

ऑगस्ट-सप्टेंबर २०१४

अंक ८९

शैक्षणिक

संदर्भ

शिक्षण आणि विज्ञान
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी,
अमलेंदु सोमण, यशश्री पुणेकर.

विश्वस्त :

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

साहाय्य :

ज्योती देशपांडे.

अक्षरजुळणी :

यदिश ग्राफिक्स

मुखपृष्ठ, मांडणी, छपाई :

रमाकांत धनोकर, ग्रीन ग्राफिक्स.

शैक्षणिक

संदर्भ
अंक ८९
ऑगस्ट-सप्टेंबर २०१४

पालकनीती परिवारसाठी

निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

संदर्भ, द्वारा समुचित एन्हायरोटेक प्रा.लि.

फ्लॅट नं. ६, एकता पार्क को.ऑप.हौ.सोसा.

निर्मिती शोरूमच्या मागे, अभिनव शाळेशेजारी,

लॉ कॉलेज रस्ता, पुणे - ४११ ००४

फोन : २५४६०१३८

E-mail : sandarbh.marathi@gmail.com

web-site : sandarbhssociety.org

पोस्टेजसहित वार्षिक वर्गणी : ₹ ३००/-

अंकाची किंमत : ₹ ५०/-

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

मुखपृष्ठाविषयी:

भगवा, निळा, हिरवा अशा विविध रंगी पाकळ्या असलेल्या या फुलाची रचनाही वैशिष्ट्यपूर्ण आहे. पक्षी यावर बसतात तेव्हा त्यांच्या पोटाला फुलाचे पराग चिकटतात आणि परागीभवनाला मदत होते. बक्षीस म्हणून पक्ष्याला गोड मध मिळतो. गोलातले फूल आपल्या विशिष्ट आकारामुळे परागीकरण करणाऱ्या किटकाला चक्क कैद करून ठेवते. वारा, पाणी, मुंग्या, कीटक, गोगलगायी, पक्षी, वटवाघळे अगदी लेमूर सारखी वानरे झाडांच्या परागीभवनात मदत करतात. झाडावरची फुले, त्यांचे विविध रंग, चित्रविचित्र आकार, मध अशा गोष्टी या मध्यस्थाना आकर्षित करतात. कधी सुवास तर कधी अगदी दुर्गंधीही या मध्यस्थाना जवळ बोलावते. त्यांना मध मिळतो आणि झाडाचे परागीकरण होते. अशा ह्या थक करून सोडणाऱ्या 'एकमेका साहाय्य करू' व्यवस्थेबद्दल वाचा 'मधु इथे अन' या लेखात पान ११ वर

कव्हर ४ वर - पानावर अशी थेंबांची रांगोळी पहिली आहे का कधी? हे दव हवेतून पानावर पडतं का? की ही पानाचीच काही युक्ती आहे? जाणून घेऊया पान ३३ वरील लेखात.

अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ८९

- 📖 खडूपासून आपली बोटं सोडवूया ! - प्रकाश बुरटे ३
- मधू इथे अन् - अ. चिं. इनामदार ११
 - भुकेचं गणित - प्रियदर्शनी कर्वे २०
 - मानव-निर्मित उपग्रह - लेखांक-३ - सुरेश नाईक २४
 - हिरव्या पानांवर मोत्याची माळ - लेखक : किशोर पंवार,
अनुवाद : ज्योती देशपांडे २८
- 📖 अरेच्चा ! हे असं आहे तर ! भाग - ९ - शशी बेडेकर ३३
- मौल्यवान गवार - डॉ. मुरारी तपस्वी..... ३७
 - आपण हे काय केले आहे? - लेखक : प्रदीप साहा
अनुवाद : ज्ञानदा गट्टे- फडके..... ४२
 - शंकासुराचा प्रश्न - लेखक : अंबरीश सोनी
अनुवाद : गो. ल. लोंढे..... ४९
 - धरणाचे प्रकार - लेखांक - ३ - वैजयंती शेंडे ५१
- 📖 अणूविचार - जयंत फाळके..... ५८
- आपल्या श्वासात काय असेल? - दिगंबर गाडगीळ..... ६३
- 📖 भास्कराचार्यांचे गणित - लेखांक - २ - किरण बर्वे ६५
- अत्याधुनिक सूक्ष्मदर्शक - विनय र. र. ७३
 - झरीनाचं व्हायलेट - सरोज दशपांडे ७७



हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

भुकेचं गणित

...पान २०

आपण अन्नासाठी शेतीवर अवलंबून आहोत. शेतीसाठी सुपीक जमीन पाहिजे. पण पृथ्वीवरची जमीन काही वाढत नाही आणि लोकसंख्या मात्र सतत वाढते आहे. एक वेळ अशी येईल की जगातील सर्व लोकांची भूक भागवणे अशक्य होईल. ही वेळ नेमकी कधी येईल? या विषयी जाणून घेऊ.



हिरव्या पानावर मोत्याची

माळ

...पान २८

सकाळी सकाळी फिरायला बाहेर पडलं की पानावर दव जमलेलं दिसतं. काही पानांवर ते मोत्यासारखा चमकतं तर काही पानांवर त्याची सुरेखशी रांगोळी उठते. कुठून येतं हे पाणी?

मौल्यवान गवार

...पान ३७

काण्ड, कागद, औषधे, सौंदर्य प्रसाधने, बेकरी उद्योग या सर्वांसाठी गवार ही शेंग भाजी अतिशय उपयुक्त आहे असं सांगितलं तर तुमचा विश्वास बसेल का? गवारीचा या सगळ्याशी काय संबंध आहे याबद्दल या लेखात वाचा.



धरणाचे प्रकार

...पान ५१

पाणी अडवण्यासाठी धरण बांधतात हे आपल्याला माहिती असते पण धरण कुठे, कसे, कशा प्रकारचे बांधायचे याचे एक शास्त्र आहे. या लेखात धरणाचे त्यांच्या आकारानुसार, घटकानुसार, बांधकामानुसार पडणारे विविध प्रकार जाणून घेऊ.

खडूपासून आपली बोटं सोडवूया!

लेखक : प्रकाश बुरटे

मराठी विज्ञान परिषद, औरंगाबाद आणि मुंबई यांच्यातर्फे चौथ्या राज्यस्तरीय बाल विज्ञान संमेलनात प्रकाश बुरटे यांनी श्रोत्यांशी संवाद साधला. त्याचा सारांश -

वेगवेगळ्या वाटांवरून निवांतपणे फेरफटका मारताना झाडं, प्राणी, पक्षी, दगड, माती, पाणी, माणसं या सगळ्यांचीच नवी आणि जुनी रूपं समोर येतात. यातील नव्या-जुन्या रूपांची मनाशी उजळणी होते. वेळ मजेत जातो. ते वेगळ्या वाटांचं देणं असतं. तसाच काहीसा विद्यार्थ्यांबरोबर प्रत्यक्ष काम करताना आणि अशा संमेलनातून वावरताना माझा वेळ मजेत जातो. या अनुभवांतून शिकण्याच्या अनेक वाटांचा शोध लागतो. कधी वाट चुकायला होतं, पण सावरून पुन्हा स्वतःला शोधतो. शिक्षण - वाटांवरून हरवत आणि शोधत बागडण्याची ही संधी असते.

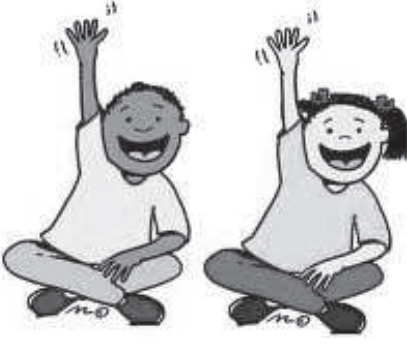
शिकण्याच्या वाटा अनेक

अशा संमेलनांच्या जागी माणसाच्या शिकण्याच्या काही वाटांचा खरंच शोध

लागतो. दोन उदाहरणं देतो. त्यांच्या मदतीने हा अनुभव तुमच्यापर्यंत पोहोचवायचा प्रयत्न करतो.

एका शाळेत इतिहास आणि गणित या विषयांची एकत्र कार्यशाळा घेत होतो. विषयांची असली मोट बांधल्यानं प्रत्येक विषयाला वेगळ्या कप्प्यात बंद करणाऱ्या भिंतीतील भगदाडे सापडतात. त्यात वाटाड्यांचं काम मुलं हौसेनं करतात. तर या कार्यशाळेसाठी समोर तिसरी ते पाचवीची चाळीस एक मुलं होती. चौथी ही सरासरी





इयत्ता मनाशी धरून शिवाजी महाराजांपासून सुरुवात करायचं ठरवलं होतं. शिवाजी महाराजांची काही चित्रं दाखवली आणि पाहिलेले इतर फोटो आठवायला सांगितलं. त्या आधारे शिवाजी महाराज केव्हा जन्मले असावेत, याचा आम्ही शोध घेत होतो. बऱ्याच गप्पा झाल्यावर इकडेतिकडे बागडायला सगळ्यांना मुभा असल्याचं स्पष्ट झालं. त्याचा फायदा घेऊन एका मुलानं विचारलं, 'सर, तुम्ही शिवाजी महाराजांना पाहिलंय का?' 'शिवाजी महाराज होते, तेव्हा तर मी जन्मलो पण नव्हतो' असं मी सांगितलं. परंतु उत्तरानं त्याचं समाधान झालं नाही. कारण विचारलं, तेव्हा तो म्हणाला, 'सर, तुमची दाढी तर पांढरी आहे आणि शिवाजी महाराजांची दाढी काळी आहे. म्हणजे तुम्हीच आधी जन्माला असणार.' यावर मला खरं तर हसू येत होतं. पण ताबा ठेवला. मुलगा साधनांच्या वाटेनं इतिहासात शिरत होता. त्याला माणसांचे वय आणि केस पांढरे होणं याचा संबंध असल्याचं माहीत होतं. कदाचित

त्याच आधारावर तो आजूबाजूच्यांना 'दादा', 'काका' का 'आजोबा' म्हणायचं हे ठरवत असेल. त्या मुलाची शिकण्याची एक वाट मला या प्रसंगातून खुणावू लागली. आम्ही पुन्हा एकदा सगळी चित्रं पाहिली. शिवाजी महाराज एकाही चित्रात आगगाडी, फटफटी, मोटार वापरताना दिसत नव्हते. तसे फोटो पाहिल्याचं इतरांना आठवत नव्हतं. बऱ्याच फोटोत ते घोड्यावर होते. 'या मागं कारण काय असावं', याची चर्चा सुरू झाली. शिवाजी महाराज गरीब असावेत, त्यांचा एखादाच फोटो काढला असेल, असे अंदाज समोर आले. मजल दरमजल करत ज्या काळात कॅमेरे, घड्याळं, आगगाडी, फटफटी, मोटार नसेल, अशा काळात शिवाजी महाराज जन्मले आणि जगले असावेत, अशा निष्कर्षापर्यंत आम्ही आलो. तो काळ गणिती भाषेत कसा सांगायचा किंवा लिहायचा येथे आम्ही पहिला मुकाम टाकला. 'लहान तोंडी मोठा घास भरवणं उपयोगाचं नाही, शिक्षण हे मुलांच्या कलानंच झालं पाहिजे', हे त्या मुलानं मला शिकवलं.

दुसरं उदाहरण सुधागड-पालीच्या बाल विज्ञान संमेलनातील आहे. एका प्रकल्पावर काम केलेल्या मुलांच्या गटाबरोबर मार्गदर्शक शिक्षकांना टाळून एका कोपऱ्यात बोलत होतो. या मुलांची नाव आता आठवत नाहीत, परंतु ती बातचीत आठवतेय. प्रकल्पाच्या वैज्ञानिक-तांत्रिक बाजूबद्दल सुरुवातीला

काही विचारणा केली. त्यानंतर प्रकल्पातील कोणता भाग आवडला यावर गप्पा सुरू झाल्या. मुलांनी सांगितलेल्यापैकी दोन मुद्दे माझ्या कायमचे लक्षात राहिले:

१) आम्हाला एकमेकांची खूप मदत झाली, त्यातून आमची छानपैकी दोस्ती जमली. आपण केलेल्या कामाबद्दल लिहू आणि बोलू शकतो, याचा विश्वास वाढला. आमची बाईशीदेखील दोस्ती झाली.

२) असे प्रकल्प करत करतच शिकता आले, तर मजा येईल.

मी तेव्हा एकाच गटाशी बोललो होतो. परंतु ही सार्वत्रिक भावना असावी, असं विज्ञान प्रदर्शनातील काही फेरफटक्यांवरूनही वाटतं. पालीच्या संमेलनात भेटलेल्या त्या मुलांना माहित नसलं, तरी त्यांच्या या मुद्द्यांना शिक्षणशास्त्राचा तगडा आधार आहे. रांगणं, चालणं, धावणं हे प्रत्येकाच्या आयुष्यातील विकासाचे टप्पे आहेत. चालायला लागलेलं आपलं मूल काही चालणारं जगातलं पहिलं मूल नसतं. तरीही त्याचं आपण कौतुक करतो. धावताना पडल्याचंदेखील कौतुकच असतं, शिक्षा नसते, त्याच चालीवर प्रकल्प करणं, काही मॉडेल्स करून प्रदर्शनात ठेवणं यातून शिकता येतं आणि व्यक्तिविकासदेखील होतो. प्रकल्पात किंवा प्रदर्शनात

सहभागी झाल्याबद्दल न चुकता प्रत्येकाच्या वाट्याला निखळ कौतुक आलं पाहिजे. सुधागड-पालीला भेटलेल्या त्या मुलांच्या वाट्याला कदाचित असंच कौतुक आलं असेल. म्हणून तर त्यांना काम करताना मजा आली.

शिकणं मजेचं व्हावं

मित्रांनो, काम करताना ही जी मजा येते ना, ती खूप महत्त्वाची असते. बक्षिसं तुलनेनं गौण असतात. शिकणं हा आपल्या आयुष्याचा भाग असतो. त्यात मजा आली नाही तर शिकणं म्हणजे फलाटावर कुठली तरी गाडी येण्याची वाट पाहणं होतं. हे वय 'अभ्यास' करण्याचं, कष्ट काढण्याचं, पुढील आयुष्यात सारी सुखं हात जोडून उभी राहावीत म्हणून आता कळ काढण्याचं,.... अशी विधान पुढील आयुष्याची वाट (पाहायला) लावत आपल्याला फलाटावर बसवतात. पाहता पाहता हा उत्साहाचा काळ हातातून



निसटून जातो. त्याची रुखरुख तेवढी नंतर सोबतीला उरते. कारण, गेलेला काळ पुन्हा हाती लागत नाही. म्हणूनच आयुष्याच्या प्रत्येक टप्प्यावर, अगदी शिकतानासुद्धा, मजा आलीच पाहिजे. मजा आली तरच जगभरच्या शास्त्रज्ञांनी नाना शोध लावून आणि साहित्यिकांनी साहित्य - निर्मिती करून आपल्याला त्रास दिला आहे, असं वाटत नाही. कदाचित त्या आनंदापोटीच प्रकल्पांच्या मदतीन शिकणं-शिकवणं घडलं तर किती छान, असं त्या विद्यार्थ्यांना वाटलं असावं. या वाटण्यातून त्यांनी शिकण्या-शिकवण्याच्या पद्धती बदलण्याची विनंती केली आहे.

फळा म्हणजे टी. व्ही. चा पडदा, शिक्षक म्हणजे एक पात्री (शिक्षण) सिरियलमधील पात्र आणि विद्यार्थी म्हणजे प्रेक्षक, असे शिकण्या-शिकवण्याचे रूढ स्वरूप आहे. वर्गातील बाकांवर फळ्याकडे तोंड करून बसलेल्या विद्यार्थ्यांच्या समोर भडाभडा बोलणारे आणि बोललेलेच थोडक्यात फळ्यावर लिहिणारे शिक्षक, हे शिकवण्याचं सध्याचं प्रबळ माध्यम आहे. ते बदलणं सगळ्यांच्याच हिताचं आहे. खडून धरून ठेवलेली आपली बोटं आता सोडवू या. त्याऐवजी शैक्षणिक सहली, विद्यार्थ्यांच्या स्वतःच्या छोटेखानी प्रयोगशाळा, प्रदर्शन, एकापेक्षा जास्त विषयांना स्पर्श करणाऱ्या कार्यशाळा, प्रयोग, प्रकल्प, अशा

परस्परांकडून शिकण्याची संधी देणाऱ्या माध्यमांचा जास्त वापर करून पाहू. या माध्यमांपैकी फक्त स्वतःची छोटेखानी प्रयोगशाळा, प्रयोग आणि प्रकल्प या तीन माध्यमांबाबत आज मी बोलणार आहे.

यापैकी स्वतःची छोटी प्रयोगशाळा किंवा किट याबाबत बोलण्यापेक्षा त्याचं प्रात्यक्षिक मांडणं जास्त योग्य आहे. ही सगळी साधने एक तर 'निरुपयोगी' असं लेबल असलेल्या टाकाऊ भंगारातून तयार केलेली आहेत किंवा अत्यंत माफक खर्चाची आहेत. त्यांचा वापर करून काही झटपट कृती/प्रयोग करून दाखवायचा विचार आहे.

प्रयोगांबाबत मात्र 'राजा, नाटक असं असतं' या चालीवर 'मित्रा, विज्ञानातील प्रयोग असा असतो' हे सांगितलं पाहिजे. मनात एखादी शंका तयार झाली, एखादं आव्हान समोर आलं (मनात शंकेचं बी टाकणं, समोर पेलण्याजोगी आव्हान ठेवणं ही कामे शिक्षकांची आहेत), की तोडग्यासाठी किंवा अचूक उत्तरांसाठी प्रयोगांचा वापर करण्याला पर्याय नसतो. अशा प्रयोगांची आखणी करणंदेखील शिक्षणाचं माध्यम बनतं. अशा प्रयोगांचा निष्कर्ष अनेकदा माहीत नसतो (निष्कर्ष माहीत असलेल्या कृती सरावासाठी, साधनं हाताळण्याचं कौशल्य कमावण्यासाठी अथवा इतर मान्यवरांचे निष्कर्ष तपासण्यासाठी करायच्या असतात).

सुरुवातीला हे फार अवघड वाटेल. 'आपण काही गॅलिलिओ, न्यूटन, केक्यूले, लुई पाश्चर, आईनस्टाईन नाही. विद्यापीठात किंवा संशोधन संस्थेत काम करण्याचासुद्धा आपल्याला अनुभव नाही. आपण साधे शिक्षक. न पेलणाऱ्या या जबाबदाऱ्या खांद्यावर घेऊन अशी वाटचाल करायची?' असं वाटणं स्वाभाविक आहे. स्वातंत्र्य मिळाल्यावर अथवा युद्धकाळ नसताना देशप्रेम व्यक्त करण्यासारखं, हे काम अवघड वाटेल. परंतु, देश म्हणजे त्यातील 'हाडामासाची माणसं' अशी देशाच्या व्याख्येत दुरुस्ती केली, की समाजप्रेमाचे अनेक मार्ग सापडतात. अगदी अशाच प्रकारच्या वाटा विज्ञान-शिक्षणाच्या 'प्रयोग' या माध्यमाला असल्याचं आढळेल. वानगीदाखल या काही वाटांचा शिक्षक आणि विद्यार्थी दोघांनीही विचार करावा:

१. कल्पना करा की चांगलं वाचता येणारे 'धीट' विद्यार्थी पाठ्यपुस्तकांतील विधानं छापील आहेत म्हणून खरी आहेत, हे मानायला तयार नाहीत. ते पुस्तकातील प्रत्येक महत्त्वाच्या विधानाला 'कशावरून' असा प्रश्न करत आहेत. उदाहरणार्थ, 'प्रकाश संश्लेषणातून ऑक्सिजन बाहेर पडतो', 'हवेला घटक असतात', 'डोळ्यांना न दिसणारे सूक्ष्म जीव प्रत्यक्षात असतात', 'जंतुंमुळे रोग होतात', 'सूर्याभोवती ग्रह फिरतात', अशा प्रत्येक विधानाला



'कशावरून'चे शेषूट हे विद्यार्थी जोडत आहेत. त्यांनी 'सगळे छापील दोर कापले आहेत'. आता प्रश्नांची उत्तरं प्रयोगांच्या मदतीने शोधण्याला पर्याय नाही.

२. पाठ्यपुस्तकांतील विधानांना शीर्षासन करायला लावा. त्यांचे उलटे रूप खरे नाही, हे सिद्ध करायचे ठरवा. भूमितीमध्ये व्यत्यासांचा जसा वापर होतो, तसाच हा प्रकार आहे. उदाहरणार्थ, जरी न्यूटन किंवा त्यांचा गतिविषयक पहिला नियम काहीही सांगत असला, तरी 'जडत्व नावाची काही चीज मुळातच नाही' हे उलट विधान झालं. वनस्पती आणि प्राणी या सजीवांच्या वर्गीकरणाऐवजी डोळ्यांना दिसणारे आणि न दिसणारे, उडणारे आणि न उडणारे, रंगीत आणि काळे-पांढरे असे वर्गीकरण जास्त सोयीचे आहे. ही उलटी विधान चुकीची असल्याचं विद्यार्थ्यांची मदत घेत सिद्ध करा.

३. तिसरी वाट दाखवण्यापूर्वी एक पुस्तकी प्रयोग करून पाहू या : माझ्या हातात

पाण्यानं भरलेला काचेचा ग्लास आहे. त्यावर एक कार्ड ठेवून, हाताचा आधार देऊन तो मी उलटा करणार आहे. नंतर हळूच हाताचा आधार काढून घेणार आहे. हात काढताच पाण्याच्या वजनाने कार्ड आणि त्यावरील पाणी खाली सांडेल का? अंदाज करा. तो सांगा. आता कृती करून पाहू या. तुमचा अंदाज बरोबर आला. परंतु हा अंदाज होता, अनुभव होता, का पुस्तकी पोपटपंची होती याचा मनाशी विचार करा. 'असं का घडतं?' या प्रश्नाचे 'हवेचा दाब' हे पुस्तकी उत्तर अनेकांना माहीत असेल. आता ग्लासातील काही पाणी मी पिऊन टाकणार आहे आणि आधीच्या कृतीची पुनरावृत्ती करणारे आहे. 'आता ग्लासच्या आत आणि बाहेरही हवेचा दाब आहे. शिवाय, आत पाण्याचाही दाब आहे. आपण आता पुस्तकाबाहेर आहोत. काय होईल? पाणी सांडेल?' आपला अंदाज बरोबर आला किंवा चुकला तरी जे काही घडेल, त्याचं कारण शोधण्याची जबाबदारी आपल्यावर येणार आहेच.

पुस्तकात दिल्याप्रमाणे एखादा प्रयोग करणं आणि दिलेले निष्कर्ष लक्षात ठेवणं यातून प्रयोगाची कर्मकांड होतात. ते टाळा. तिसरा रस्ता नजरेत येईल.

या तीन वाटा चोखाळताना शिक्षक आणि विद्यार्थ्यांना मिळून अनेक प्रयोग रचता येतील. मजा येईल. कधी आपली वाट चुकेल. परंतु त्या चुकण्यातूनदेखील

आपल्याला विज्ञानाचा आत्मा गवसेल.

'असं का होतं आहे' हा प्रश्न अनेक आव्हानं समोर उभी करतो. उदाहरणार्थ, अॅल्युमिनियमवर हायड्रोजन क्लोरिक आम्ल टाकून एक वायू तयार केला आणि दुसरा वायू जस्तावर हायड्रोजन क्लोरिक आम्ल टाकून तयार केला. दोन्ही वायूंचे जे गुणधर्म तपासले, ते सारखे दिसले. आता स्वतःलाच प्रश्न विचारा, 'असं का घडतंय?' लगेच आठवणारं पुस्तकी उत्तर असेल 'दोन्ही रासायनिक प्रक्रियांनी एकच वायू तयार होतो.' वेळ असेल, तर प्रतिप्रश्नाच्या रूपात आपला पहिला प्रश्न येथे विचारा, 'तपासलेल्या गुणधर्मात साम्य दिसलं म्हणजे ते वायू एकच असतील हे कशावरून? न तपासलेले काही गुणधर्म भिन्न असू शकतील.' यावर कुणी रासायनिक समीकरणं लिहून दाखवेल आणि दोन्ही रासायनिक प्रक्रियांत हायड्रोजन वायूच बाहेर पडतो, असे म्हणेल. रासायनिक प्रक्रियांनी आपण लिहू ती समीकरणं मानलीच पाहिजेत, असा काही कायदा नाही. उलट, जे घडतंय ते समीकरणांनी दाखवायचं असतं. उदाहरणार्थ, $(2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2)$ या समीकरणाच्या शापाने पृथ्वीवरील पाण्याचे हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनमध्ये विघटन होणार नाही, की हवेत या वायूंचे प्रमाण वाढल्याने सगळीकडे आगी लागणार नाहीत. या तीन दिवसात प्रकल्प या विज्ञान-शिक्षणाच्या तिसऱ्या माध्यमाचा अनुभव आपण घेणार आहोत.

प्रकल्पासाठी शिक्षकांच्या मार्गदर्शनाखाली काम करताना या माध्यमातून काय काय केले जाते आणि काय गवसते यावर एक नजर टाकूया :

शब्द, पाहणी, चित्र, फोटो, प्रयोग, अशांपैकी योग्य माध्यम निवडून नवी माहिती जमवणं आणि तयार करणं.

माहितीचा वापर करण (यातून माहितीचं ज्ञानात रूपांतर आपोआपच होते).

माहितीच्या अस्सलतेची जबाबदारी घेणं. त्यातून माहितीवर विद्यार्थ्यांचं बौद्धिक स्वामित्व तयार होते.

येथे शिक्षक एका अनुभवी मित्राची भूमिका वठवतात. ती रूढ भूमिकेपेक्षा खूप वेगळी आहे.

प्रकल्प राबवताना एका वेळी एकापेक्षा जास्त विषयांचं भान ठेवावं लागतं. त्यातून विज्ञान, तंत्रज्ञान, आणि समाज यांचं नातं स्पष्ट होतं.

प्रकल्पाची आखणी, कार्यवाही, नोंदी, प्रकल्प अहवालाचं लेखन आणि सादरीकरण यातून एक अनुभव समृद्ध होतो. एकमेकांच्या मदतीनं विषय समजावून देणं-घेणं, चांगला संवाद साधणं, एकमेकांशी जुळवून घेणं, मतभेद सहिष्णुतेनं हाताळणं हे सगळं घडतं. व्यक्तिमत्त्व विकासासाठी या गोष्टी किती पूरक आहेत, हे वेगळं सांगण्याची गरज नाही (यातील अनेक गोष्टी प्रयोगांनादेखील लागू पडतात).



