याची पाने कोमेजली आहेत, अशा काड्या फुलदाणीतून काढून टाका, व जेवढे पाणी कमी झाले असेल तेवढे पुन्हा भरा. या प्रयोगात शेवटी असे आढळून येईल, की ज्या फुलदाणीच्या पाण्यात अॅस्परीन विरघळलेले होते, त्यातल्या काड्या अधिक काळ टवटवीत राहिल्या. याचे कारण असे, की काड्यांचा पाण्यात बुडलेला भाग बुरशी अगर जीवाणूंमुळे कुजतो व अशा प्रकारे कुजलेल्या काड्यांची पाने लवकर कोमेजतात. याउलट ज्या फुलदाणीच्या पाण्यात अॅस्परीन विरघळविलेले आहे त्या फुलदाणीतल्या काड्या अधिक दिवस निरोगी राहतात व निरोगी काड्यांद्वारा पाणी योग्य प्रकारे खेचले जात असल्याने त्या अधिक काळ टवटवीत राहतात.



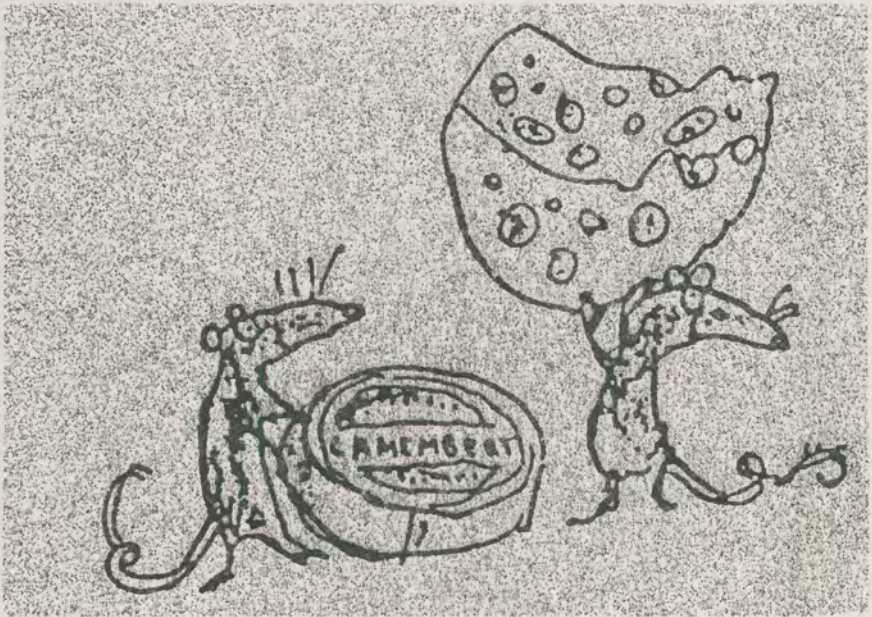
लेखक : आ. दि. कर्वे, ऑप्रोपिएट रूरल टेक्नॉलॉजी इन्स्टिट्यूटचे अध्यक्ष, प्रसिध्द शेतीतज्ञ व विज्ञान लेखक.

# मूषकमर्दन

प्रसिद्ध विज्ञानलेखक जे. बी. एस. हाल्डेन (१८९२ ते १९६४) हे आनुवंशशास्त्रज्ञ होते. उत्क्रांतीच्या आधुनिक सिध्दांतामागे त्यांचे महत्त्वपूर्ण योगदान आहे. साम्यवादी विचारसरणीचे ते समर्थक होते. आयुष्याचा अखेरचा काळ त्यांनी अहिंसेबद्दल लेखन करीत भारतात घालवला.

यांच्या या विज्ञानकथेचा हिंदी भावानुवाद श्री. अरविंद गुप्ता यांनी केला आणि तो शैक्षिक संदर्भच्या अकराव्या अंकात प्रसिद्ध झाला.

तो मराठीमध्ये आणला आहे अमिता नायगावकर यांनी.



खूप वर्षापूर्वीची गोष्ट आहे. इंग्लंडमध्ये स्मिथ नावाचा एक माणूस रहात होता. त्याचं भाजीचं दुकान होतं. स्मिथला चार मुलगे होते. सगळ्यात मोठ्या मुलाचं नाव होतं जॉर्ज. हे नाव अगदी सरळ सरळ राजाच्या नावावरून ठेवलं होतं. मोठा झाल्यावर जॉर्जच आपल्या वडिलांचं दुकान सांभाळेल हे अगदी निश्चित होतं, म्हणून शाळेमध्ये त्याने वनस्पतीशास्त्राचा प्रगत कोर्स केला. तिथे त्याने कोबीच्या वेगवेगळ्या एकशे सत्तावन जातींचा अभ्यास केला आणि पालकच्या निरनिराळ्या चव्चेचाळीस जातीबाबत माहिती मिळवली. जीवशास्त्राच्या कोर्समध्ये तो कोबीमध्ये राहणाऱ्या वेगवेगळ्या सत्याहतर अळ्या ओळखायला शिकला. त्याने कोबीवर वेगवेगळ्या देशी

कीटकनाशकांचा फवारा उडवला. या प्रयोगांचे निष्कर्ष अगदी आश्चर्यकारक निघाले.

साबणाचं मिश्रण शिंपडल्यावर कोबीमधून हिरव्या रंगाच्या अळ्या बाहेर पडल्या. तंबाखूचा रस शिंपडल्यावर रंगीबेरंगी अळ्या आणि मिठाचं द्रावण शिंपडल्यावर मोठ्या-मोठ्या भुऱ्या रंगाच्या अळ्या बाहेर

पडल्या. जेव्हा तो मोठा झाला तेव्हा त्याचं भाजीचं दुकान संपूर्ण लंडन शहरामध्ये प्रसिद्ध झालं. त्याच्या कोबीमध्ये कोणालाही कधीही अळी किंवा किडा सापडला नाही.

