

शैक्षणिक ग्रंथदर्श

अंक - १६

एप्रिल - मे २००२

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी

विश्वस्त :

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

सहाय्य :

र.कृ. आंबेगांवकर,
ज्योती देशपांडे
यशश्री पुणेकर

अक्षरजुळणी :

न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक १६

एप्रिल - मे २००२

पालकनीती परिवारसाठी

निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

पत्ता १ : संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्वे रोड, पुणे - ४११ ००४.

दूरध्वनी : ५४४१२३०

पत्ता २ : संदर्भ,

ए-३८ गुरुदत्त सहवास, मेहुणपुरा

४७०/४९८ शनिवार पेठ, पुणे - ४११ ०३०.

दूरध्वनी : ४४६६७१९ (वेळ ११ ते ४)

ई-मेल : Pryd@indiatimes.com

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

किंमत : रुपये २०/-

वार्षिक मूल्य : रुपये १००/-



आज आपण इलेक्ट्रॉनिक्सच्या युगात वावरत आहोत आणि सिलिकॉन चिप हा या युगाचा आधार आहे. या चित्रात दाखवलेल्या सिलिकॉनच्या तबकडीवर १५० सिलिकॉन चिप्स आहेत. सिलिकॉन चिप्समधून नियंत्रित पध्दतीने इलेक्ट्रॉन्सचे वहन करता येते या तत्त्वावर इलेक्ट्रॉनिक्सचे विज्ञान व तंत्रज्ञान उभे आहे.

अलिकडेच लागलेल्या एका शोधामुळे आता चिपमधील इलेक्ट्रॉन्सबरोबरच चिपवरून अणूंचे गुच्छ नियंत्रित पध्दतीने इकडे तिकडे पळवता येणे शक्य झाले आहे. ही तंत्रज्ञानातील एका नवीन युगाची नांदी तर नाही? या संशोधनाबद्दल वाचा. 'अणूंचा लेसर....' या लेखात.

शैक्षणिक संदर्भ

ऑगस्ट २००२ पासून (वर्ष चवथे : अंक १७ ते २२)
वर्गणी रु. १२५/- होत आहे.

३० जूनच्या आत वर्गणी भरून रु. १२५/- ऐवजी
रु. १००/- मधे वार्षिक सहा अंक मिळवा.

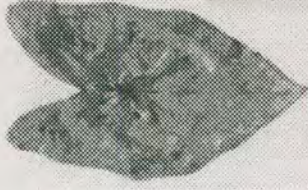
- अंक १ ते अंक ११ यामधील उपलब्ध १० अंकांची
किंमत रु. १४०/- पोस्टेजसाठी रु. ३५/- अधिक लागतील.
- अंक १२ ते १७ साठी रु. १००/-
पोस्टेजसाठी रु. १६/- अधिक लागतील.
- अंक १७ ते २२ साठी वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-
- बाहेरगावचा चेक असल्यास रु. १५/- जास्त पाठवावेत.

अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - १६

एप्रिल-मे २००२

- पानांचं रंगरूप ५
- अणूंचा लेसर? ११
- भाषा नकाशाची २३
- खरंच समजलं ? ३२
- बाबारा मॅक्लिंटॉक ३८
- पवन ऊर्जा ४६
- किण्वन क्रिया ५४
- डोळ्यात अश्रू का येतात ? ६०
- फाइनमन व्याख्याने ६२
- सुदर्शन चक्र ७१
- कोंबडीची पिळे ७३

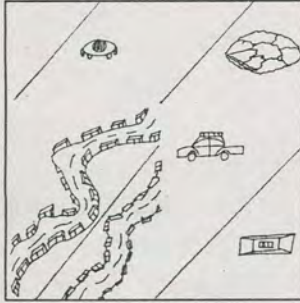
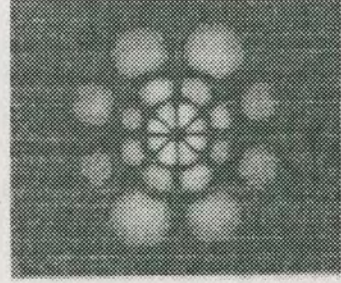


पानांचं रंगरूप ५

निसर्गात आजूबाजूला नजर टाकल्यावर हिरवा रंग सर्वात जास्त दिसतो. ज्या पानांमुळे हा हिरवा रंग दिसतो त्यांचे आकार पाहिलेत कधी ? किती विविधता असते त्यात ! पानातली ही विविधता कशामुळे असते हे सांगणारा हा लेख -

अणूचा लेसर ? ११

गेल्या वर्षी म्हणजे २००१ साली केटर्ली, कॉर्नेल व वीमन यांना भौतिक शास्त्राचे नोबेल पारितोषिक मिळाले. या त्रयीने अणूचा लेसर ही कल्पना मांडून ती प्रत्यक्षात सिद्ध करून दाखवली आणि नोबेल मिळवले. एका इलेक्ट्रॉनिक चिपवर अणूचा लेसर तयार केला. कसा ते वाचू या.



भाषा नकाशाची..... २३

नकाशा प्रत्यक्ष काढण्यासाठी पूर्वतयारी करून घेता येईल. ती देखील हसत खेळत. त्यासाठी वेगवेगळे खेळ यावेळी पाहू.

बाबारा मॅक्लिंटॉक..... ३८

एकांतात रमणाऱ्या, निसर्गाचे अत्यंत बारकाईने निरीक्षण करणाऱ्या बाबारा मॅक्लिंटॉक यांच्या मक्यावरील संशोधनाला तब्बल ३५ वर्षांनंतर नोबेल पारितोषिक मिळाले. स्वतःच्या कामावर दृढ विश्वास ठेवून कोणत्याही टीकेकडे लक्ष न देता त्यांचे काम चालू असे.

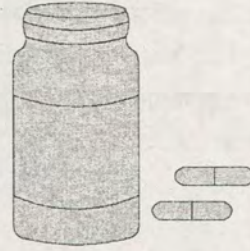




पवन ऊर्जा.....४६
 सूर्यऊर्जा वेगवेगळ्या पद्धतीने वापरली जाते. अगदी कपडे वाळवणे, धान्य वाळवणे इथपासून ते वीजनिर्मितीपर्यंत. वाऱ्याची शक्ती कशा पद्धतीने वापरली जाते ते इथे पाहू.

किण्वन क्रिया५४

ब्रेड, इडली, डोसे, ढोकळा बनवण्यासाठी काही पदार्थ आंबवावे लागतात. ही झाली पारंपरिक किण्वनक्रिया. आधुनिक काळात किण्वनक्रियेचा उपयोग इंधन आणि औषधे बनवण्यासाठी देखील केला जातो. त्याबद्दल वाचू या.



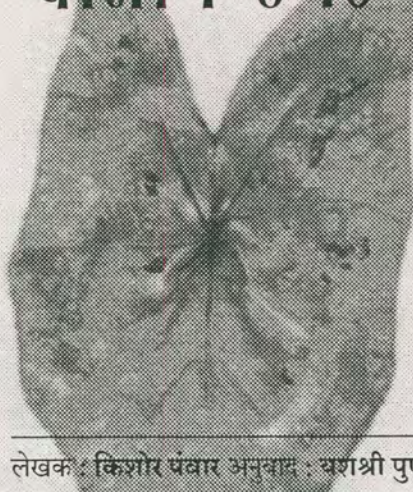
फाइनमन व्याख्याने६२
 एखादी व्याख्यानमाला देखील इतकी औत्सुक्य वाढवणारी होऊ शकते, पुढे जगभर शिकवण्यासाठी वापरली जाते याचं उदाहरण विरळाच असेल.

कोंबडीची पिल्ले७३

शेवटी एकविसावा दिवस उजाडला पण सगळी अंडी जशीच्या तशी ! मला त्या दिवशीचा घोटाळा वारंवार आठवत होता आणि इतक्या सगळ्या प्रयोगावर पाणी पडणार असं वाटत होतं.



पानांचं रंगरूप



लेखक : किशोर पंवार अनुवाद : यशश्री पुणेकर

कधी बागेत किंवा सहलीला गेल्यावर तिथल्या झाडाझुडपांबद्दल बोलत असताना मुलं नेहमी एक प्रश्न विचारतात की 'प्रत्येक झाडाची पाने वेगवेगळी का? त्यांचा रंग, आकार यात इतकी विविधता कशामुळे?' मुलांना समजेल अशा शब्दात याचं उत्तर देणं खरंच कठीण वाटतं ना?

उन्हाळ्यात लाल-पिवळ्या फुलांनी डवरलेला गुलमोहोर, शेताच्या बांधावरची काटेरी बाभूळ आणि नाव काढताच तोंडाला पाणी सुटतं अशी चिंच या एकाच कुलातल्या वनस्पती आहेत असं म्हटलं तर पटेल तुम्हाला? तुम्ही म्हणाल "छे! किती वेगवेगळी आहेत ही झाडां!" पण त्यांची पानं पहा. या तीनही झाडांना संयुक्त पानं असतात. फुलं येणाऱ्या म्हणजेच सपुष्प वनस्पतींच्या

पानांचे आकार खूप वेगवेगळे असतात. म्हणूनच वनस्पतींचं वर्गीकरण करताना पानांचा प्रकार, आकार, फांदीवरची त्यांची रचना या सर्व गोष्टी लक्षात घेतल्या जातात. पान हा झाडाचा एक प्रमुख अवयव आहे. पानांवर वातावरणातल्या बदलाचा चटकन प्रभाव पडतो. पर्यावरणातल्या वायू प्रदूषणाची सूचना सर्वप्रथम पानेच देतात. इतकेच नव्हे तर पानांवरून वायू प्रदूषणाची



पानांचे विविध आकार

सुईसारखे टोकदार, लांबट, रिबीनीसारखा पातळ, गोल, अंडाकृती, त्रिकोणी, बदामाच्या आकाराची, दातेरी कडांची, संयुक्त असे कितीतरी पानांचे प्रकार.

यातली काही पाने आपण पाहिलीही असतील. पहा ओळखता येतात का? गवत, निलगिरी, कण्हेर, केळी, लिंबू आणि काय काय.... ?

स्थिती आणि प्रदूषकाचा प्रकारही तज्ञांना ओळखता येतो.

ऊन, वारा, पाण्याचा परिणाम प्रथमतः पानावरच दिसून येतो. म्हणून तर पानांच्या रंग, रूप आणि आकारात इतकी विविधता असते. साधारण बहुतेक झाडांची पाने हिरवीच असतात. पण काही झाडांची पाने

लाल किंवा चॉकलेटी आणि इतरही रंगाची असतात. उदा. क्रोटन, कोलियस (माईनमुळा). पानाचा वरचा रंग काहीही असला तरी प्रत्येक पानात क्लोरोफिल हा हिरवा पदार्थ असतोच. क्लोरोफिलमुळेच पाने अन्न तयार करतात. क्लोरोफिल नाही म्हणजे जेवणच नाही.

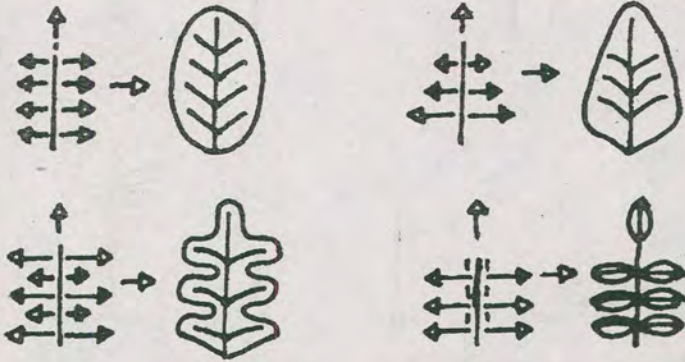
केजुराइनाच्या अतिसूक्ष्म पानांपासून ते नारळ, ताडाच्या मोठ्या मोठ्या पानांपर्यंत किती विविध आकार असतात पानांचे! दातेरी पानं, टोकदार पानं आणि एकाच पानाच्या छोट्या छोट्या पर्णाली. केजुराइनाची पान काही मिलीमीटरची तर केळीची पानं तीन मीटर लांब अर्धा मीटर रुंद ट्रॅव्हलर्स पाम. म्हणजे ताडाची पानं ६-६ मीटर लांब असतात. ही पानं तोडल्यावर त्यातून नीरा मिळते. यात्रेकरूंची तहान भागवणारी नीरा म्हणून तर झाडाचं नाव ट्रॅव्हलर्स पाम.

जसं वातावरण तसं रूप -

नेचे, वृक्षीनेचे अशा दमट, थंड प्रदेशातल्या आणि सावलीतल्या झाडांची पाने पातळ आणि पंखासारखी मोठी असतात. ज्या प्रदेशात भरपूर ऊन आणि पुरेसा पाऊस

असतो: तिथल्या झाडांची पाने रुंद, मोठी आणि सलग किनारीची असतात. पिंपळ, आंबा, साग, साल यांची पाने पहा. कडक उन्हाच्या आणि कमी पावसाच्या राजस्थानसारख्या वाळवंटी प्रदेशात पानं लहानलहान अगदी काट्यासारखी होतात. निवडुंगाचे काटे म्हणजे त्याची पानंच असतात. जसं वातावरण तशी पानं. पण कोणत्या झाडाची पानं कशी असतील हे कोण ठरवतं?

निसर्गात अनेक प्रकारचे जीव आढळतात. त्यांच्यात काही गुण आनुवंशिक असतात हे तर तुम्हाला माहितच आहे. त्याच गुणांमुळे आकार, प्रकार, रंगरूप ठरतं. पण आनुवंशिक गुणांखेरीज विकासाच्या वेगवेगळ्या टप्प्यावर सजीवांमधे वेगवेगळे बदल झालेले आढळतात. काही वेळा आनुवंशिक गुण समान असूनही केवळ



पानाची मूळ शीर, त्याभोवतीची पेशींची रचना आणि त्यांचे विभाजन यानुसार पानांचा आकार ठरतो. या चित्रात मूळ शीर आणि त्यापासून तयार होणारे विविध आकार दिसत आहेत.

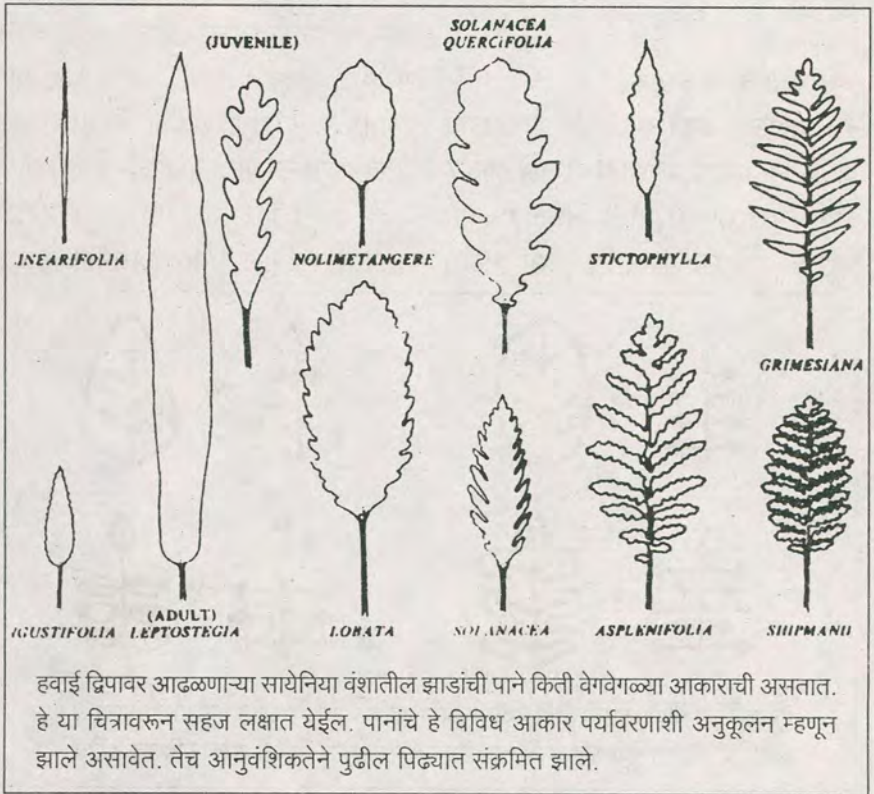
पर्यावरणाच्या प्रभावामुळे भिन्नता आढळून येते. असा प्रकार प्राण्यांपेक्षा वनस्पतींमध्ये जास्त आढळून येतो.

कधी कधी एकाच झाडाच्या खालच्या फांद्याची पाने आणि वरच्या फांद्यांची पाने यात इतकी तफावत असते की वेगवेगळी पाहिल्यावर ही एकाच झाडाची पाने आहेत यावर विश्वासच बसत नाही.

उदा. टिकोमा. याची खालची पानं साधी असतात पण वरच्या फांद्यांना मात्र संयुक्त पान येतात. कधी कधी पाचपेक्षा जास्त पानही

एकत्र आढळतात. काय बरं कारण असेल याचं ? पानांच्या आकारातील हा फरक झाडाच्या वयावर अवलंबून असतो.

स्वच्छ सूर्यप्रकाशात वाढणाऱ्या झाडांची पाने आणि सावलीत वाढणाऱ्या झाडांची पाने वेगवेगळी असतात. इथं पानांचा प्रकार झाडाला मिळणाऱ्या प्रकाशावर अवलंबून असतात. सावलीत वाढणाऱ्या झाडांची पाने पसरट आणि पातळ असतात. त्यांच्यात इतरांच्या तुलनेने जास्त क्लोरोफिल (हरितद्रव्य) असते. कमी प्रकाशात त्यांना



हवाई द्विपावर आढळणाऱ्या सायेनिया वंशातील झाडांची पाने किती वेगवेगळ्या आकाराची असतात. हे या चित्रावरून सहज लक्षात येईल. पानांचे हे विविध आकार पर्यावरणाशी अनुकूलन म्हणून झाले असावेत. तेच आनुवंशिकतेने पुढील पिढ्यात संक्रमित झाले.

पुरेसं अन्न तयार करता यावं म्हणून ही योजना. या पानांमध्ये रंध्रांची संख्या कमी असते. त्यामुळे बाष्पीभवन रोखलं जातं.

पानांच्या आकारावर जसा प्रकाशाचा प्रभाव पडतो तसाच दिवसाच्या लहानमोठेपणाचाही परिणाम होतो. जेव्हा थंडीच्या मौसमात दिवस लहान असतो तेव्हा फक्त आठ तास प्रकाश मिळू शकतो. अशा वेळी खटूमराची (पानफुटी) पाने निरखून पहा. ती छोटी, जाड आणि सरळ कडांची दिसतील पण जेव्हा उन्हाळ्याचे मोठे दिवस सुरू होतात आणि १२/१२ तास प्रकाश मिळतो तेव्हा हीच पाने मोठी, पातळ आणि दातेरी कडांची असतात. झाड लहान असतानाची खालची पाने सरळ कडांची आणि मोठ्या झाडात वरची पाने दातेरी कडांची. म्हणजेच आनुवंशिक गुण समान असूनही केवळ पर्यावरणाच्या प्रभावामुळे झाडांच्या पानात विविधता आढळते.

सेजिटेरिया म्हणजेच बाणपत्र या झाडाची पाने पाण्याखाली असताना रिबीनीसारखी लांब व पातळ असतात. पण झाड मोठं होऊन पानं पाण्याच्या वर आली की हीच पानं भाल्यासारखी टोकदार होतात.

पाण्याखाली कमी प्रकाश पोहोचतो त्यामुळे पानं लांब रिबीनी सारखी होतात. हेच झाड जमिनीवर कमी प्रकाशात वाढवल्यास पाने रिबीनीसारखीच दिसतात. म्हणजे इथेही प्रकाशाचा प्रभाव जाणवतो.

याचाच अर्थ या वनस्पतींमध्ये दोन्ही प्रकारच्या पानांची गुणसूत्रे असतात. भोवतालच्या परिस्थितीशी अनुकूलन होत असताना ज्याची आवश्यकता असेल ते गुणसूत्र प्रभावी ठरते व त्याप्रमाणे पानांचा आकार होतो.

पानांच्या विविध आकारांचं एक चपखल (perfect) उदाहरण म्हणजे सायेनिया वंशातील झाडं. ही झाडं लोबेलिएसी कुलातली असतात आणि फक्त हवाईद्विपावर आढळतात. त्यांच्या सुमारे ६० प्रजाती आहेत.

सायेनिया लायनरीफोलिया हे कोरड्या आणि कडक उन्हाच्या प्रदेशातलं झाडं. याची पानं सुईसारखी टोकदार असतात. पण सावलीत, दमट भागात वाढणाऱ्या सायेनियाची पानं नेच्याच्या पानासारखी असतात. उदा. सायेनिया एस्प्लेनिफोलिया. एस्प्लेनियम खरं तर एक नेचाचा प्रकार आहे. याची पातळ आणि मोठी मोठी पंखासारखी पानं जास्त प्रकाश शोषून घेतात. पर्यावरणासाठी पानांचं असं अनुकूलन झालं आहे. सायेनियाच्या विविध पानांचे प्रकार शेजारच्या चित्रात दिसताहेत.

सायेनियाच्या अशा उदाहरणामुळे शास्त्रज्ञांना वाटत होते की पानांच्या विविधतेचे मुख्य कारण पर्यावरणच असावे, आनुवंशिकतेचा याच्याशी संबंध नसावा. वेगवेगळ्या पर्यावरणात झाडांची विविधता

पर्यावरणानुसार असते का आनुवंशिकतेनुसार असते याचं उत्तर शोधून काढण्यासाठी १९३० मध्ये गोटे टेरेसा या स्वीडीश वनस्पतीशास्त्रज्ञांनी प्रयोग केला. त्यांनी आपल्या बागेत विविध पर्यावरणात वाढणाऱ्या ३१ प्रकारच्या झाडांच्या वेगवेगळ्या प्रजाती एकत्र लावल्या. या सर्व झाडांना एकाच पर्यावरणीय वातावरणात वाढू दिलं. पण त्यांच्यात पर्यावरणानुसार अनुकूलन झालं नाही. त्यांना आनुवंशिकतेने जे आकार, रंग, रूप मिळाले होते, तशीच त्यांची वाढ झाली.

वास्तविक एकाच प्रकारची वेगवेगळ्या पर्यावरणात वाढणारी झाडे परिस्थितीशी जुळवून घेत राहतात आणि त्यांच्या पुढच्या पिढ्यांमध्ये तोच गुण आनुवंशिकतेने दिला जातो. पर्यावरणाच्या प्रभावामुळे झाडात परिवर्तन होते आणि पुढे तेच गुण आनुवंशिक

होत जातात त्यामुळे त्या झाडाची एक नवीन प्रजाती निर्माण होते. कारण अशा झाडांमध्ये बदलत्या वातावरणातही टिकून रहाण्याची जास्त क्षमता असते.

कधी हे पर्यावरणासाठीचं अनुकूलन तात्पुरतं असतं तर कधी त्याचे आनुवंशिक गुणात रुपांतर होतं म्हणजेच झाडांच्या विविध प्रकारात, पर्यावरण, आनुवंशिकता आणि वंशासातत्य महत्वाचे असते.

एकंदरीत झाडाच्या पानांचा आकार त्यांचे पर्यावरण, रचना व कार्य आणि आनुवंशिकता यांच्या परस्पर संबंधांवर अवलंबून असतो.



शैक्षिक संदर्भ अंक ३१ मधून साभार

लेखक : किशोर पंवार इंदोर च्या होळकर सायन्स कॉलेजमध्ये वनस्पतीशास्त्र शिकवतात.
अनुवाद : यशश्री पुणेकर

पालकनीती

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक



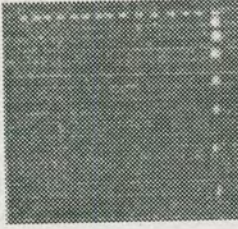
मुलांच्या विकासात शिक्षणाचा आणि शिक्षकांचा मोठा वाटा असतो. त्यामुळे पालक आणि शिक्षक दोघांच्या दृष्टिकोनातून विचार करून 'पालकनीती' ठरवायला हवी. या विचारांसाठी व्यासपीठ - पालकनीती. हे मासिक जरूर वाचा. वार्षिक वर्गणी रु.१२०/-

संपर्क पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, डेक्कन जिमखाना, पुणे ४

अणूंचा लेसर ?

आणि तोही एका इलेक्ट्रॉनिक चिपवर ?

लेखक : सतीश ओगले



अणूंबद्दल आपण शाळेत ऐकलेलं वाचलेलं असतं. अणुऊर्जा, अणुबाँब याबद्दल वर्तमानपत्रातून कानी पडत असतं. या अणूंचा लेसर म्हणजे काय, मुळात लेसर म्हणजे तरी काय हे समजावून घेऊ.

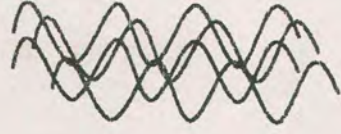
अलीकडे एक विज्ञान-मासिक वाचत असताना एक लेख पाहण्यात आला... 'एका इलेक्ट्रॉनिक चिपवर (integrated circuit, IC) बसू शकणारा अणूंचा लेसर (laser) बनवण्यात वैज्ञानिकांना यश'. एक तर 'अणूंचा' लेसर आणि तोही छोट्याशा चिपवर!! कुतुहल वाढलं, आणि याविषयी थोडं अधिक समजून घेण्याची जिज्ञासा निर्माण झाली. त्यामधून जे वाचलं, ते थोडक्यात विशद करण्याचा हा प्रयत्न. या नव्या संशोधनाबद्दल लिहिण्याच्याआधी, प्रथम 'लेसर' विषयी थोडी पार्श्वभूमी तयार करणं गरजेचं आहे.

लेसर (laser) ही एक अद्वितीय आणि जादूई अशी प्रकाश-शलाका आहे हे आपणा सर्वांना माहीतच आहे. भौतिकशास्त्राला

अभिप्रेत असलेले लेसरचे सर्व गुणधर्म जरी सामान्य माणसाला नीटसे ज्ञात नसले, तरी इतकं नक्कीच माहीत असतं की ही अद्भुत प्रकाश-शलाका मैलोनूमैल अगदी समांतर जाते, आणि अगदी दूरपर्यंत आपली दीप्ती व तीव्रता यांचे परिणाम दाखवू शकते. एखाद्या विद्युत्बल्बचा प्रकाश मात्र आपण अनेक भिंगे लावून कितीही समांतर केला तरी तो लगेचच बाजूला पसरतो आणि समांतर रहात नाही. याचा अर्थ असा की, लेसर किरणांमध्ये असा काही विशेष गुणधर्म आहे, जो ते किरण केवळ समांतर आहेत असं म्हणण्याने सांगता येत नाही. या विशेष गुणधर्माला सुसंगतता (coherence) अशी संज्ञा आहे. विद्युत्चुंबकीय लहरींच्या भाषेत सांगायाचं झालं तर असं म्हणता येईल की



बल्बमधून येणाऱ्या असुसंगत, असमांतर, आणि विविध तरंग-लांबीच्या लहरी



बल्बमधून येणाऱ्या लहरी तरंग-लांबी निवडून, भिंगाने समांतर केल्या तरीही असुसंगतच राहतात.



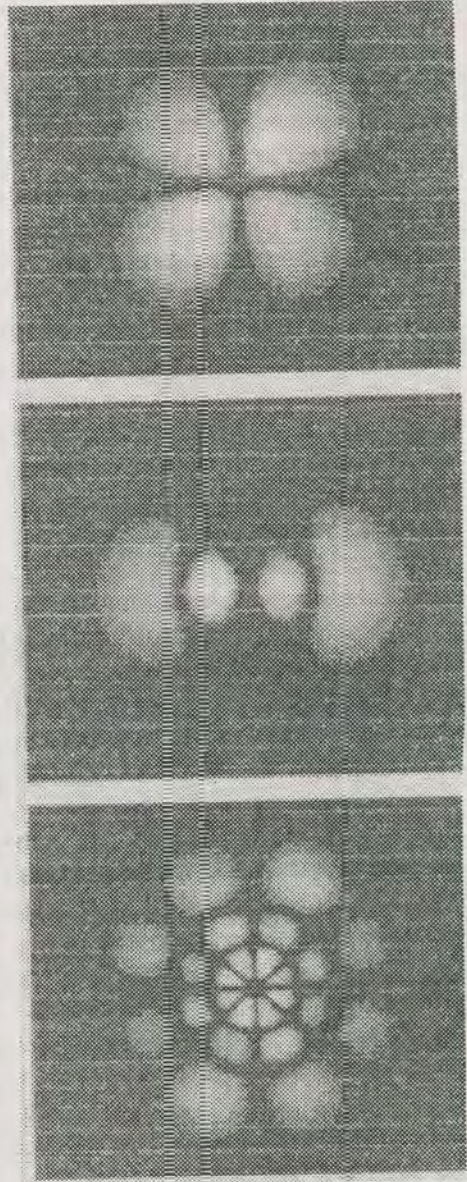
लेसरच्या सुसंगत, समांतर, आणि एकच तरंग-लांबीच्या लहरी

लेसर किरणांमधील सर्व लहरींच्या दोलन स्थिती (phase) एकमेकांशी पूर्णपणे सुसंगत अशा असतात. गंमत म्हणजे लेसर किरण तयार होण्याच्या प्रक्रियेमध्ये त्या लहरी एकदा सुसंगत झाल्या, की त्या सहजासहजी असुसंगत होऊ शकत नाहीत. म्हणूनच सुसंगतेशी निगडित असलेली लेसरची समांतरता सहजासहजी बिघडवता येत नाही, आणि जरी हवेतील अणुपरमाणू किरणांच्या अधेमध्ये आले तरी त्यांचे समांतरत्व बिघडवेल असे विकिरण (scattering) होण्याची शक्यता अगदी कमी असते. साध्या विद्युतबल्बच्या समोर भिंगे लावून समांतर केलेल्या शलाके मधील किरण मात्र एकमेकांशी सुसंगत नसतात, आणि त्याचे अगदी सहज विकिरण होऊ शकते.