वेगळ्या वाटेन वर्ग चालवूया

प्रकल्पाच्या तुलनेत प्रयोगाला वेळ कमी लागतो. समाजशास्त्र ते विज्ञान-तंत्रज्ञान येवढा प्रकल्पांसारख्या प्रयोगांचा आवाकाही नसतो. उलट, प्रयोगात जास्तीतजास्त घटक नियंत्रणाखाली ठेवून एका घटकाचा दुसऱ्यावरील परिणाम तपासण्याला महत्त्व असतं (बॉईलचा नियम आठवून पाहा). परंतु दोन्हीत एकमेकांच्या मदतीनं शिकण घडतं. त्यातून सहकार्याची भावना वाढीला लागते, अशा पद्धतीनं शिकताना मजा येते, शिक्षण चांगलं होतं, शिक्षक अनुभवी सहकाऱ्याची भूमिका वठवतात, विद्यार्थ्यांच्या आत्मविश्वास वाढतो. फळा-खडूचं बोट सोडून देण्याचे हे फायदे आहेत. विज्ञान परिषदेनं या दिशेनं प्रोत्साहन देणाऱ्या कामाला

केव्हाची सुरुवात केली आहे. विद्यार्थ्यांच्या सोबत अशा आडवाटेनं थोडा प्रवास केला, तर विद्यार्थ्यांचा शिक्षकांबद्दलचा आदर नक्कीच दुणावतो, हा अनुभव आता विरळा उरलेला नाही. परंतु अजून हे काम 'एक्स्ट्रा करिक््युलर ॲक्टिविटी' या स्वरूपात आहे.

याची पुढची पायरी शैक्षणिक सहली, विद्यार्थ्यांच्या स्वतःच्या छोटे खानी प्रयोगशाळा, प्रदर्शने, एकापेक्षा जास्त विषयांना स्पर्श करणाऱ्या कार्यशाळा, प्रयोग, प्रकल्प, अशा परस्परांकडून शिकण्याच्या संधी देणाऱ्या गोष्टींवर संपूर्ण विज्ञानाचे अध्ययन-अध्यापन बेतणे ही आहे. ती मात्र अगदी वेगळी बाब आहे. त्यासाठी खालील घटकांचा नीट विचार करावा लागेल :

- पाठ्यक्रमाप्रमाणे या उपक्रमांची आणि त्याच्या आशयाची योग्य निवड.
- प्रत्येक कृतीचा संपूर्ण वर्गाला सामूहिक फायदा होण्याची तजवीज.
- वर्षांमागून वर्ष शिकवताना नाविन्य टिकण्यासाठी काही पैलूंचा त्यात समावेश.
- या माध्यमांचा वापर केल्यानं शिक्षकांना नेहमीच्या कामातून सूट मिळेल. तिचा गैरवापर होणार नाही, याची खातरजमा.
- नव्यानं नमुना पाठ तयार करणं.
- या शिक्षण-पद्धतीसाठी शिक्षकांचं प्रशिक्षण.

- हे काम शालेय वेळापत्रकात आणि खर्चाच्या अंदाजपत्रकात बसवणं.

थोडक्यात, शिक्षणात नवनवे प्रयोग करावे लागतील. हे काम एकट्या-दुकट्या व्यक्तीचे नक्कीच नाही. ते करताना आधीच्या पूर्वसूरींचे अनुभव जपावे आणि तपासावेही लागतील. सुरुवात म्हणून एखादा तास, एखादं प्रकरण या पद्धतीनं शिकवून पाहावं. कदाचित, शिकवण्याच्या विद्यार्थीकेंद्रित पद्धतीची चटक लागेल. शिक्षक मित्रांना या माध्यमांच्या वापराचे अनुभव शब्दांतून इतरांपर्यंत पोहोचवायला आणि मराठी विज्ञान परिषदेला या कामी पुढाकार घ्यायला आवडेल, याची मला खात्री आहे. कारण त्यात विद्यार्थ्यांच्या शिकण्यातील आनंदाचे बाणे आणि शिक्षकांच्या निर्मितीक्षमतेचे ताणे गुंतलेले आहेत. या ताण्या-बाण्यांतून शिक्षणाचा कसदार पोत विणला जाणार आहे. विज्ञान परिषदेनं या संवादाची संधी दिली आणि या संवादात आपण सहभागी झालात, याबद्दल मी सर्वांचे मनापासून आभार मानतो. या मांडणीतील आणि इतरही संबंधित मुद्यांवर औपचारिक-अनौपचारिकपणे बोलायला या तीन दिवसांत आपल्याला नक्की वेळ मिळेल अशी खात्री आहे.

लेखक : प्रकाश बुरटे,

अनेक वर्षे भाभा अणुसंशोधन केंद्रात काम.

विज्ञान शिक्षणात रस. त्यासंबंधी संशोधन आणि लेखन.

मधू इथे अन्

लेखक : अ. चिं. इनामदार

परागणाला वनस्पतींच्या आयुष्यात अत्यंत महत्त्व असते. साहाजिकच ते यशस्वीपणे घडून येण्यासाठी वनस्पती अटीतटीने प्रयत्न करतात.

पराग स्वतःहून एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाऊ शकत नाहीत. त्यामुळे त्यासाठी मध्यस्थाची गरज लागते. वारा, पाणी, कीटक व प्राणी हे असे मध्यस्थ म्हणून काम करतात.

एखाद्या फुलाचे पराग त्याच फुलाच्या फळावर पडून फलन होण्याचा प्रकार (स्व-परागीभवन) सुमारे ३०% वनस्पतीत असला तरी बहुतांश वनस्पतीत पर-परागीभवन साधण्याचा प्रयत्न केला जातो. उभयलिंगी फुलांपेक्षा नर मादी फुले स्वतंत्र असलेल्या वनस्पती, तसेच समप्रमाण फुलांपेक्षा दोन बाजू असमान असलेली फुले, तसेच नळ्या, नळ्या किंवा इतर लक्षवेधी अवयव असलेली फुले

अधिक उत्क्रांत आहेत. द्विदल वनस्पतीत तुळस, साल्व्हिया तर एकदल वनस्पतीत अमरी ही अशा फुलांची उदाहरणे आहेत.

कॉमेलिना सारख्या वनस्पतीत जमिनीखाली येणारी, कधीच न उमलणारी फुले कॉमेलिना सारख्या वनस्पतीत असतात, तसेच जमिनीवर येणारी, उमलणारी फुलेही असतात. साळ (भात), तेरडा, अशा काही वनस्पतीतही अशा दोन्ही पद्धतीची फुले असतात. जमिनीखालच्या



कॉमेलिना

फुलात अर्थातच स्व-परागीभवन होते.

वाच्यामुळे मका, गवत, बांबू इत्यादींचे परागण होते. अशा वनस्पतींची फुले साधी, अनाकर्षक, रंग, मधु,(नेक्टर) व सुगंध नसलेली असतात. यात वनस्पतीची ऊर्जा वाचते. पण वारा हा लहरी मध्यस्थ आहे. हवेत वाहत चाललेले पराग योग्य ठिकाणी पोचतील याची खात्री नसते. म्हणून अशा वनस्पतीत फार मोठ्या संख्येने पराग तयार केले जातात.

पाण्यानेही काही अपवादात्मक वनस्पतींचे परागण होते (उदा. हैड्रिला व्हॉलिस्नोरिया). अशा वनस्पतीत पाण्याने पराग कुजू नयेत म्हणून ते तेलकट असतात.

वारा, पाणी यांशिवाय फार मोठ्या संख्येने कीटक, पक्षी, वटवाघळे, गोगलगायी

आणि लेमूर सारखी माकडे यांमार्फत परागण होते. या मध्यस्थांना फुलांकडे आकर्षून घेण्यासाठी रंग, चित्रविचित्र आकार, गंध (सुगंध/दुर्गंध) व मधु (नेक्टर) ही प्रलोभने वापरली जातात. काही वेळा परागांचा अन्न म्हणून वापर केला जातो. सपुष्प वनस्पती पृथ्वीवर आल्यापासून वनस्पती-प्राणी यांना ही मदत इतकी उपयुक्त ठरते की त्यांची व कीटकांची उत्क्रांती समांतर झाली आहे असे मानले जाते.

परागण साधण्यासाठी मध्यस्थांना फक्त आकर्षून घेण्याची पातळी सोडून काही वनस्पतींमध्ये पुढची पायरी दिसते. फक्त कीटकांना दिसतील असे पट्टे/ठिपके पाकळ्यांवर असणे, विशिष्ट वासाने मध्यस्थांना आकर्षित करून घेणे, त्यांना अंडी

हैड्रिला व्हॉलिस्नोरिया



घालायला सुरक्षित जागा मिळणे ते थेट त्यांना काही काळ कोंडून ठेवणे असे विविध मार्ग इथे असतात. विशिष्ट वनस्पतीचे परागण एक ठरावीक मध्यस्थच करू शकतो इतक्या पातळीपर्यंत हे संबंध असतात. अशा काही अनोख्या नात्यांचा हा आढावा.

गंध (सुवास/वाईट वास) हे परागणामधले पहिले अन् सर्वात महत्त्वाचे साधन. परागण घडवून आणणाऱ्या मध्यस्थांना आकर्षित करायचे त्यांचे काम आहे. जाई, जुई, चमेली, मोगरा यासारख्या सुगंधी फुलांत आपण अनेक छोटे कीटक पाहतो. सोनचाफ्यासारख्या उग्र सुवास असलेल्या फुलांतही कीटक असतात. पण माणसाला जो गंध किंचित् ते प्रचंड दुर्गंध

वाटेल असा गंध असलेल्या फुलांकडेही विशिष्ट मध्यस्थ ओढले जातात. वेस्टर्न स्कंक कबेज नावाची, नांव सार्थ करणारी, एक वनस्पती आहे. या वनस्पतीचे परागण करणाऱ्या विशिष्ट ढालकिड्याला (Beetle) त्या फुलांचा गंध आवडतो. अमॉरफोफॅलस टिटॅनस या शास्त्रीय नावाचे अळूच्या जातीचे एक झाड/वनस्पती सुमायात आहे. याच्या प्रचंड मोठ्या फुलोऱ्याचा कुजणाऱ्या माशांसारखा वास येतो. (माशा म्हणजे मासे) याही वनस्पतीचे परागण एका ढालकिड्यामुळे (Beetle) होते. आणखी विशेष म्हणजे हा वास तयार करण्यासाठी ही वनस्पती स्वतःचे तापमान वाढवते, त्यामुळे तिच्यात तयार झालेल्या बाष्पनशील तेलांची वाफ होऊन



वेस्टर्न स्कंक कबेज



अमॉरफोफॅलस



स्पॅथोडिया

(स्पॅथोडिया), पिवळा (अलामांडा) असे भडक रंग असणाऱ्या फुलांकडे पक्ष्यांचे लक्ष न जाते तरच नवल! पक्ष्यांना निळा रंग आकर्षून घेत नाही. त्यामुळे तांबड्या फुलांच्या डेल्टिनियमचे परागण हर्मिंगबर्डसमुळे तर निळ्या डेल्टिनियमचे परागण भुंग्यांमुळे होते.

तो वास बनतो. फुलोरा झाकणाऱ्या मोठ्या पानाच्या कडेला चीर असते, तिच्यातून तो वास बाहेर येतो.

कोस्टा रिकेत असलेल्या एका वेलीची (तिचे नांव मॅक्युना होल्टोनि आहे) कथा आणखीच वेगळी. हिचे परागण वटवाघळांमार्फत होते. तिच्या फुलाची एक पाकळी अंतर्गोल असते. ही पाकळी, वटवाघळांमार्फत सर्व दिशातून आलेल्या (४०° कोनातून) संदेशांचे ग्रहण करून ते परत पाठविते काही कारणाने या संदेशवहनात अडथळा आला तर वटवाघळांच्या भेटी खूपच कमी होतात.

काटेसावर, पांगारा, शेवरी यांसारख्या मोठी फुले असलेल्या वनस्पतींचे परागण पक्ष्यांमार्फत होते. पक्षी गंधापेक्षा रंगांनी, विशेषतः तांबड्या रंगाने, आकर्षित होतात. तांबडा, (काटेसावर, पळस), केशरी

मधु मिळवण्यासाठी फुलांना भेटी देणारे पोपट, सुतार, सनबर्ड्स, हर्मिंगबर्ड्स यांच्यामुळेही परागण होते. बर्ड ऑफ पॅरेडाईस (स्वर्गीय फूल) नांवाच्या फुलात (प्रत्यक्षात तो फुलोरा असतो) परागण कसे होते ते पाहाणे मजेशीर आहे. या फुलाचा पुष्पकोश भगव्या तर पुष्पमुगट निळ्या रंगाचा असतो. दोन निळ्या पाकळ्यांची एक नळी बनून तिच्यात परागकोश व कळा दडून राहतात. पक्षी जेव्हा फुलाच्याच्या दांड्यावर बसतो तेव्हा त्याच्या वजनामुळे कळ्याचे टोक त्याच्या छातीला घासते. पाकळ्यांनी बनलेल्या नळीवर पडलेल्या दाबामुळे परागकण पक्ष्याच्या अंगावर पडतात. या गोष्टीमुळे तिसरी पाकळी, जी आतापर्यंत (Nectary) मधुस्रोत झाकत होती ती उघडते. पक्ष्याला मधूच्या स्वरूपात लगेच बक्षीस मिळते.

आकर्षक रंगांमुळे फुले पक्ष्यांना त्यांच्या तळाशी असेलल्या मधूच्या साठ्याकडे 'बोलवून घेतात'. पक्ष्यांमुळे परागण होणाऱ्या फुलात असलेल्या मधूपेक्षा, कीटकांमुळे परागण होणाऱ्या फुलात असलेला मधू जास्त गोड असतो.

रंगीत फुलांवर अनेकदा ठिपके किंवा पट्टे असतात. त्यांना मधु-मार्गदर्शक (हनीगार्ड्स) म्हणतात. फुलात दडवलेल्या मधूपर्यंत जाण्याचा मार्ग त्यामुळे कीटकांना कळतो. अशातल्या काही खुणा आपल्याला अतिनील किरणांचा वापर केल्याशिवाय कळणार नाहीत, पण कीटकांना त्या बरोबर कळतात.

सुष्प वनस्पती व कीटक यांची समांतर

उत्क्रांती झाली आहे, एकाची प्रगती दुसऱ्याच्या प्रगतीला कारणीभूत झाली आहे असे अनेकदा म्हटले जाते. परागणावर वनस्पतींचे अस्तित्व अवलंबून आहे हे लक्षात घेतले तर कीटकांना आकर्षित करण्यासाठी वनस्पती सर्व पद्धतीचे प्रयत्न करणार यात नवल नाही.

परागण साधण्यासाठी मध्यस्थाला 'फसवायला' काही वनस्पती मागेपुढे पाहत नाहीत. (अर्थात्, फसवायला वगैरे आपण आपल्या कल्पनेने केलेले आरोप आहेत) अमरी (ऑर्किड)ची फुले सर्वात क्लिष्ट रचनेची, (म्हणून उत्क्रांत) समजली जातात. परागण करणाऱ्या कीटकांना फसविण्यासाठी त्यांचा आकार माद्यांप्रमाणे असतो. नर कीटक



अमरी (ऑर्किड)

याने फसतात. व अमरी फुलात मीलनसदृश हालचाली करतात. परिणामी त्यांच्या शरीरांवर अमरीचे पराग जमा होतात. पुढे अशाच प्रकारच्या दुसऱ्या फुलाला त्याच कारणासाठी भेट देऊन ते कीटक अमरीचे परागण करतात. काही अमरींचा वासदेखील मादी कीटकांप्रमाणे असतो. कीटकांना आकर्षित करण्यासाठी विशिष्ट लैंगिक गंध (फेरोमोन्स) ते पसरवतात. या रासायनिक फसवणुकीची वेळ इतकी उत्तम साधली जाते की नरकीटकांचे घोळके अमरी फुलांकडे येतात.

काही फुले परागणासाठी वेगळी युक्ती वापरतात. तो कीटकांच्या भक्ष्याची नकल करतात. एपिपॅक्टस काँसिमिलिस या युरोपियन अमरीच्या फुलांचा आकार आफिड ग्रीनफ्लाय प्रमाणे असतो. शिवाय ती गोड द्रव्य तयार करतात. कुजणाऱ्या मांसावर व त्याज्य

पदार्थांवर जीविका करणारे कीटक असे गंध सोडणाऱ्या फुलांकडे येतात. हेलिकोडिसेराँस मास्किव्होरस या वनस्पतीने याची हद्द गाठली आहे. समुद्रपक्षी (गल्स) असलेल्या ठिकाणी ती वाढते. गल्सच्या घट्ट्यात सर्व प्रकारच्या घाणीची रेलचेल असते - हाडे, विष्टा, ओकलेले अन्न, कुजलेली अंडी वगैरे. ब्लोफलाईज नावाच्या माश्यांना ही घाण आवडते. या घाणीच्या वासासारखा वास ही वनस्पती सोडते, त्यामुळे ब्लोफलाईज येतात आणि....

ऑस्ट्रेलिया आणि अमेरिकेतील काही हर्मिंगबर्डस आपले पूर्ण आयुष्य फुलांवर - त्यातल्या मधूवर ताव मारून घालवतात. यात फुले फुलण्याच्या मोसमाप्रमाणे त्यांना स्थलांतर करावे लागते. 'एक दुजे के लिये' याचे हे अनोखे उदाहरण म्हणावे लागेल.

खारी, दगडात राहणारे उंदीर,



हेलिकोडिसेराँस मास्किव्होरस

वटवाघळे, लेमूर वानराची एक जात, यांनाही मधू आवडतो. मादागास्कर मधील एक जातीचा लेमूर ट्रॅव्हलर्स प्लँट या वनस्पतीचे परागण घडवून आणतो.

बाओबाब (अडान्सोनिया) या आफ्रिकन वृक्षाला उलटी लटकणारी फुले येतात. सूर्यास्तानंतर ती उमलतात व अनेक पुंकेसरातून परागांची उधळण होते. एका प्रकारची



बाओबाब

वटवाघळे या फुलांवर ताव मारताना आपले तोंड परागांनी माखून घेतात. दुसऱ्या फुलांवर त्यांनी स्वारी केली की त्या फुलांचे परागण होते. आफ्रिकेतील बाभळीची एक जात मुंग्यांच्या साहाय्याने संरक्षण मिळवते. नाजूक, न उमललेल्या कळ्यांचे या मुंग्या रक्षण करतात, पण परागणासाठी तयार असलेल्या फुलांचे नाही. (फुले जून झाल्यावर मुंग्या परत येतात)

मुंग्यांच्या मदतीने स्वतःचे संरक्षण करणाऱ्या वनस्पती लढाऊ मुंग्यांची फौज बाळगतात. आंबा, लिची वगैरे त्याची उदाहरणे आहेत. येथे उल्लेख केलेली बाभळीची जात, अँकेशिया स्टिप्युल्स स्फिरोसिफॅला आहे. त्या वनस्पतीची काटेरी उपपर्णे पोकळ असून मुंग्या त्यात राहतात. काही खाद्यपदार्थ पानांच्या टोकांशी साठविले

जातात. अशा रीतीने खाद्य व राहायला योग्य जागा मुंग्यांना मिळते व आपोआपच झाडाचे रक्षण होते.

आपल्याकडे काही ठिकाणी युक्का ही लिलीच्या कुळातील वनस्पती शोभेसाठी लावली जाते. या वनस्पतीचे परागण प्रोनुबा युक्कासेल्ला या पतंगाद्वारे होते. युक्का व प्रोनुबा हे एकमेकांशिवाय जगू शकत नाहीत.

मुळातले वाळवंटी प्रदेशातले युक्काचे मांसल झाड परागणासाठी प्रोनुबावर अवलंबून असते. प्रोनुबा दुसऱ्या युक्का कडून आणलेला परागांचा गोळा युक्काच्या फुलावर ठेवतो. आश्चर्य म्हणजे परागण केलेल्या प्रत्येक फुलाच्या बीजांडात मादी प्रोनुबा एकेक अंडे घालते. युक्कासाठी परागण होऊन बिया तयार होणे महत्वाचे असते, तर प्रोनुबाच्या दृष्टीने तिच्या अळ्यांना खाद्य मिळणे. खरी गंमत



असतात. त्यांच्याखाली नर फुलांची गोलाकार मांडणी असते. त्यांच्याशी खाली मादी फुले असतात. फुले असलेला हा दांडा एकाच मोठ्या, हिरव्या किंवा शोभिवंत रंगीत पानाने झाकलेला असतो. वरच्या वांझ फुलांच्या पातळीला ही गुंडाळी अरूंद होते.

पुढेच आहे. एकमेकांचे हेतू व करामती एकमेकांना माहित असावेसे पुढे घडते. युक्का सुमारे ९०% फुलांचा अकाली, फळे होण्यापूर्वी नाश करते. कोणत्या फुलांचा झाड नाश करते याला काही नियम नाही. परंतु राहिलेल्या १०% फुलातून प्रोनुबाच्या काही अळ्या वाचतात. अशारितीने बिया झाल्याने युक्काचे आणि अळ्या वाचल्याने प्रोनुबाचे वंशसातत्य कायम राहते.

परागण साधण्यासाठी ते घडवून आणणाऱ्या मध्यस्थांना काही काळ बंदी बनवण्याची युक्ती काही वनस्पती वापरतात. अळू, शोभेसाठी लावले जाणारे स्पॅथोग्लॉसम अशी त्यांची काही उदाहरणे. या वनस्पतीत एकलिंगी लहान, अनाकर्षक फुले एका उभ्या दांड्यावर येतात. फुलांची मांडणी अशी असते की सर्वात वर खाली वळलेल्या, कडक केसांच्या स्वरूपात वांझ (अॅबॉर्टिव्ह) फुले

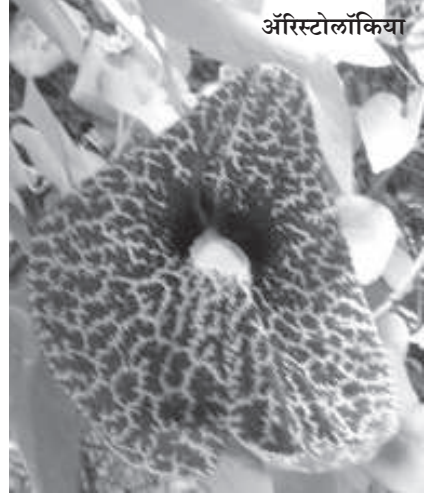
दांड्याच्या वरच्या भागातून परागण करणारे मध्यस्थ (Ghats midgats) चिलटे आत येऊ शकतात. चिलटांसारखे बारके प्राणी या फुलोऱ्यात असणाऱ्या उबेने आणि त्याच्या कुजणाऱ्या मांसासारख्या येणाऱ्या वासाने आकर्षित होतात. अळूमध्ये मादी फुले आधी पक्क होतात व नंतर नर फुले. वांझ फुले (खाली वळलेले केस (Bristles)) ओलांडून चिलटे खाली येतात, पण उलट वर जाऊ शकत नाहीत. येताना त्यांनी दुसऱ्या, आधी उमललेल्या नर फुलांतून पराग आणलेले असतात. आता पानाच्या गुंडाळीत कैद झालेले ते कीटक खाली-खाली येतात व मादी फुलांवर परागांचे सिंचन करतात. काही काळानंतर परागण झालेले कळे सुकतात व त्यांच्या जागी मधूचे बिंदू कीटकांना खाद्य म्हणून येतात. या काळात नरफुले पक्क होतात व त्यातील परागकण फुलोऱ्याच्या तळाशी

सांडतात. कीटकांची अंगे त्यांनी माखून जातात. यावेळेपर्यंत वांझ फुलांचे कडक केस सुकतात, फुलोऱ्याला लपेटणारे पानही सैल होते आणि कैदी झालेले कीटक दुसऱ्या फुलोऱ्याकडे जाऊ शकतात. त्यांच्या अंगावरील ताजे पराग घेऊन. या फुलात परागण करणाऱ्या कीटकांची संख्या जास्त असते, एकाच फुलोऱ्यात चार हजारपर्यंत कीटक आढळलेले आहेत.

अॅरिस्टोलॉकिया या वनस्पतीतही बऱ्याचशा प्रमाणात याच पद्धतीने परागण करण्यासाठी कीटकांना दोन दिवसांपर्यंत कैद केले जाते. फुलाची रचना वगळता या दोन्हीत अनेक बाबी समान येतात.

‘उंबराचे फूल’ हे शब्द आपण दुर्मीळ असलेल्या गोष्टीबद्दल वापरतो. प्रत्यक्षांत उंबर, पिंपळ, अंजीर, पिंपरण या वनस्पती एकाच कुळातील असून त्यांचा फुलोरा मध्यभागी रूंद-फुगीर व तळाला टोकाला निमुळता असतो. ज्या देठावर फुले असतात तोच ‘फळ’ पक्क झाल्यावर मांसल, गोड होतो. देठावर एकलिंगी, लहान फुले असतात. नर फुले वरच्या बाजूला तर मादी फुले तळाकडे असतात. देठाच्या शेवटी एक अरूंद छिद्र असून कोवळ्या फुलोऱ्यात त्या छिद्राखाली खाली वळलेले केस असतात.

उंबर, वड इत्यादि वनस्पतीत परागण ब्लास्टोफॅगा या लहान मुंग्यांमुळे होते. याची मादी वर असलेल्या छिद्रातून फुलोऱ्यात येते



अॅरिस्टोलॉकिया

आणि कोवळ्या बीजांडात अंडी घालायला लागते. प्रत्येक अंड्यापासून अळी होते. तिचा आकार वाढून ती बीजांडकोश व्यापते; यापासून नंतर बी नसलेले गॉल्स बनतात. दुसऱ्या प्रकारच्या, लांब परागदांडा (style) असलेल्या फुलात मादी अंडी घालू शकत नाही, अशा रीतीने उंबर/अंजीराने आपले परागण साध्य करण्यासाठी ब्लास्टोफॅगाच्या मादीला अंडी घालण्यासाठी खास मादी फुले बहाल केली आहेत.

परागणाच्या या विविध पद्धती पाहिल्यावर एक प्रश्न उभा राहातो. परागणासाठी एकाच मध्यस्थावर सर्वस्वी अवलंबून राहणे हे कितपत योग्य आहे? काही कारणाने या वनस्पती-प्राणी जोडीतली एक जात नष्ट झाली तर दुसरीचे काय होईल?

लेखक : अ. चिं. इनामदार,
वनस्पतीशास्त्राचे निवृत्त प्राध्यापक.

भुक्तेचं गणित

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

सूचना : शिक्षक व पालकांसाठी

विचार करणे, ज्ञाननिर्मिती करणे म्हणजे नेमके काय? वेगवेगळ्या स्रोतांमधून उपलब्ध झालेल्या माहितीची एकमेकांशी सांगड घालून निष्कर्ष काढणे, आणि त्यातून नवीन माहिती निर्माण करता येणे, हे या प्रक्रियेसाठी आवश्यक असलेले एक महत्त्वाचे कौशल्य आहे. या लेखामध्ये हे कौशल्य शिकण्यासाठी उपयुक्त ठरेल असे एक उदाहरण देण्याचा प्रयत्न केला आहे. या उदाहरणाच्या माध्यमातून विद्यार्थ्यांना काही प्रकल्पही करता येऊ शकतात. आपण पाठ्यपुस्तकात शिकत असलेली अर्थहीन वाटणारी माहिती आपल्या रोजच्या जगण्याशी कशी जोडलेली आहे, हेही विद्यार्थ्यांना यातून समजू शकेल. वर्गात किंवा मुलांबरोबरच्या गप्पांमध्ये या उदाहरणातून वेगवेगळ्या अंगांनी चर्चा करता येईल, आणि उपभोगवादाच्या संस्कृतीच्या परिणामांबद्दलही विचारमंथन होऊ शकेल, असे वाटते. आपली मते, अनुभव जरूर कळवावे.