मात्र मिस्टर स्मिथचं हे केवळ एकच दुकान असल्यामुळे त्यांच्या इतर मुलांना दुसऱ्या धंद्यामध्ये आपलं नशीब आजमावायचं होतं. त्याच्या दुसऱ्या मुलाला लोक 'जिम' अशी हाक मारून बोलवायचं. त्याचं खरं नाव जेम्स होतं. तो इंग्रजीमध्ये हुशार होता. आणि त्याने शाळेमध्ये चांगले निबंध लिहून सर्व स्पर्धांमध्ये बक्षीसंही मिळविलेली होती. तो शाळेच्या फुटबॉल संघाचा कप्तान होता आणि नेहमी हाफ-बॅकच्या जागेवर खेळायचा. हातसफाई आणि जादूचे खेळ दाखविण्यात त्याचा हातखंडा होता.





शाळेमध्ये शिक्षक कित्येकदा त्याच्या करामतींचे शिकार बनले होते. एकदा त्याने फळ्यावर लिहिण्याच्या खडूमध्ये छेद घेऊन त्यामध्ये एक आगपेटीची काडी खुपसली. दुसऱ्या दिवशी शिक्षकांनी फळ्यावर खडूने लिहिताच ती पटकन जळू लागली. त्यानंतर पुढील पाच मिनिटे वर्गामध्ये काहीही अभ्यास होऊ शकला नाही. दुसऱ्या दिवशी त्याने सगळ्या शाईच्या दौर्तांमध्ये मेथिलेटिड स्पिरीट मिसळून टाकलं. त्याचा परिणाम असा झाला की शाई पेनाला चिकटण्याचीच बंद झाली. तेव्हा शिक्षकांना सगळ्या दौर्तांमधली शाई बदलावी लागली. त्यामध्ये जवळ जवळ अर्धा तास संपून गेला. त्यामुळे त्या दिवशी फ्रेंचच्या वर्गामध्ये काही विशेष अभ्यास होऊच शकला नाही. नाहीतरी जिमला फ्रेंचविषयी चीडच होती. पण तो

काही नेहमीच छोट्या-मोठ्या खोड्या करायचा असंही नाही. प्रयोगादाखल त्याने कधीही कुलूपाच्या भेगेमध्ये ओलं पीठ भरलं नाही. तसंच त्याने कधीही शिक्षकांच्या टेबलाच्या ड्रॉवरमध्ये मेलेले उंदीर लपविले नाहीत.

तिसऱ्या मुलाचं नाव चार्ल्स होतं. तो गणित आणि इतिहासाच्या अभ्यासामध्ये खूप तरबेज होता. तो आपल्या क्रिकेट टीममध्ये डाव्या हाताने खेळायचा. मात्र तो जर कोणत्या



एका विषयात अगदी पंडित होता विचाराल तर तो विषय होता रसायनशास्त्र. संपूर्ण शाळेमध्ये बहुतेक तो एकमेव असा मुलगा होता ज्याने कधी पॅरा-डिमिथाईल अमीनो बँजेलडीहाइड बनवलं असेल. हे रसायन



तयार करणं खूप कठीण आहे. तो अगदी कुजक्यात-कुजके असे दुर्गंध निर्माण करू शकत होता. कारण त्यामागची रासायनिक पद्धती तो जाणत होता. पण तो एक खूप चांगला मुलगा असल्याकारणाने त्यानं असं कधीच केलं नाही. जर त्याने असे दुर्गंधीयुक्त वास निर्माण केले असते तर कदाचित कोणी त्याला रसायनशास्त्र शिकू दिलं नसतं. पण तो आयुष्यभर केवळ रसायनशास्त्रच शिकू इच्छित होता.

चौथ्या मुलाचं नाव जॅक होतं. तो ना वाचन-लेखनात फारसा हुषार होता ना की एखाद्या खेळात खूप तरबेज होता. फुटबॉलची किकदेखील तो कधी सरळ मारू शकत नव्हता आणि क्रिकेटच्या मॅचमध्ये तर स्वारी एकदा फिल्डिंग करता करताच झोपून गेली होती. जर तो कोणत्या एका विषयात दादा होता तर तो होता “वायरलेस” (बिनतारी संदेश यंत्रणा.)

त्याने आपल्या घरातच एक वायरलेस सेट स्वतः बनवला होता. फक्त त्याचे वॉल्व तेवढे त्याने बाजारातून खरेदी केले होते. ही गोष्ट सुरू करण्याच्या वेळी तो वॉल्व बनवायला शिकत होता. त्याची एक वृद्ध आजी सुद्धा होती - मटिल्डा. ती अगदी म्हातारी होती. आजी हिंडू फिरू शकत नसल्यामुळे सतत पलंगावरच पडून राहिलेली असायची. जॅकने तिच्यासाठी ‘ईयर-फोन’ ची एक जोडी बनवून दिली होती ती कानाला लावून ती दिवसभर संगीत ऐकत राहायची. असं वाटायचं की जणू तिच्या जीवनात महाराणी व्हिक्टोरियाच्या वेळचं गतवैभव आता पुन्हा परत फिरून आलंय.

जॅक विजेची उपकरणे बनविण्यात एकदम दर्दी होता. त्याने आपल्या घरातील विजेच्या मीटरमध्ये एक नवे यंत्र फिट केलेले होते. त्यामुळे विजेचे पंखे चालू होत आणि बल्बदेखील पेटत असे पण मीटर पुढे जात नसे. आठवडाभर रीडिंग एकाच जागी थांबलेलं होतं. जेव्हा त्याच्या वडिलांना याबाबत समजलं तेव्हा ते खूप नाराज झाले आणि ते म्हणाले, “आपण असं वाईट काम करणं चांगलं नाही. ही तर चक्रे विजेची चोरी झाली.”