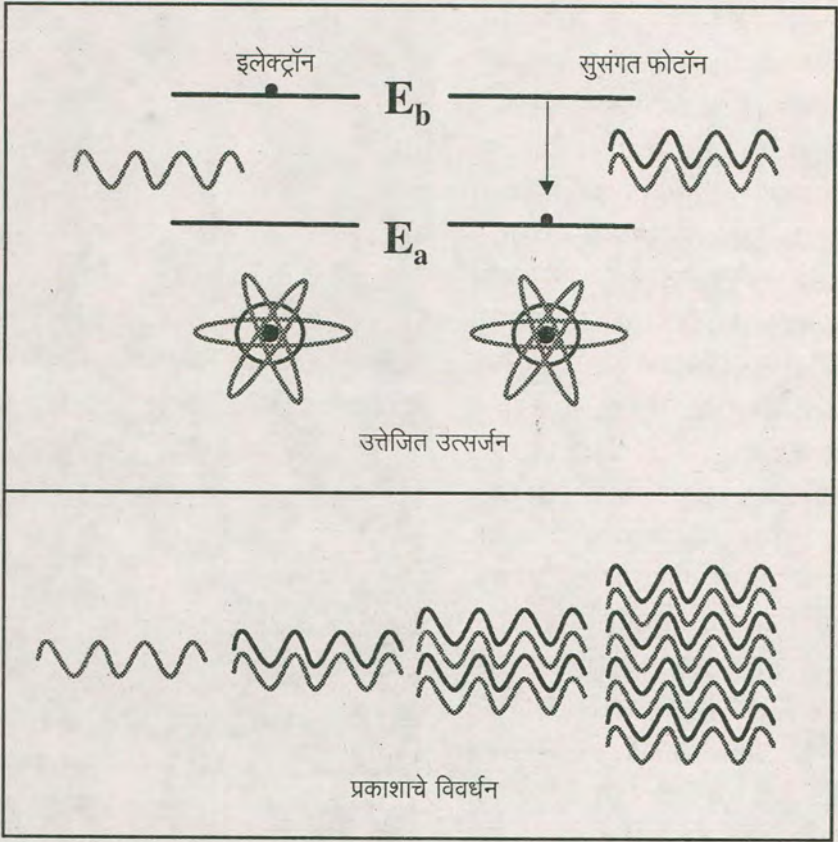
लेसर म्हणजे काय ?

खरं तर सुसंगतता आणि लेसर यांच्याबद्दल जास्ती विस्ताराने विचार करायचा झाल्यास क्वांटम तत्वज्ञानाचा आधार फायद्याचा ठरतो. क्वांटम विचारामधे प्रत्येक अणूच्या अंतरंगात धनभारित अणुगर्भाभोवती फिरत असलेले ऋणभारित इलेक्ट्रॉन्स फक्त काही विशिष्ट ऊर्जावस्था धारण करू शकतात. त्यामुळे ऊर्जावस्थेतील कुठलाही बदल होत असताना ऊर्जा फक्त गड्ड्याने दिली-घेतली जाऊ शकते. अशा एका विद्युतचुंबकीय ऊर्जेच्या गड्ड्याला फोटॉन (photon) असे म्हणतात. म्हणजेच ऊर्जापरिवर्तनाच्या माध्यमातून फोटॉनचा जन्म किंवा विलय होतो. जर बाहेरून येणाऱ्या फोटॉनचे अणूमधील इलेक्ट्रॉन्स शोषण केले तर तो

वरच्या ऊर्जास्थितीला जातो. तो त्या स्थितीत फार काळ मात्र राहू शकत नाही, आणि काही काळाने एक फोटॉन बाहेर फेकून पुन्हा पूर्वस्थितीला येतो. या काळाला त्या उत्तेजित ऊर्जास्थितीचा (excite state) जीवनकाळ (lifetime) असे म्हणतात. वेगवेगळ्या ऊर्जास्थितीसाठी हा काळ वेगवेगळा असतो. समजा आपण एखादा वायू, द्रव किंवा घन पदार्थ घेतला, तर त्यामध्ये असंख्य अणू असतात. अशा पदार्थाला जर आपण ऊर्जा दिली (बाहेरून प्रकाशकिरणांचा वर्षाव करून म्हणा, किंवा उच्च तापमानाला नेऊन म्हणा), तर वेगवेगळ्या अणूंमधील इलेक्ट्रॉन ती ऊर्जा शोषण करतात आणि मग काही वेळाने अनिर्बंधपणे फोटॉनच्या रूपात चौफेर बाहेर फेकतात. या प्रकारामधे कुठलीही सुसंगतता किंवा लय नसते. बाहेर येणाऱ्या विविध किरणांच्या दोलनस्थितींमध्ये काहीही संबंध नसतो. एखाद्या विद्युतबल्बमधील टंगस्टनची वायर गरम झाल्यावर जे प्रकाश किरण बाहेर येतात त्यांची ही अशी व्यवस्था असते. मग अशा किरणांना भिंगाच्या सहाय्याने कितीही समांतर केले तरी त्यांच्यामध्ये लय कशी आणणार? या संबंधात आईन्स्टाईननी केलेल्या एका अतिशय मौलिक संशोधनाने क्रांती साधली आणि त्यातूनच पुढे लेसरचा जन्म झाला.



अणूमधील इलेक्ट्रॉन्स फक्त विशिष्ट भ्रमणस्थितीच धारण करू शकतात. अशी काही भ्रमणस्थिती दर्शविणारे आकृती-विशेष. प्रत्येक भ्रमणस्थितीनुसार विशिष्ट ऊर्जास्थिती असते.



आईन्स्टाईननी असं दाखवलं की, जर एखाद्या अणूमधील इलेक्ट्रॉन खालची ऊर्जास्थिती 'अ' मधून उत्तेजित ऊर्जास्थिती 'ब' मध्ये गेला असेल, आणि अशा स्थितीत त्याच्यावर दोन उर्जास्थितींमधील फरकाएवढ्या उर्जेचा ($E_b - E_a$) फोटॉन बाहेरून टाकला (incident photon), तर तो इलेक्ट्रॉन तातडीने खालच्या ऊर्जास्थितीप्रत येतो आणि एक फोटॉन बाहेर फेकतो

(emitted photon), बाहेरून येणाऱ्या फोटॉनने इलेक्ट्रॉनला ऊर्जा बाहेर फेकायला उद्युक्त केल्यामुळे त्याला उत्तेजित उत्सर्जन (stimulated emission) असे म्हणतात.

सर्वात महत्वाची गोष्ट म्हणजे इलेक्ट्रॉनने बाहेर फेकलेल्या (emitted) फोटॉनची शक्ती आणि स्थिती (energy and phase), बाहेरून त्या अणूवर सोडलेल्या (incident) फोटॉनशी पूर्णपणे सुसंगत असतात. म्हणजेच

या प्रकारात सर्व दृष्टीने साधर्म्य असणारे दोन सुसंगत (coherent) फोटॉन्स तयार होतात.

आता समजा आपण अनेक एकमेकासदृश अशा अणूंमधील इलेक्ट्रॉन्सना ठराविक उर्जितावस्थेत नेलं, आणि तशा स्थितीत त्या अणूंच्या समूहावर उत्तेजित उत्सर्जन घडवून आणू शकतील असे ठराविक उर्जेचे फोटॉन्स सोडले, तर काय होईल? प्रथम एका अणूंच्या उत्तेजित उत्सर्जनातून दोन सुसंगत फोटॉन्स, मग ते दोघे आणखी दोन अणूंवर पडून त्यांचे चार, त्या चारांचे आठ, आठांचे सोळा... अशा प्रकारे चढता गुणाकार होऊन सुसंगत फोटॉन्सचे प्रचंड उत्तेजित उत्सर्जन घडून आणखी सुसंगत फोटॉन्स बाहेर पडण्याची संभावना (probability) अधिकच वाढते. हीच लेसर शलाका (laser beam) तयार होण्याची प्रक्रिया. या प्रकाराला विवर्धन (amplification) अशी संज्ञा आहे. उत्तेजित उत्सर्जनातून (stimulated emission) विवर्धन करित सुसंगत प्रकाशकिरणांचा स्रोत निर्माण करण्याच्या या प्रक्रियेचे Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation यातील पहिली अक्षरे उचलून LASER असे सार्थ नामकरण करण्यात आले आहे.

सुसंगतता हा एक विशेष असा गुणधर्म आहे, आणि तो स्थिर व्यतीकरणाचा (interference) अविष्कार दाखवतो. उदाहरणच द्यायचं झालं तर पाण्यावरच्या

लहरींच्या अन्वये देता येईल. समजा एका शांत तळ्याच्या काठी आपण उभे आहोत, आणि पाणीही अगदी स्थिर, स्तब्ध आहे. अगदी वाऱ्यामुळे पाण्याच्या पृष्ठभागांवर तयार होणाऱ्या लहरीही नाहीत. आता आपल्यापैकी एकाने एका ठिकाणी बसून, एका लयीत एक छोटीशी काठी पाण्यावर मारायला सुरुवात केली तर काय होईल? पृष्ठभागावर तरंग निर्माण होतील आणि सर्वत्र पसरतील. काठी जर लयीत मारली जात असेल तर ते तरंगही लयीत निर्माण होताना दिसतील. आता जर दुसऱ्याने पलीकडच्या बाजूस बसून तशीच लयीत काठी मारायला सुरुवात केली, तर तिथूनही तसेच तरंग निर्माण होऊन सर्वत्र पसरतील. या स्थितीत आपल्याला दिसेल की दोन्हीकडून तयार होणाऱ्या लहरींचे पृष्ठभागावर एकमेकात व्यतीकरण होऊन, एक स्थिर आणि प्रेक्षणीय आकृती-विशेष (pattern) तयार होईल. जर दोघांनी आपली काठी मारण्याची लय राखली तर तो आकृती-विशेष स्थिर राहील. लयीमधून निर्माण झालेल्या सुसंगत लहरी अशा प्रकारे स्थिर आकृती-विशेष बनवू शकतात. दोन लेसर किरण देखील असे स्थिर आकृती-विशेष बनवू शकतात, हे सहज दाखवता येतं, आणि त्यायोगे त्यांची सुसंगती सिद्ध होते. आता जर त्या दोघांनी काठी वेडीवाकडी, मधेच थांबून, मधेच जोरात अशी (दोन लहान मुलं पाण्यात खेळतात तशा पद्धतीने) लय सोडून मारायला सुरुवात

केली तर काय होईल ? पाण्याचा पृष्ठभाग वरखाली हालताना दिसेल, पण अनिर्बंधपणे. कुठलाही स्थिर आकृती-विशेष दिसणार नाही. दोन विद्युतबलबमधून बाहेर पडणाऱ्या प्रकाशकिरणांची अशी परिस्थिती असते. त्यांच्यात लय किंवा सुसंगती नसल्याने, त्यांच्या व्यतीकरणाने स्थिर आकृती-विशेष तयारच होत नाहीत.

अणूंचा लेसर

लेसर संबंधी थोडी पार्श्वभूमी समजून घेतल्यावर आता 'अणूंचा लेसर' या नव्या विषयाकडे वळू. आधी वर्णन केल्याप्रमाणे प्रकाश-लेसरच्या बाबतीत बोलताना आपण सुसंगत फोटॉन्सविषयी बोललो. सुसंगतते-बद्दल चर्चा करताना विद्युतचुंबकीय लहरींची समान स्थिती (phase) आणि इतरही सर्व (तरंगलांबी, कंप्रता, वेग) अगदी समान गुणधर्म, असे वर्णन करणे सोयीचे असते. मग अणूंच्या लेसरमध्ये सुसंगततेचा अर्थ काय ? दोन अणू सुसंगत म्हणजे नक्की काय ? साध्या भाषेत सांगायचं झालं तर स्थिती आणि गती याबाबतीत दोन अणूंचे गुणधर्म अगदी तंतोतंत एकच असतील तर त्यांना सुसंगत अणू (coherent atoms) असं म्हणता येईल. बऱ्याच वेळा स्थितीच्या बाबत बोलताना तरंगांच्या सहाय्याने कल्पना करणं सोपं जातं. तरंगाचे एखाद्या जागी, एखाद्या वेळी असलेले दोलन (oscillation)

याला स्थिती असे म्हणतात. अणूंच्या बाबतीत अशी तरंगकल्पना किंवा तरंगसंज्ञा अस्तित्वात आहे. गेल्या शतकाच्या सुरुवातीस, कांटम तत्वज्ञानाच्या उदयाच्या वेळेस, लुइ द ब्रोग्ले (Louis de Broglie) या पीएच.डी. करणाऱ्या तरुणाने याबाबत काही विचार मांडले होते. तत्कालीन अणूंच्या अंतरंगातील उपलब्ध माहितीचा आधार घेऊन त्याने असं प्रतिपादन केलं, की प्रत्येक अणू, कण, किंवा वस्तूबरोबर एक तरंग असणं स्वाभाविक आहे. त्याने अशा तरंगांचं 'वस्तू तरंग' (matter waves) असं नामकरणही करून टाकलं. पुढील अणूविषयक सखोल संशोधनातून असं वारंवार प्रत्ययास येऊ लागलं की, अणूसंबंधीच्या अनेक घटनांच्या बाबतीत तरंगांचं गणित अगदी चपखल बसतं. इतकं की अणूकडे एक कण म्हणून पाहिलं तर काही घटना समजूच शकत नाहीत. अशा घटनांबाबत बोलण्यासाठी श्रोडिंगर या वैज्ञानिकाने तरंगगणित मांडलं. त्याला 'श्रोडिंगरचे तरंग समीकरण' असे म्हणतात. कांटम तत्वज्ञानाशी हे गणित पुढे एकरूप झालं. या थोड्याशा अवघड विषयात जास्ती खोलात न जाता इथे इतकंच म्हणता येईल की, प्रकाशकिरणांच्या सुसंगततेविषयी बोलताना जसं आपण विद्युतचुंबकीय लहरींच्या भाषेत बोलू, तसच अणूंच्या सुसंगततेबद्दल बोलताना वस्तू तरंगांच्या भाषेत बोलता येतं.

बोस-आइन्स्टाईन सद्रवन

बोस आणि आइन्स्टाईन यांनी १९२४ साली असे सैद्धांतिक प्रतिपादन केले होते की पूर्णांक परिवलन (integer spin) असलेल्या कणांचा समूह आपण जर खूप खूप थंड केला, तर एका विशिष्ट तापमानाच्या खाली त्या समूहातील अनेक कण फारच मोठ्या संख्येने (किंवा गड्ड्याने म्हणा) सर्वात कमी ऊर्जेच्या एकाच स्थितीत (lowest possible energy state) जमा व्हायला हवेत. बाष्पापासून एकदम एक पाण्याचा थेंब तयार व्हावा अशासारखी ही प्रक्रिया असल्याने त्याचे सद्रवन असे नामकरण केले जाते. (हा आविष्कार घडेल की नाही, हे कणांच्या परिवलन (spin) या गुणधर्माशी निगडित आहे.) इलेक्ट्रॉनचे परिवलन $1/2$ असते, आणि अशा $1/2$ किंवा $3/2$ या प्रकारच्या अर्धपरिवलन (half integer spin) असलेल्या कणांच्या बाबतीत बोस-आइन्स्टाईन सद्रवन घडत नाही. अणूंमध्ये मात्र अनेक इलेक्ट्रॉन्स असतात आणि त्यांची परिवलने एकमेकांना समांतर किंवा एकमेकांच्या विरुद्ध असतात. या परिवलनांची बेरीज वजाबाकी होऊन, अणूंना पूर्णांक परिवलन (integer spin) धारण करता येतो. पूर्णांक परिवलन असलेले कण बोस-आइन्स्टाईन सद्रवन घडवू शकतात, म्हणूनच अशा अणूंच्या समूहात सद्रवन होऊ शकते. नेमकी हीच गोष्ट केटर्ली, कॉर्नेल आणि वीमन यांनी प्रयोगाने दाखवून दिली. गंमत म्हणजे या मंडळींनी अणूंना खूप थंड करण्यासाठी प्रकाश-लेसर वापरला. लेसर शक्तीमान असताना तो अणूंना गरम करण्याऐवजी थंड कसा करेल, हा देखील एक मनोरंजक विषय आहे. अगदी थोडक्यात कल्पना द्यायची झाली तर असं सांगता येईल की सुसंगत असे लेसर किरण एका बिंदूपाशी केंद्रित केले, तर तेथे कणांसाठी एक प्रकारचा विद्युतचुंबकीय पिंजरा (trap) तयार होतो. इकडे तिकडे फिरणारा एखादा अणू त्या बिंदूजवळ पोचला तर तिथेच अडकतो. त्याला विद्युतचुंबकीय क्षेत्रात अडकवून त्याची गतिज शक्ती (kinetic energy) हळूहळू काढून घेऊन त्याला थंडगार केले जाते. एक एक करत आपण असे अनेक अणू त्या बिंदूपाशी पिंजऱ्यात अडकवून शकतो. केटर्ली-कॉर्नेल-वीमन यांनी तेच केलं. अशा थंड केलेल्या अणूंच्या समूहाला जेव्हा ते आणखी थंड करीत गेले, तेव्हा एका विशिष्ट तापमानाला त्यांना बोस-आइन्स्टाईन सद्रवनाचा प्रत्यय आला, या कामासाठी त्यांना लवकरच नोबेल पारितोषिकही मिळाले. यामध्ये अणूंचा लेसर या लेखाच्या दृष्टीने सर्वात महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे सद्रवनातील (condensate) सर्वच्या सर्व अणू सर्वच प्रकारे एकाच स्थितीत असणं हे होय. केटर्ली यांनी ठरवलं की जर अशा सद्रवनातून अलगदपणे अणूची शलाका बनवता आली, तर आपल्याला सुसंगत अणूंचा स्रोत तयार करणं शक्य व्हायला हवं. नेमकं तेच त्यांनी केलं.

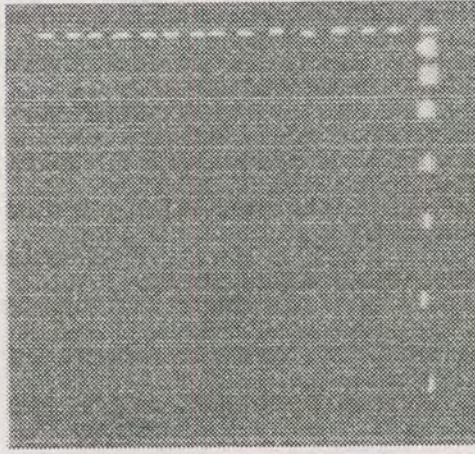
अमेरिकेतील मॅसॅच्युसेटस् इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी (MIT) या संस्थेमधील त्रेचाळीस वर्षीय नोबेल पारितोषिक विजेते शास्त्रज्ञ वुल्फगॅन्ग केटर्ली यांनी 'अणूंचा लेसर' या विषयात अलीकडे बरेच मौलिक संशोधन केले आहे. बोस-आइन्स्टाईन सद्रवन (condensation) या सत्येन्द्रनाथ बोस आणि अल्बर्ट आइन्स्टाईन या शास्त्रज्ञद्वयीने जवळपास ७० वर्षांपूर्वी भाकीत केलेल्या अविष्काराचे १९९५ साली प्रायोगिक प्रदर्शन करून दाखवल्याबद्दल केटर्ली, कॉर्नेल व वीमन या शास्त्रज्ञांना २००१ चे भौतिकशास्त्राचे नोबेल मिळाले. याच आविष्काराचा उपयोग केटर्ली यांनी अणूंचा लेसर ही कल्पना मांडून त्याची प्रत्यक्षात बांधणी करण्यासाठी केला आहे.

प्रकाशाच्या लेसरमध्ये तीन गोष्टी असतात. एक म्हणजे विवर संवादक (cavity resonator), दुसरी म्हणजे क्रियाशील माध्यम (active medium), आणि तिसरी म्हणजे उत्सर्जन अनुयोजक (output coupler). विवर संवादकामधे ठेवलेल्या क्रियाशील माध्यमाला प्रथम उत्तेजित अवस्थेत नेऊन व नंतर त्यामधे उत्तेजित उत्सर्जन घडवून आणून, उत्सर्जन अनुयोजकाच्या द्वारे लेसर किरण बाहेर आणले जातात. अणूंचा लेसर बनवण्यासाठी केटर्लींनी याच कल्पना वापरल्या. त्यांनी चुंबकीय क्षेत्र वापरून

अणूंच्या समूहाला छोट्या जागेत बंदिस्त ठेवणारा विवर संवादक बनवला. अशा बंदिस्त समूहाला आधी वर्णन केल्याप्रमाणे प्रकाश लेसर वापरून अतिशय थंड केले व त्यामधे बोस-आइन्स्टाईन सद्रवन घडवले, आणि अखेर या सद्रवनाला रेडिओ कंप्रतेचा (radio-frequency) विद्युतचुंबकीय झटका (pulse) देऊन, त्यामधून सुसंगत अणूंचा स्रोत बाहेर काढला. या बाहेर आलेल्या स्रोतातील अणू सुसंगत आहेत, आणि नुसते समांतर चाललेले अणू नाहीत. हे सिद्ध करणे महत्त्वाचे होते. त्यासाठी केटर्ली यांनी व्यतीकरण (interference) हा हुकमी एका वापरला. अणूंच्या स्रोताचा वापर करून, फक्त व्यतीकरणातून निर्माण होऊ शकेल असा एक स्थिर आकृती-विशेष (stable pattern) त्यांनी बनवून दाखवला. हा त्यांच्या कल्पनांचा आणि कार्याचा मोठाच विजय होता.

लेसरमधील फरक

आता हा प्रश्न पडणे साहजिक आहे की, अणूंचा लेसर आणि प्रकाश किरणांचा लेसर यात नक्की फरक काय? खरं तर केटर्ली यांनी निर्माण केलेल्या सुसंगत अणूंच्या स्रोताला लेसर म्हणणेच बरोबर आहे का नाही, इथपासून वैज्ञानिकांमध्ये चर्चा आहे. पण त्या सखोल चर्चेकडे न वळता, काही फरक लगेचच निदर्शनास आणता येतात.



सुसंगत अणूंचा गुच्छ इलेक्ट्रॉनिक चिपवर डावीकडून उजवीकडे १.६ मिलिमीटर अंतर जाताना, आणि मग गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाने खाली पडत विलय पावताना.

प्रकाशाच्या लेसरमध्ये पदार्थाच्या उत्तेजित स्थितीपासून फोटॉन्स (विद्युतचुंबकीय लहरी) नव्याने तयार होतात किंवा अस्तित्वात येतात. अणूच्या लेसरमध्ये अणू तयार होत नाहीत, तर उपस्थित असलेल्या अणूंपैकीच अनेक अणू सर्वात खालच्या उर्जास्थितीत (ground state) मोठ्या संख्येने आणले जातात. आणि तेथून एकाच लेसरसदृश सुसंगत स्थितीत बाहेर काढले जातात. अणू एकमेकांच्या हालचालींवर प्रभाव टाकू शकतात आणि त्यांचे सहज विकीरण होऊ शकते. त्यामुळे अणूंचा लेसर, प्रकाश-लेसर प्रमाणे हवेतून जास्ती प्रवास करू शकत नाही. तसेच अणू जड असल्याने त्यांच्यावर गुरुत्वाकर्षणाचा चांगलाच परिणाम होतो. त्यामुळे अणूंचा लेसर

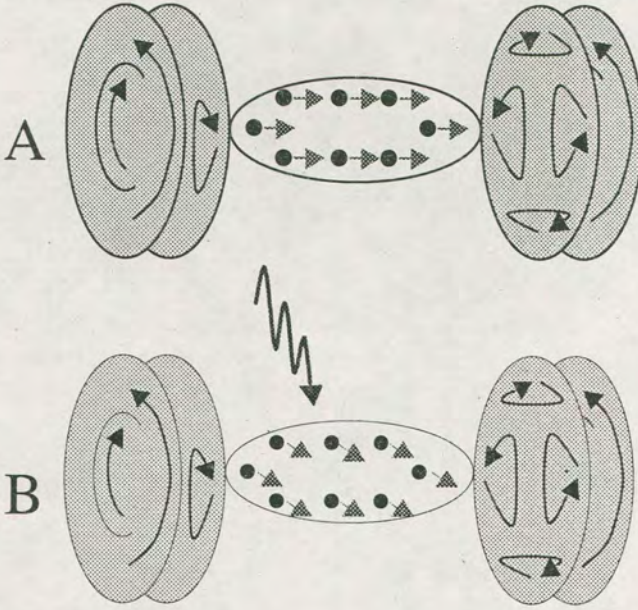
गुरुत्वाकर्षणाखाली बराच प्रवेग धारण करतो.

लेसरचे भवितव्य

नाविन्यपूर्ण आणि सीमावर्ती संशोधनाने जन्म दिलेल्या अणूंच्या लेसरचे भवितव्यही तितकेच नाविन्यपूर्ण असणार आहे. त्याची जराशी कल्पना अगदी अलीकडे प्रसिद्ध झालेल्या संशोधनातून येते.

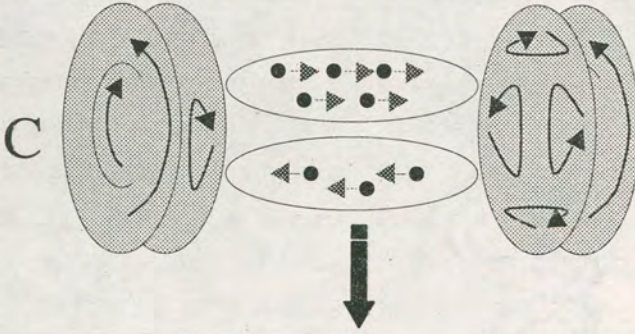
केटलीं यांनी १९९७ साली बनवलेला पहिला अणूंचा लेसर, आणि त्यानंतर तयार केले गेलेले तत्सम लेसर यामधील उपकरणे बऱ्यापैकी गुंतागुंतीची आणि मोठी होती. जर्मनीतील मॅक्स प्लांक संस्थेतील जेकब रेचेल या वैज्ञानिकाला अलीकडे अशी कल्पना सुचली की, जर सुसंगत अणूंचा एक छोटासा गुच्छ इलेक्ट्रॉनिक चिपच्या

अणूंचा लेसर कसा तयार झाला ?

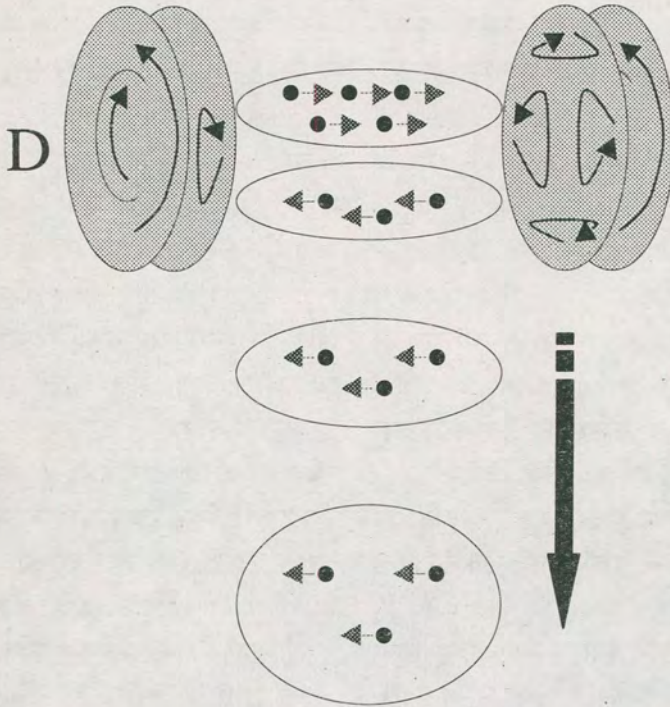


A) 'चुंबकीय सापळ्यात झालेले बोस-आइनस्टाइन-इन संघनन. सर्व अणूंचे परिवलन एकाच दिशेने होत आहे. परिवलन अक्षाची दिशा चुंबकीय क्षेत्राला समांतर आहे.

B) रेडिओलहरींच्या एका धक्क्याने परिवलन अक्ष कलता केला गेला.



