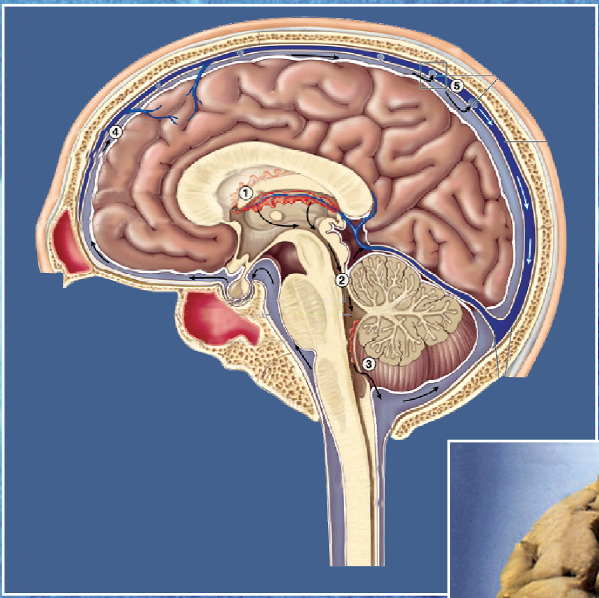
एप्रिल – मे ०६

शैक्षणिक संदर्भ

अंक ३९

शिक्षण आणि विज्ञान
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



शैक्षणिक

संदर्भ

अंक ३९

एप्रिल - मे ०६

संपादक :
नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी

विश्वस्त :
नागेश मोने, नीलिमा सहस्रबुद्धे,
प्रियदर्शिनी कर्वे, मीना कर्वे,
संजीवनी कुलकर्णी, विनय कुलकर्णी,
रामचंद्र हणबर, गिरीश गोखले.

साहाय्य :
ज्योती देशपांडे, यशश्री पुणेकर,

अक्षरजुळणी :
न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

मुखपृष्ठ मांडणी, छपाई :
ग्रीन ग्राफीक्स, रमाकांत धनोकर

वितरण व्यवस्था :
नीलिमा शिकारखाने, पुणे
राजेंद्र गाडगीळ, जळगाव

एकलव्य, होशंगाबाद आणि सर रतन टाटा ट्रस्ट यांच्या सहयोगाने हा अंक प्रकाशित केला जात आहे.

पालकनीती परिवारसाठी
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

पत्ता : संदर्भ, ९, वंदना अपार्टमेंट्स,
आयडियल कॉलनी, कोथरूड, पुणे ३८.
दूरध्वनी : २५४६१२६५
ई-मेल : pryd@indiatimes.com

ग्रीक संस्कृतीची सर्व छायाचित्रे
राम अनंत थत्ते यांच्याकडून साभार.

पोस्टेजसहित
वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-

अंकाची किंमत : रुपये २०/-

आपल्या शरीरातील सर्व अवयवांची कामे नीट चालावीत, भोवतालच्या परिस्थितीशी, माणसांशी जुळवून घेऊन व्यवहार नीट पार पडावेत यासाठी दिवस रात्र कोण काम करतं ? कसं करतं ?

आपल्या भावना, बुद्धी आणि स्मृती यावर कोणाचं नियंत्रण असतं ? हे सगळंच जाणून घेऊया – तुमचं आमचं खास या लेखात.

मुखपृष्ठावर – अगदी बाळपणातला मेंदू, मोठेपणातला मेंदू आणि पार्श्वभूमीवर हजारोपट मोठी केलेली कीटकाची चेतापेशी.

अनुक्रमणिका

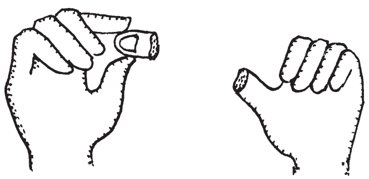
शैक्षणिक संदर्भ अंक - ३९

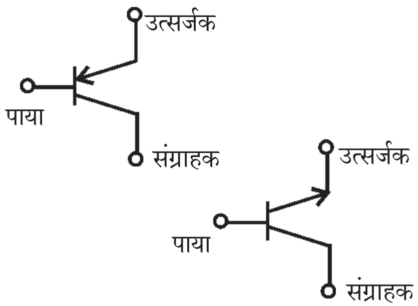
- वाढदिवसाचे अंतर्ज्ञान ५
- ऊतक अभियांत्रिकी ८
- हवा आणि हवामान १२
- जग इलेक्ट्रॉनिक्सचे १७
- ग्रीक संस्कृती २७
- देवराई : वनसंरक्षणाची परंपरा ३७
- शेणाचा उपयोग : इंधन की खत ? ४१
- करूया प्रयोग ४८
- तुमचं आमचं खास - मेंदू ५१
- रंगात रंगूया ५७
- मुक्तीची विज्ञानवाट ६३
- दुचाकीची कथा ६९
- तुझ्या जागी असतो तर ७६

हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

ऊतक अभियांत्रिकी ८

वनस्पतीमध्ये कलम करतात हे आपल्याला माहिती आहे. मानवी शरीरातही कृत्रिम अवयव बसवतात हे आपण ऐकलेलं असतं पण आपल्याच शरीरातील एका अवयवाचा उपयोग करून दुसऱ्या अवयवासाठी पेशींची वाढ करण्याचा प्रयोग म्हणजे विज्ञानाचे एक पुढचे पाऊल.





जग इलेक्ट्रॉनिक्सचे १७

आपल्या भोवती आता टी.व्ही. मोबाईलसारखी अनेक इलेक्ट्रॉनिक उपकरणं असतात. नुसती बटणं दाबून आपण ती सहज हाताळतो. या उपकरणांमध्ये वापरले जाणारे महत्त्वाचे, प्राथमिक स्वरूपाचे घटक म्हणजे द्विप्रस्थ आणि ट्रान्झिस्टर. या दोन्हींची कार्यपद्धती समजावून घेऊया.

ग्रीक संस्कृती २७

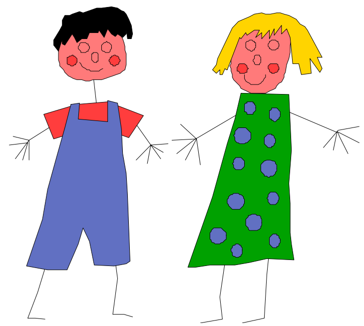
मायसेनियन संस्कृतीनंतर उदयाला आलेल्या ग्रीक संस्कृतीतून अनेक श्रेष्ठ विचारवंत तत्त्ववेत्ते आणि कलाकार निर्माण झाले. पंचमहाभूतांच्या रूपाची मानवी आकारात कल्पना करणाऱ्या ग्रीक लोकांना सौंदर्याची आवड होती. त्यामुळेच कलेचे वैभवशाली युग निर्माण झाले.

देवराई : वनसंरक्षणाची परंपरा ३७

भारतात वेगवेगळ्या राज्यात वेगवेगळे सण, उत्सव साजरे केले जातात. भाषा, वेशभूषा या सगळ्यातच प्रचंड विविधता आढळते पण देवाच्या नावाने जंगल राखून ठेवण्याची परंपरा मात्र सर्व देशभर महत्त्वाची मानली जाते. या समृद्ध परंपरेमुळेच वाळवंटातही जंगल निर्माण होऊ शकतं.

शेणाचा उपयोग : इंधन की खत ४१

वाया जाणाऱ्या गोष्टींचा उपयोग करणं हे केवळ काटकसर म्हणून नव्हे, तर पर्यावरण रक्षणाच्या दृष्टीने आवश्यक असतं. म्हणूनच शेणाचा उपयोग ही देखील महत्त्वाची गोष्ट. शेणाचा इंधन म्हणून उपयोग तर आपल्याकडे पिढ्यान्पिढ्या होत आला. गोबरगॅस सुद्धा आता नवा नाही. यापैकी कोणता उपयोग 'ऊर्जा कार्यक्षम' ? कशावरून ?

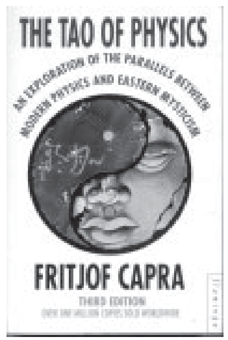


तुमचं आमचं खास – मेंदू ५१

मी प्रेमळ, मी रागीट, मी हुशार असं म्हणताना - मी म्हणजे कोण - असा प्रश्न येतो का तुमच्या मनात ? आपलं व्यक्तिमत्व म्हणजे काय ? पाहू या -

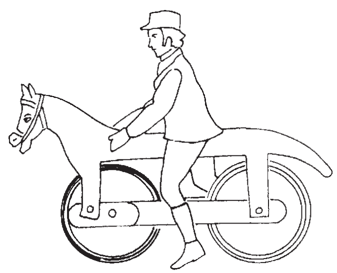
मुक्तीची विज्ञानवाट ६३

'दिसतं तसं नसतं म्हणून जग फसतं' ही म्हण आपण व्यवहारात वापरतो. त्याचा अनुभव आपल्याला पदार्थविज्ञानातही येतो. जे दिसतं त्यावरून तयार झालेले मूलभूत (?) नियम पुढच्या संशोधनातून वेगळे असल्याचं लक्षात येतं आणि संभ्रम वाढतो.



दुचाकीची कथा ६९

लहान मुलांच्या लाकडी घोड्यासारखंच मोठ्या माणसांसाठीही खेळणं तयार करावं अशी कल्पना कोणाला तरी सुचली. ते होतं १७९१ साल. पुढच्या शंभर वर्षात त्यात अनेक सुधारणा होत गेल्या. त्यानंतर आजपर्यंत आपण ते वाहन आनंदाने वापरत आहोत त्याची गोष्ट.



प्रतिसाद

मागच्या अंकातील निशाचर वनस्पती हा लेख वाचला. ब्रायोफिल्लम म्हणजे पानफुटीच्या बाबतीत रात्रभर पेशींच्या रिक्तिकेत मॅलिक आम्ल साठत राहतं. आणि त्या रात्री अन्न तयार करतात हे नव्याने कळलं.

मात्र एक गोष्ट नोंदवायला हवी. पूर्ण लेख वाचत असताना असे वाटते की जणू वनस्पती त्यांच्या अनुभवावर आधारित असे अनुकूलन आपणहूनच करून घेतात किंवा कोणीतरी जाणीवपूर्वक हे बदल घडवून आणते.

परंतु उत्क्रांतीच्या तत्त्वानुसार वस्तुस्थिती तशी नाही. निसर्गात विविध बदल हे सततच अनियंत्रितपणे घडत असतात. त्यातील ज्या बदलांमुळे नवीन परिस्थितीत जगणे शक्य होते, ते बदल रूजतात, पुढच्या पिढीत दिसून येतात. इतर जीव कालांतराने नष्ट होत जातात. आणि आपल्याला अनुकूलन झालेलेच जीव दृष्टीस पडतात.

डॉ. सुहास कोल्हेकर

चुकीची दुरुस्ती

गेल्या अंकातील पुस्तक परिचयात अवसादी खडक या लेखाचा अंश दिला होता. अनवधानाने लेखकाचे नाव द्यायचे राहिले होते. हा लेख डॉ. मकरंद काळे यांनी लिहिला आहे. तसेच सूरस्तंभ या चौकटीचे लेखक आहेत एस. परमेश्वरन्.

हो नवीन पुस्तकं वाचलीत का ?

विज्ञान म्हणजे प्रयोग,
पाठ केलेल्या सूत्रांपेक्षा, प्रयोग करणं,
खेळता खेळता, अनुभवणं - पाहणं -
समजावून घेणं हे अधिक महत्त्वाचं आहे.
साधे - सोपे स्वस्त साहित्य घेऊन खेळ, जादू,
प्रयोग करणं यात मुलांना धमाल येईल. त्यांना
प्रयोग करू द्या. अशा खेळांचं, प्रयोगांचं
संकलन असलेली संदर्भ पुस्तक मालिका
आपल्या मुलांना जरूर द्या.

सहा पुस्तिकांचा संच
सवलतीत रु. १००/-

वाढदिवसाचे अंतर्ज्ञान

लेखक : किरण बर्वे

भीमा काठी सहलीला गेलेले विद्यार्थी ११ वाजेपर्यंत अगदी थकून गेले होते. सकाळपासनं थंडीत चालून चालून दमले व भुकेजले होते. त्यातच जेवायला अजून बऱ्यापैकी वेळ असल्याचे कळले व सगळेच ढेपाळले. तेवढ्यात आभाने सर्वांना सांगितले की ''मी तुमच्यातल्या कोणाचाही जन्म दिवस म्हणजे ४ मार्च, २६ जुलै असा सांगू शकते.'' सगळ्यांनीच गिल्ला केला, ''माझा जन्मदिवस सांग, ए माझा वाढदिवस ओळख.''

आभा म्हणाली, ''मी सांगते त्याप्रमाणे करा, थोडीशी आकडेमोडही करावी लागेल. पण उत्तर मात्र बिनचूक सांगेन.

१. तुम्ही ज्या महिन्यात जन्मलात, त्या महिन्याच्या अंकाला ५ ने गुणा. उदा. जाने. १ : १ × ५, मे ५ : ५ × ५, मार्च ३ : ५ × ३ = १५ इ.

२. आलेल्या उत्तरात ६ मिळवा व अशा प्रकारे आलेल्या संख्येला ४ ने गुणा. उदा ४ मार्च (१५+६ = २१) × ४ = ८४

३. आता आलेल्या उत्तरात ९ मिळवा. (८४+९ = ९३) ९ मिळवून आलेल्या संख्येला (उत्तराला) ५ ने गुणा, ४६५. हा आकडा लक्षात ठेवा. हवे तर मांडून ठेवा.

४. आता ह्या उत्तरात, जन्म दिवसाची तारीख (२९ जुलैत २९, ४ मार्च मधे ४) मिळवा. ४६५ + ४ = ४६९. प्रत्येकाने वेगवेगळे अंक सांगितले.

वरूण ने ७८२ सांगितला. त्याला आभाने त्याचा वाढदिवस सांगितला १७ जून.

श्याम म्हणाला ७६६ आभा म्हणाली १ जून.

मुकुलने १२८० संख्या सांगितली तर आभा शांतपणे म्हणाली ''तुझ्या घरी वाढदिवसाची पार्टी - १५ नोव्हेंबरला.''

खुशाल चेंडू - अरूण ने सांगितली, ''१०९९.'' आभा म्हणाली तुझी आकडेमोड चुकली रे भाऊ,''

त्यावर अरूणने आपला वाढदिवस २५ सप्टेंबर सांगितला, मुले म्हणाली चला परवलीचा अंक काढू. सप्टेंबर म्हणजे नववा महिना म्हणून ९ × ५ करू.

१. ९ × ५ = ४५
२. ४५ मधे ६ मिळवू ५१
३. ५१ × ४ = २०४
४. २०४ + ९ = २१३,
२१३ × ५ = १०६५
५. १०६५ + जन्मतारीख
२५ = १०९०

सगळेच चकित होऊन राहिले. प्रत्येकाने दुसऱ्याला विचारले व परवलीचे पुष्कळ अंक काढले. आणि आभाला गळ घातली की कसे काढले ते सांग.

आभा म्हणाली -

दिलेल्या परवलीच्या संख्येतून १६५ वजा करा.

१०९० - १६५ = ९ २५

ह्या आलेल्या संख्येत एकांक व दशांशानंतर रेघ मारा/

९ / २५ वाढदिवस २५ सप्टेंबरला

१२८० - १६५ = १११५

११/१५ म्हणजेच १५ नोव्हेंबर.

४ मार्च चा परवलीचा अंक आला होता ४६९.

४६९ - १६५ = ३/०४ अर्थात ४ मार्च

समाधान पावतील तर ती मुलं कसली. ती म्हणाली आमची जन्माची तारीख, वाढदिवस सांगितला पण जन्मवर्ष ? ते येईल का सांगता ? आता वरूण पुढे आला व म्हणाला, ''हो का नाही ? थोडीशी आकडेमोड करायची तयारी आहे ना ?'' मुले उत्तरली, ''बेलाशक, बिनधास्त !''

वरूण म्हणाला,

''तुमचे आजचे वय घ्या. त्यात पुढल्या वर्षीचे वय मिळवा.

उदा. (४२ + ४३ = ८५)

बेरजेला ५ ने गुणा. आलेल्या उत्तरात तुमच्या जन्मवर्षातील एककाचा अंक (२००३-३, १९८७-७, १९६३-३) मिळवा.

(८५ × ५ = ४२५, ४२५ + ३ = ४२८)

आलेल्या उत्तरातून ५ वजा करा.

४२८-५ = ४२३. आलेल्या संख्येतले पहिले दोन आकडे म्हणजे वय व शेवटचा आकडा म्हणजे जन्मवर्षातील एकंस्थानचा अंक. म्हणून ४२/३ म्हणजे ४२ वय. आजचे साल माहिती असल्याने जन्मवर्ष १९६३

आचारी बुवा सर्वात वयस्कर. त्यांनी परवल सांगितला ६५०. वरूण ने सांगितले जन्मवर्ष १९४०, वय ६५.

६५ + ६६ = १३१
× ५ = ६५५
+ ० = ६५५
- ५
= ६५०

आलेल्या संख्येतले पहिले दोन आकडे म्हणजे वय व शेवटचा आकडा म्हणजे जन्मवर्षातील एकंस्थानचा अंक. सगळेच जण हा खेळ वेगवेगळे वाढदिवस व वये घेऊन खेळू लागली.

आता जेवण तयार झाले होते. छान जेवण रंगले. अप्रतिम निसर्ग सौंदर्याबरोबरच गणिताच्या जादूचाही आनंद मुलांनी उपभोगला होता. भुकेल्यापोटी गरम सुग्रास

श्रद्धांजली

'विज्ञानयुग' या मासिकाचे संपादक आणि अनिरुद्ध प्रकाशनचे श्री. गजानन क्षीरसागर यांचे फेब्रुवारी महिन्यात दु:खद निधन झाले.

१९६७ साली त्यांनी विज्ञानयुग मासिक चालू केले. २००० सालापर्यंत त्यांनी अत्यंत नियमितपणे, नेटाने हे मासिक चालविले.

१९९९ मध्ये संदर्भ द्वैमासिक चालू करण्याच्या आधी त्यासाठी लागणारी माहिती त्यांनी प्रकाशित केलेल्या 'प्रकाशन डायरी' मधून मिळाली. एवढेच नव्हे तर त्यासंबंधीची अधिक माहिती ते अत्यंत तत्परतेने व आस्थेने देत असत. नव्याने प्रकाशन करणाऱ्या 'संदर्भ'ला त्यांनी वितरणासंबंधी अनेक सूचना करून आधार दिला होता. संदर्भच्या प्रयत्नांचे कौतुक करणाऱ्या वडिलधाऱ्या आधाराची उणीव आता जाणवते.

अन्नाने शरीरे व मने निवली. इतक्यात सर उभे राहिले. ते म्हणाले आपण आताच दोन गणितातले खेळ बघितले. आणि आपण बघितलेल्या प्रत्येक वेळी सर्व उदाहरणांना आपल्याला बरोबर उत्तरे मिळाली. (सर्व मुलांनी गिल्ला केला होऽऽ हो !) आता माझा प्रश्न नीट ऐका व विचार करून उत्तर द्या. यापुढेही उत्तरे अशीच बरोबरच येतील याची गॅरंटी काय ? ''ओ सर, असं कधी असतंय का, इतक्यांदा बरोबर आलंय म्हणजे.''

''हे बघा, KBCमधे शेवटी हरण्यापूर्वी प्रत्येक फेरीत प्रत्येक स्पर्धक जिंकतच होता ना ?''

''पण तो मधेच हरला.''

''ते वेगळं. हे गणित आहे सर''

''म्हणूनच म्हणतोय गणित आहे तर सिद्ध करा. नाहीतर सिंहगड चढताना प्रत्येक पावलाला मी म्हणतो अजून थोडे वर जायचे आहे अजून थोडे वर जायचे पण हजारो पावले अशी चालून चालून एक शेवटचे पाऊल येतेच ना ? त्यानंतर वर जायला लागलो की एकदमच वर जाणे संभवते.''

''सर असे नाही, परवा सूर्य उगवला, आज उगवला उद्या ही उगवणारच आहे''

सर ''बेट ? सूर्य उगवेल. पण लक्षात घ्या. मी एक ना एक दिवस मरणारच आहे. (मेल्यानंतर अधिक विश्वासाने म्हणूयात)

त्या अगोदर काल, आज, उद्या, परवा, तेरवा... सर्व दिवस मी जिवंतच होतो मात्र 'त्या दिवशी' गचकणारच ना ? विचार करा. गणितातल्या कोणत्याही विधानाची सत्यता पडताळून बघण्याचा एकमेव मार्ग म्हणजे ते बरोबर आहे असे सिद्ध करणे वा ते चूक आहे असे सिद्ध करणे.

तेव्हा सहलीतल्या सर्वांनी ह्या दोन गणिती खेळांच्या सिद्धता मला नक्की पाठवायच्या आहेत.'' ■

लेखक : **किरण बर्वे** - गणित आणि शिक्षणात रस. आंतरराष्ट्रीय ऑलिम्पियाड आणि आयआयटी, जीईई ला शिकवतात.

ऊतक-अभियांत्रिकी

लेखक : पु.के. चितळे

पालीची शेपटी गळून पडली तर त्या जागी नवीन शेपटी येते. खेकडा, ऑक्टोपस अशा अनेक प्राण्यांमध्ये शरीरापासून तुटलेल्या एखाद्या अवयवाची पुनर्निर्मिती करण्याची क्षमता असते. मानवामध्ये अशी अवयव पुनर्निर्मिती करता आली तर....

जैवतंत्रज्ञान (Bio-technology) या नवीन विज्ञान शाखेची प्रगती आणि तिच्या उपयोगांचा आवाका विस्मयकारक वेगाने वाढत आहे. कदाचित या वेगाने इतर कुठल्याही विज्ञानशाखेची प्रगती होत नसावी. विज्ञानाच्या या शाखेत रोज अनेक लोकोपयोगी संशोधने आणि आविष्कार होत आहेत. जैवतंत्रज्ञानाचा सर्वाधिक उपयोग बहुतेक वैद्यकीय क्षेत्रात नवीन औषधी तयार करणे आणि नवीन उपचार पद्धतींचा विकास करण्यासाठी होतो.

कृत्रिम अवयव

यंत्रयुगाचा प्रारंभ झाल्यानंतर माणसाला अपघात होण्याचे प्रमाण बरेच वाढले आहे. पण त्यापूर्वी अपघात होत नसत असे नव्हे. माणूस वापरत असलेल्या विभिन्न यंत्रात अडकून त्याचे हात, पाय, बोटे यासारखे अवयव कापले गेल्याची उदाहरणे नेहमीच आढळतात. पूर्वीच्या काळात असा एखादा अवयव कापला गेला तर त्या माणसाचा फक्त जीव वाचविणे एवढेच शक्य असायचे आणि त्या माणसाला कापल्या गेलेल्या अवयवाशिवाय जन्म काढावा लागत असे. पुढे लाकूड, रबर, चामडी यासारख्या वस्तूंपासून बनविलेल्या कृत्रिम अवयवांचा वापर होऊ लागला. हे कृत्रिम अवयव सुरुवातीला फार ओबड-धोबड असायचे पण कालांतराने त्यांच्यात अनेक सुधारणा झाल्या. आजकाल कृत्रिम हात, पाय, बोटे वगैरे अवयव इतके नैसर्गिक दिसतात की ते कृत्रिम असल्याचे सहसा ओळखू येत नाही. फक्त त्यांची काहीच हालचाल होत नसल्याने ते कृत्रिम असल्याचे लक्षात येते. अगदी अलीकडच्या काळात तर काही कृत्रिम अवयवांची नैसर्गिक अवयवांप्रमाणे हालचाल करणेही शक्य

झाले आहे. यासाठी इलेक्ट्रॉनिक आणि संगणक यांच्याशी संबंधित ज्ञानाचा उपयोग करावा लागतो. पण ही उपकरणे फार महाग असल्याने त्यांचा फारसा वापर होत नाही. या क्षेत्रात रोज नवीन शोध होत आहेत.

अनेक प्राण्यांत शरीरापासून तुटलेल्या एखाद्या अवयवाची पुनर्निर्मिती करण्याची क्षमता असते. उदा. खेकडा, लॉबस्टर, ऑक्टोपस, स्टारफिश या सारख्या प्राण्यांचा एखादा पाय तुटला तर काही दिवसांनी त्याची पुनर्निर्मिती होते. पालीची शेपटी धडापासून अलग झाली तर तुटलेल्या शेपटीपासून धडाची निर्मिती होत नाही पण धडाला नवीन शेपटी येते. या प्रक्रियेला पुनरोत्पादन (regeneration) म्हणतात. खालच्या वर्गांच्या प्राण्यांत पुनरोत्पादन क्षमता मोठ्या प्रमाणात असते. पण माणसात ही क्षमता फक्त केस, हाता-पायाची नखे यासारख्या अवयवांपुरतीच मर्यादित असते. माणसाच्या तुटलेल्या अवयवांची पुनर्निर्मिती करता यावी यासाठी बऱ्याच वर्षांपासून शास्त्रज्ञ प्रयत्न करीत आहेत. या प्रयत्नात मिळालेले यश अगदी नगण्य आहे. तुटलेल्या अवयवाच्या जागी दुसऱ्या एखाद्या प्राण्याच्या किंवा मृत माणसाच्या शरीरातील अवयव काढून रुग्णाच्या शरीरावर कलम (graft) करण्याचे प्रयोग केले जात असत, असे अनेक उल्लेख सापडतात. या प्रयोगांच्या यशापयशाबद्दल फारशी माहिती उपलब्ध नसली तरी असे प्रयोग यशस्वी होण्याची शक्यता फार कमी आणि सीमित असावी. पण अगदी अलीकडच्या काळात घडलेली अशी अनेक उदाहरणे सांगता येतील. मात्र अशा प्रयोगांसाठी तुटलेला अवयव सुस्थितीत आणि त्वरित सापडणे आवश्यक आहे. अशा शस्त्रक्रिया फार अवघड असतात आणि त्यात शल्यचिकित्सकाचे प्रावीण्य पणाला लागते.

तुटलेल्या अवयवातील हाडांचे कलम समाधानकारक होण्याची शक्यता कमी असते. कारण अपघातात हाडांचे अनेक तुकडे होतात. त्यांच्या काही भागांचा तर भुगा झालेला असतो. अशा वेळेला त्या माणसाच्या शरीरातील दुसऱ्या एखाद्या भागातील हाडाचा काही भाग काढून तिथे कलम करावा लागतो. यामुळे तुटलेला अवयव पहिल्याप्रमाणे कार्यशील होणे अवघड असते. तुटलेल्या अवयवात हाडाची पुनर्निर्मिती होण्यास चालना देण्यासाठी त्या भागात काही विशेष प्रकारची प्रथिने आणि खनिजविरहित हाडांच्या भुकटीचा प्रयोग करण्यात येतो. या प्रयोगातून थोडे यश मिळाले असले तरी ते फारसे समाधानकारक नाही.

अवयवाचे कलम

ऊतक पुनर्निर्मितीच्या अशा प्रयोगांना ऊतक अभियांत्रिकी (Tissue-technology) असे नाव देता येईल. अवयवाचे कलम करताना काही वेळेला जिवंत पेशींचाही वापर करण्यात येतो. यासाठी कलम केल्या जाणाऱ्या अवयवाचा सांगाडा तयार करण्यात येतो. या सांगाड्याभोवतीच

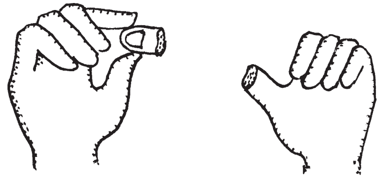
ऊतींची निर्मिती होते. या सांगाड्यात जिवंत पेशींची पेरणी करण्यात येते. या पेशींना खाद्यपदार्थांचा पुरवठा करण्याची व्यवस्था या सांगाड्यात केलेली असते. काही वेळेला सांगाड्यात जिवंत पेशींबरोबर काही निष्क्रिय पदार्थही ठेवण्यात येतात. यामुळे ऊतींच्या पुनर्निर्मितीला चालना मिळते व त्यांची वाढ वेगाने होते. अनेक प्रकारचे निष्क्रिय पदार्थ वापरून त्यांच्या परिणामांचा अभ्यास करण्यात आला आहे. ऊतक पुनर्निर्मितीच्या एका प्रयोगात निष्क्रिय पदार्थ म्हणून प्रवाळ (Coral) या समुद्री प्राण्यांच्या सांगाड्यातील कॅलशियमचा वापर करण्यात आला होता. या प्रयोगाचा सविस्तर उल्लेख महत्त्वाचा आहे.

यशस्वी प्रयोग

३६ वर्ष वयाच्या एका माणसाचा डाव्या हाताचा अंगठा यंत्रात अडकून त्याचे शेवटले पेर आतील हाडासकट निराळे झाले होते आणि तिथे फक्त थोडीशी कातडी उरली होती. अपघात झाल्यावर दोन तासांच्या आत त्याच्या कापलेल्या अंगठ्यावर शस्त्रक्रिया करण्यात आली. सर्व प्रथम त्याची जखम स्वच्छ आणि निर्जंतुक करून जखमी अंगठ्याचे टोक त्याच्या पोटाच्या कातडीशी जोडण्यात आले. पोटावरील कातडी कापून त्याचे आच्छादन अंगठ्याच्या तुटलेल्या पेरावर बसविण्यात आले. या कातडीचे एक टोक अजून पोटाला चिकटूनच ठेवण्यात आले होते.

पोटापासून अंगठा निराळा करण्याअगोदर अंगठ्याच्या जखमेवर तुटलेल्या हाडाची पुनर्निर्मिती होऊ शकते का याचा विचार करण्यात आला. त्यासाठी रुग्णाची लेखी परवानगी घेण्यात आली आणि उपचाराला सुरुवात झाली. अपघाताच्या १९व्या दिवशी अंगठा पोटापासून सुटा करण्यात आला. आतापावेतो अंगठ्याची जखम भरली होती आणि त्यावर पोटाच्या कातडीचे आवरणही व्यवस्थितपणे तयार झाले होते. त्याबरोबरच पोटावरच्या ज्या भागातून कातडी काढण्यात आली होती तिथली जखमही पूर्ण बरी झाली होती.