जागतिक अन्नसुरक्षा हा येत्या काळातला एक ज्वलंत प्रश्न मानला जातो. आपण अन्नधान्यासाठी मुख्यतः शेतीवर अवलंबून आहोत. शेतीसाठी सुपीक जमीन पाहिजे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरची जमीन तर काही वाढत नाही, पण जगाची लोकसंख्या मात्र सतत वाढत चालली आहे. अर्थात वेगवेगळी तंत्रे वापरून आपण शेतीची उत्पादकताही बऱ्यापैकी वाढवली आहे. पण यालाही मर्यादा आहेत. एक वेळ अशी येऊ शकते, की जागतिक पातळीवर सर्व लोकसंख्येची भूक भागवणे अशक्य होईल. ही वेळ नेमकी केव्हा येईल, या प्रश्नाचे उत्तर शोधता येते का पाहूया.

पृथ्वीचा सुमारे तीन चतुर्थांश पृष्ठभाग पाण्याने व्यापलेला आहे, हे आपण पाठ्यपुस्तकांतून शिकलेलो असतो. पण आपल्यासाठी त्याचा नेमका अर्थ काय? मानवाला व्यापण्यासाठी नेमकी किती जमीन पृथ्वीवर उपलब्ध आहे? अधिकृत आकडेवारीनुसार पृथ्वीचे एकूण क्षेत्रफळ आहे, ५१०,०००,००० चौ. किलोमीटर, आणि त्याची पाणी आणि जमीन अशी विभागणी केली, तर पाण्याने व्यापलेला भूभाग आहे, ३६१,०००,००० चौ. किमी आणि जमीन आहे १४९,०००,००० चौ. किलोमीटर. पण ही सगळींच्या सगळी जमीन माणसाला राहण्यायोग्य नाही. यापैकी ३३ टक्के भागावर वाळवंट आहे, आणि २४ टक्के भाग दुर्गम पर्वतराजींनी व्यापलेला आहे. म्हणजे एकूण उपलब्ध जमिनीच्या ५७ टक्के जमीन आपल्या काही कामाची नाही. म्हणजे मानवाला राहण्याजोगी जागा राहिली किती? हिशेब करून पाहूया.

$$\begin{aligned} \text{मानवी वसाहतीसाठी अनुकूल जमीन} &= १४९,०००,००० \times ०.५७ \\ &= ८४,९३०,००० \text{ चौ. किमी} \end{aligned}$$

आजच्या घडीला जगाची लोकसंख्या आहे, ७,०००,०००,००० माणसे. म्हणजे दरडोई माणसाला राहण्याजोगी किती जमीन उपलब्ध आहे? हिशेब सोपाच आहे, क्षेत्रफळाला माणसांच्या संख्येने भागले की उत्तर मिळेल.

आजच्या घडीला दरडोई उपलब्ध मानवी वसाहतीसाठी अनुकूल जमीन

$$= ८४,९३०,००० / ७,०००,०००,००० = ०.०१२ \text{ चौ. किमी}$$

०.०१२ चौ. किमी जमीन म्हणजे नेमकी किती जमीन हे आपल्यापैकी बऱ्याच जणांच्या लक्षात येणार नाही. शेतीची माहिती असणाऱ्यांच्या सोयीसाठी, ०.०१२ चौ. किमी म्हणजे साधारण ३ एकर जमीन होते. शहरात राहणाऱ्यांसाठी जरा वेगळा हिशेब पाहू या. सर्वसाधारणतः आपण ज्याला १० x १० आकाराची खोली म्हणतो, तिची मापे असतात, १० फूट x १० फूट किंवा क्षेत्रफळाच्या भाषेत त्या खोलीचा आवाका असतो, १०० चौ. फूट. आता ०.०१२ चौ. किमी म्हणजे साधारणतः १३०,००० चौ. फूट किंवा १० x १० आकाराच्या १३०० खोल्या.

तर समजा, आजच्या घडीला पृथ्वीवर उपलब्ध असलेल्या वसाहतीसाठी अनुकूल अशा सर्व जमिनीचे आजच्या लोकसंख्येतील माणसांमध्ये समान वाटप केले, तर आपल्या प्रत्येकाच्या वाट्याला साधारण ३ एकर जमीन येईल. एवढी जमीन आपली भूक भागवण्यासाठी पुरी पडेल का? तुम्हाला काय वाटते?

आपण आपल्याच पाठ्यक्रमात शिकत असलेली काही माहिती आणि परिसरातून

केलेली काही निरीक्षणे यांच्या मदतीने हे गणित सोडवू शकतो. यासाठी उपयोगी पडतील असे हे काही प्रश्न.

चौरस आहार म्हणजे नेमके कोणते पदार्थ आणि त्यांचे आपल्या रोजच्या जेवणात नेमके किती प्रमाण असायला हवे?

जर आपल्याला प्रत्येकाला रोज दिवसातून ३ वेळा चौरस आहार घ्यायचा असेल, तर एका व्यक्तीची वर्षभराची बेगमी करण्यासाठी कोणकोणते अन्नपदार्थ लागतील, आणि त्यातील प्रत्येक अन्नपदार्थ किती लागेल?

ज्या अन्नपदार्थांची आपण यादी तयार केली आहे, त्यांचे आपल्या परिसरातल्या शेतीमध्ये सामान्यतः उत्पादन किती आहे? ही आकडेवारी मिळवण्यासाठी आपल्याला शेतीतली माहिती असलेल्या व्यक्तींशी बोलावे लागेल.

प्रश्न तीनचे उत्तर मिळवताना काही अडचणी येतील, आणि थोडा विचारही करावा लागेल, पण एकदा ही आकडेवारी हाती आली, की आपण उत्तराच्या खूप जवळ पोहचतो. आता फक्त उत्पादनाच्या आकडेवारीवरून उलटा हिशेब करून आपल्याला हे काढायचे आहे, की आपल्याला एका माणसाच्या एका वर्षाच्या गरजेसाठी लागणारे अन्नधान्य उपजण्यासाठी किती जमीन लागणार आहे.



आता ही जमीन ३ एकरापेक्षा जास्त आहे की कमी? कमी असेल, तर त्याचा अर्थ काय होतो? जास्त असेल, तर अजून किती लोकसंख्या पृथ्वीवर उपासमार होऊ न देता सामावली जाऊ शकेल, असे तुम्हाला वाटते?

१९०० साली जगाची लोकसंख्या होती, १.६ अब्ज, १९६० साली ३ अब्ज, २०१० साली ७ अब्ज. हाच दर कायम राहिला, तर २०३० साली लोकसंख्या किती असेल? २०३० सालासाठी जर आपण वरील हिशेब केला तर काय चित्र दिसेल?

हा जो सगळा हिशेब आपण केला, त्याच्यामागे काही अवास्तव ठोकताळे आहेत. तुमच्याही लगेच लक्षात आली असेल, अशी सगळ्यात महत्त्वाची चूक म्हणजे, पृथ्वीवरची सगळी वसाहतीसाठी अनुकूल जमीन शेतीसाठी वापरायची असेल, तर माणसाच्या बाकीच्या गरजांचे काय? आपण घरे, रस्ते, शाळा, कारखाने, दुकाने, चित्रपटगृहे, इ. बांधायला जागाच शिल्लक ठेवली नाही. या सगळ्या गोष्टींसाठी जर आपण प्रत्येकाने आपल्या ३ एकरापैकी थोडी थोडी जमीन वगळली, तर आपल्या हिशेबात काय फरक पडेल? थोडी थोडी म्हणजे नेमकी किती जमीन वगळायला हवी? किंवा त्याहीपेक्षा महत्त्वाचे म्हणजे मानवाची भूक भागवत रहायची असेल, तर किती जमीन आपण वगळू शकतो? आजच्या घडीला किती वगळू शकतो, आणि २०३० साली काय परिस्थिती असेल?

आपण हिशेबाच्या सोयीसाठी आणखी काही चुकीचे ठोकताळे पकडले आहेत का? असल्यास कोणते?

आज पृथ्वीच्या एकूण क्षेत्रफळापैकी साधारण ११ टक्के जमीन (१५०,०००,००० चौ. किमी) शेतीखाली आहे. आपण वर केलेल्या हिशेबानुसार एवढी जमीन किती लोकसंख्येची भूक भागवू शकते?

या सगळ्या आकडेमोडीनंतर जागतिक अन्नसुरक्षा या विषयावर जर तुम्हाला पाच ओळी लिहायला सांगितल्या तर तुम्ही काय लिहाल? लिहा, आणि आम्हालाही कळवा.



लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे,

समुचित एन्व्हायरोटेक संस्थेच्या संस्थापक संचालक.

priyadarshini.karve@gmail.com

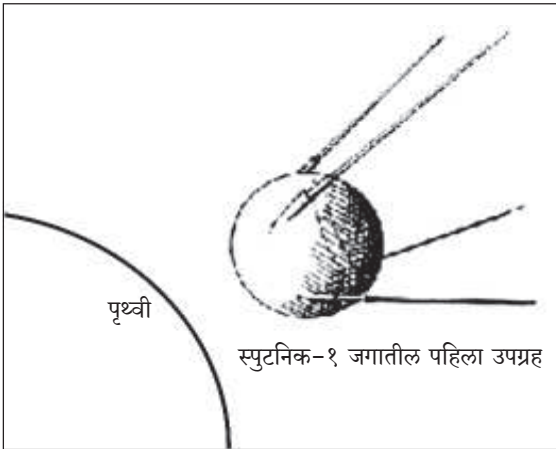
मानव -निर्मित उपग्रह

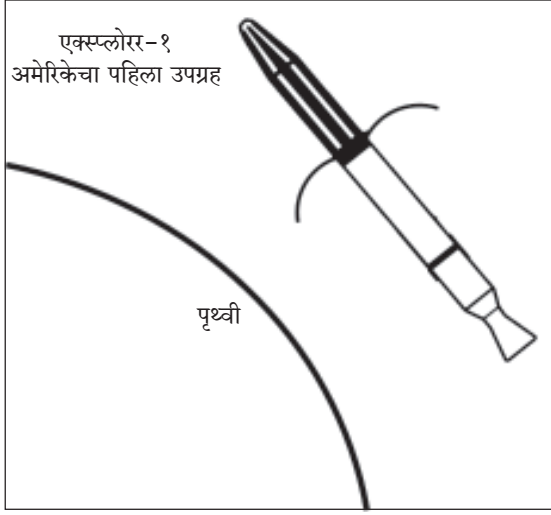
लेखक : सुरेश नाईक

हजारो वर्षांपासून मानवाने आकाश न्याहाळून सूर्य, चंद्र, तारे यांच्याविषयी व आकाशात दिसणाऱ्या चंद्रग्रहण, सूर्यग्रहण, धूमकेतू, इत्यादी नाट्यमय घटनांबद्दल जिज्ञासू दृष्टिकोनातून विचार केला आहे. त्याला अवकाशाबद्दल प्रचंड कुतूहल वाटत आले आहे, असे असले तरी गेल्या फक्त ५७-५८ वर्षांमध्येच मानवाने आपण बनविलेला उपग्रह

सोडण्याचे तंत्रज्ञान आत्मसात केले आहे. 'उपग्रह' म्हणजे कोणताही अवकाशीय घटक जो त्याच्याहून मोठ्या अवकाशीय घटकाभोवती प्रदक्षिणा घालत असतो.

पृथ्वी या आपल्या ग्रहाभोवती वर्तुळाकार किंवा लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरणाऱ्या कोणत्याही घटकाला पृथ्वीचा उपग्रह असे म्हणतात. चंद्र हा पृथ्वीचा एकच





नैसर्गिक उपग्रह आहे. पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण कक्षेत राहून पृथ्वीभोवती फिरत राहू शकेल असा पहिला कृत्रिम उपग्रह सोडण्याचा विक्रम ४ ऑक्टोबर १९५७ रोजी रशियाने (तत्कालीन सोविएत युनियन) साध्य केला. ८४ किलोग्रामच्या 'स्पुटनिक-१' या उपग्रहाला वाहून नेणाऱ्या उपग्रह वाहकाचे नाव होते 'स्पुटनिक रॉकेट'. या घटनेने जगात उपग्रह - तंत्रज्ञानाचा आरंभ झाला. या पाठोपाठ अमेरिकेने 'एक्स्प्लोरर-१' हा आपला पहिला कृत्रिम उपग्रह सोडला. त्यानंतर भारताने आपला पहिला उपग्रह 'आर्यभट्ट' १९७५ मध्ये सोडला. आतापर्यंत अनेक उपग्रह अवकाशात वेगवेगळ्या उद्देशांसाठी सोडण्यात आले आहेत.

पृथ्वीभोवतालच्या भ्रमण कक्षेनुसार उपग्रहांचे प्रकार :

अग्निबाणाला उड्डाणमार्ग (ट्रॅजेक्टरी) असतो, तर उपग्रहाला भ्रमणकक्षा (ऑर्बिट) असते. उड्डाणमार्ग ठरावीक ठिकाणी सुरू होतो आणि पूर्वनियोजित ठिकाणी संपतो. उपग्रह त्याच्या निर्धारित कक्षेत ठराविक काळापर्यंत भ्रमण करित कार्यरत असतो. उपग्रहांच्या पृथ्वीभोवतालच्या कक्षा त्यांच्या जीवित कार्यांनुरूप वेगवेगळ्या असतात. त्यांचे वर्गीकरण पुढीलप्रमाणे करण्यात येते :

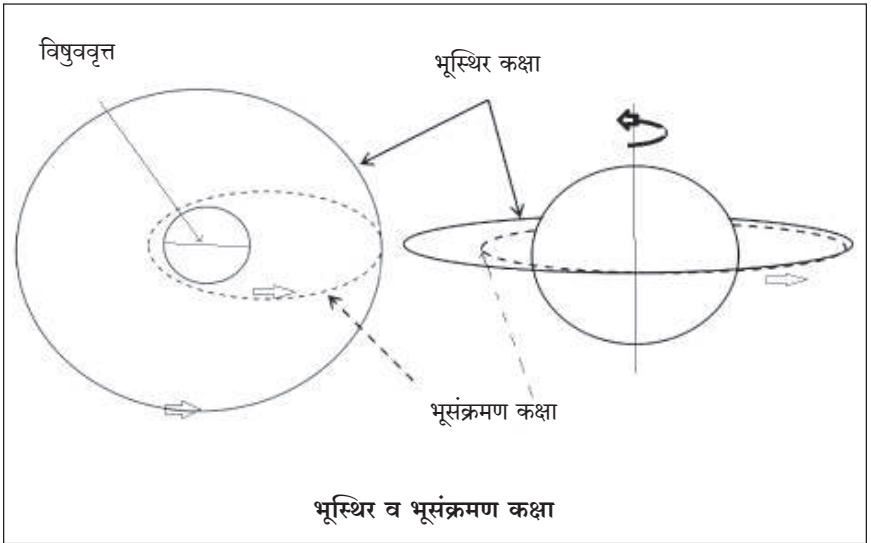
१. कमी उंचीवरील भूकक्षा (लो अर्थ ऑर्बिट - एलईओ) पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून (समुद्रसपाटीपासून) सुमारे २००० किलोमीटर उंचीपर्यंतच्या कक्षेला 'एलईओ' अशी संज्ञा आहे.

या कक्षेतील उपग्रहांचा पृथ्वीभोवतालच्या एका प्रदक्षिणेचा भ्रमणकाल साधारणपणे दोन तासापर्यंत असतो.

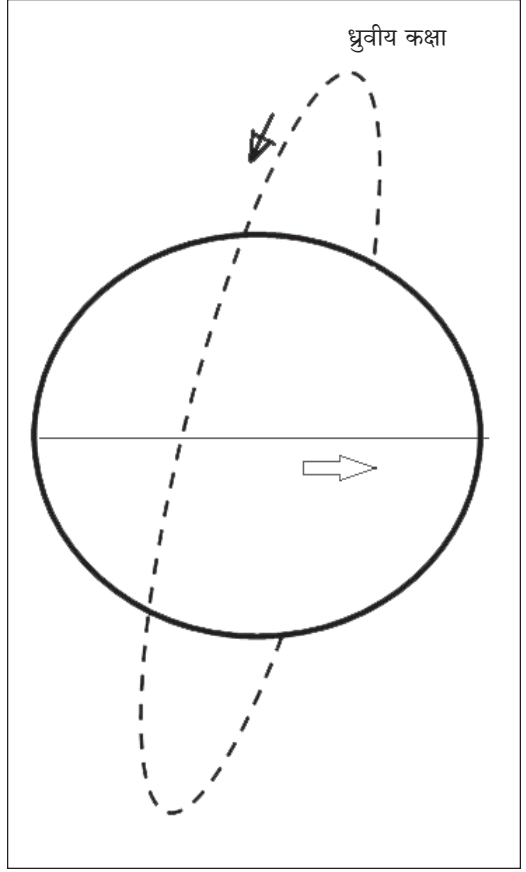
२. मध्यम उंचीची भूकक्षा (मीडियम अर्थ ऑर्बिट - एमईओ) २००० ते ३६००० कि.मी. उंचीपर्यंतच्या या कक्षेतील उपग्रह त्यांच्या उंचीनुसार एक पृथ्वीप्रदक्षिणा करायला २ तासांपासून ते २४ तासापर्यंत कालावधी घेतात.
३. भूस्थिर कक्षा (जिओस्टेशनरी अर्थ ऑर्बिट - जीईओ) या कक्षेतील उपग्रह ३५७८० (ढोबळपणे ३६०००) कि.मी. उंचीवर विषुववृत्ताशी समांतर पातळीमध्ये फिरत राहतात. त्यांची फिरण्याची दिशा पृथ्वीच्या आसाभोवती ज्या दिशेत फिरते तीच

असते. त्यांचा एक प्रदक्षिणेचा भ्रमणकाल पृथ्वीच्या स्वतःभोवती फिरण्याच्या एका प्रदक्षिणेच्या भ्रमणकालाइतकाच म्हणजे २३ तास ५६ मिनिटे ४.९ सेकंद (ढोबळपणे २४ तास) असतो. यामुळे पृथ्वी आणि या कक्षेतील उपग्रह यांचा तुलनात्मक वेग (रिलेटिव्ह व्हेलॉसिटी) शून्य असतो. परिणामस्वरूप पृथ्वीवरील कोणत्याही बिंदूवरून पाहिले असता या कक्षेतील उपग्रह एकाच जागी स्थिर असल्यासारखे वाटतात. या कारणास्तव या कक्षेला 'भूस्थिर' कक्षा म्हणतात.

ही भूस्थिर कक्षेची संकल्पना, ब्रिटिश सायन्स फिक्शन लेखक (विज्ञानावर आधारित कल्पित साहित्याचे लेखक) सर आर्थर क्लार्क



यांनी १९४५ साली 'वायरलेस वर्ल्ड' या मासिकातून पहिल्यांदा मांडली. त्यामुळे या कक्षेला 'क्लार्क' कक्षा असे नाव दिले गेले. भूस्थिर कक्षेत उपग्रह सोडण्याच्या वेळी साधारणपणे त्याला आधी 'संक्रमण कक्षेत' (जिओसिंक्रोन ट्रान्स्फर ऑर्बिट - जीटीओ) सोडण्याचे काम अग्निबाण करतो. ही अंडाकृती कक्षा असून तिचा पृथ्वीपासून सर्वात जवळचा बिंदू १८० ते २५० कि.मी.पर्यंत असू शकतो, त्याला इंग्रजीमध्ये 'पेरिजी' म्हणतात व सर्वात दूरचा बिंदू (अपोजी) ३६००० कि.मी. असू शकतो. येथे अग्निबाणाचे काम संपते. यानंतर उपग्रहावर बसविलेल्या नोंदकांच्या (थ्रस्टर्स) साह्याने उपग्रहाला ३६००० किमीच्या वर्तुळाकार कक्षेत स्थिर करण्यात येते.



ध्रुवीय कक्षेतील उपग्रह (पोलर ऑर्बिट) :

पृथ्वीपासून ६०० ते ८०० कि.मी. उंचीवर पृथ्वीच्या उत्तर - दक्षिण ध्रुवीय कक्षेत

फिरणारे हे उपग्रह जवळपास ९० मिनिटांमध्ये एक पृथ्वीप्रदक्षिणा पूर्ण करतात.

वर उल्लेखलेल्या पृथ्वीभोवतालच्या उपग्रह - कक्षा या प्रमुख आहेत.



लेखक : सुरेश नाईक

ज्येष्ठ अवकाश शास्त्रज्ञ, देशाच्या १५ हून अधिक उपग्रह मोहिमांत मोलाची कामगिरी.

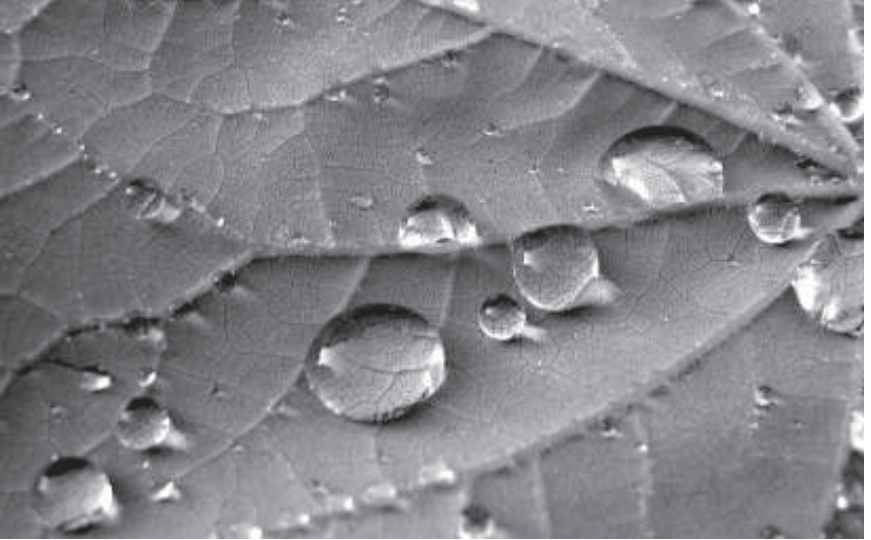
माजी समूह संचालक, इस्रो. निवृत्तीनंतर विद्यार्थ्यांमध्ये अवकाश संशोधनाबद्दल आस्था उत्पन्न होण्यासाठी भरपूर लेखन आणि व्याख्याने.

हिरव्या पानांवर मोत्याची माळ

लेखक : किशोर पंवार • अनुवाद : ज्योती देशपांडे

शरीरस्वास्थासाठी हिवाळ्यात, पावसाळ्यात जेव्हा पहाटे आपण फिरायला जातो तेव्हा जमिनीवरील झुडपांच्या पानांवर पाण्याचे थेंबे जमा झालेले दिसतात. पावसाळ्यानंतर किंवा हिवाळ्यात दव पडल्यावर असं सुंदर दृश्य हमखास आपल्याला पाहायला मिळतं. कमळाच्या आणि अळूच्या पानांवर पाणी टिकत नाही.

या पानांवर पडलेलं पाणी मोत्यांप्रमाणे किंवा पाण्याप्रमाणे चमकत असतं. सीताफळाच्या पानांवर पण अशाच प्रकारचं चमकणारं पाणी बघायला मिळतं, कमळ आणि अळूची पानं सहसा नजरेस पडत नाहीत. पण सीताफळाची झाडं मात्र जागोजागी बघायला मिळतात. मुद्दाम न लागवड करता आपोआपच उगवतात.



पाऊस पडून गेल्यावर लगेचच गवतावर किंवा कोळीष्टकावर पडलेले पाण्याचे थेंबे फारच सुंदर दिसतात. चांगला पाऊस झाल्यानंतर सर्वच पानांवर कमळासारखे किंवा अळूसारखे पाणी दिसत नाही. पण काहीं वनस्पतींवर पाण्याचे थेंबे कलात्मकरित्या सजवल्यासारखे दिसतात. प्रत्येक थेंबे एकसारख्या अंतरावर असतो. असं वाटतं की रात्री कुणीतरी पाण्याच्या थेंबांनी पान सजवलं आहे. असाच एक फोटो गच्चीतील तेरड्याचा पानाचा काढला आहे.

बालसमला मराठीत तेरडा म्हणतात.

ही एक जंगली वनस्पती आहे. ती पावसाळ्यात कुठेही उगवते. याला लाल पांढरी, जांभळी, गुलाबी अशी विविध रंगाची फुले येतात. याच्या हायब्रीड (संकरित) जातीचाही शोध लागला आहे. त्याला मोठी फुलं येतात. त्याची घरातल्या कुंड्यामध्ये लागवड केली जाते. ही फुलं खूप नाजूक असतात. ही फुलं गौरीच्या सणाला वापरतात.

तेरड्याच्या फळांना हाताने स्पर्श केला तरी ती फुटतात आणि आतील बिया सर्वत्र विखुरतात. फळं इतकी नाजूक संवेदनक्षम असतात, म्हणूनच त्याचं नाव 'इम्पेन्स बालसमीना' ठेवलेलं आहे.



या वनस्पतीची पानं फुगीर, बहिर्गोल असतात. याच्या पानाच्या कडा करवतीसारख्या असतात. पानाच्या आधारासाठी एक मुख्य शीर निघते. त्यातून पुढे छोट्या छोट्या शीरा निघून टोकापर्यंत जातात. हे प्रकाष्ठउती (पाण्याच्या पेशी) चे शेवटचे टोक असते. इथूनच पाण्याचे थेंबे निघतात. याच ठिकाणी पाणी मोठ्या प्रमाणात जमा होते. जितक्या खाचा असतील (साधारण १६ ते २०) तितके मोती तयार होतात.

पानांतील जलरंध्र अभ्यासण्यासाठी झाडं तोडून प्रयोगशाळेत आणली. पानावरील पापुद्रा काढून बघत असताना त्याच्या फुलांकडे लक्ष गेले. फुल नाजूक, सुंदर पण त्याची रचना वेगळ्या तऱ्हेची म्हणजे पोलिसांच्या हेल्मेटसारखी होती. फूल छोट्याश्या फुलपाखरासारखे दिसत होतं. आणि एका बारीक हिरव्या देठानं खोडाला जोडलेलं होतं. फुलात पाहिलं असता स्त्रीकेसर, पुकेसर दिसले नाहीत. फुलाच्या मध्यभागी सिगरेटच्या पाईप सारखी एक रचना दिसली. त्याचा टोकाचा रंग पांढुरका होता. याला तोडून अभ्यासासाठी स्लाईडवर ठेवताना त्यातून पांढरट पावडर स्लाईडवर पडली. मायक्रोस्कोपमधून पाहीलं असता असं लक्षात

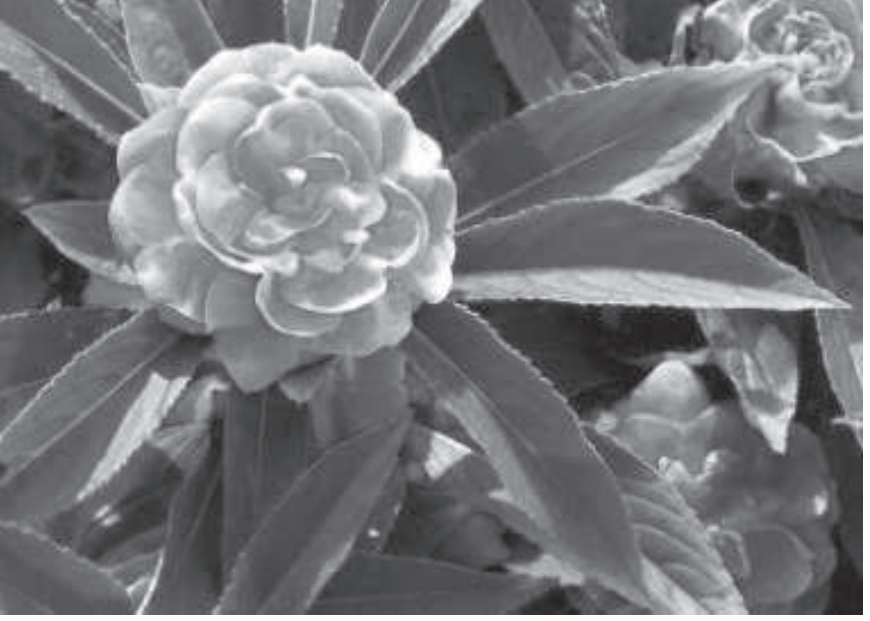
आलं की हे तेरड्याचे परागकण आहेत हे परागकण व्हिटामीनच्या कॅप्सुलसारखे होते. काहींच्या टोकातून छोट्या छोट्या नळ्या आलेल्या दिसत होत्या (मोड). परागकणातून आलेले मोड एवढ्या मोठ्या प्रमाणात पाहणे हाही एक सुखद अनुभव होता. जलरंध्र बघता बघता परागकणामध्येच अडकून पडल्यासारखे झाले.