C) पुंजगतिकीच्या दृष्टीने कलता अक्ष म्हणजे चुंबकीय बलाच्या दिशेत व विरुद्ध दिशेत होणाऱ्या परिवलनांचे मिश्रण आहे. यापैकी विरुद्ध दिशेने होणाऱ्या परिवलनाला चुंबकीय क्षेत्र विरोध करते. यामुळे अणूंच्या गटाचे दोन भाग झाले. एक भाग सापळ्यात अडकून राहिला, तर दुसरा चुंबकीय क्षेत्राच्या विरोधाने बाजूला केला गेला.



D) अणूंचे असे अनेक झोत बाहेर काढता येतात आणि गुरुत्वाकर्षणाने प्रवेगित होऊ शकतात.

माहिती व छायाचित्रे : प्रा. वुल्फगांग केटर्ली, (एम.आय.टी.) यांच्या सौजन्याने

पृष्ठभागावर जमवता आला, तर त्याचे चिपमधील विद्युतप्रवाहाच्या सहाय्याने नियंत्रण करता येईल आणि त्यायोगे बरीच नवी उपकरणे बनवता येतील. यामधे एक प्रश्न असा आला की, चिप फार थंड झाली तर ती काम करित नाही, आणि त्यावर तयार केलेला बोस-आइन्स्टाईन सद्रव (condensate) थोडा जरी गरम झाला तरी त्याचा सुसंगतता हा मुख्य गुणधर्मच शिल्लक रहात नाही. म्हणून या मंडळींनी चिपमधील विद्युतप्रवाहाने निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राचा विशिष्ट प्रकारे वापर करून, तो थंड आणि सुसंगत गुच्छ चिपच्या पृष्ठभागाच्या अगदी जरासा वर (०.१ मिलिमीटर, न चिकटेल इतकाच) धरला. त्याचे गुणधर्म जसे हवे तसे सुसंगत राहिले. मग त्यांनी आणखी एक गंमतशीर प्रयोग केला. चिपमधील विद्युतप्रवाहाचे विशिष्ट प्रकारे दोलन (oscillation) करून, त्यांनी तो अणूंचा गुच्छ पृष्ठभागावर इकडेतिकडे पळवला, मधेच थांबवला, पुन्हा पळवला. थोडक्यात त्यांनी सुसंगत अणूंच्या गुच्छावर पूर्ण नियंत्रण यशस्वीपणे करून दाखवले. जर्मनीतील तुबिंगन विद्यापीठातील शास्त्रज्ञांना देखील हा प्रयोग जमला. या यशाने आता कल्पनांची अनेक द्वारे उघडली गेली आहेत.

इलेक्ट्रॉनिक चिप सारखी आता 'अणू-चिप' बनवली जाऊ शकेल. इलेक्ट्रॉन्स चिपच्या आतून, तर अणूंचे गुच्छ

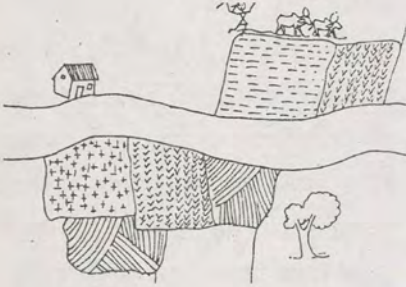
पृष्ठभागावरून इकडे तिकडे पळवले जाऊ शकतील. ते गुच्छ सुसंगत असल्याने त्यांच्यात व्यतीकरण घडवता येऊ शकेल. त्यांना ठराविक जागी नेऊन त्यांचे रोपण केले जाऊ शकेल. अशा अणूंच्या गुच्छांवर इलेक्टॉन्स किंवा फोटॉन्स सोडून त्यांचा आणखी नवनव्या युक्त्यात वापर करता येऊ शकेल. आपल्या जीवनावर विविध प्रकारे चांगले परिणाम घडवू पाहणाऱ्या नॅनोतंत्रज्ञानात याचा विशेष उपयोग होऊ शकतो. अणूंची अचूक घड्याळे, आधुनिक मोटारी, विमाने आणि इतर वाहने यांना स्वयंचलित करण्यासाठी लागणारे प्रवेग-निर्देशक इत्यादी गोष्टी तयार करण्यासाठी अणू-चिपचा वापर अपेक्षित आहे. त्यामधील अणू-अणूमधील सुसंगतता वापरून भविष्यवेधी 'कान्टम कॉम्प्युटर्स' मधेही त्यांचा वापर करता येईल असे दिसते. ज्याप्रमाणे ट्रान्झिस्टरच्या शोधानंतर लवकरच लाखो ट्रान्झिस्टर एका छोट्या चिपवर बसवले गेले, आणि त्यायोगे इलेक्ट्रॉनिक्स व कॉम्प्युटर क्षेत्रात असामान्य प्रगती साधता आली, तशी 'अणू-चिप' ही भविष्यात येऊ घातलेल्या क्रांतिकारी प्रगतीची चाहूल तर नाही ना ?



लेखक : सतीश ओगले, जागतिक किर्तीचे पदार्थवैज्ञानिक. सॅटर फॉर सुपरकंडक्टिव्हिटी रिसर्च, युनिव्हर्सिटी ऑफ मेरीलंड कॉलेज पार्क, यू.एस. ए. येथे संशोधन करतात.

भाषा नकाशाची

लेखक : शुभदा जोशी



चित्र आणि नकाशा यातील फरक समजून घेऊन छोटे छोटे नकाशे काढायला आता सुरुवात करू. यासाठी गंभीरपणे पुस्तकात डोकं घालायला नको. वर्गात खेळताखेळताही नकाशे काढता येतील.

मूल मातृभाषा कशी शिकतं? लहानपणापासून अनेक शब्द त्याच्या कानावर पडत असतात, अनेक गोष्टी ते बघत असतं. या अनुभवांतून जाता जाता त्याबद्दल विचार करत असतं. त्याबद्दल बोलायचा प्रयत्न करतं. त्यामुळे प्रत्यक्ष शाळेत भाषा शिक्षण सुरू होण्याच्या कितीतरी आधीच त्याची भाषेची दोस्ती झालेली असते.

शाळेतल्या शिक्षणातही मुलाच्या ह्या अनुभवांचा धागा ओढून घेऊन आणखी मजबूत करायचा प्रयत्न झाला, तर मुलासाठी शिकणं सोपं होऊन जातं. चित्रभाषा ही देखील मुलांना मातृभाषेइतकीच जवळची.

मात्र या भाषेत बघणं, बघितलेल्या दृश्य प्रतिमा डोळ्यांपुढे खेळवणं (visualising) आणि त्यांची चित्रं काढणं अधिक महत्वाचं ठरतं. मात्र अनुभवानंतर विचार करून त्यांच्यापर्यंत पोचण्यासाठी शब्दभाषेशी असलेलं नातं चित्रभाषेतही महत्वाचं आहे. मागील लेखात आपण मुलाच्या ह्या सहज शिक्षणात आपण कशी भर घालू शकतो हे पाहिलं.

या लेखापासून नकाशाच्या भाषेच्या औपचारिक शिक्षणाबद्दल विचार करायचा आहे. चित्र आणि नकाशा यातला प्रमुख फरक लक्षात घ्यायचा आहे.

चित्र आणि नकाशा

निरीक्षणात गोडी वाढू लागता लागता हे समजतं की आपल्याला दिसणारं दृश्य हे आपण त्याकडे कुठून पहातोय यावर खूपच अवलंबून असतं. खोलीच्या आत बसून दिसणारं घर, उंबरठ्यातून दिसणारं, अंगणातून दिसणारं नि कोपऱ्यावरच्या वळणावरून दिसणारं घर या दृश्यांमध्ये खूपच फरक पडतो.

इथे अंतराचा जसा मुद्दा आहे त्याचप्रमाणे उंचीचाही मुद्दा आहे. उंच इमारतीकडे जमिनीवरून नि डोंगरावरून पाह्यलं तर दिसणारं चित्र खूपच वेगवेगळं असेल. कागदावर रेखाटन काढताना ज्या दृष्टीकोनातून एखाद्या गोष्टीकडे पाहिलं जातं, त्यानुसार त्या चित्राचा प्रकार ठरतो. जसं worms eye view, (जमिनीवरून पाहिलेलं दृश्य) birds eye view, (आकाशातून पाहिलेलं दृश्य) ही त्रिमित चित्रे तर elevation (समोरून), section (छेद घेऊन), plan (वरून) ही द्विमित चित्रे असतात. इथं हे साकल्यानं सांगायचं कारण नकाशासाठी आपण वरून बघण्याचा दृष्टी 'कोण' निश्चित केला आहे.

सर्वसाधारणपणे आपण गोष्टीकडे समोरून पहातो. त्यामुळे आपल्या चित्रांमध्येही समोरून पाहिलेल्या गोष्टी येतात. गमतीदाखल एक उदाहरण सांगते. रस्ता, किंवा नदी, गवत, वाळू ह्या गोष्टी आपल्या

नेहमीच्या दृष्टीच्या टप्प्याच्या खाली असतात. त्यामुळे मुलं जेव्हा रस्त्याचं चित्र काढतात तेव्हा मोठी पंचाईत होते. रस्त्याचा नकाशा होतो पण घरं मात्र रस्त्याच्या कडेला आडवी झोपलेली दिसतात. नकाशा शिकण्याच्या सुरुवातीच्या काळात ह्या गमती जमती अगदी सहाजिक आहेत. कारण सर्वसाधारणतः उभं असताना दिसणाऱ्या सवयीच्या दृश्य प्रतिमा मनात पक्क्या झालेल्या असतात. चित्रांतून त्याच प्रतिबिंबित होतात. चित्र आणि नकाशा ह्यात नेमका हाच फरक आहे. नकाशात डोळ्यांना दिसतं तसं काढायची मुभा नाहीये.

इथे वरून दिसतं तसंच काढायचा नियम आहे. त्यामुळे वरून पहाण्याची, त्याप्रमाणे चित्र काढायची व त्यातून पुढे वरून कसं दिसेल ह्याची कल्पना करायची सवय करून घेणे ही नकाशाच्या भाषेतली पहिली आवर्जून शिकायची गोष्ट.

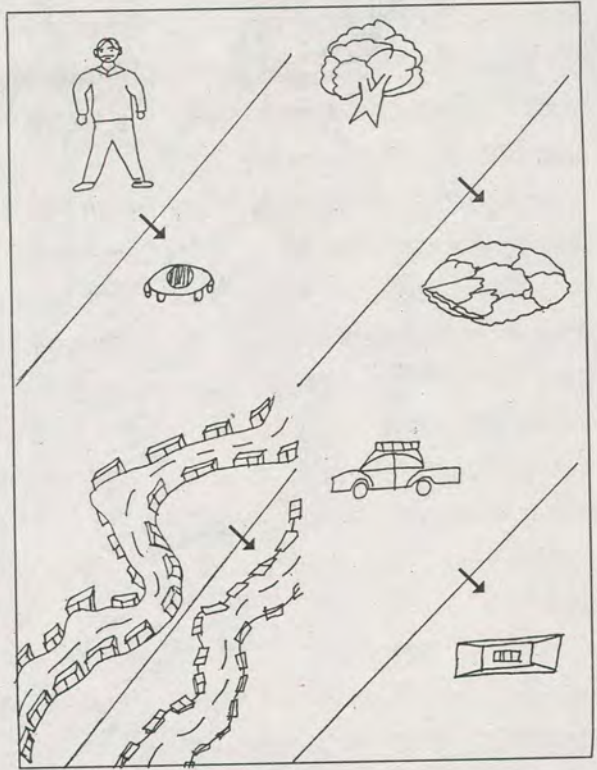
वरून बघणं :

वरून बघणं समजण्यासाठी टेकडीवरची सहल फारच उपयोगी ठरते. टेकडी चढता चढता वाटेत भेटणाऱ्या गोष्टींची रूपं कशी बदलत जातात ते अनुभवण्याजोगे आहे. हळूहळू घरांच्या भिंती, झाडांचे बुंधे अदृश्य होत जातात. छपरांचा भाग वाढत जाऊन नंतर केवळ छपरांचे दिसू लागतात. उतरताना परत उलटा प्रवास. चढत्या रस्त्यावरचे टप्पे ठरवून देऊन एखादं घर इमारत त्या त्या

टप्प्यावरून कशी दिसते हे पहाणं, त्यातल्या फरकांवर बोलणं हे रंजक होऊ शकतं. वर पोचल्यावर तर रस्ते, माणसं, घरं, वहानं ह्यांचा birds eye view छानच दिसतो.

उंच ठिकाणाहून (टेकडी, गच्ची, बाल्कनी, झाडावरून) समोरच्या विस्तीर्ण प्रदेशाकडे बघणं हे नकाशातले प्रचंड मोठे भूप्रदेश समजावून घेण्यासाठी खूप उपयोगी पडतं. कित्येक किलोमीटर पसरलेले भूप्रदेश त्यांतून वर आलेले पर्वत, शिखरं, खाली गेलेल्या दऱ्या-नद्या, कागद संपला तरी न संपणारा अथांग समुद्र हे समजणं सोपं नाही. इयत्ता तिसरीत जेव्हा प्रथम मूल आपला जिल्ह्याचा नकाशा शिकतं, तेव्हा हा भूप्रदेश मोठा मोठा म्हणजे किती मोठा ह्याची कल्पना करणं त्याच्यासाठी खूपच अवघड जातं. त्यासाठी नजरेच्या टप्प्यात मावणार नाहीत अशी दृश्य पहायला मिळणं फार महत्त्वाचं.

उंच ठिकाणावरून सभोवतालच्या परिसराकडे पहाताना, त्यातल्या आपल्या



चित्र आणि त्याचा नकाशा

संतोष इ. ७ वी

ओळखीच्या गोष्टी शोधणे, गावातले प्रमुख ठिकाणं शोधून काढणे, रस्त्यांची रचना निरखणे- आपल्या आठवणी, अनुभवांशी जोडणे अशा कितीतरी गोष्टी चर्चा-गप्पांतून होऊ शकतील. चित्र काढायला सामान घेऊन वर गेलं तर आणखीच धमाल.

वस्तूंचे नकाशे :

ह्याबरोबरच घरी किंवा वर्गातही काही प्रयोग करून पहायला हवेत. आपल्या रोजच्या आयुष्यातल्या अनेक छोट्या-

मोठ्या गोष्टी घेऊन त्याची विविध कोनांतून चित्रं काढणं यासाठी उपयोगी ठरतं. विशेषतः एकाच गोष्टीची समोरून आणि वरून चित्र काढायची. उदा. बरणी, बादली, टेबल, कपाट, स्टूल ही चित्रं सरळ वस्तू समोर ठेवून आणि स्टूलावर चढून वरून पाहून काढायची. सुरुवातीला याप्रमाणे पाहून चित्र काढल्यानंतर त्यातील तंत्र लक्षात येते. पुढे मुलं न पहाताही चित्र बरोबर काढू लागतात. त्यानंतर थोडे बाहेरचे चित्र विषय सुचवता येतील - बस, रस्ता, झाडं, माणूस इ. त्यानंतर नद्या, डोंगर, समुद्र, जंगलं कशी दाखवता येतील ? असाही प्रयत्न करायला हरकत नाही.

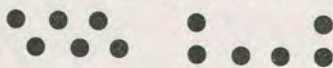
ह्यासाठी आपण उंच जागांवरून केलेल्या निरीक्षणाचा, त्यावेळेच्या गप्पांचा खूपच उपयोग होणार आहे. अनेकदा मुलं अनेक गोष्टी पहातात पण जाणीवपूर्वक पहाणं होत नाही. भिर भिर पाहिलं जातं, मनात काहीच शिरत नाही. अशावेळी गप्पांचा, निरीक्षणांबद्दल बोलण्याचा खूप उपयोग होतो. काही मुलं मात्र शांतपणे पहाणं पसंत करतात. त्यांना त्यांच्या बघण्याच्या, अनुभवण्याच्या प्रक्रियेमध्ये गप्पांचा अडथळा नकोसा वाटतो. तर कधी ताईशी बोलण्यातच सगळं लक्ष असल्यामुळे पहाणं राहून जाऊ शकतं. त्यामुळे शिक्षकाला गटाला शिकवताना या सगळ्या गोष्टींचा मेळ घालायला लागतो. प्रत्येक मुलाला त्याचा

त्याचा अनुभव घेण्यासाठी अवकाश मिळणं आवश्यक असतं.

रचनांचे नकाशे

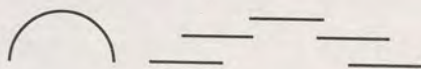
सुट्या गोष्टींचा नकाशा काढण्याचं तंत्र अवगत झाल्यानंतर काही गोष्टी एकत्र मांडून त्यांच्या रचनेचे नकाशे काढायला मुलांना उद्युक्त करता येईल. कागदावरची रचना व प्रत्यक्षातली रचना यांचा मेळ घालता यावा यासाठी काही खेळांची मदत घेता येईल

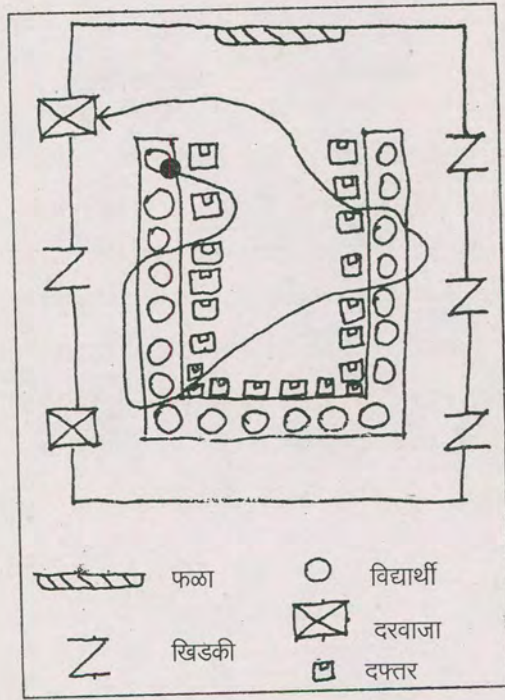
१) वर्गातल्या ६ मुलांना पुढे बोलवायचं. फळ्यावर ६ गोल काढायचे. हे गोल म्हणजे मुलांची डोकी आहेत असं समजावून सांगायचं. आता या सहा गोलांच्या फळ्यावर विविध रचना काढायच्या व मुलांना त्याप्रमाणे उभं रहायला सांगायचे.



नंतर दोन गटांत एका गटाने फळ्यावर मांडणी, मांडणीत छोटे बदल करायचे व दुसऱ्या गटानं मुलांच्या रचना करायच्या. असा खेळ ही खेळता येतो.

हा खेळ एक दोनदा घेतल्यावर तासाच्या वेळी आपल्याला मुलांनी कसं बसायला हवे आहे, हे आपण खाली दाखवल्याप्रमाणे फळ्यावर रचना काढून दाखवू शकतो. आवाज न होता हवी तशी मुलं बसतात. हे वर्गावर नियंत्रणासाठीही उपयोगी ठरतं.





२) वर्गाच्या व वर्गातील मुलांच्या रचनेचा नकाशा शिक्षकानं फळ्यावर काढायचा. (सूचीसह)

फळ्यावर निर्देश केलेल्या मार्गाने त्या मुलांन उठून जाऊन दाखवायचे. मुलांना खेळ समजला की दोन गट करायचे. एका गटातल्या मुलांनं मार्ग काढायचा दुसऱ्या गटातल्या मुलांनी जर त्या मार्गाने बरोबर जाऊन दाखवले तर त्या गटाला एक मार्क नि तो जर चुकला तर पहिल्या गटाला दोन मार्क. या प्रकारे आळीपाळीने रस्ता ओळखण्याचा हा खेळ ६ ते १० वेळापर्यंत

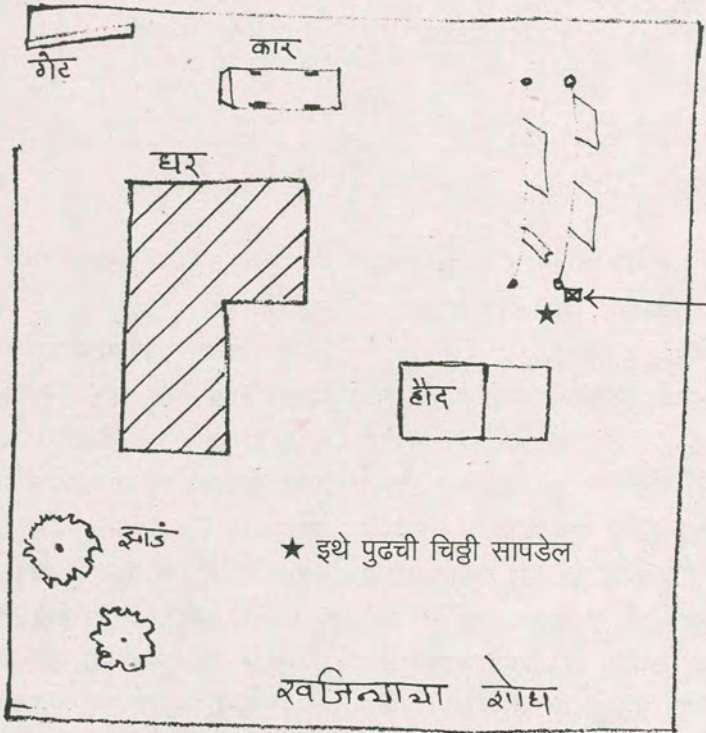
चालू शकतो. ज्या गटाला जास्त मार्क तो गट जिंकला.

याच खेळात एका गटाने ठरावीक मार्गाने जाऊन दाखवायचे दुसऱ्या गटाने तो मार्ग नकाशावर काढायचा किंवा एका गटाने तोंडी रस्ता सांगायचा दुसऱ्या गटाने तो नकाशावर काढायचा अशा प्रकारे खेळात बदलही करता येतील. या प्रकारचे नकाशाचे खेळ तुम्हालाही बनवता येतील व खेळता येतील.

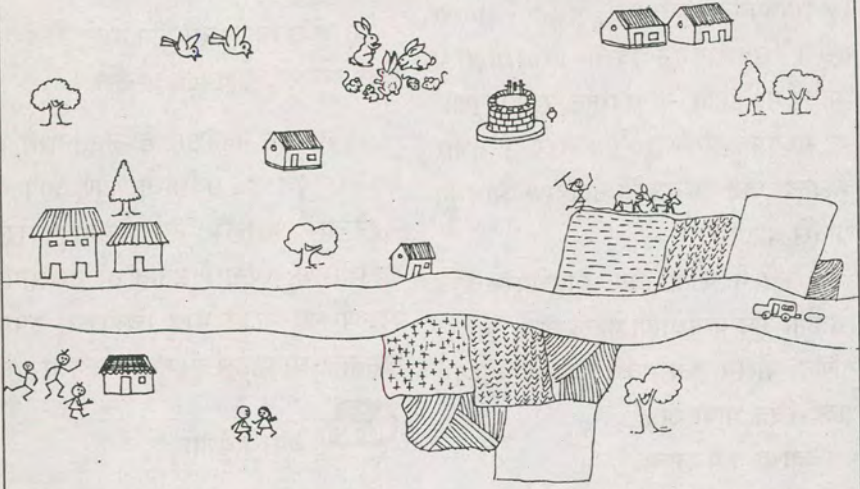
मुद्दाम आवर्जून नकाशाच्या म्हणून अशा काही कृती वर्गात घेणं पाठ्यक्रम पूर्ण करायच्या भानगडीत मागे पडू शकतात.

खजिन्याचा शोध

आपण लहानपणी खेळलेल्या या खेळात घराभोवतालच्या किंवा शाळेभोवतालच्या परिसरात काही चिड्ड्या लपवायचो. पहिल्या चिड्डीत पुढच्या चिड्डीचा मार्ग सांगितलेला असे. असे करत मुलांनी खजिन्यापर्यंत पोचायचे असते. या उत्कंठावर्धक खेळात खूपच धमाल येत असे. या खेळात मुलांना दिलेल्या सूचना दोन ओळीत लेखी किंवा काव्य पंक्तीत असत. नकाशाच्या संदर्भात हा खेळ थोडा वळवून घेता येतो. पहिली चिड्डी वर्गात लपवलेली असेल. तिच्यावर हा नकाशा असेल त्यावरून मुलांनी दुसरी चिड्डी शोधायची आहे. अशा सोप्या नकाशांच्या चिड्ड्या शोधत मुलांनी शेवटची 'शाब्बास' लिहिलेली चिड्डी शोधून आणायची.



'खुशी खुशी' मधून....



- हे चित्र कसलं असेल ?
- चित्रात काय काय दाखवले आहे ?
- चित्रात घरांचे, झाडांचे व शेतांचे किती प्रकार दाखवले आहेत त्यांना नाव दे.
- चित्रात कोण-कोण काय काय करत आहे ?
- दुमजली घराच्या मागे तीन चिमण्या काढ.
- विहिरीच्या उजव्या हाताला झाड काढ.
- रस्त्यावर दाखवलेल्या मोटारीच्या विरुद्ध दिशेने येताना आणखी एक मोटार काढ.
- मित्रांबरोबर असाच खेळ खेळ. एकानं सांगायचं दुसऱ्यानं काढायचं.
- तुझ्या गावातून कुठून पाहिलं म्हणजे अशा प्रकारचं चित्र दिसेल ?

खरं तर प्राथमिक शाळेतल्या पाठ्य-पुस्तकांमधूनच चित्रभाषेचा समावेश व्हायला हवा. लहान मुलांना चित्र जवळची वाटतात. शब्दभाषेपर्यंत पोचायला, दोस्ती व्हायला तसंच चित्रभाषेतून विचार वाढायलाही त्यातून मदत होते. या संदर्भात 'खुशी खुशी' या मध्यप्रदेशातल्या 'एकलव्य'नं तयार केलेल्या पाठ्यपुस्तकांचे उदाहरण आवर्जून द्यावेसे वाटते.

१ ली ते ५ वी च्या पाठ्यपुस्तकांत चित्रांना अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. भाषा, गणित, परिसर ह्या सर्वच विषयांचं माध्यम शब्द-चित्र भाषा आहे.

- चित्रांचा क्रम लावा.
- चित्रांवरून गोष्ट तयार करा.
- चित्राचे वर्णन करा.
- चित्रावरून प्रश्नांची उत्तरे द्या.
- चित्र पूर्ण करा.
- चित्रातल्या वस्तू मोजा.

इ. अनेक पद्धतींनी धड्यांमधून शब्द-चित्र भाषेचा मेळ घातला आहे. पुढच्या इयत्तांना चित्रांची मदत कमी होते. तरी चित्रं नाहीशी होत नाहीत. नकाशे येतात, फोटोग्राफ्स येतात, तक्ते येतात.

असो! आपल्याकडे मराठीतून 'खुशी-खुशी' उपलब्ध नाही म्हणून खंत करत बसण्यापेक्षा मला एक मार्ग सुचतो. 'खुशी-खुशी' चा संदर्भ घेऊन आपल्यालाही काही खेळ बनवता येतील आणि ते वर्गात वापरता

येतील. विशेषतः वरून बघण्याला उद्युक्त करतील असे काही खेळ चौकटीत दिले आहेत.

या अंकाच्या कव्हर तीन वर देखील एक खेळ तुम्हाला पाहायला मिळेल.

चित्रांकडून नकाशाकडे जातानाची ही मधली पायरी. इथे सर्वसाधारणपणे आपल्या नजरेच्या खाली असलेल्या गोष्टी नकाशाच्या रूपात दिसतात तर नजरेसमोर असणाऱ्या गोष्टी मात्र चित्राच्या रूपात दिसतात. घरं म्हटलं की मुलांच्या नजरेसमोर



असंच येणार.

नकाशातलं घर दाखवण्यासाठी ते तसं बघायची, कल्पायची सवय लागणं गरजेचं आहे. पण तोपर्यंत आपण ते समोरून दिसणाऱ्या चित्राच्या रूपात वापरू शकतो. किंबहुना नकाशात सूची नावाची एक मोठीच

सोय असते. आपण नकाशात असं घर दाखवून सूचीत ते घरासाठी वापरलेलं चिन्ह आहे, असं दर्शवू शकतो. एकलव्यच्या पुस्तकांत नंतर ६ वी ते ८ वी साठीच्या सामाजिक अध्ययन मधेही देशांच्या नकाशात प्रत्यक्षाशी साधर्म्य दाखवणाऱ्या खुणा वापरल्या आहेत. मुलांच्या अनुभवांशी, वास्तवाशी जुळवून घेण्याचा हा प्रयत्न खरंच खूप स्तुत्य आहे.

ह्या आणि मागच्या लेखातून आपण मुलांच्या बरोबर करून बघता येतील अशा उपक्रमांबद्दल वाचलांत. आपल्याला त्याबद्दल काय वाटलां मुलांबरोबर ते करून

बघणं जमलं का? त्यात काही बदल, सुधारणा सुचवावेसे वाटतात का? याबद्दल जरूर कळवावत म्हणजे पुढील लेखात त्याचा संदर्भ घेता येईल.



अ) या लेखामधे श्रीमती गीता महाशब्दे यांच्याशी झालेल्या चर्चेतून पुढे आलेल्या काही खेळांचा समावेश आहे.