“माझ्या मते यामध्ये कोणतीही चोरी नाही.” जॅक उत्तरला. “वास्तविक वीज कंपनी म्हणजे कोणी व्यक्ती नाही आणि दुसरी गोष्ट अशी आहे की वीज आपल्या बल्ब वगैरेंमध्ये जाऊन पुन्हा मेन लाईनमध्ये परत

जाते आहे. आपण वीज आपल्याजवळ थोडीच ठेवत आहोत ? आपण तर फक्त काही क्षणांसाठी ती उधार घेत आहोत.” पण त्याच्या वडिलांनी जॅकला मीटरवर लावलेलं यंत्र काढून घेण्यास सांगितलं. कारण ते एक प्रामाणिक गृहस्थ होते. त्यांनी वीज कंपनीची सारी भरपाईदेखील भरून टाकली. मिस्टर स्मिथला एक मुलगी पण होती. खरं तिचं मूळ नाव लूसेल होतं. पण लोक तिला ‘पजी’ या नावाने हाक मारत. या गोष्टीत तिला काही महत्त्वाची भूमिका दिलेली नाही. त्यामुळे मी तिचा उल्लेख फक्त शेवटी करेन. लहानपणी तिचे दात बाहेर आलेले होते पण नंतर मात्र ते आपापल्या योग्य जागी पोहोचले.

त्यावेळी लंडन शहरातील बंदरामध्ये उंदरांनी सळो की पळो करू सोडले होते. ते मोठे क्रूर उंदीर होते. त्यांचे आजोबा-पणजोबा आले, रेशीम आणि तांदुळाच्या पोत्यांमध्ये लपून स्टीमरद्वारा हाँगकाँगहून आले होते. कारण इंग्लंडमध्ये पुरेशा प्रमाणात तांदूळ उत्पादन होत नाही. त्यामुळे तिथे खाण्याचा तमाम माल अन्य देशांकडून मागविला जातो. परदेशातून आलेले सारे खाद्यपदार्थ उंदीर लाटत असत. ते कॅनडाचे गहू आणि हॉलंडचे पनीर खायचे. ते न्यूझीलंडहून आलेलं मटन आणि अर्जेन्टिनाचं ताजं मांस खायचे. ते ईराणहून आलेले सुंदर गालिचे कुरतडून कुरतडून आपल्या बिळात घेऊन जायचे आणि तिथे ते आपला बिछाना बनवायचे. माल गट्टम

केल्यानंतर ते चीनमधून आलेल्या रेशमी रूमालांनी आपले हात-तोंड पुसायचे !

जी व्यक्ती लंडनच्या सर्व बंदरांची प्रमुख असते ती लंडन पोर्ट अथॉरिटी चेअरमन या नावाने ओळखली जाते. हां एक खूप मोठा हुद्दा आहे. चेअरमनच्या कार्यालयाची शान इंग्लंडच्या महाराणीचा महाल-बकिंगहम पॅलेसपेक्षा जराही कमी नव्हती. या उंदरांमुळे चेअरमन प्रचंड अस्वस्थ होते. लांबलांबच्या देशांहून आलेला सगळा माल बंदरांवर उतरत असे. जोपर्यंत हा माल ट्रक, ट्रेन आणि हातगाड्यांवर लादून पुढे जात नाही तोपर्यंत त्याची सगळी जबाबदारी चेअरमनची असे. त्यामुळे उंदीर जे काही खात असत त्याची सर्व नुकसानभरपाई चेअरमनलाच भरावी लागे. म्हणून त्याने इंग्लंडच्या सर्वांत प्रसिद्ध उंदीर पकडणाऱ्याला बोलावला. पण तोदेखील फक्त शंभर दोनशे उंदीर पकडू शकला. याचं कारण असं होतं की हे उंदीर अगदी चलाख होते. या उंदरांचा एक राजा होता, तो जमिनीच्या आत एका खोल बिळात रहात होता. इतर सर्व उंदीर त्याला खाण्यासाठी एकापेक्षा एक सरस अशी स्वादिष्ट पकाने आणत असत. त्याच्यासाठी स्वित्झर्लंडची क्रीम-चॉकलेट, फ्रान्सहून आलेले मांसाचे तुकडे आणि अलजियर्सहून आलेले पिकलेले खजूर आणले जात. सर्व उंदीर आपल्या राजाचा आदेश पाळत असत आणि त्याच्या सांगण्यानुसार काम करत असत. जर एखादा उंदीर कधी पिंजऱ्यात



किंवा उंदीरघरात पकडला गेला तर राजाचे खास दूत इतर उंदरांना धोक्याची पूर्वसूचना देत असत. राजाजवळ दहा हजार बहादूर आणि शूर उंदरांची एक फौज होती. ते सैन्य कोणत्याही जनावराशी टक्कर घेण्यास समर्थ होते. एक कुत्रा एक-दोन उंदरांना सहज मारू शकतो. पण जर त्याच्यावर एकदम शंभर उंदरांनी हल्ला केला तर तो कदाचित जेमतेम तीन-चार जणांनाच मारू शकेल आणि शेवटी स्वतःच हौतात्म्य पत्करेल. ज्या उंदरांचे सर्वात तीक्ष्ण दात होते त्यांना विशेष करून इंजिनियर बनवण्यासाठी प्रशिक्षण दिलं जायचं. हे उंदीर आपल्या धारदार दातांनी कोणतेही उंदीर घर किंवा पिंजऱ्याच्या तारा तोडून त्यातील उंदरांना मुक्त करायचे.

एका महिन्याचा अवधीत या उंदरांनी एकशे एक्याऐंशी मांजरं आणि एकोणचाळीस कुत्र्यांना यमसदनाला पाठवलं. खूपशी कुत्रीमाजरं इतकी जखमी झाली की लांबून जरी त्यांना उंदरांचा वास आला तरी ती भीतीने पलायन करत. त्यांनी सातशे बेचाळीस उंदरांना सहाशे अठरा उंदीरघरांतून मुक्त केलं. याचा परिणाम असा झाला की उंदीर

पकडणाऱ्यांनी उंदीर पकडण्याचा धंदाच सोडून दिला.