आपल्या शरीरातील हाडांवर एक पातळ, जिवंत आवरण असते. याला अस्थिआवरण (periosteum) म्हणतात. या आवरणात हाडांच्या ऊतींची निर्मिती करण्याची क्षमता असते. रुणाच्या डाव्या अंगठ्याच्या तिसऱ्या पेरात हाड नव्हते. याच्या पुनर्निर्मितीसाठी त्या जागी अस्थिआवरणाचा काही भाग कलम करणे आवश्यक होते. त्यासाठी रुग्णाच्या डाव्या हाताच्या बहि:प्रकोष्ठिका (radius) या हाडाच्या अस्थिआवरणातून एक चौरस सें.मी. या मापाचे आठ तुकडे कापून काढण्यात आले. यांना सुमारे नऊ आठवडे एका विशेष प्रकारच्या पोषक द्रावणात ठेवून निर्जंतुक अवस्थेत त्यांचे संवर्धन करण्यात आले. अस्थिआवरणाच्या या तुकड्यांपासून अस्थिऊतकाच्या नव्या पेशींची निर्मिती मोठ्या प्रमाणात होऊ लागली. अंगठ्याच्या तिसऱ्या पेरातील हाडाच्या पुनर्निर्मितीसाठी



या पेशींचा उपयोग केला जाणार होता. पण या हाडाची पुनर्निर्मिती व्यवस्थितपणे होण्यासाठी योग्य सांगाड्याची आवश्यकता होती. हा सांगाडा नैसर्गिक प्रवाळातील कॅलशियमपासून तयार करण्यात आला. सांगाड्याची लांबी उजव्या अंगठ्याच्या तिसऱ्या पेराच्या लांबी एवढी ठेवण्यात आली होती. आता अंगठ्यावर तयार झालेल्या नवीन आवरणाला अनेक उभे छेद देऊन त्यांच्याखाली अंगठ्याच्या टोकावर हा सांगाडा बसविण्यात आला आणि तिथे वर सांगितल्याप्रमाणे तयार केलेल्या सुमारे वीस दशलक्ष अस्थिपेशी पेरण्यात आल्या. या सर्वांवर अंगठ्याचे आवरण पुन्हा बसविण्यात आले. या प्रक्रिया करताना रुग्णाला भूल देण्यात आली होती.

शस्त्रक्रिया पूर्ण झाल्यावर अंगठ्याला स्प्लिंट (splint) बांधून वर पट्टी लावण्यात आली. सुमारे चार आठवड्यानंतर पट्टी सोडल्यावर अंगठा पूर्वीसारखा झाल्याचे आढळले. काही दिवसातच अंगठा पुन्हा पहिल्यासारखी कामे करण्यास सिद्ध झाला. अंगठ्याची वैद्यकीय तपासणी केल्यावर असे आढळून आले की अंगठ्यातील अस्थी, चेतातंतू, रक्तवाहिन्या, स्नायू आदि सर्व अवयवांची पहिल्या सारखीच वाढ झालेली दिसली. अंगठ्यावर कलम केलेल्या नवीन पेरात तीस टक्के भाग प्रवाळापासून, पाच टक्के हाडांपासून आणि उरलेला भाग रक्तवाहिन्या, चेतातंतू, स्नायू यासारख्या मृदू ऊतकांपासून बनलेला होता. रुग्णाच्या उजव्या आणि डाव्या अंगठ्याच्या एक्स-रे मध्येही फारसा फरक जाणवला नाही.

वैद्यकीय क्षेत्रात वर उल्लेख केलेली शस्त्रक्रिया फार महत्त्वपूर्ण ठरेल असे वाटते. योग्य निष्क्रिय पदार्थाचा सांगाडा वापरून शरीरापासून निराळ्या झालेल्या हाडांची पुनर्निर्मिती करता येऊ शकते हे वरील शस्त्रक्रियेमुळे सिद्ध झाले आहे. तज्ज्ञांचे असे मत आहे की तुटलेल्या भागासाठी हाडांची पुनर्निर्मिती करून त्यांना पहिल्यासारखे करणे शक्य आहे. त्यांच्या मते अशा शस्त्रक्रियेमुळे रुणाला होणारा त्रास व पीडा कमी करता येऊ शकते. या शस्त्रक्रियेमुळे कलम केलेले अवयव नैसर्गिक अवयवाएवढेच सुदृढ आणि कार्यक्षम होऊ शकतात. दुसऱ्या ठिकाणचे हाड काढून तुटलेल्या भागात बसविण्यापेक्षा अशाप्रकारे हाडाची पुनर्निर्मिती केली तर ते हाड सर्व दृष्टीने जास्त नैसर्गिक राहील. निकट भविष्यात तुटलेले अवयव दुरुस्त करण्यासाठी वर सांगितलेल्या ऊतक अभियांत्रिकीचा उपयोग मोठ्या प्रमाणात होऊ लागेल असे वाटते.

■

लेखक - **पु.के. चितळे** जीवशास्त्राचे निवृत्त प्राध्यापक. सातत्याने विज्ञानलेखन करतात. दोन पुस्तके प्रसिद्ध.

हवा आणि हवामान

लेखक : श्रीहरी दुःखीपती ● **अनुवाद :** गो.ल. लोंढे,

हवामानावर परिणाम करणाऱ्या निरनिराळ्या घटकांची माहिती आपण मागच्या लेखात घेतली. त्या घटकांपैकी काही घटकांचे मोजमाप कसे करतात हे आपण या लेखात पाहू.

हवामान दररोज सारखे बदलत असते हे खरे पण हवामानाच्या निरीक्षणाची गरजच काय ? त्याचे सर्व घटक संकलन करणे आणि माहिती लिहून ठेवणे कशासाठी आवश्यक असते? कारण त्या माहितीचा उपयोग करूनच पुढील (आगामी) हवामानाचा अंदाज करता येतो. तो शेती, विमानवाहतूक, जलप्रवास या कामांसाठी उपयोगी पडतो. तसेच प्रदूषणाने होणारे संभाव्य अनर्थ टाळण्यासाठीही हवामान अंदाजाचा उपयोग होतो. फार पूर्वीपासून यासाठी विविध उपकरणे वापरली जात आहेत.

इसवी सनाच्या चारशे वर्षापूर्वीपासूनच भारतात पावसाचे प्रमाण मोजले जाते असे म्हणतात. गुणात्मक शब्दातच पूर्वी हवामानाचा उल्लेख केला जात असे. उदाहरणार्थ मुसळधार पाऊस, झिमझिम पाऊस, ढगाळ आकाश, निरभ्र आकाश, कोरडी हवा, दमट हवा, वगैरे. सतराव्या शतकापर्यंत या गोष्टींकडे गंभीरपणे लक्ष दिले जात नव्हते. त्यानंतर खास उपकरणे अस्तित्वात आली, विकसित झाली व काटेकोर आणि संख्यात्मक मापन सुरू झाले.

पावसाचे प्रमाण कसे मोजतात हे आपण प्रथम पाहू. पाऊस किती झाला हे मोजण्यासाठी पर्जन्यमापक हे उपकरण वापरतात. एका मोजपात्राच्या वरच्या तोंडाशी त्याच आकाराचे एक काचेचे नरसाळे ठेवलेले असते. पावसाचे पाणी त्यामधून मोजपात्रात उतरते. ते किती आहे हे मोजपात्रातील पाण्याची पातळी पाहून लगेच समजते. नंतर ती माहिती ठिकठिकाणांकडून हवामानखात्याकडे पाठवली जाते. सर्व ठिकाणांहून आलेल्या माहितीवरून पावसाचे संख्यात्मक प्रमाण

काटेकोरपणे नोंदवले जाते. ती नोंद सांभाळून ठेवली जाते.

हवेचे तापमान

स्थायू, द्रवरूप, वायुरूप अशा एखाद्या अवस्थेतील पदार्थाचे तापमान बदलले तर त्या अनुसार त्या पदार्थाच्या आकारमानात त्या प्रमाणात बदल होतो. इथे दाब कायम राखणे व अवस्थाही कायम राखणे गृहीत आहे. या तत्त्वाचा फायदा घेऊन तापमापकाची रचना केलेली असते. अगदी अरुंद व्यासाच्या नळीच्या एका टोकाला अगदी लहान पण दणकट फुगा तयार केलेला असतो. त्या फुग्यात पारा/अल्कोहोल असते. तापमान वाढले तर फुग्यातील पारा /अल्कोहोल तापमान वाढीच्या प्रमाणात प्रसरण पावते व नळीत शिरते. मिळालेल्या उष्णतेच्या प्रमाणात तो नळीत पुढे सरकतो. तो किती पुढे सरकला आहे ते समजावे म्हणून नळीवर विशिष्ट तापमान दाखवणारे रेखांकन केलेले असते.

तापमापक

तपमान मोजण्यासाठी गरजेप्रमाणे निरनिराळ्या श्रेणी वापरतात. प्रथम श्रेणी ठरवतात. नंतर त्या श्रेणीचे एकक ठरवतात. नंतर त्या श्रेणीप्रमाणे तापमापकावर रेखांकन करतात. तपमान मोजण्यासाठी तीन श्रेणी आहेत.

१) सेल्सिअस

२) फॅरनहीट

३) केल्व्हिन.

भौगोलिक प्रदेश व गरज लक्षात घेऊन त्याप्रमाणे योग्य श्रेणी वापरली जाते. मनुष्य एखादे वेळी आजारी पडला - त्याला ताप आला, तर त्याचा ताप मोजण्यासाठी जो तापमापक वापरतात. तो तुम्ही पाहिला असेल. या ज्वरमापकात पारा का वापरलेला असतो, याचा तुम्हाला काही अंदाज करता येतो का ?

अंशात्मक तापमान समजण्यासाठी आजकाल विद्युतविरोधक तापमापकांचा वापर करतात. या तापमापकांमध्ये प्लॅटिनम किंवा निकेलसारख्या एखाद्या धातूची तार वापरलेली असते. तापमानातील बदलांप्रमाणे या धातूंचा विद्युतविरोध बदलतो. बदललेला विद्युतविरोध मोजून त्याचे योग्य त्या श्रेणीत संख्यात्मक रूपांतर करण्यासाठी एक वेगळे उपकरण विद्युतविरोधक तापमापकाला जोडलेले असते.

हवेचा दाब

एकक क्षेत्रफळावर पडलेल्या वजनाला दाब असे म्हणतात. म्हणजेच हवेच्या स्तंभाचे वजन मोजले की हवेचा दाब समजतो. मजेशीर गोष्ट अशी आहे की हवा ही पूर्वीपासूनच लोकांच्या अंगवळणी पडलेली आहे. हवा सर्वत्र आहे असे लोक समजत

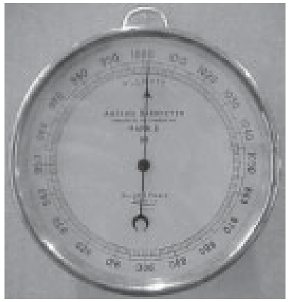
होते त्यामुळे 'हवा नाही' अशी कल्पनासुद्धा ते करू शकत नव्हते. हवा नसेल तर हवेचा दाबही नसेल. हवा नसणे म्हणजे 'निर्वात'.

सतराव्या शतकात बर्टी नावाच्या रोमन शास्त्रज्ञाने एक वायुभारमापक तयार केला. अनेक मजले उंचीइतकी भलीमोठी काचेची लांब नळी त्याने त्यासाठी वापरली होती. नळीचे वरचे टोक बंद केलेले होते आणि खालचे टोक उघडे ठेवून पाण्याने भरलेल्या बादलीत सोडले होते. नळीतील

आकाशातील पांढरे फुगे

उंच हवेत तरंगणारे पांढरे फुगे तुम्ही कधी पाहिलेत का ? ते फुगे कोणी सोडलेत आणि कशासाठी असा विचार तुमच्या मनात आला असेल. त्या फुग्यांना 'वेदर बलून्स' असे म्हणतात. यामध्ये विशिष्ट उपकरणे असतात. उंच वातावरणातील हवामानाची अत्यंत महत्त्वाची माहिती गोळा करण्यासाठी त्यांचा उपयोग होतो. हवामानाचा अचूक अंदाज करण्याकरिता ही माहिती असणे फार जरुरीचे असते. ठराविक ठिकाणच्या हवामान केंद्रातून हे फुगे दिवसातून दोनदा अवकाशात उंच सोडले जातात. तेथील तपमान, आर्द्रता, हवेचा दाब यांचे मोजमाप निरनिराळ्या उंचीवर केले जाते व ती माहिती रेडिओलहरीद्वारा केंद्राकडे प्रक्षेपित केली जाते. निरनिराळ्या उंचीवरील ठिकाणी असलेल्या वाऱ्याची गति व दिशा याबद्दलचे ज्ञान पूर्वी या फुग्यांचा माग काढून होत होते. सध्या मात्र यासाठी GPS तंत्र (Global Positioning Systems) वापरले जाते. हवामानाच्या अंदाजाचे अचूक भाकीत करण्यासाठी, उंच वातावरणातील हवामानाच्या नोंदी संकलित करणे जरुरीचे असते. त्यासाठी आता रिमोट सेन्सिंग तंत्र फार उपयुक्त ठरते. दूरवरून संदेश देणे, त्यानुसार आकाशातून छायाचित्रे काढणे याचा वापर आता हवामान अंदाजासाठी केला जातो. पृथ्वीवरून होणारे व वातावरणातून येणारे अशा विद्युतचुंबकीय प्रारणाचे सतत निरीक्षण व मोजमाप करून त्यावरून अंदाज करतात. त्यासाठी बहुधा उपग्रहाचा वापर केला जातो.

रिमोट सेन्सिंग म्हणजे आपण जसे दूरवरून पाहू शकतो किंवा वास घेऊ शकतो तसेच काहीसे. विद्युतचुंबकीय लहरींच्या पूर्ण वर्णपटामधील अगदी थोडासाच भाग आपल्या डोळ्यांना दिसू शकतो. (त्याला आपण दृश्य प्रकाश म्हणतो. अतिनील आणि अवरक्त किरणांच्या मधला भाग.) वासाच्या ज्ञानाचा मात्र या लहरींशी काही संबंध नाही.



हवेचा दाब मोजण्यासाठी वायुभारमापक

पाणी विशिष्ट पातळीपर्यंत खाली उतरत असे. त्यामुळे बादलीतील पाणी बाहेर सांडत असे व नळीच्या वरच्या बाजूला पोकळी निर्माण होत असे. त्या पोकळीला निर्वात पोकळी म्हणतात.

या प्रयोगात वातावरणाचा दाब कसा मोजत असत हे पाहण्यापूर्वी आपण असा विचार करू की नळीचे वरचे तोंड मोकळे ठेवले असते, तर काय झाले असते ? बादलीतील पाण्याची उंची (पातळी) आणि नळीतील पाण्याच्या स्तंभाची उंची (पातळी) सारखी होईपर्यंत नळीतील पाणी खाली बादलीत सांडत राहिले असते. कारण नळीतील पाण्याच्या पातळीवरील दाब आणि बादलीतील पाण्याच्या पातळीवरील दाब सारखाच असतो.

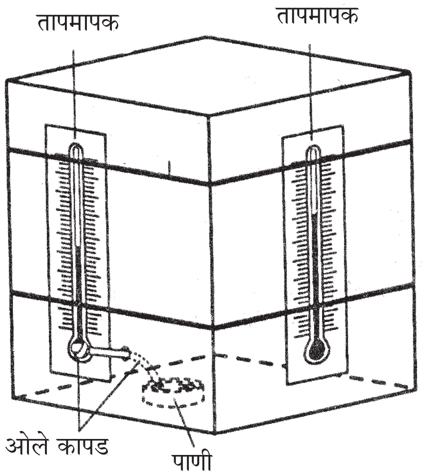
जेव्हा नळीचे वरचे तोंड बंद केलेले होते, तेव्हा नळीतील पाण्यावर हवेचा दाब नव्हता. त्यावेळी बादलीतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर हवेचा जितका दाब होता तितकाच दाब नळीतील पाण्याच्या स्तंभाचा होता. अशी स्थिती असेल तेव्हाच नळीतील पाण्याची पातळी स्थिर होते.

अशा रितीने नळीतील पाण्याच्या स्तंभाची उंची मोजून हवेचा दाब किती होता हे या प्रयोगाने समजले. या प्रयोगात नळीतील पाण्याची पातळी जवळजवळ ९ मीटर उंचीवर स्थिर झाली. प्रयोग म्हणून हे ठीक आहे. पण रोजच्या व्यवहारात हे बरेचसे अशक्य आहे. व्यवहारात जो वायुभारमापक वापरतात त्याच्या नळीत पारा वापरलेला असतो. याचे कारण काय बरे असावे ? तुम्ही काही अंदाज करू शकता का ?

पाऱ्याचा वायुभारमापक एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी नेणे तसे गैरसोयीचे असते म्हणून आजकाल निर्द्रव वायुभारमापक वापरतात. निर्द्रव वायुभारमापकात असलेल्या अति संवेदनशील भात्यांच्या आकुंचन प्रसरणावरून हवेचा दाब मोजता येतो.

तरीसुद्धा वातावरणाच्या दाबाचा संदर्भ पाऱ्याच्या वायुभारमापकातील पाऱ्याच्या स्तंभाच्या उंचीशीच जोडला जातो. हवामानशास्त्रज्ञ मात्र मिलीबार (हेक्टो पास्कल) या परिमाणाचा उपयोग करतात. वायुभारमापकातील पाऱ्याच्या स्तंभाची ०.७५ मि.मी. उंची = १०० पास्कल्स असे हे परिमाण आहे. या परिमाणाप्रमाणे समुद्रसपाटीला पाऱ्याची उंची जी ७६ सेंटीमीटर असते ती १०१२.२५ मिलीबार असते.

आर्द्रतामापक



आधुनिक आर्द्रतामापक

हवेची आर्द्रता

हवेची आर्द्रता मोजण्यासाठी आर्द्रतामापक वापरतात. ओला आणि कोरडा सायक्रोमीटर हा सर्वात चांगला आर्द्रतामापक आहे. हे उपकरण पाऱ्याच्या दोन तापमापकांनी बनलेले असते. त्यापैकी एका तापमापकाच्या पाऱ्याचा फुगा सतत ओला राहील अशी योजना केलेली असते, आणि दुसऱ्या तापमापकाचा पाऱ्याचा फुगा मात्र सतत कोरडाच असतो. पाण्याच्या संपर्कात असलेल्या तापमापकाच्या फुग्याजवळील पाण्याचे बाष्पीभवन (सतत) होत राहते व त्यामुळे तेथे गारवा उत्पन्न होतो व पारा खाली उतरतो. ते उतरलेले तापमान विचारात घेऊन हवेतील सापेक्ष आर्द्रता ठरविता येते.

आर्द्रतेचा विद्युतविरोधावर परिणाम होतो. त्याचा उपयोग काही आर्द्रतामापकांमध्ये करतात. त्यासाठी अर्धवाहक पदार्थाचे पातळ पत्रे वापरलेले असतात.

इतर उपकरणे

वायूची गती मोजण्यासाठी, कप ॲनिमोमीटर हे अगदी साधे उपकरण वापरतात. एका उभ्या स्तंभाच्या भोवती तीन कप फिरते ठेवलेले असतात. दर मिनीटाला त्या कपांच्या किती फेऱ्या होतात हे मोजले जाते. वाऱ्याची दिशा कळण्यासाठी क्वचित एखादेवेळी याला वातकुक्कुट जोडले जाते.

आकाश किती प्रमाणात मेघाच्छादित आहे, याच्या मोजमापावरून चालू हवामानाचा, आणि त्यात होणाऱ्या संभाव्य बदलांचा शोध घेता येतो. मेघाचे यथार्थ दर्शन होण्यासाठी हल्ली निफोस्कोप नावाचे उपकरण वापरतात. त्यामुळे ढगांच्या हालचालीची दिशा व गती या दोन्हींचे ज्ञान होते. आजकाल यासाठी उपग्रहाचा वापर होतो.

■

जंतरमंतर नोव्हें २००४ मधून साभार

लेखक - **श्रीहरी दु:खीपती**
अनुवाद : **गो.ल. लोंढे, निवृत्त प्राचार्य.**

जग इलेक्ट्रॉनिक्सचे

लेखांक-४

लेखक : राजश्री राजगोपाल, प्रियदर्शिनी कर्वे

सध्याचे जग हे इलेक्ट्रॉनिक्सचे आहे असं आपण म्हणतो. रोजच्या जीवनात टि.व्ही. ट्रान्झिस्टर, मोबाईल अशी अनेक इलेक्ट्रॉनिक्स उपकरणे आपण सहज हाताळतो. त्या मागचं तंत्रज्ञान समजून घेण्याचा प्रयत्न आपण या लेखमालेतून करत आहोत.

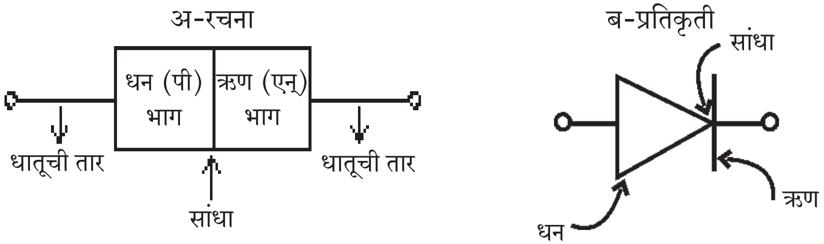
मागच्या भागात आपण अर्धवाहक पदार्थांच्या विचित्र गुणधर्मांची चर्चा केली. अर्धवाहक दोन प्रकारचे असतात - ऋण व धन. हे दोन प्रकारचे अर्धवाहक वापरून अनेक मूलभूत इलेक्ट्रॉनिक साधनं बनवता येतात. ही साधनं म्हणजेच इलेक्ट्रॉनिक्सचे सुटे भाग आहेत. दोन टोकांमध्ये विभवांतर दिल्यावर हा प्रत्येक भाग वेगवेगळ्या प्रकारे प्रतिक्रिया व्यक्त करतो! अशाच काही सुट्या भागांशी आपण या लेखात ओळख करून घेऊ या, आणि थोडंसं त्यांच्या इतिहासातही डोकावून पाहू या.

चालू द्विप्रस्थ, सायकल चालवणे आणि ट्रान्झिस्टर??

धन व ऋण प्रकारचे अर्धवाहक एकाला एक जोडले की पी-एन् 'सांधा' (जंक्शन) तयार होतो. हे अर्धवाहक उपकरणाचे सर्वात सोपे उदाहरण आहे. यालाच अर्धवाहक द्विप्रस्थ (semiconductor diode) म्हणतात. द्विप्रस्थाचे रेखाचित्र आकृती १ मध्ये दाखवले आहे. धन व ऋण प्रकारच्या अर्धवाहकांच्या जोडाला संधिस्थान किंवा जंक्शन म्हणतात. म्हणूनच बरेचदा अर्धवाहक द्विप्रस्थाला पी-एन् संधिस्थान द्विअग्र (p-n junction diode) असेही म्हणतात. संधिस्थानाच्या दोन बाजूला असलेले दोन प्रकारचे अर्धवाहक दोन परस्परविरोधी विद्युताग्रांचे काम करतात. त्यामुळे या द्विप्रस्थाच्या दोन टोकांमध्ये विभवांतर दिले असता तो कार्यरत होतो, व विद्युतवहन करतो. द्विप्रस्थाचे हे कार्य सायकल चालवण्यासारखे आहे. ते कसे काय? वाचा म्हणजे कळेल.

एखादे विद्युतीय उपकरण चालू आहे असे आपण म्हणतो, तेव्हा त्यातून विद्युतधारा

आकृती -१ : पी-एन् संधिस्थान द्विअग्र / द्विप्रस्थ



वाहत असते. त्याचप्रमाणे, द्विप्रस्थसुद्धा चालू असतो, तेव्हा त्यातून विद्युतवहन होते. यात एक महत्त्वाची गोष्ट अशी की, दोन टोकांमध्ये दिलेल्या विभवांतराची दिशा काय, यावर द्विप्रस्थ चालू होणार की नाही ते ठरते. जेव्हा बाहेरून लावलेल्या विद्युतघटाचे धन अग्र द्विप्रस्थाच्या धन बाजूला व ऋण अग्र ऋण बाजूला जोडले जाते, तेव्हाच दोन्ही अर्धवाहकांतील बहुसंख्य विद्युतभारवाहक (म्हणजे धन बाजूकडून वंचिका व ऋण बाजूकडून इलेक्ट्रॉन) सांधा ओलांडून प्रवाहित होतात आणि विद्युतवहन होते. याला द्विप्रस्थाची पुरोगामी अभिनती किंवा फॉरवर्ड बायसिंग म्हणतात. विद्युतघट जर द्विप्रस्थाला उलटा जोडला असेल - म्हणजे धन अग्र ऋण बाजूला व ऋण अग्र धन बाजूला - तर द्विप्रस्थातून विद्युतवहन होत नाही, तो बंदच रहातो. याला द्विप्रस्थाची प्रतिगामी अभिनती किंवा रिव्हर्स बायसिंग म्हणतात.

आता थोडा विचार केलात तर लक्षात येईल, की द्विप्रस्थाचा विजेच्या कळीसारखा उपयोग होऊ शकतो. त्याच्या दोन टोकांमध्ये दिलेल्या विभवांतराची दिशा बदलून आपण ही कळ चालू किंवा बंद करू शकतो. बऱ्याच इलेक्ट्रॉनिक साधनांमध्ये द्विप्रस्थाचे हेच काम असते. द्विप्रस्थातून केवळ एकाच दिशेने विद्युतप्रवाह वाहू शकतो - धन बाजूकडून ऋण बाजूकडे (विद्युतप्रवाहाची दिशा ही धन विद्युतभाराच्या प्रवाहाच्या दिशेत, आणि ऋण विद्युतभाराच्या प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेत असते, हे आपण मागे पाहिले आहेच.) आपण नेहमी वापरतो त्या हाताने दाबण्याच्या कळींपेक्षा हे कार्य वेगळे आहे.

समजा एखाद्या विद्युतमंडळात एक कळ आहे. ही कळ जेव्हा चालू असते, तेव्हा विद्युतमंडळात दोन्ही दिशांनी विद्युतधारा वाहू शकते. कळ बंद असताना, विद्युतमंडळ काम करू शकत नाही. याउलट कळीच्या जागी जर द्विप्रस्थ असेल तर त्याच्या धन बाजूकडून ऋण बाजूकडे विद्युतप्रवाह जात असेल, तर विद्युतमंडळ चालू राहील. याउलट दिशेने विद्युतप्रवाह पाठवण्याचा

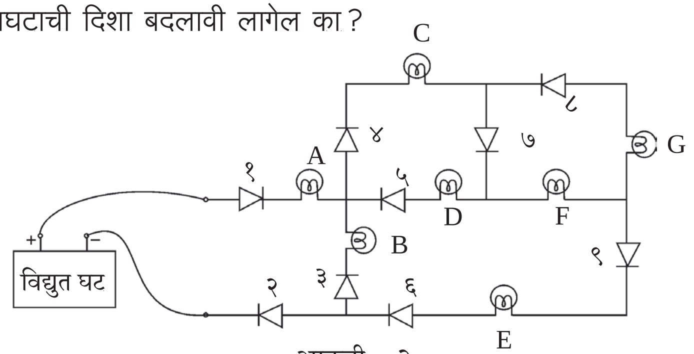
प्रयत्न केला, तर विद्युतमंडळाचे काम बंद पडेल, कारण द्विप्रस्थ असा प्रवाह वाहूच देणार नाही. हे सायकल चालवण्यासारखेच आहे. पेडल मारल्यावर सायकल पुढे जाते, पण पेडल उलटे मारले तरी ती उलटी जात नाही, तर थांबते (आणि तोल जाऊन पडते!). द्विप्रस्थाच्या या महत्त्वाच्या गुणधर्मामुळे त्याला एकदिष्ट द्विप्रस्थ (रेक्टिफायिंग डायोड) असेही म्हणतात.

एका विशिष्ट दिशेने दिलेले विभवांतर द्विप्रस्थाला चालू किंवा बंद ठेवण्यास कसे कारणीभूत ठरते? धन व ऋण अर्धवाहकांच्या सांध्याशी विद्युत-भारवाहकांवर विभवांतराचा जो परिणाम होतो, त्यामुळे हे घडते (आकृती ३ पहा). द्विप्रस्थ जेव्हा तयार केला जातो, तेव्हा दोन अर्धवाहकांच्या जोडाशी एक रिकामा प्रदेश (डिप्लिशन रिजन) तयार होतो. जेव्हा ऋण

हवे तेच दिवे पाजळा!

द्विप्रस्थाचे काम समजून घेत घेत थोडी मजाही करू या. खालील आकृती २ काळजीपूर्वक पहा. यामध्ये एक विद्युतमंडळ आहे. त्यात एक विद्युतघट, अनेक द्विप्रस्थ (१ ते ९) आणि विजेचे बल्ब (A to G) जोडलेले आहेत. प्रत्येक द्विप्रस्थाच्या चालू आणि बंद असण्यासाठीच्या विद्युतप्रवाहांच्या दिशा लक्षात घ्या, आणि सांगा – विद्युतमंडळातले कोणते दिवे पेटतील? (प्रत्येक चालू द्विप्रस्थ म्हणजे दाबलेली (चालू) साधी कळ आणि बंद द्विप्रस्थ म्हणजे विद्युतमंडळात खंड अशी आकृती काढलीत तर प्रश्नाचे उत्तर द्यायला सोपे जाईल!)

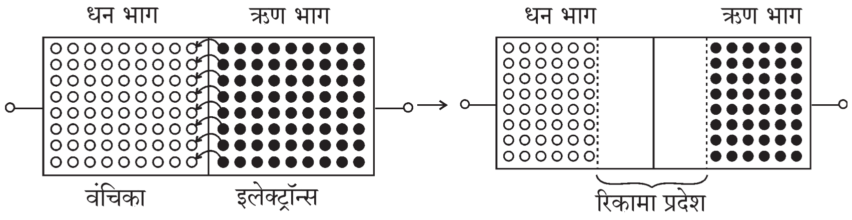
एकदा या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढलेत, की मग विचार करा – आपल्याला हवा तो दिवा पेटवायचा असेल, तर कोणत्या द्विप्रस्थांची दिशा बदलावी लागेल, किंवा विद्युतघटाची दिशा बदलावी लागेल का?



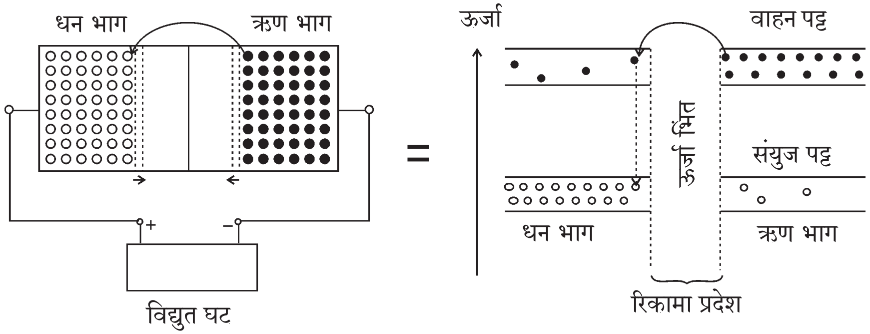
आकृती - २

आकृती - ३ : द्विप्रस्थातील कार्यपद्धती

अ - रिकामा प्रदेश निर्माण होताना



ब - द्विप्रस्थ फॉरवर्ड बायस केल्यावर विद्युतभारवाहकांची होणारी हालचाल



प्रकारचा अर्धवाहक धन प्रकारच्या अर्धवाहकाच्या संपर्कात येतो, तेव्हा ऋण बाजूकडील काही मुक्त इलेक्ट्रॉन सांधा ओलांडून धन बाजूला जातात. या बाजूला वंचिकांची संख्या जास्त असते. ऋण बाजूकडून आलेले मुक्त इलेक्ट्रॉन ताबडतोब धन बाजूकडच्या जोडाजवळच्या वंचिकांमध्ये उड्या मारतात. कालांतराने जोडाजवळ एक असा प्रदेश निर्माण होतो, ज्यात मुक्त इलेक्ट्रॉनही शिल्लक नसतात, आणि वंचिकाही. यालाच रिकामा प्रदेश म्हणतात. हा रिकामा प्रदेश जसजसा रुंदावत जातो, तसतसे इलेक्ट्रॉनना सांधा ओलांडणे अवघड होत जाते. शेवटी एका विशिष्ट स्थितीत इलेक्ट्रॉनचे हे सीमोल्लंघन थांबते. मधला रिकामा प्रदेश ऊर्जेच्या एका अदृश्य भिंतीप्रमाणे दोन्ही भागातल्या परस्परविरोधी भारवाहकांना एकमेकांपासून दूर ठेवतो. या स्थिर (स्टेबल) स्थितीत रिकाम्या प्रदेशाची रुंदी किती असणार, हे द्विप्रस्थातील दोन्ही प्रकारच्या अर्धवाहकांमध्ये किती प्रमाणात प्रलेपन (डोपिंग) केले आहेत, यावर अवलंबून असते.