बिंदूस्त्राव

रोपांमधले पाणी दोन प्रकारे बाहेर पडते. एक म्हणजे पाण्याची वाफ होते. बाष्पीभवन होते. त्याला बाष्पोत्सर्जन म्हणतात. पानांवर असणाऱ्या हजारो लाखो रंध्रातून ही क्रिया होते. मुळाकडून शोषलं गेलेलं पाणी काही

रोपांमध्ये बाष्पीभवनाबरोबरच जलबिंदूंच्या रूपातही पाहायला मिळतं. असे बाहेर पडलेले जलबिंदू जवळजवळ ३०० रोपांमध्ये आणि बहुतेक छोट्या झुडुपांमध्ये बघायला मिळतात. फ्लॉवर, कोबी, स्ट्रॉबेरी, टोमॅटो अशी आपल्या आजूबाजूला दिसणारी नेहमीची उदाहरणे आहेत. गुलाब आणि तेरड्याच्या पानाच्या कडेनी छोटे छोटे पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात. या झाडांच्या





पानाची रचना दंतुर आहे. पानाच्या कडेनी आणि दातेरांच्या बाजूला थेंब जमा होतात.

जेव्हा रोपांच्या मुळाद्वारे शोषून घेतलेले पाण्याचे प्रमाण पानांद्वारे होणाऱ्या बाष्पीभवनापेक्षा जास्त असते. तेव्हा मुळामध्ये पाणी जास्त भरल्यामुळे प्रकाशावर पडणारा मुळांचा दाब वाढतो. यामुळेच शाकीय रोपांच्या पानांच्या कडेने जास्तीचे पाणी जलबिंदूंच्या रूपात बाहेर पडते. यालाच बिंदूस्त्राव म्हणतात. वनस्पती शास्त्रज्ञ ओ. एफ. करटीस यांच म्हणणं असं आहे की पानांमधून पाणी स्त्रवणे हे एक प्रकारचे त्या पानाचे सेफ्टीवॉल्व सारखे आहे. ज्यामुळे रोपांच्या पेशींमधील आर्द्रता नियंत्रित ठेवली जाते. अन्यथा वाढलेल्या जलदाबामुळे

पानांमधील पेशींना धोका उत्पन्न होऊ शकतो. पेशींमध्ये पाण्याचे प्रमाण जास्त झाल्यास त्या फुटू शकतात. म्हणजेच पान ही प्रेशरकुकर प्रमाणे आहेत आणि पानांच्या कडेनी असणारी जलरंध्र ही सेफ्टीवॉल्व आहेत.

ज्या रोपांमध्ये बिंदूस्त्राव होतो अशा रोपांच्या पानांवर साखरेचे पाणी किंवा पोटॅशियम नायट्रेटचे पाणी शिंपडले असता ही क्रिया थांबते. कारण पानातली संपृक्तता वाढल्याने मुळं पाणी शोषून घेण्याची क्रिया कमी करतात.

मूळदाब म्हणजे काय ?

मुळांच्या मध्यभागातील पेशींच्या भिंती या लवचिक असतात. त्यामधून पाणी नेणाऱ्या



छोट्या छोट्या नलिकांमध्ये विशिष्ट दाबाने पाणी ढकलले जाते. तो दाब म्हणजे मूळदाब. हा जास्तीत जास्त २ वायुमंडळीय दाबाइतका असतो. दाब पाण्याला २०.७ मीटर उंचीपर्यंत चढवू शकतो. पाणी आणि त्यातील पोषक पदार्थ खोडातून वर चढण्याच्या क्रियेला 'सरोहण' म्हणतात.

कोणत्याही झाडात जिथे खोड सुरू होते तिथे थोडासा भाग कापून मॅनोमीटर लावला तर हा मूळदाब कळू शकतो. व्यवस्थित पाणी मिळणाऱ्या कुंडीतल्या झाडावर हा प्रयोग करता येईल. मूळांमध्ये निर्माण झालेल्या दाबामुळे मॅनोमीटरचा पारा वर चढतो. मूळाचा दाब किती महत्त्वाचा आहे हे लक्षात आलं ना!

बिंदूस्त्राव एक प्रकारे मूळदाबाचे दृश्य रूप आहे. झाड किंवा पाने न तोडताही आपण ते पाहू शकतो. मग या पावसाळ्यात किंवा हिवाळ्यात लवकर उठून अशी जलबिंदूची नक्षी असलेली झाडे शोधणार ना? लवकर उठणं जमत नसेल तर रात्री ११-१२ वाजता शोधायला हरकत नाही. बघू बरं या लेखात सांगितलेली किती झाडं तुम्ही शोधून काढताय?

शै. संदर्भ अंक ८८ मधून साभार



लेखक : किशोर पंवर - होळकर सायन्स कॉलेज इंदोर येथे वनस्पतीशास्त्र प्राध्यापक आणि बीजतंत्र विभागाचे प्रमुख.

अनुवाद : ज्योती देशपांडे

अरेच्या ! हे असं आहे तर !

भाग - ९

शशी बेडेकर

तुम्ही सर्वांना दर्यावर्दी कोलंबस हे नाव ऐकून माहीत असेल. त्याच्या बद्दलची एक दंतकथा वाचण्यात आली. त्याला एकदा त्याच्या सहकाऱ्यांनं अंडं देऊन अंड्याला निमुळत्या टोकावर उभं करून दाखव असं सांगितलं. कोलंबसनं अंडं घेतलं त्याचं निमुळतं टोक कापलं आणि अंडं उभं करून दाखवलं.

ज्या क्षणी कोलंबसनं अंडं कापलं त्याक्षणी त्यानं प्रश्नच बदलला, कारण अंडं कापल्यावर ते अंडाकृती राहिलं नाही.

अर्थात ही दंतकथाच आहे म्हणजे ती खरी असेल असं नाही आणि ज्या अर्थी कोलंबसनं अंडं कापलं ह्याचा अर्थ त्यानं उकडलेलं अंडं घेतलं असणार.

हे काही असलं तरी आता माझे प्रश्न. तुम्ही अंडं त्याच्या निमुळत्या टोकावर उभं करून दाखवाल का? आणि साधी अंडी आणि उकडलेली अंडी ही कशी ओळखाल?

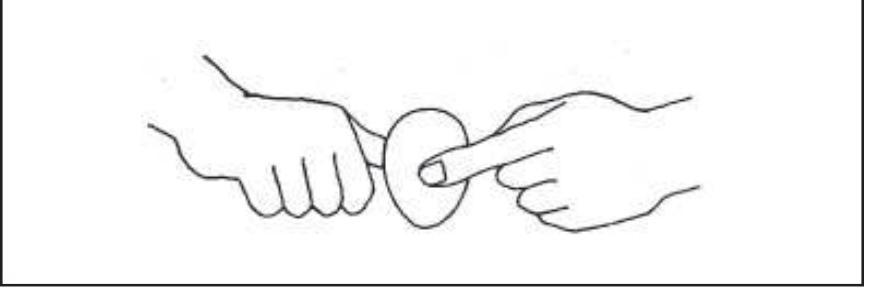
ह्या प्रश्नांच्या उत्तराची गंमत अशी की

एकाच उत्तरात दोन्ही प्रश्नांची उत्तरं तुम्हाला मिळतील आणि त्यासाठी फिरणारी भिंगरी किंवा फिरणारा भोवरा डोळ्यापुढे आणायचा.

न फिरणारी भिंगरी किंवा भोवरा नुसता जमिनीवर ठेवला तर सरळ उभे न राहता कलंडून राहतात. पण त्यांना जर गती दिली तर दोघेही लहान निमुळत्या टोकावर उभे राहिलेले तुम्ही पाहिले असतील. ह्याचा उपयोग वरच्या प्रश्नांची उत्तरं देण्यासाठी आपण करणार आहोत.

एक 'उकडलेलं' अंडं घ्या आणि आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे त्याला गती द्या. ते उकडलेलं अंडं थोड्या वेळासाठी तरी निमुळत्या टोकावर उभं राहिलेलं तुम्हाला दिसेल.

आता साधं/न उकडलेलं अंडं घेऊन त्याला गती द्यायचा प्रयत्न करा. तुमच्या असं लक्षात येईल की ते अंडं काहीही केलं तरी टोकावर उभं राहत नाही. कारण साध्या



अंड्यात बलक हा द्रवरूप असतो, त्यामुळे अंड्याला गती दिल्यावर जडत्वाच्या नियमानं तो गतीला विरोध करतो आणि ते अंडं उभं राहू शकत नाही.

उकडलेल्या अंड्यातील बलक स्थायुरूप असतो त्यामुळे तो गतीला विरोध करत नाही, आणि अंडं टोकावर काही काळ उभं राहू शकतं आणि हीच उकडलेली अंडी आणि साधी अंडी ओळखण्याची रीत आहे. कळलं ना!

आता दुसरी एक गंमत. कंपास पेटीमधली सहा इंचाची पट्टी घ्या आणि ती हाताच्या बोटावर तीन इंचाच्या खुणेवर ठेव. पट्टी समतोल राहिल, पडणार नाही. कारण सहा इंच पट्टीचा गुरुत्वमध्य तीन इंचातून जातो. तसंच कोणतीही वस्तू तिच्या गुरुत्वमध्यावर टेकू देऊन उभी केली तर स्थिर राहते. आता आजोबांची मूठ असलेली काठी, किंवा लांब दांडा असलेला घरातला झाडू घ्या. आपल्या दोन्ही हाताचे एकेक बोट सरळ करून त्यावर काठी आडवी ठेवा.

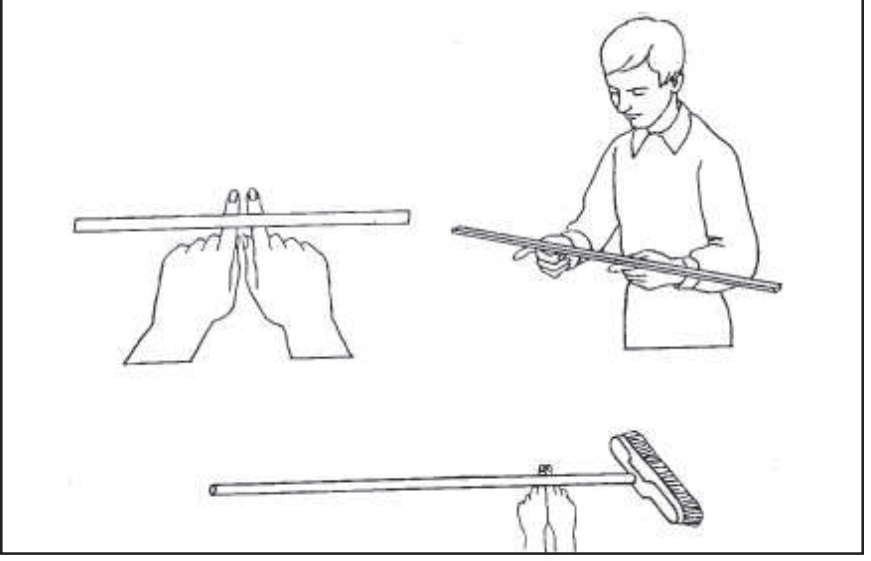
डाव्या हाताचे बोट गुरुत्वमध्यच्या

जवळ असावे आणि उजव्या हाताचे बोट गुरुत्वमध्यापासून लांब असावे. आता काठी तोल सांभाळत दोन्ही बोट एकमेकांच्या जवळ आणा. आता तुमच्या लक्षात येईल की दोन्ही बोटं एकमेकांना स्पर्शकरून आहेत आणि पट्टी बोटांवर तोलली गेली आहे म्हणजेच तुमची दोन्ही बोटं गुरुत्वमध्याशी येऊन थांबली आहेत.

तुम्ही कितीही वेळा हा प्रयोग केलात तरी बोटं गुरुत्वमध्याशीच येऊन थांबतात हे तुमच्या लक्षात येईल.

काठी पुन्हा एकदा आपल्या बोटावर ठेवून त्या काठीचा आपल्या बोटांवर पडणारा दाब लक्षात घेण्याचा प्रयत्न करा.

जे बोट काठीच्या गुरुत्वमध्याच्या जवळ आहे. त्या बोटावर काठीचा दाब जास्त पडला आहे आणि जे बोट काठीच्या गुरुत्वमध्यापासून लांब आहे. त्यावर तुलनेनं कमी दाब पडला आहे असं तुम्हाला जाणवेल. (एखादवेळेस हा दाब तुम्हाला जाणवणारही नाही) आता 'दाब जास्त तर घर्षण जास्त' हे महत्वाचं वाक्य मनात घोळवत ठेवा.



(तुम्हाला वाटेल की हे घर्षणाचं वाक्य मध्येच कसं आलं. थोडा धीर धरा, लवकरच कळेल.)

आता सावकाश नीट लक्षात देऊन दोन्ही बोटं गुरुत्वमध्याकडे आणायला सुरुवात करा. मनात वाक्य म्हणत रहा - दाब जास्त घर्षण जास्त, दाब कमी घर्षण कमी. तुम्ही जरी कितीही ठरवलंत की दोन्ही बोटं एका वेळेलाच हलवायची तरी तसं होत नाही हे तुमच्या लक्षात येईल. प्रथम गुरुत्वमध्यापासून लांब असलेलं बोट सरकतं, नंतर ते बोट हालायचं/सरकायचं थांबून दुसरं बोट सरकू लागतं. थोड्यावेळानं ते थांबतं आणि पहिलं बोट सरकू लागतं आणि अशातच हे एकदा हे, एकदा ते असं करून दोन्ही बोटं गुरुत्वमध्याशी येऊन थांबतात.

असं का होत असेल? आपलं वाक्य आठवा. गुरुत्वमध्याच्या जवळ असलेल्या बोटावर जास्त दाब म्हणून घर्षण जास्त आणि गुरुत्वमध्यापासून लांब असलेल्या बोटावर दाब कमी म्हणून घर्षण कमी जिथं घर्षण कमी, ते प्रथम सरकतं. ते जेव्हा गुरुत्वमध्यापासून दुसऱ्या बोटाच्या अंतरापेक्षा कमी अंतरावर येतं तेव्हा त्यावरील दाब वाढतो. मग घर्षण जास्त म्हणून ते बोट सरकायचं थांबतं आणि दुसरं बोट सरकू लागतं अशा तऱ्हेनं जास्त दाब, घर्षण जास्त ह्या नियमानुसार एकेक बोट सरकून शेवटी दोन्ही बोटं गुरुत्वमध्याच्या ठिकाणी येऊन थांबतात.



या. इ. पेरलमन यांच्या 'फिजिक्स कॅन बी फन' या पुस्तकातून साभार.

अनुवाद : शशी बेडेकर, निवृत्त मुख्याध्यापक.



विश्रांती

संपादक - नीलिमा शिकारखाजे

सर्व आयुष्य सर्व पातळीवर व्यापून उरणारा एक विषय म्हणजे अर्थातच शिक्षण. व्यक्ती असो वा समाज, देश असो वा जग साऱ्यांच्या जीवन जगण्याच्या प्रत्येक टप्प्यावर समृद्धतेचा वारसा घेऊन येते शिक्षण.

पण खरंच, आजचं शिक्षण आपल्या जगण्याला खऱ्या अर्थाने समृद्ध करत आहे ? जीवनानंद देत आहे ? समाज सदृढ घडवत आहे ? की केवळ स्पर्धा.. मार्कांची, पैशांची, व्यक्तीगत विकासाची, हारलेपणाची आणि निराशेच्या वाटेवरची. जाणून घेऊया 'शिक्षणनीती' ह्या 'विश्रांती'च्या दिवाळी विशेषांकातून. याचे अतिथी संपादकपद भूषविले आहे शोभा भागवत यांनी.

कला-कौशल्य कार्यशीलता, सहवेदना जपनूक, वैज्ञानिक विचारसरणी यांच्या कोंदणात शिक्षण अधिक खुलून येते.

ते कसं हे समजून घेऊया
'विश्रांती'च्या शिक्षणनीती
या २०१४ च्या विशेषांकातून.




पाने ३००/- किंमत ₹१५०/-

८१४, शुक्रवार पेठ, गाडीखाना दवाखन्याजवळ, पुणे ४११००२.

* भ्रमण ध्वनी - ९८९०५०८०९१

* ई-पत्ता - vishrantimagazine24@yahoo.com



मौल्यवान गवार

लेखक : मुरारी तपस्वी

गवारीची भाजी. या भाजीचे भाव २०१२च्या मध्यावधीस ९००-१००० टक्क्यांनी वाढल्याचं आठवतं? ही भाजी आवडीने खाणारे खूप लोक आहेत. महाराष्ट्रातही ह्या शेंगा भाजीची थोड्याफार प्रमाणात लागवड केली जाते. जागतिक पातळीवर गवारीच्या उत्पादनात भारताचा वाटा ८०% आहे. पण मुख्यत्वेकरून गुजरात, राजस्थान आणि हरयाणा ही राज्यं याची लागवड मोठ्या प्रमाणात करतात.

सुमारे ३५ लाख टन गवारीचं पीक घेतलं जातं. इतकी गवारीची भाजी हे लोक खातात की काय अशी शंका येणं साहजिकच आहे. पण यातल्या बऱ्याचश्या गवारीचं उत्पादन हे वेगवेगळ्या उद्योगांसाठी लागणारा कच्चा माल बनवण्यासाठी घेतलं जातं. तिच्या बियांपासून विविध उद्योगांना लागणारी पावडर बनवली जाते. २०१२ साली गवारीचे भाव वाढण्याचं कारण असं की अमेरिकेत नैसर्गिक वायूचा शोध घेणं सुरू होतं आणि त्यासाठी

त्यांना या उत्पादनाची गरज होती. वायूचा शोध घेताना खडकात भोक पाडावी लागतात त्यात 'गवार गम' (गवारीच्या बियांपासून बनवलेला डिक) नावाच्या पदार्थाचा उपयोग केला जातो. पाडलेलं भोक पुन्हा बुजून जाऊ नये म्हणून हा डिक वापरतात. वाटेल तितकी रक्कम मोजून हवी ती वस्तू जगातून कशीही मिळवायची ही तर अमेरिकेची खासियत, म्हणून त्या वेळी भाव प्रचंड वाढले. अर्थात २०१३ मध्ये शहाण्या शेतकऱ्यांनी गवारीचं उत्पादन १० टनांनी वाढवलं आणि त्यांनी ही आपले चढे भाव मिळवून हात धुवून घेतले.

या डिकाचे इतरही उपयोग आहेत - कापड, कागद उद्योग, औषध, सौंदर्यप्रसाधनं निर्मिती; अन्न प्रक्रिया विशेषतः बेकरी, आईस्क्रिम वगैरे पदार्थात याचा वापर होतो. शिवाय याचे औषधी गुणही आहेत. एक रेचक म्हणून, लठ्ठपणा कमी करण्यासाठी, मधुमेहावर, कोलेस्ट्रॉल कमी करण्यासाठी याचा उपयोग केला जातो असं नमूद केलं गेलं आहे. नुकताच कोलकाता विद्यापीठातील संशोधकांनी याचा उपयोग जलप्रदूषण कमी

करण्यासाठी करून पाहिला आणि त्यांनी संशोधनाचे निष्कर्ष 'काबोहायड्रेट पॉलिमर्स' या नियतकालिकात (खंड ११०; २०१४; २२४-२३०) प्रकाशित केलेत, त्याची ही कथा.

शिसं, जस्त, पारा, निकेल, कोबाल्ट, असेनिक आणि क्रोमियम हे जड धातू अगदी थोड्या प्रमाणात जरी निसर्गात मिसळले गेले तरी ते प्रदूषणाला कारणीभूत होतात. 'जड' हा शब्द इतर धातूंच्या तुलनेनं त्यांच्या उच्च घनता आणि अणुभाराच्या गुणधर्मांमुळे वापरला आहे. पण ते अगदी किरकोळ प्रमाणात आढळले तरी ते निसर्गाला (आणि सगळ्यांनाच) 'जड' होतात. निसर्गात या धातूंचं प्रदूषण होण्याइतक्या प्रमाणात हे धातू येतात तरी कुठून? ही मनुष्यनिर्मित समस्या! वेगवेगळ्या कारखान्यांतून, उद्योगांतून उत्पादन घेतल्यानंतर टाकाऊ पदार्थांत ते आढळतात. हे सहज पाण्यात विरघळतात आणि जलप्रदूषण करतात. या कारखान्यांना आपल्या टाकाऊ पदार्थांवर (मग ते विद्राव्य, धुराच्या स्वरूपातले किंवा घन पदार्थांच्या स्वरूपातले असू शकतात) ते बाहेर



सोडण्यापूर्वी प्रक्रिया कराव्या लागतात. त्यातील प्रदूषणकारी गुणधर्म असलेल्या पदार्थांचा अंश काढून टाकावा लागतो किंवा मानकांनुसार कमी करावा लागतो. बरेचसे कारखाने हे करतातही पण तरी ही मोठीच खर्चिक बाब असते. एकदा उत्पादन तयार झालं की इतर अशा 'अनुत्पादित' कामांवर खर्च करायला मग कारखाने टंगळ-मंगळ करताना आढळून येतात. मग असा प्रश्न सहज येतो की आपल्या प्रदूषण नियंत्रण संस्था काय करतात? अशा संस्था संघटीत क्षेत्रातल्या कारखान्यांवर लक्ष ठेवून असतात. त्यांच्यामुळं होणाऱ्या प्रदूषणाला बऱ्यापैकी चाप बसला आहे. पण तरी प्रत्येक कारखान्याला त्याची जबाबदारी कळत नाही तोपर्यंत हे नियंत्रण १००% होणं अशक्य आहे. याशिवाय असंघटीत क्षेत्रातील उद्योगांतूनही मोठ्या प्रमाणात प्रदूषण होत असतं. ते मध्यम आणि लहान आकाराचे असल्यानं त्यांच्याकडे सांडपाण्यावर प्रक्रिया करण्याची सोयही नसते, त्यांना ते परवडत नाही. त्यांची अशा 'अनुत्पादित' बाबींवर खर्च करायची मुळीच तयारी नसते आणि मग प्रत्येकाचा थोडा थोडा वाटा करत मोठ्या प्रमाणात प्रदूषण होतं. ही सगळ्याच विकसनशील देशांमध्ये असलेली समस्या आहे. याचा परिणाम प्रदूषण करणाऱ्यांवर आणि त्यापासून पळणाऱ्यांवर सारखाच होत असतो. कारण कितीही पळायचं म्हटलं तरी

जाणार कुठे? हे पदार्थ अन्नसाखळीच्या स्वरूपात आपल्यापर्यंत येऊन पोहोचतातच. म्हणजे असं की समजा या धातूमुळे जलप्रदूषण झालं, आपण ते पाणी प्यायचं नाही असं ठरवलं तरी त्यातले जलचर आणि आसपासच्या किंवा त्यावर वाढणाऱ्या वनस्पती ते जड धातू मोठ्या प्रमाणात शोषून घेतात. समजा आपण शाकाहार घ्यायचा ठरवला आणि जलचरांपासून आपल्यापर्यंत ते पोहोचण्याचं टाळलं तरी इतर दुभती जनावरं तिथलं प्रदूषित गवत खातात आणि त्यांच्या दुधातून ते आपल्यापर्यांत पोहोचतात. तसंच त्या पाण्यावर केलेली शेती, त्यातून निघालेलं धान्य हे सगळं आपल्यापर्यंत पोहोचतंच. तेव्हा हे टाळणं अशक्य आहे.

या जड धातूंमध्ये शिशापासून होणारं प्रदूषण अतिशय मोठ्या प्रमाणात आहे. हा धातू सहजपणे पाण्यात मिसळतो आणि जलप्रदूषण होतं. रंग उद्योग, खाणी, मुलामा देणारे उद्योग, संगणक आणि इतर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये आढळणारे सर्किट बोर्ड तयार करणारे उद्योग, बॅटऱ्या, मिश्रधातू, दारूगोळा, चिनी माती आणि काचेचं उत्पादन आणि वापर करणारे उद्योग, कागद, रासायनिक कारखाने अशा कितीतरी उद्योगांच्या सांडपाण्यात शिसं सापडतं.

जिथं याचं प्रदूषण नियंत्रित केलं जातं तिथं आयन्सचा विनिमय, बाष्पीभवन (evaporation), कण संकलन



यातही काही अडचणी दिसून येतात : साका (गाळ) तयार होणं, पाण्यात उरलेले या शोषक पदार्थांचे घटक वेगळे करण्याकरता आणखी काही प्रक्रिया करणं, वगैरे.

संशोधकांनी वरील प्रक्रियांच्या मर्यादा ओळखून जैवपॉलिमर वापरायचा विचार केला आणि त्यांना त्यात बऱ्यापैकी यश आलं असं त्यांनी प्रसिध्द केलेल्या संशोधन लेखात नमूद केलंय. एकाच टप्प्यात हे

(flocculation), अधिशोषण (adsorption), द्राव वेगळे करणं (solvent extraction), घातक पदार्थ विद्राव्य करून तळाशी बसवणं (precipitation) वगैरे पध्दती शिसं पाण्यातून वेगळं करण्यासाठी वापरल्या जातात. यातली अधिशोषण पध्दती कार्यक्षमता आणि खर्च याचा मेळ बघता आजमितीस सर्वात सोयीची आहे. बदामांची टरफलं, द्राक्षांची देठं, मक्याचा कोंडा, चिकणमाती अशा नैसर्गिक पदार्थांचा अधिशोषणासाठी वापर केला जातो. पॉलिमर अधिशोषकांचा वापर करूनही पाण्याचं शुध्दीकरण केलं जाऊ शकतं. ते या पदार्थांपेक्षा आणखी सुटसुटीत आहे. यात वेगवेगळ्या विद्राव्य जेल्सचा (उदा. कार्बोक्झिप्रोटेसान) उपयोग केला जातो. पण

अधिशोषण होईल असं विद्राव्य जैवपॉलिमर म्हणून त्यांनी गवारीच्या डिंकाचा वापर केला. त्यात त्यांना खालील फायदे दिसून आले:

पॉलिमरच्या अर्काचा कमीतकमी वापर, जलद अंमलबजावणी शिवाय जादा रसायनांच्या वापरामुळे पाण्यात होणारं प्रदूषण यात टळलं आणि पुन्हा शोषक पदार्थांचे घटक वेगळे करण्याकरता लागणाऱ्या प्रक्रियेची आवश्यकता उरली नाही. यामुळं ही पध्दत वापरून कमीत कमी खर्चात शिशाचं प्रदूषण कमी करता येणं शक्य होणार आहे. यामुळे ही लहान आणि मध्यम उद्योगांना परवडणारी पध्दत असेल. तसंच हा डिंक वनस्पतींमध्ये मोठ्या प्रमाणात आढळणारी बहुवारिक शर्करा (polysaccharide) असून व्यापारीदृष्ट्या सहज उपलब्ध आहे.

