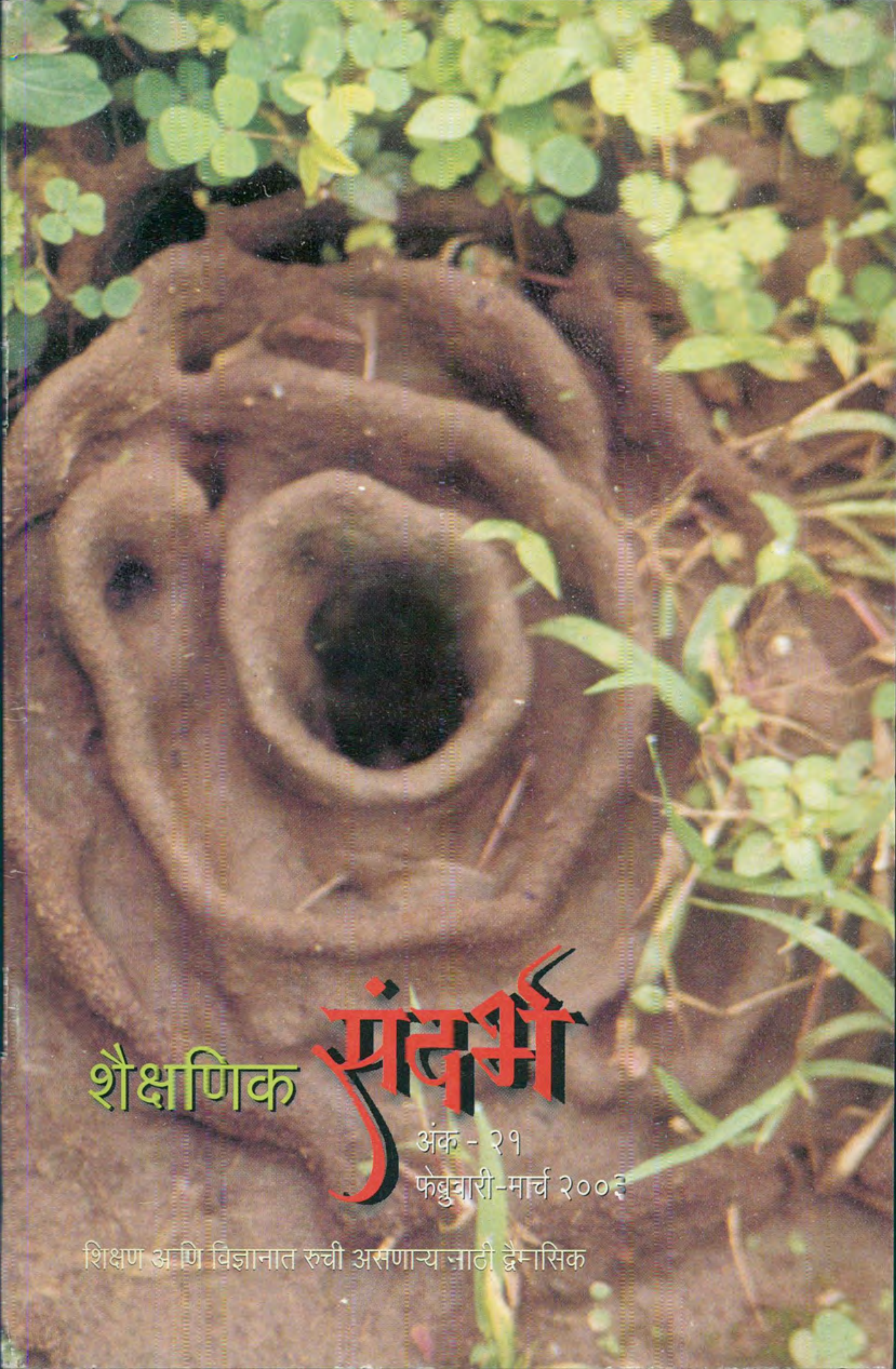


शैक्षणिक संदर्भ

अंक - २१
फेब्रुवारी-मार्च २००३

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

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.

सहाय्य :
रमाकांत धनोकर, र.कृ. आंबेगांवकर,
ज्योती देशपांडे, यशश्री पुणेकर,
कल्पना साठे

अक्षरजुळणी :
न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

मुखपृष्ठ छायाचित्र : मकरंद जोशी
छपाई : पूनम प्रिंटींग प्रेस

एकलव्य, होशंगाबाद यांच्या सहयोगाने
हा अंक प्रकाशित केला जात आहे.

शैक्षणिक
संदर्भ
अंक २१
फेब्रुवारी-मार्च २००३

पालकनीती परिवारसाठी
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

पत्ता १ : संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्वे रोड, पुणे ४. दूरध्वनी : ५४४१२३०
पत्ता २ : संदर्भ, ९, वंदना अपार्टमेंट्स,
आयडियल कॉलनी, कोथरूड, पुणे ३८.
दूरध्वनी : ५४६१२६५
ई-मेल : pryd@indiatimes.com

पोस्टेजसहित
वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-
अंकाची किंमत : रुपये २०/-

जंगलात फिरताना जमिनीलगत एखाद्या चक्रव्यूहासारखी रचना अनेकदा दिसते. एकाभोवती एक वर्तुळाकार भिंतींची रांगच असते. गुलाबाच्या फुलासारखी रचना केलेलं हे असतं, 'हार्वेस्टर मुंग्यांचं' वारूळ.

वारूळाच्या प्रवेशद्वाराशी अशी तटबंदी उभारणाऱ्या या मुंग्या अशीच कितीतरी कामं सूत्रबद्ध रीतीने करतात. याविषयी वाचा दृष्टीआडची सृष्टी या लेखात.

अनुक्रमणिका

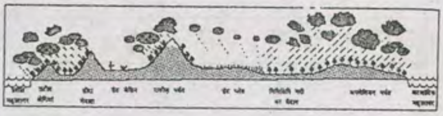
शैक्षणिक संदर्भ अंक - २१ फेब्रुवारी-मार्च २००३

- दृष्टीआडची सृष्टी ३
- हवा शुद्ध करणारी हिरवीगार झाडे ८
- वर्तुळेच वर्तुळे १२
- अदृश्य जगत १३
- भाषा नकाशाची १९
- संगीतामागचे गणित २७
- अवस्थांतर... ३३
- तीन तेरा ४०
- मधमाशीची वास्तुकला ४५
- रोझालिन यालो ५३
- विमाने उडवा ५७
- वादळानंतरची शांतता ७०

हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

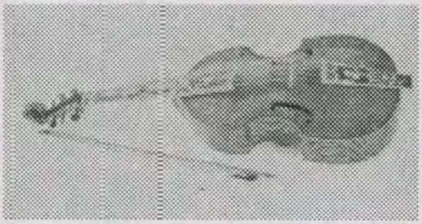
भाषा नकाशाची १९

नकाशात डोंगर, दऱ्या, नदी, पठारे अशी वेगवेगळी भूरूपे दाखविलेली असतात. प्रत्येकाची उंची निरनिराळी. मग नकाशात ही उंची दाखवायची तरी कशी ?



संगीतामागचे गणित २७

संगीत आणि गणित दोन्हीही अवघड यापलिकडे त्यांचा काय संबंध असं म्हणू नका. संगीत आलं नाही तरी गणित येतं किंवा उलटही. पण संगीत निर्माण करताना, ते अचूकपणे निर्माण व्हावं यासाठी त्यातील स्वर - त्यांचं एकमेकांशी नातं समजावून घ्यावं लागतं. आणि ते नातं गणितानं मांडता येतं.

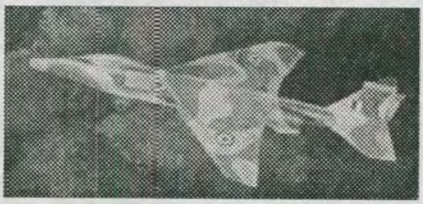


मधमाशांची वास्तुकला...............४५

मधमाशा काटकसर करण्यासाठी षट्कोनी खोल्या बांधतात. तेवढ्याच साहित्यामधून दीडपटीहून जास्त जागा त्यांना मिळते. मधमाशा एवढ्या बुध्दिमान असतात का हे सगळं आपोआप होतं ?

विमाने उडवा ५७

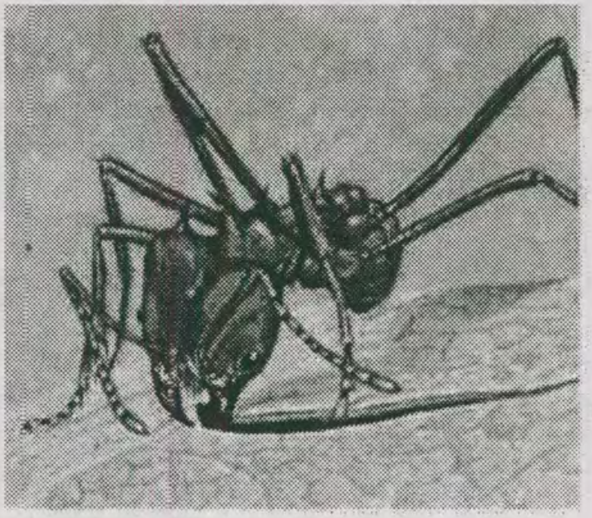
कागदाची विमान करून उडवणं हा आपला नेहमीचा खेळ. कधी ती उडतात तर कधी नाही आपण केलेलं विमान खात्रीने उडेल आणि आपल्याला हव्या त्या दिशेला वळवता येईल याच्याही काही पद्धती आहेत. त्या कुठे वळतील याबद्दल.....



दृष्टीआडची सृष्टी

लेखक : **मकरंद जोशी**

एखादे फुललेले गुलमोहराचे झाड आपल्या पटकन लक्षात येते. किंवा अशाच एखाद्या झाडावरील हळद्या पक्षी त्याच्या रंगाने आपले लक्ष वेधून घेतो. काळ्या-पांढऱ्या दयाळाचे अस्तित्वही त्याच्या सुरेल आवाजातून जाणवते. पण त्याच झाडाच्या खोडावर धावपळ करणाऱ्या मुंग्या किंवा पानावर बसलेली फुलपाखराची अळी मात्र आपल्याला दिसत नाही. खरं तर प्राण्या-पक्ष्यांपेक्षा विपुल प्रमाणात आपल्याभोवती किटक वावरत असतात पण आपल्याला ते कधी जाणवतच नाहीत. संधिपाद वर्गात येणारे हे कीटक सुमारे पस्तीस कोटी वर्षांपासून पृथ्वीवर आहेत. कणाहीन प्राण्यांपैकी हवेत उडू शकणारा एकमेव प्रकार म्हणजे कीटक. हवा, पाणी जमीन असा सर्वत्र संचार असलेल्या कीटकांनी संधिपाद वर्गातील तीन चतुर्थांश जागा व्यापली आहे. सर्वसाधारणपणे कीटकांना सहा पाय असतात. शरीर मस्तक, धड व पोट असं विभागलेलं असतं. मातीची घरे बांधणारी



मुंग्या पाने कापतात ती खाऊन टाकण्यासाठी नाही, किंवा वारूळात अंथरण्यासाठीही नाही. त्यांचा उपयोग चक्क शेती करण्यासाठी होतो.

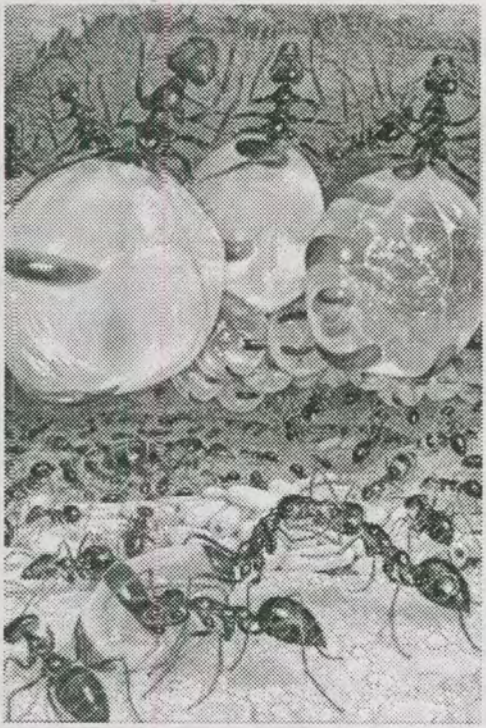
कुंभारमाशी, मधाची पोळी बनविणारी मधमाशी, आकर्षक फुलपाखरे, रेशमाचे पतंग, कानाशी गुणगुणणारा डास, पुस्तकं खाणारी कसर, गवतावर उड्या मारणारा टोळ आणि सतत काम करताना दिसणाऱ्या मुंग्या हे सगळे कीटकच आहेत.

वेगवेगळ्या हवामानात, नैसर्गिक परिस्थितीत कीटक आढळत असल्याने त्यांच्या जीवनक्रमात कमालीचे वैविध्य आढळते. आपल्या घरात नेहमी दिसणाऱ्या मुंग्यांचे अनेक प्रकार आहेत. फॉरमिसीडे फॅमिलीत येणाऱ्या मुंग्या नेहमी समूहानेच आढळतात. अर्थात तो काही विस्कळीत समूह नसतो तर अनेक स्तरीय समाजरचना असते. मुंग्या, राणी मुंगी व अनेक प्रकारचे कामगार यांनी हा समाज बनलेला असतो. इथे प्रत्येकाची जबाबदारी ठरलेली असते आणि सहजप्रेरणेने प्रत्येकजण ती पार पाडीत असतो. हिमनोप्टेरा ऑर्डर मधील मुंग्यांची अनेकदा वाळवीशी गल्लत केली जाते. पण वाळवी आसोप्टेरा ऑर्डर मधे येते. वाळवीला डोळे नसतात तर मुंग्यांचे डोळे आकाराने मोठे असतात. मुंग्यांच्या मिशा अगर चाचपण्या वळलेल्या असतात तर वाळवीच्या सरळ असतात. शिवाय लाकूड पोखरून वाळवी इमारतींचे नुकसान करते पण मुंग्यांचा तसा उपद्रव होत नाही. आपल्या घरात लाल आणि काळ्या अशा दोन रंगांच्या मुंग्या आपण नेहमीच पाहतो. एखादा गोड खाद्यपदार्थ सांडला की काही वेळातच या मुंग्यांची फौज गोळा होते आणि त्या पदार्थाचे बारीक बारीक तुकडे करून आपल्या वारुळात नेते. पण मुंग्या केवळ गोड पदार्थच खात नाहीत तर त्या शिकारही करतात. शेती

झाडाची पाने कापून ती वारुळात वाहून नेणारी ही मुग्यांची पलटण

करतात, गुरे पाळतात इतकेच काय पण गुलामही बाळगतात. हे सगळं त्या कसं करतात हे पहायला मुंग्यांच्या विश्वातच जायला हवं.

जंगलात फिरताना जमिनीलगत एखाद्या चक्रव्यूहासारखी रचना अनेकदा दिसते. एकाभोवती एक वर्तुळाकार भिंतींची रांगच असते. गुलाबाच्या फुलासारखी रचना केलेलं हे असतं, 'हार्वेस्टर मुंग्याचं' वारूळ. एखाद्या गावाभोवती तट उभारावेत तशी संरक्षक तटबंदीच या मुंग्या उभारतात. निरखून पाहिल्यास या वारुळाजवळच धान्याच्या सालांचा ढीग दिसतो. आसपासच्या शेतांतून या मुंग्या धान्याचे दाणे गोळा करतात आणि वारुळाबाहेर ते सोलून मग आत साठवतात. जमिनीखालच्या या कोठाराचे रक्षण करण्यासाठीच वरती मातीची तटबंदी उभारतात. मात्र मुंग्या नेहमीच जमिनीखाली घर करतात असे नव्हे. झाडावर पानांची घरटी करणाऱ्या मुंग्याही आहेत. या मुंग्याना फायर अँट किंवा वेताळ मुंगी म्हणण्यात येते. अतिशय कडकडून चावणाऱ्या या मुंग्या झाडाची पाने वळवून आपले बिऱ्हाड मांडतात. पण याच वेताळ मुंग्यांच्या घरात 'रुफस वुडपेकर' नावाचा सुतारपक्षी अंडी घालतो व पिलांना वाढवतो. आणि आयत्या घरात घरोबा करणाऱ्या या पक्ष्याला मुंग्यांचा जराही उपद्रव होत नाही. उलट कधीकधी हे



मध मुंग्यांच्या वारुळातल्या
या जिवंत मधाच्या बरण्या

महाशय मुंग्यांचाच फराळ करतात. मग तरीही या मुंग्या या सुतार पक्ष्याला प्रतिबंध का करीत नाहीत हे गूढच आहे.

शेती ही काही माणसांची मिरासदारी नाही. कारण मानव या सृष्टीत अवतीर्ण होण्याआधीपासून शेती केली जाते व ती सुध्दा मुंग्यांकडून. लीफ कटर नावाने परिचित असलेल्या मुंग्या चक्क अळंबीची शेती करतात. एखादे विशिष्ट झाड हेरून या मुंग्यांचे सैन्य त्या झाडावर चढाई करते. आणि अतिशय शिस्तबध्दपणे झाडाची 'हजामत' केली जाते. गोलसर आकाराचे पानाचे तुकडे आपल्या डोक्यावर मिरवत मुंग्या वारुळाकडे घेऊन जातात. फ्रँक लुत्झ या निसर्गतज्ञाने या पानाच्या तुकड्याचे वजन केले असता ते मुंगीच्या वजनाच्या आठपट भरले. पण हे अवजड ओझे मुंग्या अतिशय सहजगत्या वारुळात वाहून नेतात. पूर्वी या तुकड्यांचा वापर वारुळाचा अंतर्भाग आच्छादनासाठी केला जातो असा समज होता. पण नंतर या पानांचा खरा उपयोग समजला. जमिनीखालील वारूळात वेगवेगळ्या कप्प्यात ही पाने साठविली जातात. याच पानावर उगवणारी बुरशी या मुंग्या खातात.

मात्र अळंबीच्या शेतीची काळजी घेणाऱ्या मुंग्या वेगळ्या असतात.

हा निसर्ग मोठा चमत्कारिक आहे. ज्या निसर्गात पाने तोडणाऱ्या मुंग्या आहेत त्याच निसर्गाने झाडांची राखणही मुंग्यांकडेच सोपवली आहे. अकेशियाची एक काटेरी जात मुंग्यांकडूनच वाचविली जाते. जिथे ही झाडे मोठ्या प्रमाणावर आहेत तिथे म्हणजेच मेक्सिकोच्या दक्षिण सीमेवर पान तोडणाऱ्या मुंग्याही आहेत. या अकेशियाचे बैलाच्या शिंगांच्या आकाराचे काटे जोडीने असतात. एका काट्याच्या शेंड्याला भोक पाडून मुंग्या आत शिरतात आणि आपलं घर थाटतात. या झाडावर लीफ कटर मुंग्या वा इतर कोणीही हल्ला केला तर काटेघरातील या मुंग्या तात्काळ प्रतिकार करतात. या बदल्यात या मुंग्यांना झाडातून पाझरणारा गोड द्राव मिळतोच शिवाय पावसाळ्यात झाडाला येणाऱ्या फळांवरही याच मुंग्यांचा हक्क असतो. एखाद्या धनिकाने भरपूर सुखसोई करून संरक्षणार्थ पहारेकरी बाळगावेत तसाच हा सगळा प्रकार आहे.

मधाने भरलेली मधमाशांची पोळी आपण नेहमीच पाहतो. परंतु मुंग्या या क्षेत्रातही मागे नाहीत. मेक्सिकोमधे मधमाशांप्रमाणेच मधमुंग्या सापडतात. ओकच्या झाडावर उन्हाळ्यात गोळा होणारा मध साठवून मुंग्या तो हिवाळ्यात वापरतात. आता या मुंग्या काही माश्यांप्रमाणे मेण बनवू शकत नाहीत. त्यामुळे त्यांना पोळीही बनवता येत नाहीत. पण या अडचणींवर त्यांनी एक अजब उपाय शोधला आहे. बाहेरून गोळा केलेला मध काही विशिष्ट मुंग्यांना भरवला जातो. आता या मुंग्यांची निवड कोणत्या निकषावर होते हे मात्र अजूनही अज्ञात आहे. पण या मुंग्यांना सतत मध भरवला जातो आणि त्यांचं रुपांतर मधाच्या बरण्यांमधे होत. मधाने गच्च भरलेल्या या मुंग्या स्वतःला छताला टांगून घेतात. जेव्हा हिवाळा सुरू होतो तेव्हा या मधाच्या जिवंत कोठारांवर सगळ्या वारुळाचा गुजारा होता. या भागातले आदिवासीही अनेकदा ही वारुळे खणून मधावर ताव मारतात.

फोरमीका मुंग्या ॲफीड्स म्हणजे मावा किडे पाळतात आणि त्यांचं दूध काढतात. तर मुंग्यांची एक लढाऊ जात दुसऱ्या वारुळावर हल्ला करून तिथल्या लहान मुंग्या पळवते आणि गुलाम म्हणून त्यांचा वापर करते. ही सगळी कामे कोणताही आवाज न करता, शिस्तबध्दपणे, केवळ विशिष्ट गंधांच्या जोरावर केली जातात. म्हणूनच ही मुंग्यांची अद्‌भुत सृष्टी आपल्या जवळपास असून दृष्टीआड राहते.

(लेखातील चित्रे नॅशनल जिओग्राफिकमधून साभार.)

❖❖

लेखक : मकरंद जोशी, निसर्ग आणि पक्षी निरीक्षण विषयक सहलींचे आयोजन करतात. फुलपाखरे व पतंगाविषयी दैनिकात सातत्याने लेखन.

हवा शुद्ध करणारी हिरवीगार झाडे

लेखक : **कमलकिशोर कुंभकार** • अनुवाद : **गो. ल. लोंढे**

वृक्षांचे महत्त्व केवळ जंगलसंपत्ति आणि अन्न उपलब्ध करून देणे एवढ्यापुरतेच नाही. वातावरणात असलेल्या धूळ, धूर व निरनिराळ्या हानिकारक वायूंमुळे होणारे हवेचे प्रदूषण कमी करण्याचे फार मोलाचे कार्य झाडे करीत असतात. चाळणीच्या साहाय्याने एखाद्या मिश्रणातील घटक जसे वेगळे केले जातात, त्याचप्रमाणे झाडे हवेतील धुळीचे कण वेगळे करतात. धुळीच्या कणांपासून होऊ शकणाऱ्या संभाव्य दुष्परिणामांपासून झाडे आपले संरक्षण करीत असतात.

धुळीचे कण म्हणजे नेमके काय ?

आपणास माहीतच आहे की हवा म्हणजे फक्त एकच वायू नसून ठराविक वायूंचे ठराविक प्रमाणातील मिश्रण आहे. हवेत नत्रवायू ७८.०९% प्राणवायू २०.९४% कर्बद्विप्राणिल ०.०३% असतो. शिवाय पाण्याची वाफ व इतर वायू मिळून ०.९४% असतात. जर काही रासायनिक पदार्थ, धूळ, धूर, किंवा विषारी वायू हवेत पसरले आणि वर दिलेले प्रमाण बिघडले, तर हवेचे प्रदूषण झाले असे आपण म्हणतो. प्रदूषित हवेत अनेक पदार्थाचे कण स्पष्टपणे तरंगताना दिसतात. यात मुख्यतः परागकण, जीवाणू, कवक, विषाणू, हलक्या बिया, धातूंचे अतिसूक्ष्म कण, जनावरांचे केस, इत्यादी पदार्थांच्या कणांचा समावेश होतो. या सर्व पदार्थांना मिळून 'धुळीचे कण' किंवा 'कणीय पदार्थ' अशी संज्ञा आहे. हवेतील

निसर्गनिर्मित	मानवनिर्मित
१) जीवाणू	१) वाहने, कारखाने व इंधन, यांच्या वापरामुळे उत्पन्न होणारी धूळ, राख, वायू
२) कवक बीजाणु	२) किरणोत्सारी पदार्थ
३) परागकण व हलकीबीजे	३) मोठमोठ्या कारखान्यातून बाहेर पडणारे धातूकण
४) मातीचे कण	४) कारखान्यातील कचऱ्याच्या विल्हेवाटीतून पसरणारे राख, वायू इत्यादि घटक
५) ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारी राख व वायू	
६) जंगलात वणवा पसरल्याने उत्पन्न होणारे वायू व पसरणारी धूळ	

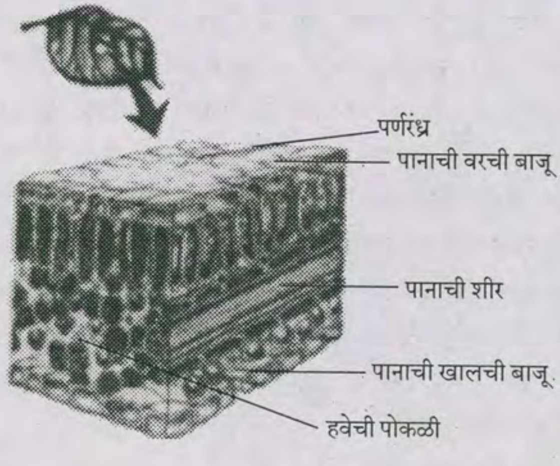
कणीय पदार्थांचे प्रमाण एका विशिष्ट मर्यादेपेक्षा वाढणे हे प्रदूषणाचे सूचक आहे. कणीय पदार्थ हवेबरोबर मनुष्याच्या श्वासनलिकेत प्रवेश करू शकतात. त्यामुळे श्वसनसंस्थेचे विकार उत्पन्न होतात. कणीय पदार्थ 'कोठून येतात?' हा निकष लावून शास्त्रज्ञांनी कणीय पदार्थांचे दोन गटात वर्गीकरण केले आहे ते खालील चौकटीत दिले आहे.-

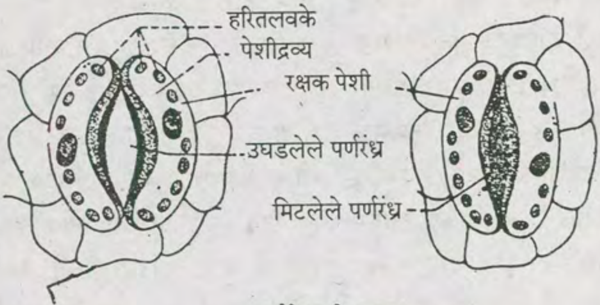
वायुशुद्धीकरण

हवेच्या शुध्दीकरणाच्या प्रक्रियेत म्हणजे एक प्रकारच्या गाळणक्रियेत पानांचा सहभाग मोठा असतो. ज्या हवेत विविध प्रकारचे कण असतात, त्या हवेचा झोत झाडाच्या पानांमधून गेला असता त्या हवेतील बरेचसे कणीय पदार्थ झाडाच्या पानांना, तर काही कणीय पदार्थ झाडाच्या इतर भागांना चिकटतात व वेगळे होतात.

पानांचा वरचा पृष्ठभाग मऊ असतो. त्याला बाह्यत्वचा असे म्हणतात. बाह्यत्वचेला अनेक सूक्ष्म छिद्रे असतात त्यांना पर्णरंध्र म्हणतात. जेव्हा हवा आणि हवेतील धूळ पानांच्या संपर्कात येते, तेव्हा धुळीचे कण पर्णरंध्राभोवती जमा होतात तेथेच अडकतात व फक्त हवाच पर्णरंध्रातून पानात शिरू शकते. हवा जशी पर्णरंध्रातून पानात शिरते, तशी ती पर्णरंध्रावाटे बाहेरही पडते.

रुंद पानांच्या वनस्पती वरील पध्दतीने हवा शुद्ध करण्याचे काम करतात. एकबीजपत्री वनस्पतींची पाने त्यामानाने कमी रुंद व टोकदार असतात. त्यामुळे या वनस्पतींच्या बाबतीत, हवेतील धुळीचे कण अलग करण्याची क्रिया थोड्या वेगळ्या पध्दतीने होते. या प्रकारातील गवत वगैरे वनस्पतीमध्ये खोडाला





पर्णरंध्राची रचना

जेथे पान फुटते तो पानाचा भाग टोकाच्या भागापेक्षा थोडा जास्त रुंद असतो. याखेरीज तेथे भरपूर प्रमाणात विशिष्ट प्रकारची सूक्ष्म लव असते. धूळ मिश्रित हवा जेव्हा अशा प्रकारच्या पानांमधून वाहते तेव्हा धुळीचे कण लवयुक्त भागात अडकून रहातात व शुध्द हवा पुढे वाहते.

झाडांची 'धूळ संग्रहण क्षमता'

कोणत्याही झाडाने व्यापलेल्या जागेचे क्षेत्रफळ जेवढे असते. त्याच्या १० ते २० पट झाडाच्या पानाच्या विस्ताराचे क्षेत्रफळ असते. पानांचे एवढे मोठे क्षेत्रफळ असल्याने झाडे हवेतील धुळीकणांना जास्तीत जास्त प्रमाणात पानांवर रोखतात व हवा शुध्द करू शकतात. झाडाची 'धूळ संग्रहण क्षमता' अनेक गोष्टींवर अवलंबून असते. जसे -

१) पानांची संख्या, आकार, पानांचा मऊपणा / खरखरीतपणा

२) वाऱ्याचा वेग

३) धुळीच्या कणांचा आकार, धुळीच्या कणांचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म.