द्विप्रस्थ फॉरवर्ड बायस केल्यास चालू

होतो, हे आपण पाहिले आहेच. म्हणजेच या स्थितीत त्यातून विद्युतवहन होते. हे कसे घडते? द्विप्रस्थ फॉरवर्ड बायस केल्यामुळे ऋण बाजूकडील मुक्त इलेक्ट्रॉन विद्युतघटाच्या धन अग्राकडे खेचले जातात. यामुळे मधल्या रिकाम्या प्रदेशाची ऊर्जा भिंत ओलांडण्यासाठी लागणारी ऊर्जा त्यांना प्राप्त होते. यामध्ये रिकाम्या प्रदेशाची रुंदीही कमी होते. इलेक्ट्रॉन सांधा ओलांडून धन बाजूला जातात. आधी म्हटल्याप्रमाणे धन बाजूला वंचिकांची संख्या जास्त असते. यामुळे धन बाजूकडून वहन पट्टात आलेले इलेक्ट्रॉन संयुजा पट्टातल्या वंचिकांमध्ये उड्या मारतात, आणि धन अग्राकडे वाटचाल करत राहतात. आपण मागे पाहिल्याप्रमाणे अर्धवाहकात इलेक्ट्रॉनची एका दिशेने जेव्हा वाटचाल होते तेव्हा वंचिका उलट्या दिशेने वाहत असतात. म्हणजेच द्विप्रस्थामध्ये जसे इलेक्ट्रॉन ऋण बाजूकडून विद्युतघटाच्या धनाग्राकडे प्रवास करतात, तशाच वंचिका धन बाजूकडून सांधा ओलांडून ऋणाग्राकडे प्रवास करतात.

द्विप्रस्थ रिव्हर्स बायस केल्यास ऋण बाजूकडील इलेक्ट्रॉन विद्युतघटाच्या धन अग्राकडे म्हणजे सांध्याच्या विरुद्ध दिशेला खेचले जातात. यामुळे रिकाम्या प्रदेशाची रुंदी वाढते. या स्थितीत विद्युतवहन होत नाही.

इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये वापरले जाणारे सर्वात प्राथमिक स्वरुपाचे साधने म्हणजे द्विप्रस्थ असले, तरी सर्वात महत्त्वाचा घटक आहे ट्रान्झिस्टर. आता जरा त्याची ओळख करून घेऊ या.

द्विप्रस्थाचा शोध कोणी लावला?

इलेक्ट्रॉनिक्सच्या कथेत अनेक रहस्यमय चढउतार आहेत. कित्येक शतकांची परंपरा असलेल्या इतर अनेक क्षेत्रांच्या तुलनेत इलेक्ट्रॉनिक्स हे नवं शास्त्र आहे. याचा जन्म दुसऱ्या जागतिक महायुद्धाच्या काळात झाला.

दुसऱ्या जागतिक महायुद्धाच्या काळात शत्रूची विमानं धुंडाळण्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या रडार तंत्रज्ञानावर युद्धात सहभागी असलेल्या अनेक देशांमध्ये जोरदार संशोधन चालू होतं. रडारच्या तंत्रज्ञानात एक महत्त्वाचा घटक होता द्विप्रस्थ. एकाच दिशेने विद्युतप्रवाह वाहू देणारे अर्धवाहक द्विप्रस्थ एकोणिसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धापासून माहीत होते. पण हे द्विप्रस्थ म्हणजे आपल्याला आज माहीत असलेले पी-एन् जंक्शन द्विप्रस्थ नव्हते. या द्विप्रस्थाच्या सांध्याच्या एका बाजूला शुद्ध अर्धवाहक स्फटिक तर दुसऱ्या बाजूला सुवाहक धातू होता.

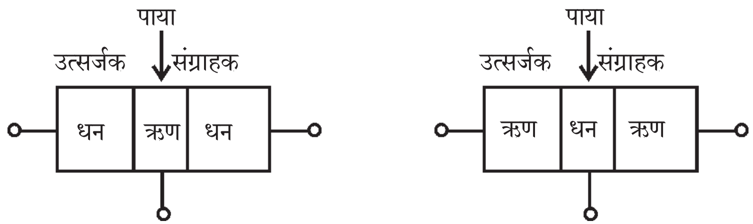
याचा शोध १८७४ साली ब्राउन या संशोधकानं लावला असं मानलं जातं. शुद्ध अर्धवाहक स्फटिक व धातूची तार यांचा जोड एकदिष्ट कळीचं काम करतो हे ब्राउन नावाच्या संशोधकाने प्रथम दाखवून दिलं. पण रेडिओ लहरी शोधण्यासाठी अशा द्विप्रस्थाचा प्रथम वापर करण्याचं श्रेय जगदीशचंद्र बोस यांना जातं. त्यांनी १९०१ साली 'लेड सल्फाइड (गॅलेना) स्फटिक डिटेक्टर' यासाठी पेटंट मिळावे म्हणून अर्ज केलेला होता. अशा प्रकारचे डिटेक्टर वापरणे हे अतिशय नाजूक आणि जिकीरीचे काम होते. स्फटिकावर धातूची तार ठेवण्यासाठी स्फटिकाच्या पृष्ठभागावर योग्य जागा शोधावी लागत असे. त्यामुळे अर्धवाहक स्फटिक व धातूच्या अनेक जोड्यांवर जगभरातील संशोधक काम करत राहिले. सर्वोत्तम डिटेक्टर शोधण्यासाठी जी. डब्ल्यू. पिकार्ड या संशोधकाने तब्बल ३१,००० जोड्या पडताळून पाहिल्या! तर असे द्विप्रस्थ रेडिओमध्ये वापरले जात होतेच, आणि त्यामुळे रडार तंत्रज्ञानातही त्यांचा वापर होऊ लागला. त्या वेळपर्यंत प्रलेपित अर्धवाहक व धातूची तार अशा जोड्या वापरण्यावरही संशोधन चालू झाले होते. १९४० साली अमेरिकेतील बेल प्रयोगशाळेत काम करणाऱ्या रसेल ओल या संशोधकाच्या हातून अपघाताने धन व ऋण प्रकारचे अर्धवाहक एका द्विप्रस्थाच्या अंतरंगात एकमेकांच्या संपर्कात आले. तयार झालेले हे उपकरण ओलने आपला सहकारी वॉल्टर ब्राटेन याला दाखवले. उपकरणाच्या अंतरंगात काय घडतं आहे, हे ब्राटेनच्या लक्षात आलं. ब्राटेनने पुढे १९४८ साली जॉन बारडीन व विल्यिम शॉकले या सहकाऱ्यांच्या मदतीने ट्रान्झिस्टरचाही शोध लावला.

पी–एन् जंक्शन द्विअग्राचा शोध लागण्यात पदार्थविज्ञानाचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरला हे इथे ध्यानात घेतले पाहिजे. अर्धवाहक–धातू द्विअग्रासाठी स्फटिकांचा अभ्यास आवश्यक होता. त्यातूनच १९२९ साली सर रूडॉल्फ पिअर्लस यांनी अर्धवाहकांच्या विद्युतवाहकतेचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी वंचिकांची संकल्पना मांडली. त्याच सुमारास सर ॲलन हेरीस विल्सन यांनी सुवाहक व अर्धवाहकांमधला फरक स्पष्ट करण्यासाठी ऊर्जा पट्टांच्या रचनांची संकल्पना मांडली. वंचिका आणि ऊर्जा पट्ट या दोन्ही संकल्पना एकत्र करून अर्धवाहकांचे संपूर्ण ऊर्जा पट्ट चित्र मांडण्याचे श्रेय वॉल्टर शॉट्स्की या जर्मन संशोधकाकडे जाते. धन व ऋण प्रकारचे अर्धवाहक पदार्थ तयार करण्यामध्ये या सर्व घडामोडींची महत्त्वाची भूमिका होती.

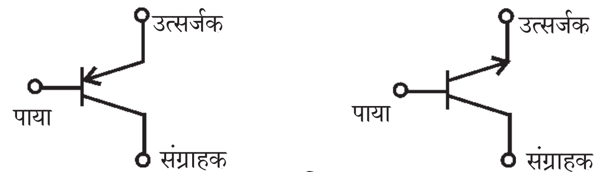
ट्रान्झिस्टर हा तीन भागांचा बनलेला असतो. हे भाग म्हणजे उत्सर्जक (एमिटर), पाया (बेस) व संग्राहक (कलेक्टर). आकृती ४ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे ही रचना ऋण-धन-ऋण अशी असू शकते किंवा धन-ऋण-धन अशी असू शकते. या प्रत्येक भागाची रूंदी आणि प्रलेपनाचे (डोपिंग) प्रमाण वेगवेगळे असते. मध्यभागाचा पाया हा भाग सर्वांत पातळ आणि सर्वात कमी प्रलेपन असलेला आहे. उत्सर्जकाचे प्रलेपन सर्वात जास्त असते, तर संग्राहक सर्वात जास्त रूंदी असलेला भाग असतो. या रचनेमुळे दोन पी-एन् सांधे तयार होतात - उत्सर्जक-पाया सांधा (एमिटर-बेस जंक्शन) आणि पाया-संग्राहक सांधा (बेस-कलेक्टर जंक्शन). तिन्ही भागांच्या प्रलेपनात फरक असल्याने या प्रत्येक जोडावरील स्थिर अवस्थेत रिकाम्या प्रदेशांची रुंदीही वेगवेगळी असते. ट्रान्झिस्टरचे तीन विद्युताग्र वापरून हे दोन पी-एन् सांधे वेगवेगळ्या प्रकारे अभिनत करता येतात, आणि विद्युतप्रवाह वेगवेगळ्या प्रकारे नियंत्रित करता येतो. ट्रान्झिस्टरचे कार्य समजून घेणे बरेच अवघड आहे, त्यामुळे आपण याच्या जास्त खोलात जाणार नाही आहोत. पण एक अभ्यास म्हणून ट्रान्झिस्टरमधील दोन पी-एन् सांध्याना फॉरवर्ड व रिव्हर्स बायस करण्याच्या वेगवेगळ्या शक्यता विचारात घेऊन कोणत्या स्थितीत विद्युतवहन कसे घडेल, याचा अंदाज बांधता येतो का हे पहा.

वेगवेगळ्या प्रकारे तीन अग्रांमधील विभवांतर नियंत्रित करून ट्रान्झिस्टरचे अनेक उपयोग करता येतात. ट्रान्झिस्टर वापरून विद्युतीय संदेशाचे वर्धन करता येते, विद्युत

आकृती - ४ ट्रान्झिस्टर



अ-रचना २ प्रकार



ब - प्रतिकृती

मंडळात दोन्ही दिशांना विद्युतधारा प्रवाहित करता येते, आणि एकदिष्ट कळीप्रमाणेही याचा वापर करता येतो. म्हणजेच ट्रान्झिस्टरच्या कार्याची ट्रकपासून सायकलपर्यंत कशाशीही तुलना करता येईल!

द्विप्रस्थ व ट्रान्झिस्टर आणि काही रोधक व धारित्र वापरून शेकडो विद्युत मंडळे बनवता येतात. इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये असणाऱ्या गुंतागुंतीच्या पीसीबीमध्ये इतर अनेक प्रकारचे सुटे भाग वापरलेले असतात. यातल्या काहींची आता आपण तोंडओळख करून घेऊ.

प्रकाशावर चालणारी साधनं

रिमोट कंट्रोलचे बटण दाबले की दिवा लुकलुकतो आणि टीव्हीचे चॅनल लगेच बदलते. बरीच आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे चालू केली की उजळून निघतात. मोबाईल फोन चालू केला की त्याचा पडदा प्रकाशमान होतो. रहदारीच्या दिव्यांमधल्या नवीन दिव्यांकडे जरा निरखून पहा. तुमच्या लक्षात येईल की त्यात शेकडो छोटे छोटे तुकडे एकाच वेळी एकाच रंगाने प्रकाशमान झालेले दिसतात. आपल्या आजुबाजूला अशी अनेक उदाहरणे दिसतात, ज्यात इलेक्ट्रॉनिक उपकरणामुळे प्रकाश निर्माण झालेला दिसतो. पीसीबीमध्ये हा प्रकाश कुठून येतो?

हा प्रकाश पीसीबीत वापरलेल्या काही विशेष इलेक्ट्रॉनिक साधनांमधून येतो. या साधनांना प्रकाशविद्युतीय (ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक) साधने म्हणतात. यामधील सर्वात परिचित साधन म्हणजे एलइडी (लाइट एमिटिंग डायोड) किंवा प्रकाश उत्सर्जक द्विप्रस्थ. नावाप्रमाणेच हा प्रकाश निर्माण करणारा द्विप्रस्थ असतो. वर दिलेल्या सर्व उदाहरणांमध्ये प्रकाश निर्माण करणारा घटक म्हणजे एलइडीच आहे. फॉरवर्ड बायस दिशेत विभवांतर लावल्यानंतर या द्विप्रस्थातून प्रकाश बाहेर पडतो. पण हे का घडतं?

द्विप्रस्थ फॉरवर्ड बायस केल्यावर त्यातून विद्युतवहन कसे होते, हे वर दिलेले आहेच. वर दिलेले वर्णन सोपे वाटत असले, तरी त्यात एक महत्त्वाचा मुद्दा आहे, त्याकडे आपण परत वळू या. इलेक्ट्रॉन वंचिकेमध्ये उडी मारतात, या प्रक्रियेला पुन:संयोजन (रिकॉम्बिनेशन) असे म्हणतात. या प्रक्रियेत इलेक्ट्रॉन वरच्या पातळीवर असलेल्या वहन ऊर्जा पट्टातून खालच्या पातळीवरच्या संयुजा ऊर्जा पट्टात उतरतात. हे समजून घेण्यासाठी पुन्हा एकदा आकृती ३ पहा. फॉरवर्ड बायस केल्यानंतर ऋण बाजूकडील इलेक्ट्रॉन जेव्हा धन बाजूकडे जातात, तेव्हा अर्थातच धन बाजूच्या वहन पट्टात इलेक्ट्रॉनची गर्दी होते. धन बाजूकडील संयुजा पट्टातील वंचिकांमध्ये

इलेक्ट्रॉनला हालचाल करायला थोडातरी वाव असतो, त्यामुळे काही इलेक्ट्रॉन संयुजा पट्टात उडी मारतात. या प्रक्रियेत ते आपली काही ऊर्जा गमावतात. ही ऊर्जा कोणत्या स्वरूपात बाहेर पडते? एलइडीमध्ये ही ऊर्जा प्रकाशाच्या स्वरूपात बाहेर पडते. म्हणजेच जेव्हा एलइडीच्या रचनेत इलेक्ट्रॉन व वंचिकांचे पुन:संयोजन होते तेव्हा प्रकाश बाहेर फेकला जातो. आपल्या नेहमीच्या द्विप्रस्थामध्येही अशीच ऊर्जा बाहेर फेकली जात असते, पण ती उष्णतेच्या स्वरूपात बाहेर पडते.

प्रकाश की उष्णता ?

एखादा द्विप्रस्थ प्रकाश बाहेर फेकणार की उष्णता हे कशावर ठरतं? एखाद्या इलेक्ट्रॉनिक साधनाचं वर्तन ठरवण्यात ते साधन ज्या पदार्थाचं बनलेलं आहे त्याचा किती मोठा वाटा असतो, हे आपण पाहिलं आहे. अर्धवाहक पदार्थांच्या ऊर्जा पट्टांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण रचनेवर इलेक्ट्रॉनिक साधनांचं कार्य अवलंबून आहे. आपण योग्य ती ऊर्जा पट्टांची रचना असलेले अर्धवाहक वापरून साधनात आपल्याला हवी तितकी विद्युतवाहकता आणू शकतो. साधनातून उष्णता बाहेर पडणार की प्रकाश हेही याच ऊर्जा पट्टांच्या रचनेवरून ठरते. वेगवेगळ्या रंगाचे प्रकाश बाहेर फेकणाऱ्या द्विप्रस्थांमधील फरक म्हणजे ते द्विप्रस्थ बनवण्यासाठी वापरलेले अर्धवाहक पदार्थ किंवा त्यात वापरलेले प्रलेपक वेगवेगळे असतात. यामुळे संयुजा पट्ट व वहन पट्ट यांच्या ऊर्जा पातळ्यांमधील फरक बदलतो. इलेक्ट्रॉन जेव्हा संयुजा पट्टातून वहन पट्टात उडी मारतो, तेव्हा दोन पट्टांतल्या ऊर्जाफरकाइतकी ऊर्जा बाहेर फेकली जाते.

अजूनही निळा, केशरी आणि इतर काही रंग बाहेर फेकण्याइतकी क्षमता नेहमी आढळणाऱ्या अर्धवाहकांमध्ये दिसून आलेली नाही. अशी क्षमता असलेले नवे अर्धवाहक पदार्थ तयार करण्यासाठी जगभरात वैज्ञानिकांची धडपड चालू आहे. यातून एलइडीचे आणखी काही अनोखे प्रकार आणि उपयोग पुढे येतील. आत्ताही उपलब्ध असलेल्या एलइडीचे अनेक नवेनवे उपयोग सतत शोधले जात आहेत. नव्या जमान्यातल्या काही मोटारींचे दिवेसुद्धा साध्या बल्बचे नाही तर अनेक छोट्या छोट्या एलइडीचे बनवले जाऊ लागले आहेत. घरातले दिवेसुद्धा एलइडीपासून बनवण्याचे काही कंपन्यांचे प्रयत्न चालू आहेत. याचे कारण म्हणजे, आपला साधा बल्ब आतली तार जळून बंद पडू शकतो. पण एलइडी मात्र असे सहजासहजी बंद पडत नाहीत.

ज्याप्रमाणे प्रकाश बाहेर फेकणारी प्रकाशविद्युतीय साधनं असतात, तशीच

प्रकाश ओळखू शकणारीही साधनं असतात. अशी उपकरणं सौर ऊर्जा किंवा प्रकाशावर चालणाऱ्या कॅल्क्युलेटर्स आणि मनगटी घड्याळांत वापरली जातात. यांचं काम एलईडीच्या उलटं चालतं - म्हणजे यात प्रकाश ऊर्जा शोषली जाते आणि ती वापरून इलेक्ट्रॉन संयुजा पट्टातून वहन पट्टात जातात, आणि त्यामुळे द्विप्रस्थाच्या दोन बाजूंमध्ये विभवांतर निर्माण होते. याला प्रकाशीय द्विप्रस्थ (फोटोडायोड) म्हणतात.

तुमच्यासाठी एक स्वाध्याय

एलईडी आणि फोटोडायोड यांचे काय काय उपयोग होऊ शकतात याचा विचार करा. उदा. शाळेच्या इलेक्ट्रॉनिक घंटेत, किंवा प्रयोगशाळेत, किंवा तुमच्या घरात? आणि आता तुम्हाला एलईडी व फोटोडायोडबद्दल माहित झालं आहे, तर रिमोट कंट्रोलचं बटण दाबल्यावर टीव्हीचं चॅनल कसं बदलत असेल, याचा अंदाज बांधू शकाल?

आणखी कितीतरी सुटे भाग...

अर्धवाहक साधनांचे आपण दोन-तीन प्रकार या लेखात पाहिले. प्रत्यक्षात अशी अक्षरश: शेकडो साधनं आहेत. द्विप्रस्थांमध्येसुद्धा अनेक विविध प्रकार आहेत. धन व ऋण प्रकारच्या अर्धवाहकांचे दोन, तीन किंवा जास्त भाग एकाला एक जोडून अनेक प्रकारची साधनं बनवता येतात. ट्रान्झिस्टरमध्ये तीन भाग असतात, हे आपण पाहिलंच. थायरिस्टर नावाचं एक साधन चार भागांचं बनलेलं असतं. कसं असेल हे साधन? त्याचं कार्य कसं चालत असेल? पहा, काही अंदाज बांधता येतो का! अर्धवाहक साधनांचं कार्य समजावून घेण्यासाठी पदार्थांच्या भौतिकशास्त्राचा अभ्यास कसा उपयोगी ठरतो, हेही आत्तापर्यंतच्या लेखांतून तुमच्या लक्षात आले असेल. इलेक्ट्रॉनिक्समधला कोणताही महत्त्वाचा शोध, नवी घडामोड, विज्ञानाच्या भक्कम पायाशिवाय घडूच शकत नाही.

अशी अनेकानेक साधनं वापरून इलेक्ट्रॉनिक उपकरणं कशी तयार करतात? सुरुवात कुठून करायची? वाटतं तितकं हे अवघड नाही. पण त्यापूर्वी या साधनांच्या वागणुकीचा आणखी एक बारकावा आपल्याला माहित असायला हवा. इलेक्ट्रॉनिक साधनांमध्ये दोन प्रकार आहेत - ॲनालॉग व डिजिटल. एखादं साधन विद्युतीय संदेश कशा प्रकारे वापरतं, यावरून हे प्रकार ठरतात. याची चर्चा करूया, पुढील लेखात. ■

लेखक : **राजश्री राजगोपाल** बी.ई. इलेक्ट्रॉनिक्स अँड टेलिकम्युनिकेशन्स
प्रियदर्शिनी कर्वे श्रीमती काशिबाई नवले कॉलेज ऑफ इंजिनियरिंगमध्ये प्राध्यापक.

ग्रीक संस्कृती

लेखक : राम अनंत थत्ते

ग्रीस अथवा हेलास हा बाल्कन मधील छोटासा प्रदेश. जास्तीत जास्त लांबी २५० मैल व रुंदी १८० मैल अशी आहे. समुद्रात घुसलेला हा प्रदेश तिन्ही बाजूंनी समुद्र व उत्तरेच्या बाजूला डोंगराळ प्रदेश असलेला भूभाग. कोणत्याही ठिकाणापासून समुद्र एकदम जवळ. त्यामुळे तेथील लोक दर्यावर्दी झाले नाहीत तरच नवल.

ग्रीसच्या भूभागात निरनिराळ्या प्रकारचे नैसर्गिक खडक आहेत त्यात ग्रानाईट, सरपनटाइन, पॉरफीरी आणि जवळजवळ सर्वच ठिकाणी करड्या रंगाचा चुनखडीचा दगड आहे. तसेच संगमरवराचे विपुल साठे सर्वच ठिकाणी आहेत. त्यात शुभ्र संगमरवर, निळा हिमेट्टीस, हिरवा आणि लाल रंगाचा पेलोपोनेसस भरपूर प्रमाणावर आहे. मायकेल अँजेलोसारखे शिल्पकार ह्या साऱ्या खनिज संपत्तीच्या मुबलकतेमुळेच त्यांची कामे करू शकले!

धार्मिक बाबतीत ग्रीक लोकांची पंचमहाभूतांच्या प्रती निष्ठा होती. त्यांनीच सर्वप्रथम पंचमहाभूतांना आदर्शवादी असे मूर्ती स्वरुप दिले. त्यांच्या इलियड व ओडेसी ह्या पौराणिक महाकाव्यामधील देवदेवता ह्या मूर्ती स्वरूपात आणल्या. 'गुरूणांगुरू' असा झ्यूस म्हणजे सर्व जगाचा पालनकर्ता, सागरदेवता नेपच्यून, देवांचा सेनापती मार्स, सौंदर्याची देवता व्हीनस वगैरे सर्व देवता मूर्ती स्वरूपात आदर्शवादी अशा आहेत.

ऑलिम्पिया, कॉरिन्थ व डेल्फी ही ग्रीसमधील महत्त्वाची नगर राज्ये. ह्या राज्यांत दरवर्षी धार्मिक उत्सव तसेच मर्दानी खेळ कसरती, संगीत वगैरेंच्या सामूहिक स्पर्धा होत असत. जीवन चांगल्या तऱ्हेने जगावे, सुंदर बनवावे असे ग्रीक लोकांना वाटत असे. ॲरिस्टॉटल, प्लेटो, सॉक्रेटीस ह्यांच्यासारखे श्रेष्ठ विचारवंत व तत्त्ववेत्ते हे ग्रीकांच्या ज्ञानलालसा व ज्ञानोपासनेतूनच मिळाले. त्यांच्या दृष्टीने देव म्हणजे परिपूर्ण व आदर्श मानव अशी कल्पना होती. देवतांच्या मूर्ती त्यांनी मानवी आकारातच निर्माण केल्या. इजिप्त व सुमेरियन संस्कृती सारखे अर्ध नर व अर्ध पशू असे पुतळे कुठेही दिसत नाहीत. खेळ व मनोरंजन ह्यावर त्यांचा खूपच भर

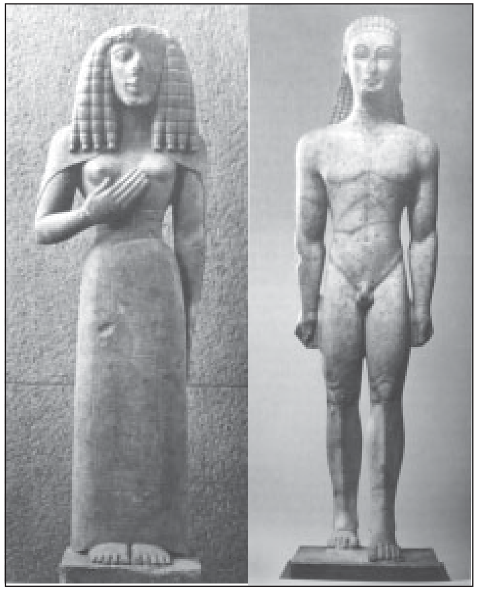
होता त्याचा परिणाम त्यांच्या कलाविश्वावर पण झाला.

ग्रीक माणूस हा सशक्त व धिप्पाड होता. मर्दानी खेळ, कलाकौशल्य व मनोरंजनाची त्याला आवड होती. तत्त्वज्ञान, साहित्य व सौंदर्यकल्पना ह्या क्षेत्रांत नवनवे विचार व्यक्त करायचे सामर्थ्य तेथील नागरिकांना होते. शहरे सुशोभित करण्यासाठी राज्यकर्ते तत्पर असत. त्यामुळेच कलेचे वैभवशाली व अभिजात युग निर्माण होऊ शकले.

आर्ष (इ.स. पू. ६२५-४८०) संक्रमणावस्था (इ.स. पू. ४८० ते ४५०) अभिजात (इ.स.पू. ४५०-३२३) व हेलेनिस्टिक (इ.स. पू. ३२३ ते १४६) असे ग्रीक कलेचे चार मुख्य कालखंड होत.

आर्ष काळ (इ.स.पू. ६२५-४८०)

ह्या काळातील प्रारंभीचे शिल्प धार्मिक व नंतर धर्मनिरपेक्ष विषयांवर निर्मिले गेले. देवळात देवतेला अर्पण करण्यासाठी व थडग्यांच्या अलंकरणासाठी लहान मूर्तींचं अवलंबन करीत. स्वतंत्र व सुटी शिल्पे व त्यांची संमुख घडण ही त्या शैलीची वैशिष्ट्ये आहेत. खांद्यावर रुळणारे केस व अंगासरशी असलेले परंतु गोलाई दिलेले बाहू ह्या शिल्पात प्रामुख्याने दिसतात, ह्या काळात



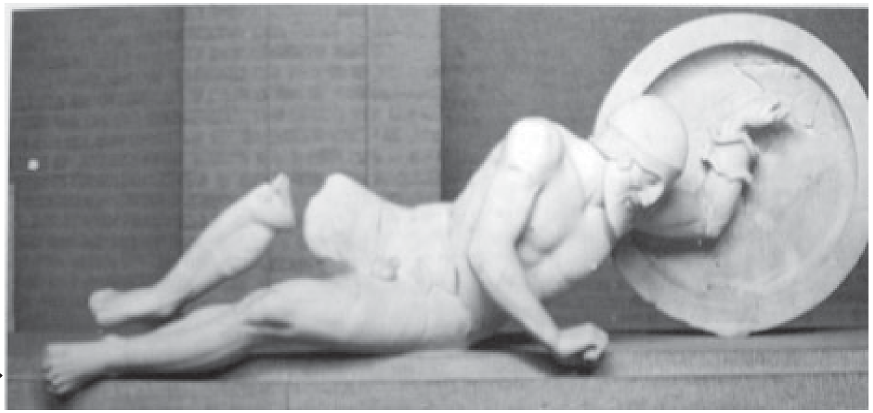
कोरे कुरॉस

स्त्री व पुरुष अशा मूर्ती तयार झाल्या. त्यांना अनुक्रमे कोरे व कुरॉस अशी नावे आहेत. कुरॉस शिल्प थोडेसे ताठर, स्थिर व संमुख आहे. सरळ मान, रुंद खांदे, डावा पाय किंचित पुढे, खांद्यावर रुळणाऱ्या केशकलापाची सांकेतिक रचना, विवस्त्र शरीर, शरीराच्या शिल्पांकनात पूर्वीपेक्षा अधिक वास्तवता, स्नायूंचे अचूक व स्पष्ट चित्रण, ओठांच्या कडा वर उचलल्यामुळे चेहऱ्यावर दिसणारे 'आर्ष स्मित' ही कुरॉस शिल्पाची वैशिष्ट्ये आहेत. ह्या शिल्पांना अपोलो शिल्पे म्हणूनही ओळखतात. 'कोरे' मूर्ती ही ताठर व संमुख असून त्यांची शैली विस्तारीत आहे. बहुधा उजवा हात वर उचललेला असून तो निराळ्या दगडात करून बसवला जाई. ह्या मूर्ती वस्त्राच्छादीत असून हळूहळू वस्त्रांच्या चुण्या दाखविण्याच्या बाबतीत उत्तरोत्तर प्रगती झाली.