या डिकाचं वेगवेगळं प्रमाण, वेगवेगळं तापमान, प्रदूषित पाण्याची पीएचची पातळी, त्याच्याशी मिसळण्याचा वेग (agitation speed), डिक आणि प्रदूषित पाणी एकत्र ठेवलेला वेळ, इत्यादि मापदंड वापरून प्रयोग केले गेले.

आज संशोधक विविध पातळ्यांवर मापदंडांच्या उच्चतम मर्यादांपर्यंत प्रयोग करून सर्वोत्तम निष्कर्षांप्रत पोहोचले आहेत. त्यांच्या या प्रयोगात जेव्हा पाण्याचा पीएच ४.५ असेल तेव्हा या डिकाच्या संयोगानी ५६.७ टक्क्यांपर्यंत प्रदूषण कमी होऊ शकतं. जास्त पीएच असेल तर शिसं कमी प्रमाणात बांधलं जातं. उदाहरणार्थ, पाण्याचा पीएच ६ असताना डिकाची क्षमता ५.४% नी घटली. तसंच डिकाचं प्रमाण कमी जास्त केलं तर त्याच्याशी शिसं बांधण्याच्या प्रमाणातही फरक पडतो. उदाहरणार्थ ५०० पीपीएम डिकाच्या द्रावणात ३३.४% शिसं काढता आलं, तर १००० पीपीएम द्रावणात ते ५६.७ टक्क्यांपर्यंत वाढलं. डिकाच्या अधिशोषणाचं प्रमाण ते जितका वेळ प्रदूषित पाण्याशी संयोगात राहिल तेवढ्या प्रमाणात वाढतं असंही लक्षात आलं. विशेष तापमानापर्यंत केलेली वाढच अधिशोषणाचं प्रमाण वाढवते असं आढळून आलं आहे.

गवारीच्या डिकाचं द्रावण हा पाण्यातलं शिशाचं प्रमाण कमी करण्यासाठी एक उत्तम पदार्थ आहे असं या प्रयोगांवरून म्हणता

येईल. द्रावण तयार करण्याची पध्दत तुलनेनं सोपीही आहे. इतर पध्दतीत जशा वेगवेगळ्या पायऱ्यांवर काम करावं लागतं त्याही या पध्दतीत टळतात. अर्थात संशोधकांना याची कल्पना आहे की या पध्दतीत अद्याप परिपूर्णता आली नाहीये. कारण मानकांनुसार शुध्द पाण्यात शिशाचं प्रमाण ०.०५ पीपीएम पेक्षा जास्त असता कामा नये. संशोधकांशी व्यक्तिगत संपर्क साधला तेव्हा त्यांनी यापुढल्या विक्रमांची माहिती दिली जी अद्याप अप्रकाशित आहे. ५६% पर्यंत पाण्यातलं शिसं काढून टाकल्यानंतर पुन्हा एकदा ४४% प्रदूषित पाण्यावर त्यांनी याच पध्दतीनी प्रक्रिया केली आणि शिशाचं पाण्यातलं प्रमाण २२% पर्यंत खाली आणलं. त्यांचे हे प्रदूषण आंतरराष्ट्रीय मानकांपर्यंत खाली आणण्याचे प्रयत्न चालू आहेत आणि नुकतंच त्यांना गवारीच्या डिकाचं बहुविद्युतविघटन सामर्थ्य (polyelectrolyte strength) वाढवण्यात यश आलंय आणि हे द्रावण सुमारे ९५% शिसं पाण्यातून वेगळं करू शकतंय असं त्यांनी सांगितलं. या पध्दतीला परिपूर्ण करण्याचे त्यांचे प्रयत्न चालू आहेत. त्यांना त्यात यश येवो.

लेखक : डॉ. मुरारी तपस्वी

इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ ओशनोग्राफी, पणजी येथून ग्रंथपाल म्हणून निवृत्त.

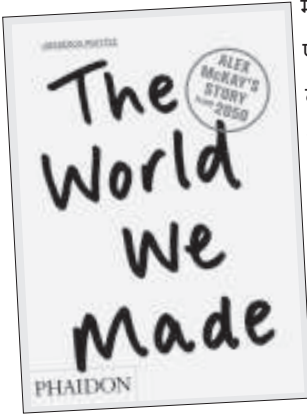
ग्रंथालयशास्त्रात विद्यावाचस्पती (डॉक्टरेट).

tapaswimurari@gmail.com

आपण हे काय केले आहे?

लेखक : प्रदीप साहा • अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे- फडके

ऑक्टोबर २०१३ मध्ये The World We Made नावाची कादंबरी प्रसिद्ध झाली आहे. जोनाथन पोरीट यांनी ती लिहिली आहे. २०५० सालात अॅलेक्स



मॅके नावाचा एक इतिहासाचा प्राध्यापक गेल्या पन्नास वर्षांच्या घडामोडींबद्दल बोलतो आहे, या काळात ऊर्जा, पर्यावरण, शाश्वत विकास या संदर्भात जगाची वाटचाल कशी झाली, काय अडचणी आल्या, कोणत्या संकटांना तोंड द्यावे लागले, या काळातल्या माणसांच्या वागण्यामुळे काय घोळ झाले या सगळ्याबद्दल तो सांगतो आहे अशी या कादंबरीची कल्पना आहे. या पुस्तकाबद्दल जे परिचय वाचायला मिळाले, त्यावरून ते वाचणे फार आवश्यक आहे असे

आपले लेखक श्री. प्रकाश बुरटे यांना वाटले. त्यातले महत्त्वाचे मुद्दे उद्धृत करणारी, जोनाथन पोरीट यांची एक मुलाखत त्यांनी पाठवली आहे. तिचा हा अनुवाद.

जोनाथन पोरीट विविध क्षेत्रात कार्यरत आहेत. यु. के. मधील पर्यावरणपूरक राजकारणाचे उद्गाते, चिरस्थायी विकासाचे प्रचारक, प्रसिद्धी माध्यमात काम करणारे आणि लेखक. त्यांचे नवे पुस्तक 'The World We Made' म्हणजे २०५० साली घडणारी एक थरारक गोष्ट आहे. आज आपल्याला चिरस्थायी विकासाच्या बाबत अनेक समस्या भेडसावत आहेत. भविष्यात ह्या समस्यांचे काय होईल, ह्याबद्दल ते प्रदीप साहा ह्यांच्याशी बोलले.

२०५० मध्ये घडणाऱ्या गोष्टींबद्दल, आपण पुढची ४० वर्षे जगलो आहोत असे समजून आज लिहिणे आणि नेहेमीचे लिखाण ह्यात काय फरक आहे ?

खूपच मोठा फरक आहे. मी आत्ता पर्यंत ९ पुस्तके लिहिली आहेत. प्रत्येक पुस्तकाची गोष्ट मी आत्ता ज्या काळात आहे तिथून सुरू होते आणि पुढच्या पाच वर्षांपर्यंत जाते, तेव्हा परिस्थिती खूप वाईट झालेली असते. पुढच्या १० वर्षांत परिस्थिती निराशाजनक असेल म्हणून मी लोकांना आनंदी बनवायचे मार्ग शोधतो. सगळी पर्यावरणपूरक पुस्तके अशीच असतात. ती समस्यांपासून सुरुवात करतात आणि उपायापर्यंत पोचतात. आपण भयानक समाजात राहतो आहोत आणि खरे सांगायचे झाले तर, समस्यांच्या उग्रतेचा विचार केला तर उपाय तोकडे पडतात.

ह्या पुस्तकाची सुरुवात मी थोडी वेगळ्या प्रकारे केली आहे. ही गोष्ट काल्पनिक विज्ञान कथेसारखी फारच पुढचा नाही पण मोठा बदल दाखवण्यासाठी पुरेसे आहे अशा वर्षांत सुरू होते. २०५० पासून सुरुवात केल्यामुळे माझी निराशाजनक समस्यांपासून सुटका झाली आणि जग ८५० कोटी लोकांसाठी चिरस्थायी (टिकाऊ/शाश्वत) बनले आहे असे मी गृहीत धरले. ह्या वेगळ्या सुरुवातीमुळे, जगाने बरेच वाईट धक्के सोसले आहेत. पण त्यातून ते सावरले असे मी म्हणू

शकलो. त्या धक्क्यांमधून आपण शिकलो. वर्तमानात आपल्याला तसे करण्याची गरज नाही. मी निवेदक, 'अॅलेक्स मॅके'ला २०५० मधून मागे २०१३ कडे पाहायला लावल्यामुळे मला लिखाणाचे स्वातंत्र्य मिळाले.

अॅलेक्स हे पूर्णतः काल्पनिक पात्र आहे का ?

अॅलेक्स पूर्णतः काल्पनिक आहे. मी १० वर्षे शिक्षक होतो. मी इंग्रजी आणि नाट्य शिकवायचो. मला शिकवायला खूप आवडायचे. त्यामुळे शिकवण्यावर माझे खूप प्रेम आहे आणि परीवर्तनाच्या प्रक्रियेत तरुण, शिक्षणतज्ञ आणि शिक्षक महत्त्वाचे आहेत, असा माझा दृढ विश्वास आहे. म्हणून माझे पात्र शिक्षक असायला हवे असे मला वाटले. त्याच्यात थोडासा माझा अंश आहे. हो, हा माझा आवाज आहे पण २०५० मधला !



ज्या गोष्टी करण्याचा विचार तुम्ही केला होतात, पण करू शकला नाहीत त्याबद्दल हे पुस्तक आहे का?

हो. मुख्यतः अशक्य असलेल्या गोष्टींबद्दल. उदाहरणार्थ, एखादा राजकीय पक्ष पर्यावरण सुधारण्यासाठी काम करण्यात पुढाकार घेईल. मी हे घडवून आणू शकत नाही.

तुम्ही कित्येक भाकिते केली आहेत. त्यातली बरीच आकडेवारी आणि आलेख ह्या स्वरूपातील आहेत. हे सखोल संशोधन आहे का अंदाज आहेत?

मी संशोधनावर बराच काळ खर्च केला. माहिती गोळा केली. लोकांनी वर्तवलेले अंदाज पाहिले आणि त्या आधारावर मी अंदाज बांधला. त्यांचे माहिती आलेखात रूपांतर केले. 'अन्न आणि कृषी संघटनेने' जागतिक मासळीच्या उपलब्धतेबद्दल अतिशय आशादायक अंदाज वर्तवले आहेत. बऱ्याच लोकांना असे वाटते की आपण महासागरांचे शोषण करत असल्यामुळे मासेमारीचा उद्योग कोलमडून पडेल. मी आज आपण जिथे आहोत तिथल्या माहितीवरून पुढचे अंदाज बांधले केले, घसरणीचे आरेखन केले आणि हळूहळू आपण उत्कृष्ट व्यवस्थापन राबवल्यामुळे महासागर पुन्हा मूळ स्थितीला येत आहेत, असे

दाखवले. आता काही लोक म्हणतील की हे आशावादी चित्रण आहे. पण एका मोठ्या धक्क्यामुळे आपल्याला परिस्थितीकडे वेगळ्या दृष्टीने बघणे भाग पडले, ह्या गृहितकावर ते आधारीत आहे.

सगळे माहिती आलेख संशोधनावर आधारीत आहेत. 'आंतरराष्ट्रीय उर्जा संस्था' (International Energy - Agency : IE-) आणि जागतिक बँकेचे पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जेच्या काही समस्यांबद्दलचे अंदाज मनोरंजक आहेत. ह्या अंदाजांवर आधारीत मांडणी मी केली आहे. हे अतिशय काळजीपूर्वक केलेले संशोधन आहे. ते पूर्ण करायला मला दोन वर्षे लागली.

सौर क्रांतीवर तुम्ही एक अखखे प्रकरण लिहिले आहे. अशी क्रांती खरेच घडेल असे तुम्हाला वाटते का? त्यासाठी लागणारे ज्ञान आणि वित्त पुरवठा उपलब्ध आहे का?

विविध आघाड्यांवर क्रांती होताना मला दिसते आहे. फोटोव्होल्टेईकच्याबाबत ती घडताना मला दिसतेय. भारतासकट जगातील कित्येक देशांमधला सौर उद्योग चीनमधील फोटोव्होल्टेईक क्रांतीमुळे उद्ध्वस्त झाला. विरोधाभास म्हणजे लोकांच्या अपेक्षांवर त्याचा चांगला परिणाम झाला. चीनमधील दोन मोठ्या सौर उत्पादकांना मी भेटलो आणि त्यांना सांगितले की किमती



कमी करून आणि कार्यक्षमता वाढवून ते मोठी कामगिरी करत आहेत. त्यांनी किमती एक डॉलर प्रती वॉट इतक्या कमी केल्या आहेत. प्रती वॉट ५० सेंट्स इतकी किंमत कमी करण्यात कोणतीही तांत्रिक अडचण नाही असे त्यांचे म्हणणे होते. ह्या किमतीला फोटोव्होल्टेईक वीज जगात कुठेही स्पर्धा करू शकेल. मग ती वितरण जाळ्यामार्फत किंवा स्वतंत्रपणाने कशीही वापरा. (ऑफ ग्रीड असो किंवा ग्रीड.) लोकांनी ह्या परिणामांचा विचार केला आहे असे मला वाटत नाही.

ऑफ ग्रीड मधील क्रांतीबद्दल तुमचे काय मत आहे?

मला वाटते सौर क्रांती 'ऑफ ग्रीड' मध्ये सुरु होईल. भारतासारख्या देशात बरेच लोक ग्रीडला जोडलेले नाहीत त्यामुळे भारतासारख्या देशात ही क्रांती सुरु व्हायला

काहीच अडचण नाही, असे मला वाटते. ग्रीडला न जोडलेल्या ग्रामीण जनतेला सौर, जैव, मिनीहायड्रो आणि पवन उर्जा एकत्रितपणे मिळाली तर त्यांचे जीवनमान उंचावण्यासाठी लागणाऱ्या ऊर्जेची सर्व गरज भागेल, असे मला वाटते. हे थोडेसे मोबाईल दूरतंत्रज्ञानासारखे आहे. आता स्थिर जोडणीचे फोन असावेत असे कुणीच म्हणत नाही. तसेच लोक म्हणतील, आता आम्हाला गळती असलेल्या वितरण जाळ्याची - ग्रीडची गरज नाही. जागतिक बँकेचा गरीब समाजासाठी असलेल्या ऊर्जा वितरण यंत्रणांबद्दलचा नवीन अहवाल पहा. आपण जी भाषा १५-२० वर्षांपूर्वी वापरायला सुरुवात केली तीच भाषा बँक आज बोलते आहे. हे समजायला बँकेला बराच काळ लागला. तीसुद्धा आता वितरण योग्य ऊर्जेबद्दल बोलते.

मी हे पुस्तक वाचलेले नाही. परंतु ती चांगले असावे असे वाटले. त्याची परीक्षणे आणि मुलाखती वाचत असताना माझ्या मनात एक खळबळ सुरु झाली असल्याचे मला जाणवत होते. कुणा जवळच्या मित्राने-मैत्रिणीने किंवा मी स्वतः मस्तपैकी गाडी घेतली आहे आणि ती पाहायला येण्याचा आग्रह होतो/करतो आहे, सामाजिक संकेतांचे जड ओझे जमेल तेवढ्या ताकतीने दूर लोटायचा मी प्रयत्न करतो आहे, मनातल्या मनात प्रयत्न वारंवार कोसळत आहेत, शेवटी मी हारतो आणि म्हणतो, 'Congratulation!!'

परंतु आवाजात जिवंतपणाचा अभाव आहे. शब्द मोले रडायला घातल्याप्रमाणे तोंडातून धरंगळला आहे. कारण मला मनातून म्हणायचे असते, 'अरे/अगं, तुझेही पाय मातीचेच निघाले की! बाजारापुढे लोटांगण घालणारे!'

ऊर्जावापर, कार्बन क्रेडिट्स, वातावरण बदल सगळ्याबद्दल वाचायचे, वादही घालायचे; पण प्रत्यक्ष वागण्यात काहीही फरक करायचा नाही!! हे सगळे कसे बदलणार, आणि वेळेत न बदलल्याचे काय परिणाम माणसाला भोगायला लागणार - याचे एक चित्र या पुस्तकात उभे केलेले दिसते. पुस्तक मिळाले तर जरूर वाचूया.

प्रकाश बुरटे

बँक आणि इतर गुंतवणूकदारांचा पाठींबा तुम्हाला दिसतो आहे का? म्हणजे मोठ्या गुंतवणूकदारांचा?

हो, मला तसे वाटते आहे आणि खूपच विरोधाभास म्हणजे भारत त्यासाठी अगदी योग्य स्थितीत आहे. तुमच्याकडे दरडोई ग्रामीण विकास बँका जगातील इतर कुठल्याही देशापेक्षा जास्त आहेत. मला असे वाटते की 'ऑफ ग्रीड' ग्रामीण विकासाच्या सगळ्या प्रकारांना उपयोगी पडते : शेती उत्पादनक्षमता, जल व्यवस्थापन, कचऱ्याचे व्यवस्थापन.

ज्या प्रमाणाबद्दल आपण बोलतो आहे, त्यासाठीचा वित्त पुरवठा अजूनही अवघड

आहे. पण भारतीय राजकारण्यांना वाटणारे ग्रामीण मतांचे महत्त्व लक्षात घेता हे शक्य आहे असे दिसते. जगातील बऱ्याच देशात ग्रामीण भागातील मते लक्षात घेतली जात नाहीत. पण भारतात ती महत्त्वाची आहेत. त्यामुळे त्या बाबत मी आशावादी आहे. (...)

२०२५ मध्ये एक कोटी लोकांच्या मृत्यूबद्दल तुम्ही लिहिले आहे. हे आर्थिक आणि पर्यावरणीय दोन्ही दृष्टीने संकटच आहे. हे टाळण्याचा काही उपाय तुम्हाला दिसत नाही का ?

नाही. तुम्हाला दिसतेय की मी काही उदास माणूस नाही. पण आपण खूप चुका केलेल्या आहेत. आपण अथकपणे चुकीच्या गोष्टींवर लक्ष केंद्रित केले. उदाहरणार्थ GM (genetic modification). वाया जाणाऱ्या अन्नाचे काय करायचे? हा एक मोठा गंभीर प्रश्न आहे. अन्न टंचाईवर मात करायची असेल तर वाया जाणाऱ्या अन्नावर उपाय शोधवा लागेल. राजकारणी लोक GM ने झपाटलेले दिसतात, पण अन्नाची नासाडी कमी करण्याबद्दल राजकारण्यांना बोलताना मी कधी ऐकले नाही. उपलब्ध प्रथिनामधील ३०-४५ टक्के प्रथिने काही देशात वाया जातात. आपण जर ह्यावर उपाययोजना करू शकलो तर २०१३ पर्यंत आपले अन्नधान्य उत्पादन दुप्पट करण्याची गरज आपल्याला भासणार नाही. कारण प्रथिनांच्या वापरात आपण बरेच कार्यक्षम झालो आहोत. बरेच शेतकरी शेतीवर उदरनिर्वाहासाठी अवलंबून असताना राजकारणी लोक उच्च तंत्रज्ञान वापरून उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करतात तेव्हा मला चिंता वाटते. १९६०, १९७० आणि १९८०च्या 'एक-पीक' पद्धतीतून कसे मुक्त व्हायचे ह्याबद्दल आपण बोलत नाही.

तुमचे असे भाकीत आहे की शेतीमध्ये उत्पात घडवण्याचे काम सूक्ष्मजीव करतील.

मी कृषीशास्त्रज्ञांशी बराच वेळ बोललो आणि ज्या प्रकारे आपण शेती करतो आहोत ते पाहता रोगांचा उद्रेक होण्याची भीती वर्तवली जात आहे. एक-पीक पद्धत रोगजंतूंच्या पैदाशीचे केंद्र बनते.

विविध रोगजंतूंमध्ये होणाऱ्या बदलानुसार पिकांवरचे रोग बदलत आहेत. बदलणाऱ्या रोगांना तोंड देण्यासाठी पिकांच्या निवडीचे तंत्र बदलण्याच्या आपल्या असमर्थतेबद्दल कृषीशास्त्रज्ञ चिंतित आहेत.

UG ९९ ची गोष्ट ही माझी निर्मिती नाही. गव्हासारख्या पिकावरील ताम्बेच्यावर संशोधन करणाऱ्या शास्त्रज्ञांचे हे म्हणणे आहे. भांडवलशाहीने अधिकाधिक नफा मिळवण्यासाठी उत्कृष्ट पद्धत तयार केली आहे. आपण निसर्गाची किंमत कमी करतो, त्यामुळे आपण वस्तूंची किंमत वाढवतो आणि नफा कमावतो. धोरणे तयार करणारे राजकारणी आणि नफा कमावणारे उद्योग ह्यांचे साटेलोटे आहे. ते कसे तोडणार?

लोक मला विचारतात की आजच्या जगात जे काही पहायला तुम्हाला आवडेल त्याबद्दल हे पुस्तक आहे का? मी त्यांना सांगतो की तसे काही नाही. लोकांनी निसर्गाचे संवर्धन आणि पर्यावरणाची किंमत ह्या गोष्टी चांगल्या प्रकारे कराव्यात असे मला वाटते. त्यांची पैशात किंमत करता येते म्हणून नव्हे तर त्यावर आपले आयुष्य अवलंबून आहे म्हणून. तिथेपर्यंत अजून आपण पोहोचलो



नाही, तोवर आपण ज्ञानाएवजी त्याची किंमत पैशात ठरवून त्याचे मोल केले पाहिजे. माझ्यासाठी हे सर्वात जास्त खेदजनक आहे कारण ह्याचा अर्थ निसर्गाबरोबर आपले नाते जसे असले पाहिजे तसे आपण आत्मसात केले नाही. पण तसे करण्याचा दुसरा कुठलाही मार्ग आपल्याकडे नाही. ब्राझील मधील निसर्गाचे अतोनात नुकसान करणाऱ्या सोयाबीनच्या शेतकऱ्यांचे अशक्यप्राय उदाहरण मी दिले आहे. तिथे पडलेले दोन भयंकर दुष्काळ त्यांना जागे करतात. अचानक एकदम ते म्हणतात, पर्जन्यवने म्हणजे पर्जन्य. पर्जन्यवन रक्षणाचे ते उत्साही प्रचारक होतात. पर्यावरणीय सेवेचे मोल ठरवण्याचा हा एक ओबडधोबड मार्ग आहे. आपली व्यवस्थापन यंत्रणा चांगली नसेल तर मानवी अर्थव्यवस्थेचा बळी पडेल हे सांगणारे एखाद्या मोठ्या उद्योगाचे दुसरे उदाहरण मला दिसले नाही. (...) श्रीमंत औद्योगिक देशांनी कित्येक दशके हवामानाच्या प्रणालीच्या केलेल्या दुरुपयोगाबद्दल नुकसानभरपाई

देण्याच्या तपशीलात मी शिरलो नाही. सगळ्या देशांनी ह्यावर एकत्रित काम करायची गरज आहे, ह्या मुद्यावर मी आलो आहे. ह्याचा एकंदरीत अर्थ असा की श्रीमंत देशातील व्यवस्थांमध्ये विकसनशील देशातील व्यवस्थांपेक्षा जास्त बदल होतील. भारत, चीन आणि इतर देश 'तुम्ही जोवर ह्या समस्या सोडवत नाही तोवर आम्ही काहीच करणार नाही' असे म्हणतात, ह्या जुन्या वादविवादाचा मला कंटाळा आला आहे. त्या पत्तीकडे जाण्याचा मी प्रयत्न केला, इथे आपल्याला समजेल की आपण सर्वच जण चुकलो आहोत आणि एक वेगळेच सामंजस्य दाखवण्याची गरज आहे. ह्याचा अर्थ असा आहे की शेवटी पाश्चात्य जगाला जास्ती किंमत मोजावी लागेल. म्हणजे ह्यात नुकसानभरपाई आहे. माझ्या प्रचाराचा मोठा भाग असलेली गोष्ट, पर्यावरणीय न्याय



अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे- फडके

सॉफ्टवेअर इंजिनियर, भाषांतराची आवड

शंकासुराचा प्रश्न

लेखक : अंबरीश सोनी • अनुवाद : गो. ल. लोंढे

आमच्या मित्रमंडळातील शंकासुराने आज एक प्रश्न विचारला : कढईतील उकळत्या तेलावर पाण्याचे शिंतोडे उडाले, तर काहीतरी फुटल्याचा किंवा तडतडण्याचा आवाज का येतो ?

कढईतील खूप कढत तेलावर पाण्याचे शिंतोडे पडले तर तडतड असा आवाज येतो. जाणूनबुजून तर कोणी असे करीत नसेल पण एवढे मात्र खरे की कित्येक वेळा चुकून आधीचेच पाणी भांड्यात राहून गेल्यामुळे, किंवा काम करणाऱ्या व्यक्तीचे हात ओले असल्यामुळे नाहीतर ढवळण्याचा चमचा ओला राहून गेल्यामुळे पाण्याचे शिंतोडे कढत तेलात पडतात. असे झाल्याबरोबर कढत तेलाचे कण तेथे काम करीत असलेल्या व्यक्तीच्या अंगावर किंवा चेहऱ्यावर जोरात उडतात आणि त्यामुळे फोड येतात.

पाण्याचे थेंब जर गार तेलावर पडले तर फक्त एवढेच होते की ते थेंब तेलाच्या पृष्ठभागावर तरंगू लागतात (यालाच आपण तवंग असे म्हणतो) वास्तविक या दोन घटनांमध्ये जो फरक पडतो, तो केवळ तेलाच्या तापमानामुळे. स्वयंपाकघरात तळणासाठी तेल कढत केले जाते, तेव्हा त्याचे तापमान जवळजवळ दोनशे अंश सेंटीग्रेड असते. इतक्या कढत तेलात पाणी पडल्याबरोबर तेलातील औष्णिक ऊर्जा पाण्याला मिळते त्याबरोबर पाणी उकळू लागते व त्या पाण्याचे वाफेत रूपांतर होऊ लागते.

ही प्रक्रिया ऊर्जास्थानांतरणाच्या प्रकारावर अवलंबून असते. जेव्हा ऊर्जेचे स्थानांतरण संवहन पद्धतीने होते तेव्हा औष्णिक उर्जा एका पदार्थाकडून दुसऱ्या



पदार्थाकडे स्थानांतरित होत असते. असाच प्रकार या घटनेत होत असतो. अशा वेळी पदार्थाचा जो भाग ऊर्जा प्रवाहाच्या प्रत्यक्ष संपर्कात येतो त्या भागातील गतिज ऊर्जेत वाढ होते. औष्णिक ऊर्जेचं गतिज ऊर्जेत रूपांतर झाल्याने ही वाढ होते. आता पदार्थाचे कण पहिल्यापेक्षा जास्त वेगाने कंपन पावतात व ते जास्त वेगाने फिरू लागतात. पदार्थाचे अणू आणि परमाणू यांच्यामध्ये स्थितीस्थापकत्व असते पण आता अणू आणि परमाणू यांच्यामध्येच टक्कर होऊ लागते व अशा प्रकारची शृंखला अभिक्रिया पूर्ण पदार्थातच सुरू होते. अशा प्रकारे गतिज ऊर्जा वाढल्याने व टक्करी सुरू झाल्याने

पाण्याच्या थेंबाचे तापमान भरभर वाढते व त्याचे रूपांतर वाफेत होते. तेल फार कढत असेल तर ही प्रक्रिया पूर्ण होण्यास एक सेकंदापेक्षाही कमी वेळ लागतो.