४) हवामान

५) पानांवर अगोदरच साचलेल्या धुळीचे प्रमाण

६) पर्णरंध्राची स्थिती (कमी-अधिक उघडलेली असणे)

वरील गोष्टी एका झाडाच्या बाबतीत जशा आणि ज्या प्रमाणात असतील तशाच आणि त्याच प्रमाणात दुसऱ्या झाडाच्या बाबतीत नसतात, म्हणूनचं प्रत्येक प्रकारच्या झाडाची 'धूळ संग्रहण क्षमता' वेगवेगळी असते. या संदर्भात वैज्ञानिक दास व त्यांच्या इतर सहकाऱ्यांनी १९८१ मध्ये, कलकत्ता येथील भारतीय वनस्पती उद्यानातील निरनिराळ्या वृक्षांवर साचलेल्या धुळीच्या प्रमाणाचा अभ्यास केला. तो पुढे दिला आहे.

वेगवेगळ्या वृक्षांची 'धूळ संग्रहण क्षमता' (ग्रॅम / चौरस मीटर)

अनुक्रम	वृक्ष-प्रकार	पानांची वरची बाजू	पानांची खालची बाजू	जमा झालेली धूळ
१	साग	४.१०	१.२५	५.३५
२	अशोक	३.९२	०.६४	४.५६
३	पिंपळ	२.५६	१.५९	४.१५
४.	वड	२.७१	०.८८	३.५९
५.	आंबा	२.५०	१.५५	४.०५
६.	चिंच	१.५६	०.५२	२.०८
७.	गुलमोहर	१.१२	०.३२	१.४४

हवेच्या शुद्धीकरणासाठी वनस्पती बहुमोल कार्य करतात, हे वरील तक्त्यावरून लक्षात येईल. शिवाय हवेत मिसळलेल्या हानिकारक वायूंचे प्रमाण वनस्पती काही अंशी कमी करतात. वैज्ञानिक लूना यांच्या मते, रस्त्याच्या कडेची झाडे, रस्त्यावर फिरणाऱ्या वाहनातून बाहेर पडणाऱ्या धुरातील ३०% शिसे (कणरुप रुपात असलेले) शोषून घेतात. तसेच उद्योगांमधून सोडल्या जाणाऱ्या धुरातील ७०% सल्फर डायॉक्साइड झाडांमुळे शोषला जातो.

स्रोत जानेवारी २००१ मधून साभार.

❖❖

लेखक - कमलकिशोर कुंभकार, उज्जैन येथील वनस्पतिविज्ञान संस्थेत संशोधक

अनुवाद - गो. ल. लोंढे
निवृत्त प्राचार्य,

संदर्भ हिंदीमधून

'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.

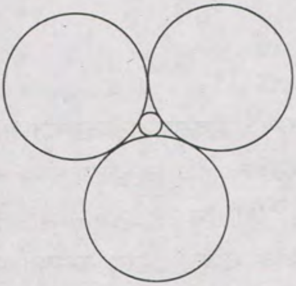
पत्ता : एकलव्य, कोठी बाजार, होशंगाबाद, मध्यप्रदेश ४६१ ००१.

वर्तुळेच-वर्तुळे

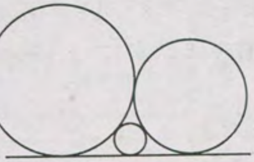
लेखक : **मनोहर राईलकर**

'वर्तुळेच वर्तुळे' या लेखमालेतले पुढचे तीन प्रश्न इथे देत आहोत. ते सोडवायला तुम्हाला नक्कीच आवडेल. उत्तर अंकात इतरत्र शोधा व पडताळून पहा.

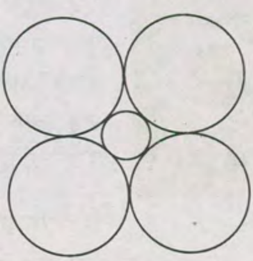
1) एकमेकांना बाहेरून स्पर्श करणारी 1 त्रिज्येची तीन वर्तुळं काढली. त्या तिघांच्या मधल्या मोकळ्या जागेत त्यांना बाहेरून स्पर्श करणारं वर्तुळ काढलं. तर त्याची त्रिज्या किती?



2) मोठ्या वर्तुळाची त्रिज्या a आणि त्यापेक्षा लहान वर्तुळाची त्रिज्या b आहे. ही दोन्ही वर्तुळं एका रेषेला स्पर्श करतात. ह्या दोन्ही वर्तुळांना बाहेरून स्पर्श करणारं आणि त्या रेषेलाही स्पर्श करणारं वर्तुळ काढलं. तर त्या वर्तुळाची त्रिज्या किती? (हे काहीसं वेगळं उदाहरण आहे. इथं वर्तुळात वर्तुळ नाही.)



3) प्रश्न 1 प्रमाणंच 1 त्रिज्येचीच पण, चार वर्तुळं काढली आणि त्यांच्या मधल्या जागेत त्यांना बाहेरून स्पर्श करणारं वर्तुळ काढलं तर त्या वर्तुळाची त्रिज्या किती? (वर्तुळांची केंद्र जोडल्यास चौरस मिळतो.)



अदृश्य जगत्

लेखक : **नागेश मोने**

हवा, पाणी अन् इतर पदार्थ यांचे सूक्ष्म कण घेऊन त्यांचा अभ्यास केला गेला. सूक्ष्म कणांचे त्याहूनही सूक्ष्म भाग करायचे ठरवले तर ते अदृश्यच असणार... अदृश्य विश्वाबद्दल जाणून घेण्यासाठी सातत्याने कल्पना मांडल्या गेल्या. प्रयोग केले गेले.

अणूरेणूंचे विश्व हे अदृश्य विश्व आहे. कल्पनाशक्तीच्या आधारे हे विश्व समजावून घेता येते. गगनचुंबी इमारती अथवा तरंगते पूल हे सुरुवातीस तयार झाले माणसाच्या कल्पनेत. घमेलंभर काँक्रिट टाकण्याच्या आधी त्याने मनामध्ये सगळी इमारतच बांधून टाकली होती. कालांतराने ते 'वास्तव' झाले.

आता आपल्यासमोर उलटी समस्या आहे. आपले दृश्य जग जे अनंत वस्तूंनी, मिश्रणांनी, संयुगांनी बनले आहे, त्यामागची मूलभूत रचना व संरचना आपल्याला ठाऊक करून घ्यावयाची आहे.

रेणू - कुणीतरी म्हटलंय, 'सहारा वाळवंट म्हणजे केवळ वाळूचे अनंत कण आहेत.' तीस चाळीस हजार फुटांवरून पाहिले तर एक अखंड विशिष्ट सतरंजीच पसरल्यासारखी दिसते. पण जवळून पाहिले तर आणि तरच एकसारख्या दिसणाऱ्या वाळूच्या अनंत कणांचा अनुभव आपल्याला येणार.

त्याचप्रमाणे आपण प्रत्येक वस्तू अथवा पदार्थाचे सारे गुणधर्म असणाऱ्या अत्यंत लहान कणाची कल्पना करून त्याला रेणू म्हणावयाचे ठरविले. साखर, मीठ, अल्कोहोल, निरनिराळी आम्ले, आम्लारी हे सारे अशा रेणूंनी तयार झाले आहेत.

रेणूंचा आकार : शास्त्रज्ञांनी काही मजेशीर आकडेवारी रेणूंच्या आकारासंबंधी मांडली आहे. उदा.

i) पृथ्वीवरील नद्या, तळी, समुद्र यात जितके ग्लास पाणी आहे. त्या संख्येच्या किमान २००० पट रेणू एक ग्लास पाण्यात असतात.

ii) पाण्याचा एक थेंब पृथ्वीच्या आकाराचा

केला तर पाण्याचा एक रेणू टेबल टेनिसच्या चेंडूच्या आकाराएवढा असेल.

iii) पाण्याच्या एका ग्लासमधील रेणू समजा वाळूच्या कणात रूपांतरित केले तर त्या वाळूने संपूर्ण अमेरिकेवर दहा मजली इमारतीएवढा थर साचेल.

द्रव्यासंबंधी चलत रेणू सिध्दांत

(Kinetic theory of matter) :

या सिर्ध्दांतानुसार

i) सर्व पदार्थ हे रेणूंनी तयार झालेले आहेत.

ii) सारे रेणू हे सतत कंप पावत असतात.

iii) उष्णता दिल्याने त्यांची कंपने वाढतात वा उष्णता कमी केल्याने कंपने कमी होतात.

iv) रेणूंमध्ये मोकळ्या जागा असतात त्यांना आंतररेण्वीय पोकळी म्हणतात.

v) पदार्थांची अवस्था ठरविणारा महत्त्वाचा घटक म्हणजे उष्णता होय.

या मुद्यांना आधार देणारी ही निरीक्षणे

१) काही विशिष्ट प्रमाणापर्यंत पदार्थांवर, त्यांची अवस्था न बदलविता अथवा न बदलेपर्यंत दाब देता येतो.

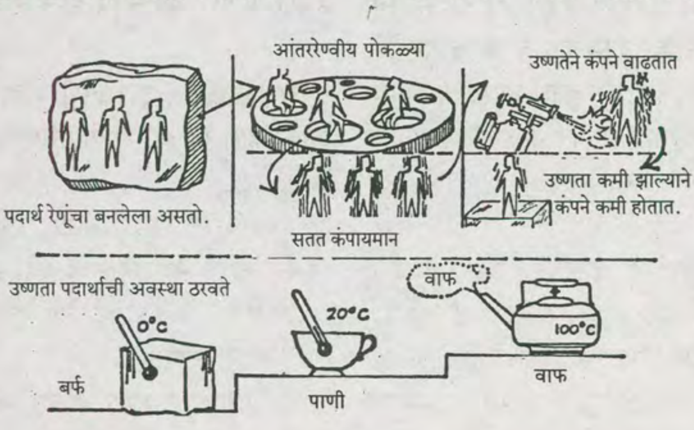
२) द्रव अथवा वायूंचे कण एकमेकांत मिसळतात.

३) एका धातूचे कण दुसऱ्या धातूत शिरतात (सोने व शिसे यांचे अत्यंत पातळपत्रे काही काळपर्यंत एकमेकांना घट्ट चिकटवून दाबून ठेवले तर असे घडते.)

४) सामान्य बाष्पीभवनाची क्रिया जेव्हा होत नाही अशा शून्याखालील तापमानात ओले कपडे 'गोठून कोरडे' होतात.

५) द्रवातील अतिसूक्ष्म कणांची हालचाल वेडीवाकडी होऊन रेणूंचे आघात होत राहातात.

अणू - शब्द जसे अक्षरांनी बनतात तशी संयुगे मूलद्रव्यांनी तयार होतात हे आपणास ठाऊक आहे. रेणू ज्या अतिसूक्ष्म घटकांनी म्हणजे कणांनी बनले आहेत त्यांना अणू



म्हणतात. म्हणजे रेणूंचे विभाजन करता येते हेही लक्षात येते. रेणूंचे हे विभाजन त्यांची मूळची रासायनिक प्रकृती बदलवून टाकते. जसे पाणी या शब्दाचे प, ण, काना, दुसरी वेलांटी असे विभाजन पाण्याचा अर्थबोध करून द्यायला अपुरे ठरते. इथे पाणी हा शब्द म्हणजे रेणू तर प, ण, काना, दुसरी वेलांटी हे त्या रेणूचे अणू ! रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेणारा रेणूचा सूक्ष्मातिसूक्ष्म घटक म्हणजे अणू !

अणूचे स्वरूप - ग्रीक विचारवंत व शिक्षक डेमॉक्रिटस् याने अणू हा डोळ्यांना न दिसणारा व विभाजन करता येणार नाही असा कण आहे हे पहिल्यांदा मांडले. भारतीय दार्शनिक कणाद याचेही असेच प्रतिपादन होते. न्यूटननेदेखील डेमॉक्रिटस्च्या म्हणण्याला दुजोरा दिला. पण या विचारांचा, निरनिराळ्या प्रयोगांवर आधारित शास्त्रशुद्ध मांडणी जॉन डाल्टनने केली. १८०३ मध्ये त्याने आपला सिद्धांत मांडला.

१) प्रत्येक पदार्थ अतिसूक्ष्म कणांनी बनलेला असतो. या कणांना अणू म्हणतात.
२) निरनिराळ्या मूलद्रव्यांप्रमाणे अणूही निरनिराळ्या प्रकारचे असतात.
३) एकाच मूलद्रव्याचे अणू समान रचनेचे, आकाराचे व वजनाचे असतात.
४) निरनिराळ्या मूलद्रव्यांचे अणू भिन्न रचनेचे, आकाराचे व वजनाचे असतात.
५) अणूंमध्ये घडणाऱ्या निरनिराळ्या क्रिया म्हणजे रासायनिक अभिक्रिया होत.
६) सारे जणू अविभाज्य (ज्यांचे विभाजन म्हणजे तुकडे करता येत नाहीत असे) व अविनाशी (नाश न पावणारे) असतात.

अर्थात नंतर संशोधनाने डाल्टनचा अणू सिध्दांत संपूर्णपणे खरा नाही, त्यात थोडा बदल करावा लागतो असे सिध्द झाले. पण त्या काळात अनेक रासायनिक क्रियांचे स्पष्टीकरण या सिध्दांतावरून मांडता आले. याखेरीज अणू हे पूर्णांकात एकत्र येऊन रेणू बनवितात हे देखील त्याने त्यात लिहिले होते. म्हणजे अर्धा अणू, एकतृतीयांश अणू असे अणू एकत्र येऊ शकत नाहीत हेही त्याला ठाऊक होते. मूलद्रव्यांची संज्ञा व रेणूसूत्रे यांच्या वापराने तर सर्वांना समजेल अशी रसायनशास्त्राची जागतिक भाषाच तयार झाली. गणितात जसे अंकांना तसे रसायनशास्त्रात संज्ञा व रेणूसूत्रे यांना महत्त्व आहे. H म्हणजे केवळ हायड्रोजन नव्हे, तो हायड्रोजन १ अणू आहे. CO_2 म्हणजे केवळ कार्बन डायऑक्साईड नव्हे तर तो ३ अणूंनी तयार झालेला १ रेणू आहे. $2H_2SO_4$ म्हणजे सल्फ्युरिक आम्लाचे २ रेणू. सल्फ्युरिक आम्लाचा एक रेणू ७ अणूंनी तयार झाला आहे. म्हणजे अणूंची संख्या, रेणूंची संख्या हे संज्ञा अन् रेणूसूत्र यांच्या

घटनांचा, परिस्थितीचा अभ्यास करण्याची विशिष्ट पध्दत हा विज्ञानाचा आधार असतो. निरीक्षण करणे, गुणात्मक व संख्यात्मक माहिती गोळा करणे, त्यातील रचनांचा शोध घेणे, निष्कर्षाचे गृहीतक मांडणे, वेगळ्या परिस्थितीत व इतरांकडून देखील त्यासंबंधी प्रयोग करून वा करवून खात्री करून घेणे व सार्वकालिक ठरेल असे अनुमान निश्चित करणे ही ती पध्दत असते. या पध्दतीचे आणखी एक वैशिष्ट्ये असे की व्यक्तिनिष्ठतेला थारा न देता वस्तुनिष्ठता अवलंबणे. अशा प्रक्रियेतून सिध्दांत तयार होतात. अशा सिध्दांतांच्या आधारे निराळ्या परिस्थितीचे भाकित वर्तविता येते. माहीत नसणाऱ्या पण अस्तित्त्वात असू शकणाऱ्या बाबींबाबत अंदाज व्यक्त केले जाऊ शकतात व पुन्हा प्रयोगाद्वारे त्यांची सत्यता पडताळली जात राहाते.

लेखनपध्दतीचे वैशिष्ट्य बनले. इतकेच नव्हे, अस्तित्व असूनही आपण बघू न शकणाऱ्या या कणांच्या भारांचा (वजनांचा) अर्थबोधही या संज्ञा - रेणूसूत्रांनी होत असतो. इतक्या व याहूनही अधिक गुणांचा समुच्चय असणारी ही रसायनशास्त्राची भाषा जागतिक बनली नसती तर नवल.

संयुगांची व्याख्या करताना आपण मूलद्रव्ये विशिष्ट वजनीप्रमाणात एकत्रित येतात असे म्हणतो. 'वजनीप्रमाण' या शब्दाचा नक्की अर्थ काय ? बघू या सोप्या उदाहरणाने.

समजा मुलांकडे असणाऱ्या इंग्रजी अक्षरांच्या पेटीतून ठोकळे घेऊन आपण C00 असा शब्द बनविणार आहोत. एक C ठोकळा आणि दोन 0 ठोकळे घेऊन आपण हे करणार आहोत. त्यांच्या वजनी प्रमाणाचा विचार करावयाचा असल्याने समजा एका C ठोकळ्याचे वजन १२ ग्रॅम व एका 0 ठोकळ्याचे वजन १६ ग्रॅम (म्हणजे अणुभारांच्या प्रमाणात) आहे. आता आपल्या तिन्ही ठोकळ्यांचे मिळून वजन होणार १२ + १६ + १६ = ४४ ग्रॅम. आता एकूण ४४ ग्रॅमपैकी १२ ग्रॅम कार्बन म्हणजे १२/४४ हे कार्बनचे तर ३२/४४ हे ऑक्सिजनचे वजन होणार. म्हणजे C00 मध्ये कार्बन व ऑक्सिजन यांचे वजनी प्रमाण १२ : ३२ होणार. म्हणजे C : 0 :: ३ : ८ होणार (इथं :: म्हणजे =) समजा आपण या शब्दाच्या पटी केल्या, २ पट, ३ पट याप्रमाणे तरी ३ : ८ पेक्षा वेगळे गुणोत्तर वा प्रमाण आपल्याला मिळणार नाही. समान ठोकळ्यांनी तयार होणाऱ्या अशा आणखी काही शब्दांसाठी असेच घडणार. पहा H_2O साठी. H_2O ऐवजी HHO म्हणू

या. H म्हणजे हायड्रोजनच्या ठोकळ्याचे वजन समजा १ ग्रॅम अन् 0 चे १६ ग्रॅम आहेच. म्हणजे एकूण वजन १ + १ + १६ = १८ होणार. अर्थातच H साठी २ : १६ म्हणजे १ : ८ येणार. H_2O मध्ये हायड्रोजनच्या अणूंची संख्या २ आणि ऑक्सिजन १ अणू; पण वजनी प्रमाण १ : ८.

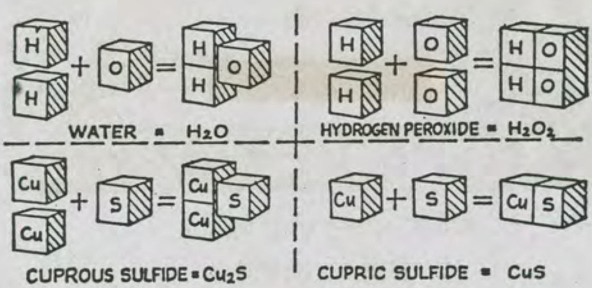
रसायनशास्त्रात COO हे CO_2 असे लिहितात अन् कार्बन डायऑक्साईड म्हणून वापरतात. इथं कार्बनच्या १ अणूचे वजन १२ एकक तर ऑक्सिजनच्या एका अणूचे १६ एकक. वरीलप्रमाणे ते ३ : ८ या वजनी प्रमाणात एकत्र येणार हे उघड आहे. संयुग कुठलेही असो, नायट्रिक आम्ल (HNO_3), कार्बन डाय सल्फाईड, (CS_2), पोटॅशियम परमँगनेट ($KMnO_4$), तरी रेणूंमधील अणूंचे वजनी प्रमाण हे निश्चितच राहणार. त्यात फरक पडणार नाही.

गुणित प्रमाणांचा नियम - प्रयोग केल्यानंतर डाल्टनच्या हे लक्षात आले की कार्बन, ऑक्सिजनबरोबर दोन प्रकारची संयुगे तयार करतो. एक कार्बन मोनॉक्साईड (CO) आणि दुसरे कार्बन डायॉक्साईड (CO_2).

कार्बन मोनॉक्साईडमध्ये घटकांचे म्हणजे कार्बन अन् ऑक्सीजन यांचे वजनी प्रमाण १२ : १६ म्हणजे ३ : ४ होणार तर CO_2 म्हणजे कार्बन डायऑक्साईड १२ : ३२ म्हणजे ३ : ४ होणार. म्हणजे १२ ग्रॅम अथवा एकक कार्बन बरोबर संयोग पावण्याचे ऑक्सिजनचे प्रमाण १६ : ३२ म्हणजे १ : २ आहे. अशाच आणखी काही प्रयोगांनी डाल्टनच्या लक्षात आले की संयुगांची निर्मिती होताना अणू पूर्णांकात एकत्र येतात. याच्याच आधारे त्याने गुणित प्रमाणांचा नियम मांडला.

जेव्हा दोन मूलद्रव्ये, समजा A आणि B एकत्र येऊन संयुगाची निर्मिती होते तेव्हा B आणि A हे एका विशिष्ट वजनी प्रमाणात एकत्र येतात व हे प्रमाण पूर्णांकांचे प्रमाण असते.

पाणी (H_2O) आणि हायड्रोजन पेरॉक्साईड (H_2O) यांच्या उदाहरणाने हा नियम पडताळून



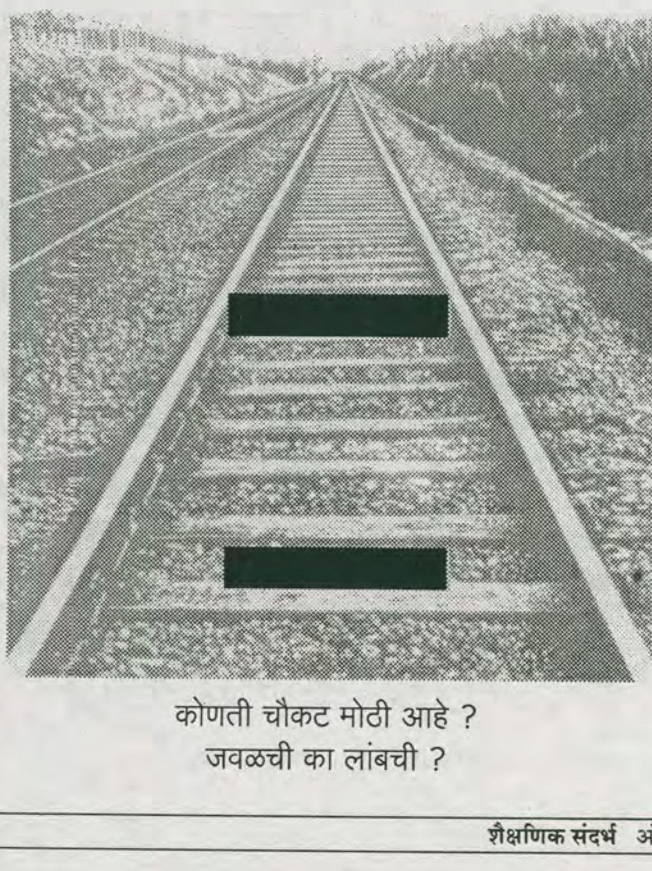
पाहता येतो. दोन्ही ठिकाणी H_2 आहे. म्हणजे एका ठिकाणी (पाण्याच्या बाबतीत) २ भाग हायड्रोजन, ऑक्सिजनच्या १६ भाग वजनी प्रमाणाशी तर दुसऱ्या ठिकाणी (H_2O_2 साठी २ भाग हायड्रोजन ऑक्सिजनच्या ३२ भाग वजनी प्रमाणाशी संयोग पावते. तीच गोष्ट Cu_2S आणि CuS साठी. Cu_2 म्हणजे क्युप्रस सल्फाईड अन् CuS म्हणजे क्युप्रिक सल्फाईड. इथं एक भाग वजनी गंधक अनुक्रमे ४ भाग वजनी व २ भाग वजनी तांब्याशी संयोग पावतो.

अदृश्य समजल्या जाणाऱ्या, गुंतागुंतीच्या व अतिसूक्ष्म स्तरावरील हे गणित आणि ते समजणे दोन्हीही आनंददायक, आश्चर्यकारक व अभ्यासण्यायोग्य आहे हे खरे.

आधार : लुईस टी. मॅसन यांचा लेख

❖❖

लेखक : **नागेश मोने,** वाई येथे द्रविड हायस्कूलमध्ये विज्ञान शिकवतात. विज्ञान वाचनालय चालवतात.



कोणती चौकट मोठी आहे ?
जवळची का लांबची ?

लेखांक ७

भाषा नकाशाची

लेखक : शुभदा जोशी

नकाशात डोंगर, दऱ्या, नदी, पठारे अशी वेगवेगळी भूरूपे दाखवलेली असतात. प्रत्येकाची उंची निरनिराळी. मग नकाशात ही उंची दाखवायची तरी कशी ?

वाचायला, समजायला सोपी जावी म्हणून नकाशाची भाषा आपण लांबी आणि रुंदी अशा दोनच मितींमध्ये बदलून घेतली. वस्तूंचे, ठिकाणाचे फक्त वरून पाहून रेखाटन केले. पण त्यामुळे एक गोष्ट मात्र हुकली. उंचीची दखल घेतलीच गेली नाही. ही महत्त्वाची तिसरी मिती दुर्लक्षिली गेल्याने खूप गोंधळ होतात.

एक उदाहरण सांगते. एकदा ७ वी-८वी च्या महानगरपालिकेच्या शाळेतल्या मुलांबरोबर गप्पा मारत होते. समोर मोठा जगाचा प्राकृतिक नकाशा होता. नकाशा पाहून आपल्याला काय काय समजले असं विचारल्यावर मुलं सांगायला लागली, ''हा निळा निळा समुद्र असणार!'' ''बापरे केवढं पाणी... जमीनच कमी आहे.'' ''हे चॉकलेटी डोंगर असतील.'' ''बरोबर, आणि हे हिरवं ?'' ''ही जंगलं... सरळ आहे,'' ''आणि पिवळी पिवळी कुरणं.'' ''गुलाबी काय दाखवलेय देव जाणे!'' ती मुलं रंगांचे अंदाजपंचे अर्थ लावत होती. गोंधळ दूर करावा म्हणून मी म्हणाले, ''हा नकाशा प्राकृतिक नकाशा आहे. प्राकृतिक म्हणजे भू-रचना... म्हणजे जमीन. जमीन सगळीकडे सरळ, एकाच पातळीवरची असते का ?'' ''नाही, खालवर असते.'' ''म्हणजे कोणत्या प्रकारे ?'' ''डोंगर, दऱ्या, नद्या, समुद्र अशी.'' ''मग आपल्याला भूरचनेच्या (प्राकृतिक) नकाशात ह्या सगळ्या गोष्टी दाखवायच्यात. हा जगाचा नकाशा आहे. म्हणजे खूपच मोठ्या भूभागाचा नकाशा. इथे जमिनीच्या वरच्या गोष्टी, जंगलं, कुरणं, इमारती, धरणं दाखवणं अवघड आहे. मोठाली महानगरं सुद्धा इथे ठिपक्याएवढी दिसतात. आता आपल्याला या नकाशात उंची दाखवायची

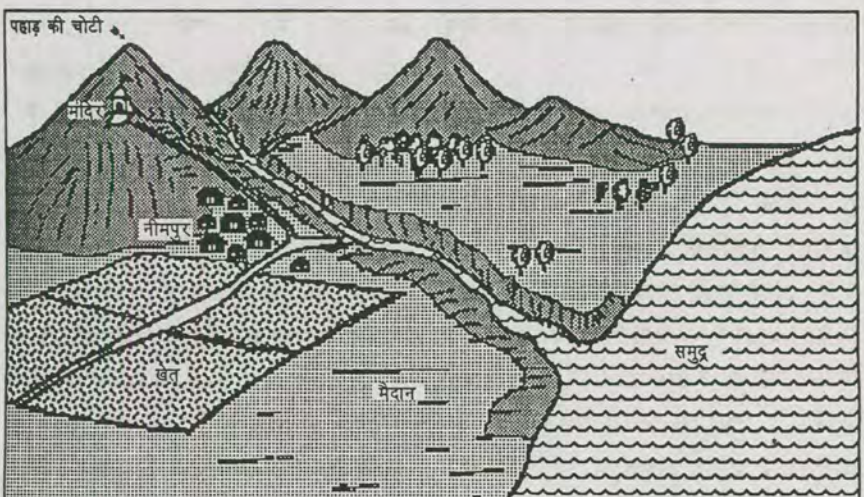
आहे, तर काहीतरी पद्धत शोधायला हवी ना ? यावर एक अनपेक्षित उत्तर मिळालं, ''नकाशाच्या वरच्या भागात उंच प्रदेश असणार आणि खाली खाली कमी उंचीचा प्रदेश.'' माझं डोकंच चक्रावलं. नि मग लक्षात आलं, नकाशातली उंची हे तितकं सोपं प्रकरण नाही. हे जर मुलांना नीट समजावून सांगितलं नाही. तर खूपच गोंधळाची परिस्थिती होईल.