ब) एकलव्यच्या 'खुशी खुशी' आणि नकाशाच्या भाषा शिक्षणात 'सामाजिक अध्ययन' या पुस्तकांचा वापर निश्चितच फायद्याचा होईल. ही पुस्तके आपण त्यांच्याकडून मागवू शकता. संपर्कासाठी पत्ता : एकलव्य, ई - १/२५, अरेरा कॉलनी, भोपाल ४६२०१६

लेखक : शुभदा जोशी, आर्किटेक्ट, पालकनीती मासिकाच्या संपादक, भूगोल शिकवण्यात रस, खेळघर चालवतात.

पालकनीती परिवारचा २००२ या वर्षाचा सामाजिक पालकत्व पुरस्कार
'होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम'

या एकलव्य (मध्यप्रदेश) संस्थेच्या प्रकल्पाला मिळाला. १२ मे रोजी पुणे येथे हा समारंभ संपन्न झाला. गेली तीस वर्षे सातत्याने चालू असलेल्या अर्थपूर्ण विज्ञान शिक्षणाच्या कार्यक्रमाचा हा गौरव आहे.

हो.वि.शि.का.ला संदर्भच्या शुभेच्छा.

संदर्भ हिंदीमधून

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

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये ७५ आहे.

खरंच समजलं ?

अनुभव विज्ञान वाहिनीचा



लेखक : शरद गोडसे

एका मोठ्या कारखान्यांत सर्वोच्च पदावर काम केलेल्या मला असं वाटायचं की विद्यार्थ्यांना आपणही सहज चांगलं शिकवू शकू. परंतु माझा भ्रमनिरास व्हायला 'विज्ञानवाहिनीतील' पहिले काही दिवस जावे लागले.

शिक्षक म्हणून काम करणं, खरं म्हणजे शिक्षकी पेशाला किंवा शिक्षकाच्या भूमिकेला न्याय देणं ही काही सोपी गोष्ट नाही. परंतु अगदी प्राजंलपणे कबूल करायला हवं की हे मला उमगायला बरेच दिवस लागले.

आमची विज्ञानवाहिनी ही ग्रामीण भागात काम करणारी एक सेवाभावी संस्था. बऱ्याचशा विनाअनुदानित अथवा काही अल्प-अनुदानित माध्यमिक शाळेत विज्ञान शिकण्यासाठी प्रयोगशाळा नसतात. मग काय विज्ञानाचे प्रयोग तर सोडाच. परंतु काही वेळा विद्यार्थ्यांनी परिक्षानळीदेखील पाहिलेली नसते. काही ठिकाणी मुले बसतात म्हणून त्याला वर्ग म्हणायचा अशा खोल्या ! बाके असतात-नसतात, धड ना फळा ! शहरातून सुध्दा विजेची व्यवस्था असली तरी वीज चालू असेलच अशी खात्री नाही तर

गावातून त्याबाबतीत काय परिस्थिती असेल याची कल्पनाच केलेली बरी ! शिक्षकांना पगार देखील अत्यंत तुटपुंजे ; सरकारी अनुदान मिळेल व नंतर भरपूर पगार मिळेल तिकडे डोळे लागलेले ! अशा परिस्थितीत शाळेत विज्ञान शिकण्यासाठी साहित्य कोटून आणणार ! अर्थातच तो विषय शिक्षकांनी फळ्यावर आकृत्या काढून शिकवायचा व विद्यार्थ्यांनी तीव्र कल्पनाशक्तीने समजावून घ्यायच्या. मग संकल्पना समजणार तरी कशा ? नुसतं वाचून थोडंच लक्षात रहातं ? कळणं तर दूरच राहिलं. साहजिकच विज्ञान म्हणजे पाठांतरच होऊन बसतं. हीच अडचण दूर करण्यासाठी 'विज्ञानवाहिनीचा' जन्म झाला. विज्ञानवाहिनीची फिरती प्रयोगशाळा सर्व साहित्यानिशी, जसे प्रयोगासाठी लागणारी उपकरणे, प्रयोगाची टेबले,



जनरेटर, पाण्याची व्यवस्था, चित्रफिती दाखविण्यासाठी टी.व्ही., व्हि.सी.आर. इत्यादि साहित्य घेऊन गावोगावी फिरू लागली. आतांपर्यंत महाराष्ट्रातील १८-१९ जिल्ह्यांतील कच्च्या-पक्क्या रस्त्यावरून एक लाख किलोमीटर धावून सुमारे ९०,००० विद्यार्थ्यांना त्याचा लाभ देऊन ही प्रयोगशाळा आता ८ व्या वर्षात पदार्पण करीत आहे. या फिरत्या प्रयोगशाळेबरोबर ५-६ कार्यकर्ते, की ज्यांचं सरासरी वय ६० च्या पुढे आहे, समाज सेवेतून आनंद मिळविण्याच्या उद्देशाने जात असतात. सगळेजण वेगवेगळ्या क्षेत्रांतून आलेले आणि उच्च पदावर काम केलेले. कोणी माजी शिक्षक, तर कोणी इंजिनियर, कोणी माजी व्यावसायिक अशी विविध क्षेत्रातील

अनुभवी मंडळी. अशा १२-१५ जणांपैकी मी एक.

मला वाटायचं की आपल्याला तंत्रज्ञानाची पार्श्वभूमी आहे आणि शिकवायचंय ते हायस्कूलमधील ८ वी ते १०वी च्या विद्यार्थ्यांना ! अगदी 'बाए हाथ का खेल' जरी वाटला नाही तरी 'त्यांत काय कठीण' असं मात्र वाटायचं. परंतु प्रत्यक्ष शिकवू लागल्यावर बऱ्याच गोष्टी लक्षात लागल्या व वाटायला लागलं की मुलांना विज्ञान समजायला किंवा कळायला हवं असेल तर त्यांच्यासमोर नुसती पोपटपंची करून किंवा नुसते प्रयोग दाखवूनही काही उपयोग नाही. एवढंच काय त्यांना प्रयोग स्वतः करून पहाण्याची संधी दिली तरी ती मुले नुसतं याचं वजन घे, त्याचं वजन घे किंवा

हे रसायन त्यांत घालून रंग कसा आला पहा असं यांत्रिकपणे करतात आणि त्यातून काही शिकलेले नसतात. हो, 'टाईमपास' मात्र झालेला असतो. सिनेमा पाहून सुध्दा टाईमपास होतो. परंतु त्यात गोष्टीचा 'आगापिछा' माहीत झाल्याने निदान गोष्ट तरी कळलेली असते. येथे हाही प्रकार घडलेला असतोच असं नाही !

डोक्यात विचारांचं वादळ उठू लागलं. काय कमी पडतंय, काय केलं पाहिजे, विद्यार्थ्यांना व आपल्यालाही खरा आनंद कधी मिळेल, विद्यार्थ्यांना विज्ञानाची गोडी (खरं म्हणजे कोणत्याही विषयाची गोडी) कशी लागेल, त्यांच्यात आपण आणखी शिकू या, यापुढे काय ते पाहू या, हे कसं ते कसं असे विचार मनांत येऊन, प्रश्न निर्माण होऊन त्यांना चैन पडेनासं होण्यासाठी काय केलं पाहिजे.... एक ना अनेक. आपण शिक्षकांनी 'भावी पिढी घडवायची आहे' वगैरे वाक्ये मी वापरत नाही. परंतु जे काय

आपण शिकविणार आहोत ते त्यांच्यापर्यंत पोचायला मात्र हवं. ते आपलं कर्तव्यच नाही का ? कारण आपण हा पेशा स्वखुशीने / स्वेच्छेने स्वीकारला आहे. या संभ्रमात पडलो व हळूहळू उलगडा व्हायला लागला. म्हणूनच सैध्दांतिक शिक्षण चालू करण्याचं आम्ही ठरवलं.

वरील प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यासाठी 'डोक्यात विचारचक्र चालू झालं' हे प्रथम जाणवलं. मग उत्तरे मिळण्याकरिता डोक्यात विचार येणे, प्रश्न निर्माण होणं हाच कळीचा मुद्दा नाही का ? तेव्हां ठरवलं की आपण शिकवायचं नाही तर विद्यार्थ्यांचा मार्गदर्शक म्हणून काम करायचं. **A teacher should be a friend, philosopher and guide!** तेव्हा पध्दतशीर / वर्गीकरणात्मक विचार कसा करायचा, उत्तरे शोधून अनुमान कसे काढायचे, त्याचे मार्गदर्शन आपल्यासारख्या शिक्षकाने करायचे.





साहजिकच आपल्याला या वाटचालीच्या रस्त्याची कल्पना हवी. म्हणजेच मुळांत आपण विषयाच्या त्या भागाचा 'अभ्यास' करणं आवश्यक आहे. नुसतं वाचन उपयोगाचं नाही तर प्रत्येक गोष्टीला असं का, असं केव्हा व तेव्हाच का अशा प्रकारचे प्रश्न निर्माण करून ती गोष्ट समजावून घेतली पाहिजे. कदाचित् क्रमिक पुस्तकांतील ज्ञान पुरेसे वाटणार नाही. त्यासाठी जास्त माहिती असलेली पुस्तके कसेही करून मिळवायला हवी. एखादी गोष्ट करायचीच ठरविल्यावर मार्ग सापडणारच. **Where there is a will there is a way!** जर आपल्याला हायस्कूलमध्ये शिकवायचं असेल तर आपल्याला कॉलेजमधील पदवीपर्यंतचा 'अभ्यास' करणं आवश्यक आहे.

अशी स्वतःची तयारी करतांना मला बरेच प्रश्न पडले. मी जेव्हा कॉलेजमध्ये शिकलो

तेव्हा ज्या गोष्टी मला कळल्या असं वाटलं होतं त्या नीट कळल्या नव्हत्या असा प्रत्यय आला. आता मात्र मुलांना शिकवायचंय, त्यांना मार्गदर्शन करायचंय म्हटल्यावर, त्या दृष्टीने अभ्यास केल्यावर विषय खऱ्या अर्थाने कळू लागला. कधी सहकाऱ्यांना विचारावं लागलं, त्यांच्याकडून शिकावं लागलं. माणूस नेहमीच विद्यार्थी असतो अशी भावना असेल तर मग त्यांत कमीपणा तो कसला !

सुसज्ज अशी तयारी करून, सर्व प्रकारची अस्त्रे भात्यांत भरून मुलांसमोर जाऊ लागलो. अस्त्रे त्यांच्यावर वार करण्यासाठी वापरायची नव्हती, तर त्यांनी आपल्यावर प्रश्नांची सरबत्ती करावी म्हणून त्यांच्या बुद्धिला चेतविण्यासाठी त्या अस्त्रांनी फक्त हुलकावणी घ्यायची होती.

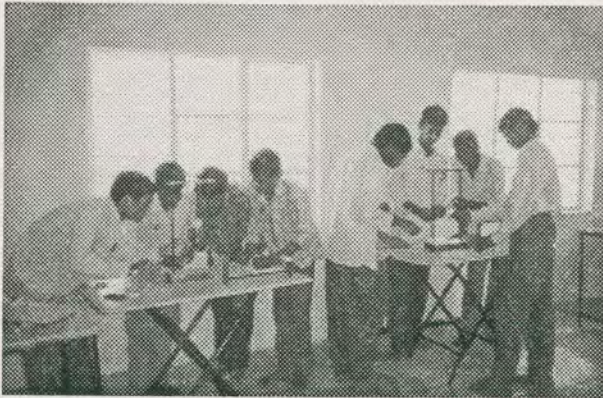
अर्थात त्यांनी फेकलेला चेंडू आपण बॅटने परतावायचा होता. त्यांनाच पकडायला लावायचा होता. कधी सरळ मारून तर कधी

वाकडातिकडा मारून, प्रॅक्टिस त्यांनाच द्यावयाची होती. त्यांच्या प्रश्नांचं उत्तर उलटा प्रश्न करून त्यांच्याकडूनच वदवायचं होतं.

ही पध्दत खूपच उपयोगी पडली. विद्यार्थ्यांच्या डोक्यात प्रश्न निर्माण होऊ लागले. त्यांची डोकी खऱ्या अर्थाने 'चालू' लागली ! उत्तर मिळेपर्यंत त्यांना चैन पडेनासे झालं. तीच यशाची चाहूल होती ! मला गालातल्या गालात आनंदानं हसू येऊ लागलं. माझा उत्साह वाढू लागला, मला शिकविण्याचा आनंद मिळू लागला.

मुले कधीकधी काही गोष्टी प्रत्यक्ष पहाण्याची अपेक्षा व्यक्त करीत. मग प्रश्न निर्माण होण्याची आमची पाळी होती. काय दाखवावं, कसं दाखवावं, आणि बरेचदा उत्तरे सापडत गेली. काही वेळा निसर्गातील उदाहरणे देत तर काही वेळा छोटी छोटी प्रयोग-साहित्ये निर्माण करून. कधी एकमेकांना विचारून, त्यांची मदत घेऊन,

त्यांच्याकडून शिकून तर कधी अगदी 'काँपी' करून. उदा. वाहकातून विद्युतधारा वाहू लागल्यास वाहकाभोवती चुंबकीय क्षेत्र तयार होतं या ऑरस्टेडने लाविलेल्या शोधाचं उपकरण केवळ बॅटरीचा सेल, तांब्याची तार, चुंबकसूची किंवा अगदी दाढीची ब्लेड वापरून दाखविणं शक्य झालं, प्रकाशासंबंधीचे बरेच प्रयोग छोटी छोटी भिंगे, आरसे वापरून तर अपवर्तन दाखविण्यासाठी पाण्याची काचेची टाकी व त्यात भिन्न घनतेचा द्रव टाकून त्यात प्रकाशकिरण सोडून दाखविता आलं ; २-४ रसायने वापरून उष्मादायी व उष्माग्राही अभिक्रिया करू लागल्या तर पी एच् पेपर वापरून साधे पाणी, साबणाचे पाणी, शीतपेय, वगैरेमधील आम्लारी / आम्लातील तीव्रतेमधील फरक दिसू शकले व जाता जाता शीतपेयातील घातक आम्लता सांगता आली ; वनस्पती व



जीवशास्त्रांच्या अभ्यासासाठी 'किती दाखवू व किती नाही' अशी आम्हा शिक्षकांची अवस्था होऊ लागली. खरं म्हणजे केवळ ही शास्त्रेच नव्हे तर इतरही अनेक शास्त्रांच्या बाबतीत, निसर्ग हीच एक प्रयोगशाळा आहे याचा प्रत्यय यावा. फक्त तशी दृष्टी देणं हे आपलं काम !

या पध्दतीमुळे पहिल्यांदा थोडा जास्त वेळ लागत असे. मात्र नंतर विद्यार्थ्यांमध्ये लक्षणीय फरक पडला. वेळ कमी लागू लागला. प्रश्न विद्यार्थीच निर्माण करित व उत्तरे शोधण्यासाठी सुसंगत विचार तेच करित. त्यांच्या कल्पनाशक्तीलाही 'दृष्टी' आली ! मग पुस्तकांतील आकृत्या पाहूनही त्यांना बरंच समजू लागलं. खऱ्या अर्थानं विज्ञानाचं ज्ञान होऊ लागलं, ते समजू लागलं व सहाजिकच विज्ञानाची गोडी लागली ! अशा वैज्ञानिक विचारसरणीचा उपयोग इतरही विषयांत होऊ लागला !

आणि पुन्हा मला शिकविणं सोपं, सुकर वाटू लागलं. फक्त आवश्यकता होती ती आपणही 'शिकत राहण्याची' व आपण 'हे केलं पाहिजे' या ध्यासाची !

एवढं करूनही एक गोष्ट नंतर लक्षांत आली की अशा पध्दतीनं शिकविण्याने विद्यार्थ्यांना 'समजत' होतं यात वाद नव्हता परंतु ते त्यांच्या मेंदूत कायमचं कोरलं जातचं होतं असं नाही. नवीन संकल्पना एकदां शिकवून पुरेशा पडत नाहीत हाच आम्हा सर्वांचा

अनुभव. यावर उपाय काय ? एकच उपाय तो म्हणजे केलेल्या अभ्यासाची काही दिवसांनी उजळणी करणे. पुन्हा काही दिवसांनी तो भाग आठवतो कां ते पहाण्यासाठी वाचणे. विद्यार्थ्यांच्या कुवतीनुसार अशी उजळणी कदाचित पुन्हाही करावी लागेल. अशा उजळणीसाठी जास्त वेळ लागत नाही हे मात्र नक्की ! नंतर मात्र तो विषय कायमचा लक्षात राहू शकतो. दुसरी एक गोष्ट आम्हांला जाणवली, ती म्हणजे विद्यार्थ्यांत सविस्तर उत्तरे देण्याची क्षमता कमी दिसते. म्हणून नुसते पाठांतर न करितां 'समजणे' हे जितके महत्वाचे तितकेच समजलेल्या गोष्टी नेटकेपणाने लिहितां येणेदेखील महत्वाचे. सहाजिकच भाषासंपत्तीही वाढविणे आवश्यक होऊन बसते.

विज्ञानवाहिनीच्या आम्हां सदस्यांच्या अनुभवाचं एवढं विवेचन वाचल्यावर कोणी म्हणेल कीं असं शिकवायला लागलो तर शालेय वर्षाचा अभ्यासक्रमच पूर्ण होऊ शकणार नाही. त्याबद्दल आम्ही अधिकारवाणीने काही सांगू शकत नाही हे खरं, परंतु जेवढं म्हणून शक्य होईल तेवढं तरी या पध्दतीने घेतलं पाहिजे ही इच्छा मनोमनी बाळगली तरी आपल्या भूमिकेला, पेशाला न्याय दिल्यासारखे होईल !



लेखक : शरद गोडसे, विज्ञानवाहिनीचे कार्यकर्ते



कर्मयोगिनी बार्बारा मॅक्लिन्टॉक

लेखक : अनिल लचके

जगातील काही व्यक्तींचे विचार काळाच्या खूप पुढे असतात. ते सामान्य व्यक्तींच्या आकलनशक्तीच्या पलिकडे असतात. योग्य वेळ येताच त्या असामान्य व्यक्तींच्या विचारांमधील मर्म उकलू लागते. त्यांच्या बुद्धिमत्तेची झेप किती उत्तुंग होती, याची प्रचिती येते. बार्बारा मॅक्लिन्टॉक या महिलेला मक्याच्या कणसांमधील रंग बदलणारे दाणे दिसले. सखोल विचार केल्यानंतर त्यामागचे रहस्य वनस्पतींमध्ये संक्रमण करू शकणाऱ्या जनुकांमध्ये आहे, असे तिच्या लक्षात आले. १९५० सालाच्या आधी तिने हे संशोधन केले होते. त्यावेळी डी एन ए, जनुके आणि त्यांची त्रिमित रचना कुणीही शोधून काढलेली नव्हती. पुढे १९६०-६१ साली वॅटसन आणि क्रिक यांनी गोल जिऱ्याप्रमाणे वलयांकित असणारी डी एन ए ची रचना शोधून काढल्यामुळे रेण्वीय जीवशास्त्रामधील

संशोधनाला खूप चालना मिळाली.

जनुकांच्या कार्यपद्धतीचा मागोवा घेत असताना अगदी साधी यंत्रणा-म्हणजे सूक्ष्मदर्शक - आणि बारीक निरीक्षणशक्ती यांच्या साहाय्याने महत्त्वाच्या मूलभूत बाबी तिच्या ध्यानात आल्या. जो शोध तिने १९५० सालच्या आधीच लावलेला होता, त्याचे महत्त्व नोबेल पुरस्कार समितीला तब्बल ३२ वर्षांनंतर लक्षात आले. १९८३ सालचा सर्वोच्च मानला जाणारा वैद्यकशास्त्रामधील नोबेल पुरस्कार तिला मिळाला. गेल्या १०० वर्षांत विज्ञानामध्ये फक्त तीनच महिलांना न विभागता नोबेल पारितोषिक मिळालेले असून त्यात बार्बारा मॅक्लिन्टॉकचा समावेश आहे.

तिच्या संशोधनाचे महत्त्व तत्कालीन शास्त्रज्ञांना कळले नव्हते. त्यामुळे बार्बाराला प्रदीर्घ काळ अवहेलना आणि उपेक्षा सहन

बार्बाराचे बालपण

बालपणापासून बार्बाराच्या व्यक्तिमत्त्वाची जडणघडण एकान्तवासात झाली. ती एकलकोंडी असल्यामुळे तिला कुणी मित्र-मैत्रीणी नव्हत्या. जीवशास्त्र हा तिच्या आवडीच्या विषय असल्यामुळे ती सतत त्या विषयावरची पुस्तके वाचीत असे. वाचनाचे तिला व्यसन लागले; वाचता वाचता ती विचार करू लागली, मनन करू लागली. बालपणी मुलांना खेळणी आवडतात. स्वभावतः ती बंडखोर असल्यामुळे तिने खेळण्यांच्या ऐवजी हत्यारांची बॅग हवी म्हणून वडीलांकडे हट्ट धरला. हत्यारांची बॅग आणि खेळणी - अशा दोन्ही गोष्टी तिला वडिलांनी भेट म्हणून दिल्या. मात्र तिने खेळण्यांकडे पूर्ण दुर्लक्ष केले. तिच्या बहिर्णीना आणि भावाला विज्ञानाची आवड नव्हती. घरच्यांनी तिच्या अभ्यासात कधीही व्यत्यय आणला नाही. ती व्हॉलीबॉल खेळायची. स्वयंपाकघरात आणि घरी तिने कधीच फारसे काम केले नाही.

निसर्गामध्ये ती फार आवडीने फिरायची. प्राणी, कीटक आणि वनस्पतींचे ती खूप बारकाईने निरीक्षण करायची. १९८३ साली जेव्हा तिला नोबेल पारितोषिक मिळाले तेव्हा ती म्हणाली - 'मी फक्त निरीक्षण करीत गेले, आणि मक्याच्या दाण्यांनी मला त्यांचे गुपित स्वतःहून सांगितले. त्यात धुंदी होती आणि जीवनातली खरी मौजही होती!'

बार्बाराचे वय जेव्हा १८ वर्षांचे झाले तेव्हा डॉ. हटचिन्सन यांनी बार्बाराला एक टेलिफोन करून त्यांच्या कॉर्नेल येथील प्रयोगशाळेत बोलावले. त्यांनी 'जेनेटिक्स' वरती एक पदवीपूर्व अभ्यासक्रमाची आखणी केलेली होती. तिने तो विषय घ्यावा असे त्यांनी सुचवले. तेव्हा त्या एका टेलिफोनमुळे बार्बाराच्या करीयरमध्ये जेनेटिक्स हा विषय कायमचा होऊन बसला. तिला नोबेल पुरस्कार मिळून बरीच वर्षे झाली तरी तो सुटला नाही.



बार्बारा मॅक्लिंटॉक १९०२ ते १९९२
वैद्यकशास्त्र नोबेल पारितोषिक - १९८३

बाबारा मॅक्लिंटाॅकचे जीवन

१९०२, (१६ जून)	जन्म (हार्टफोल्ड, कनेक्टिकट, अमेरिका) शालेय शिक्षण - इरॅस्मस हॉल हायस्कूल, ब्रुकलीन, न्यूयॉर्क
१९२३	बी.एस. (कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी, इथाका, न्यूयॉर्क)
१९२५	एम.ए. (कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी)
१९२७	पीएच.डी. (कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी)
१९२७-३१	इन्स्ट्रक्टर (वनस्पतीशास्त्र) कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी
१९३१-३३	फेलो, नॅशनल रिसर्च कौन्सिल
१९३३-३४	फेलो, गुगेनहाईम फाऊंडेशन
१९३४-३६	रिसर्च असोसिएट, कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी
१९३६-४१	असिस्टंट प्रोफेसर, युनिव्हर्सिटी ऑफ मिसुरी
१९४१-१९६७	कार्नेजी इन्स्टिट्यूट, कोल्ड स्प्रिंग हार्बर, न्यूयॉर्क
१९६५-१९७४	व्हाईट प्रोफेसर अॅस्लार्ज, कॉर्नेल युनिव्हर्सिटी सन्माननीय डॉक्टर ऑफ सायन्स ही पदवी युनिव्हर्सिटी ऑफ रोचेस्टर, मिसुरी, हारवर्ड, केंब्रिज, येल, न्यूयॉर्क अशा अनेक संस्था तर्फे मॅकार्थर, अल्बर्ट लास्कर, वोल्फ, सी. लेपॉर्ड, ल्युविस रोझेन्स्टील, टी.एम. मार्गन-असे अनेक सन्मान, अवार्ड्स नोबेल पुरस्कार : वैद्यकशास्त्र
१९८३	
१९९२ (४ सप्टेंबर)	निधन



बार्बारा मॅक्लिंटॉक १९०२ ते १९९२
वैद्यकशास्त्र नोबेल पारितोषिक - १९८३

करावी लागली. तरीही स्वतःच्या वैज्ञानिक निष्कर्षावरती तिचा दृढ विश्वास राहिला. तिला व्याख्यान देण्यासाठी क्वचित आमंत्रण मिळत असे - त्याचे ही थंडे स्वागत व्हायचे, टाळ्या पडत नव्हत्या. 'जंपिंग जीन्स' संबंधी १९५१ साली तिने स्वतः काम करीत असलेल्या संस्थेत व्याख्यान दिले होते. त्यावेळी तिची सर्वांनी खिल्ली उडवली होती. तथापि ती नाऊमेद झाली नाही. तत्संबंधीचा एक शोध निबंध पण तिने लिहिला - पण तो संपादकांकडून साभार परत आला. अखेरीस ते निष्कर्ष कार्नेजी इन्स्टिट्यूट ऑफ वॉशिंग्टनच्या वार्षिक अहवालात 'प्रसिद्ध' करण्यात आले. वैज्ञानिक मंडळी असले अहवाल वाचत नाहीत. १९४९ साली तिने स्वतःच एक ९० पानी पुस्तिका लिहून आपल्या मक्यावरील प्रयोगांची माहिती त्यात दिली. रंगगुणसूत्रांवरील जनुकांचे रासायनिक गुप्त संदेश त्या रंगगुणसूत्रांवरील अन्य जागी संक्रमण करू शकतात - म्हणूनच काळसर दाण्याचे कणीस अधून मधून पांढऱ्या दाण्यांचे होऊ शकते, असे प्रतिपादन तिने केले. त्याच बरोबर आपले वनस्पतींमधील आनुवंशिक शास्त्रासंबंधीचे संशोधनही चालू ठेवले. साठ सालानंतर रेण्वीय जीवशास्त्रासंबंधीचे संशोधन जगातील अनेक प्रयोगशाळांमध्ये जोराने सुरू झाले. बार्बाराने नमूद केल्याप्रमाणे जनुकांचे संक्रमण मक्यासारख्या वनस्पतींमध्ये होत राहातेच,

पण ई. कोलाय, सालमोनेला ड्रासेफिला या सूक्ष्मजीवांमध्ये देखील होत असते - हे इतर संशोधकांना पटू लागले. तरीही बार्बाराला त्याचे थोडेफारसुद्धा श्रेय मिळत नव्हतेच! उलट बार्बाराच्या प्रयोग करण्याच्या पद्धती जुन्या-पुराण्या आहेत, अशी टीका होत राहिली.

बार्बारा स्वतः निवडक मक्याचे दाणे घेऊन पेरायची आणि त्यायोगे मिळालेल्या पिकातील दाणे प्रयोगासाठी वापरायची मुख्यतः ती सूक्ष्मदर्शकयंत्राचा वापर करायची. या सर्व गोष्टींना विलंब लागायचा. तत्कालीन तरूण संशोधक मात्र आधुनिक तंत्राचा वापर करून अनुवंश शास्त्रासंबंधीचे प्रयोग शीघ्रगतीने करीत असत. जुन्या पद्धती त्यांना कालबाह्य वाटत होत्या. बार्बाराच्या निष्कर्षासंबंधी त्यांची मते पूर्वग्रहदूषित होती. तिच्या कामाचा उल्लेख ते शोधनिबंधांमध्ये करण्याचे टाळीत होते.

हे सारे बार्बाराने जाणले. ती नाऊमेद झाली नाही. तथापि तिने स्वतःचे निष्कर्ष शोधनिबंधाद्वारे जाहीर करण्याचे थांबवले. स्वतःचा उत्कर्ष साध्य करण्यासाठी विज्ञानाचा एक 'साधन' म्हणून उपयोग करणारे वैज्ञानिक त्याकाळातही होतेच. बार्बाराने मात्र विज्ञान एक 'छंद' म्हणून जोपासला. नावाजलेले शास्त्रज्ञ आणि नोबेल पारितोषिक विजेते देखील तिच्याकडे वैज्ञानिक गप्पा-टप्पा करण्यासाठी येत असत.

बहुतेकदा त्यावेळी वादंग माजून खडाजंगी होत असे. कारण बार्बारा स्वतःच्या वैज्ञानिक निष्कर्षाबाबत आग्रही आणि प्रसंगी हेकेखोर राहिली. 'कॉन्व्हर्सेशन गॅदर्स इन्फॉर्मेशन बट सॉलीट्यूड इज स्कूल ऑफ जीनियस'. चर्चा, गप्पा, संभाषण यामुळे बरीच माहिती गोळा होते; पण ज्ञाननिष्ठांची प्रगती, बुद्धि ही एकान्तवासातच फुलून येते. बार्बाराला एकांतवास जास्त प्रिय होता.