इतक्या थोड्या वेळात वाफ बनत असल्याने पाण्याचे आकारमान एकदम वाढते व तेलावर वाफेचा स्फोट होतो. वाफेच्या स्फोटाबरोबरच कढत तेलाचे शिंतोडेही उडू लागतात व त्या शिंतोड्यांचा तडतड आवाज येऊ लागतो.

■ ■

शै. संदर्भ अंक ८६ मधून साभार

लेखक - अंबरीश सोनी

मराठी अनुवाद - गो. ल. लोंढे, निवृत्त प्राचार्य

धरणाचे प्रकार

लेखांक - ३

लेखक : वैजयंती शेंडे

आपण मागील लेखामध्ये धरणाच्या जागा निवडीचे निकष पाहिले. आपण हेही पहिले की जागा निवड आणि धरणाचा प्रकार ह्या बाबी एकमेकांशी निगडित आहेत. विकासाच्या पहिल्या टप्प्यामध्ये आपल्या निकषानुसार सर्व चांगल्या जागा निवडल्या जातात. नंतरच्या टप्प्यात चांगल्या जागांचा तुटवडा जाणवू लागला की धरणाची जागा निवडताना थोड्या तडजोडी कराव्या लागतात. आणि त्या जागेच्या गुणवत्तेनुसार धरणाचा प्रकार निवडला जातो. कोयना आणि हूवर धरणाच्या वर्णनात भारस्थायी तसेच कमानी धरणाच्या प्रकारांचा उल्लेख होता. पानशेतचे धरण मातीचे आहे हेही आपल्याला ऐकून माहिती असते. तुम्हाला वाटत असेल की धरणाचे आहेत तरी किती प्रकार? तसे प्रकार खूपच आहेत. जलप्रेरित अभिकल्पाप्रमाणे (Hydraulic Design) पाणी अडवण्यासाठी Nonoverflow

आणि जास्तीचे पाणी वाहून नेण्यासाठी overflow असे प्रकार असतात. धरणाची उंची लक्षात घेतली तर मोठे (Large dam) किंवा लहान धरण (small dam), धरणाचे मुख्य कार्य पाहता संग्राहक धरण (storage dam), पाणी वळवण्यासाठी व्यावर्तन धरण (divergent dam), मुख्य धरण बांधताना पाणी अडवण्यासाठी कुंडन धरण (coffer dam) किंवा धरण बांधणीसाठी वापरात येणाऱ्या बांधकामाच्या साहित्यावरून उदा: मातीचे धरण, काँक्रीटचे धरण असे विविध पध्दतीने वर्गीकरण करण्यात येत असले तरी धरणाचे मुख्य चार प्रकार मानले जातात.

१. भारस्थायी धरण (Gravity dam)

२. कमानी धरण (Arch dam)

३. टेकू धरण (Buttressed dam)

हे तीन प्रकार दृढ धरण (Rigid Dams) ह्या प्रकारात मोडतात. हे धरणावरच्या

प्रतिबलांमुळे निर्माण होण्याच्या नमन प्रतिबलांचा (Bending moments) सामना करू शकतात.

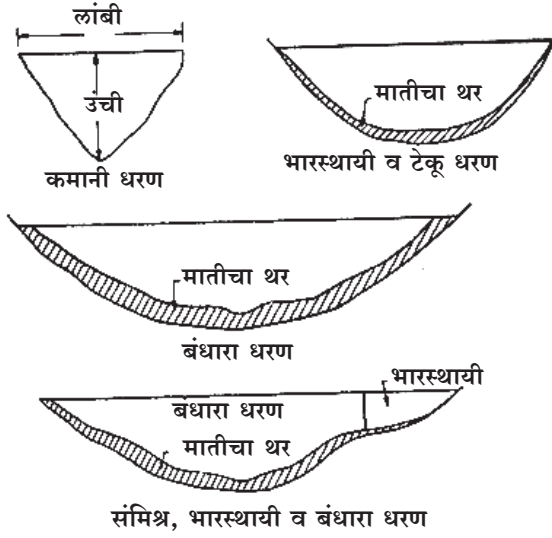
४. बंधारा धरण (Embankment dam) हे स्थैर्यासाठी कर्तन बलावर (shear strength) अवलंबून असते. ह्या व्यतिरिक्त एकाच धरणात वर सांगितल्यापैकी दोन किंवा जास्त प्रकारांचे मिश्रण असेल तर अशा धरणांना संमिश्र धरणे म्हणतात. ओरिसातील महानंदा नदीवरील हिराकूड हे काँक्रीट, दगडी आणि मातीचे असे संमिश्र प्रकारचे धरण आहे. २५.८ कि.मी. लांबीचे हे धरण भारतातील सर्वात लांब धरण आहे. ह्यात मुख्य धरण ४.८ कि.मी. लांबीचे असून लक्ष्मीडुंगरी आणि चांदलीडुंगरी ह्या टेकड्यांच्या मध्ये आहे. ह्या टेकड्यांच्या डाव्या आणि उजव्या बाजूस २१ कि.मी.

लांबीच्या मातीच्या भिती (earthen dykes) आहेत.

धरणाचा प्रकार ठरवताना मुख्यत्वे दरीचा आकार आणि पायातील खडकांची स्थिती यांचा विचार केला जातो. अरुंद, इंग्रजी V आकाराची दरी आणि कडेचे खडक भक्कम, अशी जागा कमानी धरणाला योग्य तर साधारण दरी आणि पायासाठी उत्तम खडक, उत्तम खडकांपर्यंत पोचण्यासाठी मातीचे कमीतकमी थर (overburden) हे वैशिष्ट्य असलेली जागा भारस्थायी आणि टेकू धरणासाठी विचारात घेतली जाते. साधारण दरी आणि कमकुवत पायाचा खडक असेल तर बंधारा धरण आणि त्यात चांगल्या पायाच्या जागेत काँक्रीट सांडव्याची योजना करता येते.

हिराकूड धरण





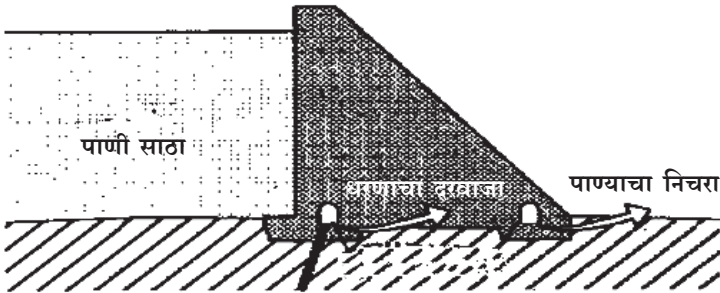
संमिश्र, भारस्थायी व बंधारा धरण

भारस्थायी धरण (Gravity Dam):

आपण मागे पाहिल्याप्रमाणे भारस्थायी धरण स्थैर्यासाठी स्वतःच्याच वजनावर अवलंबून असते. म्हणजेच धरणावर येणारा पाण्याचा भार तसेच इतरही बल धरण स्वतःच्या वजनावर पेलू शकते. सर्व भार पायावर सोपवले जात असल्यामुळे धरणाच्या

जागेत उत्तम अभेद्य खडक असणे गरजेचे असते. उंच धरणाच्या बांधकामासाठी ह्या प्रकारच्या धरणाची योजना केली जाते. त्रिकोणी आकाराच्या ह्या धरणातील अंतर्गत प्रतिबले गणिताच्या साहाय्याने सहज ठरविले जातात. त्यामुळे ह्या धरणाचे अभिकल्प आणि बांधकाम सोप्या आणि जलद पध्दतीने

भारस्थायी धरण





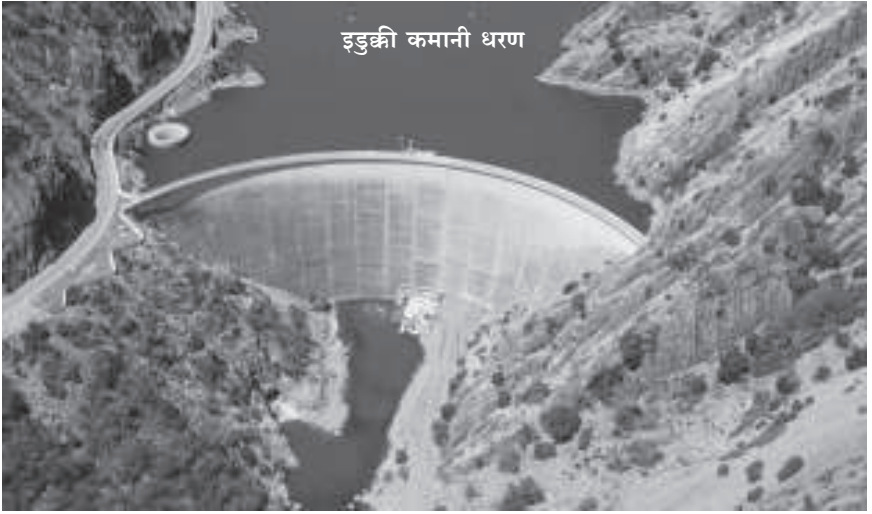
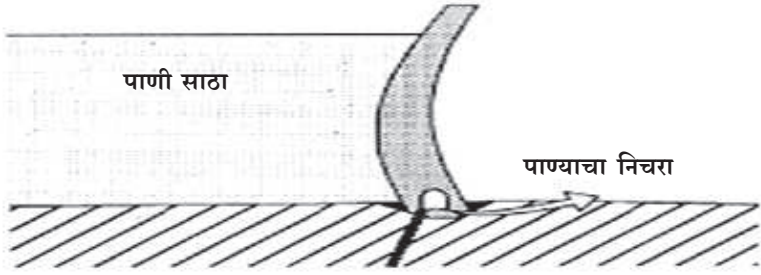
भाक्रा धरण

करता येतात. हे बहुअंशी काँक्रीटचे बनवले जाते. सतलजवरचे भाक्रा, महाराष्ट्रातले कोयना, नर्मदेवरचे सरदार सरोवर ही धरणे काँक्रीट भारस्थायी प्रकारची आहेत. २२६ मी. उंचीचे भाक्रा धरण हे ह्या प्रकारातले जगातले सर्वात उंच धरण होते. आता स्वित्झर्लंडमधील २८५ मी. उंचीचे ग्रांड दिक्सॅस हे जगातले सर्वात उंच धरण आहे. पाकिस्तानमध्ये सिंधू नदीवर २७२ मी. उंचीचे काँक्रीट धरण बांधकामाच्या प्राथमिक टप्प्यावर आहे. पूर्वी भारस्थायी धरणे दगडी बांधकामाची पण बनवली जात असत. अलीकडच्या काळातले कृष्णा नदीवरचे १२५ मी. उंचीचे नागार्जुनसागर धरण दगडी बांधकामातील, जगातले सर्वात उंच भारस्थायी धरण आहे.

कमानी धरण (Arch -dam) :

ह्या प्रकारच्या धरणांमध्ये बराचसा पाण्याचा भार कडेच्या खडकांवर आणि थोडासा तळाच्या खडकांवर सोपविला जातो. कमानी धरणाचे स्थैर्य स्वतःच्या वजनावर अवलंबून नसल्यामुळे कमानीसारखी बाकदार पण निमुळती भिंत स्थिर राहते. फक्त कडेचे खडक भक्कम हवेत. धरणाच्या जागेतील पायाच्या खडकांची स्थिती इतकीशी ठीक नसेल, तसेच खूप उंच धरणासाठी भारस्थायी धरण आर्थिकदृष्ट्या तोट्याचे ठरत असेल तर पर्याय म्हणून कमानी धरणाची योजना आखली जाते. कमानी धरणे काँक्रीटची बनवण्यात येतात. अरुंद व खोल खोरे कमानी धरणासाठी योग्य ठरते. ह्या प्रकारच्या धरण बांधणीसाठी उत्तम अभिकल्प, अभियंता, कुशल कामगार आणि उत्तम गुणवत्तेचे काँक्रीट

कमानी धरण



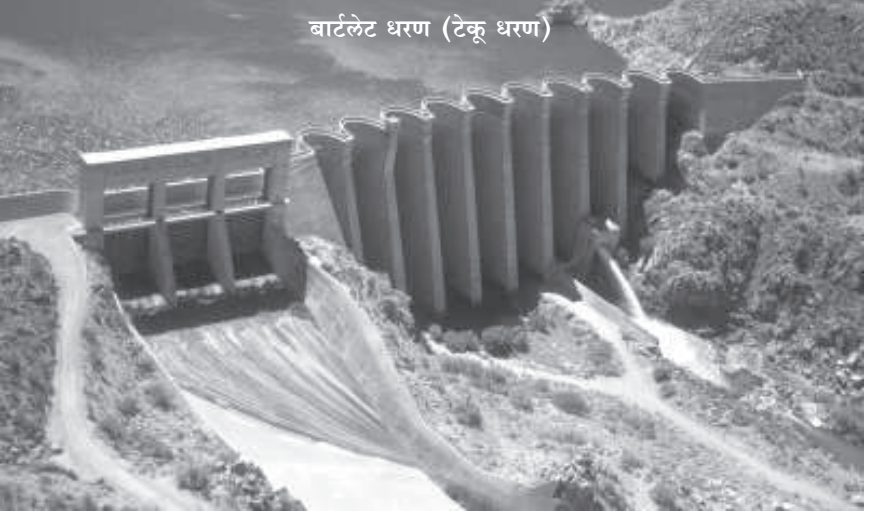
ह्यांची गरज असते. केरळ राज्यातले इडुक्की धरण हे भारतातले पहिले कमानी धरण आहे. खोरे जर रुंद असेल तर एका कमानीऐवजी अनेक कमानी बांधल्या जातात. ह्याला बहुकमानी धरण म्हणतात.

टेकू धरण (Buttressed dam) :

हा एक भारस्थायी धरणाचाच प्रकार

आहे. या प्रकारच्या धरणात नदीच्या पात्रात टेकू भिंती बांधण्यात येतात. या टेकू भिंतींच्या आधारे काँक्रीटची लादी तिरपी उभी केली जाते. या लादीचा जमिनीशी 45° ते 55° इतका कोन असतो. प्रथम पाण्याचा दाब लादीवर येतो. लादीही टेकूवर टेकलेली असल्यामुळे तो दाब ओघानेच टेकूवर येतो. धरणाची भिंत कमी जाडीची असली तरी

बार्टलेट धरण (टेकू धरण)



टेकू भिंती लावून प्रबलन (reinforce) केले जाते आणि त्यामुळे काँक्रीटची बचत होते. पायाचा दगड कमकुवत असेल तरी ह्या प्रकारच्या धरणाचा विचार केला जातो. टेकू धरणाचा अजून एक फायदा हा की, धरणाच्या पायथ्याशी बांधावयाचे विद्युत केंद्र दोन उभ्या टेकू भिंतींमध्ये असलेल्या मोकळ्या जागेत बांधता येते. खड्या भिंतीचा वापर विद्युत केंद्राच्या भिंतींसारखा झाल्यामुळे खर्चात काटकसर होते. धरणाच्या सडपातळ भिंतींचे काँक्रीट करताना कमानी धरणाप्रमाणेच या धरणातही अत्यंत खबरदारी घ्यावी लागते.

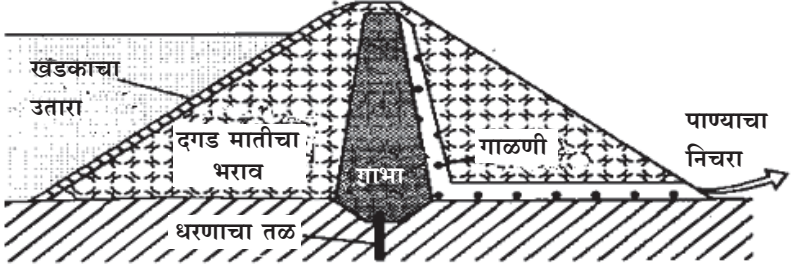
बंधारा धरण

(Embankment dam) :

प्राचीन काळापासून पाण्याच्या

साठवणीसाठी मातीची धरणे बांधली जात. पण त्यात विज्ञानापेक्षा कलेचा भाग जास्त असे. तेंव्हा अभिकल्प शास्त्र प्राथमिक अवस्थेत असल्यामुळे मातीची धरणे अगदी कमी उंचीची बांधली जात. पण जसे जसे मृद विज्ञान आणि मृद अभियांत्रिकी विकसित होत गेली तसतशी जास्त उंचीची मातीची धरणे बनू लागली. रशियातले नुरेक (Nurek) धरण ३०० मी. उंचीचे आहे. भारतातले रामगंगा धरण १२५ मी. उंचीचे आहे. ही धरणे समलंबाकार (Trapezoidal) असतात. कुठल्याही जागेवर स्थानिक आणि नैसर्गिक बांधकाम साहित्य वापरून ही धरणे बांधली जातात. मागे म्हटल्याप्रमाणे योग्य जागा संपल्या की अफाट लोकसंख्येची पाण्याची गरज भागवण्यासाठी मातीच्या धरणांचा विचार

बंधारा धरण



केला जातो. अशा प्रकारच्या धरणावरून पाणी वाहणे धोक्याचे असल्यामुळे वेगळ्या काँक्रीटच्या सांडव्याची (spillway) योजना केली जाते. बंधारा धरणे दोन प्रकारची असतात.

१. मातीचे धरण (Earthen)
२. दगडी भरावाचे धरण (Rock Fill).

मातीच्या एकविध प्रकारात संपूर्ण धरणात चिकणमाती आणि रेती ह्यांचे मिश्रण असलेली एकाच प्रकारची माती वापरतात. तर दुसऱ्या प्रकारात गाभ्यात कमी झिरपणारी चिकणमाती आणि बाह्य भागात झिरपलेल्या पाण्याचा निचरा होण्यासाठी रेतीमिश्रित माती वापरतात. शिवाय धरणातून झिरपलेल्या पाण्याचा निचरा करण्यासाठी जड वाळू व

गोटे वापरून गाळण्यासारख्या निस्यंदकाची (filter) योजना केलेली असते. ज्याठिकाणी पुरेशी माती उपलब्ध नसते अशा ठिकाणी निरनिराळ्या आकाराच्या दगडांचा वापर करून दगडी भरावाचे धरण बनवले जाते. धरणातून पाणी झिरपणे टाळण्यासाठी गाभ्यामध्ये किंवा पाण्याजवळील धरणाच्या पृष्ठभागाजवळ पाणतोड पडदीची (cut-off wall) योजना केलेली असते. दगडी भरावाच्या धरणात अंगभूत स्थैर्य असते. ही धरणे भूकंपाचा सामना चांगल्याप्रकारे करीत असल्यामुळे हिमालयासारख्या भूकंपप्रवण भागात ह्या धरणांची योजना आखली जाते. २६१ मी. उंचीचे भागीरथी नदीवरचे टेहरी धरण हे माती आणि दगडी भरावातले भारतातील सर्वात उंच धरण आहे.



लेखक : वैजयंती शेंडे, केंद्रीय जलविद्युत अनुसंधान शाला येथून मुख्य अनुसंधान अधिकारी म्हणून निवृत्त, धरणाच्या बांधकामाच्या स्थैर्यासंबंधीच्या विविध अभ्यासात संशोधन.

अणूविचार

भाग - ३

लेखक : जयंत फाळके

बोहर या शास्त्रज्ञाने 'वास्तवाशी बऱ्यापैकी जुळणाऱ्या' रूदरफोर्डच्या हायड्रोजन अणुप्रतिकृतीला कसे वाचवता येईल याचा विचार केला. प्रामुख्याने त्याने पारंपरिक भौतिकशास्त्राचा थोडासा वेगळा विचार केला :

१. हायड्रोजनच्या अणूमधील इलेक्ट्रॉन ऊर्जा उत्सर्जित करतात. ही ऊर्जा माध्यमाविना प्रवास करणाऱ्या विद्युतचुंबकीय प्रारणांच्या स्वरूपात असते.
२. विद्युतचुंबकीय प्रारणे (उदा. प्रकाश) रासायनिक अभिक्रिया घडवू शकतात. उदा. प्रकाश संश्लेषण, फोटोग्राफीत वापरले जाणारे चांदीच्या क्षारांचे क्षपण.
३. शोषण केलेली विद्युत चुंबकीय प्रारणे अणू विशिष्ट स्वाभाविक वर्णपटांद्वारे (characterstic spectra) उत्सर्जित करतात.

४. या माहितीला त्याने आधुनिक भौतिकीमधील प्लांकच्या सिद्धांताची जोड दिली. तो सिद्धांत असा : उत्सर्जित प्रारणे ऊर्जेच्या कणांच्या स्वरूपात असतात. V या कंप्रतेची ऊर्जा $hV = E$ एवढ्या मात्रेच्या ऊर्जाकणांच्या स्वरूपातच असते. h हा स्थिरांक प्लांकचा स्थिरांक आहे. $h = 6.6^{25} \times 10^{-34}$ joule-sec.
५. या सिद्धांताचा प्रायोगिक व सैद्धांतिक पडताळा आईनस्टाईनने १९०५ साली प्रकाश विद्युतीय (Photoelectric) परिणामाच्या स्पष्टीकरणाद्वारे पुरवला होता. त्यामुळे विद्युत चुंबकीय ऊर्जेचे कण स्वरूप १९०५ साली मान्य झाले. या कणांना तेजक (Photon) असे नाव मिळाले. V या कंप्रतेचा तेजक

$h\nu = E$ एवढी ऊर्जा धारण करतो.

६. भौतिकीय सिद्धांतांचा प्रायोगिक पडताळा मध्यमश्रेणीच्या (Macroworld) दुनियेत घेतलेला आहे. सूक्ष्मश्रेणीच्या जगातले (Microworld) सिद्धांत जरा वेगळे असले तर त्याचा शोध घ्यायला हवा.

७. अणू आणि विद्युत चुंबकीय प्रारणे यांचा संबंध फार घनिष्ठ आहे. तो संबंध कसा आहे त्याचा शोध घ्यायला हवा. यासाठी बोहरने हायड्रोजन अणूमधील इलेक्ट्रॉनशी संबंधित अशा चक्रीय संवेग (angular momentum) या राशीचा विचार केला. कारण h हा स्थिरांक जसा joule-sec. या एककात दर्शविता येतो तशीच $m =$ वस्तुमान; $V =$ वेग आणि $R =$ कक्षेची त्रिज्या यांच्यापासून निर्माण होणारी चक्रीय संवेग mVR ही राशीसुद्धा joule-sec. या मापाने मोजतात.

प्लांक्ने ऊर्जा कणांसाठी $E = h\nu$ हे सूत्र वापरले तसे बोहरने चक्रीय संवेग $mVR = n h/2\pi$ $n = 1, 2, 3$ हे सूत्र निर्माण केले.

आणि असे सुचवले की चक्रीय संवेगाचा हा नियम पाळणाऱ्या कक्षेतल्या इलेक्ट्रॉन्सना ऊर्जा उत्सर्जित करावी लागत नाही. पारंपरिक भौतिकीला त्याने हा अपवाद सुचवला.

अशा कक्षांना संमत (allowed) कक्षा असे नाव दिले. त्यामुळे पहिली संमत कक्षा $n = 1$ व ऊर्जा E_1

$n = 2$ व ऊर्जा E_2

$n = 3$ व ऊर्जा E_3

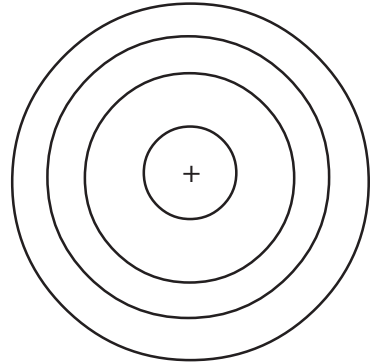
$C^0 = E_c^0$

अशी कक्षांची व त्यांच्या ऊर्जांची वाढत्या ऊर्जेनुसार एक श्रेणी तयार झाली.

या संकल्पनेच्या आधारे हायड्रोजनच्या वर्णपटाशी संलग्न असलेले सर्व प्रश्न चुटकीसरशी सुटले. त्यामुळे या तदर्थ (ad hoc) संकल्पनेला मान्यता मिळाली.

पुढच्या काळात या संकल्पनेवर आधारित पुंजभौतिकी (Quantum Physics) या शास्त्रशाखेचा विकास झाला.

बोहरने हायड्रोजन अणूची अशी प्रतिकृती सुचवली - केंद्रकामध्ये एक प्रोटॉन व



त्याभोवती संमत कक्षांपैकी कुठल्या तरी एका संमत कक्षेतील एक इलेक्ट्रॉन.

त्यानंतर अन्य अणूंचे स्वरूप बोहरच्या संकल्पनेवर आधारित असावे असे ठरले :

१. हायड्रोजनच्या विद्युन्मोच नळीच्या कॅथोडला एक छिद्र पाडून कॅथोडकडे आकृष्ट होणाऱ्या व छिद्रातून पार जाणाऱ्या कणांचा अभ्यास करून रूदरफोर्डने १९१४ साली हायड्रोजनच्या धनभारित केंद्रकाला प्रोटॉन हे नाव दिले. गुणधर्म असे.

प्रभार + १.६ x १०^{-१९} कुलोम

वस्तुमान १.६ x १०^{-२४} ग्रॅम

आकार त्रिज्या १०^{-८} से.मी.

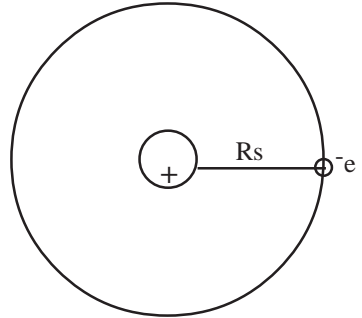
२. इतर अणूंची केंद्रेके प्रोटॉन कणांपासून बनतात असे ठरले. प्रोटॉनचे वस्तुमान १ डाल्टन एवढे आहे. पण इतर केंद्रकांचे वस्तुमान समाविष्ट प्रोटॉनच्या संख्येपेक्षा खूपच जास्त होते. त्यामुळे १९२० साली रूदरफोर्डनेच न्यूट्रॉन या प्रभाररहित पण १ डाल्टन वस्तुमानाच्या केंद्रकीय कणाच्या अस्तित्वाची सूचना केली. १९३२ साली चॅडविकने न्यूट्रॉनचा शोध लावला.

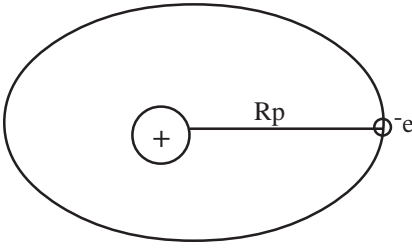
३. अणूचे केंद्रक प्रोटॉन व न्यूट्रॉन या कणांचे बनलेले असते असे ठरले.

४. अणूतील इलेक्ट्रॉन्स केंद्रकाभोवती वेगवेगळ्या संमत कक्षांमध्ये फिरत असतात. संमतकक्षा $n = 1, 2, 3, \dots$

याप्रमाणे पहिली, दुसरी, तिसरी या पद्धतीने ओळखायच्या.