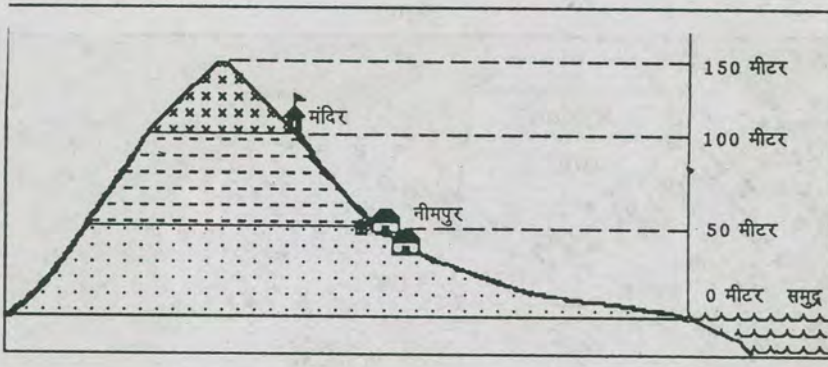
खरं म्हणजे नकाशाच्या उजव्या हाताला रंग आणि उंचीची सूची दिलेली असते. जगभर हे ठरवून घेतलेले रंगच त्या त्या उंचीसाठी वापरले जातात. त्यानुसार सर्वसाधारणपणे निळा रंग पाण्याला, हिरवा रंग मैदानांना, पिवळा रंग पठारांना व करडा रंग पर्वतांना वापरतात. उंचीनुसार त्यातल्या छटाही दाखवल्या जातात. हे सूचीमधे स्पष्टपणे सांगितलेले असते.

उंचीच्या संदर्भातून नकाशे वाचायला मुलांना शिकवल्यावर मात्र ज्ञानाच्या गुहेचं दार उघडून दिल्यासारखंच झालं. त्या त्या प्रदेशाची समुद्रसपाटीपासून उंची, त्यानुसार हवामान, जंगलं, पिकं, घरं असे अनेक अंदाज मुलं बरोबर करायला लागली.

नकाशातील ही उंची शिकवण्यासाठी एकलव्य च्या सामाजिक अध्ययन पुस्तकात एक अतिशय सुंदर धडा आहे. 'उंचा पहाड- नीचा मैदान.' त्याचा संदर्भ घेतल्याशिवाय पुढे जाता येत नाही.

नीमपूर नावाचं गाव समुद्रकिनारी, डोंगराच्या पायथ्याशी वसलं होतं. गावाचं देऊळ डोंगरावर होतं. खाली दिलेल्या नीमपूरच्या चित्रावरून जर नीमपूरचा नकाशा तयार करायचा असेल तर कसा करायचा ?



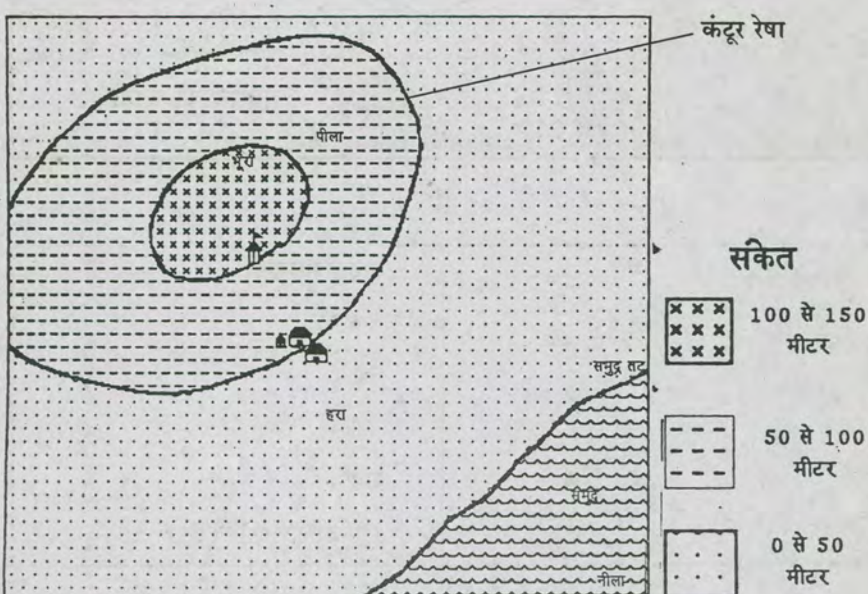


प्रथम नीमपूर मधल्या प्रमुख ठिकाणांच्या उंच्या मोजायला हव्यात. उंची मोजताना समुद्रसपाटीची उंची ० मानू या.

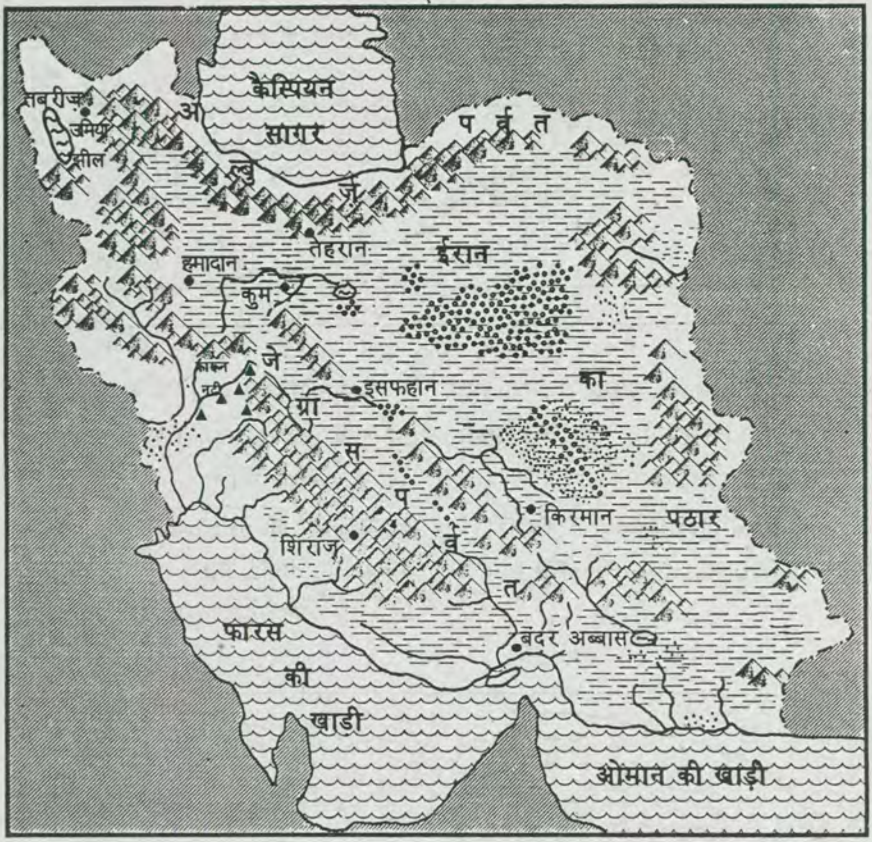
पाणी नेहमी समपातळीत रहातं म्हणून जगभरात समुद्रसपाटीची उंची शून्य मानली जाते.

ह्या उंच्यांच्या मदतीने वरीलप्रमाणे नीमपूरच्या छेद (section) काढता येईल.

मात्र नकाशा काढणं तेवढं सोपं नाही. नकाशासाठी अनेक ठिकाणाच्या उंच्या घ्याव्या लागतील. आणि मग सारखी उंची दर्शविणारे बिंदू जोडणाऱ्या रेषा काढाव्या

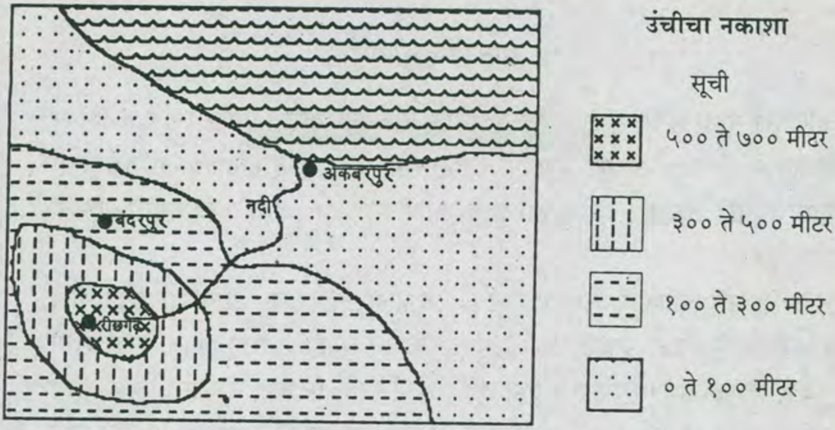


इराण



सूची

इराणची सीमा	-·-·-	मिठाचे वाळवंट	⁘
समुद्र	〰	वाळवंट	⁙
इतर देश	▨	नदी	⅄
डोंगर	⛰	तलाव	◯
पठार	☰	शहर	•
		खनिज तेलाच्या विहिरी	▲



लागतील. यांना कंटूर रेषा म्हणतात. नीमपूरचा नकाशा खालीलप्रमाणे असेल.

भूरचना समजण्यासाठी उंची समजावून घेणं आवश्यक आहेच. कंटूर्सचा विशेष उपयोग होतो तो रस्ते, बांधताना, रेल्वे लाईन टाकताना, धरणं बांधताना.

एकलव्यच्या नवीन कल्पना

नकाशातली उंची मुलांना समजावी, नकाशे वाचायला सोपे जावेत म्हणून एकलव्यनं अनेक नवीन कल्पना सुचवल्या आहेत. रंगीत छपाईचा वापर आपल्या पाठ्यपुस्तकांत फक्त ४ कव्हर्स पुरताच मर्यादित असतो. साध्या रेषांमधल्या खुणांनी कितीही म्हटलं तरी नकाशा सपाटच रहातो. पण थोडीशी कल्पनाशक्ती वापरली तर ह्याच रेषांचा किती सुरेख वापर करता येतो...

एकलव्यने भारतातील प्रत्येक राज्याचे असे नकाशे तयार करायचा प्रकल्प हाती घेतला आहे. हा नावीन्यपूर्ण अ‍ॅटलास प्रकाशित झाल्यावर त्याबद्दल संदर्भ मधून माहिती मिळेलच. उदाहरणादाखल डावीकडील इराणचा नकाशा पहा. हा एकलव्य च्या सामाजिक अध्ययन इयत्ता सहावीच्या पुस्तकातून घेतला आहे.

शेजारच्या पानावरील नकाशा पाहून या प्रश्नांची उत्तरे शोधा.

१. इराणच्या सीमेवर कोणते पर्वत आहेत ?

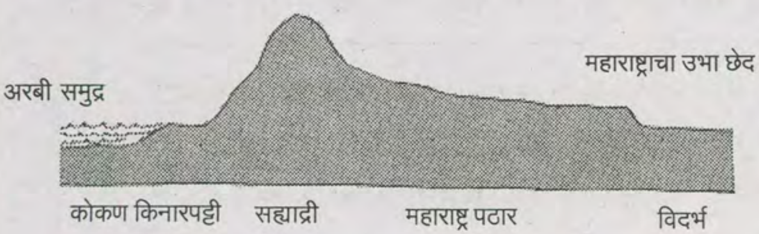
२. इराणमध्ये किती प्रकारची वाळवंटे आहेत ?

३. समुद्र किनाऱ्यावरील प्रदेश कोणते ? खाड्यांची नावे सांगा.

सफर महाराष्ट्राची

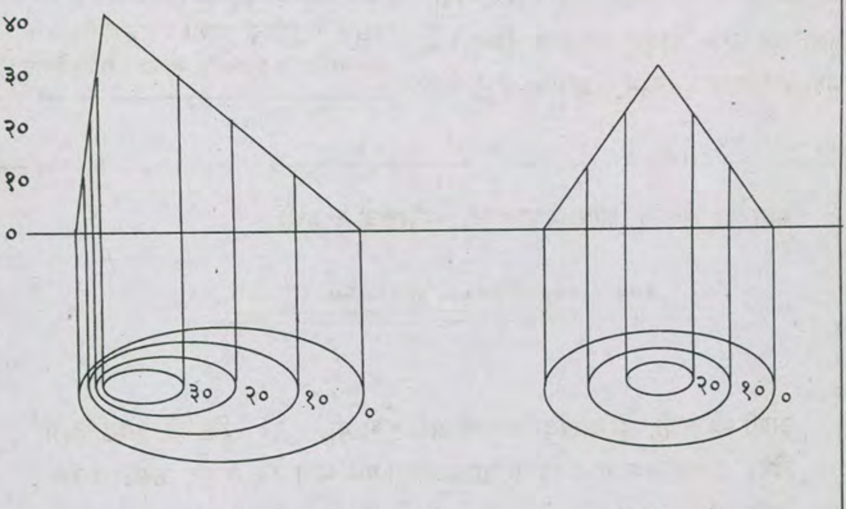
चौथीला महाराष्ट्राचा भूगोल शिकवताना मुलांबरोबर करून पाहिलेला एक धमाल प्रयोग - 'समजा आपण मुंबईला राहातो आहोत आणि आपल्याला चंद्रपूरला जायचं आहे. चला... प्रवासाला निघू आणि पाहू या, काय काय गमती-जमती दिसताहेत '

महाराष्ट्राच्या नकाशाजवळ हा आडवा छेद मुलांसमोर ठेवून आमच्या काल्पनिक सफरीला सुरूवात झाली. आधी मुंबई फिरून पाहिली. समुद्रकिनाऱ्यालगतची मुंबई, तिथलं हवामान आणि महानगरीमधली गती, प्रदूषण, बंदरामधील बोटींची वाहतूक, कारखाने, सगळ्यावर चर्चा झाली. मग बसने घाटातला प्रवास सुरू झाला. घाट ओलांडून पठारावर आल्यावर हवामान बदलतं... पुणे ... नगर... औरंगाबाद... यवतमाळ... नागपूर अशी शहरं आणि मधली शेतं, डोंगर, जंगलं, नद्या असा प्रवास केला. विदर्भात कोळशाच्या खाणी, कापसाची शेतं पाहिली. बदलत जाणारी भूरुपे, वनस्पती, हवामान, त्यावर आधारित पिकं आणि लोकांचं जीवन यावर खूप चर्चा झाल्या. बोलताना संबंधित चित्रं, फोटो पाहिले, माहिती वाचली. दररोज सकाळी सूर्योदय किती वाजता होतो याची नोंद ठेवली. त्यावरून दिशा, सूर्याचे भासमान भ्रमण, यावर बोलायची संधी मिळाली. मधल्या काळात मुलं त्या त्या गावाहून आलेल्या ओळखीच्या लोकांना प्रश्न विचारून माहिती मिळवत होती. काही पाहुणे मुद्दाम वर्गात येऊन मुलांशी बोलत होते. अत्यंत उत्साहाच्या वातावरणात मुलांना प्राकृतिक रचना, हवामान, वनस्पती, पिकं, खनिजं, उद्योग आणि त्यानुसार बदलणारं जनजीवन यातील आंतरसंबंध स्पष्ट झाले.



कंटूर रेषा

कंटूर रेषा आणि नकाशा यांचा अभ्यास करताना एक चांगला उपक्रम श्री. वि. गो. काळे उर्फ काळे गुरूजींनी कन्याशाळेत (पुणे) घेतला होता. दिवाळीत किल्ला करतो तसं एक मॉडेल मुलींना करायला दिलं. ठराविक आकाराच्या जागेत, (उदा. २ फूट द ३ फूट) थर्मोकोलच्या १ सें.मी. जाडीचे तुकडे वापरून त्याचे वेगवेगळ्या आकाराचे डोंगर बनवले ते त्या जागेवर चिकटवून टाकले. तयार झालेल्या मॉडेलचा नंतर नकाशा काढला. रचलेल्या डोंगरांची उंची, त्याची सुरूवात, शेवट, कोणत्या जागी शिखर आहे. त्याची उंची किती या सगळ्या गोष्टी मोजून, प्रमाण वापरून त्याचा नकाशा तयार केला. या डोंगरासाठी वापरलेल्या तुकड्यांच्या संख्येवरून त्याची वेगवेगळ्या ठिकाणची उंची मोजणं अगदी सोपं जातं. मग प्रत्यक्ष डोंगराची मापं घेऊन कंटूर रेषा काढणं हा प्रयोग करता येतो. कंटूर रेषांची त्यामानानं अवघड संकल्पना समजून घ्यायला या प्रयोगाची खूपच मदत होईल असं वाटतं.



आता या उपक्रमानंतर सह्याद्री किंवा हिमालयाच्या जागी कंटूर रेषा कशा आहेत यावरून प्रत्यक्ष भूरचनेची कल्पना मनात स्पष्ट उभी राहील.

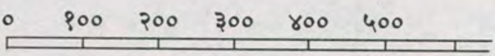
नकाशातील उंचीचा चांगला आदमास येण्याचं आणखी एक साधन म्हणजे छेदचित्र (Sectional views). कुठलाही भूप्रदेश वर्गात शिकवताना नकाशाचे विविध छेद घेऊन अशी छेदचित्रं वर्गात तयार करणं अतिशय बहारीचं होतं. तो प्रदेश तर नीट समजतोच पण विविध भौगोलिक मुद्यांमधला कार्यकारण भावही स्पष्ट होतो. उदा. नदी, पर्वतावर उगम पावून समुद्राला मिळते हे मुलांना नकाशा वाचून लक्षात येऊ लागते. पूर्ववाहिनी, पश्चिमवाहिनी नद्यांच्या याद्या पाठ कराव्या लागत नाहीत.

अशा प्रकारे नकाशाचा संदर्भ घेत घेत, वापर करत जर मुलं पाठ्याविषयी शिकली तर पुढे द्विमित नकाशा पाहूनही कल्पनेनं भूप्रदेशांची उंची वाचणं मुलांसाठी अतिशय सोपं जाईल.

❖❖

लेखक : **शुभदा जोशी** पालकनीतीच्या संपादक गटात सहभागी, खेळघर चालवितात.

मागच्या अंकात, भाषा नकाशाची - लेखांक ६ मध्ये



अशी स्केलची पट्टी दाखवून त्याचा अर्थ १ सें.मी. = १०० कि.मी. असा दिला होता. प्रत्यक्ष नकाशात पट्टीवर दाखवलेला एक भाग एक सें.मी. असेलच असे नाही.

मात्र पट्टीवर दाखवलेले अंतर १०० कि.मी. आहे असा त्याचा अर्थ असतो.

संगीतामागचे गणित

लेखांक १

लेखक : **मनोहर राईलकर**

सा रे ग म प ध नी सा हे स्वर वाजवताना पेटीवर नीट सरळ एकापुढे एक का ठेवलेले नसतात ? हा प्रश्न मला आणि अनेकांना पडल्याचा आठवतो. आपण गाणी ऐकतो-म्हणतो ती जर वाजवायची असतील तर ती सा रे ग म च्या भाषेत रुपांतर करून वाजवतात हेही आपण समजावून घेतलेलं असतं. पण असं का - हा प्रश्न मात्र अनुत्तरित रहातो. यामागचं कारण या लेखमालेतून आपल्यापुढे मांडलं आहे.

यथा नयति कैलासं नगं गानसरस्वती ॥
तथा नयति कैलासं न गंगा न सरस्वती ॥

चित्रकाव्य म्हणून तर श्लोक मनोरंजक आहेच. कारण दोन ओळींच्या फक्त पहिल्या अक्षरात फरक आहे. (यथा-तथा) तेवढा सोडला तर जवळजवळ पूर्ण यमक साधलं आहे. पण संगीताचं सामर्थ्यही कवीनं मोठ्या बहारीनं वर्णिलं आहे. कवीच्या मते पवित्र अशा गंगा किंवा सरस्वती नद्यांकडेही आपल्याला कैलास पर्वतावर (नग) नेण्याचं जेवढं सामर्थ्य नाही तेवढं गानरूपी (गानसरस्वती) सरस्वतीकडे आहे.

मला वाटतं कवीशी आपण सारेच सहमत होऊ खरं ना ? अशा सामर्थ्यशाली संगीतामागचं गणित समजून घ्यायला आपल्याला आवडेल.

भारतीय किंवा पाश्चात्य, कोणत्याही संगीताच्या मागं काही गणित असतं, असं बहुधा आपण सर्वांनी ऐकलेलं असेल. पण, ते नेमकं काय आहे, हे सर्वांना माहीत असतंच असं नाही. त्यामुळं ह्या दोन प्रकारच्या संगीतात, मूलभूत फरक काय आहे, याचीही अनेकांना कल्पना नसते. मित्रांशी गप्पा मारताना मला हे जाणवलं. संगीतात गणित काय आहे आणि दोन प्रकारच्या संगीतात नेमका काय फरक आहे याची कल्पना

वाचकांना द्यावी हा ह्या लेखमालेचा उद्देश आहे.

पण, आरंभी काही प्राथमिक जुजबी माहिती द्यायला हवी. ज्यांना ही प्राथमिक माहिती आधीच असेल त्यांनी ती गाळून पुढं जायला हरकत नाही.

बाजाची पेटी बहुतेकांनी पाहिलेली असते. मी ज्या वेळी ह्या विषयावर गप्पा मारताना माहिती सांगू लागे, त्या वेळी पुष्कळदा मला असा प्रश्न विचारण्यात येत असे. 'सा म्हणजे काय? कुठल्या पट्टीला सा म्हणायचं?' इतक्या प्राथमिक पातळीवरच्या प्रश्नाला उत्तर तडकाफडकी देणं शक्य नसतं. आरंभी एकदोनदा, 'कोणत्याही पट्टीला सा म्हणता येईल', असं उत्तर दिलं त्यावेळी, 'काय खुळ्यासारखं बोलताहेत.' अशासारखे भाव प्रश्नकर्त्याच्या चेहऱ्यावर पाह्यला मिळाले. 'वरचा सा खालचा सा,' असे शब्द ऐकले की 'दोन सा कसे असतील?' अशीही शंका त्यांच्या मनात उद्भवल्याचं मी अनुभवलंय. मला प्रथम नवल वाटे.

उलट स्वतः संगीतज्ञ असून संगीताचं गणित मात्र, काहींना माहीत नसतं, असंही ध्यानात आलं. मात्र, संगीत माझा प्रांत नसल्यामुळं संगीताबद्दल मी फारसं बोलणार नसून त्याच गणित काय आहे, त्याबद्दल सांगायचा विचार आहे.

ज्यांना संगीताच्या गणिताची अगदीच काही माहिती नाही, त्यांना ह्या प्रश्नाचं उत्तर कळायला थोडा वेळ लागेल. म्हणून त्यांनी पुढं दिलेली प्राथमिक माहिती जरा जास्त लक्षपूर्वक वाचावी.

आपल्याला ऐकू येणारा आवाज म्हणजे कंप पावणाऱ्या वस्तूनं ढकललेल्या हवेच्या लाटा होत. एखाद्या भांड्यावर आघात केला की त्याच्यातून आवाज येऊ लागतो. कोणत्याही वेळी त्यातून एकाच प्रकारचा आवाज येत असल्याचं तुम्ही अनुभवलं असेल. दुसऱ्या भांड्याचा आवाज वेगळ्या प्रकारचा असेल. घंटांच्या आवाजातील फरकही आपल्याला कळतो.

कंप्रता : वस्तू सारख्याच गतीनं, सारख्याच वेगानं कंप पावत असेल तेव्हा कंपनांची संख्या मोजता येते. एका सेकंदात वस्तू जितक्या वेळा कंप पावते, त्या संख्येला त्या वस्तूची कंपनसंख्या (कंप्रता frequency) म्हणतात. ही कंप्रता म्हणजे संगीताच्या गणिताचा आरंभबिंदू किंवा पहिली मुख्य पायरी होय. कंप्रता हर्ट्झ मध्ये मोजतात.

दोन प्रकारच्या वस्तूंची कंपनसंख्या सारखी नसेल तर, ज्या आवाजाची कंप्रता जास्त असेल त्याला वरचा स्वर (किंवा सूर) म्हणतात आणि स्वाभाविकतःच ज्या

आवाजाची कंप्रता कमी असेल त्याला खालचा स्वर म्हणतात.

माणसाच्या ऐकण्याची क्षमता सोळा ते सोळा हजार हर्ट्‌झ ह्या मर्यादेत असते. काहींच्या मते ही मर्यादा वीस ते वीस हजार, अशी आहे वेगवेगळ्या प्राण्यांच्या श्रवण मर्यादा कमी जास्त असू शकतात. कुत्र्यांना माणसाच्या क्षमतेपलीकडील आवाजही ऐकू येतात. सोनोग्राफीकरता २५ ते ७५ लक्ष हर्ट्झ कंप्रता वापरतात. ती आपल्याला ऐकू येणं शक्य नाही.

तुलना : निरनिराळ्या प्राण्यांची आवाज निर्माण करण्याची क्षमताही वेगळी असते आणि श्रवणक्षमताही वेगळी असते. कोष्टकात तुलनात्मक माहिती दिली आहे. वाचकांना ती मनोरंजक वाटेल.

सप्तक : मुख्यतः सात स्वर मानले जातात. त्यांची नावं सा, रे (किंवा रि), ग, म, प, ध, नी. मात्र, त्यांच्या मूळ नावांची ही लघुरुपं आहेत. त्यांची मूळ भारतीय नावं - षड्ज, ऋषभ, गंधार, मध्यम, पंचम, धैवत, निषाद अशी आहेत. इतर सहा स्वर सा पासून निर्माण झाले म्हणून षड्ज. पाश्चात्य नावं Do, Re, Mi, Fa, So, La, Se अशी किंवा C, D, F, E, G, A, B अशी आहेत. ह्या मूळ स्वरांना शुध्द स्वर म्हणतात. त्यांच्या समूहाला सप्तक (octave) म्हणतात.

विकृत स्वर : यांव्यतिरिक्त आणखी पाच स्वरही असतात. त्यांना विकृत स्वर म्हणतात. भारतीय संगीतात, चार कोमल स्वर आणि एक तीव्र स्वर असे पाच विकृत स्वर मानले जातात. रे च्या आधीचा

प्राण्यांचे आवाज आणि श्रवणक्षमता

प्राणी	निर्माणक्षमता (हर्ट्‌झ)	श्रवणक्षमता (हर्ट्‌झ)
मनुष्य	८५-११००	२०-२०,०००
डॉल्फिन	७,०००-१२०,०००	१५०-१५०,०००
रॉबिनपक्षी	२,०००-१३०,०००	२५०-२१,०००
कुत्रा	४५०-१०८०	१५-५०,०००
मांजर	७६०-१५२०	६०-६५,०००
वटवाघूळ	१०,०००-१२०,०००	१,०००-१२०,०००

(स्रोत : World Book Encyclopedia)

(अर्थातच, सा च्या नंतरचा) रे कोमल, याप्रमाणे ग कोमल, ध कोमल आणि नी कोमल असे चार कोमल स्वर आणि म नंतरचा (प च्या आधीचा) एक स्वर तो म तीव्र. हे तीव्र-कोमल प्रकरण काय आहे, हा खुलासा हळुहळू होईलच. तूर्त मूळचे सात शुध्द स्वर आणि पाच विकृत स्वर मिळून बारा स्वर होतात. इतकं लक्षात ठेवावं.

श्रुती : मुळात भारतीय संगीतात बावीस स्वर होते. त्यांना श्रुती म्हणत असत. पण अलीकडे त्यांच्याबद्दल फारसं कुठं ऐकू येत नाही. मात्र, आपण ज्याला कोमल रे म्हणतो, त्यापेक्षाही कमी कंप्रतेचा रे काही रागांत म्हटला जातो. तिथं ह्या श्रुतींचा प्रत्यय येतो. हा फारच सूक्ष्म फरक आहे. तेव्हा तो सोडून देऊ. मात्र, भारतीय संगीताच्या बावीसही श्रुतींची गुणोत्तरं आज उपलब्ध आहेत. (गुणोत्तर याचा अर्थ नंतर पाहू.)

संवादिनी : संवादिनीत (बाजाची पेटी) काही पट्ट्या पांढऱ्या आणि काही काळ्या असतात, हे तुम्ही पाहिलं असेल. सर्वात डावीकडची पट्टी पांढरी असते. तूर्त, तिला आपण सा म्हणू. सर्व पांढऱ्या पट्ट्यांनी क्रमानं शुध्द स्वर दाखवले जातात. आणि काळ्या पट्ट्यांनी विकृत स्वर. आता पेटीचं निरीक्षण करा. म्हणजे ओळीनं याच क्रमानं आणि याच रीतीनं पुन्हा पुन्हा एकूण बारा काळ्यापांढऱ्या पट्ट्या येत असल्याचं आढळेल.