वनस्पतीशास्त्राच्या अभ्यासाकरिता प्रखर निरीक्षणशक्तीची आवश्यकता असते. ती तिच्या ठायी होती. पेशींच्या कार्यपद्धतीची, रचनेची आणि विभाजनाची उत्तम जाण तिला होती. 'सायटॉलॉजी' या विषयावरती



तिची हुकूमत होती. त्या बदलमात्र कुणीही कधीच आक्षेप घेतलेला नव्हता. जे आक्षेप तज्ज्ञांनी घेतले होते, ते तिच्या वैज्ञानिक टीका-टिप्पणी संबंधीचे होते. तिच्या वनस्पतींच्या पेशीसंबंधी केलेल्या संशोधनाबद्दल काही शास्त्रज्ञ प्रशंसा करीत असत. वाद होता तो फक्त मक्यातील विशिष्ट गुणसूत्रातील घटक जागा सोडून अन्यत्र (त्याची क्रमवारी घेऊन) जातात आणि पुन्हा जोडले जातात - या तिच्या सिध्दांताबद्दल, याला जनुकांचे 'क्रॉसिंग ओव्हर' किंवा 'जंपिंग जीन' असे म्हटले गेले. जी जनुके

त्यांची जागा बदलतात त्यांना 'ट्रान्सपोजेबल एलमेंट्स' (ट्रान्सपोटॉन) असे इंग्रजीत म्हणतात. अशा शास्त्रशुद्ध कल्पनेची झेप घेणे ही अगदी असामान्य बाब असल्याचे मत दीर्घकाळांनंतर मान्यवरांनी मान्य केला.

जीवसृष्टीतील प्रथिनांच्या जडण-घडणीचे नियंत्रण करणारी जनुके सर्व घटकांमध्ये - अगदी मानवप्राण्यातही महत्त्वाची ठरलेली आहेत. त्यांचे कार्य विशिष्ट वेळी बंद किंवा चालू व्हावे लागते. अशी 'ऑन-ऑफ' होणारी जनुके सृष्टीच्या उत्क्रांतीमध्ये महत्त्वाची भूमिका बजावीत असतात. एका रात्रीमध्ये अचानक लालकमळाचे नीलकमल कसे झाले ?

उत्क्रांतीमध्ये जे एकाएकी बदल झाले त्या मागचे रहस्य म्हणजे जनुकांमध्ये झालेले उत्परिवर्तन किंवा 'म्युटेशन'. बार्बाराच्या निष्कर्षामुळे उत्क्रांतीच्या काही गूढ रहस्यांचा मागोवा घेता येणे शक्य झाले. उत्क्रांती होण्यासाठी जी अनेक कारणे घडली, त्यातील एक म्हणजे जनुकांची गुणसूत्रांवरची जागा बदलणे.

जनुकांच्या 'ऑन-ऑफ' होण्याच्या प्रक्रियेमुळे काही प्रकाराच्या कर्करोगाची सुरुवात होऊ शकते. त्याचा मागोवा घेणे शक्य झाले. प्रतिजैवकांना कालांतराने

जीवाणू दाद देत नाहीत. ते प्रतिजैवरोधक बनतात. त्यामागील कारणे लक्षात आली. एवढच नव्हे तर जनुकांच्या संक्रमणामुळे काही विषाणू त्यांचे 'कार्य' सुरू करतात. हेही लक्षात आले.

केवळ पाच फूट उंची लाभलेल्या बार्बाराची उत्तुंग वैज्ञानिक झेप ३५ वर्षांनंतर नोबेल पारितोषिकाच्या परीक्षकांनी लक्षात घेतली. तिचे काम चार्लस डार्विनसारखे क्रांतिकारी आहे - असे जाणकार शास्त्रज्ञांचे मत पडले. परिणामी १९८३ सालचा वैद्यकशास्त्रामधील मानाचा नोबेल पुरस्कार, वनस्पतीशास्त्रज्ञ असलेल्या बार्बारा मॅक्लिन्टॉकला देण्यात आला. वैद्यकशास्त्रामधील नोबेल पुरस्कार न विभागता जिंकणारी ती पहिलीच महिला शास्त्रज्ञ ठरली. त्या आधी न विभागता नोबेल पुरस्कार मिळवलेल्या दोनच महिला होत्या; मेरी क्युरी (१९११) आणि डोरोथी हॉजकिन (१९६४). ज्यावेळी तिला नोबेल पुरस्कार जाहीर झाला तेव्हा ती उत्स्फूर्तपणे म्हणाली -

'मक्याने मला जन्मभर भरपूर आनंद दिलाय... यापेक्षा अधिक मोठा कोणता पुरस्कार असू शकेल?' त्यावेळी तिचे वय ८१ वर्षांचे होते. पुरस्काराची प्रचंड रक्कम हाती आल्यावर त्याचे काय करणार, असे विचारल्यावर ती म्हणाली - 'माझ्या आवडीच्या फ्रेमचा चष्मा बनवून घेणार.

मोटारही घ्यायचा माझा बेत आहे, पण या वयात नवीन मोटार कशाला हवीये?'

डि एन ए ची रचना शोधून काढणाऱ्या प्रो. जेम्स वॉटसनने म्हटले की - 'मी आनुवंशशास्त्रातील '३ एम' यांना फार मानतो. ते म्हणजे ग्रेगॉर मेंडेल, हंट मॉर्गन आणि मॅक्लिन्टॉक बार्बारा.'

अमेरिकेतील लोक आठवड्यातील पाच दिवस काम करतात. बार्बारा सहा दिवस पूर्ण १६ तास कार्यमग्न राहात असे. बरेच कष्ट सोसले; पण अखेरीस ती नोबेल विजेती झाली. दंतवैद्याला एकदा तिने बजावले होते - 'दाताचे काम चालू असताना मला किती वेदना होत असतील, त्याची चिंता करू नका. मी वेदनांवरती केव्हाच विजय मिळवलाय!'

'जॅपिंग जीन्स' चा शोध - जीवाणू आणि यीस्टमध्येही जेव्हा लागला तेव्हा तिचा आनंद गगनात मावेना. प्रदीर्घ काळ तिच्या वैज्ञानिक कामाला मान्यता मिळाली नाही. तरीही ती कधीच खचून गेली नाही. नावापेक्षाही कामाला महत्त्व देणारी; आत्मविश्वास ढळू न देणारी कर्मयोगिनी बार्बारा मॅक्लिन्टॉक ४ सप्टेंबर १९९२ रोजी काळाच्या पडद्याआड गेली.



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

लेखांक ५

पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जास्रोत

पवन ऊर्जा

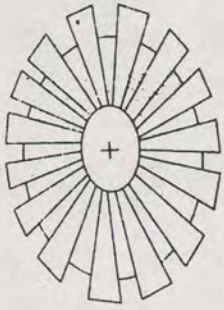
लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे



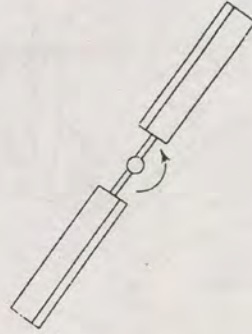
वाऱ्यावर आणि वाहत्या पाण्यावर चालणाऱ्या पवनचक्क्या आणि पाणचक्क्या माणूस फार पूर्वीपासून वापरतो आहे. अलिकडच्या काळात सह्याद्री पर्वतरांगाच्या परिसरात विद्युत निर्मितीसाठी पवनचक्क्यांचा वापर करण्याला शासकीय पातळीवरून मोठे प्रोत्साहन दिले जात आहे. या लेखात आपण याच ऊर्जास्रोताचा विचार करू.

हालचालीशी निगडित ऊर्जा म्हणजे गतिज ऊर्जा. निसर्गातही अनेक प्रकारच्या हालचाली होत असतात, आणि त्याद्वारे ऊर्जा निर्माण होत असते. उदा. वारा, पाण्यातील प्रवाह, लाटा, धबधबे, भरती-ओहोटी, इ. वातावरणात वारे आणि समुद्रात

प्रवाह निर्माण होतात, ते सूर्याच्या उष्णतेमुळे आणि पृथ्वीच्या परिवलनामुळे. नद्या, ओढे, नाले, इ. मध्ये जमिनीच्या चढउतारांमुळे प्रवाह आणि धबधबे निर्माण होतात. भरती-ओहोटीमागे गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती असते. या सर्व प्रकारच्या नैसर्गिक हालचालींमधील



भिंगरीसारखी अनेक पाती



दोनच पात्यांची रचना

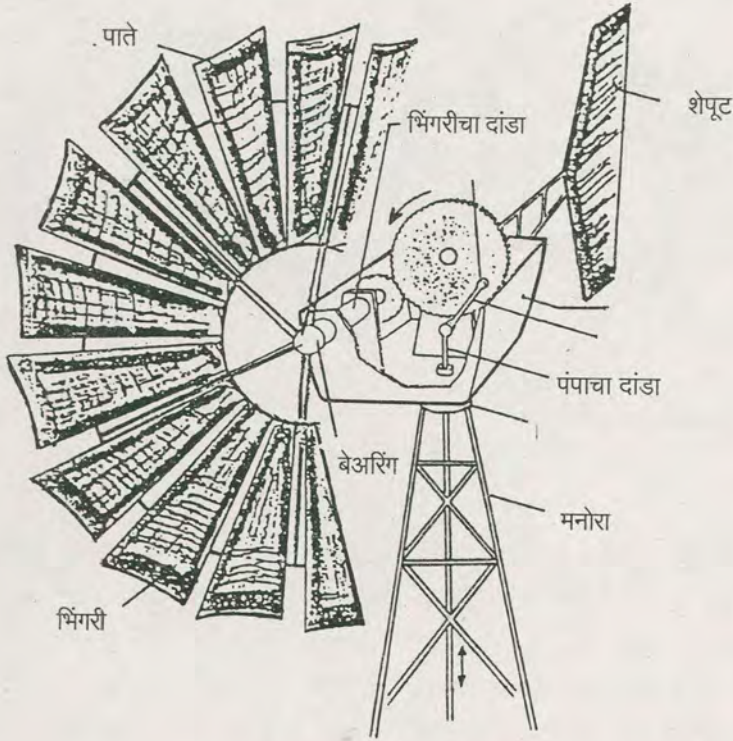
आकृती १

गतिय ऊर्जेपासून आपल्याला उपयुक्त ऊर्जा मिळवता येते. सौरऊर्जेप्रमाणेच हाही एक अक्षय ऊर्जास्रोत आहे.

वाऱ्याच्या ऊर्जेचा वापर करून सागरी प्रवास करण्याची कला माणसानं अवगत केली, आणि याचे सर्व जगाच्या इतिहासावर दूरगामी परिणाम झाले. युरोपात पिठाची चक्री फिरवण्यासाठी आणि पाणी चढवण्यासाठी पवनचकक्यांचा वापर १३व्या शतकापासून होतो आहे. हॉलंडमधून हे तंत्रज्ञान अमेरिकेतही पोहोचलं होतं. जवळजवळ २०व्या शतकाच्या उत्तरार्धापर्यंत वीज निर्मितीसाठी आणि यांत्रिक ऊर्जे मिळवण्यासाठी युरोप आणि अमेरिकेत पवनचकक्यांचा वापर होत होता. पण नंतर खनिज इंधनांपासून औष्णिक विद्युतनिर्मितीचं तंत्रज्ञान उपलब्ध झाल्यावर पवनचकक्या मागे पडल्या. १९७० च्या

दशकात काही राजकीय तर काही आर्थिक कारणांमुळे आंतरराष्ट्रीय बाजारात खनिज तेलाची किंमत वाढली. यामुळे निर्माण झालेल्या संकटामुळे प्रगत देशांना, खनिज इंधनांचे साठे मर्यादित असून त्यांना पर्याय शोधले पाहिजेत, असा साक्षात्कार झाला. अपारंपरिक ऊर्जास्रोतांवरील संशोधन व तंत्रज्ञान विकासाला चालना मिळाली ती याच कारणामुळे. यातून पवनऊर्जा पुन्हा एकदा प्रकाशझोतात आली.

आधुनिक पवन चकक्या प्रामुख्याने दोन प्रकारच्या असतात - क्षितिज समांतर अक्षाभोवती फिरणाऱ्या आणि क्षितिज लंब अक्षाभोवती फिरणाऱ्या. क्षितिज समांतर अक्षाभोवती फिरणाऱ्या पवनचक्रीला दोन प्रकारची पाती असू शकतात - आकृती १ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे अनेक पाती असलेली भिंगरी किंवा विमानाच्या प्रोपेलरसारखी



आकृती २ - पवनचक्कीची रचना

दोनच पात्यांची रचना. या चक्कीला एक शेपूट असतं. त्याच्या मदतीने वाऱ्याची दिशा जशी बदलेल, तसं चक्कीचं तोंड फिरवता येतं. वाऱ्याप्रमाणे तोंड फिरवणारा वातकुक्कुट तुम्ही पाहिला असेल. क्षितिज लंब अक्षाभोवती फिरणारी पवनचक्की वाऱ्याची दिशा कोणतीही असली तरी फिरू शकते.

पवनचक्की काम कसं करते हे पहाण्यासाठी आपण पाणी वर चढवण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या, भिंगरीसारखी पाती असलेल्या आणि क्षितिजसमांतर अक्षाभोवती

फिरणाऱ्या पारंपरिक पवनचक्कीची रचना समजावून घेऊ. आकृती २ मध्ये ही रचना दाखवली आहे. याचे प्रमुख भाग आहेत, भिंगरी, चक्कीचा शिरोभाग, शेपटी, ऊर्जा संक्रमणाची यंत्रणा, आणि आधारासाठीचा मनोरा. चक्कीच्या शिरोभागी एका आडव्या दांड्याच्या एका टोकाला भिंगरी बसवलेली असते, तर दुसऱ्या टोकाला शेपटी. या दांड्याला ऊर्जासंक्रमणाची यंत्रणा जोडलेली असते. ऊर्जासंक्रमण यंत्रणेतील महत्वाचे भाग म्हणजे १) भिंगरीचा आडवा

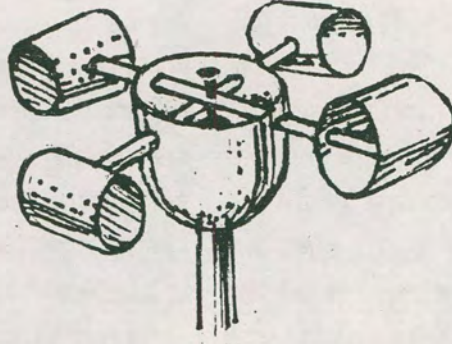
दांडा, २) त्याची गती पंपाच्या उभ्या दांड्याला देता यावी म्हणून वापरले जाणारे भुजादंड (crank shaft) आणि ३) जोरात गरगर फिरणाऱ्या दांड्याची गती जरा सावकाश पण ताकदीने फिरणाऱ्या गतीमध्ये रूपांतर करणाऱ्या दातेरी चक्राची रचना. वाऱ्यामुळे भिंगरी गरागरा फिरू लागते, आणि त्यामुळे दांडा सुद्धा त्याच वेगाने फिरू लागतो. दातेरी चक्रांमुळे हा वेग एक तृतीयांश किंवा एक चतुर्थांश इतका कमी केला जातो. भुजादंड वापरून ही गती पाणी वर चढवण्याच्या पंपाकडे, संक्रमित केली जाते. याच गतीचा वापर टर्बाइन फिरवण्यासाठी करून वीज निर्माण करता येऊ शकते. सर्वसाधारणतः वीजनिर्मितीसाठी दोनच पात्यांचा प्रोपेलर असलेली पवनचक्की वापरली जाते.

पवनचक्की कुठेही आणि कशीही उभी करता येत नाही. पवनचक्की उभी करणं, आणि तिची देखभाल करून ती चालू स्थितीत ठेवणं, यासाठी होणाऱ्या खर्चापेक्षा त्यातून मिळणारं उत्पन्न जास्त असेल, तरच पवनचक्की चालवण्यात अर्थ आहे. तेव्हा एखाद्या ठिकाणी पवनचक्की उभी करण्यासाठी, त्या ठिकाणी वर्षातला किती काळ वाऱ्याचा वेग एका विशिष्ट टप्प्यात रहातो, ही माहिती मिळवणं आवश्यक असतं. वाऱ्यापासून ऊर्जा मिळवण्याच्या दृष्टीने वाऱ्याची दिशा हा तसा बिनमहत्त्वाचा

घटक आहे. सर्वात महत्त्वाचा घटक म्हणजे, क्षितिजसमांतर दिशेत वाऱ्याचा वेग. या वेगाच्या मापनासाठी जे उपकरण वापरतात त्याला वातकुक्कुट (anemometer) म्हणतात. (चौकट पहा.) वातकुक्कुटाच्या फिरण्याची गती मोजून त्यावरून वाऱ्याच्या क्षितिजसमांतर वेगाचा अंदाज बांधता येतो. मात्र कोणत्याही ठिकाणी वाऱ्याचा वेग सतत बदलत असतो. त्यात होणाऱ्या बदलांना स्थानिक तसंच जागतिक पातळीवर होत असलेले हवामानातले बदल कारणीभूत असतात. सतत बदलत्या वेगाच्या नोंदी ठेवणं व्यवहार्य नसल्यामुळे वातकुक्कुटाच्या दर तासातील वेगाच्या सरासरीची नोंद ठेवली जाते. या नोंदीवरून दर तासागणिक वाऱ्याचा क्षितिजसमांतर वेग किती आहे हे तर समजतंच, पण दिवसाचे चोवीस तास आणि वर्षाचे ३६५ दिवस या नोंदी ठेवल्या तर वर्षाच्या कोणत्या आणि किती कालावधीत हा वेग साधारण किती असतो, ही महत्त्वपूर्ण माहितीही मिळू शकते. एखादं ठिकाण पवनचक्क्या उभारण्यासाठी सोयिस्कर आहे की नाही, हे ठरवण्यासाठी अशा काही वर्षांच्या नोंदींचा अभ्यास करावा लागतो.

सुदैवाने भारताच्या हवामानखात्याकडे वेगवेगळ्या ठिकाणी घेतलेल्या अशा प्रकारच्या नोंदी उपलब्ध आहेत, आणि भारतात पवनऊर्जा निर्मितीच्या दृष्टीने या नोंदी फारच उपयोगी ठरल्या आहेत. पवन ऊर्जा

बनवा वातकुक्कुट



साहित्य :

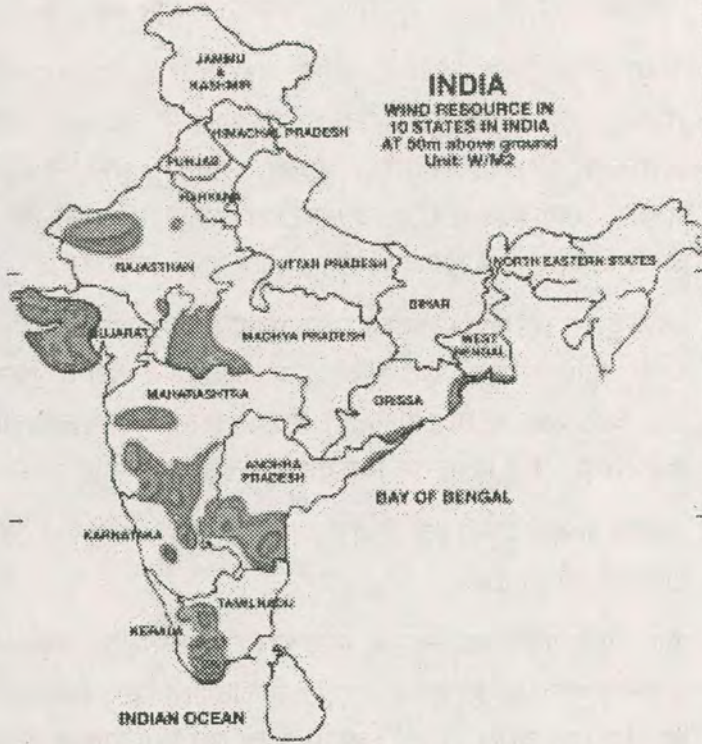
वजनाने हलके असे कागदाचे किंवा प्लास्टिकचे सारख्या आकाराचे पाच पेले, प्लास्टिकच्या दोन स्ट्रॉ, एक टाचणी, कागदाला एकच भोक पाडण्याचे पंचिंग यंत्र, कागदाला पिना मारण्याचे स्टेपलर, मागे खोडरबर असलेली एक पेन्सिल.

कृती :

- कागदाचे किंवा प्लास्टिकचे चार पेले घ्या. प्रत्येक पेल्याच्या बाजूला कडेच्या साधारण अर्धा इंच खाली पंचिंग यंत्राने एक भोक पाडा.
- पाचव्या पेल्याला कडेच्या खाली साधारण पाच इंचावर समान अंतरावर चार भोके पाडा. या पेल्याच्या तळालाही मध्यभागी एक भोक पाडा.
- पहिल्या चार पेल्यांतला एक पेला घ्या. त्याच्या भोकातून स्ट्रॉ घाला. स्ट्रॉचे पेल्यात गेलेले टोक दुमडा आणि भोकाच्या समोरच्या बाजूला स्टेपल करून टाका.

- आणखी एक पेला आणि दुसरी स्ट्रॉ वापरून अशीच रचना करा.
- आता बाजूला चार भोके पाडलेल्या पेल्याच्या समोरासमोरच्या भोकांतून एका स्ट्रॉचे दुसरे टोक घाला. आता हे टोक एक भोक असलेल्या तिसऱ्या पेल्याच्या भोकातून घाला, आणि दुमडून भोकासमोरच्या बाजूला स्टेपल करून टाका. एकाच स्ट्रॉवर गुंफलेल्या दोन्ही पेल्यांची तोंडे विरुद्ध दिशांना येतील याची काळजी घ्या.
- आता दुसरी स्ट्रॉ चार भोकेवाल्या पेल्याच्या उरलेल्या दोन भोकांतून घाला आणि उरलेला एक भोकाचा पेला वापरून अशीच रचना करा. चार पेल्यांची तोंडे आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे घड्याळ्याच्या काट्याच्या दिशेत किंवा त्या विरुद्ध दिशेत यायला हवीत.
- मधल्या पेल्यात दोन्ही स्ट्रॉ जिथे एकत्र येतात, तिथे दोन्ही स्ट्रॉ एका टाचणीने जोडून टाका.
- आता या पेल्याच्या तळाला पाडलेल्या भोकातून पेन्सिलीचा खोडरबर असलेला भाग पेल्यात घुसवा. स्ट्रॉ एकत्र जोडणारी पिन खोडरबरात जितकी आत घुसेल तितकी घुसवा. आता तुमचे वातकुक्कुट तयार झाले.

वातकुक्कुटाच्या परिवलनाचा वेग कसा मोजाल ? यासाठी वाऱ्यात वातकुक्कुटाच्या फिरण्याची वारंवारता (एका मिनिटात होणाऱ्या प्रदक्षिणा) मोजा. पेले ज्या वर्तुळाकार मार्गावर फिरतात, त्याचा परीघ मोजा. परीघ आणि वारंवारतेचा गुणाकार केला, की तुम्हाला वातकुक्कुटाच्या परिवलनाचा वेग मिळेल. अर्थात या सोप्या गणितात आपण घर्षण, अवरोध, इ. इतर बलांकडे दुर्लक्ष करतो आहोत. वातकुक्कुटाचा वेग हा वाऱ्याच्या वेगावर अवलंबून आहे. पण हा वेग म्हणजेच वाऱ्याचा वेग नव्हे, हेही लक्षात ठेवू.



भारतात उपलब्ध वाऱ्यांवर मान्सूनचा मोठा परिणाम असतो. मार्च ते ऑगस्ट दरम्यान समुद्रात घुसलेल्या भारतीय भूभागावर जोरदार वारे वहातात. नोव्हेंबर ते मार्च मध्ये फक्त तामिळनाडूजवळ जोरदार असतात. दक्षिण तामिळनाडू, केरळ, गुजराथ, लक्षद्वीप, अंदमान, निकोबार बेटे, ओरिसा आणि महाराष्ट्र यांचा किनारी भाग आणि कर्नाटक आंध्र, म. प्र. प. बंगाल उ. प्र. राजस्थान येथील भूभागावर पवनऊर्जा मिळवणे शक्य आहे. ही ठिकाणे नकाशात दाखवली आहेत.

निर्मितीसाठी एखादं ठिकाण अनुरूप ठरलं, की तिथे कोणत्या प्रकारची आणि किती क्षमतेची चक्की उभी करायची, हे ठरवण्यासाठीही याच नोंदी उपयुक्त ठरतात.

भारतातील हवामानचं एक वैशिष्ट्य म्हणजे मान्सून. जोरदार असे नैऋत्य मौसमी वारे मे-जूनच्या सुमारास दमट आणि गरम हवा समुद्राकडून जमिनीकडे ढकलतात.

ऑक्टोबरच्या सुमारास तुलनेने सौम्य असे ईशान्य मौसमी वारे वाहू लागतात, आणि गार व कोरडी हवा पुन्हा समुद्राकडे ढकलली जाते. या चक्राचा संपूर्ण भारतातील वाऱ्यांच्या वेगावर आणि गतिज ऊर्जेवर परिणाम होत असतो. मार्चपासून ऑगस्टपर्यंत पूर्व किनारा सोडता सर्व भारतात वाऱ्याचा जोर साधारण असतो. नोव्हेंबर ते मार्च या कालावधीत तुलनेने कमी जोरदार वारे वाहतात, मात्र तामिळनाडूच्या किनाऱ्यावर या कालावधीत कधी कधी सोसाट्याचा वारा वहातो. तुलनेने वाऱ्याचा जोर जास्त असलेली अशी भारतातील ठिकाणे तामिळनाडू, केरळ, गुजरात, लक्षद्वीप, अंदमान-निकोबार, ओरिसा आणि महाराष्ट्रात आहेत. कर्नाटक, आंध्रप्रदेश, मध्यप्रदेश व पश्चिम बंगालमध्येही काही ठिकाणे पवनऊर्जेसाठी अनुकूल आहेत.

भारतात गेल्या सुमारे वीस वर्षांपासून पवन ऊर्जेपासून विद्युत निर्मिती केली जात आहे. ही वीज त्या त्या विभागाच्या मुख्य परिमंडलात सोडली जाते. एका अंदाजानुसार, भारतात पवनऊर्जेच्या माध्यमातून जवळजवळ ४५००० मेगावॉट इतकी विद्युत निर्मिती करायला वाव आहे. आत्तापर्यंत उभ्या केलेल्या पवनचक्क्यांच्या माध्यमातून सुमारे १३५० मेगावॉट इतकी वीज निर्माण केली जात आहे. म्हणजे अजून आपल्याला बराच लांबचा पल्ला गाठायचा

आहे. तरीही आज जागतिक पातळीवर पवनविद्युत निर्मितीत आपण पाचव्या क्रमांकावर आहोत.

गेल्या सुमारे पाच-दहा वर्षांपासून महाराष्ट्रात विद्युतनिर्मितीसाठी पवनचक्क्या उभारण्याला प्रोत्साहन दिले जात आहे. यातूनच सरकारी तसच खाजगी मालकीचे विविध प्रकल्प उभे राहिले असून त्यातून सुमारे ३२० मेगावॉट विजेची निर्मिती होत आहे. पुणे-बंगलोर महामार्गालगत सातारा जिल्ह्यात चाळकेवाडी इथे उभ्या केलेल्या पवनचक्क्या रस्त्यावरून सुध्दा सहज दिसतात. असेच मोठे-मोठे प्रकल्प आता अनेक ठिकाणी उभे रहात आहेत.

पवनऊर्जेपासून विद्युत निर्मितीची भारताची क्षमता आणि प्रत्यक्षात होत असलेली वीजनिर्मिती यात अजून बरीच तफावत आहे. अशा परिस्थितीत प्रदूषणारहित आणि पुनर्निमाणक्षम अशा या निसर्गदत्त स्रोताचा पुरेपूर वापर करायचं सोडून महागड्या आणि आयात कराव्या लागणाऱ्या खनिज इंधनांवर आधारित विद्युत निर्मिती करणारे प्रकल्प उभे करणं कितपत शहाणपणाचे आहे, यावर सर्वांनीच गांभीर्याने विचार करायला हवा.



लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे, श्रीमती काशीबाई नवले कॉलेज ऑफ इंजिनिअरिंग (फॉर गर्ल्स) येथे पदार्थविज्ञान शिकवतात.

किण्वनक्रिया



लेखक : आ. दि. कर्वे

सुमारे १५० वर्षांपूर्वी लुई पाश्चर. यांनी सूक्ष्मजंतूंचा व्यावहारिक व औद्योगिक उपयोग करण्याची शास्त्रशुध्द पध्दती शोधून काढली. तेव्हापासूनच आधुनिक जैवतंत्रज्ञानाची सुरुवात झाली, असे म्हणायला हरकत नाही. सुरुवातीच्या काळात किण्वनावर आधारित उद्योग हा आधुनिक जैवतंत्रज्ञानाचा सर्वात महत्वाचा भाग होता.