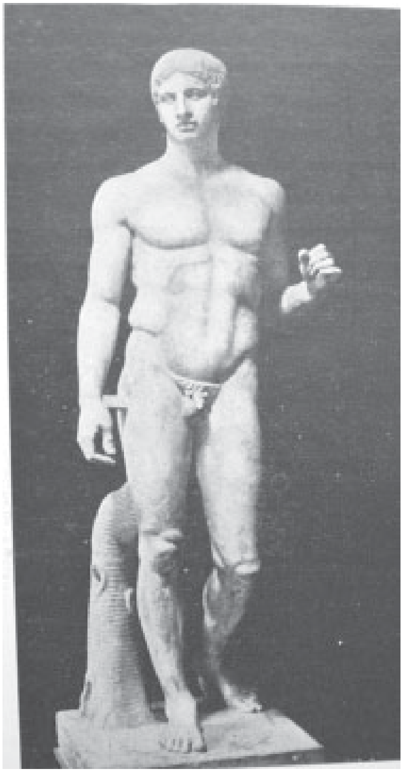
संक्रमण काळ -
(इ.स.पू. ४८० ते ४५०)

ह्या छोट्याशा कालखंडांत शिल्पकलेत स्वातंत्र्य, गतिमानता, शरीरशास्त्र दृष्ट्या अचूकता, उत्स्फूर्तता, व सहज सुंदरता ह्या दृष्टीने प्रगती झाली. त्याच काळात ग्रीसमध्ये महान कलावंतांचा उदय झाला. ह्या व नंतरच्या काळात ब्राँझची शिल्पे बऱ्याच प्रमाणावर झाली. पण ती बहुतेक सर्व नष्ट झाली. पुढे रोमन लोकांनी संगमरवरामध्ये केलेल्या प्रतिकृतीमुळेच आपणास ही शिल्पे पाहता येतात.

संक्रमणावस्था इ.स.पू. ५ व्या शतकाचा उत्तरार्ध ह्या कालखंडातील महान शिल्पकार फिडीयस व पॉलीक्वीटस हे होत. ॲथेन्सच्या पुनर्निर्माणाच्या कलात्मक गोष्टींमध्ये फिडीयस ह्या ॲथेन्सच्या शासकाने पेरिक्लीसच्या मित्राने सिंहाचा वाटा उचलला. 'पार्थे'ची शिल्पनिर्मिती त्याचीच. ॲथेना ह्या ग्रामदेवतेचा ४० फूट उंचीचा भव्यपुतळा त्यानेच केलेला होता. नष्ट झालेल्या पुतळ्याच्या रोमन प्रतीकृतीवरून आपण



मरणोन्मुख योद्धा - गॉल, शारीरिक वेदनांच्या
आविष्कारांचे वास्तववादी उदाहरण (इ.स.पूर्व २ रे शतक)



डोरीफोरस

इ.स.पू.५व्या शतकातील फिडीअसचा समकालीन शिल्पकार पॉलीक्टिस ह्याने केलेले शिल्प. हातात भाला घेतलेल्या सुदृढ व प्रमाणबद्ध शरीर असलेल्या भालाईताचे सुंदर गतीमान शिल्पांकन ह्यात दिसते. त्याच्या १:७ ह्या प्रमाण पट्टीला अनुसरून हे शिल्प केलेले आहे. सुदृढ धष्टपुष्ट शरीर कमावलेल्या मल्लांची शिल्पे तयार करण्यात तो अग्रेसर होता. त्याच्या सर्व शिल्पांचे चेहरे धीरगंभीर दिसतात. सहजतेने उभा राहण्याची ढब, पुढे आलेल्या उजव्या पायावर भार टाकून डावा पाय काहीसा वाकलेला दाखवल्यामुळे पूर्वीच्या शिल्पांत असलेली ताठर संमुखता नाहीशी झालेली दिसते.

डायोनिसस बालकासह हर्मीस

इ.स.पू. ४ थ्या शतकातील श्रेष्ठ शिल्पकार प्रॅक्साइटीलस ह्याने ही शिल्पाकृती बनवली आहे. मानवाकारापेक्षा मोठ्या आकाराचा हा संमगरवराचा पुतळा हातात बालक घेतलेल्या हर्मिस देवाचा आहे. हा मूळ ग्रीक पुतळा आहे का मूळ ब्राँझवरून केलेली रोमन प्रतिकृति आहे ह्याची निश्चित कल्पना नाही. शरीराची प्रमाणबद्धता, सौंदर्यपूर्ण असे शिल्पकाम, शरीराच्या स्नायूंचे यथातथ्य कोरीव काम, चुण्यांचे वास्तववादी शिल्पकाम, हे सर्व सौंदर्यपूर्ण वाटते.

त्याची कल्पना करू शकतो, असाच 'झ्यूस ह्या देवतेचा पुतळा त्याने बनवला होता. एका हातात भाला व दुसऱ्या हातात शिरस्त्राण घेतलेल्या ॲथेनाचा ब्राँझचा पुतळाही त्याने केलेला होता. रोमन प्रतिकृतीमध्ये आपल्याला तो बघावयास मिळतो. पार्थेनॉनच्या तिकोनिकेत ॲथेना देवतेच्या जन्माची कथा हे फिडीयसचे सुप्रसिद्ध व भव्य शिल्प आहे. देवालयातील गर्भगृहाच्या बाहेरील भिंतीवर वरच्या बाजूला चौफेर अशी ही शिल्पपट्टी कोरली आहे. ५०० फूट लांब व ३ फूट उंच अशा पट्टीत उत्थित शिल्पात मिरवणुकीचे दृश्य कोरलेले असून घोडे, घोडेस्वार, मानवाकृती व देव देवतांचे शिल्पांकन केलेले आहे.

फिडीयस ह्या शिल्पकाराचा समकालीन पॉलीक्वीटस हा खेळाडूंच्या ब्राँझमधील शिल्पांबद्दल व त्याने रूढ केलेल्या प्रमाणपट्टीबद्दल प्रसिद्ध आहे. डोरीफोरस (भालाईत), फिलेट बाईंडर ॲमेझॉन ही त्याची प्रसिद्ध शिल्पे. त्याच्या शिल्पांचे चेहरे शांत दिसतात. शरीराची उंची ही चेहऱ्याच्या ७ पट असावी हे प्रमाण त्याने ठरवून दिले होते. शरीरशास्त्राचे अचूक चित्रण व मूर्तीच्या अविर्भावात सहजता ही त्याच्या शिल्पांची वैशिष्ट्ये!

अभिजात (इ.स.पूर्व ४०० ते ३२३)

वरील शिल्पकारांच्या शिवाय स्कोपास प्रॅक्साइटालिस व लिसिप्पस हे महान कलावंत ह्या कालखंडात झाले. दुःख व यातना ह्यांचा शिल्पांमध्ये झालेला आविष्कार, त्यामुळे विकृत झालेली गात्रे व

चेहरे, हालचालींचे व गतिमानतेचे दर्शन ही स्कोपासची वैशिष्ट्ये होत. जखमी निओबिड, डिमिटर ही त्याची विख्यात शिल्पे. प्रॅक्साइटीलस फिडीयसच्या तोडीचा कलावंत होता, त्याच्या शैलीमध्ये सौम्यता, डौल व शारिरीक सौंदर्य प्रत्ययास येते. शरीराकृती इंग्रजी "S" अक्षरासारख्या रचनेची, खाली वळलेली मस्तके, शरीराचे वजन एका पायावर रेललेले, खांदे तिरक्या रेषेत, उंच कपाळ, अंडाकृती चेहरा, डोळे पाकळ्यांप्रमाणे लांब या गोष्टी त्याच्या शिल्पात दिसतात. नीडीयस ॲफ्राडाइट या शिल्पात त्याने प्रथमतः च स्त्रीचे विवस्त्र दर्शन घडवले. डायोनिसिस ह्या बालकाला खेळवित असलेला हर्मिस हे त्याचे प्रसिद्ध शिल्प. त्याची कुस्तीगीरांची शिल्पे खूपच चांगली आहेत. शिराच्या ८ पट शरीर ही प्रमाणपट्टी ह्याने रूढ केली.

हेलेनिस्टिक काळ (इ.स.पू. ३२३-१४६) व ग्रीक रोमन (इ.स.पू. १४६-ते इ.स. चे १ ले शतक)

ॲलेक्झाँडरच्या स्वाऱ्यांमुळे ग्रीकांचा बाहेरच्या जगाशी तसाच पौर्वात्य कलेशी संबंध आला. ॲथेन्सच्या शिवाय ॲलेक्झाँड्रीया, अँटीओक, परगॅमम, एपियस ही ग्रीस बाहेरील शहरेपण कलेची केंद्रे बनली. ह्या काळाच्या उत्तरार्धात झालेली शिल्पे आदर्शवादी शिल्पाऐवजी वास्तववादाकडे जास्त झुकलेली होती.

'मरणोन्मुख गॉल' शारीरिक वेदनांच्या अविष्काराचे अत्यंत वास्तववादी जिवंत उदाहरण आहे. 'व्हीनस दी मेलो' ह्या शिल्पांत स्त्री सौंदर्याचे मोहक असे बहारदार स्वरूप दिसते. 'निके ऑफ सॅमोथ्रिस' ह्या विजयदेवतेचे शिल्प तिच्यातील वेगवान हालचाल व डौल प्रगट करते. वस्त्र, त्याच्या चुण्या व मागे विस्तारलेले पंख हे कौशल्यपूर्ण शिल्पांकन दिसते. 'लाओकून' हे हेलेनिस्टीक कलेचा सर्वोत्कृष्ट नमुना होय.

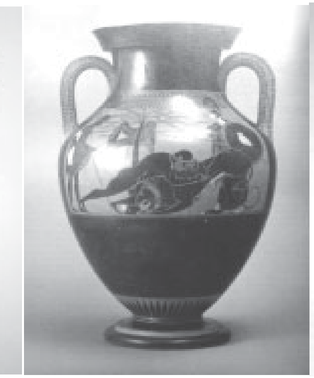
कलाक्षेत्रामध्ये उगम पावलेल्या नवीन प्रवाहाचा व त्याच सुमारास ग्रीसमध्ये घडून आलेल्या सामाजिक, वैचारिक व राजकीय परिवर्तनाचा निकटचा संबंध आहे.

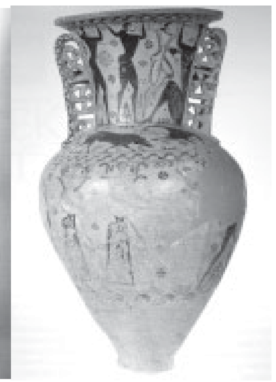
परंपरागत चालीरिती, ईश्वरासंबंधीच्या पुराणकथा ह्यांची सत्यासत्यता पारखण्याचा जोरदार व धाडसी प्रयत्न झाला. त्यामागे दांभिक पूर्वग्रहदृष्टी नव्हती. ज्ञान मिळविण्याची तीव्र इच्छा व संशोधक प्रवृत्ती त्या मागे निश्चितपणे उभी होती.

'डायोनिसस' देवतेकरीता होणाऱ्या समारंभातून नाटक गृहांची कल्पना निर्माण झाली.

इ.स.पू. १४६ च्या सुमाराला कॉरीन्थ व कार्थेज ही राज्ये रोमनांनी जिंकली व ग्रीस रोमन साम्राज्याचा एक भाग बनला. ॲथेन्स ऑलिम्पिया, डेल्फी ही नगरराज्ये लुटणाऱ्या रोमन सेनानींनी आपल्याबरोबर बऱ्याच ग्रीक शिल्पकृति रोममध्ये नेल्या व रोममधील सार्वजनिक इमारती व प्रासाद सुशोभित करण्यासाठी त्यांचा वापर केला. एकट्या नीरो राजानेच ५०० ब्राँझचे पुतळे आपल्याबरोबर नेले असे म्हणतात. रोमनांनी ग्रीक शिल्पकारांच्या मदतीने ग्रीक शिल्पांच्या प्रतिकृती करून घेतल्या, ह्या शिल्पकारांना 'नव-ॲट्टीक' म्हणून ओळखले जाते.

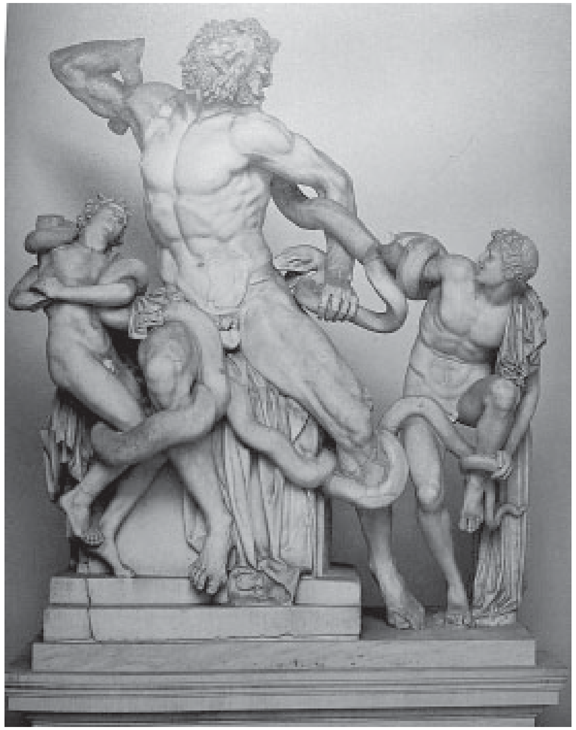
ग्रीक चित्रकलेले नमुने ग्रीसवर झालेल्या रोमनांच्या हल्ल्यामुळे सविस्तरपणे कुठेही आढळत नाही. दुर्दैवाने ती सर्व कालौघात गडप झाली आहे. ग्रीक 'मृत्तिकापात्र कला' हा एक स्वतंत्र विषय आहे. त्या ग्रीक मृत्तिकापात्रांवर काढलेल्या उत्कृष्ट चित्रांमुळेच ग्रीक चित्रकलेची ओळख आपल्याला चांगल्या तऱ्हेने होते.





लाओकून – हेलेनिस्टीक कलेचा सर्वोत्कृष्ट नमुना

हेलेनिस्टीक कालखंडातील सुप्रसिद्ध ग्रीक शिल्पांपैकी हे महत्त्वाचे शिल्प. परगॅमिने परंपरेतील उत्तर हेलेनिस्टीक शैलीत त्याची निर्मिती इ.स.पू. १५० च्या सुमाराला झाली. गेसँड्रॉस, पॉलीडोरस व ॲथेनोडोटोस ह्या तीन शिल्पकारांनी हे शिल्प संगमरवरामध्ये कोरून काढले. ट्रोजन पुरोहीत लाओकूनच्या दोन मुलांनी, ग्रीकांनी समुद्र देवतेला अर्पण केलेल्या लाकडी घोड्याचा व त्यावरील समर्पित वस्तूंचा नाश केला म्हणून अपोलो देवतेने दोन सर्प पाठवून त्या मुलांना विळखे घातले. लाओकून स्वत: आपल्या मुलांना वाचवण्यासाठी त्या दोन सर्पांना ताकद लावून सोडवण्याच्या प्रयत्नात मारला गेला. ह्या ग्रीक कथेचे चित्रण मोठ्या गतिमानतेने वास्तववादी व नाट्यपूर्ण शैलीत केलेले आढळते. ह्या शिल्पाचे काही भाग तुटले गेले होते ते १६ व्या शतकात पुन्हा जोडण्यात आले. लाओकूनला होणाऱ्या शारीरिक वेदना त्याने मागे वळवलेले डोके, उघडे तोंड, आकुंचित भुवया, फुगून तट्ट झालेल्या नसा व ताणल्या स्नायूमधून स्पष्टपणे जाणवतात. तीन शिल्पकारांनी काम करूनही त्यातील एकात्मकता स्पष्टपणे दिसते.



ॲथेन्स ह्या नगरराज्यात कुंभारांची एक वसाहत होती. तिला 'कॅरमिकॉस' म्हणत. त्यावरून CERAMICS हा शब्द कुंभार कामासाठी वापरात आला. मृत्तिकेच्या पात्रांमध्ये ग्रीक २० पेक्षा जास्ती कलात्मक आकार करत. त्यावर सफाईदार रेखांकन व आकर्षक अलंकरण करण्यावर भर देत. हायड्रीया, क्रेटर, ॲम्फोरा, सिलीक्स लेथिसॉस इ. नावांची भांडी प्रसिद्ध आहेत.

ही पात्रे फुलदाण्या, मद्य साठविण्यासाठी अथवा तेलासाठी वापरत असत. त्यावरील चित्रांचे तीन गट पडतात. १) काळ्या चित्राकृति २) तांबड्या चित्राकृति ३) पांढरी पार्श्वभूमी असलेली रंगीत चित्रे, ही निसर्ग चित्रणाच्या वास्तववादी स्वरूपाची अखेरची चित्रे आहेत. भौमितिक आकारांचा वापर, नागमोडी नक्षीकाम, समभुज त्रिकोण, आयत व चौकोनांचा चित्रणासाठी वापर खूप मोठ्या प्रमाणावर झाला. मृत्तिका पात्रांमध्ये विविध प्रकारचे लहान मोठे आकार निर्माण झाले.

मानवी जीवनात जसे चढउतार आहेत तसेच कलाक्षेत्रातपण आहेत. कालप्रवाहाशी टक्कर देता देता, ग्रीक कलेने काही निश्चित कलातत्वे दिली. कलावंतांनी त्यांचा एक मोठा आदर्श निर्माण केला. त्याचा परिणाम इतर देशांमधील कलेवर निश्चित झाला. लोकांची कलेकडे पाहण्याची दृष्टी थोडीफार का होईना बदलायला मदत झाली. ग्रीक संस्कृती नष्ट जरी झाली असली तरी तेथे निर्माण झालेल्या कलेत शेकडो वर्षे अनेक प्रतिभासंपन्न कलावंतांना प्रेरणा देण्याचे सामर्थ्य होते हे नक्की!

■

लेखक : **राम अनंत थत्ते**
शिल्पकार. अजिंठा येथील गुंफांचा विशेष अभ्यास, 'अजिंठा' हे पुस्तक अक्षरमुद्रा प्रकाशनातर्फे प्रकाशित.

पालकनीती

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

मुलांच्या विकासात शिक्षणाचा आणि शिक्षकांचा मोठा वाटा असतो. त्यामुळे पालक आणि शिक्षक दोघांच्या दृष्टिकोनातून विचार करून 'पालकनीती' ठरवायला हवी. या विचारांसाठी व्यासपीठ –पालकनीती. हे मासिक जरूर वाचा. वार्षिक वर्गणी रु.१२०/–

पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, डेक्कन जिमखाना, पुणे ४. फोन : २५४४१२३०

आनंद

देवराई : वनसंरक्षणाची परंपरा

लेखांक - ४

लेखक : अर्चना गोडबोले

गेल्या तीन लेखातून आपण 'देवराई' ह्या संकल्पनेची सविस्तर ओळख करून घेतली. महाराष्ट्रातल्या देवराया, त्यांचे संवर्धन, संरक्षण यासाठी सुरू असलेले प्रयत्न यांची माहितीदेखील घेतली.

भारतातल्या इतर अनेक राज्यांमध्येही ही 'देवराई'ची परंपरा वेगवेगळ्या स्वरूपात आढळते. भारतासारख्या वैविध्यपूर्ण देशात तामिळनाडू, राजस्थान, केरळसारखी राज्ये, तसेच ईशान्यपूर्व भारतातील मेघालय, सिक्कीमसारख्या राज्यातही देवाच्या नावाने जंगल राखून ठेवायची समृद्ध परंपरा आजही समाजमानसात महत्त्वाची समजली जाते. त्यातल्या काही राज्यांमधल्या प्रथेची ही सविस्तर ओळख.

भारताच्या पश्चिमेला पसरलेलं थरचं वाळवंट, तिथल्या प्रगत संस्कृती आणि अतुलनीय परंपरांबद्दल सर्वदूर प्रसिद्ध आहे. भारतात आल्यावर राजस्थानला परदेशी पर्यटकांची प्रथम पसंती असते, ती तिथल्या जयपूर, जोधपूर, जैसलमेर इथल्या अद्वितीय शिल्पकला आणि वास्तुकलेसाठी. ह्या विशाल वाळवंटात पाऊस अत्यंत कमी पडत असूनही इथे मोठाली संस्थानं आणि राज्यं निर्माण झाली. पाण्याचा थेंब न् थेंब वाचवून ठेवण्याची तलाव आणि बावड्यांची परंपराही राजस्थानात सर्वत्र आढळते आणि ह्याच तलाव-कुंड-बावड्यांच्या परिसरात आढळतात इथल्या देवराया. राजस्थानात त्या 'देवबनी' किंवा 'ओरण' अशा नावांनी ओळखल्या जातात. राजस्थानातल्या विशेषतः अल्वर जिल्ह्यातल्या देवबनींच्या अभ्यासाचं आणि संवर्धनाचं काम 'कृषी एवं परिस्थितिकी विकास' यासारख्या संस्था करत आहेत.

वाळवंटात जंगल कसं काय असेल? असा आपल्याला प्रश्न पडेल. पण इथल्या अरवली डोंगररांगाच्या उतारावर धोंक, पळस, केर, निंब अशा झाडांची तसेच इतरही अनेक झुडपांची जंगलं आढळतात. इथल्या लोकांसाठी ती खूप महत्त्वाची आहेत. स्वातंत्र्योत्तर काळात इथली अनेक जंगलं आरक्षित करून सरकारी स्तरांवरून त्यांचे राष्ट्रीय उद्याने आणि अभयारण्यांमध्ये रूपांतर करण्यात आलं. सरिस्का आणि रणथंबोर अभयारण्ये यापैकीच.

सरिस्का अभयारण्य

सरिस्का अभयारण्याच्या आत अनेक गावं होती. या गावातल्या लोकांनी राखून ठेवलेल्या छोट्या छोट्या देवबनी आजही दिसतात. ह्या देवबनी आकाराने अगदी लहान म्हणजे १ ते २ एकरांपासून ते अगदी १०-१२ हेक्टरपर्यंत क्षेत्रावर पसरलेल्या दिसतात. सरिस्का अभयारण्याच्या आतल्या भागात आढळणाऱ्या ह्या देवरायांचं आणखी वैशिष्ट्य म्हणजे त्यातल्या काही 'सूफी' संतांनी जपलेल्या आहेत. इथली देवळं घुमटाकृती मशीदींची आठवण करून देणारी आहेत. अल्वर जिल्ह्यातल्या ह्या देवबनी म्हणजे हिंदू-मुस्लीम धर्माच्या सौहार्दाचं प्रतीक आहेत. इथे दोन्ही धर्माचे लोक आदराने जातात.

फक्त सरिस्का अभयारण्याचा परिसरच नव्हे तर संपूर्ण अल्वर जिल्ह्यात मिळून २००-२५० देवबनी आढळतात. त्यातल्या काही सूफी संतांच्या तर काही भैरूजी, शंकर नाहीतर राजा भोजाच्या नावानं राखून ठेवलेल्या. उज्जैनचा राजा भोज वानप्रस्थाच्या काळात अल्वर जिल्ह्यात अरवली परिसरात तपश्चर्येसाठी आला होता आणि त्यानंच इथल्या लोकांना ही निसर्गरक्षणाची परंपरा शिकवली, सांगितली असं म्हणतात. भोजराजाच्या तपाच्या आणि पशु-पक्षी, झाडांना अभय देणाऱ्या अनेक दंतकथा ह्या भागात प्रसिद्ध आहेत.

अल्वर जिल्ह्यातल्या ह्या देवअरण्यांचं आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे जवळजवळ प्रत्येक देवबनीत असणारा पाण्याचा स्रोत. ह्यातल्या काही देवबनींमध्ये छोटे तलाव किंवा बंधारे आहेत तर काहींमध्ये विहिरी आणि बावडच्या आहेत. काही देवबनींमधल्या स्रोतांवर आता चक्क नळ किंवा हातपंप बसविले गेले आहेत. काही देवबनी नदी किंवा ओढे-झऱ्याच्या काठावर आहेत. मात्र आता हे स्रोत कोरडे पडले आहेत. त्याकडे योग्य लक्ष न पुरविल्यामुळे निरुपयोगी झाले आहेत. देवबनींच्या पुनरुज्जीवन कार्यक्रमाद्वारे ह्या स्रोतांचे पुनरुज्जीवन करणे गरजेचे आहे. तसेच

देवबनीमधल्या वृक्षांची, जंगलांची हेळसांड होत असल्यामुळे देवबनीच्या पाणलोटांमधून येणारे पाणी ह्या विहिरी कुंडांमध्ये येणे बंद झाले आहे.

तालवृक्ष ओरण

अल्वर जिल्ह्यातल्या मुंडावर गावातली 'तालवृक्ष ओरण' ही देवबनी सुप्रसिद्ध आहे. ह्या देवबनीचा विस्तार १३० हेक्टर इतका आहे आणि गेल्या दीडशे दोनशे वर्षांचा इथला इतिहास ज्ञात आहे. साधारणत: १८६० च्या सुमारास इथले लोक आणि तत्कालिन राजाने मिळून इथे असलेला 'ताल' म्हणजे अर्जुन वृक्षांना अभय देण्यासाठी हे क्षेत्र ओरण म्हणून राखून ठेवायला, त्याचे संरक्षण करायला सुरवात केली. इथे अरण्याच्या अंतर्भागात गंगा नदीचं देऊळ आहे आणि तिथूनच एक गरम आणि गार पाण्याचा झरा असे दोन झरे उगम पावतात.

२०-२५ वर्षांपूर्वी ही देवबनी बघितलेले बुजुर्ग सांगतात की इथे खरोखरच अर्जुन वृक्षांचं घनदाट अरण्य होतं. जवळपास १०० फूट उंच आणि १०-१२ फुटांपर्यंत घेर असलेले जुने प्राचीन भव्य अर्जुनवृक्ष ह्या देवबनीची शोभा होते. पण आता मात्र असे अर्जुनवृक्ष इथे अभावानेच बघायला मिळतात. अरवली पर्वताच्या आसपास अर्जुनवृक्ष तसा दुर्मिळच. शिवाय तो कृत्रिमरित्या लागवड करून वाढवणंही शक्य नाही. म्हणूनच तालवृक्ष ओरणाचं संपूर्ण संरक्षण करून तिथे ह्या वृक्षांची नैसर्गिकरित्या पुनर्वाढ होईल यासाठी प्रयत्न करायला हवेत. 'तालवृक्ष' देवबनीच्या महत्त्वाबद्दल जाणीव-जागृतीदेखील करायला हवी. नंतर ही देवबनी सरिस्का अभयारण्याच्या सीमांमध्ये समाविष्ट झाल्यामुळे तिची मालकी/व्यवस्थापन लोकांकडून सरकारकडे गेलं. मग अर्थातच आणखी वृक्षतोड झाली. सरकारने वृक्षलागवड कार्यक्रमात इथल्या खराब भागात ऑस्ट्रेलियन बाभूळ, निलगिरी, बांबू अशा अनेक बाहेरच्या प्रजातींची लागवड करून, ह्या देवबनीचं मूळचं सौंदर्य आणखीनच बिघडवलं आहे.

ओरण म्हणजे देवबनीचा आणखी एक प्रकार. ओरणचा अर्थ खूप व्यापक आहे. 'ओऋण' म्हणजे कर्ज किंवा ऋणमुक्तीसाठी असा अर्थ. पितरांच्या ऋणातून किंवा देवाच्याही ऋणातून उतराई होण्यासाठी काही ओरण निर्माण झाले आहेत. इथल्या परंपरांनी निसर्गाच्या ऋणातून आदराने मुक्त होण्यासाठी केलेला हा प्रयत्न आहे. आजवर तग धरून असलेले ओरण म्हणजे इथल्या संस्कृती आणि लोकजीवनात असलेली जीव, जंतू आणि निसर्ग ह्यांच्याबद्दलचा आदर दाखवणारी प्रतीकेच आहेत.

'ओरण' बरोबरच लोकसंस्कृतीच्या अनेक गाथा, दंतकथा आणि गोष्टी आजही टिकून आहेत. त्यातूनच बिश्नोईसारखे पंथ-समुदाय राजस्थानमध्ये निर्माण झाले. ह्या सगळ्या

पंथ संस्कृतींच्या संरक्षणाचं आणि व्यापक सहिष्णुतेचं संवर्धन 'ओरण'सारख्या परंपरांतून सहजच होत आलं आहे.

खारीचा वाटा

आज शहरीकरण आणि विकासाच्या वाढत्या रेट्यामुळे ही लोकसंस्कृतीशी जोडलेली वनसंवर्धनाची परंपरा (लोक जरी विसरत चालले असले तरी) टिकवण्याची धडपड करणारे काही लोक आजही दिसतात. अल्वर जिल्ह्यातल्या बिलन्दी गावात रहाणारे ६० वर्षांचे श्री. धर्मा गुजर अशाच अवलियापैकी एक. स्वत: आंधळे असूनही गावच्या दीड-दोन एकरांवर पसरलेली छोटीशी देवराई वाचविण्यासाठी गेली चार-पाच वर्षे त्यांचे अथक प्रयत्न सुरू आहेत. ह्या देवबनीत त्यांनी पुन्हा एकदा छोट्याश्या आडोशाला 'भौमियाँ' म्हणजे संरक्षक देवतेची स्थापना केली. गावाच्या सभेत वारंवार लोकांशी बोलून संरक्षणाचे-संवर्धनाचे नियम घालून दिले. धर्मा गुजर देवबनीच्या रक्षणाचं काम स्वत: करतात. रोपट्यांना पाणी घालतात. त्यांच्या अथक प्रयत्नांनी बिलन्दी गावाच्या 'देवबनी'चं स्वरूप बदलत आहे. तिथे खेजडी, खैर, पिंपळ, धौंक वगैरे वृक्षांचं हिरवंगार जंगल पुन्हा वाढायला लागलं आहे.

राजस्थानमधल्या देवबनी आणि ओरणबद्दल सांगावं तेवढं थोडंच आहे. शुष्क मरूभूमीत डोळ्यांना सुखावणाऱ्या ह्या देवबनी म्हणजे ओॲसिस सारख्या आहेत. ह्या देवबनींचं अस्तित्व आणि संरक्षण संवर्धन यांचा इथल्या भौगोलिक परिस्थिती आणि पर्यावरण समतोलाशी अतूट संबंध आहे. 'देवबनी', 'राखतबनी', 'ओरण' अशा वेगवेगळ्या नावांनी ओळखल्या जाणाऱ्या ह्या छोट्या-छोट्या वनांनी मरूभूमीच्या पर्यावरण संरक्षण आणि संवर्धनात महत्त्वाची भूमिका बजावली आहे. ह्या परंपरेचा प्रभाव इथल्या लोकसंस्कृतीवरही पडला आहे. शिवाय ह्या देवबनी म्हणजे पिढ्यानुपिढ्यांची हुशारी आणि समज ह्यांचे द्योतक आहेत. म्हणूनच राजस्थानचं वाळवंट आफ्रिकन देशांमधल्या वाळवंटांसारखं रखरखीत नाही. ह्या थरच्या वाळवंटात आहेत - पारंपरिक तलाव, बावड्या, राजवाडे, शहरं आणि डोळ्यांना सुखावणाऱ्या देवबनी. म्हणूनच हा थरचा रंगोत्सव अनुभवण्यासाठी पथिकांचे - पर्यटकांचे पाय पुन्हा पुन्हा राजस्थानकडे वळतात.