औषधे मिळतात त्या दुकानामधून वेगवेगळ्या प्रकारचे 'उंदीर नाशक विष' आणले गेले आणि ते खाद्य वस्तूमध्ये मिसळून बंदरांमध्ये पसरवलं गेलं. राजाने उंदरांना त्वरित आदेश दिला, "उंदरांनी फक्त साधी पोती, डबे किंवा ड्रममधून काढलेले पदार्थच खावेत." याचा परिणाम असा झाला की फक्त तेच उंदीर मेले ज्यांनी राजाचा आदेश मानला नाही. काही उंदरांनी तर या राजद्रोही उंदरांचा मृत्यू आनंदाने साजारा केला. कुत्री, मांजरं, पिंजरे, उंदीरघरं याप्रमाणेच विषदेखील उंदीर मारण्यामध्ये अयशस्वी ठरलं.

या सगळ्यामुळे चिंताग्रस्त होऊन लंडन पोर्ट अॅथॉरिटीच्या चेअरमनने एक मोठी बैठक बोलावली. त्यामध्ये सर्वांना विचारले, "या उंदरावर नियंत्रण आणण्यासाठी तुम्ही लोक काही उपाय सुचवा." व्हाइस-चेअरमनने यासाठी वर्तमानपत्रामध्ये एक जाहिरात देण्याचा उपाय सुचविला.

दुसऱ्या आठवड्यात सर्व वर्तमानपत्रांत ही जाहिरात छापून आली. जाहिरात पूर्ण पानभर



होती आणि अगदी मोठमोठ्या अक्षरांत छापलेली होती; या हेतूने की इंग्लंडमधील सर्व नागरिक ती वाचू शकतील. मिस्टर स्मिथच्या कुटुंबातील सर्व व्यक्तींनी ती उत्साहाने वाचली. मात्र आजीबाई मटिल्डा काही ती वाचू शकली नाही कारण ती सगळ्या बातम्या रेडिओवरूनच ऐकत असे.

या जाहिरातीपुढे वर्तमानपत्रातील इतर बातम्या अगदी क्षुल्लक वाटत होत्या. लंडन पोर्ट अथॉरिटीच्या चेअरमनने बंदरे उंदीरमुक्त करणाऱ्या व्यक्तीला एक लाख पौंडाचा पुरस्कार देण्याची घोषणा केली होती. त्याबरोबरच चेअरमनने आपल्या एकुलत्या एका मुलीचा विवाहही त्या व्यक्तीशी लावून देण्याचं आश्वासन दिलं होतं (जर ती व्यक्ती आधीच विवाहित असेल तर त्याला दुसऱ्यांदा लग्न करण्यास परवानगी मिळणार नाही. मात्र त्याच्या पत्नीला हिऱ्याची एक बांगडी भेट दिली जाईल.) जाहिरातीत एक लाख पौंडाचं एक चित्रं होतं आणि त्या सर्व कागदाच्या नोटा नव्हे तर सोन्याच्या मोहरा होत्या. बरोबरच चेअरमनच्या मुलीचा फोटोदेखील छापला होता. ती दिसायला खूप सुंदर होती. तिचे केस सोनेरी आणि कुरळे होते आणि डोळे निळे होते. ती व्हायोलिन वाजवायची आणि तिने जलतरण व स्केटिंगमध्ये खूप बक्षिसं मिळवली होती.

स्पर्धेमध्ये अडचणीची गोष्ट कोणती होती तर ती ही की यात स्पर्धेकाला उंदीर मारण्याचं सारं झंझट स्वतःलाच करावं लागणार होतं.

स्पर्धेत भाग घेणं ही या कारणामुळेच एक खर्चिक बाब बनली होती. तरी देखील शेकडो-हजारो लोकांनी त्यामध्ये आपलं भाग्य आजमावून पाहिलं. दुसऱ्या दिवशी पहाटे चेअरमनजवळ इतकी सारी पत्रे आली की ती घेऊन जाण्यासाठी तीन अतिरिक्त पोस्टमनची गरज भासली. चेअरमनला इतक्या लोकांनी फोन केले की शेवटी गरम झाल्यामुळे टेलिफोनच्या ताराच वितळून गेल्या. नंतरचे कित्येक दिवस लोक आपले नशीब आजमावत होते. केमिस्ट, जादूगार, शास्त्रज्ञ, प्राणीशास्त्रज्ञ, साधू बैराग्यांपासून वाघाची शिकार करणाऱ्या शिकान्यापर्यंत सर्वजण यात सामील झाले होते. पण कोणीही रथी-महारथी थोडेसे उंदीर मारण्याव्यतिरिक्त अधिक काही करू शकला नाही. या लोकांच्या हस्तक्षेपामुळे जहाजांमधून माल उतरवण्यात अडचणी येऊ लागल्या. या कारणामुळे खूप सारा मका लंडन सोडून इतर बंदरांद्वारा परदेशी पाठवावा लागला.

नशीब आजमावणाऱ्यांमध्ये जिम, चार्ल्स आणि जॅक स्मिथदेखील सामिल होते. जिमने अगदी साधारणसे दिसणारे उंदीरघर बनवण्याचा विचार केला. तो शाळेत जसा शिक्षकांना फसवायचा तसंच त्याने उंदरांनाही फसवायचा दृढ निश्चय केला. त्याला बंदराच्या आसपास काही टिनचे जुने डबे पसरलेले दिसले. या डब्यांपासूनच त्याने एक विशेष प्रकारचे उंदीरघर बनविले. डब्याच्या आतून येणारा सुगंध घेऊन उंदीर त्यावर

उड्याच मारतील, पण टिनच्या वरच्या भागात उंदीरघराचा दरवाजा असल्यामुळे त्यामधून उंदीर आत तर जाईल पण पुन्हा बाहेर येऊ शकणार नाही. जिम आपल्या सगळ्या रिकाम्या वेळात डब्याची उंदीरघरे बनवत राहिला त्यासाठी त्याने आपल्या वडिलांकडून दहा पौंडाचं कर्जदेखील घेतलं. टिनचे डबे बनविणाऱ्या एका बेरोजगार मिस्त्रीलादेखील त्यान उंदीरघर बनवण्याच्या कामासाठी मदतीला घेतलं.