सूक्ष्म जंतूंच्या संवधनाचा उपयोग करून विशिष्ट आधारद्रव्यांचे गुणधर्म बदलणे किंवा जंतूंच्या चयनामुळे निर्माण होणाऱ्या विशिष्ट पदार्थांची निर्मिती यासाठी किण्वन क्रियेचा उपयोग केला जातो. जैवतंत्रांमधील सर्वात प्राचीन आणि आजही वापरल्या जाणाऱ्या दोन किण्वनक्रिया म्हणजे शर्करायुक्त आधारद्रव्यापासून मद्य बनविणे आणि विविध वनस्पतींपासून वाख व तत्सम तंतू मिळविणे. याशिवाय कातडी कमावणे आणि पाव करण्यासाठी कणिक आंबवणे हे उद्योगही प्राचीन काळापासून आजतागायत चालत आले आहेत.

पारंपरिक उपयोग

मद्यनिर्मिती आणि कणिक आंबवणे या दोन्ही क्रियांमध्ये साखारोमायूसीसू सेरेव्हिसीए

(*Saccharomyces cerevisiae*) या किण्वाचा (yeast) उपयोग केला जातो. या किण्वाच्या वाढीसाठी शर्करायुक्त कोणतेही आधारद्रव्य चालते. या आधारद्रव्यातील साखरेपासून किण्वाच्या चयनाने मद्यार्क (alcohol) आणि कार्बनडायाॅक्साइड वायू निर्माण होतात. फळांच्या रसांपासून मद्य बनविताना त्यातल्या मद्यार्काचे प्रमाण एका विशिष्ट मर्यादितपलिकडे गेले की रसातील किण्वपेशी मरतात आणि ही क्रिया बंद पडते. पावासाठी कणिक आंबविताना मैद्यात उपलब्ध असणाऱ्या साखरेपासून मद्यार्क व कार्बनडायाॅक्साइड यांची निर्मिती होते. परंतु या क्रियेत व्यावहारिक दृष्ट्या मद्यार्काला महत्व नसून कार्बन डायाॅक्साइडच्या बुडबुड्यांनी कणिक

जाळीदार होणे हे महत्वाचे असते. भारतीय पध्दतीच्या पदार्थांमध्ये अनारसे, इडली, डोसे, ढोकळा इत्यादी पदार्थांमध्येही अशाच प्रकारच्या किण्वनाद्वारा जाळीदारपणा आणला जातो.

भारतातून मोठ्या प्रमाणात चामड्याची निर्यात होते. कातडी कमावण्याचा उद्योगही भारतात पूर्वापार चालत आलेला आहे. या क्रियेत निसर्गात आढळणाऱ्या जंतूंद्वारा कातड्यातील मऊ पेशी, मेद आणि रक्त यांचे विघटन घडवून आणतात व कातड्यातले केवळ चिवट तंतू शिल्लक राहिले की बाभळीच्या सालीचा किंवा हिरड्याचा अर्क वापरून ही क्रिया थांबवली जाते. वाख तयार करतानासुद्धा दोरखंड वळण्याच्या दृष्टीने निरुपयोगी अशा मऊ व आखूड पेशी पाण्यातील जंतूंचा उपयोग करून सडवून टाकल्या जातात व शिल्लक राहणारे कठिण तंतू पाण्यात धुवून, काठीने बडवून आणि विंचरून वेगळे काढले जातात.

आधुनिक उपयोग

किण्वनक्रियांवर आधारित आधुनिक उद्योग हे तांत्रिकदृष्ट्या वरील कृतींपेक्षा अधिक गुंतागुंतीचे असतात. यांपैकी बऱ्याच क्रियांसाठी विशिष्ट सूक्ष्म जीवांचे शुध्द संवर्धन, अतिशय काटेकोरपणे प्रमाणित असे आधारद्रव्य आणि इतर कोणतेही बाहेरचे जंतू त्यात येणार नाहीत अशी खबरदारी, यांची गरज असते. अशा प्रकारच्या किण्वनक्रिया

त्या क्रियेसाठी योग्य अशा किण्वनघटात घडवून आणाव्या लागतात व त्याचा भांडवली आणि चालू खर्च विचारात घेता अशा किण्वनातून मिळणारे पदार्थ बरेचदा फार महाग आहेत असे आढळून येते.

अशा प्रकारच्या अव्यवहार्य किण्वनाची दोन उदाहरणे खाली दिली आहेत. काही वर्षांपूर्वी एका व्यापारी संस्थेने किण्वाचा वापर करून शर्कराउत्पादनात मिळणाऱ्या मळीपासून वनस्पतीजन्य तेल तयार करण्याची पध्दती विकसित केली. यासाठी लागणारे किण्व कॅडिडा व साखारोमायसीज या दोन भिन्न गोत्रीय किण्वांचा संकर घडवून कृत्रिमरित्या निर्माण करण्यात आले होते. या पेशींना मुबलक प्रमाणात शर्करा पुरविल्यास त्या हे जादा अन्न तेलाच्या रूपाने आपल्या पेशींमध्ये साठवतात व आपल्याला या पेशींपासून हे तेल मिळविता येते. साखरेच्या मळीची किंमत (प्रति टन रु. २५०) आणि खाद्यतेलाची किंमत (प्रतिटन रु. ३०,०००) यांचा विचार करता मळीपासून तेल बनविणे नक्कीच परवडेल असे सुरुवातीस वाटले होते. पण या किण्वनावर करावा लागणारा भांडवली आणि चालू खर्च आणि त्यापासून मिळणाऱ्या तेलाचे प्रमाण हे लक्षात घेता ही किण्वनक्रिया व्यवहार्य नाही असाच निष्कर्ष शेवटी निघाला.

असाच आणखी एक फसलेला प्रयोग होता खनिजतेलापासून पशुखाद्य

बनविण्याचा. खनिज तेल हे मुळात जैव घटकांपासून बनत असल्याने त्यात नेहमीच थोड्या प्रमाणात वनस्पतिजन्य मेण आणि वनस्पतीजन्य तेल यांचा अंश आढळतो. या मेण व तेलावर कॅण्डिडा लायपोलिटिका (Candida Lipolytica) नामक किण्व वाढवून त्यापासून जनावरांचे खाद्य निर्माण करण्याची पध्दती सुमारे वीस वर्षांपूर्वी युरोपात विकसित करण्यात आली, परंतु सोयाबीन पेंड किंवा सुकी मासळी यांच्या तुलनेने वरील किण्वनातून मिळणारी प्रथिने महागच ठरली.

वरील दोन्ही उदाहरणावरून असे दिसते की सर्वसामान्य

कृषिजन्य पदार्थ, म्हणजे प्रथिने, तवकीर (Starch), साखर, तेल वगैरे पदार्थांच्या निर्मितीसाठी औद्योगिक स्वरूपाच्या किण्वनक्रिया वापरणे परवडत नाही. कारण शेतीत उत्पादनासाठी लागणारी ऊर्जा सूर्यापासून फुकट मिळते आणि पाणीसुध्दा बऱ्याचवेळा पावसाचे, म्हणजे फुकटच असते. शिवाय पीक थेट जमिनीतच घ्यावयाचे असल्याने त्यासाठी किण्वनघट, इमारत यांसारख्या भांडवली खर्चाच्या बाबींचीही गरज नसते. परंतु औद्योगिक प्रदूषकांचे विघटन करण्यासारख्या आवश्यक बाबींसाठी सूक्ष्मजंतूंचा उपयोग केला व त्या

किण्वनातून जर काही उपयुक्त पदार्थ निर्माण करता आले, तर त्यांचे अर्थशास्त्र एकदम बदलते. उदाहरणार्थ मद्य, तवकीर, साखर, फळांचे मुरंबे यासारख्या पदार्थांच्या निर्मितीत जे सांडपाणी निघते त्यात कार्बनयुक्त संयुगांचे प्रमाण खूपच असते. हे सांडपाणी जर थेट नदीनाल्यात सोडले तर त्याच्यावर वाढणाऱ्या सूक्ष्म जीवांकरवी नदी-नाल्यातल्या पाण्यातला ऑक्सिजन मोठ्या प्रमाणात



वापरला जातो व त्यामुळे मासे ऑक्सिजन अभावी तडफडून मरतात. या कारणासाठी या सांड पाण्यातल्या कार्बनयुक्त संयुगांचे प्रमाण किण्वनाद्वारा कमी करून

मग ते पाणी नदीनाल्यांमध्ये सोडले जाते. बऱ्याच उद्योगांमध्ये हे किण्वन उघड्या हौदांमध्ये किंवा जमिनीत खणलेल्या खड्ड्यांमध्ये करतात. यात उत्पन्न होणारा कार्बनडायॉक्साइड वायू हवेत सोडला जातो आणि खड्ड्यातले पाणी बाष्पीभवनाने व जमिनीत मुरून हळूहळू कमी होते. परंतु हेच किण्वन जर नियंत्रित परिस्थितीत घडवून आणले तर त्यापासून अनेकविध उपयुक्त पदार्थांची निर्मिती होऊ शकते.

प्रदूषण नियंत्रण

इंग्लंडमधील एका औद्योगिक संस्थेने याप्रकारची एक पध्दती विकसित केली आहे

त्यात कॅडिडा युटिलिस (Candida utilis) या किण्वाचा वापर करून १४० घनमीटर सांडपाण्यापासून दररोज दीड टन सुके किण्व मिळवले जाते. या किण्वापासून उच्चप्रतीचे पशुखाद्य बनविले जाते.

पुण्यातल्या एका कागद कारखान्यात सांडपाण्यापासून मिथेन हा इंधनवायू बनविला जातो व त्याचा कारखान्यातच इंधन म्हणून उपयोग केला जातो.

वर दिलेल्या दोन्ही उदाहरणांमध्ये प्रदूषणावर नियंत्रण ठेवणे हे कायद्याने बंधनकारक असल्याने त्यावर खर्च करणे हे कारखान्याला आवश्यकच असते. अशा वेळी त्यापासून जर काही उपयुक्त पदार्थांची निर्मिती झाली तर त्यामुळे प्रदूषणनियंत्रणावरील खर्चाची थोड्या प्रमाणात तरी भरपाई होऊ शकत असल्याने अशा पदार्थांचे उत्पादन करणे हे त्या कारखान्यांच्या हिताचेच असते. यापैकी इंधनवायूच्या निर्मितीला भारतात खूपच वाव असल्याने त्याकडे आपल्या देशात शासकीय पातळीवरही लक्ष दिले जात आहे.

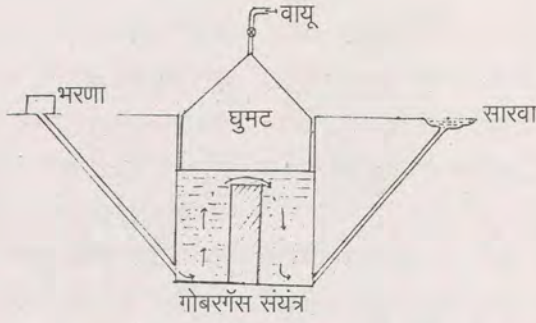
इंधनासाठी किण्वन

किण्वनाने निर्माण केलेल्या इंधनवायूलाच गोबर गॅस असेही म्हणतात. शेण, मानवी मैला किंवा इतर कोणतेही सेंद्रीय टाकाऊ पदार्थ यांच्यापासून हा वायू ऑक्सिजन-विरहित किण्वनाने निर्माण होतो. चांगल्या प्रतीच्या गोबर गॅसमध्ये सुमारे ६० ते ६५

टक्के मिथेन व ३५ ते ४० टक्के कार्बन डायॉक्साइड असतो. याशिवाय त्यात अल्प प्रमाणात हायड्रोजन सल्फाईड, कार्बन मोनॉक्साइड, हायड्रोजन व अमोनिया हे वायूहि आढळतात. यापैकी इंधन म्हणून मिथेन हा घटकच उपयोगाचा असतो.

गोबर गॅसच्या निर्मितीसाठी किमान तीन प्रकारच्या जीवाणूंनी परस्पर सहकार्याने काम करणे आवश्यक असते. या कार्याची पहिली पायरी म्हणजे अधिक रेणूभार असणाऱ्या मोठ्या सेंद्रीय रेणूंचे विघटन घडवून आणून त्यांचे कमी रेणूभार असणाऱ्या सेंद्रीय आम्लांमध्ये (उदा. ब्युटिरिक आम्ल, दुग्धाम्ल, प्रोपियोनिक आम्ल इ.) रूपांतर करणे. यासाठी लागणाऱ्या जीवाणूंना आम्लजनक जीवाणू असे म्हणतात. याच्या पुढील प्रक्रियेत वरील आम्लांपासून शिरका (ॲसेटिक आम्ल), कार्बन डायॉक्साइड व हायड्रोजन हे पदार्थ निर्माण होतात. ही क्रिया घडवून आणणाऱ्या जीवाणूंना ॲसेटोजेनिक (acetogenic) जीवाणू असे म्हणतात. यापुढल्या व शेवटच्या टप्प्यात कार्बन डायॉक्साइड आणि हायड्रोजन यांचा संयोग घडवून आणून त्यापासून मिथेन वायू निर्माण केला जातो. यासाठी आवश्यक असणाऱ्या जीवाणूंना मेथानोजेनिक जीवाणू म्हणतात. या क्रियेला लागणारे तिन्ही प्रकारचे जीवाणू गुरांच्या शेणात आढळतात.

मिथेन वायूच्या निर्मितीसाठी



ऑक्सिजनविरहीत वातावरण, ३०० सेल्सिअसच्या वर तापमान आणि ६ ते ८ च्या दरम्यान आम्लविम्लनिर्देशांक (pH value) असणे आवश्यक असते. तसेच आधारद्रव्यात नायट्रोजनचे प्रमाण बेताचे असणेच इष्ट असते, नाहीतर तयार होणाऱ्या वायूतले अमोनियाचे प्रमाण वाढलेले दिसते. वरील पथ्ये पाळून व योग्य ते आधारद्रव्य वापरल्यास गोबरगॅस संयंत्र समाधानकारक चालते.

आजकाल गोबरगॅस निर्माण करण्यासाठी एका थोड्या वेगळ्या प्रणालीचा वापर केला जातो. सेल्युलोजपासून मिथेन निघण्याच्या क्रियेतली अॅसेटिक आम्लापासून मिथेन ही शेवटचीच क्रिया ऑक्सिजनविरहीत वातावरणात व्हावी लागते. बाकीच्या सर्व क्रिया ऑक्सिजनयुक्त वातावरणात झाल्या तरी हरकत नसते. यामुळे गोबर गॅसच्या आधुनिक प्रणालीत दोन किण्वनपात्रांचा वापर केला जातो. पहिल्यामध्ये अॅसेटिक आम्ल निर्मितीपर्यंतच्या सर्व क्रिया घडून येतात. त्यात वाढणाऱ्या जीवाणूंच्या

चयनातून निर्माण होणारा कार्बन डायॉक्साइड हवेत सोडून दिला जातो. या पात्रातील आम्लयुक्त पाणी दुसऱ्या किण्वनपात्रात घेतले जाऊन तेथे ऑक्सिजनविरहीत वातावरणात त्यापासून मिथेन बनते. अशा प्रकारे दोन टप्प्यात निर्माण केलेल्या गोबर गॅसमध्ये मिथेनचे प्रमाण ८० टक्के व कार्बन डायॉक्साइडचे प्रमाण केवळ २० टक्के असते. त्यामुळे अशा प्रणालीतून मिळणाऱ्या गोबरगॅसचा उष्मांक जास्त असतो व त्याचा वापर डीझेल पंप व विद्युतजनित्रे चालविण्यासाठी करता येतो.

प्रतिजैवके

व्यावहारिकदृष्ट्या यशस्वी ठरलेला व किण्वनक्रियेवर आधारित असा आणखी एक उद्योग म्हणजे प्रतिजैवकांचे उत्पादन, जर एखाद्या जीवमात्राने निर्माण केलेल्या पदार्थांमुळे सूक्ष्मजीवजंतूंचा नाश होत असेल तर अशा पदार्थांना प्रतिजैवक (antibiotic) असे म्हणतात. पेनिसिलियम नोटाटम (Penicillium notatum) या बुरशीच्या सानिध्यात जीवाणू वाढू शकत नाहीत, या

निरीक्षणावरून ब्रिटीश शास्त्रज्ञ सर अलेक्झांडर फ्लेमिंग यांनी सन १९२९ साली पेनिसिलीनचा शोध लावला. हा शोध योगायोगाने लागला होता. पण त्यानंतरचे बहुतेक सर्व शोध हे मुद्दाम वेगवेगळ्या बुरश्या आणि इतर सूक्ष्म जीवांचा अभ्यास करून लावण्यात आले. क्षयरोगावर रामबाण ठरलेल्या स्ट्रेप्टोमायसीन या प्रतिजैविकाचा शोध अमेरिकेतल्या संयुक्त संस्थानांमधील शास्त्रज्ञ वाक्समन व त्यांचे सहकारी यांनी लावला. याच्या उत्पादनासाठी स्ट्रेप्टोमायसीज (Streptomyces) गोत्रातल्या ग्रीशिअस, बिकिनिएन्सिस, माशुएन्सिस इ. जातींचा वापर करतात. याच गोत्रातल्या इतर काही जातींपासून टेट्रासायक्लीन, निओमायसीन, निस्टॅटीन, सायक्लोसेरीज हामायसीन वगैरे विविध प्रकारची प्रतिजैवके मिळवली जातात. प्रतिजैवकांचा उपयोग मानवी औषधे म्हणून होत असल्याने त्यांच्या उत्पादनाची सर्व परिमाणे व तयार मालाची शुध्दता ही अतिशय काटेकोरपणे पाळावी लागतात. यामुळे या उत्पादनांची किंमतही अधिक असते. पण जीवरक्षक औषधांसाठी योग्य ती किंमत मोजायला कोणीच मागेपुढे पहात नसल्याने या प्रकारच्या किण्वनांच्या उत्पादनाला फार काटेकोरपणे अर्थशास्त्रीय नियम लावले जात नाहीत.

खनिजसुध्दा

व्यावहारिक उपयोगाच्या किण्वनांमध्ये अशुध्द खनिजापासून धातू मिळविणे हाही

एक उपयोग समाविष्ट आहे, हे फार थोड्या लोकांना माहिती असते. तांब्याचे खनिज बरेचदा कॉपर सल्फाइड (CuS) या स्वरूपात आढळते व त्याला कॉपर पायुराइटज (Copper pyrites) असे म्हणतात. सल्फाइड या स्वरूपातला तांब्याचा क्षार पाण्यात विरघळत नाही पण थोयोबॅसिलस पायोऑक्सिडान्स (Thiobacillus thiooxidans) या जीवाणूच्या द्वारे तांब्याच्या सल्फाइडचे मोरचुदात (copper sulphate, CuSO₄) रूपांतर झाले की मग ते पाण्यात लीलया विरघळते व अन्य दगडमातीपासून त्याला सहजपणे वेगळे काढता येते. ज्या भूभागात कॉपर पायुराइटज हे खनिज आढळते, तेथे ही क्रिया निसर्गात घडून येते व तिथल्या ओढ्यानाल्यांच्या पाण्यात मोरचुदाचा अंश आढळतो. या नैसर्गिक किण्वनालाच आता औद्योगिक स्वरूप देण्यात शास्त्रज्ञांना यश मिळाले आहे. सध्या ही प्रक्रिया जगात सर्वत्र वापरली जात असून जगातल्या एकूण तांब्याच्या उत्पादनापैकी २० टक्के तांबे या जैव क्रियेने मिळवले जाते. अमेरिकेतल्या संयुक्त संस्थानांमध्ये याच जीवाणूंचा उपयोग करून युरेनियम सल्फाइडपासून युरेनियम काढले जाते.



लेखक : आ. दि. कर्वे,
 ऑप्रोप्रिएट रूरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूटचे अध्यक्ष.
 प्रसिध्द शेतीतज्ञ, विज्ञानलेखक.



डोळ्यातून अश्रू का येतात ?

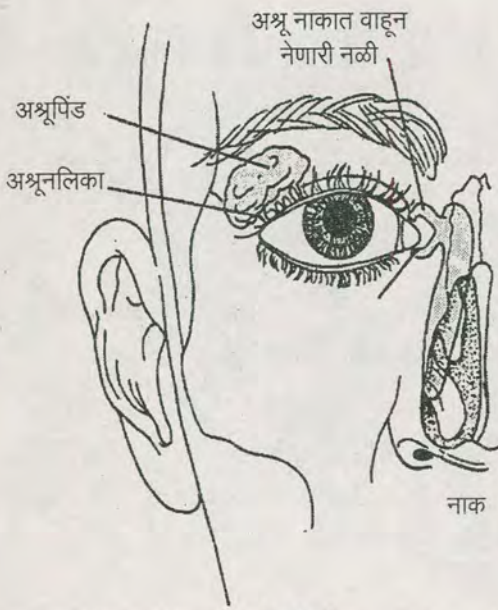
लेखक : आरती पळसुले

तसं पाहिलं तर याची अनेक कारणं असतात. म्हणजे परीक्षेत कमी मार्क मिळाले तर डोळे पाझरतात, जवळच्या कुणाच्या निधनाने झालेलं दुःख डोळ्यातून वाहतं तर कधी कधी खूप हसल्यानंही डोळ्यात पाणी जमतं. डोळ्यात छोटा जरी धुळीचा कण गेला तरी खूप खुपतं आणि पाणी येतं. वाऱ्यात गेलं तरी, सर्दी झाली तरी, कांदे चिरले तरी - तेव्हा काय डोळ्यात पाणी तसं अनेक कारणामुळे येतं. पण निमित्त काहीही असलं तरी शास्त्रीय दृष्ट्या हे पाणी अश्रूच असतात आणि ते एकाच तऱ्हेनी डोळ्यात स्रवतात.

हे सगळं पाणी एकाच ग्रंथीतून डोळ्यात उतरत नाही. त्यासाठी वरच्या पापणीच्या खाली कानाच्या बाजूला बदामाच्या आकाराची एक ग्रंथी असते त्याला अश्रूपिंड म्हणतात. त्यातून निघणाऱ्या दहा-बारा सूक्ष्म वाहिन्यांमधून अश्रूपिंडातले स्रवणारे अश्रू वरच्या पापणीखाली बाहेर पडतात. ही अश्रू

निर्माण करणारी प्रमुख ग्रंथी. याखेरीज पापणीखाली आणि कन्जन्क्टायव्हामध्ये तिला मदत करणाऱ्या काही ग्रंथी असतात. पापण्यांमध्ये असलेल्या काही ग्रंथींमधून एक तऱ्हेचा तेलकट द्रावही स्रवत असतो. अश्रूंमध्ये असतं तरी काय ? मुख्यत्वे पाणी आणि थोड्या प्रमाणात क्षार, स्निग्ध पदार्थ, एन्झाइम्स, अँटीबॉडीज.

डोळ्यात उतरलेले अश्रू प्रत्येक वेळी पापणीची उघडमीट होताना डोळ्याच्या पृष्ठभागावर पसरवले जातात. आणि नाकाकडच्या टोकाकडे वाहून नेले जातात. वरच्या व खालच्या पापण्यांच्या कडेवर अगदी नाकाकडच्या बाजूला सूक्ष्म छिद्रे असतात. तेथून नाकाच्या पोकळीत वाहून नेणारी यंत्रणा असते. थोड्या प्रमाणात अश्रूंचे बाष्पीभवनही होते. जर आपल्या डोळ्यात सतत अश्रू निर्माण होत असतात तर ते गालावर सांडत कसे नाहीत ? आपल्या



असलेल्या काही रासायनिक पदार्थांमुळे पापण्यांची रचना अशी आहे की डोळ्याच्या पृष्ठभागावर पापणीची कड बरोबर टेकलेली (एन्झाइम) जिवणूंचा नाश होतो. प्रत्येक वेळी पापणी लवते तेव्हा डोळ्याच्या पृष्ठभागावर जंतुनाशकयुक्त द्रवाचा जणू बोळा फिरवून डोळा स्वच्छ पुसला जातो. ज्या डोळ्यात अश्रू पुरेसे नसतात त्याला इजा होण्याचा धोका जास्त असतो. डोळा सतत कोरडा राहिल्याने खुपण्याचा त्रास होतो तो वेगळाच.

पापण्यांची रचना अशी आहे की डोळ्याच्या पृष्ठभागावर पापणीची कड बरोबर टेकलेली असते. या रचनेमुळे आणि अश्रूंच्या थरात पृष्ठभागावर असलेल्या अतिपातळ तेलकट द्रवाच्या पृष्ठीय ताणांमुळे (सरफेस टेन्शन) अश्रू सांडत नाहीत. वयोमानाने पापणीची कड सैल पडली तर अश्रू गालावर ओघवू शकतात.

हे झालं अश्रूंचं मूळ काम. पण ज्यावेळी गरज असते तेव्हा अश्रूपिंडातून खूप जास्त प्रमाणात अश्रू स्रवतात आणि डोळ्यातून वाहू लागतात. हे डोळ्याला इजा झाल्याने, डोळ्यात काही गेल्याने प्रतिक्रिया म्हणून घडतं. काही वेळा मेंदूकडून अश्रूपिंडाला संदेश मिळाल्यामुळे जास्त अश्रू निर्माण होतात हे अतिदुःख किंवा अत्यानंदाने घडते. कांदा चिरताना नाकाच्या अंतःत्वचेला उत्तेजना मिळाल्यावरही होते. काही वेळा सर्दी झाल्यावर अश्रूंचा नाकात जाण्याचा मार्ग बंद होतो त्यामुळे डोळे वाहू लागतात.

एक महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे तसे डोळे सततच ओले असतात. म्हणजे अतिसूक्ष्म प्रमाणात अश्रूंची निर्मिती सतत होत असते. या अश्रूंचं काम तरी काय? मुख्य म्हणजे डोळा ओला ठेवणं आणि डोळ्याची स्वच्छता राखणं. डोळ्यात गेलेला कचरा प्रत्यक्ष वाहून नेऊन डोळ्यातून काढून टाकून डोळे स्वच्छ केले जातात. तसेच अश्रूंमध्ये



आधार : शैक्षिक संदर्भ अंक २९ मधील सवालीराम लेखक : आरती पळसुले, नेत्रतज्ञ.

द फाइनमन लेक्चर्स ऑन फिजिक्स

पुस्तक परिचय : स्वप्नील प्रभुदेसाई

द फाइनमन लेक्चर्स ऑन फिजिक्स भाग १, २ व ३ ही तीन पुस्तके म्हणजे अलिकच्या काळातील विज्ञानविषयक लिखाणातील अभिजात वाङ्मय आहे, असे म्हटले पाहिजे.

ही तीन पुस्तके प्रा. फाइनमन यांनी कॅलिफोर्निया इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी (यू.एस.) येथे असताना ६१-६२ साली पदवीपूर्व विद्यार्थ्यांना दिलेल्या लेक्चर्सवर आधारित आहेत.

ही पुस्तके प्रथम १९६३ मध्ये प्रकाशित झाली आणि त्यानंतर विद्यार्थी व शिक्षक यांमध्ये खूप लोकप्रिय झाली.

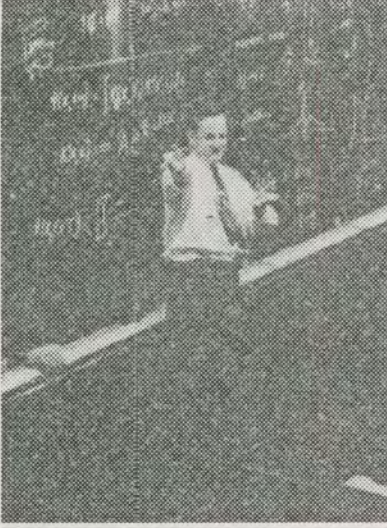
या पुस्तकांचे सर्वांत महत्वाचे वैशिष्ट्य असे सांगता येईल : जर तुम्ही दहावीपर्यंत शिक्षण घेतले आहे, तुम्हाला भौतिकशास्त्राची खूप आवड आहे, परंतु पुढचे शिक्षण तुम्हाला काही कारणास्तव शक्य नाही किंवा झाले नाही, तर सरळ हे पुस्तक (तीनही भाग) मन लावून घरी बसून वाचा. काही काळातच तुम्हाला

भौतिकशास्त्रातील उच्च संकल्पनाचा 'आस्वाद' घेता येईल. प्राध्यापक नको वा महाविद्यालयाची फी!

ही अतिशयोक्ती नाही. कारण या पुस्तकाची भाषा इतर पुस्तकांपेक्षा खूपच वेगळी आहे. फाइनमनचा भौतिकशास्त्राकडे पाहण्याचा दृष्टीकोनच मुळी असामान्य आहे. ते प्रत्येक गोष्टीच्या मुळाशी जातात. फाइनमननी स्वतःच म्हटले आहे, "जर भौतिकशास्त्रातील एखादी अवघड संकल्पना तुम्ही एखाद्या अडाणी (भौतिकशास्त्राचा गंध नसलेला, असा अर्थ घ्यावा) माणसाला नीट समजून देऊ शकला, याचा अर्थ ती संकल्पना तुम्हाला समजली असा होतो."