५. कक्षेत फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनची एकूण ऊर्जा मुख्यतः कक्षाक्रमांकावर अवलंबून असते.
६. आकर्षक बलकेंद्राभोवती फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनची एकूण ऊर्जा शून्यापेक्षा कमी (ऋण) असते. $E_1 < E_2 < E_3 \dots < E_1 \dots$ खूप जास्त अंतरावर ऊर्जा शून्य.
७. कक्षांची त्रिज्या (आणि म्हणूनच ऊर्जा) सलगपणे बदलत नाही. तर $R_1 < R_2 < R_3 \dots < R_1 \dots$ या प्रमाणे बदलते.
८. n क्रमांकाच्या कक्षेत एकूण $2n^2$ एवढेच इलेक्ट्रॉन सामावू शकतात.
९. n क्रमांकाच्या कक्षेला संख्येने n एवढ्या उपकक्षा असतात. उपकक्षा वेगवेगळ्या असण्याचे कारण वाढता लंबाकार. असे का ते पाहू या.





गोलाकार कक्षेत फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनची ऊर्जा E_s अशी धरू या. इलेक्ट्रॉन R_s एवढ्या अंतरावर असतो. लंबाकार कक्षेत इलेक्ट्रॉनला R_p एवढ्या वाढीव अंतरापर्यंत जाण्यासाठी थोड्याशा जास्त ऊर्जेची जरूर असते. ती ऊर्जा E_p आहे असे समजू. लंबाकार

कक्षा - उपकक्षांची सारिणी

मुख्य कक्षा क्र.	उपकक्षांची संख्या	उपकक्षेचे नाव	उपकक्षेतील जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन्सची संख्या	पूर्णकक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सची संख्या
१	१	१s	२	↓ २
२		२s	२	↓ ८
		२p	६	
३	३	३s	२	↓ १८
		३p	६	
		३d	१०	
४	४	४s	२	↓ ३२
		४p	६	
		४d	१०	
		४f	१४	
५	५	५s	२	↓ ५०
		५p	६	
		५d	१०	
		५f	१४	
		५g	१८	

जसा वाढेल तशी आवश्यक वाढीव ऊर्जा वाढेल.

गोलाकार उपकक्षा आपण s या अक्षरानें चिन्हांकित करू.

पहिली कक्षा, गोलाकार उपकक्षा 1s कक्षांचा लंबाकार वाढेल तसे तो आकार p, d, f, g, h अशा अक्षरांनी चिन्हांकित करू.

दुसरी कक्षा, लंबाकार उपकक्षा 2p, तिसरी कक्षा, दीर्घलंबाकार उपकक्षा 3d, चवथी कक्षा 4f, अतिलंबाकार उपकक्षा वगैरे.

एका विशिष्ट कक्षेमध्ये हा छोटा ऊर्जा फरक असा असेल.

$n_s < n_p < n_d < n_f < \dots$ वगैरे

उदा. $4_s < 4_p < 4_d < 4_f < \dots$ वगैरे.

१. बाण हे कक्षेच्या अंतर्गत वाढता ऊर्जाक्रम दाखवतात.
२. कक्षेबाहेर हा क्रम काय असेल? 5s या उपकक्षेची ऊर्जा 4f या उपकक्षेच्या ऊर्जेपेक्षा जास्त असेल का? खात्री नाही.
३. मग सर्व कक्षा - उपकक्षांचा एकत्रित विचार करून ऊर्जाक्रम ठरवता येईल

का? सैद्धांतिक पद्धतीने 'नाही'. असा ऊर्जाक्रम हा केवळ प्रयोगाधिष्ठित असावा लागेल.

आतापर्यंत माहिती घेतलेल्या संकल्पनांच्या सामग्रीवर आपल्याला अणुसंरचनेचा अभ्यास करता येईल.

अणूमधील प्रोटॉनची संख्या Z या इंग्रजी अक्षरानें दर्शवितात. हा आहे अणुअंक (Atomic Number). अणूमध्ये जेवढे प्रोटॉन्स तेवढेच इलेक्ट्रॉन असतात.

Z = अणूमधील प्रोटॉन्सची संख्या

Z = अणूमधील इलेक्ट्रॉन्सची संख्या

अणूमधील न्यूट्रॉन्सची संख्या 'N' या इंग्रजी अक्षरानें दर्शवितात.

प्रोटॉन्स व न्यूट्रॉन्स मिळून सर्व वस्तुमान धारण करणारे केंद्रक बनते. हे वस्तुमान दर्शवणाऱ्या पूर्णांक 'A' हे इंग्रजी अक्षर वापरतात. हा आहे अणुवस्तुमानांक $A = Z + N$.

ज्या मूलद्रव्याची संज्ञा 'X' आहे, अणुअंक Z आहे आणि अणुवस्तुमानांक A आहे अशा मूलद्रव्याचा अणू A_ZX असा दर्शवितात.



लेखक : जयंत फालके,

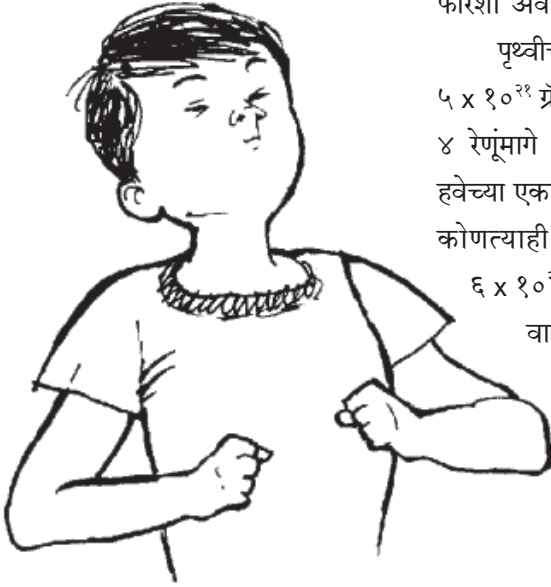
सदस्य, विज्ञानवाहिनी या फिरत्या प्रयोगशाळेचे कार्यकर्ते, 'अणुचे अंतरंग' हे पुस्तक प्रसिद्ध.

फोन - ९८९०९४४५२६

आपल्या श्वासात काय असेल ?

लेखक : दिगंबर गाडगीळ

दरवेळी आपण श्वास घेतो त्या श्वासात लिओनार्दो द विन्सी (किंवा असाच कोणी ऐतिहासिक पुरुष) ह्याने टाकलेल्या उच्छवासाचा अंश असतो असे म्हणतात, त्यात कितपत तथ्य असेल ?



आपण जो श्वास घेत असतो त्यात लिओनार्दो द विन्सीच्या फुफ्फुसातून जाऊन आलेल्या हवेचे रेणू असण्याची खूप शक्यता आहे. या कलावंताच्या उच्छवासाच्या बरोबरच हिटलरच्या उच्छवासातील रेणूही असण्याची शक्यता आहेच. ही मोजदाद तशी फारशी अवघड नाही.

पृथ्वीच्या एकंदर वातावरणाचे वस्तुमान 5×10^{25} ग्रॅम्स आहे. हवेमध्ये नायट्रोजनच्या ४ रेणूमागे ऑक्सिजनचा १ रेणू असतो. हवेच्या एका मोलचे वजन २८.८ ग्रॅम भरते. कोणत्याही पदार्थाच्या एका मोलमध्ये 6×10^{23} रेणू असतात. म्हणजे पृथ्वीच्या वातावरणात एकंदर 1.08×10^{24} रेणू असतील.

शरीराच्या तापमानाला आणि वातावरणातील हवेच्या दाबाला कोणत्याही वायूच्या एका मोलचे घनफळ



२५.४ लिटर असते. सामान्यतः एका श्वासोश्वासातील हवेचे घनफळ साधारणपणे १ लिटर होईल. म्हणजे विन्सीच्या एक श्वासामध्ये अंदाजे २.४×१०^{२२} रेणू असतील.

कोणताही माणूस मिनिटामध्ये २५ वेळा श्वास घेतो. म्हणजे विन्सीच्या आयुष्यात (इ.स.१४५२-१५१९) त्यांनी उच्छवासावाटे २.१×१०^{३१} रेणू हवेत सोडले असतील. याचाच अर्थ हवेतील प्रत्येकी ५×१०^{१२} रेणूंमध्ये लिओनार्दोच्या उच्छवासातील एक रेणू हजर असेल.

आपण प्रत्येक श्वासागणिक हवेचे २.४×१०^{२२} रेणू शरीरात घेत असल्याने आपल्या आयुष्यभरात लिओनार्दोने सोडलेल्या ४.३×१०^{०८} रेणूंपैकी काही आपण नाकावाटे ओढून घेत असू. एवढेच काय तर त्यांनी अखेरचा श्वास टाकला त्यातील ५ रेणू आपण श्वासावाटे घेत असू !

वरील निष्कर्ष काढताना अनेक स्थूल गृहीतके धरलेली आहेत. पहिला म्हणजे लिओनार्दोने टाकलेले रेणू वातावरणात सगळीकडे सारखेच मिसळले गेले असतील. (गेल्या पाचशे वर्षांत हे बहुधा घडले असेलच) त्यांनी उच्छवासावाटे टाकलेले रेणू त्यांच्या शरीरात पुनः पुन्हा गेले नसतील आणि वातावरणातील एकंदर रेणू नंतरच्या वापरात म्हणजे ज्वलन, नायट्रोजन स्थिरीकरण इ. वापरामुळे कमी झाले नसतील. थोडक्यात आपण घेत असलेल्या प्रत्येक श्वासामध्ये अनेक महापुरुषांचे (अगदी शिवाजी महाराजांचे देखील) तसेच अनेक खलनायकांचे निःश्वास सामावलेले असतील हे वाचून तुमची प्रतिक्रिया काय असेल ?



लेखक : दिगंबर गाडगीळ

९८८१०७९७११

भास्कराचार्यांचे गणित

लेखांक - २

लेखक : किरण बर्वे

अतुल, नेहा, हिमांगी..., मुले आज काकांकडे दोन दिवसांनंतर आली. गेल्यावेळी समजावून घेतलेली गणिते आणि तशाच प्रकारची शेखरदादाने दिलेली सोपी गणिते सोडवून मग ती आज नव्या दमाने नवीन काहीतरी ऐकायला, शिकायला आली.

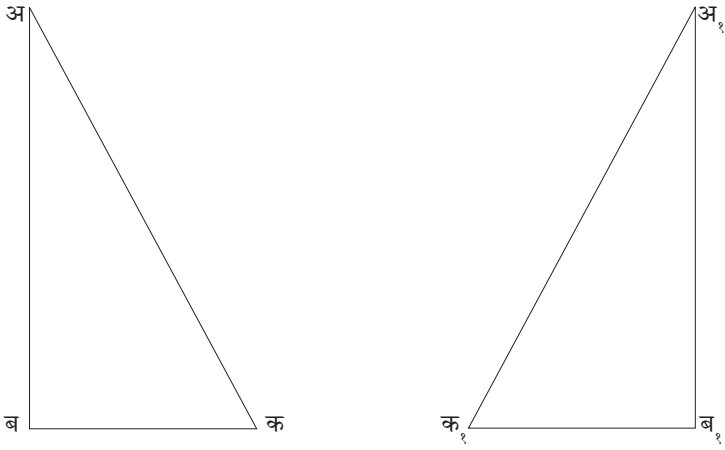
काकांनी विचारले, “दोन तास वेळ आहे का?” सर्वांनी होकार भरला. काकांनी सांगितले ‘जा मग कार्ड बोर्ड (वह्यांची कव्हरे), गुण्या, कात्री इत्यादी घेऊन या.’ मित्र सूसाट जाऊन धूम-२ च्या वेगाने आली. त्यांच्या मागून ‘अरे काय पाडलेस?’ ‘सगळे कपाट खाली आलेय’ वगैरे आवाजही आले पण मुलांना ते कुठले ऐकू यायला.

“एकेका जोडीने आपल्या पुठ्ठ्यावर काटकोन त्रिकोण काढायचा आहे. तुम्ही ३, ४, ५ काढा. तुम्ही ५, १२, १३ तर तुम्ही कोणताही एक काटकोन त्रिकोण काढा. ते कापून घ्या. आता प्रत्येक जोडीने आपण तयार केलेल्या पुठ्ठ्याच्या काटकोन त्रिकोणासारखेच (एकरूप) आणखी तीन त्रिकोण कापून तयार करा.

आता. आपला खेळ सुरू होत आहे.”

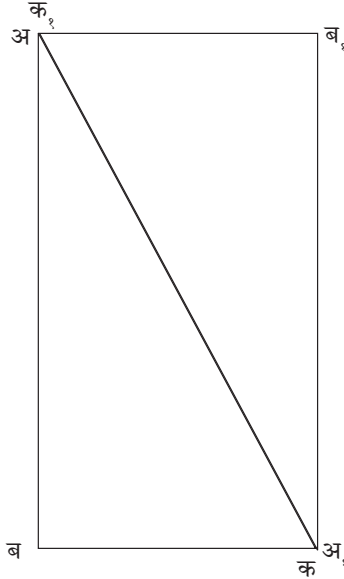
प्रत्येक जोडीकडे सारखे एकरूप काटकोन त्रिकोण आहेत. हे काटकोन त्रिकोण एका कागदावर (एकाच प्रतलात) असे जोडायचे आहेत की त्यांच्या कडांमुळे एक चौरस तयार होईल आणि त्या चौरसाच्या आत मध्ये अजून एक चौरस तयार होईल किंवा जी मोकळी जागा उरेल तिचा आकार चौरस असेल. मित्र कामाला लागले वेगवेगळ्या पद्धतीने काटकोन त्रिकोण लावून पाहू लागले.

काटकोन त्रिकोण अबक हा (आकृती १) घेतला इत्यादी.

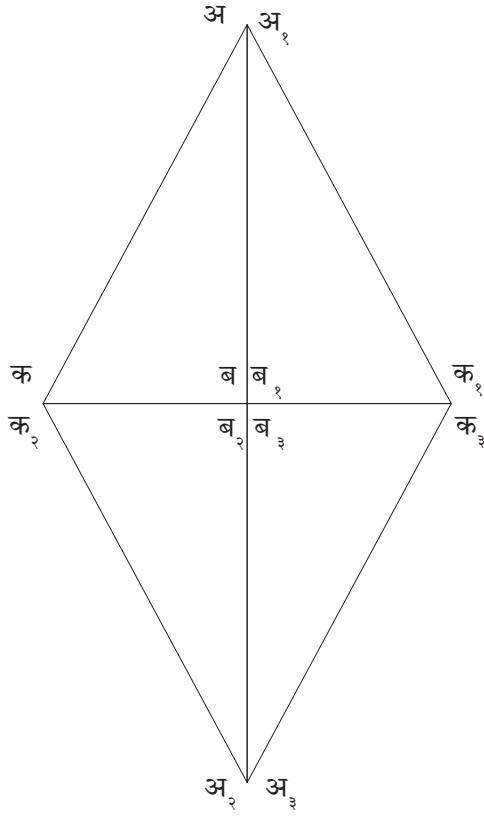


आकृती १ : अशाच प्रकारचे $\Delta अ_१ ब_१ क_१$ आणि $\Delta अ_३ ब_३ क_३$

आणि त्यांनी तसेच $\Delta अ_१ ब_१ क_१$, $\Delta अ_२ ब_२ क_२$ आणि $\Delta अ_३ ब_३ क_३$ असे त्रिकोण तयार केले होते. $\angle अबक = \angle अ_१ ब_१ क_१ = \angle अ_२ ब_२ क_२ = \angle अ_३ ब_३ क_३ = 90^\circ$, आणि $अब = अ_१ ब_१ = अ_२ ब_२ = अ_३ ब_३$ वगैरे. लक्षात घ्या एकरूप त्रिकोण घेऊन त्यांना नावे देताना



आकृती २ : अशा प्रकारे अजून एक आयात $\Delta अ_२ ब_२ क_२$, $\Delta अ_३ ब_३ क_३$ जोडून होईल.



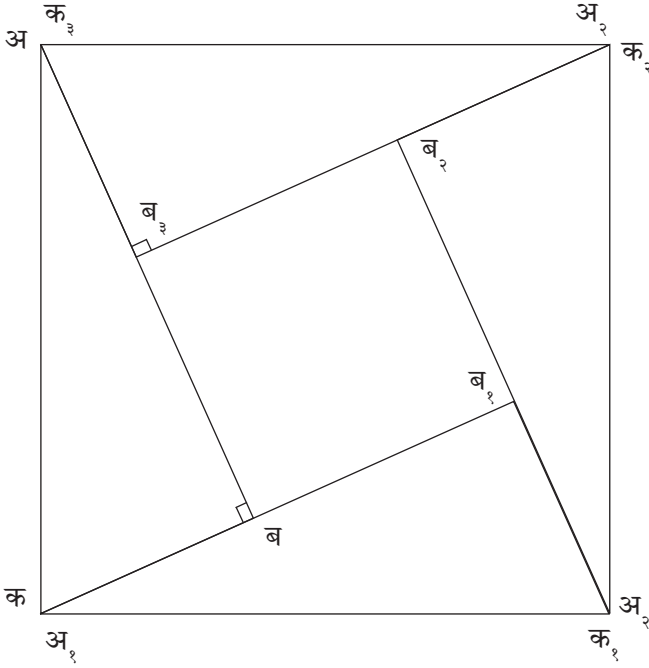
आकृती ३ : प्रत्येक बाजू कर्णा इतकी.

त्यांनी योग्य प्रकारे क्रम राखला आहे. ह्या मुलांनी कसे कसे प्रयत्न केले ते बघणे मनोरंजक ठरेल. दोन काटकोन त्रिकोण कर्णावर जोडून आयत तयार केले, मग ते आयत जोडून काही मिळते का हे बघितले. (आकृती २) काटकोन करणाऱ्या सारख्या भुजा जोडून बघितले.

(आकृतीसारखे काटकोन त्रिकोण घेऊन काढली तर)

अअ_१ = अ_२अ_३. तसेच उरलेल्या बाजू अक = अ_१क_१ = अ_३क_३ = अ_२क_२. म्हणून अअ_१ आणि अ_२अ_३ जोडले तर सर्व बाजूसारख्या असणारा चौकोन तयार होईल आणि तसे दिसतही होते. (आकृती ३) जोडी खुश झाली मात्र बारकाईने बघितल्यावर शिरोबिंदूवर होणारे कोन ९० नसल्याचे कळत होते. आयताला आयत जोडला की सर्व कोन ९० होत

होते पण बाजू सारख्या होत नव्हत्या. आता बाजूसारख्या झाल्या तर कोन ९० नव्हते. म्हणजे परत वेगळी जोडाजोड करणं आलं. पण तितक्यात अतुल आणि नेहा ओरडले जमले. त्यांनी असे जोडले होते. (आकृती ४)



आकृती ४ : एकरूप काटकोन घेतल्यास, व्यवस्थित चौरस येतील.

थोडा भाव खात अतुल सांगू लागला, “ज्या वेळेला विविध शक्यता असतात आणि एक एक शक्यता उपयोगी नाही असे कळते, त्यावेळेला ह्या पेक्षा वेगळी शक्यता कोणती हे शोधायला हवे.” हिमांगीने थांबवत म्हटले, “पुरे झाले तत्त्वज्ञान. अगोदर तुझी आकृती दाखव.”

अशा प्रकाराने हे काटकोन त्रिकोण जोडले आहेत. अतुलने घेतलेला काटकोन त्रिकोण दोन भुजा ३, ४ आणि कर्ण ५ असा होता. अब = अ₃ब₃ = अ₂ब₂ = अ₃ब₃ = ४, बक = ब₃क₃ = ब₂क₂ = ब₃क₃ = ३, अक = अ₃क₃ = अ₂क₂ = अ₃क₃ = ५.

काकांनी “छान छान” म्हटले “मात्र दिलेल्या अटी कडांनी चौरस आणि आतमध्ये चौरस असे झाले का?” असे विचारले.

मोठ्या चौकोनाच्या बाजू अक इतक्या म्हणजे ५ आहेत. कोनाचे काय? अतुल उत्साहाने समजावू लागला.

“शिरोबिंदू पाशीचा कोन अकब आणि \angle ब_१अ_१क_१ मिळून बनलेला आहे.

Δ अबक \cong Δ अ_१ब_१क_१ (त्रिकोण एकरूप आहेत.)

\angle बअक आणि \angle ब_१अ_१क_१

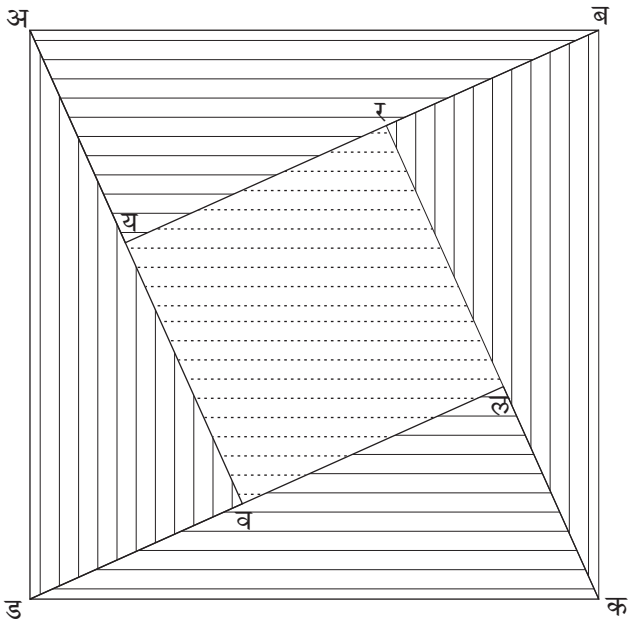
Δ अबक हा काटकोन त्रिकोण आहे. $\therefore \angle$ अकब + \angle बअक = ९० म्हणून हा कोपण्यातील कोन ९० अंशाचा आहे. म्हणजेच बाहेरचा चौकोन चौरस आहे. आमच्या चौरसाची बाजू ५ आहे.” सगळ्यांना हे मान्य होते. आतल्या चौकोनाबद्दल नेहा सांगू लागली. “कर्ण करणाऱ्या काटकोन करणाऱ्या दोन भुजांपैकी मोठ्या भुजेवर दुसऱ्या त्रिकोणाची लहान भुजा चिकटवली आहे. म्हणजे अब वर ब_१क_१ आहे. आणि Δ अ_१ब_१क_१ मध्ये ब_१ पाशी काटकोन आहे. $\therefore \angle$ ब_१ब_१ब = ९०. ही सर्व आकृतीच Symmetric (सममिती?) आहे. त्यामुळे आतल्या चौकोनाचे सर्व कोन ९० आहेत. आता बब_१ हे अंतर कसे आले ते समजावून घेऊ. काटकोन त्रिकोणाच्या अब भुजेवर क_१ब_१ चिकटवली आहे. म्हणजेच बब_१ = अब - क_१ब_१ = अब - कब. म्हणजेच काटकोन त्रिकोणाच्या काटकोन करणाऱ्या भुजांतील मोठी भुजा वजा लहान भुजा म्हणजेच आतल्या चौकोनाची बाजू.

बब_१ = अ_१ब_१ - कब, त्यामुळे आतल्या चौकोनाची प्रत्येक बाजू सारखी आहे. म्हणजे आतील चौकोनसुद्धा चौरस आहे.” सगळेच जण खुश झाले. नेहाने काही शंकाच ठेवली नव्हती.

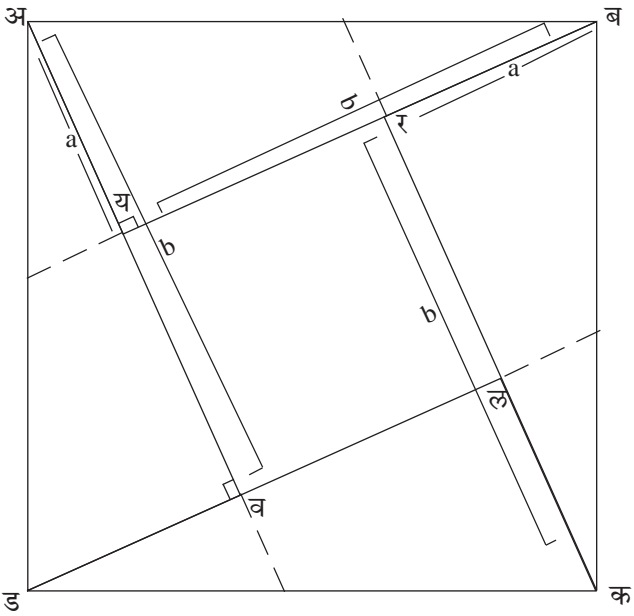
मात्र तरीही शंका होतीच. ती म्हणजे काका भास्कराचार्यांचे गणित सांगणार होते. आता हे कोडे म्हणजे भास्कराचार्यांचे गणित आहे का? काका गालात हसले आणि उत्तरले, “भास्कराचार्यांनी अशी रचना करून पायथागोरसच्या प्रमेयाची एक सुंदर सिद्धता दिलेली आहे.”

रचना कशी करायची. कोणकोणत्या संगत भुजा आपण कशाकशा जोडणार हे आपण बघितले आहे. आता चौरसांना आणि काटकोन त्रिकोणाच्या बिंदूंना वेगळी नावे देऊ (आकृती ५). चौरस अबकड, आतील चौरस अरलव, काटकोन त्रिकोण अयब, करब कलड आणि डवअ.

ज्यावेळी काटकोन त्रिकोण ३, ४, ५ होता. त्यावेळी बाहेरच्या चौरसाची बाजू झाली ५. आणि त्या चौरसाचे क्षेत्रफळ ५^२ = २५. ह्या चौरसाचे क्षेत्रफळ म्हणजे चारही काटकोन त्रिकोणांच्या क्षेत्रफळांची बेरीज अधिक आतल्या चौरसाचे क्षेत्रफळ. ३, ४ आणि ५ च्या



आकृती ५



आकृती ६

भाषेत ही क्षेत्रफळे काढू या.

$$\text{काटकोन त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ} = \frac{1}{2} \times 3 \times 4.$$

आतल्या चौरसाचे क्षेत्रफळ = आतल्या चौरसाच्या बाजूचा वर्ग.

$$\text{यर} = (\text{मोठी भुजा} - \text{लहान भुजा}) = (4 - 3)$$

$$\text{आतल्या चौरसाचे क्षेत्रफळ} = (4 - 3)^2$$

$$\text{चार काटकोन त्रिकोणांचे क्षेत्रफळ} = 4 \times \left(\frac{1}{2} \times 3 \times 4\right)$$

$$= 2 \times 4 \times 3$$

$$\text{आतल्या चौरसाचे क्षेत्रफळ} = (4 - 3)^2 = 4^2 + 3^2 - 2 \times 3 \times 4$$

$$\text{चारही काटकोन त्रिकोणांचे मिळून क्षेत्रफळ अधिक आतल्या चौरसाचे क्षेत्रफळ} = 2 \times 4 \times 3 + 3^2 + 4^2 - 2 \times 3 \times 4$$

$$= 3^2 + 4^2 = (\text{भुजा१})^2 + (\text{भुजा२})^2$$

$$\text{मात्र मोठ्या चौरसाचे क्षेत्रफळ} = \text{कर्ण}^2 = 5^2$$

$$5^2 = 3^2 + 4^2$$

$$\text{कर्ण}^2 = (\text{भुजा१})^2 + (\text{भुजा२})^2$$

सर्वानीच हे समजावून घेतले. एक छानशी कल्पक भूमितीतील रचना आणि त्या आधारे थोडीशी आकडेमोड आपल्याला उत्तराकडे घेऊन गेली. काही वेगळ्या पद्धतीने भूमिती आणि बीजगणिताचा संगम करून पायथागोरसचे प्रमेय सिद्ध करता येते. ही पद्धत कोणत्याही काटकोन त्रिकोणासाठी आता आपण बघू या. कोणताही काटकोन त्रिकोण आपण घेतला आहे. त्याचा कर्ण 'C', लहान भुजा म्हणजे भुजा१ = a, मोठी भुजा म्हणजे भुजा२ = b

$$\text{काटकोन त्रिकोण अयडचे क्षेत्रफळ} = \frac{1}{2} \times a \times b$$

$$\text{आतील चौरसाची बाजू} = \text{वळ} - \text{बल} - \text{बव}$$

$$= b - a$$

चौरस अबकडचे क्षेत्रफळ

$$= 4 \times \text{काटकोन त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ} + \text{आतील चौरस यरलव चे क्षेत्रफळ}$$

$$= 4 \times \frac{1}{2} \times a \times b + (b - a)^2$$

$$= 2 \times a \times b + b^2 - 2ab + a^2$$

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

चौरस अबकडचे क्षेत्रफळ ह्या गंमतीदार पद्धतीने आले $a^2 + b^2$. तसेच चौरस अबकडची

बाजू म्हणजेच काटकोन त्रिकोणाचा कर्ण = c . त्यामुळे चौरस अबकडचे क्षेत्रफळ = c^2
त्याच चौरसाचे क्षेत्रफळ आपण दोन वेगळ्या पद्धतीने काढले आणि ते सारखेच
असणार (!)

$$\text{म्हणजेच } c^2 = a^2 + b^2$$

$$\text{कर्ण}^2 = (\text{भुजा१})^2 + (\text{भुजा२})^2$$

‘खल्लास’. पायथागोरसचे प्रमेय सिद्ध झाले.