सगळी मिळून त्यांनी एक हजार तीनशे चौऱ्याणव उंदीरघरं बनवली. त्यामधील सतरा घरांमध्ये काही दोष राहिल्यामुळे ती सोडून देण्यात आली.

जिमने आपली सगळी उंदीरघरं आपल्या वडिलांच्या भाजीच्या हातगाडीवर

लादली आणि तो व्हाइस-चेअरमनला भेटायला गेला. व्हाइस-चेअरमनच उंदीर निर्मूलन मोहिमेवर देखरेख करत होते. त्यांनी सांगितलं, “इतकीशी उंदीरघरं काही सगळ्या बंदरांना पुरणार नाहीत. त्यामुळे पहिल्यांदा आपण केवळ एकाच बंदरावर प्रयोग करून पाहू.” यासाठी ‘वेस्ट-इंडिया’ नावाचं बंदर निवडलं गेलं. तिथे जमैका आणि त्याच्या आसपासच्या द्वीपाकडून जहाजे येत असत. त्यातून साखर, रम, पाक आणि केळी येत असत. तिथले उंदीर खूप

चपळ, चलाख आणि अतिशय चतुर होते. पाकाचे ड्रम आणि चौकोनी डब्यांमधून आत-बाहेर करणं हा तर त्यांचा रोजचा खेळ होता. कधी कधी काही मंद बुद्धीचे आणि धीम्या गतीने चालणारे उंदीर पाकामध्ये अडकत आणि तिथेच मरत. उंच उडी मारणारे आणि चतुर उंदीर मात्र बरोबर वाचायचे. त्यामुळे इथले उंदीर उड्या मारण्यामध्ये वाकबगार होते.



जिमने निम्म्या उंदीरघरांत पनीर आणि इतरांमध्ये मांसाचे तुकडे ठेवले. पहिल्या रात्री नऊशे अठरा उंदीर पकडले गेले. त्यामुळे जिम एकदम खूष झाला आणि त्याला वाटलं की आता आपण नक्कीच बक्षीस जिंकणार. पण दुसऱ्या रात्री फक्त तीन उंदीर पकडले गेले आणि तिसऱ्या रात्री फक्त दोनच. राजा उंदराने सर्व उंदरांना टिनच्या डब्यांपासून सावध राहण्याचा इशारा दिलेला होता. त्यामुळे फक्त मूर्ख आणि अवज्ञा करणारे उंदीरच पकडले गेले. चौथ्या रात्री उंदीरघरं व्हिक्टोरिया

बंदरामध्ये आणण्यात आली. तिथेदेखील केवळ चारच उंदीर हाती आले. राजा उंदराची चेतावणी दूरदूरपर्यंत पसरलेली होती. जिम फार काही यशस्वी होऊ शकत नव्हता. मान खाली घालून तो घरी परतला. वेळ वाया घालवण्याबरोबरच त्याने आपल्या वडिलांचे दहा पौंडदेखील घालविले होते. शिवाय शाळेतली खोडकर मुलं जिमला 'टिनचा उंदीर' असं संबोधून चिडवू लागली, ते वेगळंच.

चार्ल्स स्मिथची योजना जरा वेगळीच होती. त्याने एक असं विष शोधून काढलं की ज्याला ना कोणता स्वाद होता ना कोणता गंध. मी तुम्हाला तयार करण्याची पद्धत काही सांगणार नाही. कारण न जाणो एखादा ही गोष्ट वाचून त्या विषाचा काही लोकांवर प्रयोग करून त्यांना जीवे मारेलही. चार्ल्सने हे विष खूप प्रमाणात बनवलं. त्याने अनेक रसायनं एकत्र करून एक असा पदार्थ बनवला ज्याला 'रॉकफोर्ट पनीर'चा सुगंध येत होता. सर्व लोकांना माहित आहे की रॉकफोर्ट पनीर हे फ्रान्सचं सर्वात प्रसिद्ध पनीर आहे.

या रासायनिक पदार्थाचं नाव मिथाईल हेप्टाडेसाइल कीटोन आहे. आणि त्याला अगदी पनीरसारखा वास येतो. काही लोकांना कदाचित हा वास नसेलही आवडत, पण उंदरांचं मात्र त्या वासावर खूप प्रेम आहे. चार्ल्सने आपल्या वडिलांकडून वीस पौंड उधार घेतले आणि स्वस्त व साधारण प्रतीचं खूप सारं पनीर विकत घेतलं. पहिल्यांदा त्याने

पनीर छोट्या छोट्या तुकड्यांमध्ये कापलं. मग ते तुकडे विषामध्ये बुडवले आणि त्यावर रॉकफोर्ट पनीरसारखा सुगंध शिंपडला. हे तुकडे दहा हजार पत्र्याच्या डब्यांमध्ये ठेवले गेले. त्याने विचार केला की जर तुकडे असेच उघड्यावर पसरवले, तर कदाचित उंदरांना त्याबाबत शंका येईल. पण विषारी पनीर डब्यामध्ये पॅक केलेलं असेल तर कोणता उंदीर शंका घेईल ? डबे पातळ पत्र्याचे बनवलेले होते की ज्यामुळे उंदीर सहज आत घुसू शकतील.