■

लेखक : **अर्चना गोडबोले** ॲप्लाईड एन्व्हॉयर्नमेंटल रिसर्च फौंडेशनच्या संचालिका. भारतभरच्या देवरायांबद्दलचा अभ्यास.

शेणाचा उपयोग : इंधन की खत

लेखक : आ.दि. कर्वे

आपल्या देशात आज इंधनाची प्रचंड टंचाई आहे. ऊर्जेच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होण्यासाठी आपले वेगवेगळे प्रयत्नही चालू आहेत. जनावरांचे शेण आणि शेतातल्या त्याज्य मालाचा यासाठी वापर करता येईल असे डॉ. कर्वे यांनी सप्रयोग दाखवून दिले आहे.

जर्मनीमध्ये बायोगॅसचा वापर करून वीजनिर्मिती केली जाते हे माझ्या वाचनात आले होते. जानेवारी २००६ मध्ये मला जर्मनीत जाऊन तिथल्या बायोगॅस-संशोधकांबरोबर चर्चा करण्याची संधी मिळाली. बायोगॅसनिर्मितीसाठी तिथे मका, बीट, किंवा जनावरांना खाद्य म्हणून वापरल्या जाणाऱ्या अन्य पिकांचा उपयोग केला जातो. बाडेन-व्युर्टेबर्ग या एकाच राज्यात अशाप्रकारची ५०० खाजगी विद्युतनिर्मिती केंद्रे आहेत. पण यात गंमत अशी आहे की शेणापासून वीजनिर्मिती करणाऱ्या शेतकऱ्यांना विजेचा भाव कमी मिळतो तर चारापिकांपासून वीजनिर्मिती करणाऱ्या शेतकऱ्यांना भाव जास्त मिळतो. भावात असा फरक करण्याचे कारण सरकारतर्फे असे दिले जाते की शेणाचा वापर इंधन म्हणून करणे हे अयोग्य आहे आणि शेण हे खत म्हणूनच वापरले गेले पाहिजे.

भारतातल्या ग्रामीण भागात शेण हे गोवऱ्यांच्या रूपाने इंधन म्हणून सर्रास वापरले जाते. शेणाचा वापर इंधन म्हणून न करता ते खत या रूपाने शेतजमिनीत घालावे, हे मत आपण लहानपणापासून ऐकतो आहोत. भारतातला शेतकरी शेणाचा वापर खत म्हणून न करता इंधन म्हणून करीत असल्यानेच भारतातले प्रति हेक्टर उत्पन्न इतर देशांच्या तुलनेनी कमी आहे, असंही मत अनेकवेळा प्रदर्शित केले जाते. शेणापासून इंधनही मिळावं आणि खतही मिळावं या उद्देशाने भारत सरकारने सुमारे ५० वर्षांपूर्वी गोबर गॅसचा प्रसार करण्यास सुरुवात केली, पण या देशातल्या सुमारे १५ कोटी ग्रामीण कुटुंबापैकी आजमितीस फक्त २० लक्ष

कुटुंबाकडेच चालू अवस्थेतली गोबर गॅस संयंत्रे आढळावी, हे हा प्रयोग फसल्याचंच लक्षण आहे.

गोबरगॅस का नको ?

गोबर गॅसचा प्रयोग फसण्याला अनेक कारणं झाली. एक किलो वाळलेलं शेण जर जाळलं तर आपल्याला त्यातून २६०० किलोकॅलरी इतकी ऊर्जा मिळते, पण याच शेणापासून जर गोबर गॅस बनविला तर आपल्याला त्यातून मिथेनरूपानं फक्त ४४० किलोकॅलरी येवढीच ऊर्जा मिळते. शेणावर चालणाऱ्या घरगुती गोबरगॅस संयंत्राला रोजचं ४० किलो शेण लागत असल्यानं ज्यांच्या घरी ६-७ गुरं आहेत त्यांनाच या संयंत्राचा उपयोग होतो. गोबर गॅस प्रणालीत रोज ४० किलो शेणाबरोबर ४० लिटर पाणीही घालावे लागते. खेड्यात घरोघरी पाण्याचे नळ नसतात, तर हे पाणी घरच्या स्त्रियांनाच दुरून आणावं लागतं. त्यामुळे स्त्रियांचं काम तर वाढतंच पण जर दुष्काळामुळं पाण्याचं दुर्भिक्ष्य निर्माण झालं तर गोबर गॅस निर्मितीही बंद पडते. मिथेन निर्माण करणाऱ्या जीवाणूंना शेण पचवता येत नसल्याने त्यांना त्यासाठी इतर जीवाणूंची मदत लागते, परंतु त्यामुळे या प्रक्रियेद्वारे मिथेन निर्माण करण्यास वेळही अधिक म्हणजे सुमारे ४० दिवस इतका लागतो. रोजचं ४० किलो शेण आणि ४० लिटर पाणी असा ४० दिवसांचा मिळून एकूण ३२०० लिटर माल आपल्या पोटात साठवण्यासाठी सुमारे ४ घनमीटर इतक्या मोठ्या आकारमानाचं संयंत्र लागतं. येवढं मोठं संयंत्र बसविण्यासाठी बरेचदा घराशेजारी पुरेशी जागाच उपलब्ध नसते. शिवाय मोठ्या आकारमानामुळे या संयंत्राची किंमतही जबर, म्हणजे सुमारे १५ ते २० हजार रुपयांच्या घरात असते. त्यात रोज घालाव्या लागणाऱ्या ४० किलो शेणाच्या जर गोवऱ्या केल्या तर त्या २५ रुपयांना विकल्या जातील. म्हणजेच गोबर गॅस संयंत्राला रोजच्या रोज २५ रुपयांचं इंधन लागतं. थोडक्यात म्हणजे स्वयंपाकासाठी आपण वापरत असलेल्या सर्व साधनांमध्ये किंमतीने आणि इंधनखर्चाच्या दृष्टीनेही शेणावर आधारित गोबरगॅसप्रणाली ही सर्वात महाग आहे.

शेण इंधन ?

जैव इंधन : नवीन तंत्र

प्रस्तुत लेखकाने सन २००२ पासून जैव इंधनवायूच्या निर्मितीवर एक मूलभूत नवा विचार करण्यास सुरुवात केली. त्यातून एक गोष्ट उघड झाली की सध्या या प्रणालीत वापरले जाणारे पदार्थ, म्हणजे शेण, मानवी विष्ठा किंवा डिस्टिलरीतली मळी, हे पदार्थ मिथेनजनक जीवाणूंना पचवताच येत नाहीत

व त्यामुळे अशा प्रकारच्या पदार्थांवर आधारित इंधनवायूप्रणाली अत्यंत अकार्यक्षम असते. इंधनवायूनिर्मिती ही एक किण्वनप्रक्रिया आहे. किण्वनप्रक्रिया वापरून सध्या अल्कोहोल, सायट्रिक आम्ल, प्रतिजैवके, जिबरेलिक आम्ल, इ. अनेकविध पदार्थांचं मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन केलं जातं. यांपैकी कोणत्याही उद्योगात किण्वन घडवून आणणाऱ्या सूक्ष्मजंतूंना खाद्य म्हणून शेण किंवा विष्ठेचा वापर केला जात नाही, तर साखर वापरली जाते. हा धागा पकडून आम्ही जैव इंधनवायूसंयंत्रातही शेणाऐवजी साखर वापरून पाहिली असता आम्हाला असं आढळलं की ४० किलोग्राम शेणापासून ४० दिवसांच्या प्रक्रियेनंतर जेवढा मिथेन वायू मिळतो तेवढा आपल्याला एक ते दीड किलो साखरेपासून केवळ ४८ तासांच्या प्रक्रियेनंतर मिळतो. या नव्या तंत्रानं किण्वनासाठी लागणाऱ्या पदार्थात आणि किण्वनासाठी लागणाऱ्या वेळेत प्रत्येकी २० पटींनी बचत केली गेली. याचाच अर्थ असा होतो की या किण्वनप्रक्रियेत शेणाऐवजी साखर वापरल्यास तिची कार्यक्षमता ४०० पटींनी वाढते. साखर हा एक महाग पदार्थ आहे, म्हणून आम्ही त्याऐवजी साखरेचीच दोन भिन्न रूपं, म्हणजे स्टार्च आणि सेल्युलोज ही वापरून पाहिली असता आम्हाला असं आढळलं की हे पदार्थही इंधनवायूच्या निर्मितीसाठी साखरेइतक्याच कार्यक्षमतेने वापरता येतात.

गॅस प्लँट : ओल्याकचऱ्या-पासून

या शोधाचे अनेक फायदे आहेत. त्यापैकी पहिला म्हणजे इंधनवायू संयंत्रात घालण्याच्या पदार्थांचं प्रमाण आणि तो कुजण्यास लागणारा वेळ हे दोन्ही कमी झाल्यानं संयंत्राचा आकार ४ घनमीटरवरून १ घनमीटर इतका कमी करणं शक्य झालं. दुसरा म्हणजे आता इंधनवायूचा लाभ घेण्यासाठी घरी गुरं असली पाहिजेत असं नाही. आणि तिसरा लाभ असा की शेणाऐवजी खरकटं अन्न, पावसानं खराब झालेलं किंवा किडलेलं धान्य, सडके कांदे-बटाटे, सडकी किंवा अतिपक्व फळे, पोपई, केळी, आंबे यांच्या साली, पालेभाज्यांचा कचरा, इ. पदार्थही या संयंत्रात वापरता येत असल्याने घरगुती ओल्या कचऱ्याची विल्हेवाट लावण्याचा एक किफायतशीर मार्गही आपल्याला आता उपलब्ध झाला आहे. आजमितीस अशाप्रकारची सुमारे ५०० बायोगॅससंयंत्रे महाराष्ट्रात कार्यरत असून दर महिन्याला आणखी सुमारे १०० नवी संयंत्रे बसविली जात आहेत.

सुपीकता आणि सूक्ष्मजंतू

या अभ्यासातून आम्ही एक गोष्ट अशी शिकलो की सूक्ष्म जंतूंद्वारा घडून येणाऱ्या क्रियांमध्ये संबंधित जंतूंना सहज पचवता येईल असं पोषकद्रव्य वापरून घडून येते. शेतीतही जमिनीची सुपीकता कायम ठेवण्यासाठी मातीतल्या सूक्ष्मजंतूंचं कार्य महत्त्वाचं असतं व त्यामुळे शेतात सेंद्रीय खतांचा वापर करावा अशी शिफारस कृषितज्ञ करतात. परंतु कृषितज्ञ जी शिफारस करतात ती अशी की प्रति हेक्टर १०० बैलगाड्या भरून चांगलं कुजलेलं शेणखत वापरावं. मुळातच जंतूंच्या दृष्टीने शेणाचं पोषणमूल्य कमी असतं आणि ते कुजवून त्याचं शेणखत केल्यावर ते आणखी कमी होतं. त्यामुळे एकीकडून म्हणायचं की जमिनीतल्या सूक्ष्मजंतूंच पोषण व्हावं आणि त्यांची संख्या वाढावी म्हणून जमिनीत सेंद्रीय पदार्थ घालावेत, आणि प्रत्यक्षात मात्र ज्यामध्ये काही पोषणऊर्जाच राहिलेली नाही असा पदार्थ घालावयाचा, असा विरोधाभास या शिफारसीत दिसतो.

हा विरोधाभास जर टाळावयाचा असेल, तर न कुजलेला सेंद्रीय पदार्थ जमिनीत घालणंच योग्य ठरेल. हिरवी पानं सर्वत्र उपलब्ध असतात. त्यामधल्या सेल्युलोज आणि प्रथिन या दोन्हींचा सूक्ष्मजंतूंना खाद्य म्हणून चांगला उपयोग होतो. शेतात हिरवळीचे खत वापरणे हा काही नवा विचार नाही. जमिनीत खतरूपानं वेगवेगळ्या प्रमाणात हिरवी पानं घालून केलेल्या प्रयोगात आम्हाला असं आढळलं की अल्पमुदतीच्या कोणत्याही पिकाला जमिनीत दर दीड-दोन महिन्यांनी सुमारे १२५ किलोग्राम ताजी हिरवी पानं किंवा सुमारे २५ किलो वाळलेली हिरवी पानं घातली तर अशा पिकाला दुसरं कोणतंही रासायनिक किंवा सेंद्रीय खत घालण्याची आवश्यकता रहात नाही. ऊस किंवा फळबागांमध्ये हा प्रयोग दर दीड-दोन महिन्यांनी पुन:पुन्हा करावा लागतो. केवळ येवढ्या थोड्या सेंद्रीय खतावर आपल्याला चांगलं उत्पन्न मिळतं. आमच्या प्रयोगांमधून निघालेले निष्कर्ष हे कृषिशास्त्राच्या प्रचलित मतांशी जुळणारे नाहीत. परंतु हा प्रयोग विविध पिकांवर वारंवार करूनही आम्हास पुन:पुन्हा हेच निष्कर्ष मिळाल्यानं आम्ही त्यामागील शास्त्रीय कारण शोधण्याचा प्रयत्न केला.

चांगलं खत : शेण की जैव कचरा?

खनिजांचं विघटन

सुमारे ५० कोटी वर्षांपूर्वी हिरव्या वनस्पतींनी जमीन पादाक्रांत केली. हवेतला कार्बन डायॉक्साइड वायू आणि सूर्यप्रकाश वापरून सेंद्रीय पदार्थ निर्माण करण्याची क्षमता

वनस्पतींमध्ये होती पण जमिनीतल्या खनिजांमधून असेंद्रीय मूलद्रव्यं मिळविण्यासाठी मातीतल्या खनिजांचं विघटन करून या मूलद्रव्यांचं पाण्यात विद्राव्य अशा क्षारांमध्ये रूपांतर करण्यासाठी वनस्पतींकडे कोणतीच खास यंत्रणा नव्हती व ती आजही नाही. हे काम जमिनीतले सूक्ष्मजंतू करतात. जमिनीतल्या सूक्ष्मजंतूंना प्रकाशसंश्लेषणाने आपले अन्न तयार करता येत नसल्याने ते कार्बनयुक्त पदार्थांसाठी हिरव्या वनस्पतींवर अवलंबून असतात. वनस्पती आपली पानं व फुलं जमिनीवर टाकून या सूक्ष्मजीवांना उच्च ऊर्जा असणारे कार्बनयुक्त पदार्थ उपलब्ध करून देतातच पण शिवाय रात्री आपल्या पर्णसंभारातून जमिनीवर पाण्याचं सिंचन करून जमिनीतल्या सूक्ष्मजंतूंना त्या पाणीही पुरवतात. बऱ्याच वनस्पतींमध्ये या पाण्यात साखर किंवा अन्य सेंद्रीय पदार्थही विरघळलेले असतात. आपल्या पोषणसाठी सुयोग्य अशी ही ऊर्जा व पाणी वापरून सूक्ष्मजंतू आपल्या स्वत:च्या वाढीसाठी आवश्यक असणारी असेंद्रीय मूलद्रव्यं मातीतल्या खनिजांचे विघटन करून मिळवतात. ही मूलद्रव्ये पाण्यात विरघळलेल्या क्षारांच्या स्वरूपातच सूक्ष्मजंतूंना आपल्या पेशीत घेता येतात, व त्यामुळे अविद्राव्य अशा खनिजांचे विद्राव्य क्षारांमध्ये रूपांतर करण्याची रासायनिक क्रिया ते आपल्या पेशींबाहेरच्या मातीत घडवून आणतात. या क्रियेद्वारे उपलब्ध होणारी असेंद्रीय मूलद्रव्ये मुळांद्वारे शोधून घेणे येवढेच काम वनस्पतींना करावे लागते. काही सूक्ष्मजंतू वनस्पतींकडून मिळालेल्या सेंद्रीय पदार्थांमधील ऊर्जा वापरून हवेतल्या नैट्रोजनचं स्थिरीकरण करतात, त्याचाही काही भाग वनस्पतींना उपलब्ध होतो. वर दिल्याप्रमाणे हिरव्या वनस्पती आणि जमिनीतले सूक्ष्मजंतू यांमधील परस्परसहकार्य कोट्यावधी वर्षांपासून चालू आहे.

खते : सेंद्रिय आणि इतर

रासायनिक खतांचा वापर न केल्यास शेतं नापीक बनतील हा विचार युस्टुस फॉन लीबिग या जर्मन शास्त्रज्ञानं सन १८२६ साली मांडल्यानंतरच शेतकरी रासायनिक खतं वापरू लागले. लीबिगच्या विचारांची पकड त्यानंतरच्या कृषिशास्त्रज्ञांच्या मनावर इतकी घट्टपणे बसली की जमिनीतल्या सूक्ष्मजंतूंच्या पोषणासाठी म्हणून दिल्या जाणाऱ्या सेंद्रीय खतांमधल्यासुद्धा पोषणऊर्जेचा विचार न करता ते त्यातल्या नत्र-स्फुरद-पालाश यांचाच विचार करू लागले. हेक्टरी १०० गाड्या चांगले कुजलेले शेणखत ही शिफारसही याच मानसिकतेतून निघाली.

एक हेक्टर जमिनीत ५० टन कंपोस्ट खत घालावयाचं असेल तर ते बनविण्यासाठी सुमारे १० हेक्टरमधला त्याज्य शेतमाल वापरावा लागतो. यामुळे

आपले कृषिशास्त्रज्ञ, योजनाकार आणि प्रशासक यांचं असं मत बनलेलं आहे ही सेंद्रीय शेती अव्यवहार्य आहे. परंतु आम्ही दाखविल्याप्रमाणं एका हेक्टरला जर केवळ दोन-अडीचशे किलोग्राम हिरवा पाला येवढंच खत पुरत असेल, तर तेवढा पाला आपल्याला अगोदरच्या पिकांतून किंवा आपल्याच शेतात वाढणाऱ्या तणांपासूनही मिळवता येईल.

खरे आवश्यक काय ?

वरील विवेचनामधून एक गोष्ट उघड होते, की आपल्याला शेतीसाठी रासायनिक खताची, शेणखताची किंवा कंपोस्ट खताचीही आवश्यकताच नाही. वनस्पतींच्या वाढीला आवश्यक असणारी सर्व खनिजद्रव्ये त्यांना जमिनीत राहणाऱ्या सूक्ष्मजीवांद्वारे मिळू शकतात. या शोधामुळे आपल्या देशाचा व जगाचाही मोठा फायदा होणार आहे. जगात खर्च होणाऱ्या एकूण ऊर्जेपैकी सुमारे १.२ टक्के ऊर्जा ही रासायनिक खतांच्या निर्मितीवर खर्च होते. रासायनिक खतांची निर्मिती हा जगातला सर्वात अधिक ऊर्जा वापरणारा व्यवसाय आहे. हा व्यवसायच बंद केला, तर मोठ्या प्रमाणात ऊर्जेची बचत होणार आहे. शिवाय शेण आणि शेतीतला त्याज्य माल यांपासून खतनिर्मिती न केल्यास हा मालही आपल्याला ऊर्जेचा स्रोत म्हणून वापरता येईल. भारतात प्रतिवर्षी ६० कोटी टन त्याज्य शेतमाल आणि सुमारे २० कोटी टन शेण निर्माण होते. यांचा उपयोग घरगुती इंधन म्हणून बऱ्याच अंशी सध्या केला जातो. पण त्यापासून वीजनिर्मिती केल्यास आपला संपूर्ण ग्रामीण भाग विजेच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होऊ शकेल.

ग्रामीण भागात स्थानिक पातळीवर वीज निर्माण करणे हे आज महाराष्ट्राच्या अनेक भागांमध्ये सहज शक्य आहे. साखर कारखान्यांकडे वीजनिर्मिती करण्याची संपूर्ण यंत्रणा उपलब्ध असते. या यंत्रणेत उसाची चोयटी (बगॅस) बॉयलरमध्ये जाळून त्यापासून निर्माण होणाऱ्या उच्च दाबाच्या वाफेवर टर्बाइन चालवून विजेची निर्मिती केली जाते. आज बहुसंख्य साखर कारखान्यांच्या कार्यक्षेत्रात सहकारी दूध प्रकल्पही चालविले जातात व त्यामुळे या परिसरात मोठ्या प्रमाणात शेणही उपलब्ध असते. उदाहरणार्थ वारणा दूध प्रकल्पातून रोज सुमारे ३०० टन ताजे शेण मिळू शकेल असे प्रस्तुत लेखकाला सांगण्यात आले आहे. ज्या बॉयलरमध्ये इंधन म्हणून बगॅस वापरले जाते त्यात शेणाच्या गोवऱ्या वापरण्यात कोणतीच अडचण येऊ नये. त्यामुळे बगॅस आणि स्थानिक शेतकऱ्यांकडून घेतलेल्या गोवऱ्या यांचा वापर केल्यास या कारखान्यांना ज्यादा भांडवली गुंतवणूक न करता आपल्या परिसरातल्या ग्रामीण भागातील लोकांना वीज पुरविणे सहजी शक्य आहे.

आपल्या देशात आज इंधनाची प्रचंड टंचाई आहे. आपण वापरीत असलेल्या एकूण खनिज तेलापैकी ७० टक्के तेल आपण आयात करतो. यामुळे आपला खूपसा पैसा देशाबाहेर तर जातो. त्यामुळे ऊर्जेच्या बाबतीत आपण जितके स्वयंपूर्ण होऊ तितकं आपल्याच फायद्याचं आहे. म्हणून शेणांचा आणि शेतातल्या त्याज्य मालाचा वापर खत म्हणून न करता ते स्थानिक पातळीवर वीजनिर्मितीसाठी इंधन म्हणून वापरणे यातच देशाचा फायदा आहे. शिवाय वीजनिर्मितीसाठी खनिज ऊर्जेचा वापर न करता जैवभाराचा वापर केल्यास आपल्याला कार्बन क्रेडिटचाही फायदा घेता येईल. ■

लेखक : **डॉ. आ.दि. कर्वे** - वनस्पती शास्त्रज्ञ, ॲप्रोप्रिएट रूरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूट या संस्थेचे संस्थापक आणि अध्यक्ष.

संदर्भचे प्रतिनिधी

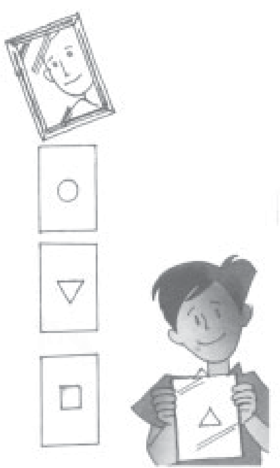
१) श्री. नंदलाल जोशी, चंद्रमा - १७ ब, अंकुर, महाबँक सोसायटी, सावेडी रोड, अहमदनगर ४१४ ००१. फोन - ०२४१-२३२३६०७
२) श्री. नागेश मोने, ११२३, ब्राह्मणशाही, भाग्योदय निवास, वाई, जि. सातारा. फोन - ०२१६७-२२०७६६
३) श्री. विष्णु सोमण, आनंदनगर, जालगाव, दापोली, जि. रत्नागिरी ४१५ ७१२ फोन - ०२३५८-२८२१९१
४) ॲड. देवीदास वडगावकर, देवधर - आदर्शनगर तांबरी - उस्मानाबाद फोन - ०२४७२-२२४३२५
५) डॉ. मधुकर गुंबळे, अपेक्षा होमिओ सोसायटी, गुरूकुंज - मोझरी ता. तवसा जि. अमरावती ४४४ ९०२, फोन - ०७२२५-२२४२४०
६) श्री. राजेंद्र गाडगीळ, २३७, शिवाजीनगर, जळगाव - ४२५ ००१ फोन - ०२५७-२२२३९७१
७) श्री. प्रकाश खटावकर, ३०४, सोमवार पेठ, सातारा, फोन - ०२१६२-२३४५७५.
८) श्री. शरद जोशी, ग्रंथ प्रसारक, अमर कल्पतरु को-ऑप. सोसायटी, देवी चौक, शास्त्रीनगर, डोंबिवली, (प.) जि. ठाणे फो-०२५१-२४८६९६७
९) सौ. स्मिता जोगळेकर, एम-२५२, रिझर्व्ह बँक क्वार्टर्स, नॉर्थ ॲव्हेन्यू, सांताक्रुझ प.मुंबई-५४ फो - ०२२- २६६०२९४७
१०) श्री. अरूण केशव खाडीलकर, १३ अ, आनंदवन हौसिंग सोसायटी, आरटीओ ऑफीसजवळ, विजापूर रोड, सोलापूर - ४१३ ००४ फो - ९८५००९३६२३

करूया प्रयोग

लेखक : विवेक माँतेरो ● **अनुवाद :** यशश्री पुणेकर

गेल्या वेळेला मी सांगितलेले आरशाचे प्रयोग करून पाहिलेत का ? आपण गोल, चौकोनी आणि त्रिकोणी आरशांच्या प्रतिमा वेगवेगळ्या ठिकाणी पाडल्या होत्या. आता तुमची आणि माझी निरीक्षणं सारखीच आहेत का ? ते पडताळून पाहू.

१. जेव्हा आरशाची प्रतिमा जवळच उभ्या असलेल्या मित्राच्या शर्टवर किंवा जवळच गोष्टीवर पाडली तेव्हा जसा आरसा असेल म्हणजे गोल, त्रिकोणी तशाच प्रतिमा पडली.

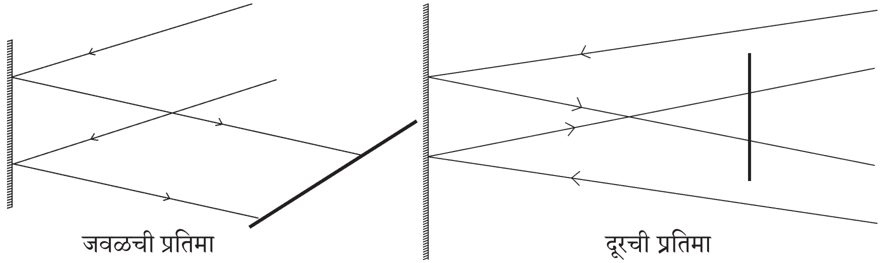


२. जेव्हा २० मीटर लांब असलेल्या भिंतीवर प्रतिमा पाडली तेव्हा तिन्ही आरशांच्या प्रतिमा गोलच पडल्या.

मी तुम्हाला म्हटलं होतं या प्रयोगातून आणि त्यातून पडणाऱ्या प्रश्नातून तुम्ही एक वेगळा विचार करायला लागाल. वैज्ञानिक होण्याची ही अगदी सुरूवातीची पायरी आहे. मला माहितेय की आरशाचं भिंतीपासूनचं अंतर मागे पुढे करुन तुम्ही काही निरीक्षणं नक्कीच नोंदवली असणार.

- किती अंतर दूर गेलं की चौकोनी आणि त्रिकोणी आरशाची प्रतिमा गोल होते ?
- भिंतीवर पडणारी गोल प्रतिमा म्हणजे नेमकं काय आहे ?
- आपण अगदी छोटे आरसे घेऊन (म्हणजेच कागदावर लहान आकार कापून) हा प्रयोग केला तर काय होईल ?
- छोट्या आरशातली दूरवरची प्रतिमा लहानच असेल का ?

काय म्हणालात ? या प्रश्नांची उत्तरं तुम्ही स्वतः शोधली आहेत. वा ! खऱ्या शास्त्रज्ञाचे हेच तर वैशिष्ट्य आहे.



बरं आता मला सांगा की लांबून पडलेली प्रतिमा गोल का दिसते ?

'कारण आरसा अशा वेळी एखाद्या पिनहोल कॅमेऱ्याचं काम करतो. या पिनहोल कॅमेऱ्यातून आपण सूर्याची प्रतिमा भिंतीवर पाडतो म्हणून ती गोल दिसते. कारण सूर्य गोलच आहे.' तुमचं म्हणणं अगदी बरोबर. भिंतीतलं आणि आरशातलं अंतर वाढवून आपण सूर्याची मोठी, अधिक मोठी प्रतिमा मिळवू शकतो. आता तुमच्या लक्षात येईल की आपल्या प्रतिमेचा व्यास भिंत आणि आरशाच्या मधल्या अंतराच्या शंभरपट कमी आहे. जर हे अंतर १०० मीटर असेल तर आपल्याला १ मीटर व्यास असलेली सूर्यप्रतिमा मिळेल.

सूर्य आपल्या हातात

मग या कल्पनेचा विचार करून आपल्याला एक सूर्यदुर्बिण (Solar telescope) बनवता येईल. सूर्याच्या पृष्ठभागाचं, त्याच्यावरच्या डागांचं निरीक्षण करता येईल. आपल्या मित्रमैत्रिणींना, आईबाबांना दाखवता येईल.

या सूर्यदुर्बिणीतून सूर्यावरच्या डागांचा फोटोही काढता येईल. तुम्हाला सुद्धा पाहिजे तेवढ्या आकाराची छानशी सूर्यप्रतिमा मिळवता येईल.

'मला १० मीटर व्यासाची सूर्य प्रतिमा मिळवण्यासाठी १ किलोमीटर अंतर ठेवावं लागेल का ?' हो, पण हे वाटतं तेवढं सोपं नाही कारण अंतर जसं जसं वाढत जाईल तसतशी प्रतिमा अस्पष्ट होत जाते. मग स्पष्ट

प्रतिमा मिळविण्यासाठी काय करावं लागेल ?

जिथे प्रतिमा पाडायची आहे त्या खोलीत जास्तीत जास्त अंधार करा.

दुसरी महत्वाची गोष्ट म्हणजे तुमचा आरसा एखाद्या स्थिर स्टँडवर ठेवा. आरसा थोडा जरी हालला तरी प्रतिमा बिघडू शकते म्हणून आरसा स्थिर हवा.

एखादा मोठा प्लॅस्टिकचा बॉल घेऊन त्यात वाळू भरा म्हणजे आरसा ठेवायला मस्त स्टॅन्ड तयार होईल. आता प्लीज, खोलीत अंधार कसा करायचा ... बॉलमध्ये आरसा कसा बसवायचा... अशा गोष्टी मात्र मला विचारू नका. खरेखुरे शास्त्रज्ञ अशा प्रश्नांची उत्तरं स्वतःच शोधून काढतात. उलट तुम्हीच मला तुम्ही पाडलेल्या प्रतिमेचे फोटो पाठवून द्या. मी वाट बघतोय. हा तुमचा प्रयोग यशस्वी झाला तर त्याबद्दल आम्हाला जरूर कळवा.

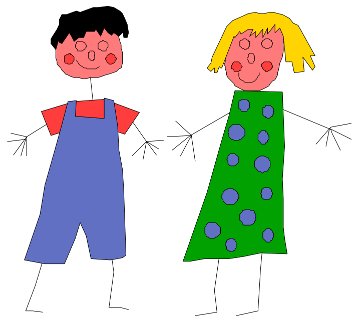
पुढच्या लेखात सूर्य, सूर्यडाग आणि आपली पृथ्वी यांच्याबद्दल आपल्या सूर्यदुर्बिणीतून काय काय माहिती मिळवता येईल ते सांगेन. ■

या आणि मागील लेखांकातील चित्रे जंतरमंतर मधून साभार

लेखक : **विवेक मॉंतेरो** - डाव्या परिवर्तनवादी विचारांचे लोकवैज्ञानिक, भौतिक शास्त्रातील डॉक्टरेट. नवनिर्मिती संस्थेचे संस्थापक.