पहिल्या सात पांढऱ्या पट्ट्यांचं (स्वरांचं) एक सप्तक संपलं की दुसरं सप्तक सुरू होतं. ते संपलं की तिसरं, नंतर चौथं इत्यादी. संवादिनीमध्ये बहुधा सव्वातीन सप्तकं असतात. शिकाऊ मंडळींकरता अडीच आणि अधिक जाणकारांच्या पेट्यांत साडेतीन सप्तकंही असतात. पियानोमध्ये सातपेक्षा जास्त (एकूण ८८ पट्ट्या, पैकी ५२ पांढऱ्या आणि ३६ काळ्या) सप्तकं असू शकतात. गणिताच्या दृष्टीनं सप्तकांच्या संख्येला अलीकडे किंवा पलीकडे मर्यादा नाही. पण माणसाच्या किंवा खरं तर कोणत्याही प्राण्याच्या ध्वनीच्या निर्माणक्षमतेला मर्यादा असल्यानं तात्त्विक चर्चेपलीकडं इतक्या सप्तकांचा उपयोग नाही. श्रवणशक्तीच्या मर्यादेमुळं वाद्यांच्या सप्तकांवरही मर्यादा येणारच. कोणत्याही विशिष्ट माणसाचा आवाज सामान्यतः दोन ते सव्वादोन सप्तकांत फिरू शकतो, असा अनुभव आहे.

सप्तकांची आवृत्ती का होते, याचा नेमका

अर्थ काय आणि त्यामुळं काय साधतं, असा प्रश्न नवथरांच्या मनात आला असणारच. त्याकडे आपण नंतर वळू.

नावीन्य म्हणून काही पेट्यांच्या पांढऱ्या पट्ट्यांचा रंग काळा किंवा आणखी कोठला आणि तथाकथित काळ्या पट्ट्यांचा रंग पांढरा ठेवल्याचं आढळतं. शब्दांचे अर्थ त्या शास्त्राप्रमाणं बदलतात. संगीतात आपण पट्ट्यांकरता वापरलेले पांढरा आणि काळा हे शब्द मुळात त्यांच्या रंगावरून दिलेले असेल तरी आता त्यांचा अर्थ खालच्या ओळीतल्या पट्ट्या पांढऱ्या आणि वरच्या ओळीतल्या काळ्या, असाच घ्यायचा असा संकेत आहे. मग पेटीच्या निर्मात्यानं प्रत्यक्षात पट्ट्यांकरता कोणते का रंग वापरलेले असेनात. त्याचप्रमाणं, शुद्ध, विकृत, कोमल, तीव्र ह्या शब्दांचेही भाषेतले अर्थ नसतात. संगीतात जे दिले जातील तेच त्यांचे अर्थ.

विकृत स्वरांच्या पट्ट्या वर ठेवण्यानं वाजवणाऱ्यांना सोयीचं जातं. पण, त्यामुळे पेट्या तयार करणाऱ्यांना एक डोकेदुखी असते. एका सप्तकाकरता जागा सात पट्ट्यांइतकी पण तेवढ्याच जागेत स्वर मात्र बारा बसवायचे, ही कसरत त्यांना करावी लागते.

जाता जाता, वाचकांना एक मनोरंजक माहिती सांगतो. योगायोगानं, ही अडचण एका परिचित व्यक्तीनं माझ्यापुढं मांडली. 'हे अवघड गणित कसं सोडवायचं?' असं त्यानं मला विचारलं. खरं तर ते गणित मुळीच कठीण नव्हतं. त्याला मी ते सोडवूनही दिलं. पण मग पूर्वी काय करीत असत? आणि बाकीचे लोक काय करतात?' असं मी त्याला विचारलं. तो म्हणाला, 'अजूनही ते अदमासपंचे किंवा अलीकडे ज्याला प्रयत्न-प्रमाद (trial & error) म्हणतात. त्या पध्दतीनं करतात.' त्यामुळंच बहुधा, निरनिराळ्या कारखानदारांच्या पेट्यांच्या पट्ट्या रुंदीनं अगदी सारख्या नसतात. कंप्रतांतही फरक असतो. माझ्या मते हे अशास्त्रीय आहे. पेट्यांचं प्रमाणीकरण व्हायला हवं.

मूळ स्वर : पुरुषांचा आवाज खालचा आणि स्त्रियांचा वरचा असतो, असं म्हणतात. म्हणजेच स्त्रियांच्या आवाजाची कंप्रता सरासरीनं पुरुषांच्या आवाजाहून जास्त असते. याव्यतिरिक्त पुरुषापुरुषांच्या आणि स्त्रियास्त्रियांच्या आवाजात वैयक्तिक पातळीवर फरक असू शकतो तो वेगळा.

काही पुरूष गायक काळी एक मध्ये गातात, काही काळी दोन मध्ये गातात, वगैरे भाषा आपण ऐकली असेल. याचा अर्थ काय? गायकाचं सप्तक कसं ठरवायचं?

गायकाला आधीच्या सप्तकातले सहा स्वर, मुख्य सप्तकाचे सर्व स्वर आणि पुढच्या सप्तकातले सहा स्वर येथपर्यंत सहजपणं म्हणता आले पाहिजेत. काही गायक काही प्रमाणात ह्या दोन्ही मर्यादांपलीकडे गाऊ शकतात, असं ऐकलं आहे.

याप्रमाणं आपलं सप्तक ठरलं की मुख्य

म्हणजे मध्य सप्तकाचा पहिला स्वर हा त्या गायकाचा सा होय. त्यानं सा, रे, ग, म, प, ध, नी असे सात स्वर म्हटले की तो पुन्हा सा म्हणतो. पण हा सा (सां) आरंभी म्हटलेल्या सा पेक्षा काहीसा वेगळा असतो. 'काहीसा' म्हणजे काय ? ह्याचा उलगडा म्हणजेच दुसरी मुख्य पायरी होय. आरंभीच्या सा च्या कंप्रतेच्या दुप्पट कंप्रता ह्या 'सां' ची असते. हा मुद्दा महत्त्वाचा आहे. सा वर अनुस्वार देऊन वरचा सा (सां) दाखवतात.

तार सप्तक : आता काहींच्या मनात प्रश्न उद्‌भवला असेल तर ते चांगले लक्षण आहे. मग हा सां आरंभी धरून पूर्वीप्रमाणंच पुढं जाता येईल का ? म्हणजे पुन्हा असेच सात स्वर म्हणता येतील का ? ह्या प्रश्नाचं उत्तर 'होय'. ह्या सप्तकाला तार सप्तक म्हणतात. असं असलं तरी माणसाच्या स्वरयंत्राला असलेल्या मर्यादेमुळं हे प्रत्यक्षात शेवटपर्यंत शक्य होत नाही. पण संवादिनीला हे शक्य आहे. इतकंच नव्हे तर सां पासून आरंभ करून सात स्वर वाजवून झाल्यावर पुन्हा पुढचा सा वाजवता येतो. ह्याला सप्तकांची आवृत्ती म्हणतात. आणि हे चक्र तत्त्वता अखंडपणं चालू राहू शकतं. मात्र, **तत्त्वतः** . प्रत्यक्ष आपल्या स्वरयंत्राला तर ते शक्य नसतंच. पण संवादिनीलाही मर्यादा असतातच.

काही चिकित्सक वाचकांच्या मनात प्रश्न उद्‌भवला असेल की हे दुसऱ्या सा नंतर येणारे रे, ग, इत्यादी स्वर कसे असतात? त्याचं उत्तर असं - त्यांच्या कंप्रताही आधीच्या रे, ग, इत्यादींच्या दुप्पट असतात. ही तिसरी महत्त्वाची पायरी. म्हणजे एका सप्तकाच्या सात स्वरांच्या कंप्रतांच्या अनुक्रमे नेमक्या दुप्पट कंप्रता पुढच्या सप्तकातल्या त्याच नावाच्या स्वरांच्या असतात. त्याच्या पुढच्या सप्तकातील त्याच नावाच्या स्वरांच्या कंप्रता दुपटीच्या दुप्पट म्हणजे चौपट आणि त्याही पुढच्या सप्तकातल्या स्वरांच्या कंप्रता आठपट, इत्यादी, इत्यादी.

मंद्र सप्तक : आता पुढचा प्रश्न. मागच्या सप्तकांत काय होतं ? ह्या प्रश्नाचं उत्तर सरळ आहे. पुढच्या सप्तकातल्या स्वराच्या कंप्रता अनुक्रमे जर दुप्पट असतील तर मागच्या सप्तकातल्या स्वरांच्या कंप्रता नेमक्या अर्ध्या असल्या पाहिजेत. ते तुमच्याही लक्षात आलं असेल. ह्याला मंद्र सप्तक म्हणतात. आणि हे चक्र पुनःपुनः खालच्या दिशेनंही अखंड चालू राहतं.

जशी, वर किती सप्तकं घ्यावीत ह्याला तात्त्विक मर्यादा नाही, तशी खाली किती जावं ह्यालाही नाही. अडचण, फक्त निर्माण करण्याच्या आणि ऐकण्याच्या क्षमतांचा आहे, तेव्हा तो तात्त्विक प्रश्न सोडून देऊ.

ही संगीताच्या गणिताची प्राथमिक माहिती आहे. पुढच्या लेखांत मधल्या स्वरांची माहिती घेऊ.

❖❖

लेखक : मनोहर राईलकर, गणित विषयावरील अनेक पुस्तके प्रसिध्द.
अतिशय रसपूर्ण पध्दतीने गणित शिकवतात.

अवस्थांतर

लेखक : **सुशील जोशी** • अनुवाद : **यशश्री पुणेकर**

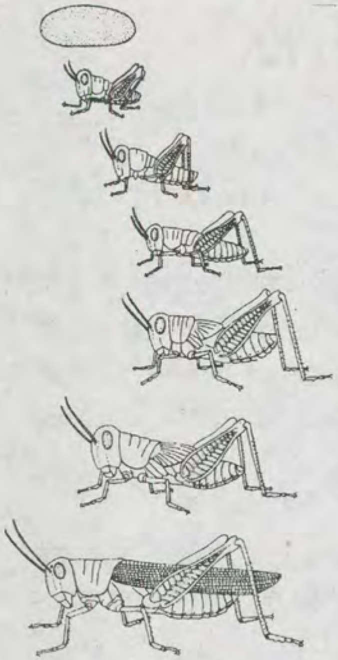
इवल्याशा अंड्यातून एक अळी बाहेर येते. काही दिवसांनी ती अळी स्वत:भोवती कोष तयार करते. बऱ्याच दिवसांनी आवरण फोडून बाहेर येतं एक फुलपाखरू. किती वेगवेगळ्या अवस्थांतून जातो हा जीव! जीवशास्त्रात या प्रक्रियेला अवस्थांतर म्हणतात. एकामागून एक वेगवेगळ्या अवस्थांमध्ये हा जीव जातो आणि जणू नवीनच जीव होऊन येतो.

अवस्थांतर म्हणजे एका अवस्थेतून दुसऱ्या अवस्थेत जाणे. कित्येक प्राण्यांमध्ये दिसणारी ही एक वेगळीच प्रक्रिया आहे. कीटकांमध्ये अवस्थांतर तर सर्वांनाच माहीत आहे पण बेडकांसारख्या काही प्राण्यांमध्येही अवस्थांतर दिसून येते.

जेव्हा लोकांनी डास, माशा, फुलपाखरे अशा कीटकांचा अभ्यास केला असेल, तेव्हा हे अवस्थांतर त्यांना अगदी आश्चर्यकारक वाटले असेल. आता बघा ना माशी अंडी घालते पण त्यातून माशी बाहेर येत नाही तर निघते एक अळी. ही अळी इकडे तिकडे हिंडत खात रहाते आणि एक दिवस अचानक सुस्त पडून रहाते. नंतर ती स्वत:ला एका कोषात बंद करून घेते. दोन तीन दिवसांनी या कोषाचे आवरण फाडून एक माशी बाहेर येते. सगळ्या कीटकांचे अवस्थांतर असेच अंडी-अळी-कोष आणि कीटक. खरं म्हणजे अवस्थांतर होणे हे कीटकवर्गीयांचे वैशिष्ट्यच म्हणावे लागेल. अवस्थांतर हा अगदी नवलाचा विषय आहे. त्यामुळे त्याच्याबद्दल जे जे काही वाचलंय तेच या लेखात देतो आहे. पहा तुम्हालाही यात काही संशोधन करावंसं वाटतंय का?

बदल झाला अचानक ....

सर्वात पहिला प्रश्न म्हणजे अवस्थांतर कशाला म्हणायचं? कारण प्रत्येक सजीव जीवनात वेगवेगळ्या अवस्थातून जातो म्हणजे बाल्यावस्था, प्रौढावस्था इत्यादी. विकासाच्या वेगवेगळ्या टप्प्यात वेगवेगळ्या अवस्था असतातच. मग अवस्थांतर यापेक्षा वेगळं का मानायचं? मला असं वाटतं की अवस्थांतर ही पण एक विकासप्रक्रियाच आहे



अपूर्ण अवस्थांतर

अंड्यातून बाहेर येतानाच प्रौढ कीटकासारखा दिसणारा लहान कीटक बाहेर येतो. त्याला कोष करावाच लागत नाही. या प्रकाराला अपूर्ण अवस्थांतर म्हणतात. याचे उदाहरण म्हणजे टोळ.

पण ती हळूहळू न होता एकदम घडून येते. अचानक घडणाऱ्या विकास प्रक्रियेला अवस्थांतर म्हणता येईल. उदाहरण पाहू या. एखादी बकरी पहा. आधी छोटंसं कोकरू असतं. ते हळूहळू वाढत जातं, मोठं होतं हा विकास आहे. पण या प्रक्रियेत तिच्यात फारसा बदल होत नाही. लहान कोकरापासून मोठ्या बकरीपर्यंत तिच्यात न ओळखण्याइतका बदल दिसत नाही. पण कीटकांमध्ये मात्र एक अवस्थेतून दुसऱ्या अवस्थेत जाताना इतका बदल होतो की आपण त्या दोन अवस्थांना दोन वेगळेच सजीव मानू शकू. माशीची अळी आणि माशी इतक्या वेगळ्या दिसतात की जणू ते दोन वेगळे जीव आहेत. मग अवस्थांतर म्हणजे 'कायम न टिकणारी विकास प्रक्रिया' असे म्हणता येईल का ? याला शास्त्रीय व्याख्या समजू नका. कारण हा समज पुढे कदाचित बदलावा लागेल.

दुसरा प्रश्न म्हणजे अवस्थांतर का होतं ? याचं उत्तर अजून काही सापडलं नाही. पण अवस्थांतर कसं होतं हे मात्र आपण विस्ताराने सांगू शकतो. अळी आणि माशी यांच्या रचनेत तर फरक असतोच पण त्यांचं अन्न आणि इतर सवयींमध्येही खूपच फरक असतो.

आता डासाच्या अळीचंच उदाहरण घेऊ या. ही अळी पाण्यात राहते, पाण्यातल्या वनस्पती खाते. पण तिच्यातून निर्माण होणारा डास मात्र जमिनीवर राहतो, सडक्या-कुजक्या पदार्थांचा रस पितो (कधी कधी आपले रक्तही पितो). एकाच जीवाचं दोन वेगळ्या अवस्थांमध्ये दोन वेगळ्या माध्यमात रहाणं, भोजनाचाही वेगळा प्रकार असणं हे या जीवांच्या वंशसातत्याच्या दृष्टीनं उपयुक्त ठरतं. काही लोकांच्या मते याच कारणासाठी अवस्थांतर सुरू झालं असावं पण ते काही तितकंसं खरं नाही. कारण

अवस्थांतर कधी, कोणत्या परिस्थितीत सुरू झालं हे नक्की माहिती नाही.

कवचावर कवच

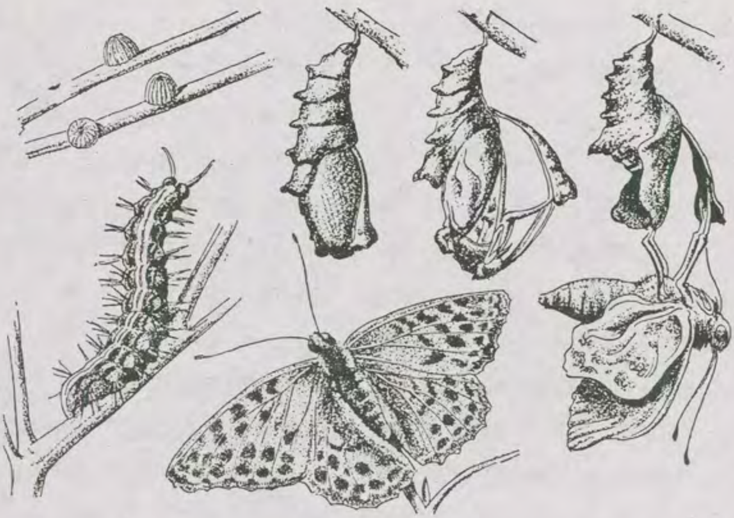
कीटकांमध्ये काही गोष्टी खूप वेगळ्या असतात, त्यातलीच एक म्हणजे त्यांचं बाह्य कवच. आपल्या शरीराच्या आत हाडाचा सापळा असतो आणि वर मांस, कातडी असते. पण कीटकांचे कवच मात्र शरीराच्या भोवती असते. हे कवच अतिशय कठीण असते. त्यात अजिबात लवचिकता नसते. त्यामुळे एकदा कवच तयार झालं की कीटकाची वाढ खुंटते. जर वाढ होणार असेल तर पहिलं कवच तुटून दुसरं कवच तयार होणं आवश्यक आहे. जेव्हा कीटकांची वाढ होत असते तेव्हा प्रत्येक वेळी बाहेरचं कवच बदललं जातं. या प्रक्रियेला 'कात टाकणे' असे म्हणतात.

आता प्रश्न असा आहे की आतलं कवच बाहेरच्या कवचापेक्षा मोठं कसं असेल ? याचं कारण असं की आतलं कवच मऊ आणि लवचिक असतं. कीटकाचे जे अवयव वाढतात ते आत दबून राहतात. मग कीटक हवा खेचून घेतो आणि स्वत:चं शरीर फुलवतो. या क्रियेत आतलं कवच लवचिक असल्याने फुगतं आणि बाहेरचं जुनं कवच फाटतं. आतलं नवीन कवच हवेच्या संपर्कात आल्यावर कठीण होतं. मग मात्र त्याला शरीर जास्त फुगवता येत नाही. म्हणजेच कात टाकणे आणि अवस्थांतर या एकमेकींशी जोडलेल्या क्रिया आहेत. ज्या कीटकांमध्ये कोषासारखी सुप्तावस्था असते त्यांचे अवस्थांतर पूर्ण अवस्थांतर मानतात आणि ज्या कीटकांमध्ये अळीचे रूपांतर थेट कीटकात होते त्यांचे अवस्थांतर अपूर्ण अवस्थांतर असे मानतात.

अवस्थांतराच्या पायऱ्या

अवस्थांतर कसं होतं. हे आता पाहू या.

अंड्यातून अळी बाहेर येते. अळी लांबोडकी दंडगोलाकार असते. शरीराचे छोटे भाग पडलेले असतात. काही अळ्यांना स्पर्शिका असतात पण काहींना नसतात. काही अळ्यांना छोटे छोटे असंख्य पाय असतात. अळ्यांचे डोळे मोठ्या कीटकांसारखे संयुक्त नसतात. शरीरावर आवरण असते. अळीचं एकच काम असतं - खाणे. ती खूप खाते, खातच रहाते. माशीच्या अळ्या कुजके, सडके पदार्थ खातात. तुम्ही कधी अंड्यातून बाहेर आलेली माशीची अळी पाहिलीत का ? ती फारच लहान असते. खाऊन खाऊन ती मोठी होते. शरीराच्या बाह्य आवरणामुळे तिच्या वाढीलाही मर्यादा असते. त्यामुळेच अळी मोठी होताना तीही कात टाकते. डास आणि माशीची अळी कोष बनवण्यापूर्वी एकदा कात टाकते. अशा वेळेला पहिली अळी, दुसरी अळी असे म्हणतात. फुलपाखरात तर



एकानंतर एक अशा चार अळ्या असतात. त्यांच्या रचनेत काही बदल नसतो पण आकार आणि वजनात फरक असतो. काही कीटकांमध्ये, विशेषत: परजीवी कीटकांमध्ये अळी वेगवेगळ्या अवस्थांमध्ये वेगवेगळी दिसते.

एक वेळ अशी येते की अळी खाणं बंद करते. सुस्त पडून रहाते. हळू हळू ती संपूर्ण निष्क्रीय होते आणि कोषात जाते. जीवशास्त्रज्ञांच्या मते कोष म्हणजे अळी आणि प्रौढ कीटक यांच्यातल्या मधल्या पायरीसारखा असतो. कोष मुख्यत: निष्क्रीय असल्याने त्याला कोणी खाऊन टाकण्याचा धोका असतो. पण बहुतेक सर्व कीटकांमध्ये कोष एका आवरणात बंद असतो. याला कोषागार (प्युपेरियम) म्हणतात.

त्याच्या आतही अवस्थांतर सुरूच असतं. कोषाची रुपंही इतकी बदलतात की त्यालाही अळी कोष, वयस्क कोष अशी नावं देतात.

एक जीव दुसरा जीव -

बऱ्याच वेळा अवस्थांतर होताना अळीच्या कोणत्या भागापासून कीटकाचा कोणता अवयव तयार होईल अशी शंका विचारली जाते. पण त्याला काही अर्थ नाही. कारण आश्चर्य म्हणजे एखादा अवयव सोडला तर अवस्थांतरामध्ये अळी पूर्णपणे नष्ट होते. तिने टाकून दिलेल्या गोष्टींमधून कीटक निर्माण होतो. आपल्याला वाटतं की अळीलाच पुढे अवयव फुटून कीटक तयार होतो पण खरं तर अवस्थांतरात जवळ जवळ सगळेच अवयव नव्याने निर्माण होतात. एका अर्थी अळी आणि कीटक दोन वेगळेच जीव आहेत.

स्पष्ट दिसणारे बाह्य फरक पाहिले तरी हे

लक्षात येईल. कीटकाला पंख असतात तर अळीला नसतात. मुख्य फरक म्हणजे अळीचे डोळे साधे असतात तर कीटकांचे संयुक्त असतात. पायांची जागा आणि संख्या वेगळी असते. रंगातही फरक असतो.

आता जरा शरीरांतर्गत फरक पाहूया. अळी आणि कीटक यांच्या रहाण्याची जागा, जेवण इत्यादींमध्ये फरक असतो हे आपण पाहिलंच. त्यामुळे अर्थातच त्यांच्या पचनसंस्थेतही फरक दिसतो. श्वसनसंस्थेत काही नवीन शाखा तयार होतात. पण माशी वर्गीय कीटकांमध्ये तर श्वसन संस्था नव्याने निर्माण होते. याचप्रमाणे जलचर अळीपासून तयार होणाऱ्या डासांमध्येही श्वसन संस्थेत बदल होतात. रक्ताभिसरणात फारसा फरक नसला तरी मज्जासंस्थेत खूपच बदल होतो.

या रचनात्मक बदलाखेरीज काही जैव रासायनिक बदलही घडतात. कीटकाला नवीन वितचंक (एन्झाइम्स्), प्रथिनं यांची जरुरी असते. अळीमध्ये या गोष्टी नसतात त्यामुळे त्या नव्याने तयार होतात. या खेरीज काही रासायनिक बदलही होतात. या प्रत्येक बदलाचा विस्तारानं विचार करण्याची गरज नाही. पण हे नक्की की अळीची शरीररचना कीटकापेक्षा पूर्णपणे वेगळी असते. कीटकाची शरीररचना तयार होताना अनेक प्रक्रिया घडतात.

१. अळीचा एखादा भाग उदाहरणार्थ पोटाच्या पेशी कीटकामध्ये तशाच राहतात.

२. अळीचा काही भाग पूर्ण नष्ट होतो त्यापासून कीटकाचा कोणताही भाग तयार होत नाही.

३. अळीचा काही भाग नाहीसा होतो आणि तिथे कीटकाचा वेगळाच अवयव तयार होतो.

४. अळीत नसलेला पूर्णपणे नवीन अवयव तयार होतो.

आता तुमच्या लक्षात आलंच असेल की अवस्थांतर म्हणजे फक्त विकास नाही. असं म्हणतात की अवस्थांतराच्या दरम्यान एक अवस्था अशी असते की तो जीव धड अळीही नसतो आणि धड कीटकही नसतो.

नवे अवयव बनवणं, जुने नष्ट करणं हे काम कसं होतं ? कोणत्या ऊती (पेशीसमूह) नवीन रचना करतात आणि कोणत्या जुने अवयव नष्ट करतात ? या सगळ्या प्रक्रियेवर कोण नियंत्रण ठेवतं ?

ठिपक्यांमध्ये लपलेला जीव :

खरं म्हणजे अळीच्या त्वचेवर सुरवातीपासूनच काही ठिपके असतात. त्यांना प्रौढ बिंदू असे म्हणतात. हे ठिपके इतर त्वचेपेक्षा वेगळे असतात. जेव्हा अळीची त्वचा पेशी विभाजन होऊन वाढत असते तेव्हा हे ठिपके तसेच राहतात. अळीच्या शरीरातील वितंचक (एन्झाइम्स्) किंवा संप्रेरकाचा (हार्मोन) त्यांच्यावर परिणाम होत नाही किंवा वेगळ्या तऱ्हेने परिणाम होतो. हे ठिपके बाह्यकवचाशीही

जोडलेले नसतात. म्हणजेच ठिपक्यांची वाढ आणि विकास अळीबरोबर होत नाही. या ठिपक्यांपासून पुढे कीटक तयार होतो. याचं नियंत्रण कसं केलं जातं ते आपण पुढे पाहू.

अळीच्या वाढीत एक अवस्था अशी येते की जिथे प्रौढ बिंदू सक्रीय होऊ लागतात. विशेषत: अळी जेव्हा कोष बनवते तेव्हा हे बिंदू सक्रीय होऊन नवीन अवयव (मुख्यत्वे पंख) तयार करू लागतात. जेव्हा यासाठी जागा कमी पडते तेव्हा अळी शेवटची कात टाकते. यानंतर तर ती नष्टच होते. कोष निष्क्रीय का असतो ते आता कळलं का? त्याकाळात सगळे प्रौढ बिंदू सक्रीय होऊन कामाला लागतात. या काळात संप्रेरकाच्या मदतीने अळीच्या पेशीचं आणि ऊतीचं विघटन होऊ लागतं. या विघटनात तयार होणारे काही पदार्थ भक्षिकोशिका (fagocyte)संपवतात. कीटकांचे शरीर निर्माण होताना यातले बरेचसे पदार्थ वापरले जातात. उत्सर्जन योग्य पदार्थ तसेच साठवले जातात.

जेव्हा कीटक पूर्णपणे तयार होतो तेव्हा त्याच्यावर त्वचा आणि एक लवचिक कवचही तयार होते. हे सुद्धा त्या बिंदूपासूनच तयार होते. या लवचिक कवचात कीटकाचे सर्व अवयव मुडपलेल्या अवस्थेत असतात. कोषाची त्वचा काही ठिकाणी पातळ असते. तिथून कीटक बाहेर पडतो. आता कोषागारातून बाहेर पडण्यासाठी तो आपले अंग आणखी फुगवतो. त्याच्या पंखातला रक्तप्रवाह वाढवून ते पसरतो. कोषागार तोडून कीटक बाहेर पडतो. हवेच्या संपर्कात आल्यावर कीटकांचे बाह्यआवरण कडक होते. यानंतर त्यांची वाढ होत नाही. कीटक

ज्या आकारात (साईज) जन्माला येतो, तोच आकार शेवटपर्यंत कायम रहातो.

जेव्हा अंड्यातून अळी बनते तेव्हा तिच्या पेशीत अळी आणि कीटक तयार करण्याच्या आनुवंशिक सूचना असतात. अशाच सूचना त्या प्रौढ बिंदूंमध्येही असतात. जैवविज्ञानाच्या तांत्रिक परिभाषेत आपण म्हणतो की सर्व पेशींमध्ये एकाच प्रकारचे डी.एन.ए. असतात पण जेव्हा इतर पेशीपासून अळी निर्माण होते तेव्हा प्रौढ बिंदू मात्र निष्क्रीय राहून योग्य वेळ येण्याची वाट पहातात. म्हणजेच हे प्रौढ बिंदू म्हणजे अळीच्या शरीरात दडलेला कीटक आहेत. त्यांच्यापासून नवीन जीव विकास पावण्याची प्रक्रिया मात्र वेळ आल्यावरच होते. ही योग्य वेळ आली आहे हे त्या पेशींना कोण सांगतं?