संपूर्ण दिवसभर दोन माणसं हातगाड्यावर ते डबे लादून-लादून बंदरांच्या कानाकोपऱ्यात टाकत राहिले. चार्ल्स त्यांच्या मागे मागे जायचा आणि त्या डब्यांवर पनीरच्या वासासारखा पदार्थ शिंपडत रहायचा. त्या दिवशी लंडनचा समस्त पूर्व भाग पनीरच्या वासाने सुगंधित झाला होता. सूर्यास्तानंतर उंदीर आपल्या बिळाबाहेर पडले आणि त्यांनी एकमेकांना सांगितलं, "हे तर जरा अजबच पनीर दिसतंय. याच्या एका छोट्याशा डब्याचा सुगंध एक पेटीभर साधारण पनीरवर मात करत आहे." उंदरांनी एकत्र येऊन भरपूर पनीर खाल्लं. ते थोडं पनीर राजा उंदराच्या भोजनासाठीदेखील घेऊन गेले. पण राजा उंदराचं नशीब बलवत्तर की त्यानं आधीच पोट भरून बदाम आणि अक्रोड खाल्लेले होते. त्याच्या पोटात अजिबात जागा नव्हती. विषाचा परिणाम व्हायला थोडा वेळ लागला आणि पहाटे तीन



वाजल्यापासून उंदीर मरण्याचा धडाका सुरू झाला, राजा उंदराला एकदम पनीरबाबत शंका आली. त्याने आपल्या दूतांद्वारा पनीर न खाण्याचा संदेश समस्त उंदीर जमातीत पसरवला.

एक उंदीर खूप जुलमी होता. आपल्या पोटच्या पोराना खाण्याच्या आरोपाखाली त्याला मृत्यूदंड ठोठावला होता. उंदीरराजाने त्याला थोडंसं पनीर खाण्याचा आदेश दिला. थोड्याच वेळात तो उंदीर मरून गेला. त्यामुळे पनीर विषारी आहे हे अगदी सिद्ध झालं. आता राजाने आणखी दूतांद्वारे आपला संदेश पाठवला. दुसऱ्या दिवशी पहाटे चार हजार पाचशे चौदा मेलेले उंदीर आढळले. सर्व उंदीर बिळांमध्येच मरून पडले होते. कित्येक उंदरांची तब्येत बिघडली होती. हे पाहून चेअरमन अगदी खूश झाला आणि त्याने चार्ल्सला आणखी पनीर खरेदी करण्यासाठी

पैसे दिले. परंतु दोन दिवसांनंतर आठ हजार डब्यांमधील केवळ दोन डबे उघडलेले आढळले. मामला उघड होता. माणसांच्या तुलनेत उंदीर अधिक चलाख निघाले होते. चार्ल्स खूप दुःखी झाला. तो जिंकणारच याची त्याला खात्री होती. या आशेमुळे त्याने लग्नाच्या अंगठीची ऑर्डरही दिली होती आणि चर्चच्या पाद्र्याला लग्न लावण्याचं पत्रदेखील लिहिलं होतं. त्याने सोनार आणि पाद्र्याला दुसऱ्यांदा पत्र लिहून कळवलं की त्याने आता विवाह करण्याचा निर्णय बदलला आहे. सगळ्यात वाईट म्हणजे पनीरचा वास त्याच्या कातडीला महिनाभर चिकटून राहिला. त्याला शाळेने परत घेण्यास नकार दिला आणि घरीदेखील त्याला कोळशाच्या कोठीमध्ये झोपावं लागलं.

शेवटी जॅकने आपली योजना बनवली. त्यामध्ये खर्च थोडा अधिक होता. त्याने

आपल्या वडिलांकडून तीस पौंडाचं कर्ज घेतलं. पण ते पुरेसं नव्हतं. त्याने काही वायरलेस सेट मला विकले आणि काही पैसा माझ्याकडूनही उधार घेतला. हळूहळू त्याची पैशाची गरज भागली. त्याने मोठ्या प्रमाणावर बारीक लोखंडाचा भुसा खरेदी केला व तो पीठ आणि साखरेत मिसळून त्याची बिस्कटे बनवली. बिस्कटं बंदरात सर्व जागी पसरवण्यात आली. सुरुवातीला उंदरांनी त्याकडे हुंकूनही पाहिलं नाही. मात्र नंतर जेव्हा त्यांना बिस्कटांमध्ये काहीच हानीकारक आढळलं नाही तेव्हा त्यांनी खूप बिस्कटं खाल्ली. या दरम्यात जॅकने सात महाकाय विद्युतचुंबकांचं एक यंत्र बनवलं. ते वेगवेगळ्या बंदरांमध्ये ठेवलं गेलं. प्रत्येक चुंबक एका खोल खड्ड्यात ठेवला गेला. त्यानंतर वीजेच्या तारा पसरवल्या गेल्या ज्यामुळे डिस्ट्रिक्ट रेल्वे आणि लंडन रेल्वेच्या वीजेच्या करंटमुळे चुंबक चालू करता येऊ शकतील, योगायोगाने रेल्वेचा इलेक्ट्रिकल इंजिनियर जॅकचा मित्र निघाला. दोघांनाही वायरलेसची खूप आवड होती. दोस्तीखातर जॅकला रेल्वेकडून वीज उधार घेण्यात काहीच अडचण आली नाही. उंदरांनी लोखंडाचा प्रचंड भुस्सा खाल्ल्यावरच चुंबकामधून वीज प्रवाहित केली गेली. त्याआधी लोखंड, स्टील आणि निकेलच्या सर्व वस्तू बांधून ठेवल्या. सर्व जहाजं लोखंडाची बनलेली असतात. त्यामुळे ती मोठ्या दारांनी कसून बांधली गेली. त्या रात्री बंदरावर ड्यूटीवर

असलेल्या सर्व कर्मचाऱ्यांना विशेष प्रकारच्या बिनखिळ्यांच्या चप्पल घालाव्या लागल्या. व्हाईस चेअरमनची गोष्ट वेगळी होती. तो ड्यूट होतो, त्यामुळे त्याच्या चप्पलला सोन्याचे खिळे लावलेले होते.