अनुवाद : **यशश्री पुणेकर**

शिक्षणपत्रिका



तुमचं आमचं खास - मेंदू

लेखक : सुहास कोल्हेकर

आपल्याला परीक्षेच्या काळात बराच वेळ अभ्यास केल्यावर भूक लागते. दमायला होतं. का बरं ? शारीरिक कामाला जशी शक्ती लागते तशीच बौद्धिक कामालाही ऊर्जा लागते. या मेंदूचं कामकाज कसं चालतं ?

मागच्या लेखात मी आपल्याशी दैनंदिन अनुभवातल्या काही गोष्टींबद्दल गप्पा केल्या. मी ज्या मेंदूची पेशी आहे त्याबद्दल आता जरा जास्त ओळख करून देते.

आपण एकमेकांना चिडवताना म्हणतो 'वरचा मजला रिकामा'.... आपल्या शरीराच्या सर्वांत वरचा मजला म्हणजे डोकं रिकामं म्हणजे त्यातल्या मेंदूची वाढ नीट झालेली नाही. त्यामुळे सांगितलेला जोक किंवा कोडं पटकन कळत नाही. हा मेंदू निसर्गातल्या अनेक आश्चर्यांपेक्षा जास्त अद्भूत/अगम्य आहे. तुम्हाला कॉम्प्युटर फारच ग्रेट वाटतो ना तर अशा शेकडो कॉम्प्युटर्स पेक्षा अधिक सक्षम आपला मेंदू असतो - 'सुपर कॉम्प्युटर'. मेंदूची वाढ होताना आईच्या पोटातील गर्भाला जर इजा झाली तर जन्माला येणारं बाळ मतीमंद किंवा गतिमंद असू शकतं.

तुम्ही कुत्र्याची छत्री बघितली आहे का ? पावसाळ्यात उगवते ती - म्हणजेच आळंबी किंवा मशरूम म्हणतात. एक दांडी आणि त्यावर मोठी लिबलिबित वाढ - असाच काहीसा मेंदू असतो. साधारणपणे दीड किलो वजन आणि डोक्यातील कवटीच्या पोकळीत गच्च बसलेला - जेलीसारखा लिबलिबित. कापसाचे पेळूच रचून ठेवल्यासारखा दिसतो त्याचा वरचा भाग. ह्या सुपर कॉम्प्युटर मध्ये ३० बिलियन

मानवी मेंदूची बाह्यरचना

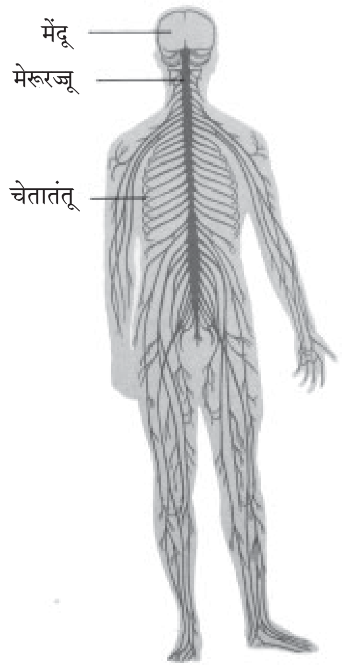
'न्यूरॉन्स' आणि त्याच्या ५ ते १० पट 'ग्लीअलसेल' अशा दोन प्रकारच्या 'पेशी' असतात. त्यांच्या दोन प्रकारच्या समूहांना 'ग्रे मॅटर' अन 'व्हाईट मॅटर' असे म्हणतात. एखादी व्यक्ती खूप बुद्धिमान आहे म्हणजे त्याचं 'ग्रे मॅटर' जास्त आहे असं म्हणण्याची पद्धत आहे.

'मेंदू' हा काही सच्चूचा फक्त एक अवयव नाही तर तो म्हणजेच त्याचं व्यक्तिमत्व, त्याची मानसिकता, त्याचे प्रतिसाद ह्या सगळ्याला जबाबदार. तो कानाने ऐकतो, डोळ्याने बघतो, नाकाने वास घेतो, जिभेने चव घेतो, हाताने-बोटांनी स्पर्श करतो पण खरं तर हे सगळं करत असते, मेंदूची पेशी. कान, डोळे, नाक, जीभ, त्वचा ही सर्व पचेंद्रिये म्हणजे नुसत्या खिडक्या. त्यातून फक्त माहिती येते. माहितीतून ज्ञान प्राप्त करणं, ते वापरणं, संग्रही ठेवून योग्य वेळी पुढील आयुष्यात वापर करणं हे सगळं आमचं काम - मेंदूतल्या पेशींचं. मीच सच्चूला सांगते 'मस्त वास येतोय, कांद्याच्या भज्यांचा. तुला भूक लागली आहे, स्वयंपाकघर गाठ. छान मोगऱ्याचा वास येतोय, गजरा घालून येतंय कुणीतरी.'

सच्चू, तू लहान असतांना एवढा धडपडायचा, पण आता तुला आपोआप 'तोल' सावरता येतो, अगदी ओल्या फरशीवरून पाय जरा घसरला तरी - कारण मी 'लक्षात ठेवलंय' हात कसे हलवले की तोल सावरता येतो ते' त्यामुळे क्षणार्धात मी हातांना कळवतो - 'पडतोय', ते हलतात त्या विशिष्ट पद्धतीने अन् सावरला जातो तोल. मात्र फार दमलो असलो ना, तर झटकन जमत नाही सगळं, मग होतो एखादवेळी साष्टांग दंडवत - पण क्वचितच. पुढच्या वेळी आधीच सूचना देतो 'ओ भाई जरा सम्हलके चलो...'

मला रात्रंदिवस निगराणी करावी लागते, सर्व ठाकठीक चाललं आहे ना? उदाहरणार्थ 'थंडी थंडी' म्हणून तोंडावरून पांघरूण घेऊन झोपल्यावर, काही तासांनी रक्तातल्या CO_2 चं प्रमाण वाढतंय असं मला जाणवतं. मग मी सच्चूच्या हातांना हालचाल करण्याची सूचना देतो. मग झोपेतच सच्चूचे हात तोंडावरून पांघरूण दूर करतात आणि जलदगतीने श्वास घेऊ लागतात - त्यासाठी मला छातीचे स्नायू आकुंचन प्रसरण पावण्याची गती वाढवायला लागते. ह्या गडबडीनं सच्चू जागा होतो - 'छातीत धडधडतंय' म्हणतो.

आता असं अहोरात्र अन हजारो प्रकारची कामं करायची म्हणजे केवढी मोठी ऊर्जा हवी ना - म्हणून मी फारच 'खादाड' आहे. सच्चूच्या वजनाच्या फक्त २% वजन मेंदूचं पण शरीरात घेतल्या जाणाऱ्या प्राणवायूपैकी २०% वाटा मेंदूकडे जावा लागतो. म्हणून हृदयाने 'पम्प' केलेल्या एकूण रक्तापैकी १/५ रक्त मेंदूला पाठविलं जातं. मला सतत पुरवठा लागतो. जरा 'तुटवडा' झाला तर सच्चूला चक्कर येते. 'तीनच मिनिटे' पुरवठा बंद झाला तर भरपूर नुकसान होतं. पक्षाघात किंवा मृत्यूच. म्हणूनच गंभीर अपघात झाला अन् मेंदूला इजा झाली तर (कधीकधी आतल्या आत रक्तवाहिनी फुटून गुठळी होणं वगैरे धोका असतो) माणूस बेशुद्ध पडतो. कधी कधी ४८ तासांपेक्षा जास्त काळ ही शुद्ध परत येत नाही. अशावेळी 'पेशन्ट कोमात' आहे असे म्हणतात - म्हणजे हृदय व फुफ्फुसाची क्रिया सुरू पण मेंदूची क्रिया मंद. फक्त अत्यावश्यक अवयवांच्या नियंत्रणाचे काम सुरू पण ज्ञानेंद्रियांकडून बाहेरचा ट्रॅफिक बंद. मोठ्या तुटवड्याच्या वेळच्या 'लोड शेडींग' सारखा हा 'जीवन' वाचवण्याचा प्रयत्न. कधीकधी ७-८ दिवसांनी, काही महिन्यांनी पेशन्ट 'कोमाच्या बाहेर' - जागृत अवस्थेत येतो - अनेकदा मृत्यू पावतो. त्यापूर्वी काही काळ क्वचित फक्त डोळे उघडून बघतो पण समजत नाही, जवळच्यांनाही ओळखत नाही - अशी अवस्था होते.



मेंदू आणि मेरूरज्जू मिळून केंद्रीय चेतासंस्था तयार होते. मेंदूचे रक्षण कवटी करते तर मेरूरज्जूचे रक्षण पाठीचा कणा करतो.

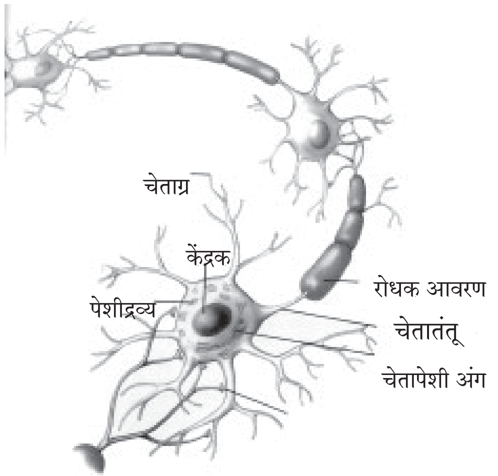
पुरेशी आणि सतत ऊर्जा पुरवण्यासाठी मला सतत 'अन्न' लागत असतं - माझं अन्न म्हणजे जेवण पचवल्यावर तयार होऊन रक्तातून पुरवलं जाणारं 'ग्लुकोज' - म्हणूनच जास्त अभ्यास केला की जास्त भूक लागते, काहीतरी गोड निदान साखर तरी खावी असे वाटते. (काही जणांची मात्र 'ताण' वाढून भूक मंदावते परीक्षेच्या दिवसांत) कमी जेवलं तरी आधी 'मेंदूला पुरवठा' केला जातो.

ज्या कुटुंबात 'पोटात बाळ असलेल्या आईला' पोटभर सकस जेवायला मिळत नाही, त्या बाळाची शारीरिक आणि बौद्धिक वाढही नीट होत नाही म्हणून गरीब कुटुंबातील कुपोषित मुले अभ्यासात मागे पडतांना दिसतात. मात्र लहान वयातच अशा मुलांना सकस, पुरेसे अन्न देऊन, त्याच्या मेंदूला उत्तेजित करणाऱ्या अनुभवांची (जी

मध्यम परिस्थितही सहज मिळत असते) जोड दिली, तर ही उणीव भरून निघू शकते - कारण माझ्यात म्हणजे मेंदूच्या पेशीत आनुवंशिकतेने आलेल्या क्षमता असतात पण त्यांचा विकास होण्याची, त्या प्रगट होण्याची संधी मिळावी लागते.

अशा ह्या अत्यंत महत्त्वाच्या अन् गुंतागुंतीच्या पण नाजूक अवयवाचं रक्षण केलं जातं 'कवटी' मुळे. बाळपणी सुट्यासुट्या असणाऱ्या हाडांची पुढे जोडणी होऊन ही मेंदूची संरक्षक तटबंदी तयार होते. ह्याची जाडी वरच्या - टाळूच्या बाजूला अर्धा सेंटीमीटर तर तळाशी त्याहूनही अधिक असते. मेंदूच्या भोवती एक पातळ पदार्थ असल्यामुळे धक्के सहन करण्यास मदत होते. 'रक्त-मेंदू पटल' (blood brain barrier) द्वारपालासारखे काम करतो. निवडक गोष्टीच आत सोडल्या जातात. मला आवश्यक असलेल्याचे (उदाहरणार्थ ग्लुकोज) स्वागत होते तर विषारी पदार्थ व जीवाणू अडविले जातात. बहुतेक सर्व वेदनाशामक व बधिर करणारी औषधं सहज आत येतात. दुर्दैवाची गोष्ट अशी की दारू आणि अंमली पदार्थही सहज प्रवेश मिळवतात आणि माझ्या नेहमीच्या क्रियात अडथळे आणतात. त्यामुळे 'भास' होऊ लागतात, कुणी अदृश्य व्यक्ती बोलते आहे... वगैरे.

एवढी सर्व प्रकारच्या संरक्षणाची व्यवस्था असली तरी मेंदूला अनेक संकटांना तोंड द्यावे लागतेच. 'ट्यूमर' म्हणजे गाठींची वाढ झाली, तर कवटीतील मर्यादित पोकळीमुळे त्यांचा मेंदूतील इतर केंद्रावरही दाब पडून अनेक गुंते निर्माण होतात. कोकणातल्या त्या वासूच्या 'डोकं' दुखण्याचे



चेतापेशीची रचना

चेता चेतातंतूंच्या जुडग्यांच्या बनलेल्या असतात. हजारो चेतातंतूपैकी प्रत्येक तंतू म्हणजे एक चेतापेशी. चेतापेशीमध्ये इतर पेशीप्रमाणेच एक केंद्रक आणि सभोवती पेशीद्रव्य असते.
चेतातंतूमधून विद्युत आवेगाच्या स्वरूपात संदेशांचे वहन केले जाते. यासाठी त्यांच्याभोवती मेद पदार्थांचे रोधित आवरण असते. दोन चेतापेशी जेथे जवळ येतात तेथे संपर्कस्थान तयार होते.

कारण शोधण्याऐवजी मांत्रिकाकडे नेलं - त्या ताणाने तो अजून अशक्त झाला. दृष्टी अंधुक झाल्यावर दवाखान्यात आणलं तेव्हा कळलं की वाढणाऱ्या गाठीचा, ट्युमरचा दाब पडून दृष्टीची शीर निकामी झाली होती. ही गाठ कॅन्सरची होती. मात्र साधी (न पसरणारी) गाठ असली तर ती ऑपरेशनने काढता येते व प्रकृती सुधारते.

दुसरा शत्रू 'गुठळी' - रक्तवाहिनीत गुठळी झाल्यामुळे मेंदूच्या काही भागांना रक्त पोहचत नाही. माझ्या त्या ठिकाणच्या मित्रांची उपासमार होते. मग दुष्परिणाम दिसून येतात. कधी कधी फक्त 'विस्मृती' जाणवते तर कधी पॅरालिसिस होतो (तर कधी मृत्यू देखील). अशा रुग्णासाठी फार काही उपचार करता येत नाही - फक्त आपल्या हातात असतं, त्यांना त्यांच्या व्याधीसह जगण्याचे प्रशिक्षण देणं. म्हणजेच 'पुनर्वसन'.

तिसरा शत्रू म्हणजे 'मेंदूला इजा' होणं. मेंदूभोवतीचा 'शॉक' शोषून घेणारा पातळ द्रव पदार्थ आणि टणक कवच - कवटी ह्यामुळे काही प्रमाणात 'संरक्षण' होत असलं तरी अपघात, उंचावरून पडणे ह्यामुळे किंवा मारामारीत मेंदूला इजा होऊ शकते. दुखावलेली कुठलीही जागा सुजते तसेच मेंदुचाही इजा झालेला भाग सुजतो पण कडक कवटीमुळे सुजायला फारशी जागा नसते. 'भोवळ' येण्यापासून (डोळ्यासमोर अंधारी येणे) 'मृत्यू' पर्यंत विविध प्रकारचे परिणाम होऊ शकतात.

मित्रांनो, आपल्या १०-१२ वर्षांच्या ह्या वयात क्षणाच्या रागाने आपण मारामाऱ्या करतो तेव्हा एक भान नक्की ठेवा. आपली 'मान' फार नाजूक असते. मेंदुचं कवटीचे कवच संपतं आणि पाठीचा कणा सुरू होतो. ज्या जोडाच्या ठिकाणी 'मज्जारज्जू' वर संरक्षक कवच नसते, तो भाग म्हणजे मान. म्हणून मानेवर वार करू नका कधीही.

लहान रांगतं मुलं उंचावर एकटं सोडू नका. ते खाली पडलेली - त्यानेच टाकलेली वस्तू उचलण्याचा प्रयत्न करताना डोक्यावर पडतं. अशा प्रकारे मेंदूला इजा झालेली लगेच लक्षात आली नाही तरी त्याचे दुष्परिणाम उशीरा मोठेपणी जाणवू शकतात.

अशा वेळी मला माझ्या मर्यादेची अडचण सर्वाधिक जाणवते. कातडी, काळीज, रक्त ह्यातील पेशी दुखावल्या गेल्या किंवा निकामी झाल्या तरी तिथे सतत नव्या पेशींची भरती होत असते मात्र आमच्यात 'पुनरुत्पादन' क्षमता नसते. त्यामुळे मेंदूची एक जरी पेशी निकामी झाली तरी तो कायमस्वरूपी तोटा असतो. वयाच्या ३५ व्या वर्षांपर्यंत सच्चूच्या दिवसाला १००० चेता पेशी निकामी होतील. त्यामुळे वय वाढलं की मेंदूचे वजन कमी होईल. सुरवातीपासून भरपूर प्रशिक्षित अशा आम्ही पेशी मोठ्या संख्येने हजर असल्यामुळे ही

हानी भरून काढली जाते. पण फारच मोठ्या संख्येने आमचे सहकारी निकामी झाल्यावर परिणाम दिसणारच. म्हणून तर आजोबांना-आजींना ऐकू कमी येतं. छान वास / चव पटकन कळत नाही. विस्मृती होते. नावं आठवत नाहीत. थोड्या वेळात आधी सांगितलेलं विसरतात आणि खूप जुनं त्यांच्या तरुणपणातलं/लहानपणचं तेच तेच सांगत बसतात. एकंदर सुसूत्रता बिघडते म्हणून ज्या कमी पेशी शाबूत असतात, त्या हृदय, श्वास आणि मूत्रपिंडाचे काम सुरळीत ठेवण्यासाठी काम करतात. सर्वात महत्त्वाची कामं शेवटपर्यंत सुरू ठेवण्याचा प्रयत्न करतात अन् हळूहळू ज्योत मंदावते म्हणजे मरण.

आता आमच्या म्हणजे चेतापेशींच्या कामाची थोडीफार कल्पना तुम्हाला आली असेल. आई कधीतरी म्हणते, ''अरे जरा मनापासून अभ्यास कर.'' हे मन आणि मेंदू यांचं काय गौडबंगाल आहे ते पुढच्या लेखात पाहू.

■

लेखक : **सुहास कोल्हेकर,** हाफकीन संस्था मुंबई येथून पी.एचडी. व्हायरल जेनेटिक्स, मॉलिक्युलर बायोलॉजी व जेनेटिक इंजिनिअरिंग या विषयात अमेरिकेत पोस्टडॉक्टरल रिसर्च. अक्षरनंदन शाळेत स्थापनेपासून सहभाग, नर्मदा बचाव आंदोलनात सक्रीय.

निर्मळ

रानवारा

रानवारा महिन्यातून एकदा मुलांना भेटायला येतो. मुलं फक्त उद्याची नागरिक नाहीत, आजचं मूल म्हणून आनंदानं जगण्याचा त्यांना हक्क आहे. मुलांचं मनोरंजन करावं, त्यांना खूप खूप माहिती द्यावी, भरपूर आनंद द्यावा - यासाठी रानवारा आहे.

अंकाची किंमत रु. १५/- वार्षिक वर्गणी रु. १५०/- सहामाही वर्गणी रु. ७५/- द्विवार्षिक वर्गणी रु. ३००/- आजीव सभासद फी रु. २०००/-

वंचित विकास संचलित - रानवारा
४०५/९ नारायण पेठ, मोदी गणपतीमागे, पुणे ४११ ०३०.
फोन - २४४५४६५८, २४४८३०५०

रंगात रंगूया

गरज ही शोधाची जननी आहे असं म्हणतात. रासायनिक रंगांचा त्रास होतो म्हणून रंगपंचमी बंद, म्हटल्यावर त्रास न होणारे रंग शोधण्याची कल्पना अथर्व सोमण या शाळकरी मुलाला सुचली आणि त्यातून एक छान उपक्रम राबवला गेला. त्याच्या या प्रकल्पाला तालुका आणि जिल्हा पातळीवर प्रथम क्रमांक मिळाला नंतर राज्य विज्ञान प्रदर्शनात हा प्रकल्प सादर झाला.

आम्हा मुलांचा आवडता सण रंगपंचमी. रंगामध्ये चिंब भिजण्याचा आणि भिजवण्याचा सण. दोन तीन वर्षांपूर्वीचा प्रसंग. रंगपंचमीला आम्ही मित्रमैत्रिणींनी खूप रंग केले होते आणि एकमेकांना त्यात बुडवून काढत होतो. एवढ्यात आमचा एक मित्र डोळ्यावर हात धरून किंचाळायला लागला.

त्याच्या डोळ्यात रंग गेल्याने ते झोंबत होते, डोळे इंगळासारखे लालेलाल झाले होते, ते त्याला उघडता येत नव्हते. बाबांनी त्याला डॉक्टरांकडे नेलं, औषधोपचार झाले, डोळे वाचले, पण बुब्बुळावर एक ओरखडा मात्र राहिला. यानंतर बाबांचं फर्मान मात्र निघालं, 'पुढच्या वर्षापासून रंगपंचमी बंद.'

रंगपंचमी खेळायची नाही छे, काहीतरीच! 'रंगपंचमी बंद' च बाबांनी फर्मान काढलं आणि यावर उपाय काय? हा विचार सुरू झाला.

एके दिवशी मी नेहमीप्रमाणे आईच्या पाठीशी काहीतरी भुणभुण करत होतो. आई भाजी चिरत होती

आणि ताई काहीतरी किसत होती. ताई कीस वर उचलून ठेवत असताना माझ्या दंगमस्तीत तिला धक्का लागला आणि सर्व कीस आणि तो रस माझ्या अंगावर सांडला, तोंडात गेला. चव चांगली लागली, डोळ्यातही गेला पण काहीच झालं नाही, पण पांढरा शर्ट मात्र पुरा लालेलाल झाला. आई मारायला धावली पण माझी मात्र निराळीच 'ट्यूब पेटली.'

मी 'सापडला-सापडला' असं ओरडत बाबांकडे धूम ठोकली. आणि 'ही बघा रंगपंचमी आणि त्यासाठीचा हा लाल रंग; बाबा हा रंग आहे बीटाचा.' असं एका दमात सांगून टाकलं.

'अथर्व, आणखी कोणत्या भाज्या, पानं, फुलं यांचे रंग काढता येतील याची यादी कर' असं सांगून बाबांनी मला कामालाच लावलं. बाबांनी २/३ पुस्तकं दिली आणि सांगितलं की ज्या वनस्पतींचे रस अंगाला लावा किंवा प्या असं सांगितलं आहे ते लिहून ठेव. आईनी मला माझ्या इतिहासाच्या पुस्तकातलं 'रंगाचा इतिहास' असं प्रकरण दाखवलं आणि म्हणाली - अथर्व अशी माहितीपण जमव. आम्ही शोधायला लागलो.

काम सुरू झालं. कशाकशापासून रंग मिळतील विचार सुरू झाला. मग सागाची पानं हातावर चोळून रक्त काढण्याची जादू आठवली, डोळे आलेले असताना आईने डोळ्यात घातलेला कोथिंबीरीचा रस चरचरला, 'जागृत ज्वालामुखी' करताना

हळदीचा केलेला उपयोग आठवला. आई-ताईचे मेंदीने रंगलेले हात पाहिले, येणाऱ्या जाणाऱ्याजवळ विचारून एक १५/२० रंगांची यादीच तयार झाली.

बीटाचा	लाल
सागाचा	लाल
हळदीचा	पिवळा
झेंडूचा	केशरी
मेंदीचा	लाल
कोथिंबीर	हिरवा

'रंगपंचमीच्या सणासाठी सिल्व्हर पेंट, फुकट गेलेलं इंजिन ऑईल, प्रेस इंक, ऑईल पेंटस या घातक रंगांचा वापर करतात. अशा हानिकारक रासायनिक रंगांमुळे -

१. त्वचेची व डोळ्यांची जळजळ होते.

२. हवेचे व पाण्याचे प्रदूषण होते.

३. हे रंग धुऊन काढण्यासाठी पाण्याचा अपव्यय होतो.

४. हे रंग पाण्यातून जमिनीत जातात आणि जमीनही प्रदूषित होते. ती नापिक होते.

या शिवाय या रंगांमध्ये ॲसबेसटॉस, लेड, सिलिका अशी काही शरीरात विष पसरवणारीही द्रव्ये असतात. लेडमुळे मज्जातंतूंना बधीरता येते.

या रंगांना चमक येण्यासाठी त्यामध्ये काचेची भुकटी मिसळली जाते. ती शरीरात व डोळ्यात जाण्याने डोळ्यांना इजा पोहोचू शकते.

ॲसबेसटॉसमुळे फुफ्फुसांचा कॅन्सर होऊ शकतो. क्षय, दमा इ. श्वसनाचे विकार होऊ शकतात.'

एवढी सगळी माहिती आम्हाला मिळाली मग आम्ही ज्या वनस्पतीपासून रंग तयार करता येईल अशा वनस्पतींची यादी तयार केली -

हवा, जमीन, पाणी यापैकी कोणत्याही प्रकारे प्रदूषण होणार नाही आणि नैसर्गिक साहित्य वापरून रंग कसे करता येतील यावर आमची बरीच चर्चा झाली. काही भाज्या आणि फुलं घेतली, त्यातून रंग तयार केले.

बीट : प्रथम बीट घेतले. ते किसले. नंतर मिक्सरवर अगदी बारीक वाटून घेतले. त्यामध्ये पाणी मिसळले आणि गाळणीतून/फडक्यातून गाळून घेतले.

पालक : पालक पाने हाताने बारीक फाडून घेतली. देठं थोडी बारीक चिरून घेतली. सर्व मिक्सरवर बारीक वाटून घेतले. पाणी मिसळून द्रव गाळून घेतला.

झेंडू : देठाचा हिरवा भाग काढून टाकला. बाकी सर्व झेंडू फुले मिक्सरवर वाटून घेतली. पाणी मिसळून द्रावण गाळून घेतले. काळपट केशरी रंग तयार झाला. शिवाय त्याला मंद गंध होता.

प्रयोग : पुनश्च झेंडूच्या फुलाच्या देठाचा भाग काढून टाकला व केवळ पाकळ्या मिक्सरवर वाटून घेतल्या. सुंदर आंबा रंग तयार झाला. शिवाय त्याला मंद गंध होता. यातून सुगंधीत रंगाची कल्पना सुचली.

सुगंधी वनस्पती : कापूरकचरी, सोनचाफा, दवणा, कचोरा, सोनकेवडा, पुदिना ...... या वनस्पतींचे अर्क वापरून रंग सुगंधित करता येतात.

सुगंधित रंग

१. स्वयंसुगंधी - उदा. झेंडू, शेवंती.

२. सुगंधी मिश्रण - काही रंगांमध्ये सुगंधी वनस्पती मिसळून सुगंधित द्रवरूप रंग तयार केले. उदा.

बीट + गुलाब पाकळ्या

झेंडू + सोनचाफा फुले

रंग गाळून घेतल्यानंतर जो गाळ रहातो त्याचं काय करावं असा विचार पडला. मग

१. लगद्याचे ओले रंग तयार करणे ,

२. लगदा सुकवून त्यापासून भुकटी रंग तयार करणे, असे मार्ग सुचले.

लगद्याचे ओले रंग : हा प्रयोग करता असताना लगदा परत मिक्सरवर आणखी वाटून घेतला, बेसन मिसळले व तो तोंडाला व अंगाला फासण्यासाठी वापरला.

वनस्पतीचे विविध रंग

अ.क्र.	वनस्पती	अवयव	तयार होणारे रंग
१	बीट	मूळ	लाल
२.	टोमॅटो	फळ	लाल
३.	प्राजक्त	देठ	केशरी – गंधीत
४.	गोकर्ण	फुले	पांधरा, निळा
५.	जास्वंद	फुले	लाल, गुलाबी असे कितीतरी विविध
६.	मेंदी	पाने	लाल, हिरवा
७.	झेंडू	फुले	केशरी
८.	झेंडू	पाने	हिरवा
९	बिक्सा/केशरी	फळे	केशरी
१०	हळद	मूळ	पिवळा
११	गुलबक्षी/सायंकाळी	फुले	लाल, पिवळा, गुलाबी, पांढरा
१२	आंबाडी	फुले	किरमिजी
१३.	साग	पाने	लाल
१४.	हरडा	फळ	काळा
१५.	कडुनिंब	पाने	हिरवा
१६.	कोकंब/रातांबा	फळे	आमसुली, लाल
१७.	जांभूळ	फळे	जांभळा
१८.	चहापत्ती	भुकटी	किरमिजी – पक्का
१९.	अंजन	फुले	जांभळा
२०.	स्ट्रॉबेरी	फळे	लाल – छटा
२१	रासबेरी	फळे	लाल – छटा
२२.	चेरी	फळे	लाल –छटा
२३.	पुदिना	पाने	उग्रगंधाचा हिरवा
२४.	कस्तूरभेंडी	फुले	पिवळा
२५.	पालक	पाने	हिरवा
२६.	लाल माठ	पाने	रक्तवर्ण लाल
२७.	राजगिरा	पाने/तुरे	लाल

रंगांचा इतिहास

अश्मयुगातील माणसाला चित्रकला, संगीत, नृत्य यासारख्या कला अवगत होत्या. अश्मयुगातील माणसाने गुहांमध्ये रंगीत चित्रे काढली होती. आजही अजंठा–वेरुळ, प्रणालक दुर्गच्या गौर लेण्या (ता. दापोली जि. रत्नागिरी, महाराष्ट्र) अशी अनेक ठिकाणी ही चित्रे आपणास पहाण्यास मिळतात.

अंधाऱ्या गुहांच्या भिंतीवर या अश्मयुगीन माणसाने दगडी दिव्यांच्या प्रकाशात ही गुहाचित्रे काढली. त्यासाठी माणसाने वनस्पती आणि रंगीत मातीपासून रंग तयार केले. गेरुचाही रंग म्हणून वापर केला हे रंग पाण्यात किंवा चरबीत कालवून माणसाने चित्रे रंगवली. काही ठिकाणी दगडावर कोरीवकाम केले आणि ते रंगवले. हत्ती, गेंडा, रानगवा, घोडा, हरीण अशा प्राण्यांची चित्रे माणसाने काढली. काही चित्रांमध्ये शिकारीचे प्रसंग रंगवले. काही चित्रांत नृत्याचे प्रसंग दाखवले. त्यामुळे हजारो वर्षांपूर्वीचेही काही संदर्भ मिळाले.

राम अनंत थत्ते

उन्हात भुकटी रंग करण्याचा प्रयत्न केला, तर भुकटी काळी झाली.

२. **लगद्याचे सुगंधी रंग :**

लगद्यामधे प्रमाणात बेसन व प्रमाणात सुगंधी वनस्पती चूर्णे (कापूरकचरी, वाळा, दवणा...) मिसळली.

आमचे वरीलप्रमाणे काही प्रयोग यशस्वी झाले. तर खालीलप्रमाणे काही प्रयोग फसले सुद्धा.