यासाठी शास्त्रज्ञांनी खूप उलटसुलट प्रयोग करून पाहिले. त्यात असं आढळलं की कीटकाच्या शरीरात 'कॉर्पस एलेटम' नावाची एक ग्रंथी असते. या ग्रंथीतून स्त्रवणाऱ्या संप्रेरकाला 'शैशव संप्रेरक' असं म्हणतात. अवस्थांतर प्रक्रियेचं नियंत्रण याच संप्रेरकाकडून होतं. जेव्हा हे संप्रेरक भरपूर प्रमाणात निर्माण होतं तोवर अळी अवस्थाच राहते. ती कात टाकून मोठी होते. पण कोष मात्र तयार होत नाही. नंतर मात्र याचा स्त्राव कमी होतो आणि कोष तयार होण्यास सुरवात होते. याचा स्त्राव पूर्णपणे बंद होतो तेव्हा कीटक तयार होतो. एक गोष्ट इथं लक्षात घ्या 'कॉर्पस एलेटम' ही ग्रंथी पुढे प्रौढ अवस्थेत सक्रीय होते. पण शैशव संप्रेरकाची निर्मिती पुन्हा होत नाही. या संप्रेरकाचे डोस जर अळीला देत राहिले तर तिचं कीटकात रूपांतर होत नाही पण तिचा आकार मात्र वाढतो.

हे संप्रेरक सर्व प्रकारच्या कीटकांमध्ये एक सारखंच असतं. एका जातीच्या अळीचं संप्रेरक दुसऱ्या जातीच्या अळीला दिलं तरी तोच परिणाम दिसून येतो.

विशेष म्हणजे हे संप्रेरक कीटकांना दिल्यास त्यांच्यातही अळीसारखी काही लक्षणं दिसतात. तेही कात टाकतात.

म्हणजे अळीच्या शरीरात जसा एक कीटक लपलेला असतो तशीच कीटकाच्या शरीरातही एक अळी दडलेली असते. म्हणूनच दिसताना ते जरी दोन वेगळे जीव दिसले तरी त्या एकाच जीवाच्या दोन वेगळ्या अवस्था असतात.

तर असं हे अवस्थांतर. यात अजूनही संशोधनाला खूप वाव आहे. तुम्हालाही याविषयी बरेच प्रश्न पडले असतील तेव्हा त्याबद्दल जरुर लिहा.

शै. संदर्भ अंक २४ मधून साभार ❖❖

लेखक : सुशील जोशी एकलव्यच्या होशंगाबाद विज्ञान कार्यक्रमात सहभागी. विज्ञान विषयावर स्वतंत्र लेखन तसेच अनुवाद करतात. विज्ञान व तंत्रज्ञान विषयक स्रोत या मासिकाशी संबंधित आहेत.

अनुवाद - यशश्री पुणेकर

३ + ३३ + ३३३ + ३३३३ + ...
चे तीन तेरा !

लेखक : **नागेश मोने**

माध्यमिक शिष्यवृत्ती परीक्षेत विचारली जाणारी उदाहरणे अनेकदा आपल्याला विचारप्रवृत्त करतात. त्यातही काही विशिष्ट प्रकारची उदाहरणे असतात. निदान सुरुवातीला तरी ती आपल्याला विचार करावयास भाग पाडतात. पण ती उदाहरणे सोडविण्यामागील युक्ती समजली की सोडविण्यातील मजा कालांतराने कमी होत जाते व उदाहरणे सोडविणे यांत्रिक बनत जाते. सुरुवातीला उदाहरण सोडविण्यामागील समजावून दिलेली कारणमीमांसा पुढे पुढे विस्मृतीत जाते अन् तरी देखील उदाहरणे सुटत जातात, हे विशेष.

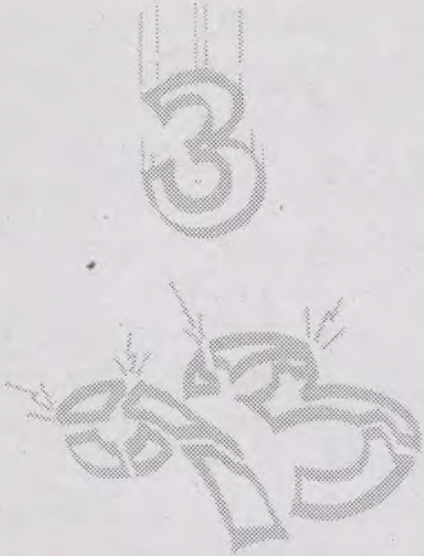
आता हेच उदाहरण पहा -

३, ३३, ३३३, ३३३३, ... याप्रमाणे १३ संख्यांच्या बेरजेतील दशक स्थानचा अंक कोणता! अथवा,

५, ५५, ५५५, ५५५५, ... याप्रमाणे १६ संख्यांच्या बेरजेतील शतक - स्थानचा अंक कोणता!

यासारख्या उदाहरणात संख्यांमधील अंकांची पुनरावृत्ती दृष्टीला जशी निराळी जाणवते तितकीच त्यांची 'सोडवणूक' त्याच्या सोपेपणाने अचंबित करते. पहिल्या उदाहरणात एकक स्थानी ३ असणाऱ्या १३ संख्या आहेत. त्यांची बेरीज ३ x १३ = ३९ येणार. ३९ मधील ९ हे बेरजेच्या एककस्थानी अन् ३ हातचे हे पुढच्या ३ x १२ = ३६ मध्ये मिळवून येणाऱ्या ३९ मधील ९ दशकस्थानी येणार. म्हणजे दरवेळी एकक, दशक, शतक अशी ३ ची संख्या एक एकने कमी कमी होत जाणार. दुसऱ्या उदाहरणातही असेच घडणार. ५ x १६ = ८० मधील शून्य, बेरजेच्या एककस्थानी तर ८ हातचे येणार. ५ x १५ = ७५ मध्ये हे हातचे ८ मिळविल्यास येणाऱ्या ८३ मधील हातचे ८ हे ५ x १४ = ७० मध्ये मिळवून येणाऱ्या ७८ मधील ८ हे एकूण बेरजेच्या शतकस्थानी येणार.

एकदा का हे तंत्र अवगत झाले की उदाहरणे सोडविण्याच्या वाढलेल्या वेगाने आनंदात भर पडते. पण विशिष्ट अंकांच्या बेरजेच्या सूत्रांच्या आधारे याच उदाहरणांचा दर्जा अधिक उच्च करता येतो व विषयाचा



विस्तार कसा होत जातो याची जाण विद्यार्थ्यात विकसित होण्यास फारच मदत होते. मग गणित हा विषय 'उदाहरणापुरता' राहात नाही. ते 'विचारात' येऊ लागते.

चला तर मग, अशी 'जाण' व असा 'विचार' प्रत्यक्ष उदाहरणातून पाहू या.

१, २, ३, ४, ५ .... अशा क्रमागत संख्यांच्या बेरजेसाठी एक सूत्र आहे. ५ च्या पुढील संख्या ६ असून ५ आणि ६ च्या गुणाकाराची निमपट म्हणजे ३० ची निमपट १५ येते. म्हणून १ ते ५ पर्यंतच्या संख्यांची बेरीज १५ येते. १ते ९ पर्यंतच्या संख्यांची बेरीज (९ x १०) ÷ २ = ४५ येते. या गुणधर्माबाबत एक कथा प्रसिध्द आहे. अर्थात मोठ्या लोकांशी संबंधित अशी एखादी कथा अनेकदा काल्पनिक असूनही त्यांच्या नावावर खपविली जाते. थोर जर्मन गणिती कार्ल फ्रेडरिक गाऊस (१७७७-१८५५) यांना लहानपणी शाळेतील शिक्षकांनी १ ते १०० पर्यंतची बेरीज करावयास सांगितली. गाऊसने त्वरित उत्तर दिले ५०५० म्हणून. शिक्षकांनी विचारल्यावर त्याने स्पष्टीकरण दिले की १ + २ + ... + १०० आणि १०० + ९९ + ९८ + ... + १ यांची बेरीज केल्यास १०१ च्या १०० जोड्या मिळतील व त्याची निमपट करावी लागेल म्हणून १०१ ला ५० ने गुणल्यास ५०५० हे उत्तर मिळेल. १०० च्या पुढे १०१ असल्याने त्यांच्या गुणाकाराला २ ने भागणे असाच त्याचा अर्थ आहे. म्हणजे १, २, ३, ... n पर्यंतच्या संख्यांची बेरीज n (n + १) x $\frac{१}{२}$ इतकी असणार.

आता या गुणधर्माचा व आधीच्या ३, ३३, ३३३ च्या रीतीचा एकत्रित विचार करू या.

१ + ३२ + ३३३ + ३३३४ + ३३३३५ + ... अशा ९ संख्यांच्या बेरजेच्या शतकस्थानाचा अंक शोधा.

निरीक्षण केल्यावर असे दिसते की एकक स्थानी १, २, ३, ... ९ पर्यंत आहेत. त्यांची बेरीज होणार (९ x १०) ÷ २ = ४५. बेरजेत एककस्थानी ५ येतील व हातचे ४ येतील. दशकस्थानाचे निरीक्षण केल्यास ३ हे ८ वेळा

येतील म्हणजे ३ x ८ = २४ व हातचे ४ मिळून २८ होतील. २८ मधील ८ एकूण बेरजेत दशकस्थानी व हातचे २ होणार. आता शतकस्थानी असणारे ३ हे ७ वेळा असल्याने बेरीज ३ x ७ = २१ येणार व यातील २१ व अगोदरचे हातचे २ मिळून २३ होतील व ३ हे शतकस्थानी येतील.

आता याप्रमाणे आणखी काही उदाहरणांची रचना करता येईल. निरीक्षणाने सोडवा.

● ४१ + ३२ + २३ + १४ + ९५ + ८६ + ७७ + ६८ + ५९ = ? शतकस्थानचा अंक शोधा.

● ५१ + ४२ + ३३ + २४ + १५ + १९६ + २६७ + ३७८ + ४८९ = ? सहस्रस्थानचा अंक शोधा.

● ९१ + ८२ + ७३ + ६४ + ५५ + ४६ + ३७ + २८ + १९ = ? दशकस्थानचा अंक शोधा.

● १११ + २२२ + ३३३ + ४४४ + ५५५ + ६६६ + ७७७ + ८८८ + ९९९ = ? शतकस्थानचा अंक शोधा.

● ५१५१ + ५२५२ + ५३५३ + ५४५४ + ... + ५८५८ = ? सहस्रस्थानचा अंक शोधा.

वरील उदाहरणांचा विचार करताना आपण प्रत्येक संख्येच्या एककस्थानचा, मग दशकस्थानचा, मग शतकस्थानचा विचार करीत करीत उत्तर शोधण्याचा प्रयत्न केला.

आता आणखी एका सूत्राचा विचार करून त्याच्या आधारे उदाहरणांचा रचनेचा विचार करू या.

१ = १

१ + ३ = ४

१ + ३ + ५ = ९

१ + ३ + ५ + ७ = १६

निरीक्षण केल्यावर असे लक्षात येते प्रत्येक वेळी बेरीज पूर्ण वर्ग संख्या आहे. शिवाय जितक्या संख्या आहेत त्या संख्येचा वर्गाइतकी एकूण बेरीज आहे.

जसे १, ३, ५, ७ चा चार संख्या म्हणून चारचा वर्ग म्हणजे सोळा ही या संख्यांची बेरीज आहे. १ + ३ + ५ + ७ + ९ म्हणजे $५^२$ = २५ येणार याप्रमाणे.

आता

१ + १३ + १३५ + १३५७ = ? शतकस्थानचा अंक शोधा.

संख्यांच्या एककस्थानी १, ३, ५, ७ असल्याने बेरीज ४ चा वर्ग म्हणजे १६ येणार. यातील ६ एकक स्थानी व हातचा १ येणार. दशकस्थानच्या ५, ३, १ ची बेरीज ३ चा वर्ग म्हणजे ९ येणार व हातचा १ म्हणजे १० होणार. बेरजेत दशकस्थानी शून्य येणार व हातचा १ असणार. शतकस्थानी ३ व १ ची बेरीज ४ व हातचा १ मिळून ५ होणार म्हणून शतकस्थानी ५ येणार.

वर्णन लांबलचक आणि अवघड वाटले तरी कृती सोपी आहे.

● १११ + ३३३ x ५५५ + ७७७ + ९९९ = ? शतकस्थानचा अंक लिहा.

● १३५७९ + १३५७ + १३५ + १३ + १ = ? सहस्रस्थानचा अंक लिहा.

● १०१ + ३०३ + ५०५ + ७०७ + ९०९ = ? शतकस्थानचा अंक लिहा.

● ९९१ + ७७३ + १५५ + ३३७ + ५१९ = ? सहस्रस्थानचा अंक लिहा.

● ७७१ + ९९३ + ५५७ + ३३५ + ११९ = ? शतकस्थानचा अंक लिहा.

आता n (n + १) x $\frac{१}{२}$ आणि क्रमागत विषम संख्यांची बेरीज यांचा विचार आपण स्वतंत्र केला. पण एकाच उदाहरणात दोन्ही सूत्रांचा वापर करता येईल असे पाहू या.

● ११ + ३२ + ५३ + ७४ + ९५ = ? दशकस्थानचा अंक लिहा.

● ११ + २३ + ३५ + ४७ + ५९ = शतकस्थानचा अंक लिहा.

● १९ + २७ + ३५ + ४३ + ५१ =

● २९ + १७ + ३५ + ४३ + ५१ = ?

● १ + १३ + १३५ + १३५७ + ३५७९=?

● १ + १३ + १२५ + १३३७ + २५४९ = शतकस्थानचा अंक लिहा.

● १२ + १३२ + १२५३ + १३३७४ + २५४९५ = सहस्रस्थानचा अंक लिहा.

केवळ निरीक्षणाने या प्रश्नांचा विचार अपेक्षित आहे. संख्यांची बेरीज आडव्या पध्दतीने लिहिली असल्याने कदाचित सुरुवातीस थोडे कठीण वाटले तरी याच सूत्रांचा आधार आहे हे लक्षात घेतले तर निरीक्षण करणे सोपे जाईल व उत्तरापर्यंत जाण्याचा मार्गही सुलभ बनेल.

अर्थात १, २, ३, ४, ५ अथवा १, ३, ५, ७, ९ या क्रमाने संख्या नसतील तर बेरीज कशी करावयाची हा प्रश्न पडेल. पण त्यासाठी असेच सोपे सूत्र आहे. विशिष्ट फरकाने क्रमाने वाढत जाणाऱ्या संख्या समजा N आहेत व पहिली व शेवटची संख्या अनुक्रमे a आणि b असल्यास एकूण बेरीज $\frac{१}{२}$ (a + b) n इतकी असते.

उदा. ५, ६, ७, ८, ९ यात प्रत्येक संख्येमध्ये १ चा फरक आहे. एकूण संख्या ५ आहेत व पहिली संख्या a = ५ व शेवटची संख्या b = ९ आहे म्हणून बेरीज (९ + ५) = १४ अन् एकूण संख्या ५ असल्याने १४ x ५ = ७० व त्याची निमपट म्हणजे ३५ उत्तर होणार.

पहा खालील उदाहरणे.

● ३२ + ५४ + ७६ + ९८ दशकस्थानचा अंक शोधा.

इथे एकक स्थानच्या अंकांची बेरीज होणार (८ +२) x $\frac{१}{२}$ x ४ = २०

यातील ० एककस्थानी व २ हातचे येणार. दशकस्थानच्या ३ + ५ + ७ + ९ ची बेरीज

(९ +३) x $\frac{१}{२}$ x ४ = २४ होणार.

अगोदरचे हातचे २ मिळून एकूण झाले २६ उत्तरात दशकस्थानी ६ असणार.

सोडवा.

- २३ + ४५ + ६७ + ८९ = दशकस्थानचा अंक लिहा.
- २१ + ४३ + ६५ + ८७ = शतकस्थानचा अंक लिहा.
- २१ + १४३ + ३६५ + ५८७ = सहस्रस्थानचा अंक लिहा.
- १२ + ३४ + ५६ + ७८ = दशकस्थानचा अंक लिहा.
- ५९ + २४७ + ४३५ + ६२३ + ८११ = सहस्रस्थानचा अंक लिहा.

दरवेळेच्या नुसत्या ३, ३३, ३३३, ... अथवा ५, ५५, ५५५ ... पेक्षा हे प्रश्न अधिक विचार करावयास लावणारे तरीही तितकेचे सोपे व आनंददायक आहेत. या दोन सूत्रांनी ३, ३३, ३३३ चे तीन तेरा वाजले असे मी विनोदाने म्हटले तर आता तरी तुम्ही माझ्या विनोदबुद्धीला दाद द्याल की नाही!

❖❖

लेखक : **नागेश मोने**, वाई येथे द्रविड हायस्कूलमध्ये विज्ञान शिकवतात. विज्ञान वाचनालय चालवतात.

पालकनीती

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

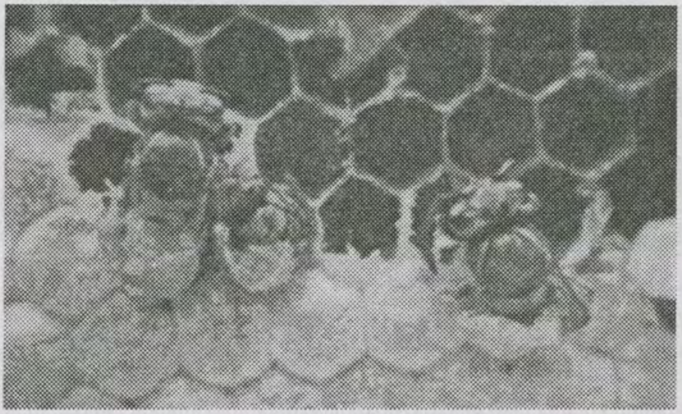
मुलांच्या विकासात शिक्षणाचा आणि शिक्षकांचा मोठा वाटा असतो. त्यामुळे पालक आणि शिक्षक दोघांच्या दृष्टिकोनातून विचार करून 'पालकनीती' ठरवायला हवी. या विचारांसाठी व्यासपीठ -पालकनीती. हे मासिक जरूर वाचा.

वार्षिक वर्गणी रु.१२०/-

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

मधमाशांची वास्तुकला

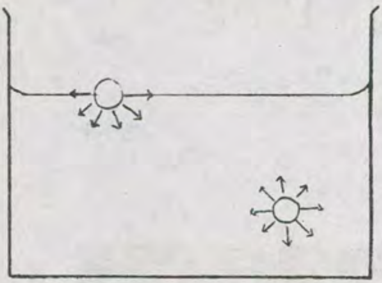
लेखक : **प्रियदर्शिनी कर्वे**



मधमाशीचे पोळे आणि साबणाचे बुडबुडे या दोन्हीच्या संदर्भात आपल्या माहितीतला पृष्ठीय ताणाचा नियम लागू असतो. हे लक्षात तरी कसं आलं ? ते त्यांनी सिद्ध कसं केलं ? या सगळ्याची ही मजेदार कहाणी.

मधमाशांच्या पोळयातल्या खोल्या षट्कोनीच का असतात? 'बॉबीचे गणित' (संदर्भ अंक २०) या लेखात मनोहर राईलकरांनी या प्रश्नाचं उत्तर दिलं आहे. तेवढीच बांधकाम सामग्री वापरून षट्कोनी खोल्यांमुळे चौरसाकृती खोल्यांपेक्षा ७३% अधिक जागा उपलब्ध होते. ही कल्पना प्रथम मांडली गेली अठराव्या शतकात. त्यावेळी असं म्हटलं गेलं की, मधमाशांना 'दैवी कृपे'मुळे हे गणिती ज्ञान प्राप्त झालं आहे. अर्थात पुढे स्पर्धा व नैसर्गिक निवड (competition and natural selection) या तत्वांच्या आधारे सजीव आपल्या कृतींची कार्यक्षमता वाढवत नेतात हे सिध्द झालं त्यामुळे 'दैवी कृपे'चा आधार घ्यायची गरज उरली नाही.

पण मधमाशांच्या पोळ्याची गोष्ट इथे संपत नाही. १९१७ साली D'Arcy Wentworth Thompson या स्कॉटिश प्राणिशास्त्रज्ञाने 'On Growth and Form' या



आकृती १

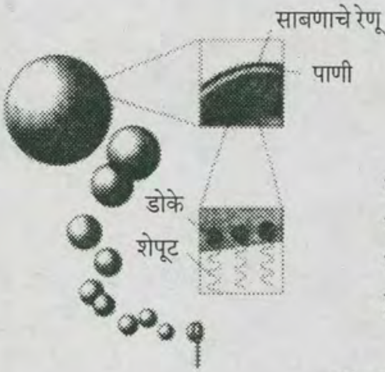
पुस्तकाद्वारे मधमाशांच्या पोळ्याबाबतच्या या सर्वमान्य कल्पनेबाबत काही प्रश्न उपस्थित केले.

थॉम्पसनचा युक्तिवाद थोडक्यात असा होता - मधमाशा आपली बांधकाम सामग्री वाचवण्यासाठी षटकोनी खोल्या बांधतात. असं मानणं म्हणजे मधमाशा या अतिशय बुद्धिमान सजीव आहेत, असं मानण्यासारखं आहे. प्रत्यक्षात वस्तुस्थिती अशी आहे की, पदार्थविज्ञानाच्या नियमांमुळे मधमाशांना षट्कोनी आकाराच्या खोल्या बांधण्याखेरीज दुसरा पर्यायच नसतो. बुडबुड्यांचा जर एक थर करण्याचा प्रयत्न केला, तर सगळे बुडबुडे मधमाशांच्या पोळ्यासारखे षट्कोनी आकार धारण करतात. मधमाशा आपली पोळी स्वतःच्या शरीरात तयार केलेल्या मेणानं बांधतात. पोळं बांधतेवेळी हे मेण बऱ्यापैकी पातळ असतं. त्यामुळे हे मेणाचे बुडबुडे एकमेकांना चिकटून बसवले की पृष्ठभागावरच्या ताणामुळे आपोआप षट्कोनी आकार धारण करतात.

थॉम्पसनचं स्पष्टीकरण स्वीकारायचं म्हटलं तरी एक प्रश्न उरतोच - एका थरात एकाला एक लागून बसलेले बुडबुडे षट्कोनी आकारच का धारण करतात ?

बुडबुडे द्रव पदार्थांपासून बनतात आणि सर्वसाधारणतः आपण द्रवपदार्थांशी 'आकारा'चा संबंध जोडत नाही. द्रव पदार्थ ज्या भांड्यात ठेवला जातो, त्याचा आकार धारण करतो, असं आपण मानतो. पण द्रव पदार्थ भौतिक बलांच्या प्रभावाखाली आपणहूनही आकार धारण करू शकतात. द्रवांचे थेंब नेहमी गोलाकार असतात, हे याचं एक नेहमीच्या परिचयातलं उदाहरण आहे.

थेंब नेहमी गोलाकारच असतात, ते पृष्ठीय ताणामुळे. द्रवपदार्थांचे रेणू एकमेकांशी अत्यंत अशक्त अशा बलांनी जखडलेले असतात. द्रवाच्या पृष्ठभागावर असलेल्या



साबणाच्या रेणूमुळे द्रवाचा पृष्ठीय ताण कमी होतो त्यामुळे पाण्याच्या थेंबापेक्षा बरेच जास्त क्षेत्रफळ असलेले साबणाचे फुगे किंवा बुडबुडे तयार होऊ शकतात.

आकृती २

रेणूंवर द्रवातूनं हे बल कार्य करतं, पण बाहेरून कोणतंच बल नसतं. बलांच्या या असममितीमुळे द्रवाचा पृष्ठभाग ताणला जातो, आतल्या बाजूला ओढला जातो. पृष्ठभागातील रेणूंकडे आतल्या रेणूंपेक्षा जास्त ऊर्जा असते. कोणताही पदार्थ आपल्या आपण कमीत कमी ऊर्जेची स्थिती प्राप्त करण्याचा प्रयत्न करत असतो. द्रवाच्या थेंबाला जर ऊर्जा कमी करायची असेल, तर कमीत कमी रेणू पृष्ठभागावर रहातील, किंवा पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमीत कमी राहील, असा आकार धारण करणे भाग आहे. एका विशिष्ट आकारमानाला कमीत कमी पृष्ठीय क्षेत्रफळ असलेला त्रिमित आकार म्हणजे गोल. त्यामुळे द्रवांचे थेंब गोलाकार असतात.

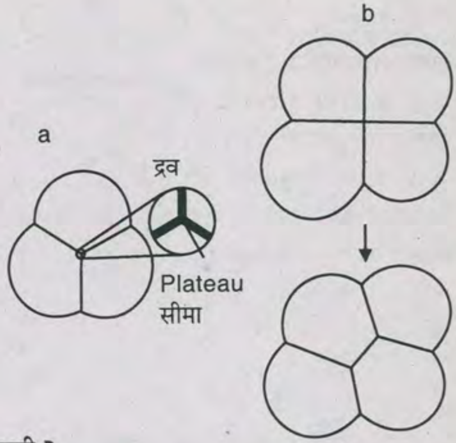
द्रव पदार्थांचे थेंब जर कमीत कमी क्षेत्रफळ धारण करण्याचा प्रयत्न करत असतात, तर मग साबणाचे फुगे आपण कसे बनवू शकतो ? फुगे गोलच असतात हे खरं, पण त्यांच्या पृष्ठभागाचं क्षेत्रफळ साध्या पाण्याच्या थेंबापेक्षा कितीतरी जास्त असतं. हे कसं काय घडू शकतं ? साबणात सर्फाक्टन्ट नावाचे रेणू असतात. या रेणूंचे दोन भाग असतात. एक भाग (डोकं) पाण्यात विरघळू शकतो. तर दुसरा भाग (शेपटी) पाण्यात विरघळत नाही. यामुळे पाण्यात साबण घातला, की हे रेणू पाण्याच्या पृष्ठभागावर येऊन बसतात. त्यांची डोकी पाण्यात असतात, तर शेपट्या पाण्याच्या पृष्ठभागाबाहेर असतात. या रेणूंमुळे पाण्याचा पृष्ठीय ताण कमी होतो. जेव्हा आपण साबणाचा फुगा बनवतो, तेव्हा साबणाच्या पाण्याच्या थेंबात आपण हवा भरत असतो. त्यामुळे फुग्याच्या पृष्ठभागावर बाहेरून पृष्ठीय ताण तर आतून हवेचा दाब कार्यरत असतो. पृष्ठीय ताण फुग्याचा आकार कमी करण्याचा प्रयत्न करतो, तर आतील हवेचा दाब फुग्याचा आकार वाढवण्याचा

म्युनिच ऑलिंपिक्ससाठी तयार केलेल्या स्विमिंग एरिनाचा वरून घेतलेला फोटो
आधार देणाऱ्या चौकटींचे विशिष्ट आकार वापरून त्यावर साबणाच्या पाण्याचे पापुद्रे तयार केले तर जसे दिसतील तसा छताचा आकार आहे.

प्रयत्न करतो. फुग्याच्या पृष्ठभागाचं क्षेत्रफळ हे या दोन बलांच्या परस्पर संतुलनावरून ठरतं. फुग्याच्या गोलाकारामागचं कारण मात्र पाण्याच्या थेंबाप्रमाणेच आहे. कोणत्याही विशिष्ट आकारमानाला कमीत कमी पृष्ठीय क्षेत्रफळ असलेला आकार गोल असतो. म्हणजेच पृष्ठभागाची ऊर्जा कमीत कमी करण्याच्या प्रयत्नातून गोलाकार धारण केला जातो. तारांचे वेगवेगळ्या आकाराचे लूप करून साबणाच्या पाण्याचे पातळ पापुद्रे बनवता येतात. हे पापुद्रे तयार होतानाही पृष्ठीय क्षेत्रफळ कमीत कमी राखले जाते. यातूनच सुंदर गोलाईचे आकार निर्माण होतात. या आकारांनी वास्तुविशारदांनाही प्रेरणा दिली आहे. (वरील फोटो पहा.)

साबणाचे बुडबुडे एकत्र आले की फेस तयार होतो. फेसाच्या रचनांचा अभ्यास गेली कित्येक शतके चालू आहे. पण अजूनही हे कोडं पुरतं उलगडलेलं नाही. निसर्गाने फेसांचे अनेक उपयोग दाखवून दिले आहेत. उदा. spittle bug नावाच्या किडा पानांवर घातलेली आपली अंडी झाकण्यासाठी थुंकीचा फेस वापरतो, आणि त्यांचे भक्षकांपासून रक्षण करतो. माणसानेही फेसांचे

बुडबुडे जेथे मिळतात त्या Plateau सीमेवर बुडबुड्यांच्या भिंती किंचित जाड असतात. तीन भिंती १२० अंशात एकत्र येतात तेव्हा स्थिर असतात (a).
जर चार भिंती एकत्र आल्या (b) तर लवकरच त्या रचना बदलून एका ठिकाणी तीन अशा अवस्थेत जातात.



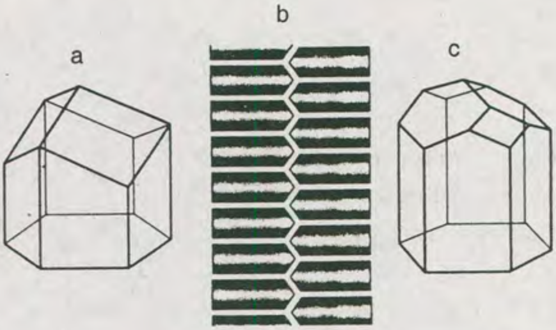
आकृती ३

उपयोग शोधून काढले आहेत. आग विझवण्यासाठी पेटत्या वस्तूचा हवेशी संपर्क तोडणे आवश्यक असते. अशा वेळी या वस्तूवर आच्छादन म्हणून फेसाचा उपयोग होतो. स्फोट होऊ घातलेल्या वस्तूवर जर फेसाचे आच्छादन घातले, तर स्फोटाची तीव्रता कमी होऊ शकते, कारण स्फोटातून निर्माण होणारी ऊर्जा फेसातल्या बुडबुड्यांचे बाष्पीभवन करण्यासाठी वापरली जाते. उष्णतारोधक व निभरण साहित्य (packing material)) म्हणून प्लॅस्टिक फोम्सचा वापर होतो. शक्तिशाली पण वजनाने हलके असे पदार्थ बनवण्याच्या दृष्टिने धातूच्या फोम्सचा विचार होतो आहे.