अर्ध्या रात्रीनंतर जवळजवळ दीड वाजण्याच्या सुमाराला लंडनच्या सर्व भुयारी रेल्वेची ड्यूटी संपली. तेव्हा विजेचा सगळा प्रवाह जो रेल्वेला ओढत होता तो प्रथम विद्युतचुंबकामध्ये प्रवाहित केला गेला. पहिल्यांदा तर काही खिळे आणि टीनचे डबेच त्याच्याकडे आकर्षित झाले. त्यानंतर काही उंदीरदेखील येऊन चिकटले. ज्या उंदरांची पोटं लोखंडाच्या भुश्यानी भरलेली होती ते उंदीर चुंबकाकडे खेचले गेले. आणि थोड्याच वेळात चुंबकवाला खड्डा उंदरांनी खचाखच भरून गेला. पहिला खड्डा भरून गेल्यानंतर दुसऱ्या चुंबकात वीज सोडली गेली. अशाच प्रकारे एकानंतर एक करून सर्व चुंबकात वीज सोडली गेली. पहिल्यांदा केवळ जे आपल्या बिळाच्या बाहेर होते तेच उंदीर चुंबकाच्या धक्क्यामध्ये आले. पण प्रत्येक चुंबकात थोड्या थोड्या वेळाने परत विद्युतधारा प्रवाहित केली गेली. आता उंदीर बिळाबाहेर पडू लागताच झटक्यात ते चुंबकांद्वारा पकडले जात. हळूहळू पुष्कळ सारे उंदीर पकडले गेले.

उंदरांच्या राजाला या गडबडीचा अंदाज आला. त्याला वाटलं की बहुतेक तो स्वतःच एका दाराजवळ ओढला जातोय. त्याने

आपल्या दूतांना परिस्थितीची पाहणी करण्यासाठी बाहेर धाडलं. पण ते दूत पुन्हा काही परत आले नाहीत. शेवटी खबरबात घेण्यासाठी तो स्वतःच बाहेर पडला, त्याला ताबडतोब एक चुंबकाने खेचून घेतलं. पहाट होताच सगळ्या खड्ड्यांमध्ये काठोकाठ पाणी भरलं गेलं. जेणेकरून सगळे उंदीर बुडून मरावेत. मेलेल्या उंदरांचं जेव्हा वजन केलं तर ते जवळ जवळ एकशेपन्नास टन इतकं भरलं. मृत उंदीर कोणी मोजले नाहीत; पण एका अंदाजानुसार जवळजवळ साडेसात लाख उंदीर हातात आले होते. -

‘उंदीर-पकडा’ अभियानाच्या दरम्यान काही दुर्घटनाही झाल्या. रात्रीच्या ड्यूटीवर आलेला एक चौकीदार बिनखिळ्याची चप्पल घालायला विसरला. त्यामुळे त्याचे पाय त्याला चुंबकाच्या दिशेने खेचत घेऊन

गेले. खड्ड्याजवळ येता येता काहीतरी कसंतरी करून त्याने आपली चप्पल काढून टाकली. तरीदेखील त्याच्या पायाच्या बोटाना दोन उंदीर लटकत राहिलेले होते. चुंबकाने उंदरांना इतक्या तातडीने खेचलं की चौकीदाराची बोटं तुटून उंदरांबरोबर चुंबकाला जाऊन चिकटली. तो चौकीदार आता छोट्या साईजची चप्पल घालतो. दुसऱ्या चौकीदाराचं दैव बहुतेक अनुकूल होतं. महायुद्धाच्या आधी तो बिलियर्डचा एक उत्तम खेळाडू होता. पण लढाईच्या दरम्यान त्याच्या डोक्यात काही लोखंडाचे छर्चे घुसले होते. खूप प्रयत्नांनंतर देखील कोणीही डॉक्टर ते छर्चे बाहेर काढू शकला नव्हता. त्यामुळे तो बिलियर्ड खेळण्यास असमर्थ ठरला होता. पण जॅकने चुंबकात वीज सोडताच चौकीदाराच्या डोक्यातून लोखंडाचे छर्चे बाहेर



पडले. छरें बाहेर पडल्यानंतर त्याचा मेंदू बिलियर्ड खेळण्यामध्ये पुन्हा काम करू लागला. तो चौकीदार आता बिलियर्डचा चॅम्पियन बनला आहे.

दुसऱ्या रात्री चुंबकांमध्ये पुन्हा वीज खेळवली गेली. या वेळी जवळजवळ शंभर टन उंदीर पकडले गेले. उंदरांचा राजा तर आधीच मारला गेलेला होता. त्यामुळे उंदरांना योग्य मार्गदर्शन करणारा कोणीही नेता उरलाच नव्हता. तिसऱ्या रात्री देखील खूप सारे उंदीर पकडले गेले. त्यानंतर जे काही उरले सुरले उंदीर होते ते भीतीने इकडेतिकडे पळून गेले. काही उंदरांनी लंडन शहरात पलायन केले आणि तिथल्या लोकांच्या नाकी नऊ आणले. पण बंदरामध्ये एकही उंदीर उरला नाही. अधिक प्रयत्नांमुळे चौथ्या रात्री एकही उंदीर हातात आला नाही. नंतरच्या काही दिवसांत कुत्रे आणि मांजरांच्या मदतीने उंदीर पकडण्याचे प्रयत्न केले गेले. मात्र एकही उंदीर सापडला नाही.