मगाशीच म्हटल्याप्रमाणे भौमितिक रचना आणि मग थोडीशीच आकडेमोड करून ही
सिद्धता साकार केली आहे. परत एकदा भास्कराचार्यांनी आपल्या प्रतिभेचा प्रत्यय आणून
दिला आहे.

(ह्या लेखात आपण भास्कराचार्यांनी जी आकृती काढली होती, ती रचना बघितली.
एकरूप काटकोन त्रिकोणांच्या साहाय्याने आपल्या अटी पाळणारी, बाहेर चौरस, आत
चौरस अशी रचना अजून एका पद्धतीने करता येते. त्या रचनेवरूनही पायथागोरसचे प्रमेय
सिद्ध करता येते. ही सिद्धता दिलेल्या सिद्धतेसारखीच आहे. मात्र $(b - a)^2$ काढायच्या
ऐवजी $(b + a)^2$ वापरून करावयाची आहे. बघणार ना प्रयत्न करून.)



लेखक : किरण बर्वे, गणित शिकवण्याची आवड, मो. - ९४२३० १२०३४

संदर्भची वेबसाईट पाहिलीत का? sandarbhsociety.org

यामध्ये संदर्भची मुखपृष्ठे आणि
आधीच्या काही अंकातले वाचनीय लेख.

अत्याधुनिक सूक्ष्मदर्शक

लेखक : विनय र. र.

सूक्ष्मदर्शकातून पेशीच्या आतील रचना पाहणे हे तंत्र आता जुने झाले आहे. या सूक्ष्मदर्शकात अनेक सुधारणा होत गेल्या आणि त्या बरोबर त्याचे कार्यही सुधारले. आता नव्या संशोधनानुसार या तंत्रात अनेक पटींनी वाढ झाली आहे. काय आहे ही सुधारणा? कोणी केले हे संशोधन? याबद्दल मराठी विज्ञान परिषदेने व्याख्यान आयोजित केले होते, हा त्याचा सारांश.

एका छोट्याश्या अब्जांशी सुधारणेने साध्या सूक्ष्मदर्शकाची कार्यक्षमता कैक पटीने वाढवली आहे. या शोधामुळे आता साध्या सूक्ष्मदर्शकानेही सूक्ष्म आकाराच्या पेशींच्या आत काय काय चालले आहे हे प्रत्यक्ष पाहून समजून घेता येणार आहे. पेशींमधल्या जटील जडणघडणीचा अभ्यास करता येईल. पेशींच्या आत प्रथिनांची घडण कशी होते आणि ती तयार झालेली प्रथिने कुठे आणि कशी वाहून नेली जातात ते प्रत्यक्ष पाहता येईल.

सूक्ष्मदर्शकासारख्या साध्याश्या उपकरणांला हे खास कार्य करायला तयार करणाऱ्या दोन व्यक्ती आहेत. एक आय

आय. टी. मद्रास येथील जैवतंत्रज्ञान विभागातील एक पी. एच्. डी. चा विद्यार्थी कमलेश चौधरी आणि तेथीलच रसायनशास्त्र विभागाचे प्रमुख टी प्रदीप.

प्रा. प्रदीप यांच्या म्हणण्यानुसार सूक्ष्मदर्शकाच्या साहाय्याने पेशींची इतकी स्पष्ट आणि सखोल निरीक्षणे अद्याप कोणी केली नसतील. या जोडगोळीच्या या कार्याची सविस्तर ओळख ५ ऑगस्ट २०१४च्या सायंटिफिक रिपोर्ट या नियतकालिकात प्रकाशित झाली आहे.

पेशींच्या अंतर्गत होणाऱ्या हालचाली पाहण्यासाठी सध्या एक पद्धत प्रचलित आहे. या पद्धतीत काही विशिष्ट रेणूंचा शिरकाव



पेशींमध्ये करतात. हे रेणू विशिष्ट तरंग लांबीचा (अतिनील) प्रकाश शोषून घेत त्यापेक्षा कमी ऊर्जा असणारा अधिक तरंग लांबीचा (दृष्य हिरवा) प्रकाश बाहेर फेकतात.

त्यामुळे हे रेणू अतिनील किरणांच्या प्रकाशात आपल्याला दिसू शकतात. याला फ्लोरसन्स म्हणतात.

कमलेश चौधरी यांच्या म्हणण्यानुसार आजपर्यंत फ्लोरसन्सक्षम छोटे रेणू पेशीत आरोपित करून विशिष्ट प्रकारच्या प्रकाशात ते सूक्ष्मदर्शकातून पाहून, त्यांच्या होणाऱ्या बदलांचे निरीक्षण करून पेशीअंतर्गत क्रियांचा अभ्यास केला गेला. मात्र यासाठी पेशी स्थिर राखणे आवश्यक आहे. जिवंत पेशीतील क्रिया पाहायच्या असतील अडचण येते कारण या परिस्थितीत पेशी जास्तीत जास्त २० मिनिटेच तग धरू शकते.

आणखी एकाप्रकारे साध्या सूक्ष्मदर्शकाचा वापर करून पेशी क्रियांचा अभ्यास करता येतो.

या प्रकारात ऑप्टिकल स्कॅटरिंग या गुणधर्माचा उपयोग करून घेतला जातो.

एखाद्या गुळगुळीत पृष्ठभागावर प्रकाश पडला की तो परावर्तित होतो, जसा आरशामुळे प्रकाश परावर्तित होतो. मात्र कित्येक पृष्ठभाग आरशासारखे गुळगुळीत नसतात त्यामुळे त्या पृष्ठभागावरून प्रकाश किरण इतस्ततः विखुरले जातात. अर्थात त्यामुळे तो पृष्ठभाग आपल्याला दिसतो.

पेशातील अनेक घटक प्रकाशकिरण अशा प्रकारे विखरवू शकत नाहीत. एक तर ते पारदर्शक असतात किंवा त्यांच्या पृष्ठभागावरून विखरून येणारा प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचेपर्यंत आपल्याला दिसू शकेल इतका प्रखर राहत नाही. त्यामुळे पेशींच्या अंतर्भागाचा अभ्यास करणे प्रकाशाअभावी शक्य होत नाही.

या अडचणीवर दोन प्रकारे मात करता येऊ शकते. एक म्हणजे सूक्ष्मदर्शकाखालील पेशींवर प्रखर प्रकाश टाकायचा. तसे करण्याला फारच मर्यादा आहेत कारण आपण वापरत असलेले प्रकाशाचे स्रोत प्रकाशाबरोबर उष्णताही निर्माण करतात. प्रकाश वाढवताना उष्णताही वाढणार. तिचा परिणाम सूक्ष्मदर्शक, त्याचे घटक आणि वापरणारी व्यक्ती यांच्यावर होणार. त्यापेक्षा एक दुसरा मार्ग म्हणजे पेशीत असे काही सूक्ष्म कण रोपायचे की ते त्यांच्यावर पडलेला बराचसा प्रकाश परावर्तित करतील. ते कण सूक्ष्म

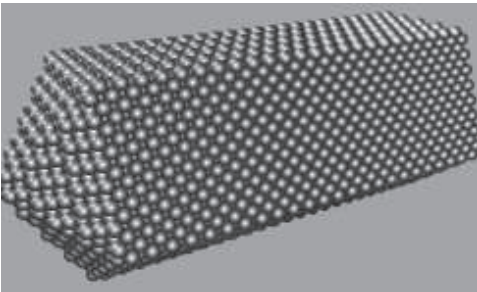
असल्यामुळे ते पेशीजलात फिरत राहतील किंवा पेशीत असणाऱ्या लघुइंद्रियांवर चिपकून राहातील. त्यांच्यावर प्रकाश पडला की तो बहुशः जास्तीत जास्त परावर्तित झाल्यामुळे त्यांचे स्थान आपल्याला निश्चितपणे पाहता येईल.

प्रकाश परिवर्तन करण्यासाठी सर्वात उत्तम पदार्थ म्हणजे सोने. सोने सर्वात जास्त चकाकते म्हणजेच ते सर्वात जास्त प्रकाश परावर्तित करते. सोन्याचे अत्यंत सूक्ष्म म्हणजे अब्जांशी आकाराचे कण करता येतात. शिवाय सोने रासायनिक क्रियाही फारशी करत नाही. त्यामुळे पेशीच्या अंतर्गत क्रियांना फारशी बाधा पोचणार नाही.

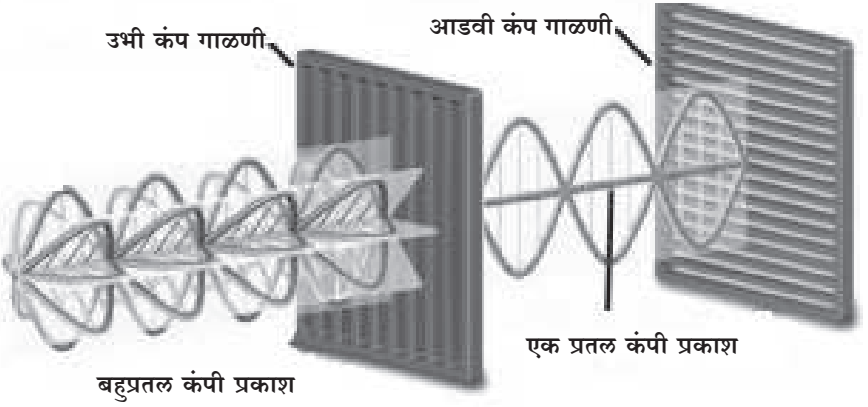
यात आणखी एक अडचण प्रकाशाची आहे. प्रकाशात विविध प्रकारच्या वारंवारतेच्या लहरी (रंगछटा) असतात. त्यांचे परावर्तन वेगवेगळ्या नॅनो अंतरावर असणाऱ्या कणांमुळे होत असताना रंगछटांची सरमिसळ होऊन आपल्याला सूक्ष्मदर्शकातून दिसणारे दृश्य नीट आकलन होणार नाही. ते टाळण्यासाठी प्रकाशातील एक विशिष्ट रंगछटा

वापरणे योग्य ठरेल. त्यातही एक अडचण आहेच. प्रकाश किरण प्रवास करताना एका दिशेने सरळ प्रवास करतात तेव्हा त्यांच्या लहरी प्रवासाच्या दिशेला लंबरूप अशा तऱ्हेने कंप पावत असतात. प्रकाशाची दिशा एका रेषेत असली तरी तिला लंबरूप असणारी अनेक प्रतले असतात. त्यामुळे एकरंगी प्रकाशातही कंप अनेक कोनातून होतो, त्यामुळेही सूक्ष्मदर्शकातून दिसणारे दृश्य नीट आकलन होण्यात अडचण येते. अर्थात ती दूर करणे फारसे अवघड नाही. एकाच रंगछटेचे अनेक प्रकाश किरण सोडले तर असताना त्यांच्या लंबरूप कंपापैकी एका विशिष्ट दिशेतील कंपच चाळून पुढे जाईल आणि बाकीचे अडवले जातील असे बघितले जाते. त्यासाठी निकोलचा लोलक निकोलस प्रिझम चाळणी म्हणून वापरतात. मग असा एक रंगी एक प्रतल कंपी प्रकाश सूक्ष्मदर्शकाखालील काचेवर पाठवला जातो.

काचेवर ठेवलेल्या पेशीमध्ये आधीच सोन्याच्या अब्जांशी कणांचे आरोपण केलेले असते. सोन्याच्या या कणांचा आकारही



- १ मीटर = १००० मिलीमीटर,
 - १ मिलीमीटर = १००० मायक्रोमीटर,
 - १ मायक्रोमीटर = १००० नॅनोमीटर
- म्हणजेच
- १ नॅनोमीटर म्हणजे १ अब्जांश मीटर.



महत्त्वाचा असतो. कण गोलाकार असतील त्या कणांमधून होणारे प्रकाशाचे परावर्तन कण कसाही फिरला तरी सारखेच होईल. मात्र कणांचा आकार गोलाऐवजी दंडगोलाकार केला तर वक्राकार - लांबट पृष्ठावरून होणारे प्रकाशाचे परावर्तन आणि दोन्ही टोकांकडून होणारे प्रकाशाचे परावर्तन यात लक्षणीय फरक असेल. याच गुणाचा वापर कमलेश आणि प्रदीप यांनी करून घेतला. त्यांनी सोन्याचे दंडगोलाकार कण वापरले. त्यांच्या निरीक्षणानुसार वक्राकार पृष्ठावरून विखूरलेले परावर्तन लाल रंगछटेकडे सरकते तर टोकाच्या सपाट पृष्ठावरून होणारे विखूरलेले परावर्तन हिरव्या रंगछटेकडे सरकते. त्यामुळे पेशीतील लघुइंद्रियांच्या थोड्याशाही हालचाली चिपकून बसलेल्या सोन्याच्या कणांमुळे दिसणाऱ्या विखरीत परावर्तनातून स्पष्ट होतील.

यात आणखी एकाबाबीत म्हणजे एकप्रतलीय कंपाच्या कोनात थोडा बदल केला की सूक्ष्मदर्शकातून दिसणारे दृष्य वेगळे दिसेल म्हणजेच त्याच घटनेचे आकलन वेगळ्या अंगाने होणार. म्हणजे साध्या सूक्ष्मदर्शकाच्यापेक्षा कितीतरी बाबी अधिक आणि स्पष्ट दिसणार. सूक्ष्मदर्शकाचा आवाका कितीतरी पट वाढणार.

कमलेश चौधरी आणि टी. प्रदीप यांनी वापरलेल्या सोन्याचे अब्जांशी दंडगोल १० नॅनोमीटर व्यासाचे आणि ३० नॅनोमीटर उंचीचे होते. पेशीचा आकार २०,००० नॅनोमीटर इतका होता. यावरून त्यांच्या कामाचा बारकावा लक्षात यावा.

लेखक : विनय र. र.

निवृत्त प्राध्यापक, मराठी विज्ञान परिषदेचे पदाधिकारी, सामाजिक कार्यकर्ता.

झरीनाचं व्हायोलेट

लेखक : सरोज देशपांडे

फार वर्षांपूर्वीची गोष्ट. रशियाच्या राजधानीत, राजवाड्यासमोर, एक मोठं माळरान होतं. त्याच्या मधोमध एक शिपाई सतत उभा असलेला दिसायचा. लोकांना तिथे शिपाई असायची सवयच होऊन गेली होती. कधी कोणी विचारत नसे की तिथे तो का असतो. पण एकदा एका नवख्या माणसाला त्याला बघून प्रश्न पडला. त्याने आसपासच्या लोकांकडे चौकशी केली. कोणालाच त्याचं कारण सांगता येईना.

कोणाला मुळी माहीतच नव्हतं काही. याला मात्र कारण कळल्याशिवाय चैन पडेना. तो तिथल्या म्हाताऱ्याकोताऱ्यांना भेटून शोध घेत राहिला. लोकांना विचारायचा सपाटाच लावला त्याने. अखेर एका म्हाताऱ्याला आठवलं. तो म्हणाला, मी ही गोष्ट माझ्या आजोबांकडून ऐकली आहे. लहानपणी मी त्यांना गोष्टी सांगायला लावत असे. तीच गोष्ट मी तुम्हाला सांगतो.

रशियात झारचं राज्य होतं. त्याला एक मुलगी होती. लहानगी झरीना मोठी गोड

होती. फुलापानांवर तिचं भारी प्रेम. झारच्या राजवाड्यासमोर एक मोठं माळरान होतं. त्यात नाना प्रकारची छोटीछोटी गवतफुलं असायची. तिला ती फार आवडायची. पण उन्हाळा आला, माळावरचं गवत सुकू लागलं, फुलंही येईनाशी झाली. असे काही दिवस गेले. आणि एक दिवस तिला एक लहानसं व्हायोलेटचं फूल माळाच्या मधोमध उगवलेलं दिसलं. ती अगदी आनंदून गेली. तिने धावत जाऊन ते वडिलांना दाखवलं. म्हणाली, किती दिवसांनी फूल आलंय. याच्यावर कोणी चुकून पाय दिला तर बिचारं चुरगळून जाईल. काहीतरी करायला हवं ना बाबा?

राजकन्येची इच्छा. मग काय, झारने ताबडतोब तिथे एक शिपाई उभा केला. आठआठ तासांच्या पाळ्याच ठरवून दिल्या. रात्रंदिवस तिथे आळीपाळीने एक शिपाई पहारा देत असे. पण एकदोन दिवसांनी उन्हाने ते फूल सुकून गेलं. आणखी दोनतीन दिवसांनी ते झुडूपही वाळून गेलं. त्याची खूणही तिथे उरली नाही. माळरानावर शिपाई उभा



गेलं, फूल गेलं तरी शिपाई तिथे पहारा देतच राहिले. काही दिवस पहारा देण्याचं कारण तरी लक्षात होतं त्यांच्या. नंतर तेही विसरलं गेलं. पुढे झार म्हातारा झाला आणि मरून गेला. शिपाई म्हातारे झाले, त्यांच्या जागी दुसरे तरुण शिपाई आले. असं चालूच राहिलं, कितीतरी वर्षं. अजूनही त्यात खंड पडलेला नाही. कोणाला काही माहीत नाही आणि कोणाला त्याचं काही वाटतही नाही. एखादी गोष्ट अंगवळणी पडली की कोण करतंय चौकशी असं का म्हणून? हे असं चालत आलं आहे एवढं पुरेसं असतं. माणूस बुद्धिमान आणि जिज्ञासू म्हणतात, पण पडलेला

केल्याची गोष्ट तशी किरकोळ होती. झार ती विसरूनच गेला. राजकन्येचा हट्ट पुरवल्यावर तो महत्वाच्या कामांमध्ये गर्क झाला.

राजाचा कुठलाही हुकूम त्याने रद्द केल्याशिवाय रद्द होत नाही. अर्थात झुडूप

पायंडा किती सहज, विनाप्रश्न स्वीकारतो ! ■■

लेखक : सरोज देशपांडे, पुणे विद्यापीठात संस्कृत प्रगत अध्ययन केंद्र आणि ललित कला केंद्र येथे अनेक वर्षे अध्यापन, अनेक अनुवादित पुस्तके प्रकाशित. (साहित्य अकादमीचा अनुवाद पुरस्कार प्राप्त)

८३ ते ८८ अंकातील लेखांची सूची

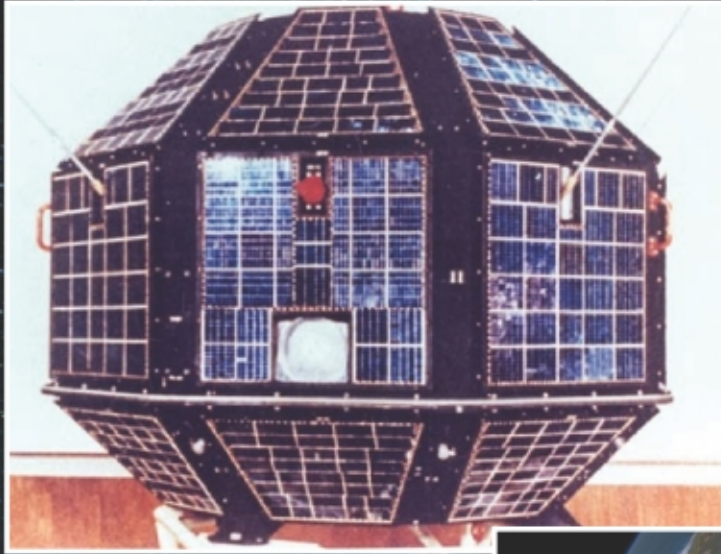
(लेखाच्या पुढे अंक क्र. आणि पान क्र. दिले आहेत.)

भौतिकशास्त्र		प्राणीशास्त्र	
पृथ्वीचं वजन आहे तरी किती?	८३-७	खादाड सुरवंटाचे भविष्य	८३-४
डायनोसॉरचा दिवस किती		आमचा शिंजीर	८४-३४
तासांचा होता?	८३-१३	मुंग्या आणि त्यांचे रस्ते	८५-६९
अरेच्चा! हे असे आहे तर!	८३-१७	पाहुणा कवडा	८६-३५
भारतासाठी ऊर्जा सुरक्षितता-२	८३-५१	वनस्पतीशास्त्र	
नॅनो फ्लुईडचा उपयोग	८३-५७	झाडाचा जीव	८८-३१
भारतासाठी ऊर्जा सुरक्षितता-३	८४-५	गणित	
ओझोन	८४-२७	सार्वकालिक सुंदर सिद्धता	८८-४९
द्रव्याच्या अवस्था	८४-४१	गणिताची सोपी पायवाट	८४-२२
त्रिमिती मुद्रक	८५-३	मध्यगेबाबत थोडेसे	८४-६२
अणूची संकल्पना - १	८५-३२	लाइफ ऑफ पाय	८५-७२
गवर्निने फुगले	८६-३	गुणाकाराय गुणविशेषाय	८६-५९
सौरऊर्जा वापरून शुद्ध पाणी	८६-१२	भास्कराचार्यांचे गणित	८८-२२
भारतासाठी ऊर्जा सुरक्षितता-४	८६-२७	लॉग स्केल	८८-४२
न्यूटनला त्याचे नियम कसे सुचले	८६-३८	मूळ संख्या	८८-६२
इंटरनेट आणि आपण	५५-८६	जीवशास्त्र	
मोजूया द्रव्याला	८६-६५	रक्तगत	८३-२०
आण्विक सुंदोपसुंदी	८७-२८	जनरिक औषधे-समज, गैरसमज	८५-६
भारतासाठी ऊर्जा सुरक्षितता-५	८७-३७	रात्री झाडाखाली झोपणं	
अणूची संकल्पना - २	८७-४७	योग्य की अयोग्य	८६-७
अरेच्चा! हे असे आहे तर!-७	८७-५२	दिसते किती? पाहतो किती?	८८-१७
अरेच्चा! हे असे आहे तर!-८	८८-१३		

अध्ययन / अध्यापन		टायर वाचवा प्रदूषण टाळा	८८-५६
ब्लूम आणि कांदेपोहे	८३-१०	पाऊस पडेल का?	
भूमितीचा संज्ञाकोश तयार करताना	८३-२६	कावळ्याला विचारा	८८-७७
विज्ञानासाठी वाचन कौशल्ये-१	८३-५९	चरित्र	
विज्ञानासाठी वाचन कौशल्ये-२	८४-१७	दृष्टी देणारा माणूस	८७-४३
स्मृती सोपान	८४-३५	इतिहास	
सुदर्शन संकल्पना-१	८५-२९	प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस	८५-५५
पहिलीचे गणित	८५-३६	खगोल	
गणिताच्या तासाला खेळ-१	८५-६६	अवकाश संशोधन	८७-१९
गणिताच्या तासाला खेळ-२	८६-२१	अवकाशातील	
सुदर्शन संकल्पना-२	८६-४५	हानीकारक उत्सर्जने	८८-१०
सिनेक्टिक्स	८६-७०	इतर	
असंही शिक्षण - एक स्वप्नरंजन	८८-४४	भारतीय कालमापन	८३-७०
उपक्रम		८०० वर्षापूर्वीचे जुने गाव	८४-११
फुलपाखरू	८५-७९	ओवी गाऊ विज्ञानाची	८४-५१
उपक्रमशील विज्ञानशिक्षण	८६-४८	अखिल भारतीय	
वैज्ञानिक दृष्टिकोन	८७-६३	मराठी विज्ञान अधिवेशन	८५-७६
गप्पांचा अड्डा जमवूया	८८-३	विज्ञान रंजन स्पर्धा-२०१४	८६-७५
रसायनशास्त्र		धरण कुठे बांधतात?	८७-२२
भेसळयुक्त दूध	८६-१६	विज्ञान रंजन स्पर्धा-२०१४ उत्तरे	८७-७७
पर्यावरण		धरण कुठे बांधतात?	८८-४९
भूतानचे पर्यावरण रक्षण	८३-३२	पुस्तक परिचय	
वृक्ष संवर्धन	८३-४३	प्रयोगातून विज्ञान	८३-६३
पवन ऊर्जा	८५-२२	सर्वांसाठी खगोलशास्त्र	८४-५३
ऋषिव्हॅली जल व्यवस्थापन	८५-४०	गोष्ट	
प्रदूषण नियंत्रण		अचंबा	८४-६५
अधिक ऊर्जा निर्मिती	८५-६०	मोठे झाल्यावर तुम्ही व्हा	८७-५५
चला निसर्ग साक्षर होऊया	८७-६६		



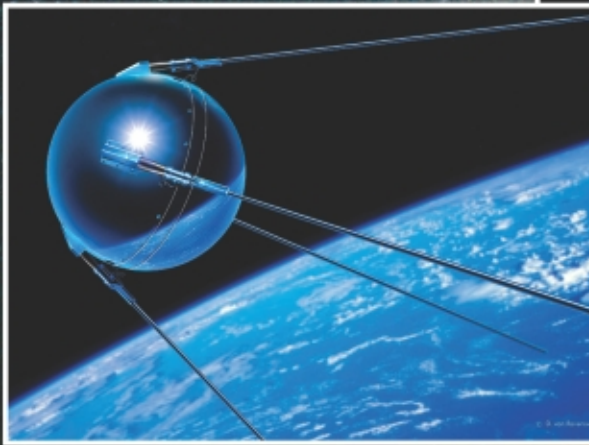
पृथ्वीच्या बाहेरून तिचे निरीक्षण करण्यासाठी, इतर ग्रहांच्या कक्षा, त्यांचे वातावरण अभ्यासण्यासाठी, हवामानाचा अंदाज वर्तवण्यासाठी मानवाने कृत्रिम उपग्रह आकाशात सोडले. लेख पान २८ वर



आर्यभट्ट



एक्सप्लोरर



स्पुटनिक

शैक्षणिक संदर्भ : ऑगस्ट-सप्टेंबर २०१४ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913

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