पण फेसांच्या रचनेचा अभ्यास करण्यात एक महत्वाची अडचण आहे. ही रचना सतत बदलत जाते. साबणाचा फेस तयार केल्या केल्या त्यात पाणी जास्त असतं, आणि बुडबुड्यांचा आकार गोल असतो. पण मग हळूहळू बुडबुड्यांच्या भिंतीतलं पाणी गुरुत्वाकर्षणामुळे ओसरत जातं, भिंती पातळ होत जातात, आणि बुडबुडे बहुभुजाकृती (polyhedral) बनतात. त्यांच्या वक्राकार भिंती बहुभुजाकृतींच्या सपाट भुजा बनतात. यानंतर लहान लहान बुडबुडे एकत्र येऊन मोठे होत जातात, आणि बुडबुड्यांचा सरासरी आकार वाढतो. सर्वात शेवटच्या टप्प्यात बुडबुड्यांच्या एकत्र येण्यातून आणि पाण्याच्या बाष्पीभवनातून फेसांचे अस्तित्व नष्ट होतं.

फेसामधल्या गोलाकार बुडबुड्यांचं विशिष्ट आकाराच्या बहुभुजाकृती बुडबुड्यांमध्ये रुपांतर होण्याची प्रक्रिया प्रथमदर्शनी योगायोगाची वाटली, तरी ती तशी नाही. १९ व्या शतकाच्या अखेरीस Autoine Ferdinand Plateau या

मधमाशांच्या पोळ्यातील खोल्या a व b पाशी दाखवलेल्या आकारात एकत्र आलेल्या असतात. पण कमीतकमी मेण वापरायचे तर त्यासाठी c सारखा आकार करणे आवश्यक आहे.



आकृती ४

पदार्थवैज्ञानिकाने या प्रक्रियेतील काही नियम शोधून काढले. जेव्हा तीन बुडबुडे एकत्र येतात, तेव्हा तयार होणाऱ्या सपाट भुजांमध्ये बरोबर १२०° चा कोन असतो. मात्र चार बुडबुडे एकत्र आले की ९०° चा कोन करणाऱ्या भुजा बनत नाहीत, तर हे बुडबुडे बाजूला सरकून तीन-तीन भुजांचे दोन समूह तयार होतात. असे Plateau ने दाखवले. थॉम्पसनने एका थरात बुडबुडे एकत्र आले की षट्कोनी आकार धारण करतात, असं जे म्हटलं होतं, ते अगदी योग्यचं होतं, हे यावरून दिसून येईल. पण मधमाशांच्या पोळ्याशी या सगळ्याचा संबंध जोडणं कितपत सयुक्तिक आहे?

मधमाशांच्या पोळ्याची रचना बघितली, तर तो केवळ षट्कोनी बुडबुड्यांचा एक द्विमित थर नसतो. पोळ्याची रचना त्रिमित आहे. त्यात पाठीला पाठ लावून षट्कोनी खोल्यांचे एकावर एक थर असतात. उपलब्ध आकारमानात कमीत कमी पृष्ठीय क्षेत्रफळ असलेले दोन थर एकमेकांना जोडून कसे बांधायचे, हा मधमाशांपुढचा प्रश्न असतो. सोबतच्या आकृतीत मधमाशांच्या पोळ्यातल्या एका थरातील खोलीची रचना आणि असे दोन थर एकमेकांना जोडण्यासाठी मधमाशा वापरत असलेली रचना दाखवली आहे. पण कमीत कमी पृष्ठीय क्षेत्रफळात उपलब्ध जागा भरून काढण्याचा हाच सर्वोत्तम मार्ग आहे का? १९६४ साली L. Fejes To'th या हंगेरिअन गणितज्ञाने या प्रश्नाचा विचार केला. त्याने आकृती ४ मध्ये दाखवलेली दुसरी रचना मांडली, आणि या पध्दतीने पृष्ठीय क्षेत्रफळ आणखी कमी करता येईल असे दाखवून दिले. To'th चा आकार जास्त योग्य असला, तरी मधमाशांना अशा खोल्या बांधायला थोडे जास्त कष्ट घ्यावे लागतील, हे उघडच आहे!

अगदी अलीकडे, १९९० च्या दशकात, Weaire व Phelan या पदार्थवैज्ञानिकांनी To'th ची कल्पना प्रयोगांद्वारे पडताळून

पहाण्याचा प्रयत्न केला. त्यांनी काचेच्या दोन तुकड्यांमध्ये साबणाच्या फेसाचे दोन थर एकावर एक दाबून त्यात निर्माण होणाऱ्या बुडबुड्यांचे आकार तपासले. त्यांना या रचनेत खरोखरच To'th ने मांडलेल्या आकाराचे बुडबुडे सापडले. पण त्यांना असंही दिसलं की, फेसातलं पाण्याचं प्रमाण वाढवलं की हे बुडबुडे गोलाकाराकडे वळू लागतात, आणि एका विशिष्ट स्थितीनंतर मधमाशांच्या पोळ्यासारखीच रचना तयार होते! याचाच अर्थ, बुडबुड्यांच्या भिंतींची जाडी वाढली की, मधमाशांच्या पोळ्याची रचना हाच पृष्ठीय ताण कमी करण्याचा सर्वोत्तम उपाय असतो.

याचा अर्थ, थॉम्पसनचा युक्तिवाद योग्य होता, असा मानायचा का? मधमाशांच्या पोळ्यातील षट्कोनांमागे मधमाशांची उपजत काटकसरी वृत्ती नसून पदार्थविज्ञानाचे ऊर्जेच्या काटकसरीचे नियम आहेत, हे खरं आहे का? कोणत्याही निष्कर्षाला पोचण्यापूर्वी, मधमाशांचा जीवशास्त्रीय अभ्यास काय सांगतो हेही पहायला हवं.

मधमाशा पोळं कसं तयार करतात हे पाहिलं तर लक्षात येईल, की प्रत्येक कामकरी मधमाशी एक कुशल कारागीर आहे. पूर्ण वाढ झालेल्या कामकरी मधमाशीच्या शरीरातील एक ग्रंथीत पोळं बांधायला लागणारं मेण तयार होतं. पत्त्यांचा बंगला बांधताना जसा प्रत्येक पत्ता योग्य रितीने योग्य जागी ठेवावा लागतो, तितक्याच काळजीपूर्वक मधमाशा मेणाचा एक-एक कण रचत आपलं पोळं बांधतात. हवा तसा आकार देण्याइतपत मेण पातळ रहावं यासाठी पोळ्यात सतत ३५ अंश सेल्सिअस इतकं तापमान राखणं आवश्यक असतं. पोळ्यात चालू असलेल्या मधमाशांच्या हालचालींतून निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेद्वारे हे साधलं जातं. कामकरी मधमाशा या पातळ मेणाचा प्रत्येक कण योग्य जागी ठेवतात. आणि दोन भिंतीमध्ये बरोबर १२०° कोन होईल याची काळजी घेतात.

मधमाशा हा कोन नेमका कसा मोजतात, हे कोडं अजून पुरतं उलगडलेलं नाही. पण मधमाशांना दिशाज्ञान असतं, हे मात्र आता सिध्द झालेलं आहे. मधमाशीच्या मानेवरील एका अवयवाचा ओळंब्यासारखा वापर करून तिला जमिनीच्या गुरूत्वाकर्षणाची दिशा ओळखता येते. यामुळेच पोळ्यातील षट्कोनी खोल्या सर्वसाधारणतः अशा रितीनं बांधलेल्या असतात की प्रत्येक खोलीच्या दोन समांतर बाजू क्षितिजाला लंब असतात.

मधमाशा केवळ खोलीच्या भिंतींमधल्या कोन १२०° राखतात इतकंच नाही, तर अक्षाभोवती खोली किती कलती ठेवायचं, हेही नियंत्रित करतात. प्रत्येक खोली ही क्षितिज समांतर दिशेशी १३° चा कोन करून बांधली जाते. यामुळेच त्यातला मध खाली ओघळून जात नाही.

खोलीच्या भिंतींची जाडीही अतिशय काटेकोरपणे नियंत्रित केलेली असते. वेगवेगळ्या पोळ्यांमधील भिंतींची जाडी मोजून येणाऱ्या आकड्यांची तुलना केली तर त्यांत मिलीमीटरच्या २००० व्या हिश्श्याइतकाच फरक पडलेला दिसतो! पोळयाच्या भिंतीची लवचिकता मोजण्यासाठी मधमाशीला निसर्गानं जी हत्यारं दिली आहेत, त्यांमुळे हे शक्य होतं. मधमाशी आपल्या Mandibles नी भिंतीवर दाब देते. यामुळे भिंतीवर एक छोटासा खड्डा तयार होतो. आपल्या अँटेनावरील एका अवयवाच्या सहाय्याने ती या खड्ड्याची मोजमापे घेते. भिंतीवर दाबामुळे पडणाऱ्या खड्ड्याचा आकार भिंतीच्या ताकदीवर व लवचिकपणावर अवलंबून असतो. आपल्याला पाहिजे तशी भिंतीची जाडी आणण्यासाठी मधमाशी मग मेण खरडवून टाकते किंवा मेणाचा आणखी एक थर वर चढवते.

आणखी एक महत्वाची गोष्ट. मधमाशा आपलं काम पूर्ण अंधारात एकमेकींपासून स्वतंत्रपणे करत असतात. प्रत्येक कामकरी मधमाशी आपल्या भोवतालच्या क्षेत्रात षट्कोनी खोल्यांचे मेणाचे थरावर थर बनवत असते. असं असूनही संपूर्ण पोळं ही एक सममित रचना कशी बनते? मधमाशांना पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राची जाणीव असते. या क्षेत्राच्या दिशेच्या तुलनेत पोळ्यातील खोल्यांची दिशा त्या निश्चित करत असतात. यामुळेच जेव्हा प्रत्येक कामकरी मधमाशीने बनवलेला भाग आजुबाजूच्या मधमाशांनी बनवलेल्या भागाशी जुळतो. तेव्हा एक एकसंध व सममित असा आकृतीबंध तयार होतो.

हे सगळं सांगण्याचं कारण असं की, मधमाशांच्या पोळ्याच्या विशिष्ट रचनेमागे पदार्थविज्ञानाचे नियम असतात, हे जरी खरं असलं तरी, लक्षावधी वर्षांच्या उत्क्रांतीच्या प्रक्रियेतून मधमाशांना जे आनुवंशिक ज्ञान प्राप्त झालं आहे, त्यालाही कमी लेखून चालणार नाही! तेव्हा थॉम्पसनचा युक्तिवाद बऱ्याच अंशी ग्राह्य असला, तरी मधमाशा अगदीच निर्बुध्द नाहीत हेही मान्य करायला हवं. मधमाशांना उत्क्रांतीतून नेमकं कोणतं ज्ञान मिळत आहे. हे त्यांच्या डी एन ए चा अभ्यास करूनही कळणार नाही. त्यासाठी मधमाशा पोळं बांधताना त्यांचं निरीक्षण करणं हाच एकमेव उपाय आहे.

कधीकधी जास्त माहिती मिळवण्यासाठी जवळ जाऊन बारकाईनं निरीक्षण करण्यापेक्षा दोन पावलं मागे जाऊन सिंहावलोकन करणं आवश्यक असतं, नाही का?

❖❖

लेखक : **प्रियदर्शिनी कर्वे,** श्रीमती काशीबाई नवले कॉलेज ऑफ इंजिनियरिंग (फॉर गर्ल्स) मध्ये भौतिकशास्त्र शिकवतात. आरती संस्थेतील संशोधनात सहभाग.

रोझालिन यालो

लेखक : **अनिल लचके**

एखाद्या प्रचंड सरोवरात साखरेचा एखादा कण टाकला तर त्याचे अस्तित्व आपल्याला शोधून काढता येईल का ? त्यासाठी अत्यंत संवेदनशील पद्धत शोधून काढावी लागेल. आपल्या शरीरात जीवनसत्त्वे आणि हॉर्मोन्स यांचं प्रमाण अत्यंत अल्प असतं. एखाद्या खेळाडूने उत्तेजक रसायनांच्या गोळ्यांचे सेवन कधी तरी केलं असेल तर ते त्याच्या शरीरात असल्याचे सिद्ध करण्यासाठी आधुनिक तंत्रज्ञानाने संवेदनक्षम पद्धती शोधून काढलेल्या आहेत.

रोझालिन यालो यांनी शरीरातील अतिसूक्ष्म प्रमाणात कार्यरत असणाऱ्या निवडक रसायनांचे अस्तित्व आणि प्रमाण शोधून काढण्याचे यशस्वी प्रयत्न केले. आधुनिक वैद्यकशास्त्रामध्ये अशा अतिसंवेदनशील पद्धतींच्या वापरामुळे खरोखरीच खूप फायदा झाला. साहजिक १९७७ साली रोझालिन यालो, अॅन्ड्रु शॅली आणि रॉजर गिलेमनी यांना त्यांच्या संशोधनासाठी वैद्यकशास्त्रातील नोबेल पुरस्कार बहाल करण्यात आला. पुरस्काराची निम्मी रक्कम रोझालिनला आणि शॅली आणि गिलेमनी यांना प्रत्येकी एक चतुर्थांश रक्कम दिली गेली.

रोझालिनचा जन्म न्यूयॉर्क शहरात १९२१ साली झाला. तिची आई मूळची जर्मनीची होती. वयाच्या चौथ्या वर्षी त्या अमेरिकेला आल्या होत्या. रोझालिनचे वडील न्यूयॉर्कमध्ये सुरवातीपासून राहात होते. घरची परिस्थिती बेताचीच होती. रोझालिनला विविध विषयांवरची पुस्तके वाचायला हवी असत. सार्वजनिक वाचनालयातून ती पुस्तके मिळवायची. तिच्या घरी इंग्रजी भाषेतील पुस्तके कमी होती. मात्र तिचा भाऊ उत्तम पुस्तके घरी आणून द्यायचा. त्याचा रोझालिनला फायदा झाला. गणित हा विषय तिच्या आवडीचा होता. वॉल्टन हायस्कूल मधील मोंडझाक नावाचे एक शिक्षक होते. ते रसायनशास्त्र उत्तम शिकवीत होते. त्यामुळे गणिताबरोबरच रोझालिनला रसायनशास्त्रात देखील गोडी वाटू लागली. हंटर कॉलेजमध्ये पदवीधर होण्यासाठी ती दाखल झाली होती. तिथे प्रा. हर्बर्ट ओटिस आणि प्रा. दुआन रॉलर भौतिकीशास्त्र उत्तम शिकवीत होते. त्यांच्यामुळे रोझालिनला विज्ञानातील तिन्ही विषयात औत्सुक्य वाटू लागले. आण्विय

रोझालिन यालो

रोझालिन यालो अमेरिकेच्या 'नॅशनल अकादमी ऑफ सायन्सेस' च्या सन्माननीय फेलो होत्या. अनेक संस्थांनी त्यांचा गौरव केला.

- अल्बर्ट लास्कर बेसिक मेडिकल रिसर्च अवार्ड,
- क्रेसी मॉरिसन अवार्ड इन नॅचरल सायन्सेस,
- सायन्टिफिक अचिव्हमेंट अवार्ड ऑफ द अमेरिकन मेडिकल असोसिएशन,
- कोच अवार्ड ऑफ द एन्डोक्राईन सोसायटी,
- गेर्डनर फाऊंडेशन इन्टरनॅशनल ॲवार्ड,

असे अनेक सन्मान त्यांच्याकडे चालून आले.

रसायनशास्त्रात त्याकाळी बरीच नोबेल पारितोषिके मिळत होती. त्यामुळे पुढे रोझालिनने आण्विय रसायनशास्त्राचा अभ्यास सुरू केला. १९३९ सालच्या जानेवारी महिन्यात रोझालिनला एन्रिको फर्मी यांचं व्याख्यान ऐकायची संधी मिळाली. अणुभंजना सारख्या 'भयंकर' तंत्रज्ञानावरती ते बोलले. पण अणुगर्भ - विज्ञानाचे मानवी कल्याणासाठी होणारे संभाव्य फायदे बरेच आहेत, असं रोझालिनच्या लक्षात आलं.

विशेषत: वैद्यकशास्त्रामध्ये 'आयसोटोप्स' (समस्थानिके) खूप उपयोगी ठरतील याची रोझालिनलां खात्री पटली.

हंटर कॉलेजमधून १९४१ साली रोझालिन पदवीधर झाल्या. त्यानंतर त्यांनी युनिव्हर्सिटी ऑफ इलिनॉय मध्ये संशोधन सुरू केले. १९४५ साली भौतिकशास्त्रातील डॉक्टरेटची पदवी त्यांना मिळाली. १९५० ते ७२ या प्रदीर्घ काळात त्यांनी डॉ. सॉलोमन बर्सन यांच्याबरोबर थायरॉईडशी संबंधित आजार शोधून काढण्याबद्दल संशोधन केले. या संशोधनामध्ये त्यांना हॉस्पिटलचे ज्येष्ठ सहकारी बर्नाड रोझविट यांचे मोलाचे सहकार्य आणि मार्गदर्शन लाभले होते. त्या काळामध्ये रोझालिन हंटर कॉलेजमध्ये नियमितपणे भौतिकीशास्त्र हा विषयही शिकवीत. अध्यापन आणि संशोधन अशी दोन्ही कार्ये चालू असल्याने शरीर-विज्ञान चिकित्सा करण्यासाठी काही अभिनव कल्पना रोझालिनला सुचत होत्या.

थायरॉईड ग्रंथीमधून थायरॉक्झिन नावाचे हॉर्मोन स्त्रवत असते. त्याचे शरीरातील प्रमाण काही व्याधींमध्ये बदलते. त्याचा विपरीत परिणाम रुग्णावरती होतो. शरीरातील रासायनिक प्रक्रियांवरती हॉर्मोनचे नियंत्रण असते. शरीरामध्ये अत्यंत नगण्य प्रमाणात कार्य करणाऱ्या हॉर्मोनचे प्रमाण किती कमी-जास्त झालंय, हे शोधून काढणे म्हणजे एक आव्हानात्मक बाब आहे. शरीरात एकूण रक्ताचे प्रमाण किती आहे, आयोडिनच्या रेणूंचे निश्चित कार्य काय आहे, ग्लोबिन हे प्रथिन काय कार्य करते, रक्तातील इतर प्रथिनांचे प्रमाण आणि कार्यपद्धती - अशा अनेक समस्यांवरती रोझालिन यालो यांनी अव्वल दर्जाचे संशोधन केले आहे.

इन्शुलिन, व्हॅसोप्रेसिन, ऑक्सिटोसिन - अशी काही पेप्टाईड वर्गीय हॉर्मोन्स आहेत. पेप्टाईड म्हणजे छोट्या आकाराचे प्रथिन. मधुमेही व्यक्तीमध्ये इन्शुलिनचे प्रमाण कमी होते. इन्शुलिनची निर्मिती करणाऱ्या काही औषध कंपन्यांनी त्या काळात उत्पादन वाढवले होते. त्याचा उपयोग अनेक रुग्णांनी सुरू केलेला होता. रुग्ण इन्शुलिन बाहेरुन घेत असल्याकारणामुळे रुग्णाचे शरीर त्यावरती 'हल्ला' करण्यासाठी प्रतिपिंडे (अँटिबॉडिज) निर्मिती करते, त्यामुळे इन्शुलिन निष्प्रभ होण्याचा धोका निर्माण होतो. रोझालिननी इन्शुलिन आणि त्याविरुद्ध कार्य करणाऱ्या अँटिबॉडीजचा अभ्यास सुरू केला. त्यातूनच त्यांना शरीरातील इन्शुलिनचे प्रमाण शोधून काढण्याची एक संवेदनशील पद्धत सुचली. १९५९ साली त्या पद्धतीला 'रेडियो इम्युनोॲसे' (Radio-immuni-assay) हे नाव पडलं. (त्याचे संक्षिप्त रूप म्हणजे 'आर आय ए'). या पद्धतीचा उपयोग करून जीवसृष्टीतील किंवा मानवी शरीरात अत्यंत कमी प्रमाणात कार्य करणाऱ्या अनेक रसायनांचा मागोवा घेणे

शक्य झाले. रोझालिन यालो यांच्या रेडिओ इम्युनोॲसेचे महत्त्व जगाला कळण्यासाठी बरीच वर्षे लागली. १९७७ साली त्या नोबेल मानकरी झाल्या.

किरणोत्सर्गी पदार्थांबद्दल सर्वसामान्य लोकांना भीती वाटते. कारण त्यांच्या मनामध्ये गैरसमज झालेले आहेत. प्रत्येक व्यक्तीच्या शरीरात ०.१ मायक्रोक्युरी किरणोत्सर्गी कार्बन हे मूलद्रव्य (समस्थानिक) असते. तेवढ्याच प्रमाणात किरणोत्सर्गी पोटॅशियमही असते. तेव्हा किरणोत्सर्गी पदार्थांच्या उपयुक्त गोष्टींकडे लक्ष द्यायला हवे आहे. रोझालिन यालो यांनी सामान्य लोकांच्या मनातील भीती दूर करण्याचे प्रयत्न सातत्याने केले. त्यांनी अतिशय चिकाटीने आणि हुशारीने रेडियो-आयसोटोप्सचा उपयोग वैद्यकीय चिकित्सेसाठी करून दाखवला. त्याचा सरळ फायदा रुग्णांना झाला शिवाय वैज्ञानिक क्षेत्रामध्ये 'रेडियोइम्युनोॲसे' हे नवे तंत्र इतर अनेक ठिकाणी वापरता आले. रोझालिन यालो यांनी वैज्ञानिक क्षेत्राकडे हुशार विद्यार्थी आणि विद्यार्थीनींनी वळावे म्हणून सातत्याने प्रयत्न केले. त्यांची ही कामगिरी देखील वाखाणावी अशीच आहे.

❖❖

लेखक - अनिल लचके, राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाळा येथे शास्त्रज्ञ, वर्तमानपत्र, मासिकांत सातत्याने विज्ञान लेखन.

मावळसृष्टी निसर्गाचं देखणं शिल्प !

आयोजित - निसर्ग परिचय शिबीर

३१ मार्च ते २९ मे २००३ सोमवार ते गुरुवार (प्रत्येक आठवड्यात)

कार्यक्रम पत्रिका

पक्षी निरीक्षण, मावळसृष्टी भ्रमण, पवना / मुळशी धरण
तिकोना किल्ला भ्रमण, आजिवली देवराई पाहणे, आकाश दर्शन

संपर्क - किरण इनामदार / योगिनी मांडवगणे
मावळसृष्टी, श्रद्धा चेंबर्स, दांडेकर पुलाजवळ,
सिंहगड रोड, पुणे ३०. फोन : ४३३१०९५

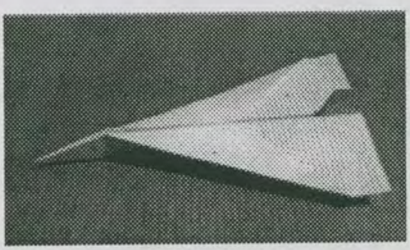
advt.

विमाने उडवा

पुस्तक परिचय : नीलिमा सहस्रबुद्धे

लिहिण्यापेक्षा आणि चित्र काढण्यापेक्षा कागदाचे वेगळे उपयोग जरा जास्तच मजेचे ठरतात. वहीच्या कागदाला पुडीचा दोरा बांधून वाऱ्यावर पतंग उडवणं इथून त्याची सुरुवात होते. यातली गंमत थोडाच काळ रहाते. पण त्याच कागदाची विमानं बनवून उडवणं हा मात्र फक्त लहान मुलांचाच नाही तर मोठ्यांचाही आवडीचा खेळ असतो. हे विमान उडतं कसं? ते वळवायचं कसं? एखादं विमान उडत नाही तेव्हा त्यात नक्की काय बिघाड आहे आणि तो कसा दुरुस्त करायचा हे मात्र फार थोड्यांना माहीत असतं.

अशी उत्तमोत्तम विमानं बनवायला शिकवणारी श्री. माधव खरे यांनी लिहिलेली दोन पुस्तकं ज्योत्स्ना प्रकाशन यांनी उपलब्ध केलेली आहेत. त्यातलं एक आहे 'कागदाची विमाने', साध्या कागदापासून विविध प्रकारची विमानं बनवायला शिकवणारं. नेहमीचं विमान जरी प्रत्येकाला येत असलं, तरी फायटर विमानासारखं दिसणारं, बाणासारखं वेगानं उडणारं आणि शेवटी जागतिक विक्रम करणारं विमान असे सात आठ प्रकार या पुस्तकात दिले आहेत.



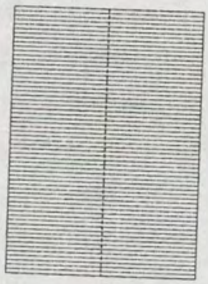
सर्वात महत्त्वाचं म्हणजे 'विमानाचे नियंत्रण कसे करावे' हे प्रकरण. आपण विमान बनवलं आणि ते उडलंच नाही, तर ते का उडत नाही – उडत नाही म्हणजे काय होतंय – याचं निरीक्षण आणि त्यानुसार त्यामध्ये दुरुस्ती करणं या प्रकरणात सांगितलं आहे. 'कागदाच्या घड्या नीट घातल्या नाहीत' हे आपल्या लक्षात येतं. पण 'नीट' घालायच्या म्हणजे काय लक्षात ठेवावं आणि ते कसं तपासावं हे अगदी सोपं करून इथे दिलं आहे. तिसरी चौथीच्या मुलांनाही पुस्तकात वाचून, स्वत:च समजावून घेण्यासाठी हे फारच उपयुक्त ठरेल. प्रत्येक गोष्ट आपल्याला कुणीतरी

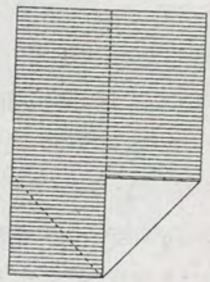
'कागदाची विमाने'	- माधव खरे - ज्योत्स्ना प्रकाशन	किंमत रु. ३५/-
'विमाने उडवा लढाऊ'	- माधव खरे - ज्योत्स्ना प्रकाशन	किंमत रु. ८०/-

करूनच दाखवावी लागते, समोर बसून शिकवावी लागते असं नाही तर आपली आपण वाचूनही समजते, याची ही सुरवातही ठरू शकेल. उदाहरणादाखल पुढे दिलेली स्वनातीत (supersonic) विमानाची कृती आणि चाचणी उड्डाणाबद्दलच्या सूचना पहा.

विमान चौथे - स्वनातीत (सुपरसॉनिक) प्रवासी विमान - कंकॉर्ड

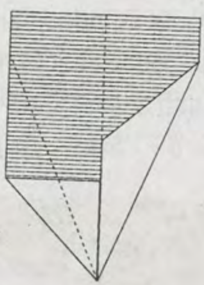
ही विमाने एखाद्या बाणाप्रमाणे वेगवान असतात. याचे चाचणी उड्डाण मात्र काळजीपूर्वक करा. विशेषत: पंखाच्या मागील कडा अगदी किंचित उचलून मग चाचणी उड्डाण करा. हे विमान बाण सोडण्याच्या पद्धतीने (म्हणजे दोन्ही हाताच्या मधल्या बोटांमध्ये धरून आपण कागदी बाण सोडतो त्याप्रमाणे) उडवल्यास खूप लांबपर्यंत उडते.



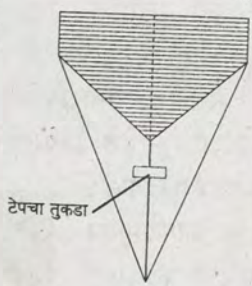


हे विमान करताना रेघांची बाजू वर ठेवली आहे.

३

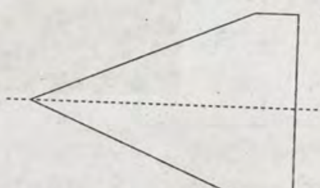


४



नेहमीच्या विमानाच्या तिसऱ्या आकृतीपर्यंत कृती करा. नंतर दोन्ही कोपरे पुन्हा मध्यरेषेपर्यंत आत दुमडा. सर्व घड्या नीट पक्क्या करा. क्र.४ प्रमाणे टेपचा तुकडा चिकटवा.