जॅक स्मिथला एक लाख पौंड मिळाले आणि चेअरमनच्या मुलीबरोबर त्याचं लग्न एका आलिशान जहाजावर झालं. तो चर्चमध्ये लग्न करू इच्छित नव्हता आणि रजिस्ट्रारच्या कार्यालयाची तर त्याला चीडच होती. त्याने एक मोठं जहाज भाड्याने घेतलं आणि किनाऱ्यापासून तीन किलोमीटर दूर गेल्यावर कप्नानाने त्यांचं लग्न लावलं. जर हे अंतर अडीच किलोमीटर असतं तर कप्तानाचं असं करणं बेकायदेशीर ठरलं असतं. त्यांना दोन

मुली आणि दोन मुलं झाली. जॅकला बी.बी.सी. मध्ये एक इंजिनियरची चांगली नोकरी मिळाली. त्याला वाटतं तर तो त्या एक लाख पौंडामध्ये आपलं सारं जीवनभर बसून खाऊ शकत होता. पण त्याला वायरलेसबद्दल इतकं प्रेम होतं की तो आयुष्यभर त्याच्याशीच खेळत राहू इच्छित होता.

जॅकच्या बहिणीने ड्यूकशी लग्न केलं. त्यामुळे ती डचेस बनली. तिच्या सँडेलला हिऱ्याची टाच आहे जी तिच्या नवऱ्याच्या चप्पलमध्ये लावलेल्या खिळ्यांसारखी आहे. जॅकने आपल्या दोन्ही भावांना - जिम आणि चार्ल्सला खूप धन दिलं जेणेकरून ते आपल्या आवडीप्रमाणे कारभार करू शकतील.

जिमने या पैशातून जादूची छडी आणि काळी टोपी खरेदी केली आणि पुढे तो एक प्रसिद्ध जादूगार बनला. चार्ल्स युनिव्हर्सिटीमध्ये रसायनशास्त्राचा प्राध्यापक बनला. मी देखील एक प्रोफेसर आहे आणि त्याला मी चांगला ओळखतो. त्यानंतर त्या सर्वांनी सुखाने आपलं आयुष्य व्यतीत केलं.



हिंदी अनुवाद - अरविन्द गुप्ता - नवी दिल्ली  
विज्ञान शिक्षणाच्या क्षेत्रात गेली अनेक वर्षे काम करतात. विज्ञानातील तत्त्वांवर आधारलेली खेळणी तयार करण्याबद्दल अनेक पुस्तके लिहिली आहेत. -  
मराठी अनुवाद - अमिता नायगांवकर,  
एस.वाय.बी.ए. वार्ड



## अंक १ ते ६ मध्ये काय वाचाल ?

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

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

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

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

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

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

शैक्षणिक संदर्भ अंक १ ते ६ एकत्रित संच उपलब्ध.

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

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

## सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✓ खूण करा.
अंक १ ते ६ एकत्रित संच (ऑगस्ट १९ ते जुलै २०००)	रु. १३०/-	
वार्षिक वर्गणी (ऑगस्ट २००० ते जुलै २००१)	रु. १००/-	
वार्षिक वर्गणी (ऑगस्ट २००१ ते जुलै २००२)	रु. १००/-	
एकूण	बँक ड्राफ्ट / चेक / मनी ऑर्डर	

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु. ....

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

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

नाव \_\_\_\_\_

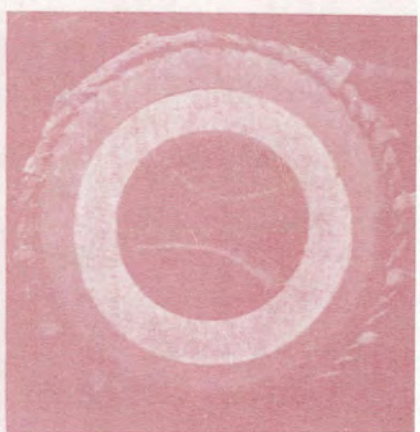
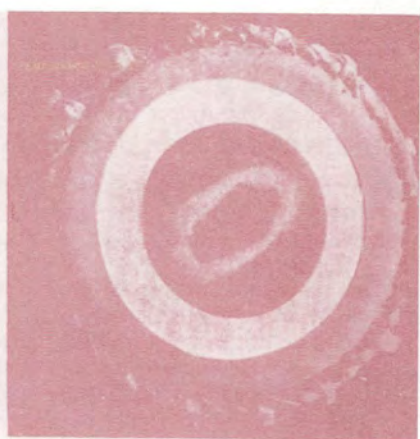
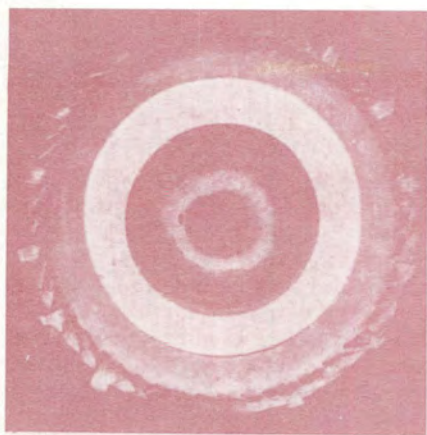
पत्ता \_\_\_\_\_

सही

तारीख

संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार,

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





जोटा राजकुमार असे प्रेम विधीस नागला होता की, ज्यांची उबावा देऊ शकत नव्हता.



एक अहमदनगर मंत्री गुरु सखावतने विचार करीत राहिले.



या सान्या प्रत्येक संसृष्ट समीपताच्या विषयास आहे.  
हे सारे प्रश्न विज्ञानातून निर्माण होत असतात.



एवंगतून अद्याप अथवा भक्तिने खरी उरविने, ही विज्ञानाची पद्धत आहे.

मालक, मुद्रक, प्रकाशक पलकनीनी परिवार कृष्टिा संपादक नीलिमा सहस्रबुद्धे यांनी संर्जव मुद्रणालय.  
सदाशिव पेठ, पुणे येथे छापून देऊन, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.