'शैक्षणिक संदर्भ' मध्ये या पुस्तकाचा परिचय करून देण्याचे महत्वाचे कारण म्हणजे, पदार्थविज्ञानातील मूलभूत संकल्पना स्वतः समजावून घेऊन विद्यार्थ्यांना सोप्या भाषेत समजावून देण्यासाठी हे अत्यंत उपयुक्त पुस्तक आहे. सर्व विज्ञान शिक्षकांनी संग्रही

लेखक : रिचर्ड फाइनमन, रॉबर्ट लाईटन, मॅथ्यू सॅंड्स
प्रकाशन : नरोसा पब्लिशिंग हाऊस, किंमत रु. २५०/-



रिचर्ड फाइनमन (१९१८-८८) हे आधुनिक काळातील 'जिनिअस' म्हणून ओळखले जातात. १९४८ साली त्यांनी पुंज विद्युतयांत्रिकी (quantum electrodynamics) या पुंज भौतिकीतील महत्त्वपूर्ण सिध्दांताचा पाया रचला. या संशोधनासाठी त्यांना ज्युलिअन श्विंगर व शिन-इचिरो तोमानागा यांच्या साथीत १९६५ सालचे पदार्थविज्ञानाचे नोबेल

पारितोषिक देण्यात आले. पुष्कळशा पदार्थवैज्ञानिकांच्या मते, त्यांची आणखी तीन महत्त्वपूर्ण संशोधने नोबेल पारितोषिकाच्या तोडीची होती. शास्त्रीय संशोधनाइतकेच त्यांनी विज्ञान शिक्षणासाठी केलेले काम महत्त्वाचे आहे. पदार्थविज्ञानातील अतिशय अवघड संकल्पनाही अगदी सोप्या करून सांगण्याची त्यांची हातोटी विलक्षण होती. ठोकळेबाज पध्दतीने लिहिलेली पाठ्यपुस्तके वापरून चार भिंतीमध्ये केवळ खडू-फळ्याच्या मदतीने, यांत्रिकपणे व नीरसतेने विज्ञान शिकवण्याच्या पारंपरिक पध्दतीवर त्यांनी वेळोवेळी कडाडून हल्ले चढवले होते. (उदा. पहा, शैक्षणिक संदर्भ, अंक ५, एप्रिल-मे २००० 'फाइनमन ब्राझिलमध्ये')

संशोधन व शिक्षण क्षेत्रांतील कामगिरी हा फाइनमनच्या अष्टपैलू व्यक्तिमत्त्वाचा केवळ एक भाग होता. अमर्याद जिज्ञासेतून इतरही अनेक क्षेत्रांत त्यांनी मुलुखगिरी केली. रेडिओदुरुस्ती, कोणतीही कुलुपे किल्ल्यांशिवाय उघडण्याची कला, बँजो वादन, चित्रकला, इ. अनेक गोष्टी त्यांना अवगत होत्या. जितक्या उत्साहाने व समरसतेने त्यांनी संशोधन व अध्यापन केले. तितक्याच उत्साहाने व समरसतेने त्यांनी आयुष्याचा आनंदही लुटला.

ठेवावे, पुनःपुन्हा वाचावे, असे हे पुस्तक आहे.

स्वतः फाइनमन यांनी पुस्तकाच्या प्रस्तावनेत शेवटी लिहिले आहे -

‘एक चांगला शिक्षक व विद्यार्थी यांच्यात व्यक्तिगत पातळीवर थेट संबंध असण्याची आवश्यकता आहे हे लक्षात घेणे हाच शिक्षणाच्या समस्येवर एकमेव उपाय होऊ शकतो असे मला वाटते. अशा स्थितीत विद्यार्थी आपल्या कल्पनांवर चर्चा करतो, निरनिराळ्या गोष्टींवर विचार करतो, आणि बोलतो. वर्गातल्या तासाला नुसते बसल्याने किंवा शिक्षकांनी घातलेली उदाहरणं सोडवूनही फारसं शिकणं अशक्य आहे. पण आजच्या आधुनिक जमान्यात एका शिक्षकाला इतक्या विद्यार्थ्यांना शिकवावं लागतं, की आदर्श स्थितीला काहीतरी पर्याय शोधणं आवश्यक ठरतं. कदाचित माझी ही लेक्चर्स त्या दृष्टीने उपयोगी ठरतील. कदाचित कुठेतरी एखाद्या लहान जागी एखाद-दुसरे शिक्षक किंवा विद्यार्थी या लेक्चरपासून काही प्रेरणा घेतली, किंवा त्यांना काही कल्पना सुचतील. कदाचित यावर विचार करण्यातून त्यांचे मनोरंजन होईल - किंवा ते यातील काही कल्पनांचा आणखी विस्तार करतील.’

पहिल्या भागात यांत्रिकी, प्रारण आणि उष्णता, विद्युतचुंबकीय लहरी (यातच दृश्य प्रकाशाचाही समावेश होतो), ध्वनी, इ. विषय घेतले आहेत. भौतिकशास्त्रात

आवश्यक असणारे गणितातील भाग इथे खूपच वेगळ्या पध्दतीने मांडले आहेत. सदृश भौतिक राशी आणि बीजगणित अत्यंत मनोरंजनात्मक रीतीने सांगितल्या आहेत.

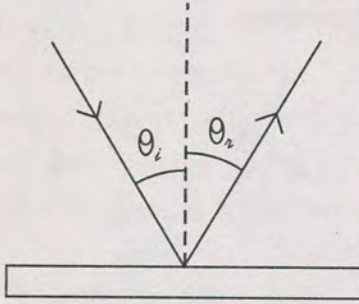
भौतिकशास्त्राच्या मुकुटमणी म्हणजे क्रांटम मेकॅनिक्स (पुंजभौतिकी) ! इलेक्ट्रॉन्स हे कण आहेत, असे शालेय पाठ्यक्रमात शिकवितात. परंतु ‘शोकांतिका’ ही की, हे वास्तविक अर्धसत्य आहे! सत्य हे आहे की, इलेक्ट्रॉन्स हे कणांच्या स्वरूपात तर आढळतातच, परंतु ते लहरींच्याही (वेव्हज) स्वरूपात आढळतात! याचा अर्थ इलेक्ट्रॉन हा कण ‘आहे’, असे नसून इलेक्ट्रॉन हा कणासारखा ‘वागतो’. तसेच इलेक्ट्रॉन ही ‘लहर’ आहे असे नसून इलेक्ट्रॉन हा लहरीसदृश्य ‘वागतो’. अशा या अद्भुत ‘पुंजभौतिकी’ ची ओळख ही पहिल्या भागात करून दिली आहे. ‘पुंजभौतिकी’ ची सविस्तर चर्चा भाग - ३ मध्ये केलेली आहे.

फाइनमन लेक्चर्सच्या भाग १ मधील एका लेखाचा स्वैर अनुवाद पुढे देत आहोत.

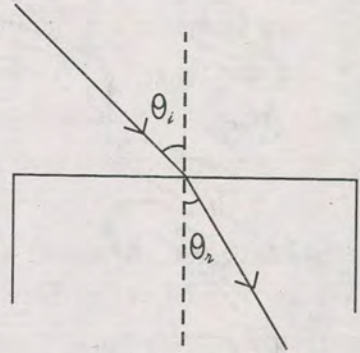
प्रकाशाच्या परावर्तनाचे आणि अपवर्तनाचे नियम शाळेत शिकवले जातात. पण प्रकाश या नियमाप्रमाणे का जातो? वेगळ्याच मार्गाने का जात नाही हे फाइनमन यांनी या लेखात स्पष्ट केलं आहे.

प्रकाशाचे परावर्तन (आकृती-१) आणि अपवर्तन (आकृती-२) हे गुणधर्म तुम्हाला

फरमाचे तत्त्व



θ_i = आपाती कोन
 θ_r परावर्ती कोन
 आकृती १



θ_i = आपाती कोन
 θ_r अपवर्ती कोन
 आकृती २

माहीत असतीलच.

परावर्तनासाठी तुम्हाला $\theta_i = \theta_r$ असा नियम मिळतो. अपवर्तनासाठी सुद्धा एक नियम आहे; ज्याला आपण स्नेलचा (Snell) चा नियम म्हणतो. गंमत अशी की, अपवर्तनाचे दोन्ही कोन म्हणजे θ_i व θ_r हे पूर्वी प्रत्यक्ष प्रयोग करून मोजले जायचे. परंतु θ_i व θ_r या दोघांमधील संबंध दाखविणारा एखादा नियम सांगणे किंवा सिद्ध करणे माहीत नव्हते. टॉलेमी या ग्रीक शास्त्रज्ञाने θ_i (हवेतील कोन) व θ_r (पाण्यातील कोन) हे प्रत्यक्ष मोजून त्यांची एक तालिका (table) तयार केली. ही तालिका बनली इ.स. १४० मध्ये आणि θ_i व θ_r यांमधील

संबंध सांगणारा नियम (म्हणजे स्नेलचा नियम) अस्तित्वात आला इ.स. १६२१ मध्ये! म्हणजे जवळजवळ १५०० वर्षे θ_i व θ_r यांमधील संबंध सापडलाच नाही! स्नेलने नियम सांगितला तो असा -

$$\sin \theta_i = n \sin \theta_r$$

(n = स्थिरांक) म्हणजे,

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n \text{ (स्थिरांक)}$$

n या स्थिरांकालाच आपण अपवर्तनांक म्हणतो. हे लक्षात ठेवा की हा n दोन भिन्न माध्यमांसाठी स्थिर आहे. जोपर्यंत कोणतेही एक माध्यम किंवा दोन्हीही बदलत नाही, तोपर्यंतच n हा स्थिर.

नियम मिळाला, पण असा नियम का असावा, याचे स्पष्टीकरण सुद्धा मिळाले पाहिजे. तरच खऱ्या अर्थाने आपण प्रगती केली, असे म्हणू शकतो.

१६५० च्या सुमारास, फरमा या शास्त्रज्ञाने स्नेलच्या नियमाच्या स्पष्टीकरणासाठी एक तत्त्व मांडले. त्याला 'फरमाचे तत्त्व' किंवा 'लघुतम काळाचे तत्त्व' असे संबोधले जाते. हे तत्त्व असे : प्रकाश हा एका बिंदूपासून दुसऱ्या भिन्न बिंदूपर्यंत जाण्यासाठी, सर्व शक्य मार्गांपैकी, फक्त त्याच मार्गाने जातो, ज्या मार्गावरून जाण्यासाठी त्याला कमीत कमी वेळ लागतो.

प्रकाशाचे परावर्तन व अपवर्तन, दोन्हीसाठी आपण फरमा तत्त्व वापरू.

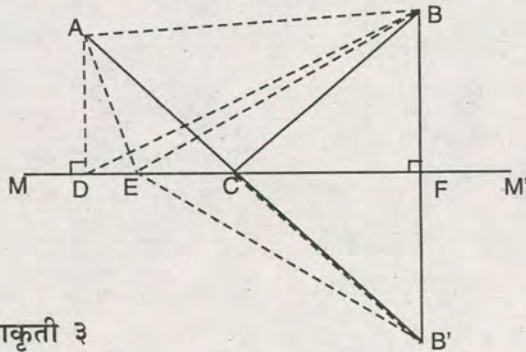
(अ) प्रकाशाचे परावर्तन -

आकृती-३ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे -

MM' हा आरसा आहे. या आरशाच्या वरती एक बिंदू A आहे. तसेच आरशाच्या त्याच बाजूला दुसरा एक बिंदू B आहे. आता

आपण एक प्रश्न स्वतःलाच विचारू A पासून B पर्यंत प्रकाश कमीत कमी वेळात, कोणत्या मार्गाने जाईल? अर्थातच उत्तर खूप सोपे आहे - A पासून B पर्यंत एका सरळ रेषेत! परंतु आपण एक अट घालू या. प्रकाश हा A पासून B पर्यंत आरशाला स्पर्श करूनच जायला हवा, ही ती अट. आता मात्र उत्तर सोपे नाही!

आकृती-३ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, एक मार्ग ADB असा आहे. परंतु यामुळे DB या लांब मार्गाचा अवलंब करावा लागतो जर आपण D च्या उजव्या बाजूला थोडेसे म्हणजे E पर्यंत सरकलो तर आपणास AEB असा मार्ग मिळेल. याठिकाणी आपण पहिले अंतर (Aपासून आरशापर्यंतचे) थोडेसे वाढवले; कारण $AE > AD$ मात्र दुसरे अंतर (आरशापासून B पर्यंतचे) बऱ्याच प्रमाणात कमी केले. परिणामी A पासून B पर्यंतचे एकूण अंतर बरेच कमी झाले व साहजिकच प्रकाशाला लागणारा वेळही कमी लागला. म्हणजेच आरसा MM' वर एक बिंदू



आकृती ३

(ज्याला आपण C असे नाव देऊ) निश्चितच असा आहे की, ACB या मार्गावरून जाताना प्रकाशाला कमीत कमी वेळ लागतो. आता, हा बिंदू C शोधायचा कसा? त्यासाठी एक भौमितिक युक्ती वापरू.

त्यासाठी आरसा MM' च्या खालच्या बाजूला B' हा एक कृत्रिम बिंदू असा घेतला की, तो B च्या बरोबर खाली येईल आणि B' चे आरशापासूनचे अंतर हे B च्या आरशापासूनच्या अंतराइतके येईल. म्हणजेच $BF = FB'$

यानंतर आपण EB' जोडू. आता आकृती-३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे कोन BFM हा 90° मापाचा आहे, व $BF = FB'$ त्यामुळे $EB = EB'$ असे समीकरण मिळेल. (याठिकाणी दोन त्रिकोणांच्या एकरूपतेची बाकोबा कसोटी वापरला आहे, हे सहज तुमच्या लक्षात येईल).

$$AE + EB = AE + EB'$$

आता मुख्य प्रश्न असा की, AE व EB यांची बेरीज (म्हणजेच AE व EB' यांची देखील) कधी कमीत कमी येईल. येथे लक्षात घ्या की, E' हा MM' वरील कोणताही एक बिंदू आहे; एक ठराविक बिंदू नाही.

AE व EB या दोन मार्गांच्या लांबींची बेरीज कमीत कमी हवी, कारण त्यामुळे प्रकाशाला A पासून B पर्यंत जायला कमीत

कमी वेळ लागेल, आणि आपणास कमीत कमी वेळ घेणारा मार्गच शोधायचा आहे.

आकृती-३ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे $AE + EB'$ हे ACB' या सरळ रेषेतील मार्गासाठी कमीत कमी येईल. (याठिकाणी E हा कोणताही बिंदू C हा ठराविक बिंदू बनतो.) परंतु $AE + EB'$ म्हणजेच $AE + EB$ म्हणजे प्रकाश ACB याच मार्गाने जाईल.

आता कोन BCF = कोन B'CF
परंतु कोन ACM = कोन B'CF (विरुद्ध कोन)
 \therefore कोन BCF = कोन ACM
इथे आकृती-३ चा काही भाग आकृती-४ म्हणून दाखवला आहे.

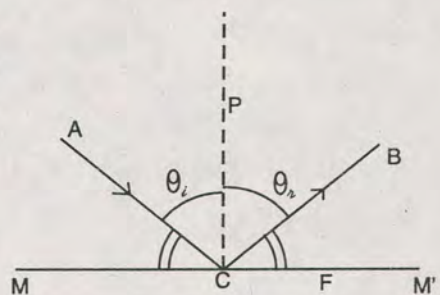
कोन PCM = कोन PCF = 90°
कोन PCA + कोन ACM = कोन PCB + कोन BCF

$$\theta_i + \text{कोन ACM} = \theta_r + \text{कोन BCF}$$

$$\text{परंतु कोन ACM} = \text{कोन BCF}$$

$$\theta_i = \theta_r$$

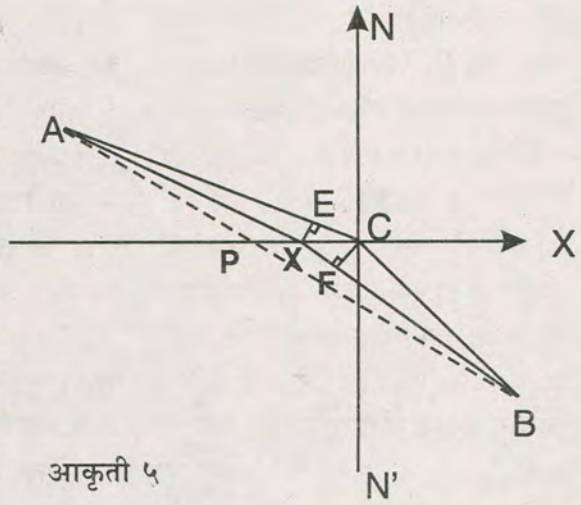
आकृती ४



थोडक्यात, आपाती कोन
= परावर्ती कोन, याचाच
अर्थ, प्रकाश A पासून B
पर्यंत जाताना असा मार्ग
निवडतो की, त्या मार्गासाठी
त्याला कमीत कमी वेळ
लागेल !

आता आरशातील
प्रतिमेविषयी. समजा B या
ठिकाणी प्रकाशाचा एखादा
स्रोत आहे आणि तो
आरशाकडे प्रकाशकिरण

पाठवत आहे. तर आपणास असे दिसेल की,
B पासून A कडे येताना प्रकाशकिरण ज्या
पद्धतीने येतात, त्याच पद्धतीने B' वर
ठेवलेल्या त्याच स्रोताचे किरण B' कडून A
कडे, जर मध्ये आरसा MM' नसेल तर,
जाताना दिसतील. कारण प्रकाशकिरण
एकाच माध्यमातून जाताना सरळ रेषेत
जातात. आणि अर्थातच, आपल्या
डोळ्यांना प्रत्यक्ष प्रकाशकिरण डोळ्यांमध्ये
शिरल्यावरच दिसतो. म्हणून जेव्हा प्रकाश
प्रत्यक्षात B' कडून C कडे व C कडून A
कडे असा प्रवास करित असला तरी आपल्या
मेंदूला असा भास होतो की, प्रकाश B' कडून
येत आहेत. आणि या B' लाच आपण B
ची आरशातील प्रतिमा म्हणतो. अर्थातच
ही आभासी असते.



आकृती ५

(ब) प्रकाशाचे अपवर्तन

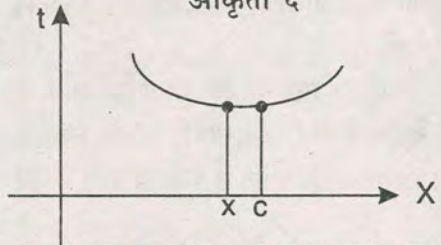
आता आपण फरमाचे तत्त्व वापरून स्नेलचा
नियम सिद्ध करू. त्यासाठी एक गृहितक
मानणे, आवश्यक आहे. प्रकाशाचा
काचेतील वेग हा प्रकाशाच्या हवेतील
वेगापेक्षा n पटीने कमी आहे. म्हणजे
प्रकाशाचा हवेतील वेग

$$\frac{\text{काचेतील वेग}}{n} = \text{हवेतील वेग}$$

आता आकृती - ५ पहा

आपण पुन्हा मागचाच प्रश्न विचारू.
प्रकाशाला A बिंदूपासून B बिंदूपर्यंत जायचे
आहे, पण कमीत कमी वेळात, तर प्रकाश

आकृती ६



कोणत्या मार्गाने जाणार ?

यावेळी मात्र A हवा या माध्यमात तर B हा काच या माध्यमात आहे.

तुमचे उत्तर मार्ग APB असेल, तर तुम्ही चुकला. जरी APB ही सरळ रेषा असली तरी यावेळी बिंदू भिन्न माध्यमात आहेत आणि प्रकाशाचा वेग वेगवेगळा आहे.

अचूक मार्ग शोधण्यासाठी आपण एक कल्पना करू.

समजा तुमचा एक मित्र बोटीने पाण्यातून प्रवास करत आहे. आणि तुम्ही किनाऱ्यावर उभे आहात. तुमच्या मित्राला पोहता येत नाही परंतु तुम्हाला पोहता येते, असे गृहित धरा. अचानक तुमचा मित्र बोटीतून पाण्यात B या ठिकाणी पडतो, व त्यावेळी तुम्ही A या जमिनीवरील बिंदूवर उभे आहात. (आकृती-५ मध्ये, हवे ऐवजी जमीन व काचेऐवजी पाणी अशी कल्पना करा X-अक्ष हा किनारारेषा दाखवील).

तुमच्या मित्राला वाचवण्यासाठी तुम्ही जमिनीवरील काही अंतर पळाल व नंतर पाण्यातील काही अंतर कापाल. परंतु तुमचा पाण्यातील पोहण्याचा वेग हा तुमच्या जमिनीवरील पळण्याच्या वेगापेक्षा कमी आहे. अशावेळी तुम्ही काय कराल ? तुम्ही APB मार्गाने म्हणजे सरळ रेषेत जाणार ? अर्थातच नाही ! प्रसंगावधान राखले तर तुम्हाला लक्षात येईल की, पाण्यातील अंतर कमी करण्यासाठी जमिनीवरील जास्त अंतर

कापणे फायद्याचे ठरेल (कारण तुमचा पाण्यातील वेग कमी आहे).

आता (आकृती-५ प्रमाणे) ACB हा कमीत कमी वेळात B पर्यंत पोहचविणारा मार्ग आहे, असे दाखवण्याचा प्रयत्न करू. A पासून B पर्यंत कमी वेळ घेणारे अनेक मार्ग आहेत पण आपल्याला कमीत कमी वेळेची संबंधित मार्ग हवा आहे आणि तो ACB आहे, असे गृहीत धरू. याचा अर्थ दुसरा कोणताही मार्ग जास्त वेळ घेणार.

आकृती-५ मध्ये X हा कोणताही एक बिंदू आहे जर आपण काळ आणि अंतर यांचा आलेख काढला तर तो आकृती -६ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे दिसेल.

या आलेखात C बिंदू कमीत कमी वेळेची संबंधित आहे. आलेखावरून असे दिसते की, आपण जर बिंदू X हा C च्या अगदी जवळच्या बिंदूजवळ हलवला तर, 'काळ' अक्षावरील किंमतीत बदल होत नाही, कारण आलेखातील वक्र रेषेच्या तळाचा slope हा शून्य आहे. (अर्थात काळाच्या किंमतीत बदल होतो, परंतु अत्यंत कमी असा)

आता, आपण C जवळचा एक बिंदू X घेऊ. नंतर A पासून B पर्यंत X मधून जाण्याला किती वेळ लागला ते काढू. मग हा नवीन मार्ग (AXB) व जुना मार्ग (ACB) यांची तुलना (वेळेबाबतची) करू. जर XC हे अंतर लहान असेल तर दोन मार्गांतील

अंतरांचा फरक शून्याजवळ येईल.

तुलना करताना, प्रथम जमिनीवर मार्ग घेऊ. आकृती -५ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे XE हा लंब टाकू X आणि C अगदी जवळ असल्यामुळे AX जवळजवळ AE इतकाच आहे. नवीन मार्ग (AXB) हा EC एवढ्या जमिनीवरील अंतराने, जुना मार्ग ACB पेक्षा कमी होईल म्हणजे AXB मार्गाने जाताना तुम्हाला EC एवढे अंतर कमी पळावे लागेल. आता CF असा लंब टाका. तुम्हाला असे आढळेल की, जर तुम्ही AXB मार्गाने गेला तर पाण्यातील XF एवढे जास्तीचे अंतर पोहावे लागेल. काळाचा विचार करता, जमिनीवरील EC अंतर कापण्यासाठी लागणारा वेळ तुम्ही वाचवाल किंवा पाण्यातील XF अंतर कापण्यासाठी लागणारा वेळ तुम्ही वाचवू शकाल. हे दोन्हीही काळ सारखेच असतील (प्रत्यक्षात अतिसूक्ष्म फरक असेल) कारण आपण X व C हे अगदी जवळजवळचे बिंदू घेतले.

त्यामुळे $EC = (n)(XF)$, कारण

$$\frac{1}{n} \text{ (जमिनीवरचा वेग) } = \text{पाण्यातील वेग}$$

आता, तुमची भूमिका प्रकाशाकडे द्या. म्हणजे तुम्हाला प्रकाशासाठी, $EC = (n)(XF)$ हेच समीकरण मिळेल.

$$n = \frac{\text{प्रकाशाचा हवेतील वेग}}{\text{प्रकाशाचा काचेतील वेग}}$$

आकृती -५ मध्ये

$$(XC)(\sin EXC)$$

$$= (n)(XC)(\sin XCF)$$

$$\sin EXC = n (\sin XCF)$$

परंतु कोन $EXC =$ कोन $ECN = \theta_i$ (आपाती कोन)

व कोन $XCF =$ कोन $BCN' = \theta_r$ (अपवर्ती कोन)

$$\sin \theta_i = n \sin \theta_r$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n = \text{अपवर्तनांक}$$

याचाच अर्थ

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n}{1} = \frac{\text{प्रकाशाचा हवेतील वेग}}{\text{प्रकाशाचा काचेतील वेग}}$$

म्हणजे, एका माध्यमातील कोणत्याही एक बिंदूपासून दुसऱ्या माध्यमातील कोणत्याही एका बिंदूपर्यंत जाण्यासाठी, प्रकाश असा मार्ग आक्रमितो, की जेणेकरून त्याला या प्रवासासाठी कमीत कमी वेळ लागेल - त्यासाठी प्रकाश दुसऱ्या माध्यमात प्रवेश करताना, आपाती कोन असा ठरवतो, ज्यामुळे आपाती कोन व अपवर्तीत कोन यांचे साईन गुणोत्तर हे प्रकाशाच्या त्या दोन माध्यमांमध्ये असणाऱ्या वेगांच्या गुणोत्तराएवढे येईल.

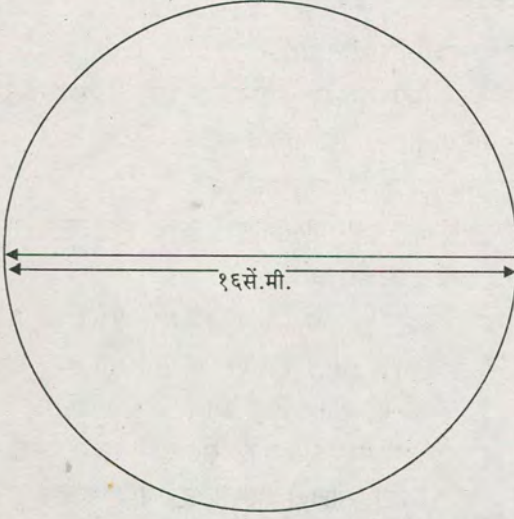


लेखक : स्वप्नील प्रभुदेसाई,
एम.एस्सी. फिजीक्स, विज्ञानलेखन व
अध्यापनात रस

सुदर्शन चक्र

लेखक : वि. गो. काळे

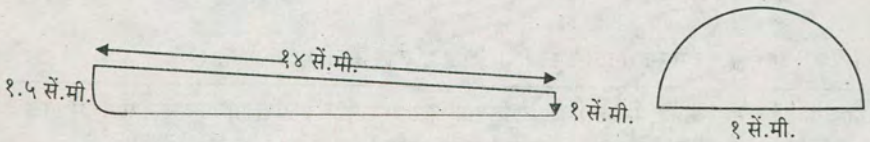
विमान बनवून ते उडवण्याची कृती आपण मागच्या एका अंकात पाहिली. त्यावरूनच एक कल्पना सुचली. उडवल्यावर फिरून परत हातात येणारं विमान किंवा तबकडी बनवता आली तर ! श्रीकृष्ण आपल्या शत्रूवर सुदर्शन चक्र सोडत असे व ते शत्रूचा वध करून परत येत असे. कसे असेल सुदर्शन चक्र ? आपण प्रत्यक्षच करून पाहू या -



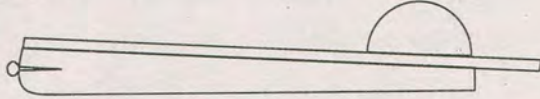
साहित्य - थर्माकोल तक्ता, पांढरा गोंद (फेविकॉलसारखा), खिळे, कात्री किंवा ब्लेड.

कृती - १) थर्माकोलचा पातळ तक्ता साधारण ५-६ मिलीमीटर जाडीचा घ्या. त्यातून १६ सें. मी. व्यासाचे एक वर्तुळ कापून घ्या. ह्या वर्तुळावर व्यास दाखविणारी (मध्य रेषा) काढून घ्या.

- २) सोबत दाखविलेल्या मापाचे दोन तुकडे कापून घ्या व ते एकमेकांना चिकटवा.
- ३) ५ सें. मी. व्यासाचे एक अर्धवर्तुळ कापून घ्या.



- ४) आता मोठ्या वर्तुळाच्या व्यासावर एका टोकाशी जोड तुकड्याचे मोठे टोक येईल व व्यासावर मध्यरेषा येईल असे जोड तुकडे चिकटवा.
- ५) हे तुकडे चिकटविलेली बाजू खाली ठेवून वरच्या बाजूवर तुकड्यांच्या लहान टोकाशी टोक येईल अशा रितीने अर्धवर्तुळ तुकडा चिकटवा (आकृती पहा) आणि याच टोकाशी तबकडीला वरच्या दिशेने किंचित बाक द्या. तबकडीच्या पुढच्या टोकाशी दोन तीन खिळे टोचा.



उडवण्याची पद्धत -

उजव्या हातात जोडपट्टी साधारण मध्याशी चिमटीत धरा.

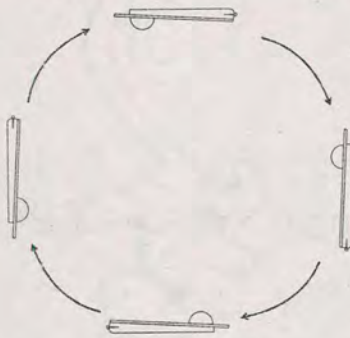
डाव्या बाजूस तबकडीचे तोंड करून तबकडी उभी धरून डाव्या अंगास जोरात फेका.

तबकडी उजव्या बाजूकडे वळून आडवी होऊन तुमच्याकडे परतेल.

पुरेसा जोर देऊन फेकल्यास ती तुमच्या हातात परत आणता येईल.

जास्त मोठे वर्तुळ करित असेल तर सुकाणू (अर्धगोलापाशी) जवळ दिलेला बाक वाढवा. लहान वर्तुळ करित असेल तर बाक कमी करा.

थोडा सराव केल्यानंतर तबकडी खाली पडू न देता हातात अलगद परत येईल.



थोडा सराव वाढवून ज्या वर्तुळात तबकडी फिरते त्या वर्तुळाच्या परिघावर समोरच्या बाजूस एक धक्का बसताच कलंडेल अशी वस्तू (डोलती बाहुली, प्रवासात मिळणाऱ्या पाण्याची रिकामी बाटली) ठेवून ती तबकडीने पाडता येईल. तबकडीवर करवतीसारखे दाते असणारे वर्तुळ रंगवून - "सुदर्शनाने शत्रूचा वध" - तुम्ही दाखवू शकाल!



(टीप - अशा तऱ्हेच्या सुदर्शनाचे नमुने तयार आहेत. संपर्कासाठी दूरध्वनी क्र. (०२०) ४३७ ४४ ९४)

लेखक : वि.गो. काळे, निवृत्त शिक्षक, विज्ञानातील अवघड संकल्पना सोप्या करून सांगणारे खेळ व प्रतिकृती तसेच घरात सहज उपलब्ध होणाऱ्या गोष्टी वापरून साधने तयार करतात.



कोंबडीची पिल्ले

भाग २

लेखक : निकोलाय नोसोव प्रस्तुति : अरविन्द गुप्ता अनुवाद : विनया शिराळकर

वर्गांतली सभा

मिलिंद रोज विल्याला इनक्युबेटरची ताजी बातमी देत असे पण नशीब एवढंच की अजून त्याने आमची दोघांची नावे सांगितली नव्हती. विल्या म्हणाला, “आपल्या निसर्ग मंडळात असे हुशार आणि कामसू लोक असते तर किती बरं झालं असतं !”

इनक्युबेटरच्या नादात आमचं अभ्यासाकडे फारच दुर्लक्ष होत होतं. परिणाम व्हायचा तोच झाला. अंकगणिताच्या चाचणी परीक्षेत मला १० पैकी ४ मार्क मिळाले. वर्गशिक्षक आम्हाला खूप रागावले. ते म्हणाले, “मला माहीत आहे हल्ली अभय अन् अनिरुद्ध आपला गृहपाठही

करत नाहीत. वर्गातही शिकविण्याकडे त्यांचं लक्ष नसतं. सारखं एकमेकांशी गप्पा मारत असतात किंवा कधीकधी तर वर्गात चक्क पेंगत असतात.”

जेव्हा वर्गशिक्षकांनी आम्हाला चांगलच फैलावर घेतलं तेव्हा मिलिंद उठून उभा राहिला आणि म्हणाला, “सर, ह्यांची काही चूक नाही. मी सांगायचो ना ते हेच दोषे आहेत सर. ह्यांनी खूप मेहनत करून घरी इनक्युबेटर बनवला आहे.”

अभय आणि मी दोघांनी मिळून इनक्युबेटर बनवला आहे आणि आमचे प्रयोग चालू आहेत हे कळल्यावर सगळा वर्ग अवाक झाला. कोणाला खरंच वाटत नव्हतं की आम्ही असं काही करू शकू.



शाळेतील मुलांचे सहकार्य:

रात्रीची जेवण लवकर उरकून शाळेच्या निसर्गमंडळातील जवळजवळ प्रत्येकाने आमच्या स्वयंपाकघरात हजेरी लावली. आम्हीही मोठ्या उत्साहाने इनक्युबेटरमधील तापमानाचे महत्त्व, थोड्या थोड्या वेळाने अंडी पलटवण्याची पद्धत या विषयी माहिती दिली. त्यानंतर एक वेळापत्रक बनवलं. जी मुलं आम्हाला मदत करायला येणार होती, त्यांना त्यांच्या कामाबद्दल सविस्तर माहिती दिली. शाळा सुटल्यावर रोज दोघेजण मदतीसाठी येणार होते. आलटून पालटून एकएक जण जेवायलां व शाळेच्या अभ्यासासाठी घरी जाणार होता. रात्रीसाठी सुद्धा गट तयार झाले.

आज विल्या आणि जितूची पाळी होती. त्यांनी आम्हा दोघांना तिथून जायला सांगितले. “पण जर काही गडबड झाली तर?” शंका येऊन मी विचारले.

“काही गडबड होत नाही. आणि झालीच तर लगेच आम्ही तुम्हाला बोलवू”.

ते म्हणाले. मग मी आणि अभयने खूप दिवसांचा राहिलेला शाळेचा अभ्यास पूर्ण केला. एक गणित आलं सोडवता. पण खूप प्रयत्न करूनही दुसरं काही येईना. मग ते विचारायच्या बहाण्याने आम्ही जितूकडे गेलो.

मी आणि अभय मनातल्या मनात आपली पाळी कधी येणार याचा हिशेब करू लागलो. आणि ते कळल्यावर आम्ही भलतेच खूष झालो. कारण ज्या दिवशी अंड्यातून पिळे बाहेर येणार होती त्या दिवशी आमचीच पाळी होती.

तयारीवर शेवटचा हात

मला आणि अभयला आता थोडी विश्रांती मिळू लागली. खरंतर त्या थर्मामीटरला डोळे लावून बसायला आम्हीही कंटाळलो होतो. निसर्गमंडळात जाऊन आम्ही चिमण्यांसाठी लाकडाची घरं बनविली. काही फळाफुलांची झाडेही लावली. आणि पुढच्या चाचणी परीक्षेत आम्हाला चांगले मार्क मिळाले तेव्हा

आमचे आई-बाबाही खूप झाले. आम्ही पेरलेल्या बियांना आता अंकुर फुटू लागले होते पण अंड्यातून पिले बाहेर निघतील की नाही या विषयी आम्हाला काहीच अंदाज येईना.

शुक्रवारी इनक्युबेटरजवळ बसण्याची आमची पाळी होती. खरंतर एक दिवस अगोदरच आम्ही अगदी उतावीळ झालो होतो. पण इतर मुलांनी आम्हाला तिकडे फिरकूही दिले नाही. आम्ही त्यांना खूप मस्का लावल्यावर शेवटी ती म्हणाली, की जर अंड्यातून पिल्ले बाहेर आली तर आम्ही नक्की तुम्हाला बोलवू.

दुसरा दिवस आमचाच होता. अंड्यातून काहीतरी आवाज येतोय असं अभयला वाटलं. त्याने एक अंडे उचलून कानाजवळ नेले. इतक्यात दारावरची बेल वाजल्यामुळे अभय दचकला. नशीब, त्याच्या हातून अंडं पडतापडता वाचलं. अंड्यातून पिल्लं बाहेर पडायला लागली का हे विचारायला विल्या आला होता. आम्ही खूप वेळ अंड्यांकडे पहात बसलो पण मग आम्हाला शाळेत जावंच लागलं. आम्हाला काळजी होती की, आमच्या अनुपस्थितीत जर पिल्लं बाहेर यायला लागली तर बिचारी छोटी माया काय करेल?

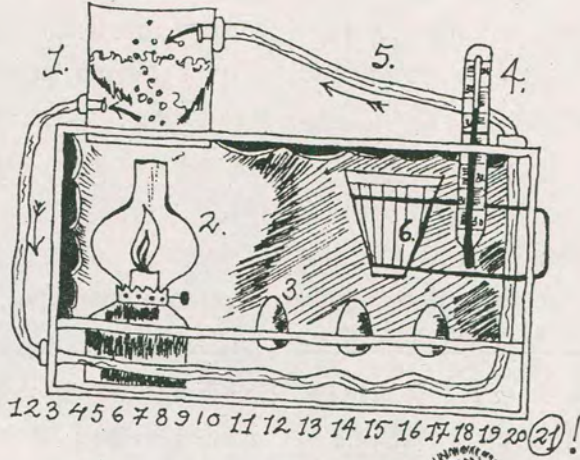
शाळेत आम्ही कसा दिवस काढला आम्हालाच माहीत! वर्गात कोणाचंच अभ्यासात लक्ष नव्हतं. सगळे जण शाळा

सुटायची वाट पहात होते. शाळेची घंटा वाजताच आम्ही धावतच घरी आलो. उत्सुकतेने अभयने इनक्युबेटरचे झाकण काढून पाहिले. सर्व अंडी दगडासारखी जशीच्या तशी होती. एकही अंडं फुटलं नव्हतं.

शेवटी चूक कोणाची?

सगळे जण चूपचाप उभे होते. असं वाटायला लागलं की अंड्यातून पिल्ले कधीच बाहेर येणार नाहीत. सगळी जण अभयला विचारू लागली. “मला काय माहीत? मी काय कोंबडी आहे कां?” अभयने वैतागून उत्तर दिले. प्रत्येकजण आपापला अंदाज सांगू लागला काहीजण म्हणत होते, “ह्यः अशी काय पिल्लं मिळणारेत थोडीच?” काही जण म्हणायचे “एवढं सगळं व्यवस्थित केलंय, नक्कीच अंड्यातून पिल्ले बाहेर येणार”.

अजून एकविसावा दिवस पूर्ण व्हायचा होता. म्हणून मला आशा होती. एकदा वाटायचं, आपण दिवस मोजायला चुकलो तर नाही नां? त्या रात्रीचा गडबड घोटाला मला सारखा आठवू लागला. त्या रात्री गजर होऊनही मला जाग आली नव्हती आणि सकाळी उठून पाहिल्यावर तापमान ९९ डिग्री पर्यंत खाली उतरलं होतं. माझं मन मला सारखं खात होतं. वाटायचं, आपल्यामुळेच त्या अंड्यातील पिल्ले मरून गेली नसतील ना? मग मी आईची मनधरणी करून



1

2.

5

3.

अभयकडे रात्री राहण्याची परवानगी मिळवली. सकाळी उठून इनक्युबेटरमध्ये डोकावलो पण सगळं जसंच्या तसं होतं. एकाही अंड्याला साधी चीरसुद्धा गेली नव्हती. किंवा कोणत्या अंड्यातून काही आवाजही येत नव्हता.

काही शक्यताच उरली नाही

तो दिवस अगदी उदासवाणा गेला. स्वयंपाकघरातील स्थिती तशीच होती. इनक्युबेटर गरम होता. दिवा जळत होता पण आमच्या आशा मात्र पार मावळल्या होत्या. इतक्यात अभय जोरात ओरडला. त्याच्या

हातात एक अंडं होतं आणि ते थोडंसं फुटायला लागलं होतं.

“अंडं बाहेर काढताना कशावर आपटलं तर नाही ना?” मी विचारले. मग अंड्याचं कवच थोडंसं बाजूला करून आत पाहिलं तर त्यातून एक पिवळी चोच बाहेर येत होती पण परत आत गेली. आम्ही आनंदाने अगदी वेडे झालो. आश्चर्याने आमच्या तोंडून शब्दच फुटत नव्हता. फक्त आम्ही एकमेकांना घट्ट मिठी मारली.

अभय धावतच सगळ्या मुलांना ही बातमी सांगायला निघाला. “ते अंडं हातात घेऊन जाऊ नको रे” मी सांगितले. त्याने ते परत

इनक्यूबेटर मध्ये ठेवले. इतक्यात मिलिंदही तिथे आला. त्याच्या आनंदाला पारावार राहिला नाही. तो पण इतरांना सांगायला धावला. मी पण माझ्या आईला सांगण्यासाठी पळालो.

थोड्याच वेळात अभयचे आईबाबाही आले. माझ्या हातातील अंडे पाहून अभय ओरडला, “अरे ते अंडं लवकर इनक्यूबेटरमध्ये ठेव नाहीतर ते पिल्लू गारटून जाईल.”

“दुसरं एकही अंडं फुटलं नाही का रे?” विल्याने विचारले.

इनक्यूबेटरमधील अंडी तपासून पहात अभय म्हणाला “फक्त पाच नंबरचं अंडं फुटलंय”

“अंड्याच्या आत पिल्लं घुसमटत असतील. चला आपण ते टरफल काढून पिल्लाला बाहेर काढूया.” जितू म्हणाला.

तेवढ्यात अभय म्हणाला, “नाही रे तसं अजिबात करायचं नाही. पिल्लांचे पंख खूप नाजूक असतात. आपण तसं करताना ते दुखावले जातील.” आता अकरा नंबरचं अंडंही फुटायला लागलं होतं. आता मात्र सर्वजण इनक्यूबेटरला जवळजवळ चिकटूनच बसले. कोणीही तिथून हलायला तयार नव्हतं. रात्री दोन वाजता आठ आणि दहा नंबरची अंडी फुटली. तेवढ्यात इनक्यूबेटरमध्ये एक पिल्लू उभं रहाण्यासाठी धडपड करताना दिसले. मी त्याला उचलून



तळहातावर ठेवलं. अजून ते ओलंच होतं आणि पंखांच्या जागी मऊमऊ लव होती त्याला. अभयने त्याच्यासाठी एक छोटा डबा आणला. त्याचे अंग लवकर वाळावे म्हणून तो डबा गरम पाण्यात ठेवला. त्या डब्यातील ते पिल्लू पाहून मला फार आश्चर्य वाटत होतं. “हे एवढं पिल्लू त्या इतक्या छोट्या अंड्यात कसं मावत असेल?”

चूक आमचीच

ह्या सगळ्या गडबडीत रात्र केव्हा संपली ते कळलंच नाही. स्वयंपाकघरात ऊन आलं होतं. थोड्याच वेळात इतर मुलेही आली. सर्व प्रथम मिलिंद आणि जितूने हजेरी लावली.

“या या लवकर या. निसर्गाचा चमत्कार पहा.” पिल्लांकडे निरखून पहात अभय मिलिंदला म्हणाला. सगळी रात्र जागून काढल्यामुळे अभयचे डोळे चांगलेच लाल झाले म्हणून जितूने अभयला जाऊन झोपायला सांगितले. आता इतरही काही अंड्यांमधून पिल्ले बाहेर आली होती. मी चार, आठ आणि दहा नंबरची कवचे बाहेर

काढली. पण किती नंबरच्या अंड्यातून कोणते पिल्लू बाहेर पडले हे सांगणं कठीण होतं. पण पाच नंबरच्या अंड्यातून अजूनही पिल्लू बाहेर पडलं नव्हतं. कदाचित ते थोडं अशक्त असावं. आम्ही त्या अंड्यांचं भोक थोडं मोठं केलं. त्याच्या आत आपली इवली मान हलवणारं पिल्लूही दिसत होतं. मग आम्ही ते परत इनक्युबेटरमध्ये ठेवले.

पण अंड्यांतून पिल्ले बाहेर येण्यासाठी आम्हाला एक दिवस जास्त का बरं वाट पहावी लागली? बहुधा आम्ही दिवस मोजायला चुकलो होतो. म्हणून पुन्हा नीट दिवस मोजून पाहिले तेव्हा आमची चूक आम्हाला समजली. एक दिवस चुकलाच होता मोजायला. जर आम्ही आधीच नीट मोजलं असतं तर आम्हाला एवढं टेन्शन आलं नसतं.

जन्मोत्सव

उबेमध्ये ठेवलेल्या त्या तसराळ्यात संध्याकाळपर्यंत दहा पिल्लं बागडत होती. पाच नंबरच्या अंड्यातील पिल्लू सर्वात शेवटी बाहेर निघालं. ते अंडं आम्हाला थोडं आणखी फोडावं लागलं तेव्हा कुठे त्याला बाहेर पडता आलं. इतर पिल्लांच्या मानाने ते पिल्लू जरा छोटं आणि अशक्त वाटत होतं. संध्याकाळी इनक्युबेटरमध्ये फक्त दोन अंडी शिल्लक होती. रात्रभर आम्ही इनक्युबेटर उबदार रहाण्यासाठी टाकीखाली दिवा लावून

ठेवला होता. पण त्याचा काहीच उपयोग झाला नाही.

दहाही पिल्लांनी त्या उबदार तसराळ्यात रात्र मोठ्या मजेत घालवली. त्यातली काही पिल्ले जेमतेम उभी रहात होती तर काही मस्त पळापळी करत होती. आपली चोच तसराळ्यावर ती अशा तऱ्हेने मारत होती की जणू काही त्यातला खाऊ ती टिपून खातायत.

“अरे त्यांना भूक लागलीय असं वाटतंय!” अभय म्हणाला. झटकन आम्ही एक मूठभर तांदूळ जमिनीवर पसरले आणि सगळ्या पिल्लांना तसराळ्यातून काढून जमिनीवर मोकळं सोडलं. पण पिल्लांनी ते अजिबात खाल्ले नाहीत. मग अभयने आपले बोट जमिनीवर आपटून टपटप वाजवले. लगेच ती पिल्लेही आपली चोच जमिनीवर आपटायला लागली आणि त्यांना तांदूळ खाण्याचं समजलं. एका बशीत आम्ही पाणी पण ठेवलं. ते पण त्यांनी लगेच संपवलं.

त्या दिवशी शाळेत बापट बाईना सर्वांनी त्या पिल्लांच्या जन्माची बातमी दिली. सर्वजणांनी एक पार्टी ठरवली आणि पिल्लांच्या जन्मोत्सवानिमित्त सगळ्यांनी काही तरी भेटवस्तू आणायचं ठरवलं.

मला आणि अभयला, मुलं कायकाय भेटवस्तू आणतायत याची उत्सुकता होती. शुभेच्छां व्यक्त करण्याचा सोपा मार्ग म्हणजे फुले. बऱ्याच मुलांनी पुष्पगुच्छ आणले होते. पण आमच्या बापटबाईंनी मात्र बाटलीतून



ताक आणले होते. एका वाटीत ताक घालून ती पिल्लांपुढे ठेवताच एका मिनिटात पिल्लांनी ते फस्त केले. कल्पना पिल्लांसाठी खुळखुळा घेऊन आली होती. तर मिलिंदने त्यांच्यासाठी डब्यातून तांदूळ आणले होते. तांदुळाचे दाणे पिल्लांनी पटापट टिपले.

पिलांना मोकळ्या हवेची आवश्यकता आहे असे बापट बाईंनी सांगितले. इनक्यूबेटरमध्ये शिल्लक राहिलेल्या दोन अंड्यांविषयी आम्ही त्यांना विचारले. पण त्या म्हणाल्या, “मला नाही वाटत आता त्यातून पिल्ले बाहेर येतील.”

पहिले काही दिवस रोज पिल्लांना पहायला आमच्या वर्गातली मुलं यायची. पण थोड्या दिवसांनी त्या मोठ्या होत जाणाऱ्या अन् घरभर धावणाऱ्या पिल्लांना घरात ठेवणं कठीण

होऊन बसलं. म्हणून मग पंधरा दिवसांनी पिल्लांना एका टोपलीत घालून, मी आणि अभय इंदूमावशीच्या घरी गेलो. तिच्याचकडून तर आम्ही अंडी नेली होती. त्यामुळे पिल्लांवर तिचाच अधिकार होता. मावशीच्या गावातल्या त्या शुद्ध आणि स्वच्छ हवेत ती पिटुकली कोंबडीची पिल्ले मजेत बागाडू लागली.



भारत ज्ञान-विज्ञान समिती, दिल्ली
यांच्या मुर्गी के चूजे या पुस्तिकेचा अनुवाद
चित्रे : मुर्गी के चूजे मधून साभार.

लेखक : निकोलाय नोसोव
प्रस्तुति : अरविंद गुप्ता
अनुवाद : विनया शिराळकर
अंधमित्र संस्थेच्या कार्यकर्त्या

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✓ खूण करा.
ऑगस्ट १९ ते जुलै २००१ मधील १० सुटे अंक	रु. १४०/-*	
वार्षिक वर्गणी ऑगस्ट २००१ ते जुलै २००२	रु. १००/-	
वार्षिक वर्गणी ऑगस्ट २००२ ते जुलै २००३	रु. १२५/-	वर्गणी 'जून' महिन्याच्या आधी भरल्यास रु. १०० फक्त.
एकूण		बँक ड्राफ्ट / चेक ⁺ /मनी ऑर्डर

*(पोस्टेजसाठी रु. ३५/- जादा पाठवावेत.)

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.

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

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

नाव _____

पत्ता _____

सही

तारीख

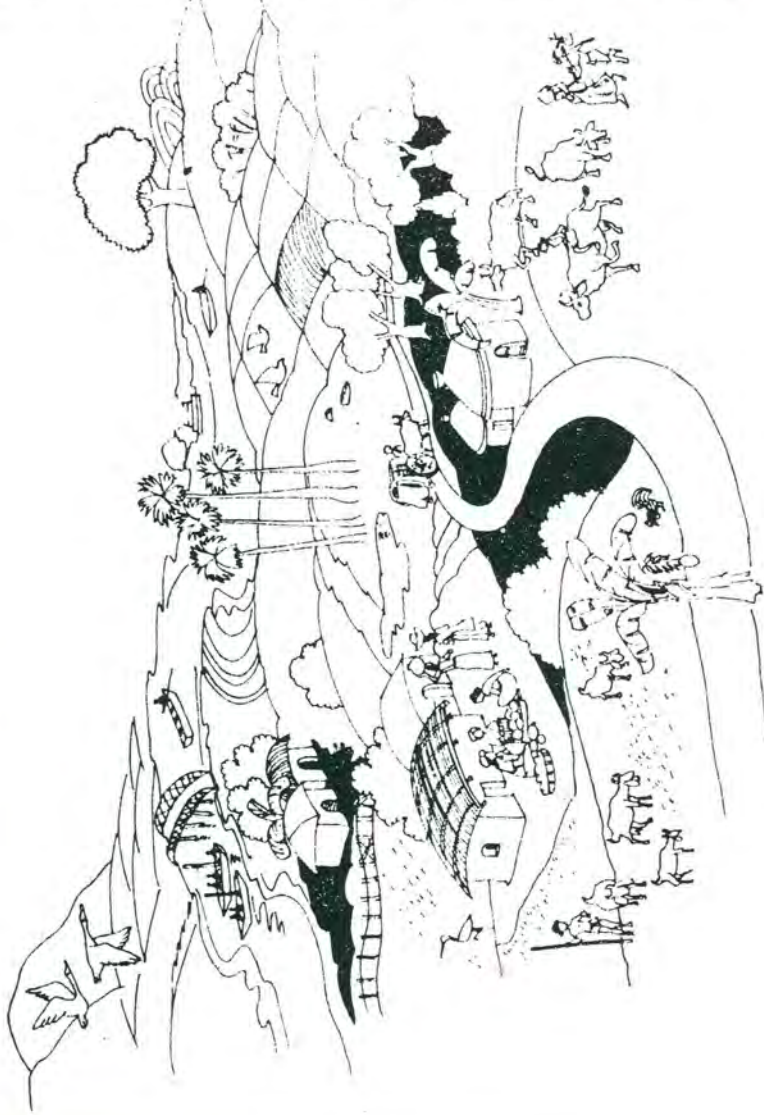
संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार,

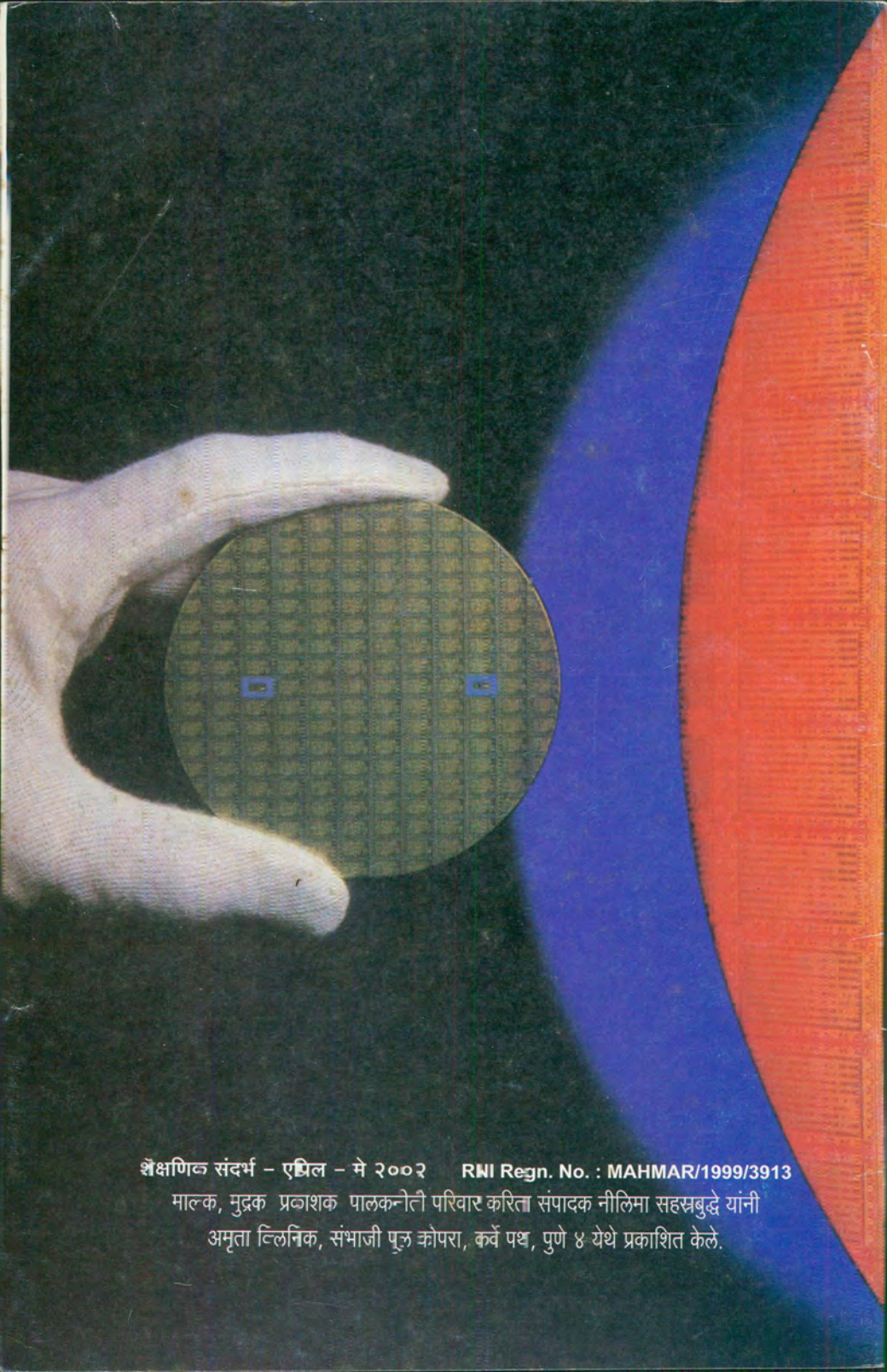
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.

या चित्रातील गोष्टी ओळखा आणि ज्या राहिल्या असतील त्या भरा.

संध्याकाळची वेळ आहे. गावात हळूहळू हालचाल वाढते आहे. दिवसभराचं काम उरकून लोक घरी परतताहेत. विष्णू गुरं घेऊन घरी येतोय. मुनिया आणि तिचा नवरा शंतातून घरी येताहेत. कडू नावाडी आपली होडी परत आणतोय. तिकडे जंगलातून भरत आणि लक्ष्मण परत येताहेत. रस्त्यावर सुकू काका आपल्या बेलगाडीतून येताहेत. सुखवतीनं आत्ताच स्वैपाक करायला सुरुवात केलीये. लक्ष्मी आणि अंबू मात्र अजून पाणी भरताहेत. टिड्डू आणि मुन्नी नदीवर गेले आहेत. बिजलीची आई आणि त्यांच्या मैत्रिणी अंगणात गप्पा मारताहेत. बिजली झाका खेळतेय. बांगडीवाला बांगड्या विकतोय. एका मोठ्या झाडाखाली काही माणसं गप्पा मारताहेत.

हा खेळ आहे 'भाषा नकाशाची' मधला. लेख पान २३ वर पहा.





शैक्षणिक संदर्भ - एप्रिल - मे २००२ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913

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