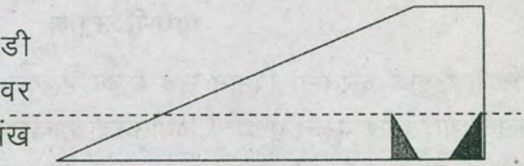
५



विमान पालथे करून मध्यरेषेवर आत दुमडा.

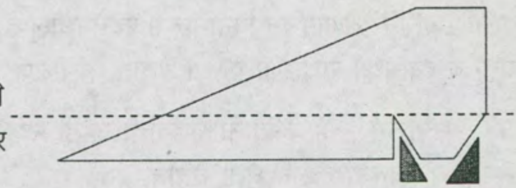
तुटक रेषेवर खाली घडी घाला, आणि या घडीवर दुमडून आडवे झालेले पंख परत सरळ करा.

६



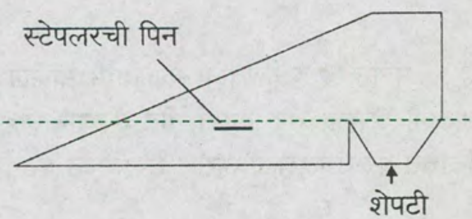
चित्रात करडया रंगाने दाखवल्याप्रमाणे आकार काढून तो भाग कापून टाका.

७



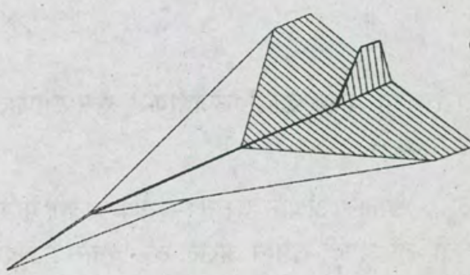
सरळ केलेले पंख पुन्हा घडी घालून आडवे करा. नंतर शेपटीची घडी उलटवून खाली गेलेली शेपटी वर घ्या. विमाम मध्यावर फाकू नये म्हणून खालील बाजूवर स्टेपलरने पिन मारा.

८



हे तयार झालेले विमान

९

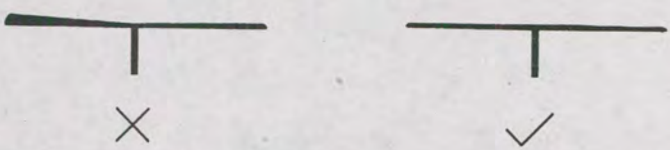


चाचणी उड्डाण

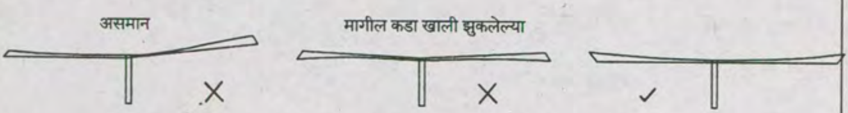
चाचणी उड्डाण करताना विमान उंच धरून हलक्या हाताने समोर सोडायचे असते. या उड्डाणावरून मुख्यत: विमानाच्या नाकाकडचे वजन पुरेसे आहे का नाही हे लगेच कळते. तसेच उडताना त्याची प्रवृत्ती वळण्याकडे अथवा कलण्याकडे आहे किंवा कसे, हेही समजून येते.

उड्डाणाअगोदर पूर्वतयारी म्हणून विमानाचे बारकाईने निरीक्षण करणे आवश्यक असते. या निरीक्षणामधून विमानाच्या रचनेमधील ढोबळ असमतोल लगेच कळून येतो व त्यामध्ये सुधारणा करता येतात. निरीक्षण ३ बाजूंनी करायचे असते.

१) समोरून - हे करताना घड्यांची जाडी नजरेला येते. फुगीर घड्या नीट सपाट व पक्क्या करून घेता येतात.

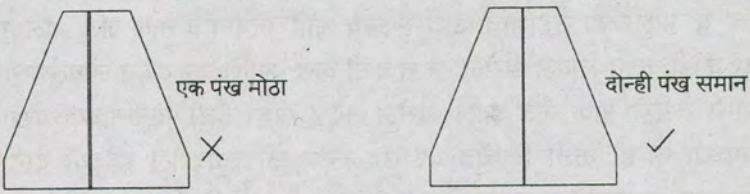


२) मागून - हे करताना कागदाची मागील कड नीट पहा. जर ती खाली झुकली असेल, तर विमान नीट उडणार नाही. ही कड जमिनीसमांतर किंवा किंचित वर उचललेली असेल तर जास्त बरे.



तसेच या कडा डावी-उजवीकडे समप्रमाणातच सपाट अथवा उचललेल्या असाव्यात.

३) खालून अथवा वरून - येथे दोन्ही पंखांचे क्षेत्रफळ व आकार नजरेला येतो. तो अगदी समान असेल तर विमान अचूक उडण्याची शक्यता जास्त. जर पंख लहान-मोठे झाले असतील तर ते सुधारणे शक्य नाही पण जो पंख छोटा

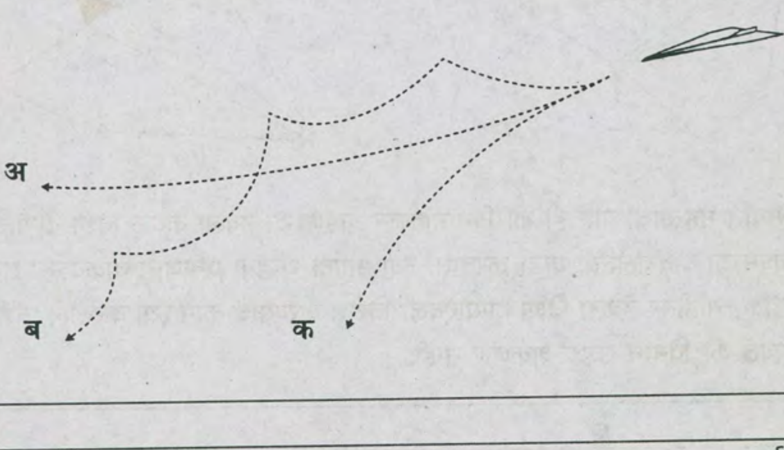


असेल त्या दिशेला विमान कलेल आणि वळेल एवढे नक्की. त्या दृष्टीने पुढील कामात थोडीफार जुळवाजुळव करता येऊ शकते. जर फरक फारच जास्त असेल तर नीट काळजीपूर्वक नवीन विमान बनवणे जास्त श्रेयस्कर.

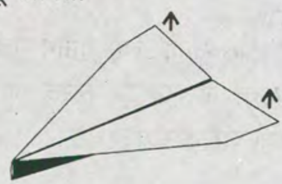
आता खालील आकृती पहा.

विमान 'अ' प्रकाराने उडाले तर अचूक उड्डाण समजावे.

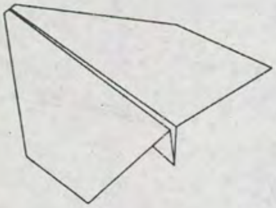
'ब' या प्रकारच्या उड्डाणात विमानाचे नाक सतत वर उचलले जाते, कधी विमान उलटेही होते. नाकाकडचे वजन कमी असेल तर असे होते. यावर उपाय म्हणजे नाकाच्या बाजूला एखादी पेपरक्लिप लावणे. कधी कधी एखादी पेपरक्लिपही त्या विमानाला फार जड होते. अशावेळी पेपरक्लिप काढून एक-दोन स्टेपलपिना किंवा टेपचे दोन-तीन तुकडे चिकटवूनही काम भागते.

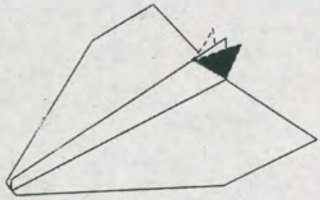


'क' या प्रकारच्या उड्डाणाचा अर्थ सरळच आहे. विमानाचे नाक जड झाले आहे. जर काही वजन लावले असेल तर ते कमी करा. आणि जर वजन लावलेच नसेल आणि तरीही नाक जड झाले असेल तर? अशा वेळी विमानाच्या पंखाच्या मागच्या दोन्ही कडा किंचित वर उचलल्या की त्यावरील हवेच्या दाबामुळे उडताना नाकाकडील वजनाला तोलून धरणारे बल निर्माण होते. विमान नीट उडू लागते.



कित्येकदा चाचणी उड्डाणात विमान सरळ न उडता, डावीकडे किंवा उजवीकडे सारखे वळत राहते. अशावेळी उभ्या आकाराचे जे पृष्ठभाग विमानावर मिळतील त्या पृष्ठभागांना विरुद्ध दिशेला वळवले तर त्यातील दोष दूर होतो. त्याचप्रमाणे पंखाच्या मागच्या कडा कमी-जास्त उचलल्या तरीही त्याचा वळण्यावर परिणाम होतो. डावी कड कमी आणि उजवी कड जास्त उचलली तर विमान उजवीकडे वळते. डावी कड उजव्या कडेपेक्षा जास्त उचलली तर विमान डावीकडे वळते.





सर्वात महत्त्वाची गोष्ट ही की विमानावरून वाहणाऱ्या हवेला केवळ दिशा देण्याचे काम या वाकवलेल्या कडा करतात. त्या अगदी थोड्या प्रमाणात वाकवल्या तर ठीक, नाहीतर हवेला दिशा देण्याऐवजी विरोध करण्याचे काम त्या करतील. तेही एवढे की विमान उडूच शकणार नाही.

याच प्रकारचं दुसरं पुस्तक आहे -

'विमाने उडवा'.

जाड कागदाच्या विमानांच्या संचासह, विशिष्ट बांधणीमध्ये आहे. ही विमाने तयार करण्यासाठी पुस्तकातून त्याचे भाग सुटे करून घेऊन, चिकटवून, जोडून घ्यायचे आहेत. इथे दिलेल्या सहा विमानांपैकी दोन विमाने ही सोपी, उड्डाणाचे तंत्र आत्मसात व्हावे या दृष्टीने दिलेली आहेत. बाकी विमाने मात्र वेगवान आणि खऱ्या विमानांच्या प्रतिकृती आहेत. विमान तयार करणं आणि ते प्रत्यक्ष उडण्याइतकं व्यवस्थित करणं हे कौशल्याचं काम खरंच पण त्यासाठी दिलेल्या सूचना इतक्या स्पष्ट, विस्तृत आहेत की तुम्ही मुद्दामच चुकायचं ठरवलंत तरच चुकेल! उदाहरणादाखल पुढे चौकटीत दिलेल्या 'ग्रीष्म' या विमानाच्या जुळणी सूचना बघा.

उड्डाणाचे नियंत्रण

गॅसचा फुगा हवेत सोडला तर तो कोणत्या दिशेला जाईल? उत्तर सोपे आहे. तो वरवर जाईल आणि वाऱ्याच्या प्रवाहाबरोबर वाहत राहील! म्हणजेच स्वतःचे तरंगणे नियंत्रित करण्यासाठी अशा फुग्याला काहीच अवयव नाहीत. पण पक्षी मात्र त्यांना हवे त्या दिशेने जाऊ शकतात. यासाठी पक्ष्यांपाशी काय यंत्रणा आहे? पक्ष्यांपाशी दोन गोष्टी आहेत १) त्यांची स्वतःची शक्ती आणि २) उड्डाण नियंत्रण करणारे अवयव.

घारीचे चित्र शेजारी दाखवले आहे. घारीच्या पसरलेल्या पंखांना बोटासारखी पुढे आलेली पिसे असतात. उड्डाणामध्ये आवश्यक तो बारीकसारीक व सूक्ष्म तोल साधण्यासाठी यांचा उपयोग होतो. वाऱ्याच्या वेगाशी जुळवून घेण्यासाठी घार पंख आक्रसून घेऊ शकते किंवा पूर्णपणे पसरवू शकते. म्हणजेच ती त्याचे क्षेत्रफळ कमी जास्त करून शकते. वर किंवा खाली जाताना वेगाला अनुसरून घार तिची शेपटीसुद्धा फैलावू शकते किंवा आकसून घेऊ शकते. दिशेवर नियंत्रण ठेवण्यासाठी घार तिची शेपटी डावीकडे किंवा उजवीकडे तिरपी करते. हवेच्या विरुद्ध जोराने जायची वेळ आली तर घार पंख झपाझप हलवून स्वतःच्या शक्तीचा उपयोग करते. इतर वेळी मात्र ती फक्त पंख पसरवून हवेच्याच शक्तीचा वापर करीत असते! मानवाने बनवलेल्या कोणत्याही विमानाला या नैसर्गिक नियंत्रणाची सर येणार नाही. घार व पक्षी अत्यंत थोडी शक्ती वापरून व हवेच्या गुणधर्मांचा जास्तीज जास्त वापर करून तासनतास उडू शकतात.

ग्रीष्म

हे दुसरे विमान जेट विमानासारखे दिसते. याचे शरीर आणि पंख एकाच तुकड्यातून बनतात. 'अ' हा तुकडा आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे वाकवून त्याचे शरीर उभे आणि पंख आडवे होतील असे करा. क्र.२ व क.३ एकत्र चिकटवून पर बनवा. त्याचप्रमाणे क्र. ५, ६, ७ आणि ८ हे तुकडे एकत्र चिकटवून त्यांचा गठ्ठा करा. हा गठ्ठा पूर्ण वाळू द्या.

हा गठ्ठा विमानाच्या नाकाच्या बाजूला वजनासाठी म्हणून बसवायचा आहे. तो जाड असल्याने बसवताना थोडा अडचणीचा वाटेल. म्हणून डोक्याचे बाजूने कापून त्याची उंची २ ते ३ मि.मी. कमी करा. या गठ्ठ्याची खाच आणि विमानाच्या क्र. १ मधील खाच नीट जुळल्या पाहिजेत. यासाठी गठ्ठ्याचा आकार योग्य तेवढा करून घ्या.

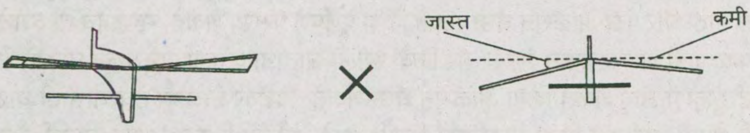
आता शरीराच्या आतील भागाला गोंद लावा आणि आकृती 'क' मध्ये दाखवल्याप्रमाणे शेपटीच्या भागात पर आणि नाकाच्या भागात गठ्ठा चिकटवा. क्र.४ हा पंखांचा आधार आहे. यासाठी या तुकड्याला गोंद लावा आणि तो पंखांना खालील बाजूस घट्ट चिकटवा.

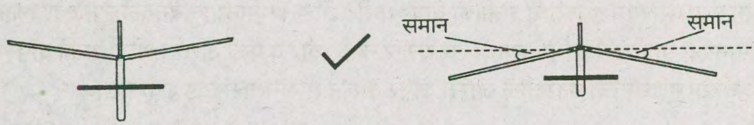
विमान वाळायला ठेवा. पूर्ण वाळल्यानंतर समोरून पाहिल्यास ते चित्र ड प्रमाणे दिसायला हवे. पंख सपाट आणि त्याचेवर शरीर अचूक नव्वद अंशात उभे.

हे विमान दिसायला छान असले तरी उडवायला मात्र जरासे कठीण आहे हे लक्षात ठेवा! अशा त्रिकोणपंखी (Delta Wing) विमानाचे तंत्र समजावे यासाठीच हे सोप्या रचनेचे विमान दिले आहे.

निरीक्षण आणि सुधारणा

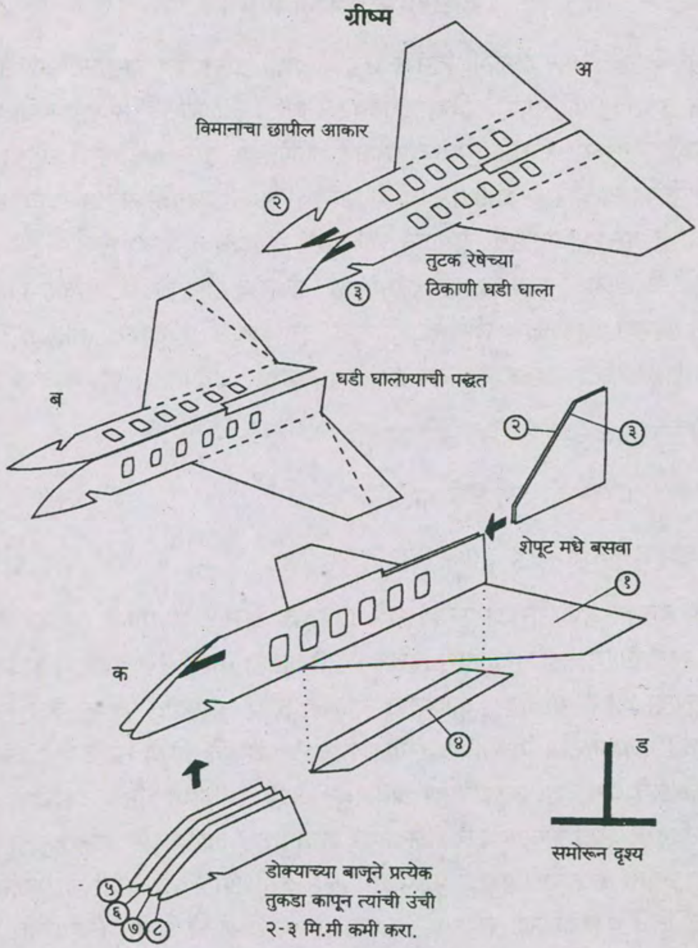
विमानाचे सर्व बाजूंनी निरीक्षण करा. पंखाचे कोन, त्यांचा सपाटपणा अथवा बाकदारपणा दोन्ही बाजूस सारखाच असावा. कोणतेही पृष्ठभाग वेडेवाकडे झालेले नसावेत. जर तसे दिसले तर हातानेच वाकवून व्यवस्थित करा.





जुळणी

ग्रीष्म



चाचणी उड्डाण

चाचणी उड्डाणासाठी विमान सरळ जमिनीच्या दिशेला सोडायचे असते. विमान रबरबँडच्या गलोलीच्या साहाय्याने रबर फार न ताणता सोडायचे आहे. चाचणी उड्डाण शक्यतो घरात अथवा बंदिस्त जागेत करावे, म्हणजे वाऱ्याचा त्रास होणार नाही व विमानाच्या उडण्यातील चुका निश्चितपणे लक्षात येतील. शक्य असेल तर चाचणी उड्डाण करताना विमान एखाद्या कापडी पडद्यावर रोखून सोडावे म्हणजे त्याचे नाक खराब होणार नाही.

उड्डाणाचे तंत्र आणि मंत्र

मित्रांनो, तुम्ही तयार केलेली विमाने उडविण्याची उत्सुकता तुम्हांला असेलच, ही विमाने उडतील की नाही? किती लांबवर? किती वेळपर्यंत? अशा अनेक प्रश्नांची मालिकाच तुमच्या मनात तयार असेल! आणि या उत्सुकतेपोटीच बहुधा तुम्ही विमान उडवण्याची फार घाई करण्याची शक्यता आहे. यासाठी सर्वप्रथम विमानाच्या उडण्याची मूलभूत माहिती समजून घेणे फार आवश्यक आहे. लक्षात ठेवा. इतर कोणत्याही खेळण्यांपेक्षा उडणारे विमान हे जास्त कठीण आणि तांत्रिक स्वरूपाचे खेळणे असते. अर्थातच तुम्हांला विमाने उडविण्यसाठी जास्त काळजी घ्यावी लागणार. यासाठी पुढील मुद्दे क्रमवार वाचून लक्षात ठेवण्याचा प्रयत्न करा उड्डाण हवेमधे संचार करण्याचे दोन मार्ग आहेत.

१. हवेपेक्षा हलके असणे किंवा,

२. हवेमध्ये उडण्याचे तंत्र साध्य करणे.

हवेपेक्षा हलका असा गॅसचा फुगा तुम्ही पाहिलाच असेल. या फुग्याला उडण्यासाठी (खरे तर तरंगण्यासाठी) काहीच विशेष करावे लागत नाही. नुसता त्यात हायड्रोजन वायू भरला की काम झाले. कोणतेही लाकूड कसेही पाण्यात फेकले तरी ते तरंगू शकतेच! पण लोखंड पाण्यावर तरंगेल काय? होय की आणि नाही ही! कारण ते त्या लोखंडी वस्तूच्या आकारावर अवलंबून आहे. स्टीलचा चमचा पाण्यात बुडेल पण स्टीलची वाटी पाण्यावर तरंगेल. असे कशामुळे? कारण चमच्याच्या वजनाच्या तुलनेत त्याचे क्षेत्रफळ अथवा पृष्ठफळ (आीशर) कमी आहे. तर वाटीच्या वजनाच्या तुलनेत तिचे पृष्ठफळ जास्त आहे. पाण्याला उद्धरणशक्ती असते (म्हणजेच वजन पेलण्याची शक्ती असते असे म्हणता येईल). तुम्ही पोहायला गेला आहात काय? पाण्यात तुमचे वजन कमी झालेले तुम्हांला स्वत:लासुद्धा जाणवेल. कारण तुमच्या शरीराचा बराचसा भाग पाण्याने तोललेला असतो. (अंगाने जाडजूड माणसाला पाण्यात तरंगणे फार सोपे जाते! कशामुळे?) जेवढे पृष्ठफळ जास्त तेवढी पाण्याची वजन पेलण्याची क्षमता जास्त चांगली वापरली जाते! त्यामुळे वाटी पाण्यावर तरंगते तर चमचा बुडतो. हवेलासुद्धा अशी उद्धरणशक्ती असते, पण ती आपल्याला

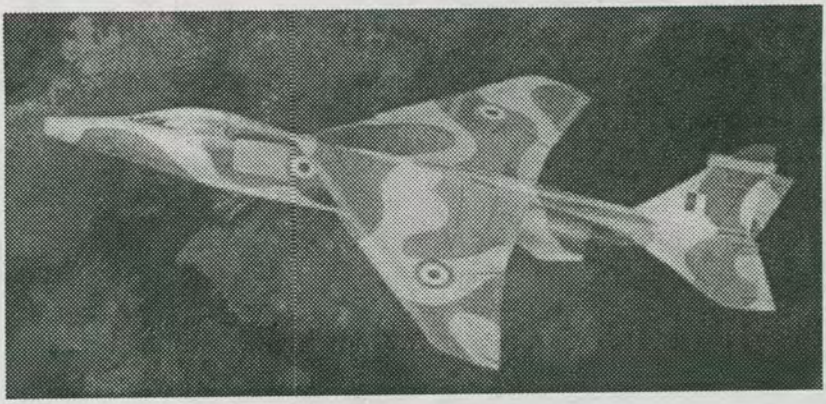
(म्हणजे माणसाला) वापरता येत नाही. पक्ष्यांना मात्र येते. पक्षी हे अगदी हलके असतात आणि पंख मात्र मोठाले असतात. म्हणूनच ते हवेत उडू शकतात. त्यातही कोंबडा किंवा मोर फारसे नीट उडू शकत नाहीत तर घार, गिधाड वगैरे पक्षी तासन्‌तास उडू शकतात याचे कारण समजले काय?

सारांश : कमी वजन आणि जास्त पृष्ठभाग म्हणजेच सहजपणे उड्डाण

विमान बनवल्यानंतर त्याचे उड्डाण - खऱ्या सारख्या विमानाचे खरेखुरे उड्डाण. त्यासाठी लागणारी उड्डाणाची तयारी, विमानाचा समतोल साधणे, तयार झालेल्या मॉडेलमधे सुधारणा आणि चाचणी उड्डाण. या सर्व सूचना सोप्या भाषेत, सचित्र दिल्या आहेत. याशिवाय प्रत्येक विमानाच्या मॉडेलसाठी त्या त्या प्रकारच्या योग्य अशा उड्डाण सूचना दिलेल्या आहेत. पुस्तकाच्या सुरूवातीला श्री. खरे यांनी म्हटलं आहे, की ही विमाने बनवणे उडवणे चवथी-पाचवीच्या मुलांनासुद्धा जमण्यासारखे आहे. ते तर खरेच. पण ही गोडी एकदा लागली की असे विमान बनवून उडवणे हे दहावीनंतरही मुलांना (आणि त्यांच्या आईबापांनाही) हवेहवेसे वाटले असा अनुभव आहे.

❖❖

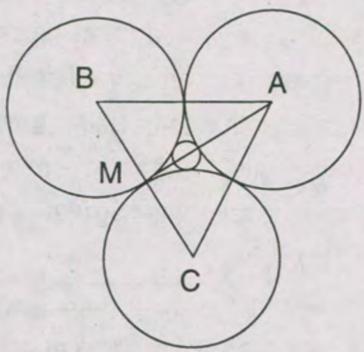
लेखक : **नीलिमा सहस्रबुद्धे** पालकनीतीच्या संपादक गटात सहभागी.



वर्तुळेच-वर्तुळे

वर्तुळावरील काही उदाहरणे पान नं. १२ वर दिली होती. ती सोडविण्याचा प्रयत्न तुम्ही केलाच असेल. ज्यांनी असा प्रयत्न केला असेल त्यांनी आमच्या उत्तरांशी आपली उत्तरं पडताळून पहावी.

1) एकमेकांना बाहेरून स्पर्श करणारी 1 त्रिज्येची तीन वर्तुळे काढली. त्या तिघांच्या मधल्या मोकळ्या जागेत त्यांना बाहेरून स्पर्श करणारं वर्तुळ काढलं. तर त्याची त्रिज्या किती?



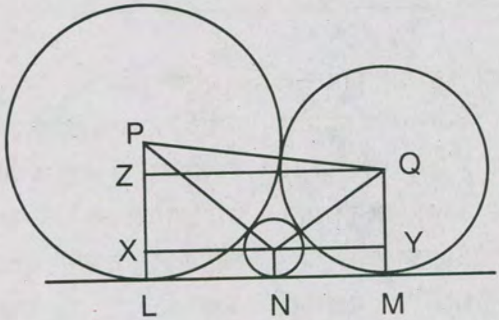
मोठ्या वर्तुळांची केंद्र A, B, C आणि
मधल्या लहान वर्तुळाचं केंद्र P नं दाखवू. B, C ह्या दोन वर्तुळांचा स्पर्शबिंदू Mनं दाखवू. मग ABC ह्या समभुज त्रिकोणाची प्रत्येक बाजू = 2 आणि AM ही मध्यगा.

त्याचप्रमाणं मधल्या वर्तुळाचे केंद्र P हा त्रिकोणाच्या मध्यगांचा संपातबिंदू आहे. (आकृतीत दाखवला नाही.) पुढील सर्व काम सोपे आहे. तुम्ही सहज करू शकाल.

$$r = \frac{2\sqrt{3} - 3}{3}$$

> २० व्या अंकात वर्तुळेच वर्तुळे मधील तिसऱ्या प्रश्नाच्या उत्तरामध्ये (पान क्र. ५७, शेवटची ओळ) $a = b = \frac{1}{3}$ च्या ऐवजी $a = b \doteq \frac{1}{2}$ असे हवे होते. या मुद्रणदोषाबद्दल दिलगीर आहोत.

2) मोठ्या वर्तुळाची त्रिज्या a आणि त्यापेक्षा लहान वर्तुळाची त्रिज्या b आहे. ही दोन्ही वर्तुळे एका रेषेला स्पर्श करतात. ह्या दोन्ही वर्तुळांना बाहेरून स्पर्श करणारं आणि त्या रेषेलाही स्पर्श करणारं वर्तुळ काढलं. तर त्या वर्तुळाची त्रिज्या किती ?



मधल्या लहान वर्तुळाचं केंद्र दाखवलेलं नाही. ते R समजू. मोठ्या वर्तुळाची त्रिज्या a आणि मधल्या आकाराच्या वर्तुळाची त्रिज्या b समजू. इष्ट वर्तुळाची त्रिज्या r. सर्वत्र बीजगणितातल्या खालील सूत्राचा वापर केला आहे.

$$(a+b)^2 - (a-b)^2 = 4ab$$

PZ = PL - ZL = PL-QM = a-b, PX = a-r

QY = b-r. PQ = a+b. XL = r = RN = YM

ZQ = LM = LN + NM. LN = XR. NM = RY

$LM^2 = ZQ^2 = PQ^2 - PZ^2 = (a+b)^2 - (a-b)^2 = 4ab$

$LN^2 = XR^2 = PR^2 - PX^2 = (a+r)^2 - (a-r)^2 = 4ar$

$NM^2 = RY^2 = RQ^2 - QY^2 = (b+r)^2 - (b-r)^2 = 4br$

LM = 2/ab = LN + NM = 2/ar + 2/br.

3) याचे उत्तर अगदी सोपे आहे त्यामुळे दिले नाही.

❖❖

लेखक : मनोहर राईलकर, गणित विषयावरील अनेक पुस्तके प्रसिध्द. अतिशय रसपूर्ण पध्दतीने गणित शिकवतात.