१. उन्हात वाळवून भुकटीरंग करण्याचा प्रयोग फसला. लगदा काळा पडला. आणि तो पाण्यात मिसळूनही पाण्याला रंग आला नाही.

२. तयार केलेले द्रवरूप रंग ४/५ दिवसानंतर कुजत होते. त्यावर बुरशी येत होती. त्यामुळे ते वापरण्यायोग्य राहत नव्हते.

३. द्रवरूप रंगांना उष्णता दिली पण तरीही त्यापासून भुकटी रंग तयार झाले नाहीत.

४. द्रव उन्हात सुकवले तरी सुयोग्य भुकटी रंग तयार झाले नाहीत. असे काही प्रयोग फसले, तरी आम्ही प्रयत्न करतो आहोत - करणारच आहोत.

हे रंग आम्ही खाद्य पदार्थांमध्ये खाद्यरंग म्हणून, कापड रंगविण्यासाठी (तिरंगा), कागदी लगद्याचा गणपती रंगविण्यासाठी, चित्रे रंगविण्यासाठी, रंगीत खडू व रंगीत मेणबत्या तयार करण्यासाठी वापरू शकलो. तसेच ते साबण वडीसाठी ही वापरता येऊ शकतील. ■

शब्दांकन : **विष्णू सोमण**

अथर्व सोमण : इयत्ता तिसरी, ज्ञानदीप विद्यालय, जालगाव, दापोली

जडणघडण

मुक्तीची विज्ञानवाट

भाग - ३

लेखक : दिलीप कुलकर्णी

या सृष्टीच्या मुळाशी काय आहे ? हे विश्व कसं आहे ? त्यातील वस्तूंना एकत्र धरून ठेवणाऱ्या शक्ती कोणत्या ? या आणि अशा अनेक मूलभूत प्रश्नांचा विचार भौतिकशास्त्र करतं. आत्तापर्यंत त्याबद्दल अनेक सिद्धांत मांडले गेले, त्याबद्दल फ्रिट्यॉफ काप्रा यांनी लिहिलेल्या पुस्तकातून –

'दिसतं तसं नसतं, म्हणून जग फसतं' ही म्हण आपण व्यवहारात अनेक वेळा वापरतो. पण तिचा सर्वात चांगला अनुभव व्यवहारात येण्याऐवजी पदार्थविज्ञानात येतो असं आजचे पदार्थवैज्ञानिक म्हणतील ! जे दिसतं, त्याच्या आधारे काही 'मूलभूत' असे नियम न्यूटननं सतराव्या शतकात पुढे मांडले. आणि ते खरे मानून चालल्यानं पदार्थवैज्ञानिकांची गेल्या एक-दोन शतकांत चांगलीच फसवणूक झाली. ही फसवणूक जेव्हा त्यांच्या लक्षात येऊ लागली, तेव्हा त्यांची परिस्थिती भलतीच केविलवाणी झाली ! काय होत आहे हेच त्यांना समजेना. भक्कम पायावर एखादी हवेली उभी करावी आणि लवकरच तो पाया खचतो आहे हे लक्षात यावं - असं झाल्यावर ती हवेली उभी करणाऱ्यांची जी स्थिती होईल, तशी पदार्थवैज्ञानिकांची झाली. वेर्नेर हायझेनबर्ग हे जर्मन वैज्ञानिक म्हणतात : 'आधुनिक पदार्थविज्ञानामुळे जी एकच खळबळ माजली आहे तिचं कारण हेच की, पदार्थविज्ञानाचा पायाच आता सरकत आहे !' तर आईनश्टाईन आपल्या आत्मचरित्रात लिहितात : 'या नव्या प्रकाराच्या ज्ञानाला जुन्या संकल्पनांच्या पायावरच उभं करण्याचे माझे सर्व प्रयत्न सपशेल फसले. जणू पायाखालची जमीनच कुणीतरी काढून घेत आहे तसं माझं झालं !'

काय होत्या अशा या क्रांतिकारी, नव्या संकल्पना ? The New Physics या चौथ्या प्रकरणात काप्रांनी त्यांचा ऊहापोह केला आहे. मूळ पुस्तकाच्या २५-३० पानांतील माहिती या लेखाच्या३-३॥ पानांच्या मर्यादेत कशी समजावून सांगायची ही एक मोठीच समस्या माझ्यापुढे आहे पण

पाहूया ही साठा उत्तरांची कहाणी पाचा उत्तरी सुफळ संपूर्ण करण्याचा प्रयत्न करून!

अभिजात पदार्थविज्ञान

पदार्थविज्ञानाला भौतिकविज्ञान असंही म्हणतात. 'भूत' म्हणजे जे जे उत्पन्न झालं आहे ते. आपल्याला दिसणाऱ्या सर्व वस्तू, सर्व सृष्टी ही भौतिकसृष्टी आहे.

या सृष्टीच्या मुळाशी काय आहे? ज्या विश्वाच्या पोकळीत या सगळ्या वस्तू आहेत, ते विश्व कसं आहे? या सगळ्या वस्तू कशाच्या बनल्या आहेत? या वस्तूंच्या कणांना एकत्र धरून ठेवणाऱ्या शक्ती कोणत्या? - या आणि अशा अनेक मूलभूत प्रश्नांचा विचार भौतिकशास्त्र करतं.

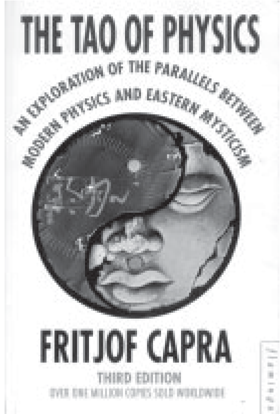
या सगळ्यासंबंधीचे मूलभूत सिद्धांत न्यूटननं पुढे मांडले होते. 'स्थल' म्हणजे काय, 'काल' म्हणजे काय हे त्यानं नि:संदिग्ध शब्दांत सांगितलं. 'अणू' कशा प्रकारचे असतात हेही त्यानं सांगितलं. गतीचे नियम त्यानं सांगितले. त्याच्या या संकल्पना गाभ्याला हात घालणाऱ्या आहेत आणि त्यामुळेच त्यांचं महत्त्व अपार आहे. संपूर्ण पदार्थविज्ञानाला न्यूटननं एक भरभक्कम पाया दिला आहे. या संकल्पना आणि सिद्धांतामधून जे पदार्थविज्ञानाचं शास्त्र पुढे येतं त्याला 'न्यूटनचं पदार्थविज्ञान' किंवा 'अभिजात पदार्थविज्ञान' (Classical Physics) असं म्हणतात.

न्यूटननं पहिला सिद्धांत मांडला तो 'स्थला'चा (space चा). तो असं म्हणतो की, ज्या विश्वाच्या पोकळीत सर्व घटना घडत असतात जे विश्व तीन मितींचं आहे. लांबी, रुंदी आणि उंची ही तीन परिमाणं कोणत्याही वस्तूचं या विश्वातलं स्थान निश्चित करतात. तीन अक्षांच्या साहाय्यानं आपण या तीन मिती दाखवू शकतो. अशा प्रकारचं त्रिमित स्थल हे सदैव जसं आहे तसंच असतं, ते स्थिर आणि अपरिवर्तनीय आहे असं न्यूटन म्हणतो. (म्हणजे काय हे आपण पुढच्या काही लेखांकांमध्ये अधिक खोलात जाऊन समजावून घेणार आहोतच.) विश्वातील सर्व बदल हे 'काल' या परिमाणामुळे आपल्याला जाणवतात. 'काल' हा स्थलाशी मुळीच संबंधित नाही, त्याला त्याचे असे केवल अस्तित्व आहे; आणि भूताकडून - वर्तमानातून - भविष्याकडे तो विश्वभर एकसारख्या वेगानं वाहात असतो असा 'काला'चा सिद्धांत त्यानं मांडला.

यांत्रिक विश्व

या त्रिमितीच्या विश्वात संचार करणारे मूलभूत घटक म्हणजे जड द्रव्याचे कण. हे मूलकण (अणू) अगदी सूक्ष्म भरीव आणि अभेद्य आहेत असं न्यूटनचं म्हणणं. त्यांचं वस्तुमान आणि आकार नेहमी कायम असतो. या कणांच्या संघातामुळे (एकत्रीकरणानं) निरनिराळ्या वस्तू तयार होतात. हे कण किंवा त्यांच्यापासून बनलेल्या

वस्तू ह्या या विश्वाच्या पोकळीत संचार करीत असतात. साहजिकच पोकळी आणि वस्तू यांमधे काहीही संबंध नसतो.



अशा या कणांमधे वा वस्तूंमधे एकमेकांना आकर्षून घेण्याची शक्ती आहे असं न्यूटनला योगायोगानं समजलं. या शक्तीलाच 'गुरुत्वाकर्षण' असं म्हणतात. गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती वा बल (force of gravity) हे दोन वस्तूंचं वस्तुमान आणि त्यांच्यातील अंतर यांवर अवलंबून असतं हे त्यानं गणितानं सिद्ध केलं. मूलकण आणि त्यांच्यातील आकर्षणबल हे परमेश्वरानं निर्माण केलं आहे असं न्यूटनचं मत होतं. साहजिकच क्षुद्र, दुर्बल अशा मानवाच्या हातून प्रत्यक्ष देवानं निर्मिलेले हे अत्यंत कठीण असे कण झिजणं वा भंगणं शक्य नाही असा त्याचा ठाम विश्वास होता.

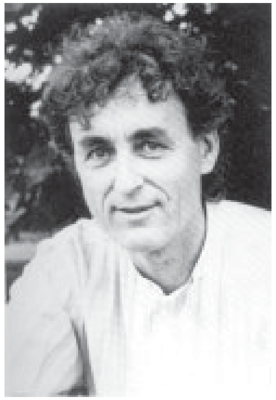
न्यूटनच्या सिद्धान्त-संकल्पनामुळे संपूर्ण विज्ञानाला एक भरभक्कम पाया मिळाला. या विश्वाची रचना एखाद्या यंत्रासारखी सुनियोजित आहे असं तेव्हापासून ठामपणे समजलं जाऊ लागलं. मूलकण, त्यांच्यातील आकर्षणबल आणि त्यांच्या गतीचे नियम ही सर्व देवाची निर्मिती असल्याने हे विश्व विनातक्रार चालू आहे. अत्यंत काटेकोर नियमांनी हा सर्व कारभार चालू असल्यानं त्यात कार्यकारण भाव आहे. म्हणजेच अमूक एक घटना हे अमूक एक घटनेचं फल आहे असं निश्चित सांगता येतं. याचाच अर्थ असा की, या विश्वाचं वस्तुनिष्ठपण, त्रयस्थपणे वर्णन करणं माणसाला शक्य आहे. न्यूटनच्या कार्याचे हे प्रतिध्वनी म्हणजे डेकार्टच्या तत्त्वज्ञानाचंच वेगळ्या शब्दात केलेलं वर्णन आहे.

अठराव्या आणि एकोणिसाव्या शतकात जी अभूतपूर्व प्रचंड औद्योगिक क्रांती झाली तिला न्यूटनचे सिद्धांत, त्यांच्या मूलभूतपणामुळे, बऱ्याच अंशी साहाय्यभूत आहेत. स्वत: न्यूटननं या सिद्धांताच्या आणि गणिताच्या आधारे आपल्या ग्रहमालेच्या भ्रमणाचे नियम बसविले. त्यात न्यूटनच्या हातून ज्या काही थोड्याफार चुका राहिल्या होत्या त्या लाप्लासनं दुरुस्त केल्या. त्यामुळे संपूर्ण सूर्यमाला ही एखाद्या यंत्रासारखी नियमित भासू लागली. इतरही अनेक क्षेत्रात न्यूटनचे नियम लावून प्रगती केली गेली. या सर्वांमुळे न्यूटनला पदार्थविज्ञानाच्या क्षेत्रात एक आगळंच स्थान प्राप्त झालं. हे संपूर्ण विश्व म्हणजे एक प्रचंड, निर्जीव यंत्र आहे आणि न्यूटननं जे नियम शोधले तेच विश्वाचे

मूलभूत नियम आहेत असंच समजलं गेलं.

पहिला धक्का

सतराव्या शतकाच्या मध्यापासून एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरपर्यंत न्यूटनप्रणीत या संकल्पना अबाधित राहिल्या; सर्वमान्य राहिल्या. ना त्यांच्या मर्यादा उघड झाल्या, ना त्या असिद्ध करणारे काही शोध लागले. गेल्या शतकाच्या अखेरीपर्यंत मात्र काही अशा गोष्टी पुढे आल्या की, ज्यामुळे न्यूटनच्या सिद्धांतासंबंधी शंकेची पहिली पाल शास्त्रज्ञांच्या मनात चुकचुकली. या प्रक्रियेला प्रारंभ झाला तो गेल्या शतकाच्या मध्यावर. अन् ज्यानं केलेल्या प्रयोगामुळे ही प्रक्रिया सुरू झाली त्या शास्त्रज्ञाचं नाव मायकेल फॅराडे. चुंबकाच्या दोन ध्रुवात तांब्याची तार फिरवली, तर त्या तारेत विजेचा प्रवाह निर्माण होतो असा हा अगदी साधा प्रयोग, पण त्याचे परिणाम फार दूरगामी अन् व्यापक असे होते. व्यावहारिक दृष्टीनं पाहिलं तर वीजनिर्मिती आणि विजेचा उपयोग करून चालवली जाणारी लाखो यंत्रं या सर्वांचं मूळ फॅराडेच्या या प्रयोगात आहे. अन् वैज्ञानिक दृष्टीनं विचार केला, तर या प्रयोगातून पूर्वीच्या वैज्ञानिक संकल्पनांना जवळजवळ कलाटणी मिळाली असं म्हटलं तरी चालेल.



असं काय सामर्थ्य आहे या प्रयोगाचं ? - ते आहे न्यूटनची 'बला'ची संकल्पना बदलून टाकण्यात. फॅराडेचा १८४० मधला हा प्रयोग, आणि पुढे १८६५ मधे मॅक्सवेलनं त्याला दिलेली सिद्धता यातून 'विद्युत-चुंबकत्व' या रूपात एक नवं शास्त्रच पुढे आलं. चुंबकाला उत्तर आणि दक्षिण असे दोन ध्रुव असतात हे आपल्यापैकी प्रत्येकाला ठाऊक आहे. विजेलाही असेच 'धन' आणि 'ऋण' असे ध्रुव असतात. (घरगुती विजेरीसाठी आपण जे 'सेल' वापरतो त्यावर '+' आणि '-' अशी चिन्हं आपण पाहिली असतील.) एकाच प्रकारचे ध्रुव जवळ आणले, तर ते एकमेकांस दूर लोटतात; आणि विरुद्ध प्रकारचे ध्रुव एकमेकांस आकर्षून घेतात असा अनुभव आहे. या आकर्षणाचं मूलभूत कारण न्यूटननं शोधलेल्या गुरुत्वाकर्षणापेक्षा वेगळं आहे. त्याची कारणमीमांसा, फॅराडे-मॅक्सवेल् यांनी अशी केली की, प्रत्येक ध्रुवामुळे त्याच्या सभोवतालच्या 'स्थला'त विचलन (disturbance) निर्माण होतं आणि दुसरा एखादा ध्रुव जेव्हा या विचलित क्षेत्रात प्रवेश करतो, तेव्हा त्याच्यावर 'बल' कार्य करतं. अशा प्रकारे 'बल' (force) निर्माण करण्याचं सामर्थ्य ज्या विचलित स्थलात असतं, त्या स्थलाला 'भारित क्षेत्र' (field) असं म्हणतात. या क्षेत्राचा महत्त्वाचा गुणधर्म हा की, असं क्षेत्र केवळ एक ध्रुवाभोवती निर्माण होतं. ते दुसऱ्या ध्रुवाच्या निरपेक्ष आहे. दुसरा ध्रुव त्या क्षेत्रात आला तर त्यावर बल जाणवेल; अन्यथा नाही. पण पहिल्या ध्रुवाभोवती भारित क्षेत्र असतंच.

न्यूटनची 'बला' ची संकल्पना अशी नव्हती. ज्या दोन वस्तूंमधे बल जाणवतं त्या दोन्ही वस्तूंशी ते संबंधित होतं. तसंच, 'बल' हे विश्वात मूलकणांइतकंच मूलभूत (परमेश्वरनिर्मित) आहे असं न्यूटनचं म्हणणं होतं हे आपण मागं पाहिलंच. फॅराडेच्या या प्रयोगामुळं मात्र 'बल' हा 'क्षेत्रा'चा परिणाम आहे हे दिसून आलं. यामुळे 'बला'चा मूलभूतपणा संपुष्टात आला. 'बला'च्या जागी अधिक सूक्ष्म अशा 'क्षेत्र' या संकल्पनेची स्थापना झाली. त्यानंतरच्या काळात झालेल्या प्रयोगांवरून असं दिसून आलं की, प्रकाश हे लहरींच्या स्वरूपात पुढे जाणारं एक विद्युत-चुंबकीय क्षेत्र आहे. आज आपण सर्वजण जाणतो की, केवळ प्रकाशच नव्हे, तर रेडिओ, दूरदर्शन, क्ष किरण, रडार इत्यादींच्या लहरी या विद्युत-चुंबकीय लहरी आहेत. न्यूटनच्या कोणत्याच नियमानं या लहरींचं स्पष्टीकरण देता येत नाही!

म्हणजेच, विसाव्या शतकाच्या प्रारंभी शास्त्रज्ञांपाशी दोन वेगवेगळ्या गोष्टींसाठी दोन वेगवेगळे, पण मूलभूत सिद्धांत होते. एक होतं न्यूटनप्रणीत पदार्थविज्ञान आणि दुसरं होतं मॅक्सवेल्प्रणीत विद्युत-चुंबकत्व. त्यामुळे न्यूटन हा आता अंतिम शब्द राहिला नव्हता.

आधुनिक पदार्थविज्ञान

आणि चालू शतकाच्या पहिल्या तीन दशकांत तर सर्वच बाजू न्यूटनवर इतकी उलटली की, विचारता सोय नाही! दोन सिद्धांत नव्यानंच पुढे मांडले गेले आणि त्यांनी सगळंच चित्र पार पालटून टाकलं. पहिला सिद्धांत म्हणजे सापेक्षतेचा, तर दुसरा कणपुंजांचा. याचं बरंचसं कर्तृत्व जातं एका हिमालयाएवढ्या माणसाकडे : अल्बर्ट आईनश्टाईनकडे!

आपल्या सापेक्षतेचा विशेष सिद्धांत (Special theory of relativity) मांडताना आईनश्टाईननं असं प्रतिपादन केलं की, 'स्थल' हे न्यूटन म्हणतो तसं तीन मितींचं नाही, आणि 'काल' हे स्थलापेक्षा वेगळं असं परिमाण नाही. तर, हे विश्व या दोन्हींच्या संयोगाचं 'स्थल-काल' (Space-time) असं चार परिमाण असलेलं आहे. लांबी, रुंदी, उंची आणि काळ अशी चार परिमाण या विश्वाला आहेत. स्थल आणि काल यांची अशाप्रकारे युती (Space-time continuum) झाल्यानं आपण स्थलाविषयी बोलू लागलो की कालाचा संदर्भ त्यात अपरिहार्यपणे येतो; किंवा उलट, कालाविषयी बोलताना स्थल त्यात येतंच स्थल आणि काल या गोष्टींचं

केवलत्व किंवा निरपेक्षत्व अशक्य आहे.

या पहिल्या सिद्धांतानंतर काही वर्षांनी आईनश्टाईननं सापेक्षतेचा सर्वसाधारण सिद्धांत (General theory of relativity) पुढे मांडला. हा सिद्धांत असं म्हणतो की, विश्वातील प्रत्येक वस्तूभोवतालचं स्थल हे त्या वस्तूतील गुरुत्वाकर्षणामुळे वक्र झालेलं आहे. जितकी ती वस्तू (उदा. ग्रह, तारे) मोठी तितकी तिच्याभोवतीच्या स्थलाची वक्रता जास्त, आणि स्थल हे कालाशीही संबद्ध असल्यानं स्थलाच्या या वक्रतेचा परिणाम कालावरही होतो. तो असा की, 'स्थला'ची वक्रता जेवढी जास्त, तेवढी काळाची गती मंदावते. व्यावहारिक भाषेत ही गोष्ट सांगायची तर असं म्हणता येईल की, एखाद्या ताऱ्याचं वस्तुमान जेवढं अधिक तेवढा तिथला काल सावकाश चालतो. आणि याचा परिणाम असा होतो की, ताऱ्याच्या वस्तुमानानुसार कालाची गती तेथे कमी-जास्त होते. ताऱ्याचं वस्तुमान कमी - गुरुत्वाकर्षण कमी-काळाची गती कमी असा हा प्रकार आहे म्हणजेच सर्व विश्वात काळाची गती एकसारखी नाही! न्यूटनच्या 'काल' विषयक सिद्धांताला सुरुंग लावणारा हा आईनश्टाईनचा सिद्धांत आहे. (या सर्व गोष्टींची सविस्तर स्पष्टीकरणं पुढील प्रकरणांत येणार आहेत, त्यामुळे वाचकांनी आत्ताच हताश होण्याचं कारण नाही!) ■

विवेकविचार, जानेवारी ९० मधून साभार.

लेखक : **दिलीप कुलकर्णी**

दापोलीजवळच्या कुडावळे येथे स्थायिक, पर्यावरणविषयक लेखन, गतिमान संतुलन नावाचे मासिक चालवतात.

हिंदी - संदर्भ

'एकलव्य' ही मध्यप्रदेशातील शालेय शिक्षणामध्ये सुधारणा घडवून आणण्यासाठी सतत कार्यरत असणारी संस्था आहे. त्यांच्यातर्फे चालविले जाणारे 'शैक्षिक संदर्भ' हे एक शैक्षणिक विज्ञान आशयाचं हिंदी 'द्वैमासिक' आहे. त्याच्या प्रत्येक अंकामध्ये विविध विषयांवरील मनोरंजक लेख वाचायला मिळतात. हिंदी भाषिक मित्रांसाठी अनमोल असं ज्ञान साधन!

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये ७५ आहे.

पत्ता : एकलव्य, संपादन- चक्कर रोड, मालाखेडी, होशंगाबाद-४६१००१
वितरण : एकलव्य, इ-७, एचआयजी, ४५३,
अरोरा कॉलनी, भोपाळ-४६२०१६

दुचाकीची कथा

पुस्तक परिचय : यशश्री पुणेकर

मोठेपणी कितीही मोठमोठी वाहने चालवली तरी माणूस सर्वात पहिल्यांदा सायकल (दुचाकी) चालवायला शिकतो. पडत धडपडत कोणीही न धरता आपली आपण सायकल चालवता येऊ लागली की त्यादिवशी आपण अगदी हवेत असतो. सारखं सायकलवर बसावसं वाटतं. बहुतेक वेळा आपल्यासाठी म्हणून आणलेलं पहिलं वाहनही सायकलच असते. कधी कधी या सायकलकडे बघून असं वाटतं, कोणी लावला असेल शोध या यंत्राचा?

यंत्र? हो यंत्रच. मानवाच्या उत्क्रांतीकाळात अनेक गोष्टी तो निसर्गाकडून शिकला. चाकाचा शोधही असाच लागला आणि त्या चाकाचा योग्य वापर करण्याच्या अनेक प्रयोगातून सायकलचा जन्म झाला. सायकलचा जन्म कसा झाला? तिचं पहिलं स्वरूप काय होतं? मग तिच्यात काय काय बदल झाले? या सगळ्या प्रश्नांची उत्तरं आपल्याला 'The Bicycle Story' या विजय गुप्तांच्या पुस्तकात वाचायला मिळतात.

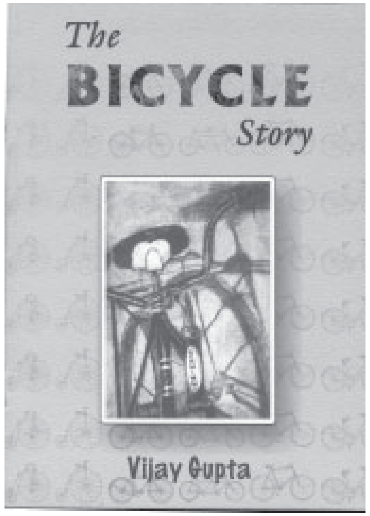
सायकलच्या जन्माची कहाणी सांगत असतानाच लेखकाने सुरूवातीच्या अडथळ्यांपासून यांत्रिकीचा आत्तापर्यंतचा प्रवास कसा झाला हे दाखवण्याचा प्रयत्न केला आहे. सायकलच्या नव्यानव्या रचना निर्माण होताना कधी कधी ही प्रक्रिया फार सावकाश झाली तर कधी कधी तिने अचानकच प्रगती केली. यांत्रिकीच्या काही मूलभूत संकल्पना (उदा. Velocity Ratio, gearing, bearings etc.) सायकलसारख्या रोजच्या वापरातल्या यंत्रातून त्यांनी सांगितल्या आहेत. यात शक्ती जोर, वाऱ्याचा रोध आणि स्थिरता या गोष्टींबद्दलही वाचायला मिळेल.

सुरूवातीला तिच्या जन्माची कथा सांगितली आहे. नंतर वेळोवेळी गरजेनुसार तिच्यात होत गेलेले बदल सचित्र दाखवून तिचं आत्ताचं स्वरूप सांगितले आहे. सायकलच्या प्रत्येक भागाचं वर्णन, त्याचं कार्य याविषयी सविस्तर माहिती दुसऱ्या प्रकरणात आहे.

The Science of Bicycle प्रकरणात सायकल चालवण्यातलं विज्ञान उलगडून दाखवलं आहे. सायकल चालवताना वापरली जाणारी शक्ती, पायडलवर योग्य ठिकाणचा दाब, जमिनीशी कमीत कमी घर्षण, वेग नियंत्रण या सगळ्या गोष्टींबद्दल या प्रकरणात सांगितले आहे.

सायकलचे तंत्र अगदी साध्या-सोप्या भाषेत सांगितल्याने पुस्तक रंजक झाले आहे. या पुस्तकातील काही भाग नमुन्यादाखल पुढे देत आहोत.

दुचाकीची सुरूवात



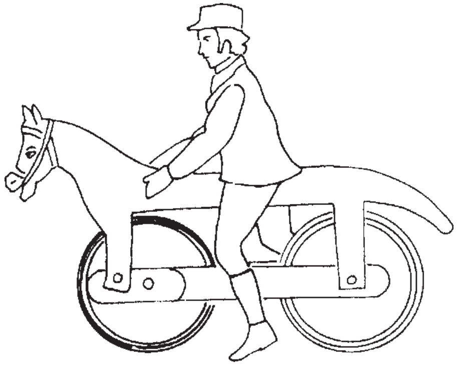
जिवंत असणं म्हणजे हालचाल करणं, वळवळ करणं. सर्व प्राण्यांना अन्न मिळवण्यासाठी, सावजावर हल्ला करण्यासाठी वा शिकाऱ्यापासून स्वत:ची सुटका करून घेण्यासाठी फिरणं, पळणं, लपणं, छपणं करत रहावं लागतं. साप, सुरवंट, सरपटत पुढे सरकतात. कांगारू टुणटुण उड्या मारीत जातात. घोडे दुडक्या चालीने धावतात. तर माणसे दोन पायावर चालतात. सगळ्या प्राण्यांमध्ये माणूस खूपच जास्त हालचाल करतो. जास्त अंतर पार करतो. कामावर जाताना व घरी परत येताना तो ५-७ किलोमीटर प्रवास सहज करतो. वेगवेगळ्या ठिकाणी असलेल्या नातेवाईकांना भेटण्यासाठी तो शेकडो कि.मी. प्रवास करतो. कामधंद्यानिमित्त किंवा जागतिक बैठकींना उपस्थित राहण्यासाठी तर तो अर्ध्या जगाचा प्रवास करतो. काही जण केवळ धाडसी असतात म्हणून वा मजा म्हणूनही प्रवास करतात.

प्रवास करण्याचं व्यसन जरी माणसाला जडलेलं असलं तरी त्याची शरीरयष्टी मात्र जलद हालचालीसाठी अनुकूल नाही. जास्तीत जास्त वेगाने पळणाऱ्या माणसापेक्षा एखादा चित्ता दसपट वेगाने पळतो. घोड्याची शारीरिक कष्ट करण्याची शक्ती कितीतरी जास्त असते. त्याला एक कि.मी. पळायला ऊर्जा मात्र त्याच्या स्वत:च्या वजनाच्या प्रमाणात माणसाच्या अर्धीच लागते. इतका कमजोर असला तरी माणूस आपल्या बुद्धीच्या जोरावर यंत्र बनवतो. त्या यंत्राचा वापर करून आपली क्षमता इतर प्राण्यांच्यापेक्षा कैक पटीने वाढवतो. एका जागेहून दुसऱ्या जागी जाण्याच्या प्रयत्नामध्ये चाकाचा शोध हा एक मोठाच मैलाचा दगड ठरला. अत्यंत महत्त्वाची पायरी ठरली. सुरुवातीला बैल, घोडे, उंट इत्यादींचा उपयोग करून माणसाने आपली गती वाढवली व नंतर वाफेवर आणि पेट्रोलवर चालणाऱ्या इंजिनांचा वापर केल्याने ही गती खूपच वाढली. आश्चर्य वाटेल एवढी.

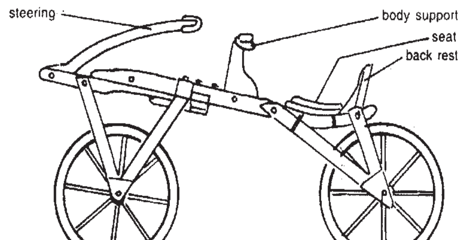
चाक फिरवायला या साधनांचा उपयोग माणसाने केला तरी स्वत:च्याच स्नायूंचा उपयोग करून चाकाला गती देण्यामधील मजा काही औरच आहे. रेल्वेगाड्या धावू लागल्या, त्यानंतर घोडे नसलेल्या गाड्या रस्त्यावर येऊ घातल्या होत्या, अशा काळामध्ये दुचाकी हे स्वत:च्या स्नायूंचा उपयोग करणारे वाहन विकसित झाले. तसेच पेट्रोलवर चालणाऱ्या इंजिनाच्या आधाराने उडणारे यंत्र (flying machine) तयार होऊन आज कैक वर्षे लोटल्यानंतरसुद्धा माणूस आपल्या स्नायूंच्या बळावर उडता येईल असे उडणारे यंत्र तयार करण्याच्या खटपटीत गुंतलेला आहेच.

माणसाने तयार केलेले दुचाकी हे एक अत्यंत कार्यक्षम यंत्र आहे. दुचाकीवरून आपण बरेच वजन बऱ्याच अंतरापर्यंत वाहून नेऊ शकतो. पण त्यासाठी आपल्याला जी ऊर्जा वापरावी लागते त्याची किंमत एखाद्या अत्यंत कार्यक्षम जेट विमानाला लागणाऱ्या ऊर्जेच्या एक दशांश असते. म्हणजे विमानाला तेवढेच वजन तेवढ्याच अंतरापर्यंत वाहून न्यायला दुचाकीला

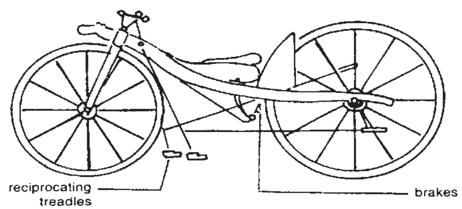
'The Bicycle Story'	**किंमत रु. २५/-**
लेखक - विजय गुप्ता	प्रकाशक : **विज्ञान प्रसार, नवी दिल्ली**



सायकलचा पूर्वज म्हणता येईल असे हे खेळणे प्रथम १७९१ मध्ये तयार झाले. पावलांनी जमिनीला रेटा देऊन हे घोडं पुढे दामटावं लागे.



घोड्यामध्ये सुधारणा म्हणजे यावर बसून दिशा बदलता येई पण पुढे जायला पायानेच रेटावे लागे.

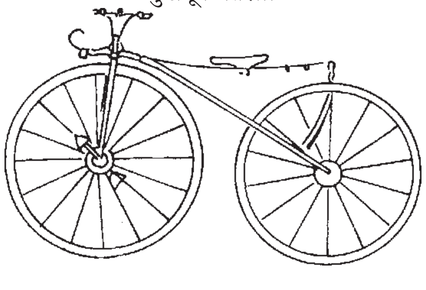


पायाने रेटा द्यायला पुढे मागे होणाऱ्या तरफांचा उपयोग अशा सायकली पुष्कळ तयार झाल्या, पण विकल्या गेल्या नाहीत.

लागणाऱ्या ऊर्जेच्या दसपट ऊर्जा लागते! त्याच हिशोबाने मोटारगाडीलासुद्धा दुचाकीच्या वीसपट ऊर्जा लागते!

ह्या साध्यासुध्या यंत्राचा इतिहास मात्र मोठा गंमतीदार आहे. अगदी सुरुवातीला एक श्रीमंत लोकांचे खेळणे म्हणून दुचाकीची कल्पना मांडली गेली, लवकरच एका कार्यक्षम व सोयीस्कर अशा वाहतुकीच्या साधनामध्ये दुचाकीचे रूपांतर झाले. मोटारगाडी आल्यावर मात्र तिचा विकास मागे पडला आणि दुचाकी केवळ एका व्यायामाचे व क्रीडेचे साधन बनली. परंतु चीन किंवा इतर आशियाई देशांमध्ये दुचाकी हे आजही रोजच्या व्यवहारामधील वाहतुकीचे महत्त्वाचे साधन आहे. विकसित देशामध्येसुद्धा अलिकडे शहरामध्ये व उपनगरामध्ये जवळचे अंतर पार करण्यासाठी दुचाक्यांचा वापर वाढू लागला आहे. याचे कारण दुचाकीमुळे प्रदूषण होत नाहीच

१८६३ मध्ये तयार झालेल्या या सायकलींची युरोप अमेरिकेत हवा निर्माण झाली. लोकांनी या विकत घेतल्या आणि स्वत:ची हाडे दुखवून घेतली.



शिवाय आवाजही नाही. तिला रुंद रस्त्याची गरज नाही की पार्किंगसाठी मोठ्या जागेची. आठ कि.मी. अंतर एखाद्या गजबजलेल्या शहरामध्ये जायचे असेल तर ते दुचाकीने कमी वेळात जाता येईल असा एक अंदाज आहे. कारण मोटारगाडी गॅरेजमधून बाहेर काढायची, मग पाहिजे त्या जागेजवळ पोचल्यावर पार्किंगची जागा शोधून ती उभी करायची व तेथून आपल्या ठरलेल्या जागी चालत जायचे. या सगळ्यात खूपच जास्त वेळ जातो. आणखी एक फायदा म्हणजे दुचाकी चालविण्यामधून तुम्हाला आपोआप व्यायामही होतो.

अशा या दुचाकीची ही मनोरंजक गोष्ट. दुचाकी चालविण्यातील रुबाब, त्यातून मिळणारा थरारक आनंद इत्यादींची किंमत मोजावी लागणारच. पुढच्या मोठ्या चाकावरच्या बाजूस चालक बसणार म्हणजे यंत्राचा गुरुत्वमध्य जमिनीपासून बऱ्याच वर व पुढच्या बाजूस राहतो. त्यामुळे रस्त्यावरून दुचाकी चालविताना मधे एखादा लहानसा दगड गोटा आला किंवा एकदम थांबण्याची, ब्रेक लावण्याची पाळी आली तर दुचाकी चालक धुळीमधे तोंडघशी पडणार. अनुभवी चालकांना सुद्धा अशा अपघातांना वारंवार तोंड द्यावे लागे.

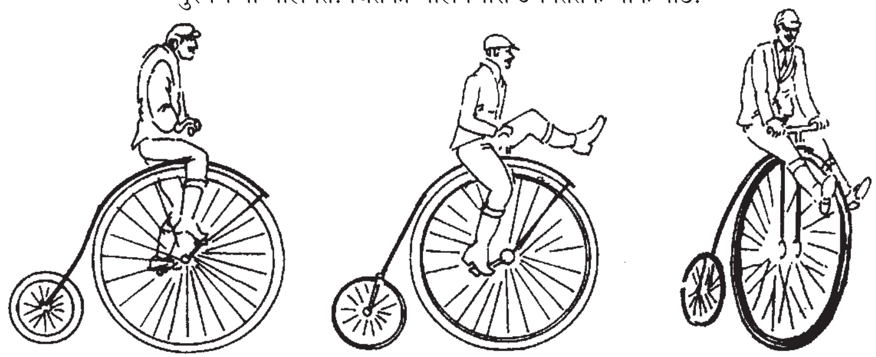
असल्या उंच दुचाक्या जास्त स्थिर व्हाव्या म्हणून बरेच प्रयत्न झाले. पण त्यात फारसे यश आले नाही. त्यासाठी वेगळ्या

यंत्रणेचा शोध घ्यायला हवा होता. चालक थोडा मागे व जमिनीच्या थोडा जवळ न्यायला हवा होता. त्यातील एका प्रयत्नाद्वारे या यंत्राची रचना उलटी पलटी करून पाहिली. मागचे चाक मोठे व गतीमान करण्यात आले. परंतु पायपङ्ड्याच्या सहाय्याने थेट फिरविणे शक्य नव्हते. कारण त्यासाठी मागच्या चाकाच्याही मागे चालकाला बसायला हवे. अशा अवस्थेत यंत्राचा समतोल राहणे अशक्यच. मग अमेरिकन 'स्टार' दुचाकीमधे १८८२ साली यावर तोडगा काढण्यात आला. मागच्या चाकाला पायपङ्ड्या जोडून थेट गती देण्याऐवजी तरफा, पायसरांसारखे पट्टे यांच्याद्वारे अप्रत्यक्षपणे मागचे चाक फिरविण्याची व्यवस्था केली गेली. त्यामुळे दुचाकी थोडीशी जास्त सुरक्षित झाली. काही वर्षे तीन चाकी वाहनावर संशोधकांचे व कारखानदारांचे लक्ष केंद्रित झाले होते. ब्रिटनच्या राजघराण्यानेही तीन चाकी वापराला व विशेषत: बायकांनी वापरण्याला पाठिंबा दिला.

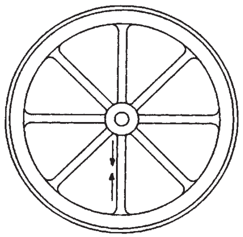
सुरक्षित यंत्र

आजकालच्या दुचाक्यांशी बऱ्याच अंशी साम्य असणारी दुचाकी १८७९ साली प्रथम रस्त्यावर आली. या यंत्रामध्ये सीट दोन्ही चाकांच्या मधे योजलेले होते. पायपङ्ड्यांच्या सहाय्याने चालक जमिनीपासून जवळ असलेल्या भुजा (crank) फिरवून मागच्या चाकाला गती देई. मागच्या चाकाला एक लहानसे दंतचक्र लावलेले असे. भुजा जोडलेले चाक काहीसे मोठे व त्यावर साखळी (chain) अडकविलेली असे. मागच्या चाकाला त्यापेक्षा लहान दंतचक्र (Geor) व त्यावर तीच साखळी जोडलेली असत. त्यामुळे वेग गुणोत्तर (gear ratio) वाढतो. त्यामुळे ज्याला गती दिली जाते ते चाक मोठे असण्याची गरज उरली नाही. साखळीने जोडलेल्या चाकांचा आकार

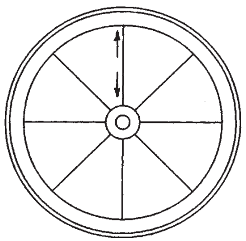
१८७० ते १८९० च्या दरम्यात या सायकली रस्त्यावर दिमाखाने धावत. पण मजबूत बांध्याचे शूरवीर पुरुषच या चालवत. जितका चालवणारा उंच तितके चाक मोठे.



पण जर रस्त्यात दगड गोटे असले किंवा कुत्री कोंबडी मधे आली तर...



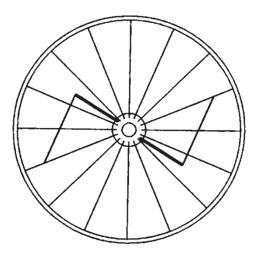
बैलगाडी/रेल्वेची चाके वजन असे घेतात



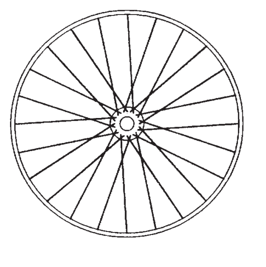
स्पोक असलेली (सायकल/इतर) चाके अशा प्रकारे.

बदलून अधिक गुणोत्तर मिळविता येते.

चालविणाऱ्याचा तोल जाऊ लागला तर या नवीन सुरक्षित यंत्रामध्ये पाय जमिनीवर टेकता आल्याने पडण्याचा धोका राहिला नाही. गुरुत्वमध्य जमिनीच्याजवळ व दुचाकीच्या मागच्या बाजूकडे झुकल्याने वाटेत अडथळा आल्यास उलटण्याचा धोका राहिला नाही. एवढे असूनसुद्धा ही दुचाकी काही लोकप्रिय झालीच नाही. त्याच्या पोकळ नसलेल्या भरीव टायरमुळे ही दुचाकी चालविताना थरथरत असे. रस्ते घाणेरडे व खडबडीत असल्याने जमिनीच्या जवळ जाणाऱ्या पायपट्ट्या फिरवून पाय धुळीने माखून जात. परंतु लवकरच त्यात सुधारणा होऊन अवघ्या दहा वर्षांमध्ये सुरक्षित यंत्राने 'सेफ्टी' ने सगळ्यांची मने जिंकली. पुढच्या चाकावर पायपट्ट्या फिरविण्याचा दबाव पडत नसल्याने तोल सांभाळणे सुलभ झाले. इतके की पुढच्या हँडलबारवरील हात काढूनसुद्धा दुचाकीचा तोल संभाळता येई. पुढच्या दांड्यावर व



सुरुवातीला स्पोक चाकाच्या मध्यातून जात. तेव्हा चाक फिरवण्याला जोर मध्यापाशी लावता येत नसे.

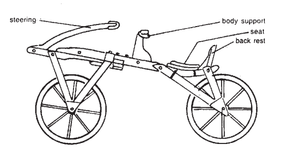


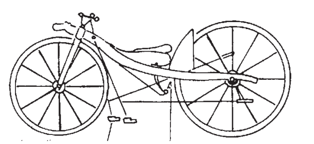
जेव्हा स्पोक 'हब'ला बाहेरून स्पर्शिकेच्या दिशेत असतात तेव्हा हबला फिरवणारी चेन वापरून चाक फिरवता येते.

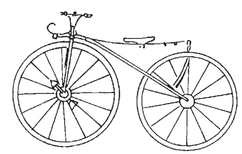
मागच्या चाकाच्यावर वजन वाहून नेणेही शक्य झाले. ही दुचाकी चालवायला शिकणे म्हणजे पोरखेळाइतके सोपे होते. दुचाकीच्या मूळ आराखाड्याच्या इतर पैलूमध्येही अनेक सुधारणा झाल्या. १८८५ मध्ये भरीव चौकटीऐवजी पोकळ नळ्यांनी बनवलेली चौकट आली आणि ती आजपावेतो तशीच राहिली आहे. यामुळे दुचाकीचे वजन मोठ्या प्रमाणात घटले. भरीव टायरऐवजी हवा भरलेले टायर १८८८ मध्ये आले. त्यामुळे दुचाकीचे थरथरणे व चालकाला सोसावे लागणारे धक्के कमी झाले. १८९० सालापासून दुचाकी चालविणे खूपच सोपे व आरामदायक झाले. त्यामुळे लहान, थोर, सशक्त, दुबळे कोणीही दुचाकी चालवू लागले. कामगार, विक्रेते, त्यावर सामान लादून ने-आण करू लागले. बायका दुपारच्या वेळी दुचाकीवरून फिरू लागल्या. व सुखवस्तू लोक व्यायामासाठी वा लांब अंतर कापण्यासाठी तर खेळाडू चढाओढींसाठी दुचाक्या वापरू लागले.

गेल्या शंभर वर्षांमध्ये या दुचाकीमध्ये काहीच फरक झालेला नाही. १८८५ च्या रोव्हर सेफ्टीचे स्वरूप अद्ययावत दुचाकीसारखेच होते. अर्थात काही किरकोळ बदल झाले आहेत. उदा. अलिकडे वापरले जाणारे साहित्य पूर्वीपेक्षा वजनात हलके परंतु जास्त मजबूत असते. गोलक धारवे (ball bearings) जास्त चांगल्या प्रतीचे असतात. गतिरोधक (caliper brake) जास्त परिणामकारक असतात.

■







मी तुझ्याजागी असतो तर...

लेखक : रोझेली लोवेल ● **अनुवाद :** इंद्रायणी चव्हाण

‘‘**मी** जर तुझ्या जागी असतो ना,’’ बाबा म्हणाले, ‘‘तर मी तो हातोडा नक्कीच उजव्या हातात धरला असता.’’

पिंट्या म्हणाला, ‘तुम्ही नेहेमीच असं म्हणता, मी तुझ्या जागी असतो तर हे केलं असतं, मी तुझ्या जागी असतो तर ते केलं असतं. तुम्ही ‘मी’ असायला हवं होतं आणि मी ‘तुम्ही’ असायला हवं होतं.’’ नंतर जरा विचार करून तो म्हणाला, ‘‘ खरंच, जर मी ‘तुम्ही’ झालो आणि तुम्ही ‘मी’ झालात तर?’’ ‘हं’ बाबा म्हणाले, ‘‘कल्पना काही वाईट नाहीय.’’ ‘‘कधी करु या आपण ही अदलाबदल?’’ पिंट्यानं विचारलं, ‘‘उद्या तुझी आई आजीला भेटायला जाणार आहे, तेव्हा करु या?’’ बाबा म्हणाले.‘‘चालेल चालेल. उद्या तर रविवारच आहे. अशा मजेदार गोष्टींसाठी योग्य दिवस!’’ पिंट्या म्हणाला.

‘‘ठरलं तर मग!’’ बाबा म्हणाले, ‘‘लहानपण देगा देवा । मुंगी साखरेचा रवा ॥’’

दुसऱ्या दिवशी सकाळी लवकरच पिंट्या बाबांच्या खोलीत गेला. ‘‘हे काय ?’’ तो म्हणाला, ‘‘अजून तू उठला नाहीस ? आज पुन्हा उशीर केलास ना ? धिरडी गार होतायत. मी तिसऱ्यांदा हाक मारतोय.’’ बाबा म्हणाले, ‘पण मी नाही ऐकलं. बरं, पाच मिनिटात येतो.’ पिंटू म्हणाला, ‘‘चालणार नाही, दोन मिनिटांत खाली ये.’’

नाश्ता करताना पिंट्या म्हणाला. ‘‘तोंड पुसायला शर्टाची बाही वापरायची नाही. तुझा रुमाल आहे ना तिथे ?’’

‘हो’ बाबा म्हणाले, पिंट्यानं विचारलं, ‘बशा धुवायला मदत करशील ना ?’ ‘‘अजिबात नाही.’’ बाबा म्हणाले, ‘‘‘मला खेळायला जायचंय.’’ ‘‘पण खेळायला अख्खा दिवस पडलाय.’’ असं म्हणत पिंट्यानं बशा पुसायचा टॉवेल बाबांच्या अंगावर टाकला. बाबांनी बशा पुसून ठेवल्या खऱ्या पण शेवटची बशी त्यांच्या हातून फुटली, आणि पिंट्या म्हणाला,

‘‘पुढच्या वेळपासून तुझ्यासाटी कागदी बशा बरं का.’’ पिंट्या म्हणाला, ‘बेटा आंघोळीची वेळ झालीय. दहा कधी वाजले माझ्या लक्षातच आलं नाही.’ बाबा म्हणाले, ‘काल रात्रीच तर मी आंघोळ केली होती. आणि केसही धुतले होते.’ पिंट्या म्हणाला, ‘पण किती मळलेला दिसतोयस तू. कावळ्याची आंघोळ करतोस वाटतं. जा बर आणि नीट आंघोळ कर.’ वैतागलेल्या चेहेऱ्यानं बाबा वरच्या मजल्यावर गेले. आंघोळ करून आल्यावर पिंट्यानं विचारलं, ‘बाबा मला, थोडी मदत करशील ?’ पण बाबांनी ते ऐकलंच नाही कारण ते आधीच मागच्या अंगणात खेळायला पळाले होते. पिंट्यानं त्यांना पुन्हा हाक मारली. ‘‘एवढ्या चांगल्या कपड्यांत मी तुला खेळू देणार नाही.’’ पिंट्या म्हणाला, ‘‘कपडे बदल आणि तुझी जुनी पँट घाल.’’

‘राहू देत ना हेच कपडे. मी नाही खराब करणार’ बाबा म्हणाले.

‘‘जे सांगितलंय ते कर, वर जा आणि कपडे बदल, कळलं ?’’ पिंट्या म्हणाला. हिरमुसल्या चेहऱ्यानं बाबा वर गेले.

बाबांनी नुकतीच कुठे खेळायला सुरूवात केली होती तेवढ्यात त्यांना पुन्हा पिंट्यानं हाक मारली. ‘‘आता काय ?’’ बाबांनी वैतागून विचारलं. ‘‘जेवायल चल’’ पिंट्या म्हणाला. ‘‘आणि हात नीट धुवून ये’’ ‘‘हात स्वच्छच आहेत माझे.’’ बाबा म्हणाले. त्यावर पिंट्या म्हणाला, ‘‘मग अजून थोडे स्वच्छ कर. मागून पुढून नीट हात धू आणि साबण लावायला विसरु नकोस.’’ जेवण झाल्यावर पिंट्या बाबांना म्हणाला, ‘‘आता पटकन वर जा आणि तुझा तो छान ड्रेस घाल.’’ ‘‘का ?’’ बाबांनी विचारलं. ‘‘विसरलास ना ? नीता मावशी येणार आहे आज आपल्याकडे. आता पटकन तो ड्रेस घाल. तुला खरंच छान दिसतो तो. आणि मावशीनं तुझ्यासाठी ते पुस्तक पाठवलंय ना, त्याबद्दल तिला आठवणीनं धन्यवाद दे.’’ ‘शी’ जीना चढताना बाबा बडबडत होते, ‘‘कसलं भिकार पुस्तक आहे ते ! मला अजिबात आवडलेलं नाही.’’ ‘‘हो पण रीत पाळायला हवी ना’’ पसारा आवरत पिंट्या म्हणाला. बाबा कपडे बदलून खाली आले. ते खरंच त्यांच्या नव्या ड्रेसमधे छान दिसत होते. पण तेवढ्यात नीता मावशीनं फोन करुन ती येणार नसल्याचं कळवलं.

‘हुर्रे ऽऽ’ बाबा ओरडले, ‘‘आता मी पुन्हा खेळायला जाऊ ?’’ ‘‘हो जा’’ पिंट्या म्हणाला, ‘‘पण कपडे बदलून जा. तुझा तो जुना ड्रेस घाल पुन्हा.’’

‘‘पुन्हा कपडे बदलायचे ?’’ बाबांनी वैतागून विचारलं.

‘‘म्हणजे तो पंधराशे रुपयांचा ड्रेस घालून तुला मातीत खेळायचंय ? अजिबात

नाही. आधी जा आणि कपडे बदल.'' बाबा पाय आपटत, बडबड करत वरच्या मजल्यावर गेलेले पिंट्यानं पाहीलं. ते खाली आले तेव्हा पिंट्या म्हणाला,

''वर जा आणि शहाण्या मुलासारखा स्वेटर घालून ये. बाहेर खूप थंडी आहे.'' बाबा म्हणाले. ''नको, शेगडीसारखा गरम आहे मी.'' पण पिंट्याच्या नजरेतला धाक त्यांना जाणवला आणि ते मुकाट्यानं वर गेले.

दुपारी पिंट्या म्हणाला, ''आपण फिरायला जाऊ या का ?'' बाबा खुश होऊन म्हणाले, 'हो लगेच जाऊ.' बाहेर गेल्यावर बाबांनी चॉकलेट मागितलं. नाही हो म्हणत पिंट्या त्यांना दुकानात घेऊन गेला. तिथे त्यांना आईसक्रीम पण दिसलं. लगेच बाबांनी हट्ट केला. ''मला आईस्क्रीम पण हवं.''

पिंट्या समजावणीच्या सुरात म्हणाला. ''अरे इतक्या थंडीत आईस्क्रीम खातं का कुणी ? आणि आठवतय ना दात दुखत होता तेव्हा किती रडलास ते ! चॉकलेट दातांच्या आरोग्यासाठी वाईट असतं.'' ''ते काही नाही. मला पाहिजे म्हणजे पाहिजे. बाबा आता पिंट्याच्या कपाळावर आठ्या उमटल्या, आवाज जरा वाढला पण तो म्हणाला, 'दोन्हीपैकी एकच मिळेल.' मग बाबा म्हणाले, ''चोकोबार घ्याना. Two in One" पिंट्या हसून म्हणाला, ''बरं घे.''

बाबा इतके खुश झाले की त्यांच्या हातून चोकोबार खाली पडला. ''केलास वेंधळेपणा!'' पिंट्या म्हणाला आणि पुन्हा पैसे काढण्यासाठी त्यानं खिशात हात घातला.

ते घरी परत आले तेव्हा बाबा म्हणाले, 'मला पुस्तक वाचून दाखव ना एखादं.' पिंट्या म्हणाला, 'मी दमलोय रे ,

पण जा घेऊन ये पुस्तक.'

ते पुस्तक वाचायला बसले, तेवढ्यात फोनची घंटा वाजली.

'थांब हं आलोच पाच मिनिटांत' पिंट्या म्हणाला. पण दहा मिनिटं परत फिरकलाच नाही. बाबांनी त्याला दोनदा हाक मारली पण पिंट्या म्हणाला, 'शूऽऽ. गप रे, मला एक शब्द ही इकडे ऐकू येत नाहीय.' मग बाबा एकटेच खेळत बसले.

रात्री बरोबर आठ वाजता पिंट्यानं बाबांना झोपायला सांगितलं. बाबा म्हणाले. ''थोडाच वेळ मग माझं हे घर पूर्ण होईल. फक्त पाचच मिनिटं.'' पिंट्या म्हणाला, 'ठीक आहे.' पण पाच मिनिटांनंतर बाबा म्हणाले, ''अजून फक्त तीन मिनिटं.'' ''त्रास देऊ नकोस रे.'' पिंट्या म्हणाला, ''लवकर निजे लवकर उठे, त्यास ज्ञान आरोग्य संपत्ती भेटे.'' पण बाबांचा खेळ संपेचना. पिंट्या बळेच बाबांना पलंगाकडे घेऊन जात असताना ते म्हणाले, ''मला पाणी प्यायचंय.'' पिंट्या म्हणाला, ''आत्ताच तर तू एक ग्लासभर पाणी प्यायलास ना ?'' ''हो पण पुन्हा तहान लागलीय मला.'' आणि पाणी प्यायला पळत गेले. पलंगावर बसल्यावर आता झोपणार इतक्यात ते म्हणाले, ''माझा रुमाल कुठय ?' पिंट्यानं वैतागून म्हटलं, 'आताच नाक शिंकरून आलास ना तू?' ''पण मला पुन्हा नाक साफ करायचंय. मला बहुतेक सर्दी झालीय.'' बाबांनी उत्तर दिलं. आणि मग बराच वेळ थोपटल्यावर बाबा एकदाचे झोपले. पांघरुणही घेतलं, तेव्हा पिंट्या म्हणाला, ''मी जर तुझ्या जागी असतो तर झोपताना तो चाकू कधीच जवळ ठेवला नसता.'' बाबा एकदम म्हणाले, ''बघ पकडलं की नाही ? बोललास की नाही तू पण तेच ?''

पिंट्या म्हणाला, ''काय बोललो मी ?''

''तू म्हणालास, मी तुझ्या जागी असतो तर!'' बाबांनी लक्षात आणून दिलं. पिंट्या म्हणाला, ''अरे खरंच की, मी खरंच असं बोललो. चला पुन्हा आपण आपली अदलाबदल करु.''

''हो हो चल, तू 'तू' हो आणि मी 'मी' होतो.' बाबा म्हणाले. 'मला 'तू' होणं अजिबात आवडलेलं नाही.'' पिंट्या म्हणाला, 'हो खरंच. तुझी दिवसभर काळजी घेऊन दमलोय मी. मलाही अजिबात 'तू' होणं आवडलेलं नाहीय. कधी अदलाबदल करु या पुन्हा ?''

''उद्या'' बाबा म्हणाले.

''मस्तच'' पिंट्या म्हणाला, त्यानं त्याच्या बाबांची पापी घेतली आणि गुणगुणत स्वतःच्या खोलीकडे गेला. 'लहानपण देगा देवा, मुंगी साखरेचा रवा.''

लेखक : **रोझेली लोवेल**
अनुवाद : **इंद्रायणी चव्हाण**

शैक्षणिक संदर्भ

सभासदत्व नोंदणी

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✔ खूण करा.
मागील उपलब्ध सर्व अंक (२६)	रु. ४४५/-*	
वार्षिक वर्गणी	रु. १२५/-	
एकूण		बँक ड्राफ्ट / चेक+/मनी ऑर्डर

*(पोस्टेजसाठी रु. ६०/- जादा पाठवावेत.)

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु. ....
बँक ड्रॉफ्ट/चेक/मनीऑर्डरने **संदर्भ** च्या नावे पाठविली आहेत.
+(पुण्याबाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५/- अधिक पाठवावेत.)

नाव ________________________________

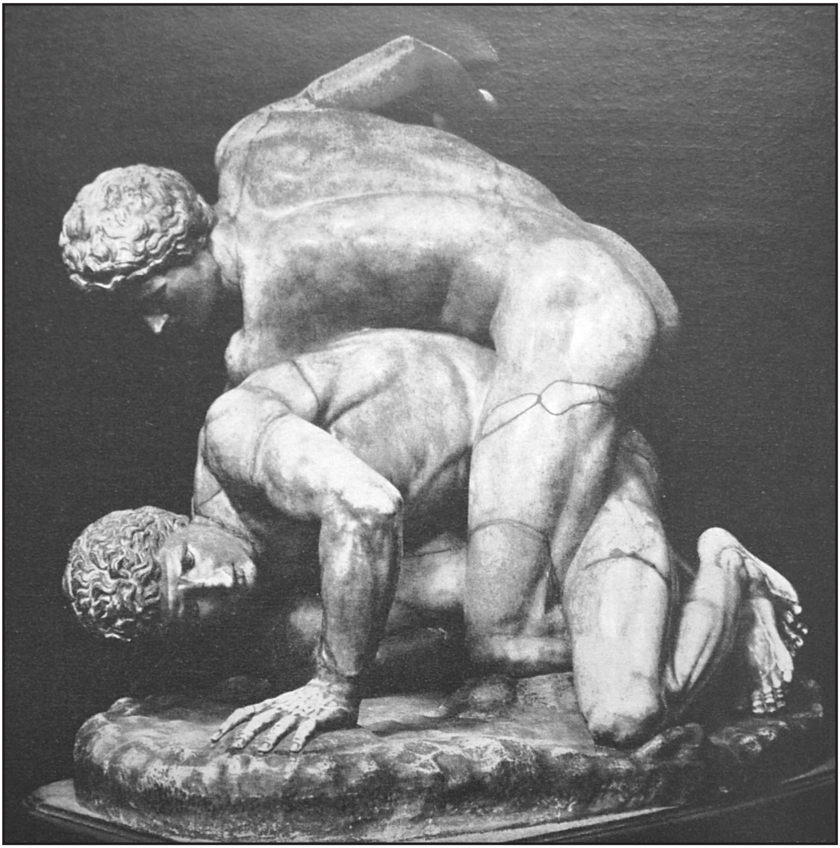
पत्ता ________________________________

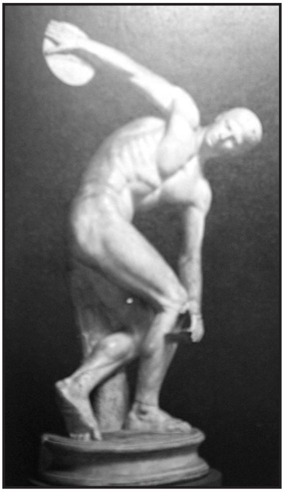
____

फोन : **तारीख**

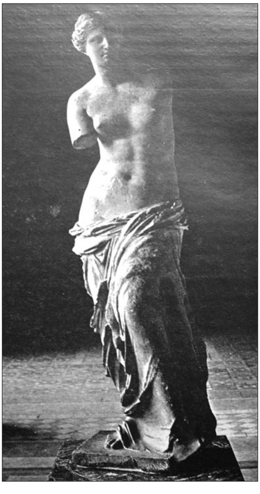
संदर्भबद्दल माहिती कोणाकडून मिळाली ________________________________

संदर्भ, १) द्वारा पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक,
संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.
२) वंदना अपार्टमेंट्स, आयडियल कॉलनी, कोथरूड, पुणे ३८.
फोन : ०२०-५४६१२६५. वेळ : १२.३० ते ४.





ग्रीक संस्कृतीतील शिल्पाकृती



मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्रबुद्धे यांनी
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.

सत्यमेव जयते
महाराष्ट्र शासन

३०८ हजार चौ.कि.मी. क्षेत्र
६ महसूल विभाग - ३५ जिल्हे
३५३ तालुके - ४३,७११ गावे
९ कोटी ६८ लाख ७९ हजार लोक
४५ वर्षांची वाटचाल...

अनेक जाती, अनेक धर्म
अनेक भाषा, अनेक बोली
पण या साऱ्यांचे

स्पंदन एकच...

महाराष्ट्र अमुचा

माहिती व जनसंपर्क महासंचालनालय - महाराष्ट्र शासन

विलासराव देशमुख
मुख्यमंत्री

आर.आर.पाटील
उपमुख्यमंत्री