वादळानंतरची शांतता

लेखक : **शरदेंदू बंदोपाध्याय** ● अनुवाद : **इंद्रायणी चव्हाण**

खूप जुन्या अशा वडाच्या झाडाच्या एका उंच फांदीवर विचारमग्न अवस्थेत निताईबाबू बसला होता. घोड्यावर बसल्याप्रमाणे त्यानं आपले दोन्ही पाय फांदीच्या दोन्ही बाजूंना लटकत ठेवले होते. आता प्रत्येक हालचालीचा एखाद्या अनुभवी आर्मी जनरल प्रमाणे काळजीपूर्वक विचार करायला हवा होता, उगाच भावनेच्या आहारी जाऊन चालणार नव्हतं कारण परिस्थिती आता हाताबाहेर गेली होती.

झाडाच्या बुंध्याशी सावल्या गडद व्हायला लागल्या होत्या.दोरखंडासारख्या दिसणाऱ्या पारंब्या सर्व बाजूंनी जमिनीवर उतरल्या होत्या. दुपार केव्हाच टळून गेली होती आणि बराच वेळ पोटात इंगळी डसल्याप्रमाणे होणाऱ्या वेदनांचं कारण आता निताईबाबूला कळलं होतं. त्या भुकेच्या वेदना होत्या. त्याचे हात उगीचच खिसे चाचपडू लागले. खरं तर खिशात भरून घेतलेले पेरू आणि बोरं कधीच संपली होती. विचार करत असतानाच त्याची नजर वर गेली ''अं.. वरच्या फांदीवर काय लटकतंय ते? अरेच्या! हे तर मधाचं पोळं! झाडावर चढल्यापासून हा गुणगुणल्यासारखा मोठा आवाज कुठून आणि कसला येतोय हे आता त्याला कळलं. एवढा वेळ या गोष्टीचा शोध घ्यायला वेळच नाही मिळाला. कसा मिळणार? तो स्वतःच्याच दुःखात बुडाला होता ना! पण आता मात्र तो हळू हळू पोळ्यापासून दूर सरकायला लागला. अगदी सावधतेनं खालच्या फांदीवर उतरला. मधमाशांचा शेजार काही फारसा चांगला नसतो हे मागच्या एका अनुभवावरून त्यानं चांगलंच लक्षात ठेवलं होतं. पण काय करणार? पानांतून डोकावून पाहिलं तर झाडाच्या बाजूनं जाणारा मुख्य रस्ता दिसत होता. त्याच्या अगदी समोर उंच लोखंडी गेट आणि त्याला लागून असलेली चौकीदाराची खोली आणि त्यामागे होतं निताईबाबूचं मोठं घर. पण निताईबाबू मात्र कोणालाही दिसत नव्हता. गेटवर चौकीदार असल्यानं त्याला गेटमधून घरात जाणं शक्य नव्हतं. कंपाऊंडवरून उडी मारून आत जाता आलं असतं, पण मग सगळ्यांच्या नकळत घरात कसं जायचं? बिंदू तर त्याच्यावर टपूनच बसली होती. तिनं जर त्याला पाहिलं असतं तर नक्कीच दया माया दाखवली नसती आणि काका तर हातात

वेताची छडी घेऊनच त्याला शोधत होते हं... आता आजीच्या मागे जाऊन लपता आलं असतं तर छान झालं असतं ... पण ...

दोस्तांनो, हा निताईबाबू म्हणजे नऊ वर्षांचा एक छोटासा खट्याळ मुलगा होता. आज सकाळीच त्यानं घरात अशी काही करामत केली होती की त्याला लगेचच घरातून पळून जावं लागलं होतं.

निताईच्या मोठ्या बहिणीचं नाव होतं बिंदू. ती अकरा वर्षाची होती. आणि त्यानं आज काढलेली खोडी म्हणजे काल संध्याकाळी बिंदूबरोबर झालेल्या भांडणाचा परिणाम होता. बिंदूनं बाबा आणि काकांकडे लाडीगोडी लावून आपलं तेच खरं केलं होतं आणि निताईला बोलणी खावी लागली होती. आणि त्याचा बदला घ्यायचा एक विलक्षण मार्ग आज सकाळीच त्याला सुचला होता.

निताई आणि बिंदू दोघांनाही एकच खोली दिली होती. आज सकाळी बिंदू जेव्हा जागी झाली तेव्हा तिच्या लक्षात आलं की काल रात्री झोपताना तिनं गाठ मारून बांधलेले तिचे लांबसडक केस गायब झालेत. तिची गोंधळलेली नजर समोरच्या भिंतीवर गेली आणि तिला खिळ्यावर अडकवलेला एक चपटा काळा गोळा दिसला. तिला आलेली भयंकर शंका खरी होती. होय, ते तिचेच केस होते.

निताई पांघरुणाच्या आडून बिंदूची प्रतिक्रिया पहात होता. पण तिची मर्मभेदक किंकाळी त्याच्या कानावर आदळली आणि लगेचच त्याला जाणवलं की हे करण्यापूर्वी थोडा विचार करायला हवा होता. पण आता वेळ निघून गेली होती आणि पळून जाण्याशिवाय दुसरा मार्गच नव्हता.

शेजारपाजारच्या बागांवर धाड घालून त्यानं बरेचसे पेरू आणि बोरं खिशात भरून घेतली आणि या वडाच्या प्रचंड झाडावर चढून त्याच्या घनदाट पानांत लपून बसला.

घरातले सगळे नोकर त्याला शोधायला बाहेर पडले होते. या ठिकाणी तो अगदी सुरक्षित होता. पण झाडानं नुसताच आसरा दिला होता. पोटापाण्याचं काय? पेरू आणि बोरं तर कधीच संपली होती. पोटात भुकेनं आगडोंब उसळला होता. सगळे आवडते पदार्थ त्याच्या डोळ्यासमोर यायला लागले. नेमका त्यातलाच एखादा पदार्थ आईनं आज केला असेल तर? तोंडाला अगदी पाणी सुटलं. त्यानं घुटका गिळला आणि फांदीवरची पकड घट्ट केली. कारण आवडत्या पदार्थांबरोबरच आणखीही काही आठवलं होतं, काकांच्या हातातली लवलवणारी वेताची छडी!

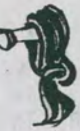
मार खाणं त्याला काही नवीन नव्हतं. वेताच्या दोन-तीन फटक्यांचं तर काहीच वाटलं नसतं. पण न केलेल्या गुन्ह्याचा आरोप मात्र त्याला असह्य होता. दुर्दैवानं असं नेहमीच व्हायचं. त्याच्यावर लादलेल्या आरोपांची शहानिशा करण्याची गरजच कोणाला वाटायची नाही.

काही दिवसांपूर्वीचीच गोष्ट. बिंदूची सोन्याची साखळी हरवल्याबद्दल त्याला खूप मार खावा लागला. खरं तर साखळी कशी हरवली, कुठे गडप झाली, हे एक गौडबंगालच होतं.

बिंदू तिच्या बाहुल्यांबरोबर गच्चीवर खेळत होती. तिनं तिची साखळी एका बाहुलीजवळ ठेवली आणि ती खाऊ आणायला खाली आली. भन्नाट खोड्या काढण्यात पटाईत असलेल्या निताईनं ती साखळी घेतली, साखरेचा पाक ठेवलेल्या भांड्यात बुडविली आणि परत होती तिथे नेऊन ठेवली. त्याची कल्पना अशी होती की साखरेच्या पाकामुळे साखळीला मुंग्या लागतील. बिंदू घाईघाईनं न बघताच ती साखळी गळ्यात घालेल आणि मग... कित्ती मज्जा येईल!

पण तसं काही झालंच नाही. काही मिनिटांतच बिंदू रडत रडत खाली आली आणि तिनं सगळ्यांना सांगितलं, ''निताईनं माझी साखळी घेतली.''

निताईनं मानेनंच ''मी नाही'' असं सांगितलं, पण साखरेच्या पाकाची गोष्ट काही सांगितली नाही. कारण त्याच्यावर कोणी विश्वास ठेवणार नाही हे त्याला माहीत होतं. काकांनी जोरात त्याचा कान पिरगाळला. म्हणाले, ''कुठे टाकलीस साखळी ती आणून दे, नाही तर माझ्याशी गाठ आहे.'' पण निताईकडे साखळी नव्हतीच तर तो कुठून आणून देणार? मग काय गालांवर दोन थपडा बसल्या. एवढ्यावरच भागलं नाही. वेताची छडी पण बाहेर निघाली आणि निताईच्या पाठीवर लालसर वळ उठलेले दिसले. शेवटी काकाच दमले. छडी फेकून देत ओरडले,



''चालता हो माझ्या नजरेसमोरून. चोर, दरोडेखोर होण्यासाठीच जन्मलायस बहुतेक.''

या गोष्टीला आठवडा उलटून गेला होता. नंतर लगेचच बिंदूनं समझोत्यासाठी हातही पुढे केला होता पण निताई इतक्या सहजतेनं हे सगळं विसरायला तयार नव्हता. घरात साखळीचा विषय निघाला की हा नजर दुसरीकडे वळवून बसून रहायचा. पण काल पुन्हा भांडण झालं. बिंदून खोटंनाटं सांगून पुन्हा बाजी मारली आणि मग निताईचा सगळा कोंडलेला राग उफाळून बाहेर आला. झोपलेल्या बिंदूच्या मानेवर रुळणारा अंबाडा कापायला फक्त एक कात्रीच तर हवी होती. बिंदूला आता खूप दिवस केस बांधता येणार नव्हते, अगदी छोटी पोनीटेलसुद्धा. या विचारानं आत्तासुद्धा फांदीवर पाय हलवत बसलेल्या निताईला हसू फुटलं. पण काही सेकंदच. पोटातले कावळे जोरात ओरडत होते. शोधक नजरेनं त्यानं आसपासचा परिसर न्याहाळायला सुरवात केली आणि त्याला दिसली एक खार. ही खारुटली तिच्या कामात फारच व्यस्त होती. ती सारखी तुरुतुरु खाली जायची आणि तुरुतुरु वर यायची. जेव्हा जेव्हा ती निताई बसलेल्या फांदीजवळ यायची तेव्हा तेव्हा आपल्या मण्यांसारख्या काळ्याभोर डोळ्यांनी निताईकडे संशयानं पहायची. निताईनं जेव्हा नीट पाहिलं तेव्हा त्याला कळलं की झाडावर येताना ती दर वेळेस शेंगा किंवा छोटी फळं तोंडात धरून आणायची आणि त्या झाडावरच्या तिच्या ढोलीत नेऊन ठेवायची. ती तिची 'स्टोअर रुम' होती. निताईची भूक त्याला स्वस्थ बसू देईना. तो हळू हळू त्या खारीच्या ढोलीजवळ गेला. ते पाहिल्याबरोबर खारीनं किचकिचाट करून जोरदार निषेध नोंदवला. पण त्याचा

काही उपयोग होत नाही असं लक्षात आल्यावर बिचारी लांब जाऊन किचकिचत बसली. निताईनं ढोलीत वाकून पाहिलं पण तिथे ठार अंधार होता. त्यानं ढोलीत हात घातला आणि चाचपडायला सुरूवात केली काही वेळानं त्याच्या हाताला कसला तरी स्पर्श झाला त्यानं पटकन ती गोष्ट मुठीत घेऊन हात बाहेर काढला, आणि पाहिलं तर ती होती वाळकी पानं, थोडंसं गवत, वाळकं अंजीर, भुइमुगाच्या शेंगा आणि छोटी छोटी जंगली फळं, हा खाऊ तर काही मिनिटातच निताईनं संपवला. त्यानं परत काही मिळण्याच्या आशेनं ढोलीत हात घातला तेव्हा त्याला जी गोष्ट सापडली ती खाण्यायोग्य नव्हती पण त्याच्या ओळखीची नक्कीच होती. ती होती छोटी चमकणारी संगमरवरी गोटी. त्याच्या स्वतःच्या गोट्यांपैकीच एक. त्यानं ती खिशात ठेवली आणि अजून त्याच्याकडे बघून ओरडत असणाऱ्या खारीवर शेंगेचं एक फोलपट फेकून ओरडला, ''चोर कुठली''

निताई परत आपल्या आधीच्या फांदीवर येऊन बसला. तेवढ्यात घरातून बोलण्याचे आवाज यायला लागले. चौकीदार ओरडून सांगत होता. ''बाबूजी सगळीकडे शोधलं, पण निताई कुठेच नाही सापडला.'' आणि मग काकांची गर्जना ऐकू आली. ''मूर्खासारखा बडबडू नकोस. नऊ वर्षांचा मुलगा. जाऊन जाऊन जाणार कुठे? परत शोध. बागेत बघ. मित्रांकडे बघ. जा लवकर.'' निताईनं एक निःश्वास सोडला. तो इथे अगदी हाकेच्या अंतरावर होता आणि चौकीदार मात्र भर दुपारपासून त्याला गावभर शोधत होता. तेवढ्यात त्याला दिसलं, त्याची आजी गॅलरीमध्ये येऊन उभी राहिली होती, आणि असहायपणे इकडे तिकडे पहात होती. आजीला पाहून निताईला इतका आनंद झाला की तो त्याच्या नकळत ओरडलाच. ''आजी, मी इथं आहे. आणि मग भानावर येऊन त्यानं पट्कन जीभ चावली. छे! असं करून चालणार नव्हतं.

योग्य वेळेची वाट पहायला हवी होती. आजीनं आवाजाच्या दिशेनं पाहिलं खरं पण तिला काहीच दिसलं नाही आणि ती आत निघून गेली. घरातले नोकर गडबडीनं आत बाहेर करत होते आणि अधून मधून काकांचं त्यांच्यावरचं खेकसणं ऐकायला येत होतं. घरातल्या घड्याळानं चारचे ठोके दिले आणि काका स्वतः निताईला शोधायला बाहेर पडले. झाडाजवळून जाताना दिसलेला काकांचा चिंताग्रस्त चेहेरा पाहून निताईला जरा बरं वाटलं. छान! अजून थोडं ताणून धरलं तर काकांचा राग निवळून त्यांना फक्त

आपली काळजी वाटायला लागेल.

सूर्य आता पश्चिमेकडे कलला होता. निताईनं पाहिलं, चौकीदार दमून, थकून परत आला होता आणि त्याच वडाच्या झाडाखाली थांबून दुसऱ्या नोकराशी बोलत होता. ''इतका द्वाड मुलगा मी जन्मात कुठे पाहिला नाही. त्याच्या आईनं आणि आजीनं दिवसभरात अन्नाला स्पर्श सुध्दा केला नाही. बिंदू तर सारखी रडते आहे. आणि हा पहा कुठे गायब झालाय. सापडला ना तर चांगला फोडून काढीन हरामखोराला.'' झालं! चौकीदाराकडून स्वतःला हरामखोर ही शिवी ऐकल्यावर निताईचा धीर सुटला. आणि त्यानं खारीच्या ढोलीत सापडलेली गोटी नेम धरून चौकीदाराच्या डोक्यात मारली. चौकीदार कळवळून ओरडला, त्यानं वर पाहिलं, त्याला निताई दिसला आणि मग तो ओरडतच सुटला, ''सापडला, सापडला, बाबूजी, निताई सापडला.'' काही मिनिटांतच परत आलेल्या काका, बाबांपासून मोलकरणीच्या एक वर्षाच्या मुलापर्यंत सगळं घर फाटकाशी जमा झालं. निताई घाबरला. आणि वर, वर चढायला लागला. काका जोरात ओरडले, ''खाली ये.'' निताई म्हणाला, ''तुम्ही जर मला मारणार नसलात, रागावणार नसलात तरच मी खाली येईन.'' हे ऐकल्यावर काकांचा तीळपापड झाला. ''मारायचं नाहीं? गाढवा तू जे काही केलंस. त्यासाठी तुला जिवंत गाडायला पाहिजे. खाली ये आधी.'' पण निताई काही ऐकेना. तेव्हा काकांनी चौकीदाराला फर्मान सोडलं, ''झाडावर चढ आणि उतरव त्याला.'' चौकीदारानं बूट काढले आणि थोडं अनिच्छेनंच झाडावर चढायला सुरुवात केली. निताईला सुटकेचा काही मार्ग सापडेना. झाडावर आणखी वर चढण्यासाठी त्यानं वर पाहिलं आणि त्याचं लक्ष पुन्हा मधमाशांच्या पोळ्याकडे गेलं. निताईच्या डोक्यात एक भन्नाट कल्पना आली. तो ओरडून म्हणाला, ''चौकीदार, तू एक पाऊल जरी वर वर चढलास ना, तरी मी हे पोळे उठवीन. मग बघ काय होईल ते.'' हे ऐकून चौकीदार घाबरला आणि खाली उतरला. नऊ वर्षांच्या मुलाची ही धिटाई पाहून सगळे थक्क झाले. चौकीदारानं माघार घेतलेली पाहून निताईला चेव चढला. तो ओरडतच होता. ''चांगली अद्दल घडवतो तुला, मला हरामखोर म्हणतोस काय?'' बोलता बोलता त्याचं लक्ष पुन्हा पोळ्याकडे गेलं. पण या वेळेस त्याला तिथे फिकट सूर्यप्रकाशात चमचमणारं आणखीही काही तरी दिसलं. मधाच्या पोळ्यापासून काही फुटांवरच चमचमणारं काय होतं ते? अरेच्या! हीच तर ती साखरेच्या पाकात बुडवलेली आणि

अचानक गायब झालेली बिंदूची सुप्रसिध्द सोनसाखळी ! पण ती इथे कशी काय आली ? नक्कीच हे काम कावळ्याचं किंवा त्या लबाड खारीचं असणार. काही का असेना. पण निताईला साखळी सापडली होती. देव त्याच्या बाजूनं होता. जणू पराभवाच्या जबड्यातून विजय खेचून आणण्याची ती संधी होती. त्यानं ओरडून सांगितलं, ''मला इथे बिंदूची साखळी सापडलीय.'' बिंदू अर्थातच प्रेक्षकांमधे होती. हे ऐकल्यावर ती आनंदानं किंचाळलीच, ''माझी साखळी ! काका सांगा ना त्याला माझी साखळी परत द्यायला.'' काकांनी थोडा विचार केला आणि जरा नरमाईच्या स्वरात म्हणाले, ''निताई ये बरं खाली, मी नाही तुला मारणार.'' निताईला काही खात्री वाटेना. तो म्हणाला, ''कान पण पिरगाळणार नाही ?''

काका - ''नाही रे अजिबात नाही. पण साखळी कुठे आहे ती घेऊन ये. नाहीतर बघ.'' निताई खुश झाला. त्यानं शरणागती पत्करली होती पण ती सशर्त. त्याला फक्त साखळीच तर परत न्यायची होती. मधाच्या पोळ्या पलीकडे, साखळी अडकलेल्या जागी तो हळहळू सरकत जायला लागला. त्याला मधमाशांच्या रागीटपणा चांगलाच माहीत होता. त्यामुळे एक डोळा पोळ्यावर ठेवूनच तो हालचाल करत होता. खालच्या लोकांना साखळी अजिबात दिसत नव्हती. दिसत होती फक्त निताईची धिटाई. पोळं अगदी शांत होतं. माशा बहुतेक झोपल्या असाव्यात. निताई हळू हळू साखळीकडे सरकत होता. ही आली आता साखळी जवळ... जवळ... जवळ... अगदी हाताशी. निताईनं साखळी काढायला उजवा हात पुढे केला आणि फांदीत अडकलेली साखळी खेचली. बस्स ! तेवढ्याश्या धक्क्यानं पोळ्यातली शांतता भंग झाली. संतापलेल्या मधमाशा एका मागोमाग एक वेगाने बाहेर यायला लागल्या. डोकं बधीर करणारा गुणगुणाट सुरू झाला. एक माशी बरोब्बर निताईच्या नाकाला चावली. दोघींना दोन गोबरे गाल सापडले. एकीनं हनुवटी ताब्यात घेतली. चेहेऱ्याला जणू आग लागल्यासारखं झालं होतं. निताईला वाटलं, जोरात किंचाळावं आणि एकेका माशीला चिरडून ठार मारावं. पण असं करून चालणार नव्हतं. त्यानं आपली सगळी शक्ती एकवटली आणि डोळे गच्च मिटून फांदीला घट्ट धरून शांतपणे पुतळ्यासारखा बसून राहिला. आता आणखी थोडी जरी हालचाल केली असती तरी पोळ्यातल्या उरलेल्या माशांनीही जोरदार हल्ला चढवला असता आणि मग मात्र

अवस्था आणखीनच वाईट झाली असती. ओठ दातात गच्च धरून निताई वाट पहात राहिला. अगदी हळूहळू मधमाशा शांत झाल्या. पोळं पूर्ण शांत झाल्यावर निताई सावकाश, आवाज न करता खाली उतरला. झाडाच्या आसपास आणि रस्त्यावर खूपच अंधार होता. त्यामुळे घराच्या फाटकाजवळ येईपर्यंत तो कुणाला नीट दिसलाच नाही. पण फाटकाशी गेल्यावर त्याचा भयंकर चेहरा पाहून काका दोन पावलं मागे सरकले आणि त्यांच्या हातातली वेताची छडी गळून पडली. निताईचे डोळे, गाल आणि नाक एवढं सुजलं होतं की त्याला ओळखणं शक्य नव्हतं.

रात्रीच्या जेवणानंतर दोघं बहीण भाऊ आपल्या खोलीत शांतपणे बसले होते. बिंदूनंच बोलायला सुरुवात केली. ''निताई, फार दुखतंय कारे ?'' ''हं'' निताई म्हणाला. ''मी... मी तुझ्या नाकाला तेल लावू?'' निताईबद्दल वाटणाऱ्या सहानुभूतीमुळे बिंदूचा राग कुठच्या कुठे पळाला होता. निताईचं नाक, एखाद्या मोठ्या गाजरासारखं झालं होतं. आणि गाल तर इतके सुजले होते की डोळे पूर्ण उघडतच नव्हते. पण त्या अर्धवट उघडलेल्या डोळ्यांत आता अश्रू जमा झाले होते. आपल्या ग्रेट हिरोनं एक आवंढा गिळला आणि म्हणाला, ''हं.'' बिंदू हलक्या हातानं त्याच्या नाकाला तेल लावायला लागली. म्हणाली, ''का कापलेस माझे केस ? वेडोबा कुठला. बघ देवानं तुला कशी शिक्षा दिली.'' दाटलेल्या आवाजात निताई म्हणाला, ''चुकलो मी. परत नाही असं करणार.'' आणि हे तो अगदी मनापासून म्हणाला. कारण आजच्या प्रसंगानं त्याला चांगलाच धडा मिळाला होता. आपण आपल्या आसपासच्या लोकांना फसवू शकतो, त्यांच्यापासून लपू शकतो. पण आकाशातून ते पहाणाऱ्या देवापासून नाही.

बिंदूनं त्याच्या सुजलेल्या गालावर प्रेमानं ओठ टेकले. निताई हलक्या आवाजात म्हणाला, ''दीदी बघच तू. तुझे केस पुन्हा पहिल्यासारखे लांबसडक होतील.'' आपल्या गेलेल्या केसांच्या आठवणीनं बिंदूचे डोळे पुन्हा डबडबले. पण ती लगेचच हसून म्हणाली, ''अर्थातच आणि तुझं नाक पण पूर्वीसारखं छान होईल.'' निताई पटकन बिंदूच्या कुशीत शिरला आणि थोड्याच वेळात दोघंही गाढ झोपी गेले.

❖❖

लेखक - **शरदेंदू बंदोपाध्याय**
जन्म ३० मार्च १८९९ मृत्यू २२ सप्टेंबर १९७०
उत्कृष्ट लेखक. व्योमकेश बक्षी या गुप्तहेर पात्राची निर्मिती. कथेमध्ये मानवी भावभावनांचे तपशीलवार आणि यथार्थ चित्रण ही वैशिष्ट्यं.

अनुवाद - **इंद्रायणी चव्हाण** वास्तुपुरूष, १०वी फ इत्यादी चित्रपटाच्या रंगभूषाकार. भाषांतराची आवड.

प्रिय वाचक,

विज्ञान आणि शिक्षण यामधील रुची वाढावी, शिक्षण रसपूर्ण व्हावे यासाठी शैक्षणिक संदर्भ ना-नफा तत्त्वावर काढले जाते. संपादक-लेखक यांसह अनेकजण विनामोबदला काम करतात. संदर्भचे अंक उत्तम रीतीने काढता यावेत यासाठी आपली साथ आम्हाला हवी आहे. द्वैमासिक स्वतःच्या पायावर उभे रहावे यासाठी आर्थिक पाठबळाची गरज आहे. या अंकापासून द्वैमासिकात जाहिराती देण्यास सुरूवात करीत आहोत.

संदर्भ द्वैमासिकात आपण आपल्या व्यवसायाची जाहिरात जरुर द्यावीत. आपल्या परिचितांकडून व मित्रमंडळींकडूनही संदर्भसाठी जाहिरात मिळवून द्यावीत.

धन्यवाद.

संपादक

जाहिरातींचे दर असे आहेत.

	एका अंकात प्रसिध्दी	सहा अंकात प्रसिध्दी
पूर्ण पान	१,०००/-	५,०००/-
अर्धे पान	६००/-	३,०००/-
पाव पान	४००/-	२,०००/-

(पूर्ण पान छपाईचा आकार ७॥ इंच x ४ इंच)

शैक्षणिक
संदर्भ

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✔ खूण करा.
मागील उपलब्ध सर्व अंक (१५)	रु. २२५/-*	
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 ____

____

सही **तारीख**

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.

आमचे प्रतिनिधी १) श्री. नंदलाल जोशी, चंद्रमा - १७ ब, अंकूर महाबँक सोसायटी
सावेडी रोड, अहमदनगर ४१४ ००१.

२) श्री. नागेश मोने ११२३, ब्राह्मणशाही, भाग्योदय निवास,
वाई, जि. सातारा.

काय ? विश्वास नाही बसत ? हे फळ नाहीए. हा एका कीटकाचा कोष आहे. त्याच्या अवस्थांतरातली एक अवस्था. काही दिवसांपूर्वी सकाळी सकाळीच मी फिरायला बाहेर पडलो तेव्हा एका काटेरी झाडावर एका फळासारखी वस्तू लटकत होती. माझ्या मित्राने ती हातात घेऊन हलवून पाहिली. तो म्हणाला ''हे तर फळ दिसतंय. आतमधे बी वाजतंय बघ.''

तेव्हा तरी सगळ्यांना तसंच वाटलं पण नंतर जेव्हा मी बारकाईने पाहिलं तेव्हा ती वस्तू झाडावर त्याच्या सालीसारखी लगटून होती. फळासारख्या त्या वस्तूवर रेशमाच्या रेघांसारख्या रेषा दिसत होत्या. यावरून एवढं तरी कळलं की हे फळ नाही.

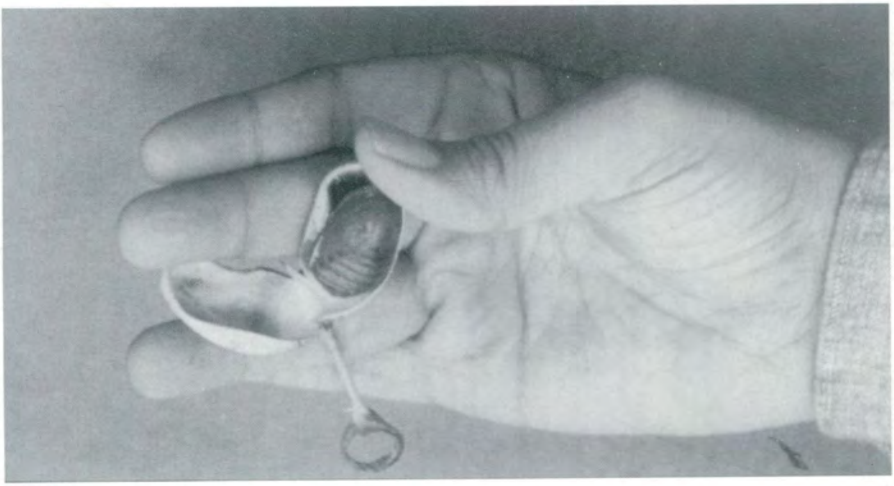
जेव्हा याबद्दल मी चौकशी केली तेव्हा कळलं की हा एका पतंगाचा कोष आहे. त्याचं नाव आहे 'टसर सिल्क मॉथ'. हा कीटक काटेरी झाडांवर अंडी घालतो. त्यातून बाहेर येणारी अळी याच झाडाची पानं खाऊन जगते. काही दिवसांनी कोष तयार होतो. या कोषाचे लेखकाने काढलेले फोटो शेजारी दिले आहेत.

कोषाभोवतीचं कवच झाडाला लगटून राहतं ते हुबेहूब फळांसारखं दिसतं. त्यामुळेच त्याचं संरक्षण होत असावं. काही दिवसांनी त्यातून एक छानसा पतंग बाहेर पडतो. अवस्थांतराबद्दल अधिक माहितीसाठी लेख पान ३३ वर पहा.

लेखक : के.आर.शर्मा 'शैक्षिक संदर्भ' अंक ४२ मधून साभार

हे कोणत्या झाडाचे फळ ?

कापून पाहिल्यावर कळेल कदाचित.



छायाचित्र : के. आर. शर्मा

शैक्षणिक संदर्भ - फेब्रुवारी-मार्च २००३ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913
मालक मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिना सहस्रबुद्धे यांनी
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले