

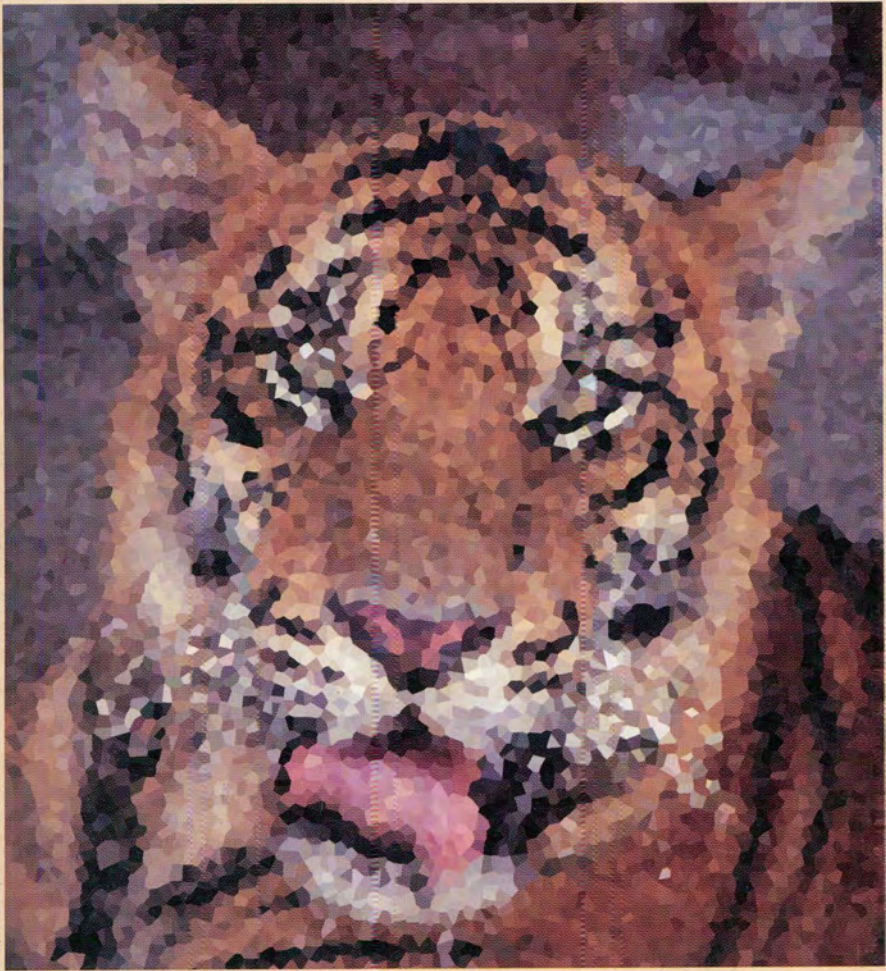


शैक्षणिक

प्रदर्श

अंक २४

ऑगस्ट - सप्टेंबर ०३



शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी

विश्वस्त :

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

सहाय्य :

रमाकांत धनोकर, पल्लवी आपटे,
ज्योती देशपांडे, यशश्री पुणेकर,
कल्पना साठे

अक्षरजुळणी :

न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

मुखपृष्ठ : रमाकांत धनोकर

छपाई : पूनम प्रिंटींग प्रेस

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

शैक्षणिक

• संदर्भ •

अंक २४

ऑगस्ट - सप्टेंबर २००३

**पालकनीती परिवारसाठी
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ**

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

पोस्टेजसहित

वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-

अंकाची किंमत : रुपये २०/-

रंगीत चित्रपट किंवा कृष्णधवल चित्रपट आपल्याला माहीत असतात तसेच पूर्वीचे टी.व्ही. आणि कॉम्प्युटरचे पडदेसुद्धा. त्यासारखीच काही प्राण्यांना दिसणारी दुनिया रंगीत असते आणि काहींना ती कृष्णधवलच दिसते हे तुम्हाला माहीत आहे का ? आपल्याला वाघ जसा दिसेल तसाच मधमाशी आणि इतर काही कीटकांना दिसत नाही. त्यांच्या संयुक्त डोळ्यांमुळे असंख्य तुकडे जोडून मिळणारी प्रतिमा त्यांना दिसते. कव्हरवर आहे तशीच काहीशी. मात्र हे तुकडे बहुकोनी आणि सारख्याच आकाराचे असतात असं लक्षात घ्यायला हवं.

वरच्या बाजूला छोट्या चौकटीत हाच वाघ बेडकाला कसा दिसतो ते दाखवलं आहे. बेडकाला वेगाने हलणाऱ्या, उडणाऱ्या गोष्टी स्पष्ट दिसतात. मात्र स्थिर असणाऱ्या वस्तू अस्पष्टच रहातात.

आपल्यापैकी आठ टक्के पुरुषांना सर्व रंग नीटपणे दिसत नाहीत. या रंगांधळेपणाचा एक प्रकार म्हणजे निळा-पिवळा रंग दिसतच नाही. त्यांना सगळं काही लाल हिरव्या छटांमध्येच दिसतं - मागच्या कव्हरवर दाखवलं आहे तसं. पण बहुधा रंगांधळेपणा यापेक्षा वेगळ्या प्रकारचा - लाल हिरवा रंग वेगळा ओळखता न येण्याचा असतो. स्त्रियांमध्ये अशी अडचण फक्त अर्धा टक्का इतक्यांनाच असते.

अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - २४

ऑगस्ट-सप्टेंबर २००३

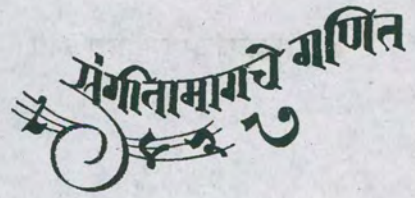
- कीटकांचे दृष्टिज्ञान ५
- प्राण्यांचे डोळे १३
- संगीतामागचे गणित १८
- अँडम आणि इन्ह २३
- कोडीच कोडी ३३
- शास्त्रज्ञांशी संवाद ३६
- विज्ञान शिकवताना ३९
- आकाश कंदील बनवू या ४६
- विज्ञान सजीवांचे आणि निर्जीवांचे ४८
- सडाको आणि तिचे पक्षी ५७

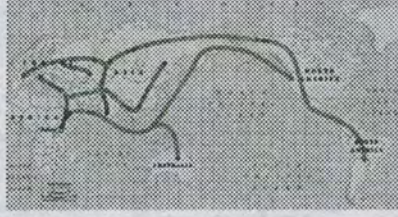
कीटकांचं दृष्टिज्ञान ५
 कीटक म्हटलं की सहा किंवा आठ पायाचे उडणारे
 किडे आपल्या डोळ्यापुढे येतात. पण या कीटकांना
 दोन, पाच, सहा किंवा बारा असे कितीही डोळे
 असतात. त्यातही साधे डोळे आणि स्पेशल ...
 म्हणजे संयुक्त डोळे असे प्रकार सुद्धा.



प्राण्यांचे डोळे १३
 घारे डोळे, निळे डोळे, पिंगट डोळे, काळे डोळे.
 मिचमिचे किंवा हरिणीसारखे, मायाळू किंवा
 भेदक, प्रेमळ किंवा बेरकी... या सगळ्यापेक्षा
 वेगळे आणखीही बरेच प्रकार आहेत.

केवळ बारा स्वरांवर आधारित भारतीय संगीतातले
 माधुर्य नेमकं कशात आहे ? मंद्र, मध्य आणि तार
 अशा तिन्ही सप्तकात आवाज फिरतो म्हणजे नकी
 काय ? ह्या साऱ्याचा गणिताच्या अंगाने घेतलेला
 वेध या अंकात पूर्ण होतो आहे. १८

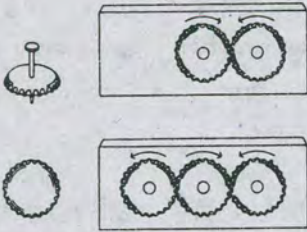




अंडम आणि इव्ह २३

जगभरातल्या लोकांमध्ये अनेक बाबतीत विविधता आढळते. शरीराचा बांधा, चेहरेपट्टी (तोंडवळा), वेगवेगळ्या क्षमता यासारख्या बाबतीत ठळक वैशिष्ट्ये असतात. दिसायला माणसं जरी वेगवेगळी दिसत असली तरी त्यांच्या डीएनएमध्ये जवळजवळ काहीच फरक नसतो. अनेकांना असे वाटते की, भिन्न वंशाच्या लोकांच्या डीएनएमध्ये खूप फरक असेल, पण तसे नसते.

जगात निरनिराळ्या ठिकाणी रहाणाऱ्या लोकांच्या डीएनएत झालेल्या बदलांचा (म्युटेशन्स) तुलनात्मक अभ्यास करून शास्त्रज्ञ वेगवेगळ्या वंशांचे उत्क्रांतीच्या शिडीवरील स्थान ठरवत आहे. नवेनवे सिद्धांत मांडत आहेत. सर्व पुरावे मानवाचे उगमस्थान आफ्रिका आहे असे दर्शवितात.



विज्ञान शिकवताना ३९

विज्ञान शिकवताना प्रत्यक्ष प्रयोग आणि अनुभवावर जोर देण्याचा अनेक शिक्षकांचा प्रयत्न असतो. आपल्या आजूबाजूच्या वस्तूंचा वापर करून प्रयोग करण्यासाठी मार्गदर्शक ठरेल अशा पुस्तकाचा परिचय.

सडाको आणि तिचे पक्षी ५७

शिष्टी पुंक्ली गेली आणि शर्यत सुरू झाली. सडाकोचं संपूर्ण लक्ष फक्त शर्यतीवरचं होतं. तिला आजूबाजूच्या गोष्टींचं भान नव्हतं. जेव्हा रीले शर्यतीमध्ये तिची धावण्याची वेळ आली तेव्हा ती जीव तोडून धावली. शर्यत संपत आली तेव्हा तिच्या छातीत जोरदार धडधडत होतं. त्याच वेळी तिला एकदम चक्कर यायला लागली.



दृष्टिज्ञान

डोळे हे आपलं लाडकं इंद्रिय. माणसासाठी अत्यंत महत्त्वाचं ! माणसाइतका डोळ्यांवर अवलंबून असणारा प्राणी क्वचितच असेल. आजुबाजूची दुनिया जाणून घ्यायची तर डोळ्यांइतका उपयुक्त साथीदार नाही. म्हणूनच तर डोळ्यांसारखं काम करणारी इतकी सारी उपकरणं आजपर्यंत शोधली गेली. लहान वस्तू मोठी करून दाखवणारी भिंगं, संयुक्त भिंगांचा वापर असलेले सूक्ष्मदर्शक, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक, या सगळ्यांमधून आपल्या डोळ्यांना दिसणाऱ्या प्रतिमा कागदावर चित्रबद्ध करून ठेवणारे असंख्य प्रकारचे कॅमेरे, आपल्या डोळ्यांना न दिसणाऱ्या प्रतिमा दिसतील अशा पद्धतीने बदलून देणारी सॅटेलाईट/ उपग्रहासारखी उपकरणे या सगळ्या तंत्रज्ञानाची सुरुवात अर्थातच डोळ्यांपासून झाली असणार!

या डोळ्याबद्दल आपल्याला शाळेत शिकवलेलं आठवतच असेल. पापणी, बुबुळ, नेत्रमणी, डोळ्याचा पडदा, मज्जातंतू चेतापेशी इ.इ. याशिवाय दोन डोळ्यांमधून पडणारी प्रतिमा एकावर एक पडते आणि त्यामुळे आपल्याला जे दिसतं ते किती अंतरावर आहे त्याचा अंदाज येतो

वगैरे वगैरे. सजीवांना डोळे किती असतात? कदाचित हा प्रश्न शिशुवर्गातून वाट चुकून इकडे आलाय असंच वाटेल. पण याचं उत्तर दोन, तीन, पाच, सात, बारा, चौदा असं दिलं तरीही ते बरोबर असू शकतं हेही अनेकांना माहित नसेल.

मला देखील बऱ्याच मोठेपणी हे समजलं. अशा कितीच्या किती डोळे असलेल्या जीवांबद्दल या लेखात वाचायला मिळेल. विशेषतः कीटक आणि समुद्रीजीव. म्हणजे कपाळावर डोळा असलेला राक्षस किंवा अंगभर डोळे असलेला सहस्राक्ष किंवा सहस्रनेत्र या कल्पना अगदीच हवेतल्या नाहीत म्हणायच्या!

हे तर फक्त 'किती डोळे' याचंच उत्तर झालं. या डोळ्यांनी त्यांना कसं दिसतं? किती दिसतं? रंगीत दिसतं का काळं-पांढरं? सलग की तुकड्या तुकड्यात? समोरचं, मागचं की आजुबाजूचं? स्थिर की हलणारं? हो - हो - हे प्रश्न थांबवून यातल्या काहींची उत्तरं तरी मिळवायलाच हवीत! तर पाहूया पुढच्या दोन लेखांमधून आपल्याला आणखी किती प्रश्न पडतात ते. सुरुवात करू या कीटकांपासून.

कीटकांचं दृष्टिज्ञान

लेखक : पुरुषोत्तम जोशी

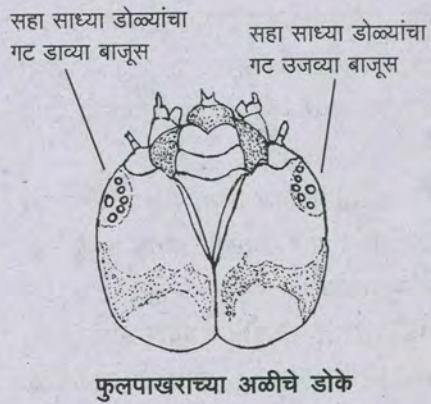
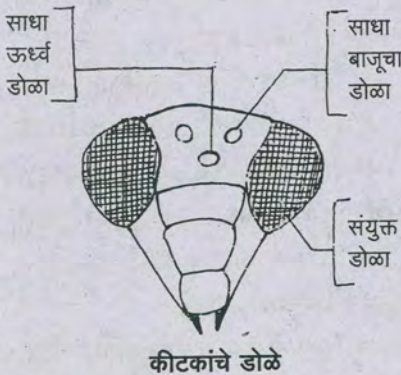
कीटक, त्यांच्यासमोर असणाऱ्या एखाद्या प्राण्याची अथवा वस्तूची प्रतिमा साध्या आणि संयुक्त या दोन्ही प्रकारच्या डोळ्यांनी पाहतात. त्याचबरोबर, फुलपाखरांच्या अळ्या आणि झुरळांसारखे प्रौढ कीटक यांना, त्यांच्या शरीराच्या आवरणावर विकुरलेल्या अनेक प्रकाश-संवेदन केंद्रांमुळे सभोवतालच्या तीव्र अथवा मंद प्रकाशाची जाणीव दोन्ही प्रकारचे डोळे पूर्णपणे झाकून टाकले किंवा नष्ट केले तरी होते.

सर्वसाधारणपणे प्रौढ कीटकांना साध्या आणि संयुक्त अशा दोन्ही प्रकारचे डोळे असतात. परंतु फुलपाखरे, पतंग, काही भुंगेरे यांच्या अळ्यांना फक्त साध्या डोळे असतात.

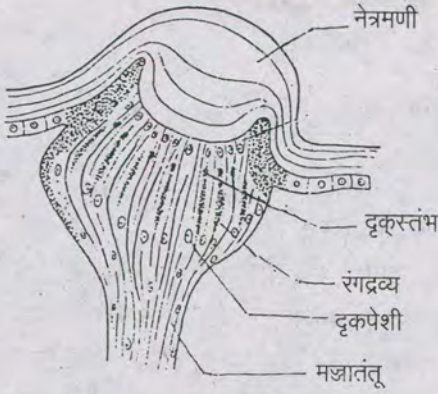
साध्या डोळे :

काही संवेदी पेशींनी आणि एका नेत्र मण्याने बनलेले गोलसर अथवा लंबगोल आकाराचे अवयव म्हणजे साध्या डोळे !

काही कीटकांच्या अळ्या आणि प्रौढ कीटक यांच्यामध्ये ते आढळून येतात. प्रौढ कीटकांमध्ये त्यांची संख्या साधारणपणे तीन तर अळ्यामध्ये मात्र सहा अधिक सहा अशी बारापर्यंत असू शकते. अळ्यांचे साध्या डोळे त्यांच्या डोक्याच्या डाव्या-उजव्या बाजूस असतात. प्रौढ कीटकांचे हे साध्या डोळे त्यांच्या डोक्याच्या उर्ध्व बाजूस असतात. प्रत्येक डोळ्यास स्वतंत्र चेटातंतू असून त्यांच्या द्वारा हे डोळे मेंदूस जोडले जातात.



साध्या डोळ्याचा उभा छेद



सांगतात की, काही कीटकांचा उदा. झुरळे, डोक्याच्या वरच्या (उर्ध्व) बाजूस असलेला साधा डोळा तेथील अन्नलिकेखाली दिसणाऱ्या चेतापुंजांशीही मज्जातंतूंनी जोडलेला असतो.

संख्या कितीही असो किंवा प्रौढांच्या वा अळ्यांच्या डोक्यावरील कोणत्याही भागांत त्यांचे वास्तव्य असो, त्या सर्वांची मुख्य, मध्यवर्ती रचना अथवा स्वरूप सामान्यपणे सारखेच असते. साधारणपणे त्यांचा आकार गोल किंवा काहीसा फुगीर लंब-गोल असतो. या डोळ्यावरील बाह्यावरणाचा स्तर पातळ आणि काहीसा पारदर्शी असतो. या पातळ स्तराखाली गोलसर नेत्रमणी असतो किंवा कधी या स्तराचाच जाड नेत्रमणी बनतो. या नेत्रमणी जनक स्तराच्या पेशी पारदर्शक असतात.

उर्ध्वभागी असणाऱ्या साध्या डोळ्यांत प्रकाशाला साद देण्याची क्षमता असते. तो डोळ्यासमोरच्या वस्तूची प्रतिमा ग्रहण करू शकतो. परंतु, ती प्रतिमा दृकपटलावर पडत नाही आणि दिसतही नाही. या डोळ्यावर

नेत्र-मणी जनक स्तराखाली दृक्-पटल असते. त्यांत दोन अथवा त्यापेक्षा अधिक संख्येने एकत्र झालेल्या दृक्-पेशींचे अनेक समूह असतात. या समूहांना 'प्रतिमा कोश' म्हणतात. प्रत्येक प्रतिमाकोशाच्या मधोमध दृक्-पेशींनीच तयार केलेली काडीसारखी दिसणारी वस्तू असते. तिला 'दृक्-स्तंभ' म्हणतात. त्याची जाडी, लांबी, त्याच्या भोवतीच्या दृक्-पेशींच्या संख्येवर अवलंबून असते. प्रत्येक दृक्-पेशी संवेदी चेतापेशी असून ती मज्जातंतूंद्वारा मेंदूच्या पुढल्या भागाशी जोडलेली असते. अभ्यासक असे

पडलेल्या प्रकाशामुळे कीटकांत चलबिचल होते, त्याच्या हालचालींना वेग येतो. झुरळासारख्या कीटकाला या संवेदनशील डोळ्यामुळे ताल-चक्रावर नियंत्रण ठेवता येते.

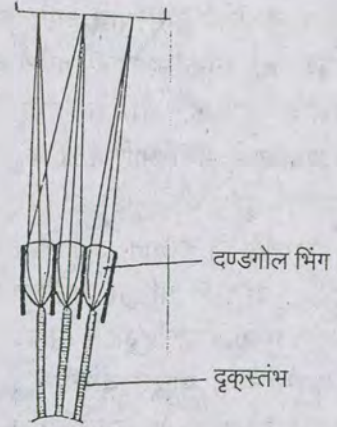
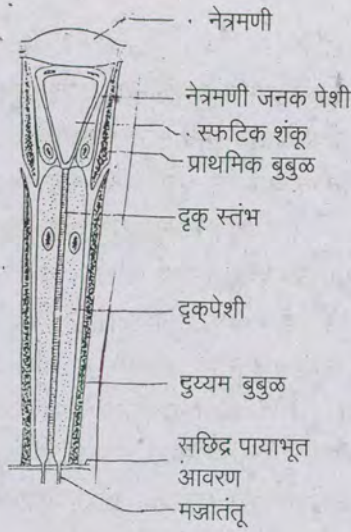
प्रौढ कीटकाला या उर्ध्वभागीच्या डोळ्याव्यतिरिक्त आणखी दोन डोळे असतात. तर फुलपाखरांच्या अळ्यांना एकूण सहापर्यंत साधे डोळे असतात. हे डोळे डाव्या-उजव्या कडांजवळ असतात. (बाजूचे डोळे) त्यांच्या बाह्यरूपात आणि आकारमानात फरक असतो. उर्ध्वभागी असलेल्या डोळ्यामध्ये जो कांच-सदृश पदार्थ दिसतो तो पदार्थ, बाजूच्या डोळ्यांमध्ये 'स्फटिकरूपी' गोळ्यांत रुपांतरित झाल्याचे आढळते.

बाजूस असलेले साधे डोळे प्रतिमा किंवा

प्रकाश ग्रहण करण्याच्या दृष्टीने काहीसे अधिक कार्यक्षम असल्याचे आढळते. ही कार्यक्षमता नेमकी कोणती या बाबतीत मतभेद आहेत. बाजूस असलेल्या डोळ्यातील नेत्रमणी आणि स्फटिक - गोल समोरील दृश्याची उलटी प्रतिमा दृक्-स्तंभावर बिंबित करतात. उदा. खवलेपंखी कीटक. परंतु ही प्रतिमा अतिशय धूसर असते. फुलपाखराची अळी आपले डोके डाव्या-उजव्या बाजूस वळवीत, प्रत्येक बाजूस सहाच्या संख्येत असलेल्या डोळ्यांनी बिंबित केलेल्या अलग अलग किंवा एकमेकास झाकोळून टाकणाऱ्या प्रतिमांची चाचपणी करित अंधार-उजेडाचा मागोवा घेत त्या अनुरोधाने हालचाल करते. या डोळ्यांची नेमकी कार्यक्षमता ही आहे असे काहींचे मत आहे. दंभमाशी आणि मधमाशी, त्यांच्या या डोळ्यांवर पडलेल्या प्रकाशाच्या बदलत्या प्रखरतेला क्षणार्धात प्रतिसाद देतात. ही गोष्ट, हे डोळे कीटकांना अथवा त्यांच्या अळ्यांना कार्यप्रवण करणारे अवयव आहेत असे काही अभ्यासकांना वाटते. साध्या डोळ्यांनी बिंबित केलेल्या प्रतिमा संयुक्त डोळ्यांनी बिंबित केलेल्या प्रतिमांना $१ + १ = २$ या न्यायाने पूरक होतात असे काही वेगळ्या अभ्यासकांचे मत आहे. या डोळ्यांतील मज्जातंतू संयुक्त डोळ्यातील मज्जातंतूसारखेच मेंदूच्या दृक्पाळी-भागास जोडलेले असतात.

संयुक्त डोळे

संयुक्त डोळ्यासमोर असलेल्या वस्तूपासून किंवा प्राण्यापासून निघालेले प्रकाशकिरण डोळ्यातील असंख्य नेत्रिकांवर पडतात. परंतु प्रत्येक नेत्रिकेचे दृक्क्षेत्र मर्यादित असल्यामुळे प्रतिमा पूर्ण नसते, खंडीत असते. हे खंडीत भाग, एकाशेजारी एक अशा तुकडे जोड पध्दतीने एकमेकांस जोडले जातात आणि कमी-अधिक प्रमाणांत उजळलेली पूर्ण प्रतिमा तयार होते. ही प्रतिमा वस्तू असेल तशी म्हणजे 'उभी' असते. यामध्ये नेत्रमणी आणि स्फटिक शंकू एका मागे दुसरा असे एकमेकास लागून असल्याने तांत्रिक दृष्ट्या दोघांचे मिळून एक 'दंडगोल' भिंग तयार होते. या भिंगातून सरळ रेषेत गेलेले आणि वक्रीभवन झाल्यामुळे सरळ रेषेत आलेले दुसरे काही प्रकाश किरण दृक्-स्तंभावर केंद्रित होतात. जे किरण केवळ तिरपे होऊन आत येतात ते दंडगोल भिंगास लागून असलेल्या रंगद्रव्यपेशीतील रंगद्रव्यांत विलीन होतात. त्यांची प्रतिमा तयार होत नाही. प्रत्येक नेत्रिकेतील दृक्-स्तंभावर पडलेल्या किरणांची जोडणी होऊन तुकडे जोड-पध्दतीने प्रतिमा तयार होते. या प्रतिमेला 'सहस्थापन प्रतिमा' म्हणतात. अशा प्रकारच्या प्रतिमा सर्वसाधारणपणे, मधमाश्या, गांधीलमाश्या, चतुर, भुंगेरे, फुलपाखरे इत्यादी अनेक दिनचर कीटकांच्या संयुक्त डोळ्यांमध्ये पडलेल्या आढळतात.



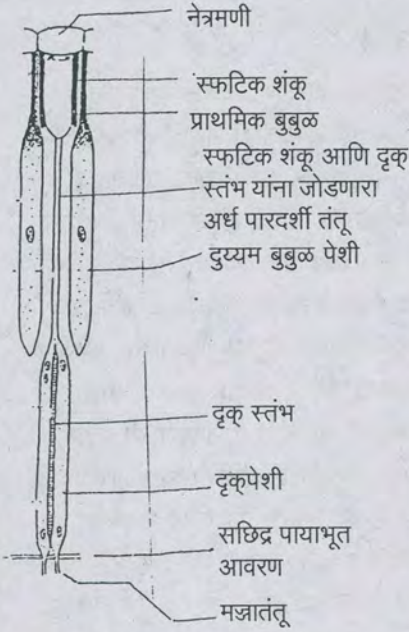
सहसंपादन प्रतिमा बिंबित
करणाच्या नेत्रिकांचा उभा छेद

सहसंपादन प्रतिमा कशा तयार होतात हे
दर्शविणारे चित्र (नेत्रिकांचा उभा छेद)

समोरच्या विशिष्ट भागाची प्रतिमा एका नेत्रिकेतून पडते. त्या एकाशेजारी एक अशा जोडल्या जाऊन वस्तूची तुकडे जोड (collage) पध्दतीची प्रतिमा दिसते.

काजवे, इतर काही भुंगेरे, पतंग यासारख्या कित्येक निशाचर कीटकांच्या नेत्रिका बऱ्याच लांबसर असतात. त्यांतील दृक्पेशी स्फटिक शंकूच्या लगतच मागे नसून, बऱ्याच मागे असतात. परंतु ते अर्धपारदर्शी तंतूने एकमेकास जोडलेले असतात. शंकू आणि या दृक्पेशी यांच्यामध्ये पारदर्शी पदार्थ असतो. हा पदार्थ प्रकाश किरणांचे परावर्तन करू शकत नाही. ती क्षमताच त्याच्यात नसते. या पदार्थामुळे स्फटिक शंकू आणि दृक्पेशी एकमेकांच्या संपर्कात येत नाहीत. प्राथमिक आणि दुय्यम बुबुळपेशीतील रंगद्रव्य स्फटिक शंकू भोवती केंद्रित झालेले आढळते. या नेत्रिकांतील

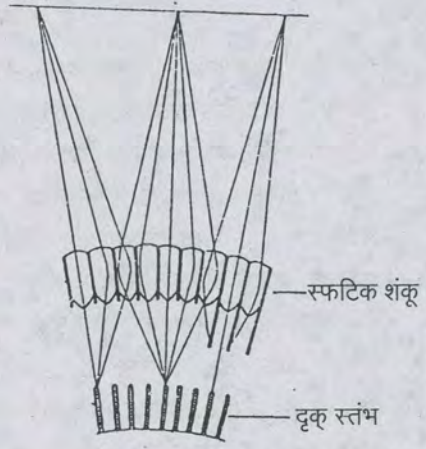
नेत्रमणी आणि स्फटिक शंकू यांच्यातील सात्रिध्यामुळे दंडगोल भिंगांची निर्मिती होते. परंतु या दंडगोल भिंगांची लांबी त्यांच्या नाभ्यांतराच्या दुप्पट असते. त्यामुळे दृक् स्तंभांवर केंद्रित होणारे प्रकाश किरण केवळ त्या नेत्रिकांतील नेत्रमण्यांद्वाराच आलेले नसून शेजारच्या अनेक नेत्रिकांच्या नेत्रमण्यांतून वक्रिभूत होऊन झालेले प्रकाश किरणही त्यांत समाविष्ट झालेले असतात. या सर्व दृक्स्तंभोवर बिंबित झालेल्या प्रतिमा उभट असतात. या उभट प्रतिमांची तुकडे जोड पध्दतीने जोडणी होऊन डोळ्यासमोर असलेल्या वस्तूची तुकडे जोड "पूर्णावस्थेत" दिसते. नेत्रमण्यातून सरळ



अध्यारोपण प्रतिमा बिंबित करणाऱ्या नेत्रिकांचा उभा छेद

रेषेत आलेले आणि शेजारच्या नेत्रिकांतून वक्रिभूत झालेले प्रकाश किरण एकाच वेळी दृक्स्तंभावर केंद्रित होऊन तयार झालेल्या प्रतिमांना “अध्यारोपण” प्रतिमा म्हणतात.

कीटकांचे साधे आणि संयुक्त डोळे यांची रचना आणि कार्यप्रणाली याबाबत अनेक अभ्यासकांना फार पूर्वीपासून अपार कुतूहल असल्याचे, त्याविषयी प्रसिद्ध झालेल्या असंख्य संशोधन पत्रिकांवरून समजून येते. या अभ्यासकांनी काढलेल्या निष्कर्षांचा थोडक्यात आढावा घेतला तर आणखी कुतूहलजनक आणि काहीशी मनोरंजक वाटणारी माहिती मिळते. नाकतोड्याच्या



अध्यारोपण प्रतिमा कशा तयार होतात हे दर्शविणारे चित्र - (नेत्रिकांचा उभा छेद)

त्याच भागाच्या दोन किंवा अनेक प्रतिमा एकावर एक पडतात व स्पष्ट अंदाज येतो.

संयुक्त डोळ्यांच्या नेत्रिकांमध्ये एकाच वेळी परंतु विविध पातळ्यांवर सहस्थापन प्रतिमांप्रमाणे अध्यारोपण प्रतिमाही बिंबित होत असतात असे आढळते. ही एकाच दृक्स्तंभावर वेगवेगळ्या ठिकाणी केन्द्रीभूत होणाऱ्या वक्रिभूत प्रकाश किरणांची किमया आहे.

कीटकांच्या दृक्क्षेत्रातील विविध ठिकाणांवर पडलेल्या प्रकाश किरणांच्या प्रखरतेचा पडताळा घेण्याची क्षमता अनेक कीटकामध्ये असते. ती क्षमता परावर्तित झालेल्या किरणांना, त्यांनी दिलेल्या प्रतिसादांवरून ओळखता येते.

संयुक्त डोळे

कीटकांना, त्यांच्या आसपासच्या चल-अचल वस्तुमात्राची जाणीव करून देणारे एक साधन म्हणजे त्यांचे संयुक्त डोळे होत. सर्वसाधारणपणे त्यांची एक जोडी असते. त्या जोडीतील एक डोळा कीटकाच्या कपाळ-पट्टीच्या डाव्या बाजूस तर दुसरा डोळा उजव्या बाजूस असतो. सामान्यतः प्रत्येक संयुक्त डोळा, एकमेकांशेजारी अगदी जवळ खेदून असलेल्या अगणित नेत्रिकांनी बनलेला असतो. नेत्रिका हे त्या डोळ्याचे एकक होय. प्रत्येक नेत्रिकेत बाहेरच्या बाजूस बर्हिगोल नेत्रमणी असतो. नेत्रमण्याच्या खाली नेत्रमणी जनक स्तराच्या नेत्रमणी तयार करणाऱ्या दोन पेशी असतात. या पेशींखाली शंकूच्या आकाराचा, स्फटिक दिसतो. त्याला स्फटिक-शंकू म्हटले जाते. नेत्रमणी जनकस्तराच्या खास दर्जाच्या चार पेशी हा शंकू तयार करतात. या चारही पेशी शंकूला सर्व बाजूंनी लपेटलेल्या असतात. शंकूचा रुंद भाग नेत्रमण्याच्या बाजूला, तर त्याचे निमुळते टोक नेत्रिकेच्या अग्रभागाकडे रोखलेले असते. शंकूला लपेटणाऱ्या पेशींच्या बाहेरच्या बाजूस रंगद्रव्याने भरलेल्या दोन पेशी असतात. त्या, नेत्रमणी जनकपेशी-स्तर आणि शंकूच्या पेशी यांच्या सभोवती वेष्टन-रूपाने राहातात. या रंगद्रव्य पेशींना अभ्यासक 'प्राथमिक बुबूळ' म्हणतात. नेत्रिकेच्या निमूळत्या अग्रभागाशी रंग-द्रव्याने भरलेल्या सात दृक्पेशी असतात. या दृक्पेशी त्यांच्या मधोमध लांबसर दृक्स्तंभ, स्रावद्वारा तयार करतात. हा दृक्स्तंभ म्हणजे सात तंतूंचा जुडगा असतो. दृक्स्तंभांचे नेत्रमण्याच्या दिशेकडील टोक स्फटिक शंकूला जोडलेले राहाते. नेत्रिकेच्या अग्रभागाकडे गेलेली त्याची टोके एकमेकांपासून अलग होतात आणि नेत्रिकेतून बाहेर पडतात. बाहेर आल्यावर त्यांचे मज्जातंतूंमध्ये परिवर्तन होते. प्राथमिक बुबुळांच्या रंगद्रव्यपेशी आणि दृक्-पेशी यांच्याभोवती आणखी दुसऱ्या, अधिक लांबसर रंगद्रव्य पेशी आढळतात. त्यांना 'दुय्यम बुबूळ' म्हणतात. हे दुय्यम बुबूळ प्राथमिक बुबुळाला आणि दृक्-पेशींना संरक्षण देत शेजारच्या नेत्रिकेपासून अलग ठेवतात. बहुधा यामुळे प्रत्येक नेत्रिकेचे स्वतंत्र अस्तित्व कायम राखले जात असावे. सर्व नेत्रिकांची अग्रिम टोके, अग्रिम भागाच्या सच्छिद्र आवरणावर अथवा पायाभूत स्तरावर स्थिरावतात. स्थिरावलेल्या नेत्रिकांचे मज्जातंतू आवरणाच्या छिद्रातून बाहेर येतात आणि मेंदूच्या दृक्-पाळीतील चेता-पिंडांना जोडले जातात. काही कीटकांच्या संयुक्त डोळ्यातील नेत्रिकांमध्ये पडणारी प्रतिमा सहसंपादन पध्दतीची असते तर काही कीटकांच्या संयुक्त डोळ्यातील नेत्रिकांमध्ये पडणारी प्रतिमा अध्यारोपण पध्दतीची असते. एकंदरीत पाहता कीटकांच्या डोळ्यांत पडणाऱ्या प्रतिमा पूर्णतः स्पष्ट नसतात. त्या काहीशी फिकट किंवा धूसर असतात.

संयुक्त डोळ्यांची रचना

नेत्रिकांतील स्फटिक शंकूच्या रचनेत आणि आकारांमध्ये लक्षणीय विविधता आढळते. त्यामुळे कीटकांच्या संयुक्त डोळ्यांना अभ्यासाच्या सोयीसाठी चार प्रकारांत विभागले जाते.

१. खऱ्या स्फटिक शंकूचे डोळे : या डोळ्यांच्या नेत्रिकेतील स्फटिक शंकू तुलनेने कठीण आणि अधिक परावर्तनक्षम असतो. रुपाली, नाकतोडा, चतुर, मे-माशी, फुलपाखरे, पतंग, गांधीलमाशी, इत्यादी कीटकांचे संयुक्त डोळे या प्रकारांत मोडतात.

२. आभासी स्फटिक शंकूचे डोळे : या डोळ्यांच्या नेत्रिकेमध्ये स्फटिक शंकू नसतात. त्यांच्या जागी असलेल्या पेशी, डिकासारख्या अर्ध-द्रवी पदार्थांनी भरलेल्या असतात. लुटारुमाशी, घोडमाशी, घरमाशी, दंवमाशी, जठरवेधीमाशी इत्यादी कीटकांचे डोळे या प्रकारात समाविष्ट होतात.

३. स्फटिक शंकू विरहीत डोळे : या डोळ्यांच्या नेत्रिकेमध्ये द्रवी अथवा अर्धद्रवी पदार्थांचे स्फटिक शंकू तयारच झालेले नसतात. स्फटिक शंकूच्या जागी तेथे केवळ लांबसर पारदर्शी पेशी आढळतात. स्फटिक शंकूची निर्मिती करण्याची क्षमता त्यांच्यात आढळत नाही. वत्सला, पान-ढेकणे, वामा भुंगरे आदी कीटकांचे डोळे या प्रकारांचे आढळतात.

४. परंपरा बाह्यनिर्मित स्फटिकशंकू : या डोळ्यांच्या नेत्रिकेतील स्फटिक शंकू त्यांच्या नेहमीच्या पेशींपासून निर्माण झालेले नसतात. त्यांची निर्मिती अधोत्वचा पेशींपासून होत असते. त्यामुळे निर्माण झालेल्या स्फटिक शंकूस "परंपरा बाह्य" म्हटले जाते. लाकडी कपाटाचे लाकूड पोखरणान्या ढालपंखी, खटखट असा आवाज करणाऱ्या आणि माणसाच्या त्वचेशी संपर्क होताच आपल्या विशिष्ट स्रावाने पुरळ उठवणाऱ्या भुंगेच्याच्या संयुक्त डोळ्यांचा या प्रकारात समावेश होतो.

काही निशाचर पतंगांच्या (उदा. कण्हेरीवरील निलाजरीवरील पतंग अथवा भयकारी पतंग यासारखे कीटक) नेत्रिकेतील पायाभूत स्तरावर श्वसन नलिकांच्या असंख्य शाखा दाटसर पसरलेल्या असतात. त्यापासून निघालेल्या अतिसूक्ष्म वाहिन्या दृक्पेशींच्या मधेमधे राहिलेल्या जागेत शिरून दृक्पेशींना समांतर हौऊन राहतात. दाटसर पसरलेल्या श्वसन वाहिन्यांच्या भागाला 'परिवर्तनशील स्तर' म्हणतात. रात्रीच्या वेळी या स्तरावर पडलेले प्रकाश किरण परावर्तित होऊन दृक्स्तंभास चाटून जातात. या घटनेमध्ये प्रकाश किरणांचा संपर्क दृक्स्तंभाशी लागोपाठ (दोनदा) साधला गेल्यामुळे रात्रीचा मंद प्रकाश उजळला जात असावा. अशा प्रकारच्या नेत्रिकांतील दृक्पेशींच्या रंगद्रव्यामध्ये रक्तवर्णी आणि पीतवर्णी रंगद्रव्यांच्या समावेश असल्यामुळे नेत्रिका, पर्यायाने संयुक्त डोळे रात्रीच्या वेळी सोनेरी मण्यांसारखे किंवा लाल माणकांसारखे चमकतात.

कीटकांचे संयुक्त डोळे प्रकाशाच्या प्रखरतेनुरूप त्यास सांद प्रतिसाद देतात. विशिष्ट प्रतिमा असताना त्यांना प्रतिमा ग्रहण करता येते. सप्तरंग पट्ट्यातील विशिष्ट रंगांच्या तरंगांची लांबी मधमाशी, दवमाशी, मुंग्या, फुलपाखरे इत्यादी अनेक कीटक निश्चितपणे ओळखू शकतात. बहुसंख्य कीटक गडद लाल रंगाकडे आकर्षित होताना आढळतात. मधमाशी मात्र लाल, नारंगी रंगांच्या सीमारेषेवर असणाऱ्या मिश्ररंगाच्या (तरंग लांबी ६०० नॅनोमीटर) वाटेस जात नाहीत. काही फुलपाखरे (उदा. कोबीवरील अथवा गवतावरील फुलपाखरे) तांबड्या फुलांवर आवडीने रुंजी घालताना आढळतात. अति जांभळ्या रंगाचे आकर्षण तर अनेक कीटकांना, (उदा. नाकतोडे, पतंग, काही भुंगेरे, सपंखी वाळवी) फार मोठ्या प्रमाणावर असते. ते ट्यूब लाईट भोवती अथवा मर्क्युरी व्हेपर लॅम्पभोवती घिरट्या घालत असतात हे बहुतेक सर्वांनी पाहिले असेलच.

कीटकांना त्यांच्या दृक्क्षेत येणाऱ्या वस्तूच्या आकारातील फरक ओळखता येतो. खास करून, ज्या वस्तूच्या पाठीमागचा रंग वस्तूला उठाव देणारा अथवा खुलविणारा असेल. (उदा. पांढऱ्या भिंतीवरील गडद काळ्या रंगातील रेखांकित पोकळ, वर्तुळ, त्रिकोणादि आकृत्या) आणि जी वस्तू हलती, डुलती असेल (उदा. वाऱ्याच्या

झुळकेने हलणारी फुले) अशा वस्तू मधमाशीच्या नजेरत चटकन बसतात, ठसतात. फुलात असणाऱ्या सावक ग्रंथींचा पृष्ठभाग खडबडीत असतो. अशा रेशांकित खडबडीत पृष्ठभागाचे आकलन, मधमाशांना पटकन् आणि विनासायास होते.

संयुक्त डोळ्याची दृक्क्षमता तुकडे जोड पध्दतीच्या प्रतिमेच्या रेखीवपणावर अवलंबून असते. नेत्रिकांची संख्या जितकी जास्त तितकी प्रतिमा अधिक रेखीव. विविध कीटकांच्या संयुक्त डोळ्यातील नेत्रिकांची संख्या सामान्यतः 'अंबब' म्हणावी इतकी प्रचंड असते. (उदा. प्रत्येक संयुक्त डोळ्यात फुलपाखरे १२,००० ते १७,०००; चतुर १२,००० ते ३०,०००; घरमाशी, ४०००; कवडी भुंगेरा ९,०००;)

कीटकांना वस्तू, आणि संयुक्त डोळे यांतील अंतर अजमावता येते. दोनही डोळ्यातील त्या वस्तूच्या प्रतिमांच्या 'अध्यारोपणामुळे' ते साध्य होते.

थोडक्यात काय, कीटकांचे डोळे आणि त्यांची कुतुहलजनक कार्यप्रणाली याविषयी सांगावे तेवढे थोडेच आहे!



लेखक : डॉ. पुरुषोत्तम जोशी, प्राणीशास्त्राचे प्राध्यापक, पुणे विद्यापीठातून निवृत्त. 'सृष्टीज्ञान'च्या संपादक मंडळात सहभागी.

प्राण्यांचे डोळे



डोळ्यांबद्दल आपल्याला कितीतरी गोष्टी माहीतच नसतात. उदाहरणार्थ आपली एखादी वस्तू हरवलेली असते, कंपास किंवा पेन किंवा गृहपाटाची वही किंवा असंच काहीतरी. आपण आरडाओरडा करत असतो. 'मी इथंच ठेवली होती, कुणी उचलली? नेहमी माझ्या वस्तूंना तुम्ही हात लावता' मग आई / ताई उत्तर देते 'डोळे मिटा म्हणजे सापडेल!' ही 'डोळे मिटण्याची' जी सुविधा आहे आणि डोळे मिटल्यावरही दिसण्याची जी शक्ती आहे त्याबद्दलच म्हणतेय मी. अगदी डोळे कुणाकुणाला मिटता येतात? डोळे मिटल्यावर कुणाला आणि काय दिसू शकतं? म्हणजे स्वप्न सोडून - याबद्दल.

डोळे मिटून झोपलेले पाळीव प्राणी, पक्षी, गुरं यांच्यावरून आणि मत्स्यालयातल्या माशांवरून एक फरक तुम्हाला माहीतच असेल- मिटता येणारे डोळे आणि झोपल्यावरही संपूर्ण उघडे राहणारे डोळे !

सर्व प्राणीमात्रात माणूस या प्राण्याची काही खास वैशिष्ट्ये असतात, जेसे आपले हात आणि हाताच्या इतर बोटांसमोर येणारा अंगठा. तसेच आपले डोळेसुद्धा वैशिष्ट्यपूर्ण आहेत. डोळ्यांच्या रचनेमुळे इंद्रधनुष्याचे सात रंग आपण पाहू शकतो. काही उच्च वर्गीय वानरांमध्ये (ape) अशा प्रकारचे डोळे असतात. काही वानरांचे आणि माकडांचे डोळे माणसासारखेच

एकमेकांशेजारी असतात. त्यांनी ते छान बघू शकतात पण इतर सस्तन प्राण्यांप्रमाणेच त्यांना फक्त काळ्या पांढऱ्या रंगाच्या छटांमध्ये सर्व काही दिसते. सगळे रंग दिसत नाहीत. बैलांना लाल रंग दिसत नाही. पक्ष्यांना आणि (सरपटणाऱ्या) सरडा वर्गातल्या प्राण्यांना जवळ जवळ आपल्या सारखेच रंग दिसतात. कासवं, उच्च वर्गीय मासे उदा. ब्लू गिल्स यांनाही रंगदृष्टी असते. पण गॉंगल घातल्यावर

जसं दिसतं तसं माशांना दिसते. मुंग्या, मधमाशा आणि फुलपाखरं यांना अतिनील प्रकाश दिसतो जो आपण पाहू शकत नाही. पण त्यांना लाल रंग मात्र गडद राखाडी काळा दिसतो.

ज्या प्राण्यांची शिकार केली जाते त्यांचे डोळे डोक्याच्या दोन बाजूला असतात. प्रत्येक डोळ्यांचं दृष्टीक्षेत्र वेगळं असतं. उदा ससा. त्याला दोन्ही बाजूंचं दिसतं. पण त्याच्या नाकासमोरचं म्हणजे पुढचं त्याला दिसत नाही कदाचित तो खातो ते पानही त्याला दिसत नसेल.

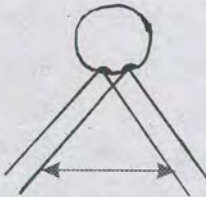
बऱ्याचशा सस्तन प्राण्यांमध्ये बुबळांचा आकार गोल असतो पण मांजरासारख्या काही प्राण्यांमध्ये मात्र प्रखर प्रकाशात बाहुली एखाद्या उभ्या रेघेसारखी अरूंद होते आणि अंधारात मात्र पूर्ण डोळाभर मोठी होते. त्यामुळेच त्यांना रात्रीही दिसते. कांगारू आणि बोकडासारख्या प्राण्यांमध्ये बाहुली म्हणजे एक आडवी रेघ असते. बऱ्याच प्राण्यांचे डोळे रात्री चमकताना दिसतात. नेत्रमण्यांमागे असलेल्या आरशांमुळे

मांजराचे डोळे हिरवट चमकतात तर मगरीचे लाल. अशा प्रकारचे चमकणारे डोळे अगदी शार्कपासून पतंगापर्यंत (moth) बऱ्याच प्राण्यांमध्ये दिसतात. पण पक्षी आणि उभयचर प्राण्यात असे डोळे नसतात. पांढऱ्या रंगापासून ते अगदी जांभळ्या रंगापर्यंत सर्व रंगाचे चमकणारे डोळे प्राण्यांमध्ये आढळतात.

सांबर, काळवीटासारख्या प्राण्यांचे डोळे खूप मोठे असतात. निशाचर प्राण्यांमध्ये शत्रू पासून बचाव करण्यासाठी डोळे मोठे झालेले आढळतात.

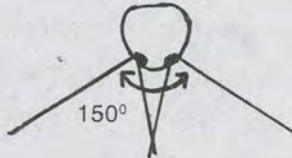
बिळात राहणाऱ्या प्राण्यांना मात्र छोटे मंद डोळे असतात. गांडुळासारखे काही प्राणी तर आंधळेच असतात. गोगलगार्यांना त्यांच्या शुंडीकांवर डोळे असतात. पण जळवांना एखादा डोळा असतो किंवा नसतोच. खेकड्यांचे डोळे त्यांच्या छोट्या शुंडिकांवर असतात.

पक्ष्यांना अतिशय सूक्ष्म दृष्टी असते. गरूड, गिधाडे, या पक्ष्यांना खूप लांबून बारीक सारीक गोष्टीही दिसू शकतात.



दोन्ही डोळ्यांना दिसणारे क्षेत्र

माणूस



कुत्रा मांजर



घोडा

माणसाला जसा चेहरा असतो तसा उंदीर, ससा, गाय, घोडा या प्राण्यांना किंवा पक्ष्यांना नसतो. त्यांचे डोळे तोंडासमोरच्या एकाच दृष्ट्याकडे पहात नाहीत तर त्यांच्या दोन डोळ्यांना दोन वेगळ्या ठिकाणची दृश्ये दिसू शकतात. प्रत्येक प्राण्याच्या दृष्टिक्षेत्राचा कोन वेगळा असतो आणि एकाच वेळी त्यांना दिसू शकणारं क्षेत्रही वेगळं असतं.

घोड्याला जवळ जवळ ३६० अंशातलं क्षेत्र एकाच वेळी दिसतं. ससा आणि हरणं अशा शिकार्यांचा धोका असलेल्या प्राण्यांना दिसणारं क्षेत्रही असंच मोठं असतं.

कावळ्यासारख्या पक्ष्यांना बरोबर चोचीसमोरचं दिसत नाही. म्हणूनच तो मान वाकडी करकरून पहाताना आपल्याला दिसतो.

आपल्याला न दिसणारा प्रकाश (अतिनील किंवा अवरक्त) हा देखील काही प्राण्यांना दिसतो. अगदी अंधार असेल, डोळ्यात बोट घातलं तरी आपल्याला दिसत नाही तेव्हासुद्धा काही प्राण्यांना व्यवस्थित दिसू शकतं. आपल्यापेक्षा मांजराची अंधुक उजेडात दिसण्याची क्षमता ६ पट असते. कुत्र्याची देखील आपल्यापेक्षा जास्त असते पण मांजराइतकी नाही.

या प्राण्यांची बुबुळे आणि डोळ्यातील बाहुली आपल्यापेक्षा मोठी असतात. डोळ्याच्या मागच्या बाजूला मोटारीच्या

दिव्यांसारखा आरसा (tapetum) असतो. माणसाच्या डोळ्यापेक्षा मांजराचा डोळा १३०पट जास्त प्रकाश परावर्तित करतो. त्यामुळेच त्यांचे डोळे अंधारात चमकताना आपल्याला दिसतात. या आरश्यामुळे प्रकाश नेत्रपटला दोनदा पडतो व या प्राण्यांना अंधारातही जास्त स्पष्ट दिसते.

पण एक तोटा होतो. फार उजेड असेल तर त्याचा या प्राण्यांना त्रास होतो.



चकचकाटाने डोळे दिपतात तसा.

बऱ्याच प्राण्यांना स्थिर वस्तूपेक्षा गतिमान वस्तू लांबून ओळखायला येतात. कुत्र्यांवर प्रयोग केला तेव्हा ५०० मी. वरून

दिसणारी स्थिर वस्तू गतिमान झाल्यावर १०० मी. वरूनही लक्षात आली.

कुत्र्यांना आणि मांजरांना नाकासमोरच्या १५० अंश क्षेत्रातील एका वेळी दिसते. माणसांचे डोळे मात्र समोर असल्यामुळे त्यांना एवढं क्षेत्र एका वेळी दिसत नाही. जेव्हा दोन्ही डोळ्यांना दिसणारं क्षेत्र एकमेकांवर (overlap) असतं म्हणजेच वस्तूची प्रतिमा दोन्ही डोळ्यांनी दिसू शकते, तेव्हा दिसणारी वस्तू किती लांब आहे ते नीट समजतं. अंतराचा अधिक अचूक अंदाज येतो. असं एकमेकांवर पडणारं दृष्टीक्षेत्र माणसांमध्ये असतं. आणि माणसांइतकं स्पष्ट चित्र आणि अंतराचा अचूक अंदाज इतर प्राण्यांना येत नाही.

डोळे कसे आणि किती?

काही सापांच्या जातीमध्ये दोन वेगळे डोळे असतात. त्यांना अवरक्त किरण दिसतात. म्हणजे असं की संपूर्ण अंधारातसुद्धा त्यांना उंदराच्या शरीराची उष्णता मीटरभर अंतरावरून 'पहाता' येते.

जेलिफिश

जेलिफिश (मेडूसा) एक साधा जलचर प्राणी. याला मेंदू नसतो पण त्याच्या मज्जापेशींचं जाळ त्याला अन्न मिळविण्यासाठी, स्वसंरक्षणासाठी मदत करतात. प्रत्येक शुंडिकेच्या मुळाशी त्याला एक नेत्रबिंदू असतो. त्यावर लाल रंगाचा ठिपका असतो. या ठिपक्याची सावली कुठे पडते, त्यावरून हा प्राणी आसपासच्या प्रकाशाचा व परिस्थितीचा अंदाज घेतो.



तारामासा

खडकाळ समुद्रकिनाऱ्यावर सापडणारे हे तारे तुम्ही पाहिले असतील. पण या ताऱ्यांनी तुम्हाला पाहिलं असेल का? कदाचित पाहिलं असेल पण फार स्पष्टपणे नाही. प्रत्येक भुजेच्या मुळाशी त्यांना एक नेत्रबिंदू असतो. प्रकाशाची दिशा आणि मोठी सावली त्यांना कळते. जगामध्ये अशा २१ ते ४० भुजा असलेले समुद्र तारेही सापडतात.

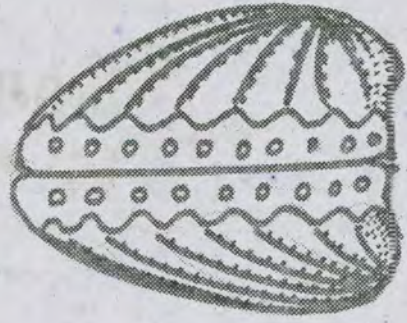
शतनेत्र

या कवचधारी प्राण्याला खरोखरी शेकडो डोळे असतात. हे सगळे डोळे एका मज्जातंतूला जोडलेले असतात. प्रत्येक छोट्या डोळ्याला नेत्रमणी आणि नेत्रपटल असतो. प्रत्येक डोळ्याला परावर्तकसुद्धा



असतो. पडणाऱ्या प्रतिमा फारशा स्पष्ट नसतात, पण प्रकाशातला आणि गतीमधला बदल यांना समजतो.

पॅसिफिकच्या किनाऱ्यावर पाणबुड्यांना हे शतनेत्र बघायला मिळतात. अशा या प्राण्यांच्या शिंपल्यावर जर आपली सावली पडली तर ते ताबडतोब जागा बदलायच्या उद्योगाला लागतात. दातांची काढून ठेवलेली कवळी आपली आपणच दात चावत फिरायला लागावी तसे ते दिसतात.



छद्मपाद (Cephalopod)

हा एक प्रकारचा ऑक्टोपस. यांचे डोळे काही प्रमाणात पृष्ठवंशीय प्राण्यांसारखे असतात. बाहुली, बुबुळ, नेत्रपटल आणि भिंग असलेले. आपण एखाद्या वस्तूची प्रतिमा स्पष्ट पडण्यासाठी नेत्रमण्याचा फुगीरपणा कमी जास्त करतो पण या

प्राण्यांमध्ये नेत्रमणी सगळाच पुढे-मागे केला जातो.

आणखी एक गंमत. म्हणजे हे प्राणी पाण्यात कसेही पोहत असले, उलटे सुलटे झाले, तरी त्यांच्या डोळ्यांच्या पापण्या ते नेहमी क्षितिज समांतर ठेवतात!



माहिती व चित्रे : इंटरनेटवरून



संगीतासागचे गणित

लेखांक ४

लेखक : मनोहर राईलकर

प्रत्येक गायकाचा 'सा' पेटीवर वेगळ्या ठिकाणी दाखवता येतो आणि त्या 'सा' च्या सापेक्ष मधल्या स्वरांची जागाही निश्चित करता येते हे आपण पाहिलं पण कोणत्याही पट्टीपासून सुरुवात करून म्हणजे कोणताही स्वर षड्ज मानून सुरुवात केली तर ?

संवादिनी : संवादिनीचे काही फायदे आहेत, हे निर्विवाद. कोणतीही पट्टी षड्ज घेतली तरी पुढच्या स्वरांची गुणोत्तर (अंतर interval) तीच राहतात. त्यामुळं स्वतःला सोयीचा स्वर शोधणं गायकाला फार सोपं जातं.

संवादिनीचा आणखीही एक फायदा आहे. गायकांना आपला नेमका स्वर शोधून देणारं कोणतचं साधन बहुधा, आपल्याकडे पूर्वी नसावं, त्यामुळं कधी कधी त्यांचा आवाज लागत नसे. ह्या गोष्टी आपण ऐकल्या असतील.

म्हणजे काय होत असेल? त्यांना आपला षड्ज सापडत नसावा. मग गायक अंदाजानं कोणता तरी षड्ज धरून गाऊ लागत, अशी माझी कल्पना आहे. मला नक्की माहित नाही. आणि तो जर प्रमाणाबाहेर वरचा किंवा

खालचा निघाला तर त्यांना गाणं जमत नसे. ते स्वाभाविकच होतं. संवादिनीमुळं ही अडचण दूर झाली. त्यांना आपला षड्ज कोणत्या पट्टीनं मिळतो, हे माहित असतं. तसं साथीदारांना ते सांगू शकतात. आणि संभाव्य रसभंग टाळू शकतात.

तरीही संवादिनीचं अजून प्रमाणीकरण झालं नसल्यानं एखाद्या पेटीचे स्वर काहीसे, किंवा प्रमाणाबाहेर चढे असले किंवा कमी असले की गायकांना त्रास होतो. हा अनुभव आहे. म्हणून तरी संवादिनीचं प्रमाणीकरण होणं जरूरीचं आहे, असं मला वाटतं. दुर्दैवानं हा विचार आपल्याकडे अजून मान्य झालेला आढळत नाही आणि कुणाची पेटी चढी आहे, कुणाची पेटी खालची आहे अशा तऱ्हेची भाषा ऐकू येते. प्रमाणीकरण केल्यास हा दोष जाईल.

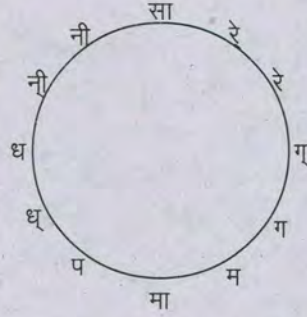
असमान राग

पट्ट्या त्याच असल्या तरी जर षड्ज बदलला तर राग कसा बदलतो, ते पाहणं मजेचं आहे. ते आणि त्यामागचं गणित समजून घेऊ. पेटीचे स्वर पाश्चात्य पद्धतीचे असल्यामुळं कोणत्याही पट्टीपासून, म्हणजे कोणतीही पट्टी षड्ज मानून सुरवात करता येते, हे आधी पाहू.

याचं गणित काय? मूळ सा पासून इतर स्वरांचं सापेक्ष स्थान (अंतर) हेच रागाच्या दृष्टीनं महत्वाचं असल्यामुळं स्वर (म्हणजे पट्ट्या) तेच ठेवले आणि षड्ज वेगळा घेतला तर रागाचं स्वरूप एकदम कसं पालटून जातं, तेही पाहू.

एक सप्तक संपल्यानंतर दुसऱ्या सप्तकात तेच स्वर त्याच क्रमानं येतात, हे आपण पाहिलंच आहे. फक्त त्यांच्या कंप्रता दुप्पट असतात, इतकच. पण आता जे मी सांगणार आहे, त्या दृष्टीनं हा अडथळा नसून उलट सोय आहे. आता स्वर तेच असल्यामुळं आपल्याला त्यांची मांडणी वर्तुळाकार करता येईल. पुढची आकृती पहा.

वर्तुळाच्या शीर्षस्थानी सा लिहू. योगायोगानं स्वरही बाराच असल्यानं ते घड्याळाप्रमाणं दाखवता येतील. सा ला आपण पहिला स्वर म्हटलं तर, हे स्वर क्रमानं



रे दुसरा, रे तिसरा ... नी अकरावा येतात, हे लक्षात घ्या. म्हणजेच आपण जर 'ग' हा पहिला स्वर म्हणजे सा म्हणून सुरुवात केली तर, रे च्या जागी म, रे जागी मा, ..., नी च्या जागी ग राहिल. आणि सा' च्या जागी ग' येईल. आणि जसं घड्याळात तेरा वाजले की आपण एक वाजला असं म्हणतो, तसंच नी नंतर पुन्हा सा म्हणता येतं. सोयीसाठी हे क्रमांक पुढीलप्रमाणे लिहू.

तेरावा स्वर म्हणजे सां. म्हणजे पुन्हा पहिलाच स्वर. हे काहीसं घड्याळासारखंच झालं नाही का? तर मग, यानंतर घड्याळाप्रमाणंच चौदा म्हणजे दोन, पंधरा म्हणजे तीन, इत्यादी घ्यायचं एवढं लक्षात ठेवा. आपल्याला हे कोष्टक सतत लागणार आहे. तरी ते सतत समोर ठेवावं. एखाद्या रागात फक्त शुद्ध स्वर लागत असेल तर काय होतं? म्हणजे कोणते स्वर घ्यावे लागतात ?

सा	रे	रे	ग	ग	म	मा	प	ध	ध	नी	नी	सां
१	२	३	४	५	६	७	८	९	१०	११	१२	१

कोष्टक पहा. १, ३, ५, ६, ८, १०, १२ आणि १३ म्हणजेच १.

ह्यांतल्या स्वरांची षड्जापासून अंतरं २, ४, ५, ७, ९, ११ आणि १२ अशी आहेत. याचा अर्थ असा की कोणत्याही सुराला सा म्हटलं आणि त्याच्यापासून ह्या अंतरावर असणारे सूर म्हटले की पुन्हा आपल्याला शुद्ध स्वरच ऐकू येतील.

उदाहरणार्थ, आपण ग ला पहिला स्वर किंवा सा म्हटलं, असं समजू. ग चा क्रमांक किती? - ५. त्यात क्रमशः वरील अंतरं मिळवून आपल्याला पुढील क्रमांकाचे स्वर मिळतात.

७, ९, १०, १२, १४, २, ४, ५ याचा अर्थ असा की आपण ह्या क्रमांकाच्या पट्ट्या वाजवल्या की आपल्याला पुन्हा थोड्या वरच्या पट्टीतले सारेगमपधनीसां च ऐकू येतील. कारण? पुढच्या स्वरांची आरंभीच्या स्वरापासूनची अंतरं (सापेक्ष स्थानं) महत्वाची. पण, पट्ट्या बदलतात, हे लक्षात घ्या. मुळातल्या ३, ६ आणि ८ ह्या पट्ट्या गेल्या आणि २, ४, ७ ह्या नवीन आल्या. पुढच्या चर्चेकरता हे सर्व मुद्दे लक्षात ठेवावेत.

आता उलट विचार करू. आरंभीची पट्टी वेगळी घेऊ. पण आता अंतरं तीच ठेवण्याऐवजी पट्ट्या त्याच ठेवू. फक्त आपण रे पासून म्हणजे तिसऱ्या स्वरापासून सुरुवात करू. आणि पट्ट्या त्याच ठेवल्या तरी षड्जाच्या सापेक्ष अंतरं बदलणार असल्यानं स्वरही बदलतील परिणामी रागही बदलेल. ३ पासून सुरू करून त्याच पट्ट्यांचे

क्रमांक त्याच क्रमानं लिहू. (पहिली ओळ) आणि नंतर, नवीन क्रमात असलेल्या अंतराप्रमाणं ३ च्या जागी १, ५ च्या जागी ३ इ. (दुसरी ओळ) लिहू. कोणते क्रमांक मिळतात?

३ ५ ६ ८ १० १२ १ ३ पहिली ओळ
१ ३ ४ ६ ८ १० ११ १ दुसरी ओळ

पण ह्या क्रमांकाचे स्वर कोणते? सा, रे, ग, म, प, ध, नी, सां. मुळात शुद्ध स्वरांच्याच पट्ट्या वाजवल्या होत्या. पण आपल्याला शुद्ध स्वरांचा राग ऐकू येत नाही. तर हे काफ़ी रागाचे स्वर असल्यानं तो रागच ऐकू येतो. याचा अर्थ असा की आपण षड्ज, म्हणजे आरंभीचा स्वर निराळा घेतला आणि पूर्वीच्याच पट्ट्या वाजवल्या, तर निराळा राग मिळतो, याचं मुख्य कारण, केवळ पट्ट्या कोणत्या आहेत हे महत्वाचं नसून षड्जापासूनची स्वरांची सापेक्ष अंतरं महत्वाची आहेत आणि शुद्ध स्वरच मुळात सांख्या अंतरावर नाहीत.

हे विवेचन काहीसं गुंतागुंतीच आहे. ते पुन्हा वाचायला हवं म्हणजे पुढची चर्चा चांगली समजेल. या शिवाय स्वरांच्या क्रमांकाच कोष्टक सदैव आपल्यासमोर ठेवायला हवं.

दुर्गा रागाचा साधेपणा फक्त भारतीय गुणोत्तरापुरतांच मर्यादित आणि गणिती दृष्टीनंच आहे. पण, आपण संवादिनी वापरणार असल्यानं साधेपणा आता गौण आहे. मुख्य षड्ज आणि त्याच्यापासून स्वरांची सापेक्ष अंतरं, महत्वाची होत. दुर्गा

रागाचे स्वर सा, रे, म, प, ध, सां आणि त्यांचे क्रमांक १, ३, ६, ८, १०, १ असे.

रे ला सा मानू मात्र पट्ट्या मात्र त्याच ठेवू आणि आधी त्या पहिल्या ओळीत ३ पासून पूर्वीच्याच क्रमानं क्रमांक लिहू नंतर ३ च्या जागी १ लिहून बाकीचेही तसेच बदलू.

(दुसरी ओळ) मग
३ ६ ८ १० १ ३
१ ४ ६ ८ ११ १

असे स्वरक्रमांक येतील, आणि स्वर सा, ग, म, प, नी, सां असे मिळतील. ह्या रागाचं नाव धानी आहे. म्हणजे स्वर जरी तेच असले तरी षड्ज बदलल्यामुळं निराळा राग मिळाला.

आता म ला म्हणजे ६ ह्या स्वराला सा म्हणू तर षड्ज बदलल्यामुळं आपल्याला दुर्गा राग वाटणार नाही. कोणता राग वाटेल? आरंभ बदलून दुर्गाचे स्वरक्रमांक

६ ८ १० १ ३ ६
१ ३ ५ ८ १० १

नंतर ६ जागी १ घेतल्यास ८ जागी ३, इत्यादी क्रमांक घ्यावे लागतील. कोणते क्रमांक येतात? (दुसरी ओळ) आणि स्वर? सा, रे, ग, प, ध, सां. हे भूपचे स्वर आहेत, हे संगीतज्ञांना माहितच आहे. दुर्गा रागात पाच स्वर असल्यामुळे (दुर्गा सोडून) आणखी दोन प्रकारे हा प्रयोग करता येईल.

आपण करूनच पाहू

८ (प) पासून दुर्गाचे स्वर लिहू.

८ १० १ ३ ६ ८
१ ३ ६ ८ ११ १

त्यांचे क्रमांक बदलून असे येतात. आणि स्वर सा, रे, म, प, नी, सां, हे मधमाद सारंगाचे स्वर आहेत.

आता १० (ध). त्याच्यापासून सुरु करू. त्याच्या जागी सा घेऊ. आधी त्या क्रमांकापासून स्वर लिहू.

१० १ ३ ६ ८ १०
१ ४ ६ ९ ११ १

१० च्या जागी १ लिहू. आणि क्रमानं पुढचेही बदलू. स्वरक्रमांक वर दाखवले आहेत. म्हणजे सा, ग, म, ध, नी, सां हे स्वर मिळाले. हा मालकंस आहे.

ह्यातली गंमत ध्यानात आली का? त्याच पट्ट्या वाजवल्या, पण षड्ज मात्र बदलले. सापेक्ष अंतर बदलल्यामुळे दुर्गा रागापासून क्रमानं धानी, भूप, मधमाद सारंग आणि मालकंस असे निराळे आणखी चार राग मिळाले. तसा ह्या रागांचा परस्पर काही संबंध नसेलही. ते एका थाटातले नसतील. (रागांच्या वर्गाना थाट म्हणतात.) त्यांच्या गायच्या/वाजवायच्या वेळाही वेगवेगळ्या असतील. तरीही ह्या पाचही रागांत आणखी एक साम्य आहे. हे सारेच राग अतिशय मधूर म्हणून प्रसिद्ध आहेत.

ह्या पाच रागांची आणखी एक गंमत अनुभवण्यासारखी आहे. हे पाचही राग फक्त काळ्या पट्ट्यांच्या साह्यानं वाजवता येतात. काळी एक ला सा म्हटलं तर दुर्गा, काळी दोन सा घेतला तर, धानी, काळी तीनला सा म्हटलं तर भूप, काळी चारला सा म्हटलं तर मधमाद सारंग आणि काळी पाच सा

घेतल्यास मालकंस, असे पाचही राग फक्त काळ्या पट्ट्यांच्या साह्यानं वाजवता येतात, घरी संवादिनी असेल तर तीवर प्रयोग करून पहावा. या प्रकारे, प्रत्येक रागापासून असे राग मिळतीलच असे मात्र नव्हे, कारण, भारतीय संगीताची काही मूलभूत बंधनं असतात. ती पाळावी लागतात. तरीही उत्सुकता असेल तर आणखी काही जोड्या देतो. ज्यांना हौस असेल आणि संगीतात रस असेल त्यांनी हे प्रयोग अवश्य करून पहावेत. त्याचा आनंद मिळाल्याशिवाय राहणार नाही.

शिवरंजनी स्वर सा, रे, ग, प, ध, सां. आपण रे ला षड्ज घ्यायचं ठरवू. क्रमांक १, ३, ४, ८, १०, १ बदलून, ३ पासून सुरु करून नंतर ३ च्या जागी १ इत्यादी.

३, ४, ८, १०, १, ३
१, २, ६, ८, ११, १

असे स्वरक्रमांक मिळतात. आणि स्वर सा, रे, म, प, नी, सां असून ते बैरागी रागाचे स्वर आहेत. मिश्र शिवरंजनीमध्ये कधी कधी शुद्ध ग चा उपयोग करतात. हां बैरागीत शुद्ध रे होतो सुरेश वाडकरांनी ओंकारस्वरूपा ह्या गाण्यात शुद्ध रे चा ओझरता पण, सुंदर वापर करून माधुर्य आणलं आहे.

कलावतीचे स्वर सा, ग, प, ध, नी, सां. असे आहेत. प्रसाद सावकारांचं जय गंगे भागीरथी, हे गाणं ह्या रागात आहे. आता स्वरांचे क्रमांक मांडू. आणि प च्या जागी षड्ज म्हणजे ८ च्या जागी १ घेऊन.

८ १० ११ १ ५ ८
१ ३ ४ ६ १० १

स्वरक्रमांक असे मिळतील. म्हणजे स्वर सा, रे, ग, म, ध, सां. आणि हा अभोगी राग आहे.

किरवाणी रागाचे स्वर सा, रे, ग, म, प, ध, नी, सां, त्याचे क्रमांक १ ३ ४ ६ ८ ९ १२ १ आधी ८ पासून हेच स्वर पुन्हा मांडू आणि मग, प च्या जागी षड्ज घेऊ. म्हणजे ८ च्या जागी १ इत्यादी

८ ९ १२ १ ३ ४ ६ ८
१ २ ५ ६ ८ ९ ११ १

स्वरक्रमांक असे आणि स्वर सा, रे, ग, म, प, ध, नी, सां. ह्या रागाला सिंधु भैरवी म्हणतात, असं मी ऐकलं आहे. माझी खात्री नाही. कुणी संगीतज्ञांनीच खुलासा केला तर चांगलं.

समारोप : संगीताच्या मागंही किती गणिती विचार असू शकतो, हे दाखवण्याचा माझा उद्देश वाचकांच्या लक्षात आला असेल, तर माझ्या प्रयत्नांचं सार्थक झालं असं मी समजेन. प्रतिक्रियांची अपेक्षा करू का?

शॅवटी, आणखी एक. मी संगीतज्ञ नाही. तेव्हा, त्या दृष्टीनं माझ्या काही चुका झाल्या असणं असंभवनीय नाही. त्या कुणी नजरेस आणल्या तर मी त्यांचा अत्यंत आभारी राहीन.



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

अॅडम आणि इव्हचा शोध

भाग - 9

लेखक : जॉन टिअरनी, लिंगा राइट, कारेन स्पिंगेन • अनुवाद : गो. ल. लॉडे

मानवाचा उगम हा विषय अभ्यासक आणि संशोधकांना गेली अनेक वर्षे भुरळ पाडतो आहे. अत्याधुनिक जैवशास्त्र आणि तंत्रज्ञानाच्या मदतीने या विषयाचा धांडोळा घेतल्यावर काय आढळलं ?

शास्त्रज्ञ तिला आद्य स्त्री म्हणतात, पण जरा नाराजीनेच. इव्हचे नुसते नाव उच्चारले तरी कितीतरी चुकीच्या कल्पना डोळ्यासमोर येतात. बायबलमधील गोष्टींवरून आपापल्या प्रतिभेप्रमाणे लोकांनी तिच्याविषयी कल्पनाचित्र उभे केले. कोणी तिला आरस्पानी सौंदर्य बहाल केले, कोणी तिला विषयासक्त स्त्री म्हटले, तर कोणी तिचे वर्णन नम्र, सहनशील, त्यागी, दुसऱ्याला आपले सर्वस्व देणारी, असे केले.

मानवाचा उगम, विकास, संस्कृति या विषयाचा अभ्यास व संशोधन करणाऱ्या संशोधकांनी गेल्या १० वर्षांत इव्हबद्दलच्या अनेक कल्पना मोडीत काढल्या. त्यांनी असे मत मांडले की, इव्ह ही काळ्या केसांची व काळ्या वर्णाची स्त्री होती. आफ्रिकेतील सॅव्हानाच्या गवताळ प्रदेशात ती अन्न मिळवण्यासाठी भटकत होती. ती मार्टिना नवरातिलोव्हासारखी (किंवा तिच्यापेक्षा

जास्तच) दणकट होती. शिकारीसाठी बहुतेक वेळा ती दगडी हत्यारे वापरीत असावी व प्राण्यांना स्वतःच्या हाताने फाडून खात असावी. कल्पनेप्रमाणे ती नाजूक नव्हती किंवा आकर्षकही नव्हती. ती बहुप्रसवा होती. जगातील सर्व ठिकाणी मानवजातीत तिचे वंशज वावरत आहेत, आणि जगभरातले ५ महापद्म (पाचावर बारा शून्ये) लोक रक्ताच्या नात्याने एकमेकांना जोडले गेले आहेत. ढोबळमानाने असे म्हणता येईल की ती आपली दहा हजाराव्या पिढीतील आजी आहे.

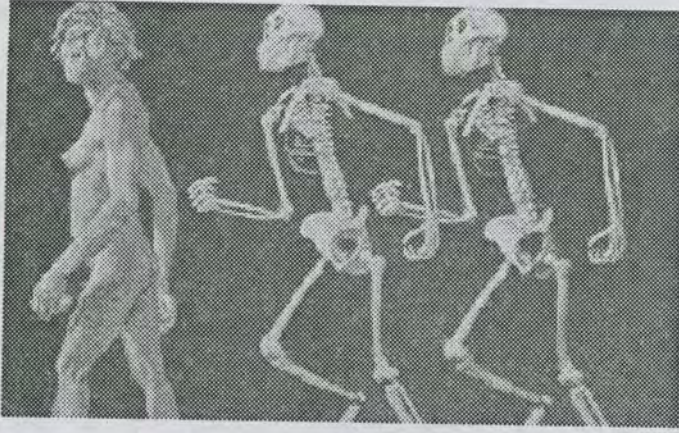
शास्त्रज्ञांनी जेव्हा त्यांचे संशोधन १९८७ साली जाहीर केले तेव्हा मानव जातीच्या उत्पत्तिबद्दलचा प्रश्न पुन्हा ऐरणीवर आला. बायबल हा धर्मग्रंथ लिहिला गेला त्याच्या पुष्कळ पूर्वीच मानव जात वावरत होती याबद्दल लोकांना खात्री होती. बायबलमधील अॅडम आणि इव्हची गोष्ट

जास्तीत जास्त पाच हजार वर्षापूर्वीची आहे. या गोष्टी तिखटमीठ लावून एका पिढीकडून दुसऱ्या पिढीकडे जात राहिल्या. शास्त्रज्ञ आणि कथाकारांनी त्यातील मूळ मुद्दा मात्र सोडला नाही, आणि तो म्हणजे आपला सर्वांचा एकच पूर्वज जगात कोठेतरी बावत असावा, आपण सर्वजण त्याचे वंशज आहोत. आद्य स्त्रीचा आपण शोध लावला आहे असा शास्त्रज्ञांचा दावा नाही. मात्र इव्हबदल ते एक धक्कादायक विधान करतात. इव्ह २,००,००० (२ लक्ष) वर्षापूर्वी वावरत होती असे ते म्हणतात. यामुळे फक्त पुराणमतवादी गोंधळात पडले असे नाही तर, उत्क्रांतिबद्दल ज्यांची मते अगदी ठाम होती त्यांनाही एक प्रकारचे आव्हानच मिळाले. (बायबलमधील इव्ह ५९९२ वर्षापूर्वीची होती.)

पुरातत्त्वज्ञांमध्ये सर्वसाधारणतः जे वितंडवाद होत असतात, त्याच्यापेक्षाही जास्त तीव्र असा वाद इव्हमुळे निर्माण झाला आहे. कुणाला तरी सापडलेल्या जीवाश्म किंवा हाडांमुळे मानववंशासंबंधीच्या दुसऱ्या कुणाच्यातरी सिध्दांताचे खंडन होते, आणि त्यातून वाद उद्भवतात, असे अनेकदा घडते. इव्हवरून सुरू झालेल्या वादात मात्र एका नव्याच जातकुळीचे पुरातत्त्वज्ञ सहभागी झाले आहेत. हे लोक आफ्रिकेच्या दऱ्याखोऱ्यांत उत्खनन करत फिरत नाहीत, तर अमेरिकेतील वातानुकूलित

प्रयोगशाळांत काम करतात. रेण्वीय जीवशास्त्रात तरबेज असलेल्या या शास्त्रज्ञांनी आंतरराष्ट्रीय स्तरावर पेशींची प्रतवारी करून त्यातील नमुने निवडले. त्या नमुन्याच्या डीएनएच्या परीक्षणाने माग काढता काढता ते आद्य स्त्री पर्यंत जाऊन पोहोचले. काही शास्त्रज्ञांच्या मते इव्ह दक्षिण चीनमधील असावी. पण बरेचसे पुरावे असे दर्शवितात की तिचे वास्तव्य आफ्रिकेतील सहाराच्या जवळपास असावे. दरम्यान काही शास्त्रज्ञांनी आपल्या मूळ पुरुषाचा - अँडमचा - माग काढण्याचा प्रयत्न करण्यासाठी संशोधन केले. पण बहुतेक वेळा, पितृत्व शोधणे जरा कठिणच असते. अँडमचा माग काढणेही जास्त अवघड ठरले आहे.

आधुनिक मानव टप्प्याटप्प्याने आणि वेगवेगळ्या ठिकाणी उत्क्रांत न होता एकदम उत्क्रांत झाला असावा व मग त्याची वस्ती जगात ठिकठिकाणी झाली असावी असा निष्कर्ष या संशोधनातून निघू लागला. हा मुद्दा सगळ्यात जास्त वादग्रस्त होता. मानवाची प्राथमिक अवस्थेपासून होमो सेपियन या आधुनिक अवस्थेपर्यंतची उत्क्रांती एकाच ठिकाणी म्हणजे इव्हच्या कुटुंबात झाली असावी, असे या संशोधनातून दिसते. सुमारे ९०,००० ते १,८०,००० वर्षापूर्वी तिच्या वंशजांपैकी काहीजण आपला मायदेश सोडून बाहेर पडले. जिथे कुठे ते गेले तिथल्या स्थानिक माणसांच्या



उत्खननात सापडलेल्या काही हाडांवरून केलेली संपूर्ण सांगाड्याची आणि पुढे शरीररचनेची केलेली कल्पना (ऑस्ट्रेलोपिथेकस मानव)

प्रत्येक जमातीपेक्षा ते वरचढ ठरले असावेत. इव्हचे वंशज जसजसे इतस्ततः विखुरले, तसे त्यांनी ठिकठिकाणच्या स्थानिक लोकांची जागा घेतली, आणि सरतेशेवटी सर्व विश्व व्यापून टाकले.

उत्खननातून निघालेल्या दगडांचा व हाडांचा अभ्यास करणारे काही अभ्यासक या स्पष्टीकरणावर विश्वास ठेवतात पण काही शास्त्रज्ञांना आनुवंशिक पुराव्याचे असे विश्लेषण मान्य नाही. त्यांच्या मते मानव जमाती प्रथम आफ्रिकेतून बाहेर पडल्या व उत्क्रांत होत होत त्यांना आजचे स्वरूप प्राप्त झाले. ही गोष्ट १ लाख वर्षांपूर्वीची असावी असे ते मानतात. रीचर्ड लीकी या जुन्या जाणत्या उत्खननकाराने १९७७ मध्ये असे मत मांडले की आधुनिक मानव जगात फक्त एकाच ठिकाणी उत्पन्न झाला नसावा.

मानववंशशास्त्रज्ञ मात्र काहीतरी वेगळाच विचार करित होते. मानव वंशवृक्ष जगात नेमका कोठे अंकुरला असेल याबद्दल त्यांचे एकमत नसले, तरी सर्व मानवजातीचे मूळ एकाच आहे, याबद्दल मात्र कुणालाच शंका नाही. अश्मीभूत अवशेषांचा अभ्यासक व मीमांसक स्टीफन गूड तर त्याबाबतीत पैसे लावून पैज मारण्यास तयार होता. तो म्हणतो, “ठिकठिकाणच्या मानवांच्या तोंडवळा जरी भिन्न भिन्न वाटत असला तरी सर्व मानवजाती म्हणजे एकाच वृक्षाच्या निरनिराळ्या फांद्या आहेत. सर्व मानवजातीचे मूळ एकाच ठिकाणी आहे व ते अर्वाचीन काळातील असावे. आपण आत्तापर्यंत समजत होतो, त्यापेक्षा जास्त मौलिक असे हे जीवशास्त्रीय बंधुत्व आहे.”

रेण्वीय जीवशास्त्राचे अभ्यासक या

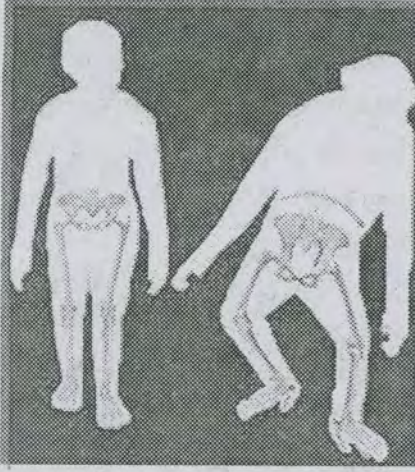
विषयाकडे वळण्यापूर्वी उत्क्रांतीमधील चिंपांझीचे स्थान महत्वाचे ठरवणारे पूर्वीचे पुरावे म्हणजे उत्खननात सापडलेली हाडे होती. पुरावा म्हणून सापडलेल्या हाडांचाच शास्त्रज्ञ अभ्यास करीत असत. १८५० मध्ये डार्विनने उत्क्रांतीचा सिद्धांत प्रसिद्ध केला. त्याच सुमारास जर्मनीमधील निअॅण्डर दरीमध्ये उत्खनन करणाऱ्या काही कामगारांना एक विचित्र-विलक्षण सांगाडा सापडला. एप (माणसाच्या आकाराइतकेच, पण शेंपूट नसलेले आफ्रिकन माकड) माकडासारखे त्याचे शरीर नैसर्गिकपणेच पुढच्या बाजूला झुकलेले, कुबड असलेले होते. तो एखाद्या प्राचीन वंशांचा अवशेष होता काय ? विनीच्या शास्त्रज्ञांनी या प्रश्नाचे नकारार्थी उत्तर दिले. मग तो कोण होता ? तो नेपोलिनकालीन युद्धातील मंगोल सैनिक असावा असे कोणी म्हणाले, तर सुप्रसिद्ध अशा शरीररचना शास्त्रज्ञांना तो सांगाडा आधुनिक काळातील वाटला.

पण नंतर युरोप आणि आशियाच्या पलिकडे असे पुष्कळ सांगाडे सापडू लागले. मानवाच्या उगम व विकासाचा अभ्यास करणाऱ्या तज्ञांच्या असे लक्षात येऊ लागले की ते सांगाडे अश्मयुगीन कालातील मानवाचे असावेत. त्या काळात वावरणारे हे निअॅण्डरथल मानव चांगलेच धष्टपुष्ट, केसाळ शरीराचे दाट भुवया असलेले होते. ३४,००० वर्षापूर्वीपर्यंत ते अस्तित्वात होते.

ते कसे नामशेष झाले हे गूढ शास्त्रज्ञांना उकलता आले नाही.

अर्वाचीन काळातील होमो सेपियन (आधुनिक) मानवाला कुबड नव्हते. (कुबड असलेला जो सांगाडा सापडला, तो कदाचित सांधेदुखीच्या रुग्णाचा असावा.) गुहेत रहाणाऱ्या प्राचीन रानटी मानवाच्या सांगाड्याशी होमोसेपियन सांगाडे जुळत नव्हते. या मानवाचा मेंदू आपल्या मेंदू एवढाच होता, पण कवटीची हाडे मात्र आपल्या कवटीच्या हाडापेक्षा जाड होती. जीवाश्मांवरून असे दिसते की ते दुर्बळ आणि वयस्कर माणसांची काळजी घेत असावेत व मेल्यानंतर त्यांना पुरून टाकीत असावेत. शेवटी, काही झाले तरी ते आपले पूर्वजच.

मध्यंतरी, म्हणजे साधारण ५० वर्षापूर्वी तर यापेक्षाही जुनी असलेली जावा आणि पेकिंग माणसांची हाडे आढळली. त्यांचा मेंदू लहान होता व शरीर खूप दणकट होते. हे सांगाडे ८,००,००० वर्षापूर्वीचे असावेत. कदाचित तेव्हाच मानवाच्या उत्क्रांतीची प्रक्रिया सुरू झाली असेल, कदाचित पुढे त्यांच्याच पिढ्या आधुनिक आशियायी म्हणून तर निअॅण्डरथल हे आधुनिक युरोपिन म्हणून उत्क्रांत झाले असतील. उत्क्रांतीची ही प्रक्रिया पार पडण्यास १ लाख वर्षेही लागली असतील. ते काहीही असले तरी असे दिसते की मानवाचे जे सांगाडे



ल्यूसी

चिंपांझी

शरीररचनेची तुलना

सापडले आहेत, त्यावरून त्यांच्या वंशावळीचा माग काढित गेल्यास तो थेट आफ्रिकेत जाऊन पोहोचतो. कारण १० लाख वर्षांपूर्वी मानव अस्तित्वात असल्याचे पुरावे फक्त आफ्रिकेतच मिळतात. शिकार करण्यासाठी वापरली जाणारी, त्या मानवाची आयुधे ही २० लाख वर्षांपूर्वीचीच आहेत. त्याच्याही आधीचा - तीस लाख वर्षांपूर्वीचा एका स्त्रीचा सांगाडा १९७४ साली इपिओपिआच्या वाळवंटात मिळाला. संशोधकानी तिचे नामकरण 'ल्यूसी' असे केले. तिची उंची साडेतीन फूट होती. एप व माणूस यांच्यामधली शरीररचना होती. ती ताठ उभी राहू शकत असावी. केव्हातरी ती आपल्या निकटच्या सस्तन पूर्वजापासून, चिंपांझीपासून उत्क्रांत झाली असावी.

पण केव्हां? पुष्कळशा मानव-वंशशास्त्रज्ञांच्या मते ही घटना १ कोटी ५० लाख वर्षांपूर्वीची असावी. कारण त्या कालखंडातील एपसदृश पूर्वज मानवाची हाडे सापडली. पण १९६७ साली बर्कले येथील कॅलिफोर्निया विद्यापीठाच्या व्हिन्सेंट सारी आणि अॅलन विल्सन आणि इतर मानववंश शास्त्रज्ञांनी या मताचे खंडन करणारे पुरावे सादर केले. त्या शास्त्रज्ञांनी बबून (आखूड शेपूट असलेला व आफ्रिका आणि दक्षिण आशिया खंडात आढळणारा मोठा वानर.), चिंपांझी व मानवाच्या रक्ताचे नमुने परीक्षणासाठी घेतले.

रक्तात एक असे प्रथिन असते, की त्या प्रजातीची उत्क्रांती होत असताना या प्रथिनात मंद व स्थिर गतीने बदल होतात, असे मानले जाते. शास्त्रज्ञांनी गोळा केलेल्या रक्ताच्या नमुन्यांतील या प्रथिनाच्या रेण्वीय संरचनेचा अभ्यास केला. चिंपांझी व बबून यांच्या रक्तातील प्रथिनांत खूपच भिन्नता होती. या दोन प्रजाती सुमारे ३ कोटी वर्षे एकमेकांपासून स्वतंत्रपणे उत्क्रांत होत असल्याने हे अपेक्षितही होते. मात्र चिंपांझी व माणूस यांच्या प्रथिनांत शास्त्रज्ञांना इतका थोडा फरक आढळला की त्यावरून चिंपांझी पासून मानवजात केवळ ५० लाख वर्षांपूर्वी उत्क्रांत झाली. असावी असा त्यांनी निष्कर्ष काढला. संशोधकांच्या दुसऱ्या गटाने वेगळ्या पध्दतीने संशोधन करून मानवजात

७० लाख वर्षापूर्वी उत्क्रांत झाली असावी असा निष्कर्ष काढला.

मानवाचा उगम केव्हा झाला असावा याविषयी पारंपरिक पुरातत्त्वज्ञांचे काही आडाखे होते. त्यांचे आडाखे ८० लाख ते १ कोटी वर्षांनी चुकतात हे त्यांनी मान्यही केले नाही व त्याच्याकडे लक्षही दिले नाही. हे असेच १० वर्ष चालले, त्यामुळे विल्सन बराच खिन्न झाला. विल्सनच्या संशोधनातील खरेपणा शेवटी आणखी काही हाडे सापडली तेव्हा सिद्ध झाला. दिवसेंदिवस आणखी जीवाश्म सापडत गेले व शास्त्रज्ञांच्या हे लक्षात येऊ लागले की दीड कोटी वर्षापूर्वीची हाडे मानवाची नव्हती, आणि अगदी अलिकडेच मानवजात चिंपांझीपासून वेगळी उत्क्रांत झाली.

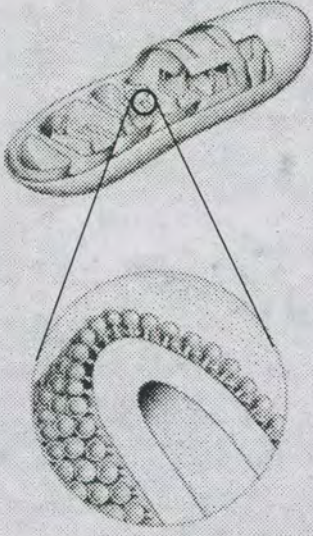
१९८६ साली विल्सनला मॅकआर्थर जिनिअस ग्रँट मिळाली. त्यामुळे त्याचा हुरूप वाढला. आता तो जास्त जोमाने, उत्क्रांतीविषयक संशोधन पूर्ण करण्याच्या कामाला लागला. त्याच्या प्रयोगशाळेकडून व एमरी विद्यापीठाच्या संशोधकांच्या गटाकडून इव्हच्या गृहीतकात सुधारणा होत होत्या. यातून मानवाचे वंश, एकमेकांपासून वेगळे होण्याची तारीखही अलिकडे येऊ लागली आणि पुन्हा एकदा विल्सनला विरोधाला सामोरे जावे लागले. त्याने निअॅण्डरथल व पेकिंग मानव आपल्या वंशावळीतून वेगळे केले, व त्यांची रवानगी

मानव-वंशवृक्षाच्या न वाढणाऱ्या शाखांकडे केली, हे काही पुरातत्त्वज्ञांना खटकले. पूर्वी त्याच्यावर टीका झाल्याची आठवण देत देत विल्सनने सांगितले की हळूहळू त्यांचे मतपरिवर्तन होईल आणि ते आपल्याशी सहमत होतील.

इव्हचा शोध लावण्यासाठी रिबेका कॅन या संशोधिकेने १४७ गरोदर स्त्रियांचा पाठपुरावा करून आपापल्या गर्भाची नाळ संशोधनासाठी दान करावी यासाठी त्यांचे मन वळवले. नाळ मिळवणे, हा मोठ्या प्रमाणावर शरीरातील ऊती मिळवण्याचा अगदी सोपा मार्ग होता. बर्कले येथील जीवशास्त्रज्ञ मार्क स्टोनकिंग, आणि विल्सनबरोबर काम करणाऱ्या कॅनने या कामासाठी काही अशा अमेरिकन स्त्रिया निवडल्या की त्यांचे पूर्वज आफ्रिका, युरोप, मध्यपूर्व आणि आशिया या भागातील होते. तिच्या न्यूगिनी आणि ऑस्ट्रेलियन सहकाऱ्यांना या कामासाठी त्या त्या ठिकाणच्या आदिवासी स्त्रिया मिळाल्या. मुलांच्या जन्मानंतर नाळ गोळा करून, गोठवून त्यातील ऊतींचा सूक्ष्म अभ्यास बर्कले येथील विल्सनच्या प्रयोगशाळेत सुरू झाला. त्यातील डीएनए त्यांनी शुद्ध स्वरूपात मिळवला.

मुलांच्या पेशीतील केंद्रस्थानी असलेला आणि त्यांची शारीरिक गुणवैशिष्ट्ये ठरवणारा हा डीएनए नव्हता. हा डीएनए

मायटोकाँड्रिया



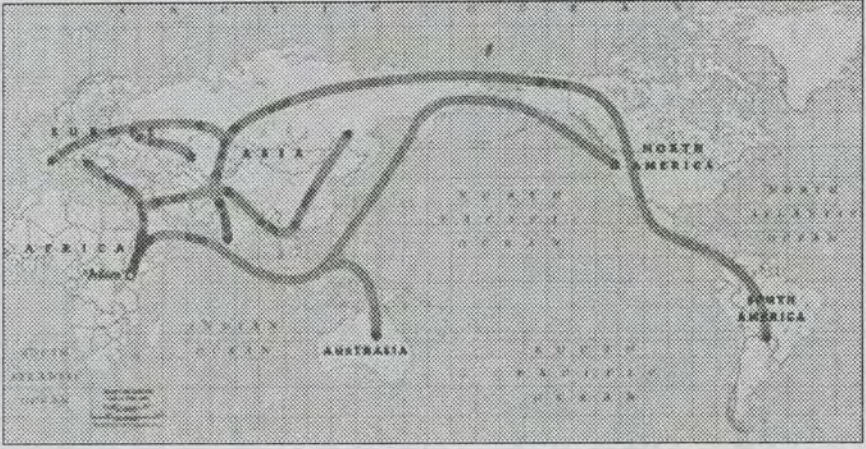
मायटोकाँड्रिया म्हणजे पेशींची उर्जाकेंद्रे. अन्नापासून आपल्या पेशींनी तयार केलेली शर्करा वापरून ही ऊर्जाकेंद्रे पेशींना विद्युतउर्जा पुरवतात. पेशींमधील डीएनए आणि ऊर्जा केंद्रातील डीएनए वेगवेगळे असतात.

ऊर्जाकेंद्रातील डीएनए हे फक्त आईकडूनच येतात. त्यात फरक होत नाही. त्यामुळे आईकडून मुलीकडे व मुलीकडून तिच्या मुलीकडे असा त्याचा प्रवास होतो. यातील बदल हे फक्त काळानुसार झालेले असतात. पेशींमधील डीएनए हे आई व वडील या दोघांकडून अर्धे अर्धे आलेले असल्याने त्यामध्ये सतत बदल व्हायला खूप वाव असतो.

पण उर्जाकेंद्रातील डीएनए चे बदल अभ्यासून आपल्याला मध्ये गेलेला काळ मोजता येतो. त्याचा जैविक घड्याळ म्हणून उपयोग करता येतो.

वेगळाच होता. पेशीचा केंद्रस्थानाच्या बाहेर असलेल्या मायटोकाँड्रिया (उर्जाकेंद्र) या भागातून हा डीएनए मिळाला होता. पेशी जिवंत रहाण्यासाठी पेशीला उर्जा पुरवणे हे ऊर्जाकेंद्राचे काम असते. उर्जाकेंद्रातही जनुके (जीन्स) असतील याची १९६० च्या दशकापर्यंत शास्त्रज्ञांना कल्पना नव्हती. नंतर १९७० च्या दशकात असा शोध लागला की मायटोकाँड्रिया मधील डीएनए आईकडून मुलीकडे मुलीकडून तिच्या मुलीकडे म्हणजेच स्त्रीकडून फक्त स्त्रीकडे या पद्धतीने

संक्रमित होतो. यामुळे या डीएनए चा उपयोग करून वंशावळीचा मागोवा घेणे शक्य आहे हे त्यांच्या लक्षात आले. पेशीच्या केंद्रस्थानी असणाऱ्या डीएनए मध्ये आईकडून व वडिलांकडून आलेल्या जनुकांचे मिश्रण असते तसे उर्जाकेंद्रातील डीएनए च्या बाबतीत नसते. हा डीएनए एक प्रकारे वंशाची नोंदच ठेवत असतो. दर पिढीगणिक त्याच्यात बदल होत नाही. जर नैसर्गिक बदल (म्युटेशन्स) झाले किंवा जनुकांच्या रचनेत चुकून काही बदल झाला तरच पुढच्या पिढीत



मानववंशाची सुरुवात आफ्रिकेत झाली आणि पुढे ते स्थलांतर करीत जगभर पोचले.
त्यांचा प्रवास दाखवणारा हा नकाशा.

डीएनए मध्ये बदल होतो. हा बदल अगदी बोटांच्या ठशांप्रमाणेच लक्षणीय असतो. एकाच प्रकारचे दोन मायटोकॉण्ड्रियल डीएनए सापडणे जवळ जवळ दुरापास्त असते.

म्युटेन्सचा अभ्यास करण्यासाठी बर्कले येथील संशोधकांनी डीएनए च्या प्रत्येक नमुन्याचे अगदी लहान तुकडे केले आणि इतर वंशातील अर्भकांच्या डीएनए च्या तुकड्यांशी त्यांची तुलना केली. त्या नमुन्यांमध्ये अगदी स्पष्टपणे फरक जाणवला. पण आश्चर्य-कारकरित्या तो अगदी कमी प्रमाणात होता. यावर स्टोनकिंग म्हणतो 'आपली प्रजाती तुलनेने तरूण आहे. त्यामुळे आपल्या निरनिराळ्या वंशांमध्ये अगदी थोडा-नगण्य फरक आहे. उर्जाकेंद्रातील डीएनए च्या भाषेत बोलायचे

तर, इतर पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या किंवा सस्तन प्राण्यांच्या जातीमध्ये जितके जवळचे नाते आहे. त्यापेक्षाही मानवाच्या वंशांमधील नातेसंबंध जवळचा आहे.' न्यू गिनीच्या एखाद्या माणसाचा (उर्जा केंद्रातील) डीएनए आशियाच्या माणसाच्या डीएनए शी जितका मिळता-जुळता आहे, तितका तो न्यू गिनीच्या दुसऱ्या काही माणसाच्या डीएनए शी मिळता जुळता नाही असे आढळते.

वेगवेगळ्या वंशांच्या माणसांत बाह्यरूपात जाणवणाऱ्या फरकांच्या पार्श्वभूमीवर जरा चमत्कारिक वाटते. पण प्रत्यक्षात आपल्याला जाणवणारे बदल अगदीच किरकोळ स्वरूपाचे आहेत. उदा. ठिकठिकाणच्या वातावरणाला सामोरे जाताना तिथल्या मानवात अगदी सावकाश

अनुकूलन होत गेले. आफ्रिकन मनुष्य तेथील उन्हाला तोंड देता देता कृष्णवर्णीय झाला, तर सूर्यप्रकाशातील अतिनील किरणांपासून ड जीवनसत्व मिळवण्याच्या प्रयत्नात युरोपातील मनुष्य गौरवर्णीय झाला. कातडीचे असे वेगवेगळे रंग उत्पन्न होण्यास काही हजार वर्षे लागली असतील. महत्वाचे बदल उदा. - मेंदूच्या आकारमानातील बदल - होण्यास मात्र काही लाख वर्षे लागू शकतात.

अर्भकांच्या डीएनए च्या अभ्यासावरून शास्त्रज्ञांना मानवाच्या वंशवृक्षाची कल्पना आली. त्या वंशवृक्षाचे मूळ आफ्रिकेत आहे हे त्यांना समजले. डीएनए चे त्यांनी दोन गटात वर्गीकरण केले. एका गटाचे डीएनए त्यांना फक्त अर्वाचीन आफ्रिकन वंशजात आढळले आणि दुसऱ्या गटाचे डीएनए त्यांना इतर लोकांमध्ये सापडले. आफ्रिकन गटातील डीएनए मध्ये त्यांना भरपूर विविधता आढळली. याचा अर्थ या डीएनए मध्ये सर्वाधिक म्युटेशन झाली आहेत, म्हणजेच हे डीएनए सर्वात आधीपासून अस्तित्वात आहेत. यामुळे असे वाटत होते की ही मानव वंशवृक्षांची सर्वात लांब शाखा होती. म्हणजेच या वंशवृक्षाची सुरुवात आफ्रिकेत झाली. केव्हा तरी काही आफ्रिकनांनी परदेशात जाऊन तेथे वस्ती केली आणि त्यांच्यापासून डीएनए ची आणखी एक शाखा तयार झाली व जगात सर्वत्र पसरली.

सर्व अर्भकांच्या डीएनएचा अभ्यास केला त्यावरून मानववंशवृक्ष कसा बहरत गेला, या मूळ कोड्याचा शास्त्रज्ञांनी मागोवा घेतला. तो मागोवा शेवटी फक्त एकाच स्त्रीपर्यंत पोहोचत होता, यात आश्चर्य वाटण्याजोगे काही नव्हते. निदान संख्या-शास्त्रज्ञांना तरी यात काही आश्चर्य वाटले नाही. विल्सन म्हणतो 'अशी कुणीतरी एखादी भाग्यशाली आई असणारच. पण तिला इव्ह म्हणावे की नाही याची मला जरा शंका वाटते. कारण मग त्यातून असा अर्थ ध्वनित होतो की त्यावेळी फक्त दोघेच अस्तित्वात असतील (एक पुरुष आणि एक स्त्री) पण आम्हाला तसे म्हणायचे नाही. आम्हाला असे म्हणायचे आहे की त्यावेळी समाजात पुष्कळ स्त्रिया व पुष्कळ पुरुष असतील. त्यांची संख्या किती असेल याची कल्पना नाही; कदाचित काही हजार स्त्री-पुरुष त्यावेळी समाजात असतील.' त्या समाजातील इतरही बऱ्याच स्त्रिया आपल्या पूर्वज असतील असे मानायला काही हरकत नाही. कारण त्यांचीही जनुके त्यांच्या मुलाबाळांमध्ये संक्रमित झाली असतील हे संक्रमण पिढ्यान् पिढ्या चालू राहिले असेल व आपल्यापर्यंत पोहोचले असेल. पण कधीतरी ही इतर ऊर्जाकेंद्रातील जनुके बेपत्ता झाली असतील कारण त्यांच्या कोणत्या तरी वंशजाला मुली झाल्याच नसतील, वरवर पहाता, मायट्रोकाँड्रियल डीएनए चे मूळ

उगमस्थान म्हणजे एक स्त्री आहे हे असंभवनीय वाटते परंतु संभाव्यतेच्या (Probability) नियमांच्या कसोटीवर हे पूर्णपणे सिद्ध झालेले आहे.

गणितातील अशाच प्रकारचे उदाहरण घेऊन ही गोष्ट पटवून देता येईल. उर्जाकिंद्रातील जनुकांप्रमाणेच आडनावेही पुढच्या पिढीत संक्रमित होतात (बापाकडून, मुलाकडे, मुलाकडून त्याच्या मुलाकडे याप्रमाणे). जर मुलाने लग्न केले, आणि त्याला दोन मुले झाली, तर ४ शक्यतांपैकी एक शक्यता अशी आहे की त्याला दोन्ही मुलीच झाल्या असतील. कदाचित त्याला मूलबाळ झालेही नसेल, हीही एक शक्यता आहे. अशा रितीने कधीतरी एक पिढी अशी येते, की त्यात मुलगा जन्मतच नाही आणि त्या घराण्याचे मूळ आडनाव खंडित होते. अशा रितीने आडनावांचा लोप होत जातो. २० पिढ्यांनंतर मूळच्या शंभर आडनावांपैकी नव्वद आडनावांचा लोप होतो. पॅसिफिक महासागरातील पिटकॅरीअन बेटाचा दाखला देतांना ॲव्हॉइस हा वंशतज्ञ म्हणतो. 'पूर्वी निर्जन असलेल्या या बेटावर १७९० साली

१३ ताहिती स्त्रिया, व ६ ब्रिटीश खलाशांनी प्रथमच वस्ती केली. त्यांच्या केवळ ७ पिढ्यांनंतर सुरुवातीची निम्मी आडनावे लुप्त झाली. जर हे बेट तसेच एकाकी राहिले असते, तर सरतेशेवटी आडनाव एकच राहिले असते. अशा परिस्थितीत, त्या बेटाला भेट देणाऱ्या कोणालाही असेच वाटेल की या बेटावरील रहिवासी एकाच मूळ पुरुषाचे वंशज आहेत. त्या मूळ पुरुषाला आपण पिटकॅरीअन ॲडम म्हणू शकतो.

आज आढळणारे सर्व मानववंश एकाच स्त्रीचे वंशज कसे काय ? तेव्हाच्या इतर स्त्रियांचे काय झाले ? याबद्दल पुढील अंकात वाचू.

स्रोत : Best Science Writing : Readings & Insights जानेवारी १९८८ च्या 'न्यूजवीक' मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या या लेखाला विज्ञानलेखनाचे पारितोषिक मिळाले होते.



लेखक : जॉन टिअरनी, लिंडा राइट,
कारेन स्प्रिंगेन

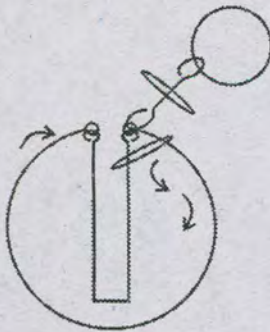
अनुवाद : गो. ल. लॉडे, निवृत्त प्राचार्य.

- The सेंट was सेंट to the market to buy a सेंट for a सेंट. या वाक्यातील सेंटची चार स्पेलिंग्ज तुम्हाला येतात ना ?
- He सेल्स to सेल सेल्स. या वाक्यातील सेलच्या तीन स्पेलिंग्जपेक्षा वेगळा एक सेल तुम्हाला माहित असेल.

जयंत जोशी, मुरुड, जंजिरा

कोडीच कोडी

अंदाजे एक वर्षापूर्वी MENSA च्या कार्यशाळेमध्ये ४० मुला-मुलींच्या बरोबर तास-दीड तास वेळ घालविण्याचा सुयोग आला. त्यावेळी मी तारेची काही कोडी त्यांना सोडविण्यास दिली. कोड्याचे चित्र फळ्यावर काढण्यास सांगितले. कोडे कसे सोडवावयाचे याचा विचार करून त्याचे उत्तर सुचल्यास माझ्याकडील कोडे घेऊन ते मला सोडवून दाखवावयाचे असे ठरले. बऱ्याच मुला-मुलींनी कोडी सोडविली. तो वेळ कसा गेला ते कळलेच नाही. त्यांचा उत्साह, आनंद व जिद्द पाहून मनात आले की तो आनंद जास्त मुलांना मिळायला हवा. तो आनंद मी लहानपणी ७० वर्षापूर्वी तर घेतलाच, अजूनही घेतो. गेल्या वेळी तुम्ही ही कोडी बनवलीत ना? या अंकात त्या पुढची काही कोडी बनवा आणि सोडविण्याचा प्रयत्न करा. कोडी बनविण्यास एक पक्कड, वायर कटर आणि तार एवढीच साधने लागतात. गेल्या अंकातील कोडी सोडविण्याबद्दल संक्षिप्त सूचना :

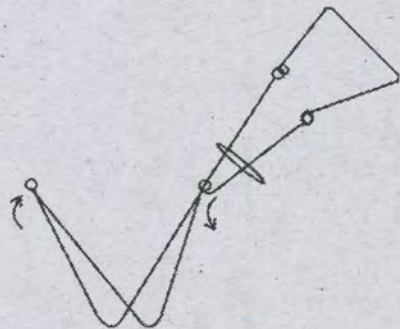


कोडे १ -

कोडे जोडाच्या ठिकाणी वाकवून रिंग एका जोडातून दुसऱ्या जोडाकडे नेल्यास ती बाहेर पडते.

कोडे २ व ३ -

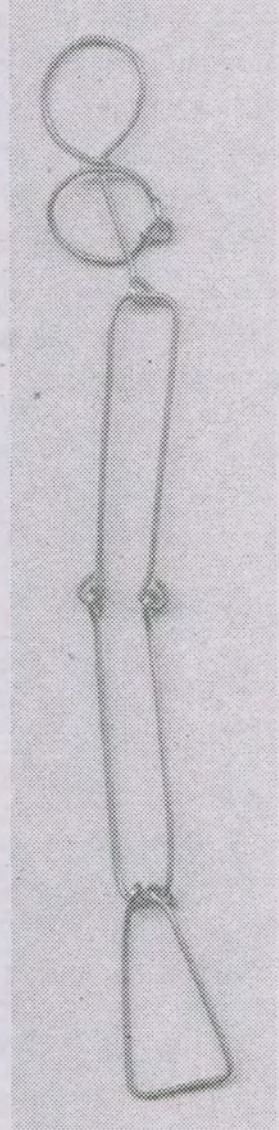
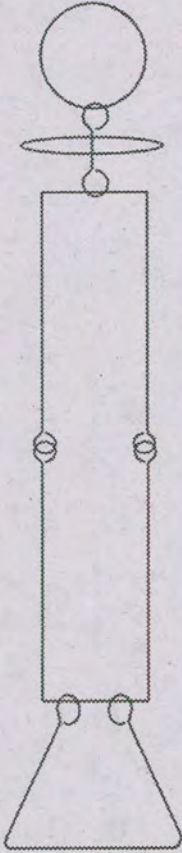
कोडे १ प्रमाणेच फक्त आकार वेगळा.

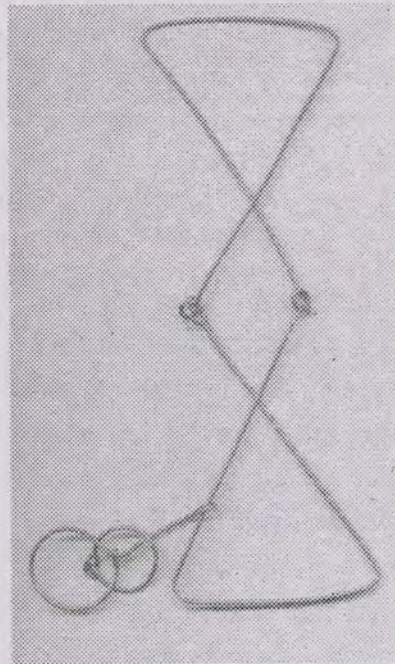
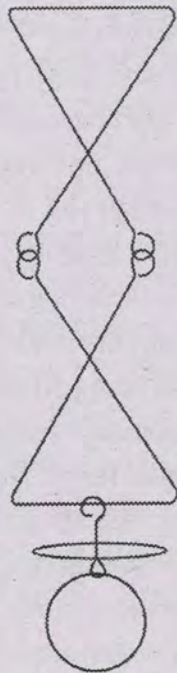
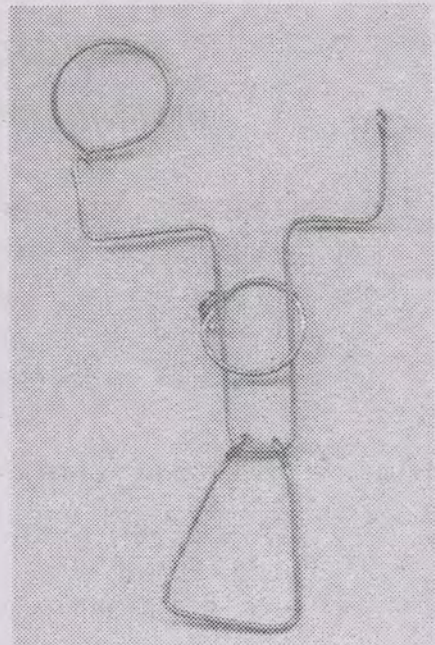
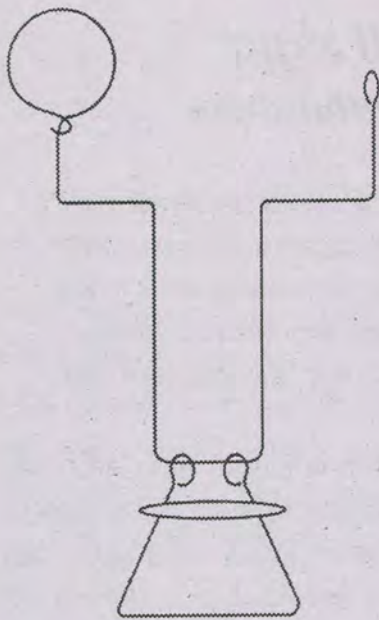


टीप : या सर्व कोड्यात रिंग बाहेर काढायची आहे. पण कोडे सोडविताना कोड्याचा आकार बदलता कामा नये.

- आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पुढील कोडी बनवा. मापांचा अंदाज प्रत्यक्ष चित्रावरूनच घ्या.
- सोडविण्याचा प्रयत्न करा.
- मागील पानावरील सूचना लक्षात घेऊन सोडविल्यास सोपे जाईल.

● डॉ. बी. आर. मराठे यांच्या संग्रहातून.





शास्त्रज्ञांशी संवाद

बालविज्ञान चळवळीचा उपक्रम

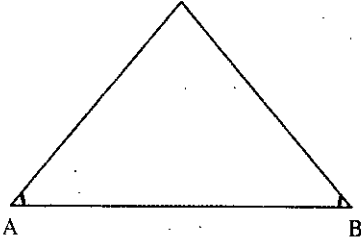
बालविज्ञान चळवळीच्या अनेक उपक्रमांपैकी एक उपक्रम म्हणजे शालेय विद्यार्थ्यांचा शास्त्रज्ञांशी संवाद. दर महिन्याच्या पहिल्या आणि तिसऱ्या शनिवारी पुण्यातील मुलांना ही संधी मिळते. २ ऑगस्टच्या कार्यक्रमात डॉ. वि.ग. भिडे यांनी शालेय विद्यार्थ्यांशी संवाद साधला. विषय होता 'ताऱ्यांचा जन्मेतिहास'. त्यातील काही भागावर आधारित हा वृत्तांत दिला आहे 'रवींद्र कदम यांनी.

आजच्या या धावपळीच्या यंत्रयुगात खरं तर कोणाला उसंतच मिळत नाही. परंतु जेव्हा रात्रीच्या रिकाम्या वेळी आपण आकाशाकडे पाहतो, तेव्हा आपल्याला लहानपणी शाळेत शिकविलेल्या 'Twinkle-Twinkle little star' गाण्याची आठवण झाल्याशिवाय रहात नाही. त्याबरोबरच मनात अनेक प्रश्न पडत असतात. हे तारे म्हणजे नक्षी काय असते ? ते का लुकलुकतात? त्यांना प्रकाश कुठून मिळतो? वगैरे वगैरे.

जेवढे जास्त तारे आपण पाहू तेवढा आपला अभ्यास व्यापक होणार. मग पहिली पायरी म्हणजे जास्तीत जास्त तारे कसे दिसतील याकडे लक्ष देणे. आपण जर रस्त्यावर उभे राहून आकाशाकडे नजर टाकली तर आपल्या आजूबाजूच्या प्रकाशामुळे आपल्याला दिसणाऱ्या ताऱ्यांच्या संख्येवर मर्यादा येतात. आपण उंच गच्चीवर अथवा टेकडीवर गेलो तर

दिसणाऱ्या ताऱ्यांची संख्या जास्त असते. तरीदेखील मानवाच्या नजरेला दिसणाऱ्या ताऱ्यांच्या संख्येवर मर्यादा आहेच. त्यावर मात करण्यासाठी नंतर दुर्बिणीचा शोध लागला. अधिक दूरचे तारे पाहण्यासाठी अशा दुर्बिणी उंच ठिकाणी वापरल्या जातात. ताऱ्यांचे फोटो काढणे शक्य व्हावे म्हणून बऱ्याच दुर्बिणींना कॅमेरा लावला जातो. पुण्याजवळील नारायणगावात देखील मोठी दुर्बिण बसविली आहे.

आपल्या मनात येणारा पहिला प्रश्न म्हणजे हे तारे किती दूर आहेत ? लांबच्या गोष्टीचे अंतर मोजण्यासाठी भूमितीचा वापर करता येतो. माहीत असलेल्या अंतरावरच्या दोन ठिकाणांपासून लांबची गोष्ट पहायची. ती कोणत्या दिशेला दिसते त्याचा कोन मोजायचा. जेव्हा दोन ठिकाणाहून दिसणारे कोन आणि त्यामधील बाजू माहीत होते तेव्हा त्रिकोणाच्या उरलेल्या बाजूची लांबी म्हणजेच लांबच्या वस्तूचे अंतर काढता येतं.



याच तत्त्वाचा उपयोग करून जवळच्या तान्यांचं आपल्यापासूनचं अंतर काढतात. हे अंतर मोजायला गेलो तर मिळणारी संख्या प्रचंड मोठी होत होती. त्यामुळे आपण पृथ्वीवर मोजतो त्या परिमाणात (म्हणजेच मीटर किंवा किलोमीटर मध्ये अंतर मोजणे सोईस्कर नव्हते. म्हणून मग आपण ते मोजण्यासाठी एक प्रकाशवर्ष या परिमाणाचा वापर करतो. एक प्रकाश वर्ष म्हणजे एका वर्षात प्रकाशाने ३ लक्ष किमी./सेकंद या वेगाने कापलेले अंतर, त्यानुसार एखादा तारा पृथ्वीपासून किती प्रकाशवर्ष दूर आहे, हे आपण मोजू शकतो. सर्वात जवळचा तारा आपल्याला ४३ प्रकाशवर्ष दूर आहे.

चंद्राचा प्रकाश पृथ्वीवर येण्यास १२ सेकंद लागतात तर सूर्याचा प्रकाश पृथ्वीवर पोहोचण्यासाठी साधारण ८ मिनिट लागतात. यावरून आपण असा निष्कर्ष काढू शकतो की आपण जो सूर्यप्रकाश पाहतो तो ८ मिनिट अगोदरचा असतो तर जो चंद्रप्रकाश पाहतो तो १२ सेकंद अगोदरचा असतो. जे तारे आपण पाहतो ते खरं तर भूतकाळातले असतात.

दुसरा प्रश्न म्हणजे या तान्यांचं तापमान किती असावं? त्यांच्या रंगावरून आपल्याला याविषयी काही अनुमानं काढता येतात. त्यासाठी आपण एक प्रयोग घरात देखील करू शकतो. विद्युत नियंत्रकाच्या सहाय्याने वेगवेगळा विद्युत प्रवाह वापरून एक बल्ब लावून पहा. आपल्याला असे लक्षात येईल की जेव्हा फिलॅमेंटची तार कमी तापमानाला असेल तेव्हा त्यातून निघणारा प्रकाश हा आपल्याला लालसर भासेल व जसजशी ती अधिक तापेल तसतसा त्यातून निघणारा प्रकाश हा पिवळसर होत जातो. आपण याच सिद्धांताचा वापर तान्यांवरील तापमान मोजतानाही करू शकतो.

तान्यांच्या वातावरणीतील घटक ठरविण्यासाठी तान्यांकडून येणाऱ्या प्रकाशाचा वर्णपट वापरता येतो. एखाद्या तान्यातून येणाऱ्या प्रकाशापासून त्यातील घटकांबद्दल अनुमान काढता येऊ शकते.

त्याचबरोबर सर्वात महत्त्वाची संकल्पना म्हणजे सापेक्ष वेग. तान्यांचा अभ्यास करताना ती देखील महत्त्वाची ठरते. त्यासाठी आपण एक साधा प्रयोग समजावून घेऊ. समजा मी माझ्या १० मित्रांना स्नेह भोजनासाठी माझ्या घरी बोलवले व ते सर्व बरोबर वेळेत माझ्या दारासमोर ओळीने उभे राहिले. मी जेव्हा त्यांचे एकाच जागी राहून स्वागत करित राहिलो, तेव्हा माझ्या असे लक्षात आले की एका मिनिटांत मी पाच

जणांचे स्वागत करू शकलो. परंतु हेच जर मी त्यांच्या विरुद्ध (समोरच्या) दिशेने चालून त्यांचे स्वागत करू लागलो तर एका मिनिटांत आठ जणांचे करू शकतो. म्हणजेच माझ्या आणि त्यांच्या वेगामधील फरकांवर व आमच्या दिशांवर हे अवलंबून असते. याच कल्पनेला सापेक्ष वेग असे म्हणतात.

ताऱ्यांच्या अनेक निरीक्षणात असे आढळून आले की दोन ताऱ्यांमधील अंतर वाढत चाललं आहे. हे असं का होतंय, ते समजून घेण्यासाठी आपण एक साधा प्रयोग करून पाहू. एक फुगा घ्या व त्यात थोडी हवा भरून तो फुगवा. त्यानंतर त्यावर तीन बिंदू घेऊन त्यांचे एकमेकांतील अंतर मोजा. नंतर तो फुगा जास्त फुगवून पुन्हा त्याच तीन बिंदूमधील अंतर मोजा. तुम्हाला लक्षात येईल की त्यांच्यामधील अंतर वाढलेलं असेल. म्हणजेच फुगा प्रसरण पावल्यामुळे ते बिंदू एकमेकांपासून अधिक दूर जातात. तारे दूर जातात याचाच अर्थ असा की आपले विश्व

देखील प्रसरण पावत आहे. म्हणजेच कालचं विश्व हे आजच्या विश्वापेक्षा लहान होतं तर उद्याचे विश्व हे आजच्यापेक्षा मोठं असणार. अजून पुढे जायचं म्हटल्यास याचा अर्थ असा होतो की ते कधीतरी एकाच ठिकाणी एकत्र होतं व पुढे काही कारणांनी त्याच्यात बदल घडून ते प्रसरण पावलं. हीच कल्पना महाविस्फोट (Big Bang Theory) म्हणून पुढं आली आहे. अशा प्रकारची अनेक उत्तरं शोधतच आपलं शास्त्र अधिकाधिक प्रगत होत राहिलं आहे.

डॉ. भिडेंचं हे व्याख्यान मुलांना खूप आवडलं. त्यांच्यावर मुलांनी अनेक प्रश्नांचा भडिमार केला व त्यांनीदेखील मुलांना समाधान वाटेपर्यंत अगदी मनमोकळेपणाने उत्तरं दिली. बालविज्ञान चळवळीचा हा उपक्रम खरंच वाखाणण्याजोगा आहे. कुणास ठाऊक या मुळे कदाचित या मुलांमधून कोणी मोठा शास्त्रज्ञ बनेल.



वृत्तांकन : रविंद्र कदम.

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 ‘ट्रैमासिक’ आहे. त्याच्या प्रत्येक अंकामध्ये विविध विषयांवरील मनोरंजक लेख वाचायला मिळतात. हिंदी भाषिक मित्रांसाठी अनमोल असं ज्ञान साधन!

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये ७५ आहे.

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

विज्ञान शिकवताना

पुस्तक परिचय : प्रियदर्शिनी कर्वे

विज्ञान परिणामकारकरित्या शिकायचे असेल, तर ते अनुभवातूनच शिकले पाहिजे. विद्यार्थ्यांना विज्ञानाचा अनुभव देण्यासाठी शिक्षकांनी त्यांच्याकडून प्रयोग व प्रकल्प करून घ्यायला हवेत. पण त्यासाठी सुसज्ज प्रयोगशाळाच पाहिजे, असे मात्र नाही. आपल्या आजूबाजूच्या वस्तूंचा वापर करूनही अनेक प्रयोग केले जाऊ शकतात. आपल्या आजूबाजूच्या घडामोडींवर आधारित प्रकल्प करता येतात. यामध्ये दुहेरी फायदा आहे - एकतर शाळांचा खर्च वाचतो, आणि दुसरे म्हणजे विज्ञान आपल्या रोजच्या आयुष्याशी जोडलेले आहे, हा संदेश विद्यार्थ्यांपर्यंत पोचतो. या विचारातून शिक्षकांनी आपल्या शाळेत काही करायचे ठरवले, तर त्यांना थोडीफार मार्गदर्शनाची गरज भासते. या दृष्टीने हे पुस्तक अत्यंत उपयुक्त आहे. शिक्षकांबरोबरच घरच्या घरी प्रयोग करू इच्छिणारे विद्यार्थी, सायन्स क्लब, यांनाही हे पुस्तक मार्गदर्शक ठरू शकते. या पुस्तकात दिलेले वेगवेगळ्या विषयातले काही प्रयोग उदाहरणादाखल इथे देत आहोत.

विज्ञान शिक्षणासाठी सुविधा :

● वर्गात एक विज्ञान कोपरा बनवणे : वर्गाचा एक कोपरा रिकामा करून त्याला विज्ञान कोपरा असे नाव द्या. शक्य झाल्यास या कोपऱ्यात एक-दोन टेबल ठेवून त्याखाली सामान ठेवण्यासाठी कप्पे करून घ्या. या कोपऱ्यात ठेवण्यासाठी वेगवेगळ्या वस्तू

आणण्यासाठी विद्यार्थ्यांना प्रोत्साहन द्या.

मात्र विज्ञान कोपऱ्यातील वस्तू सतत बदलत्या पाहिजेत. त्यातील नाविन्य सरून जाईपर्यंत कोणतीही वस्तू तिथे रहाता कामा नये.

● विज्ञान वार्ताफलक - विद्यार्थ्यांना प्रोत्साहन मिळाले, तर ते वर्तमानपत्रे व मासिकांमधून

New Unesco Source book for Science teaching

प्रकाशक : Universities Press (India) Ltd., 1999 किंमत : रु. ५०

विज्ञानविषयक बातम्या व लेखांची कात्रणे शाळेत घेऊन येतील. ही कात्रणे लावण्यासाठी वार्ताफलकाची गरज पडते. याचबरोबर वर्गात केलेल्या विज्ञानविषयक प्रकल्प व कृतींची माहितीही या फलकावर लावता येईल. विज्ञान कोपऱ्यातील टेबलांच्या वरचा बाजूलाच जर हा फलक लावता आला, तर सर्वात चांगले.

● संग्रहालय कप्पा - मुले विविध वस्तूंचा संग्रह करत असतात. त्यापैकी काही वस्तू शाळेपर्यंत येऊन पोहोचतात. अशा उपक्रमांना आपण पाठिंबा दिला पाहिजे. मुलांचे संग्रह प्रदर्शित करण्यासाठी एक संग्रहालय कप्पा तयार करावा.

● मासे किंवा प्राणी पाळणे - सजीवांच्या निरीक्षणातून बऱ्याच वैज्ञानिक घडामोडींचा अभ्यास करता येतो. ही नेहमीच विद्यार्थ्यांच्या कुतूहलाची केंद्रे बनू शकतात. तिसऱ्या प्रकरणात मत्स्यालय व प्राण्यांचे पिंजरे बांधण्यासाठी माहिती दिली आहे. बऱ्याच प्रकारचे प्राणी वर्गात निरीक्षणासाठी ठेवता येतात. काही प्राणी पिंजऱ्याला पटकन सरावतात, तर काहींना पिंजऱ्यात ठेवणे अवघड जाते. विद्यार्थ्यांना आपले पाळीव प्राणी काही काळ अभ्यास व निरीक्षणासाठी शाळेत आणून ठेवायला प्रोत्साहन दिले पाहिजे.

● हवामान केंद्र उभारणे - चौथ्या प्रकरणात हवामानाचा अभ्यासाशी संबंधित सोप्या

उपकरणांचे वर्णन दिले आहे. ही उपकरणे सहज उपलब्ध साधनसामुग्रीतून तयार होऊ शकतात. रोजच्या रोज हवामानातील बदलांचे निरीक्षण करणे हा विद्यार्थ्यांना वैज्ञानिक माहिती देणारा रोचक अनुभव ठरू शकतो.

● झाडे वाढवणे - भरपूर सूर्यप्रकाश येत असलेल्या खिडक्यांच्या कठड्यांवर छोट्या छोट्या कुंड्या ठेवून त्यात बिया रुजवणे, छोटी रोपटी वाढवणे सहज शक्य असते. पसरट लाकडी खोकीही यासाठी वापरता येतील.

रसायनशास्त्र

१) शेंगदाण्यापासून तेल काढणे
एका खलामध्ये १२-१५ शेंगदाणे घ्या. त्यात २० घन.मी. अॅसिटोन किंवा मेथिलेटेड स्पिरिट घाला. बऱ्याने दाणे शक्य तितके बारीक होईपर्यंत घोटा. तयार झालेला द्रव परीक्षानळीत ओतून घ्या. मग तो द्रव गाळून एका पसरट भांड्यात ओता. हे भांडे कडक उन्हात ५-१० मिनीटे ठेवा किंवा गरम पाण्याने भरलेल्या चंचुपात्रावर साधारण १५ मिनीटे ठेवा. उष्णतेमुळे द्रावकाचे बाष्पीभवन होईल, आणि तेल मागे शिल्लक राहील.

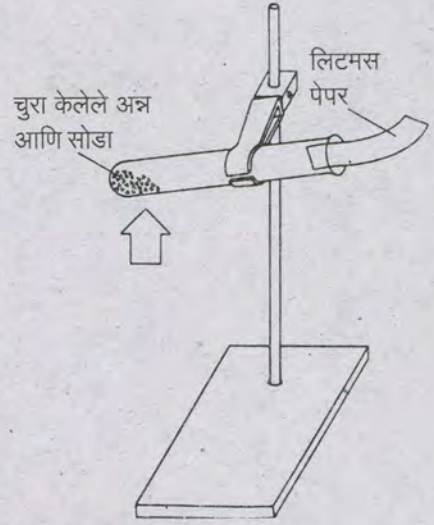
२) स्फटिक तयार करणे
सोडिअम थिओसल्फेटचे स्फटिक झपाट्याने वाढू शकतात. या स्फटिकाचे रेणूसूत्र $Na_2SO_3 \cdot 10H_2O$ असे आहे. तापवले

असता, हे स्फटिक त्यांच्याच स्फटिक जलामध्ये विरघळतात व त्यांचे अतिसंपृक्त द्रावण तयार होते. एका परीक्षानळीत ३-४ सें.मी. उंचीपर्यंत सोडिअम थिओसल्फेटचे स्फटिक भरा. त्यात १-२ थेंब पाणी घाला. मंद आचेवर, सर्व स्फटिक विरघळेपर्यंत तोपवा. हे दृश्य स्फटिक वितळत असावेत असे दिसते. परीक्षानळी गार होऊ द्या. आता त्यात सोडिअम थिओसल्फेटचा एका छोटासा स्फटिक टाकला, की तो बीज म्हणून काम करतो. त्याच्या आजूबाजूने भराभर सोडिअम थिओसल्फेटचे स्फटिकीभवन होऊ लागते. एका केंद्रापासून सुरू होणारी व पसरणारी ही स्फटिकाची वाढ विद्यार्थ्यांना मंत्रमुग्ध करून टाकते.

३) अन्नातील घटक ओळखणे

अ - चीज, ब्रेड, पीठ, साखर, भाजीपाला, गहू इ. अन्नपदार्थ गोळा करा. पत्र्याच्या तुकड्यावर प्रत्येक पदार्थाचा साधारण तांदळाच्या दाण्याइतका तुकडा ठेवून गरम करा. पत्र्यावर शेवटी कोणता पदार्थ उरतो? हा कार्बन आहे का?

ब - अन्नपदार्थांचे काही कण काँपर ऑक्साइडबरोबर परीक्षानळीत गरम करा. काँपर ऑक्साइडमुळे अन्नातील ऑक्सिजन बाहेर पडतो. छोट्या पिपेटने थोडा गॅस गोळा करा व चुन्याच्या निवळीत सोडून काय होते ते पहा. परीक्षानळीच्या थंड भागात पाणी जमा होत आहे का?



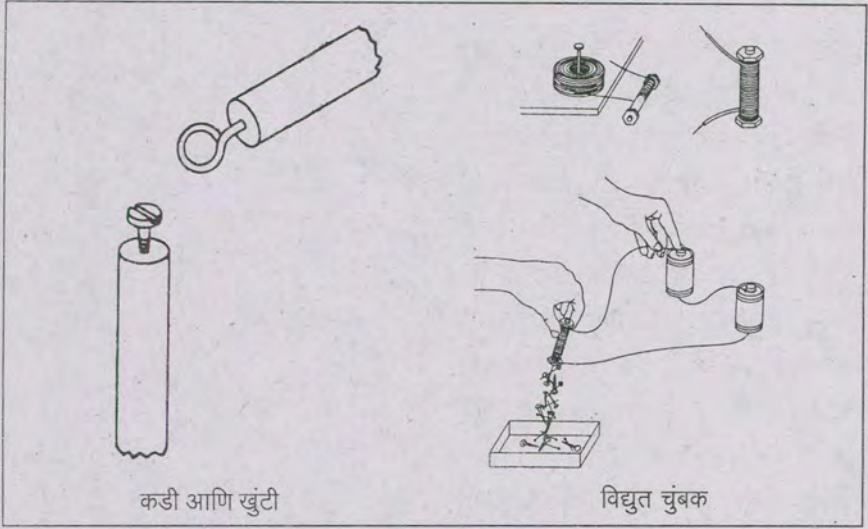
क - चुरा केलेले अन्न, तीन चमचे सोडा लाइमसह एका परीक्षानळीत घ्या. चांगले मिश्रण करून आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे गरम करा. परीक्षानळीच्या तोंडातून अमोनियाचा वास येतो का? लिटमस पेपरचा रंग कसा बदलतो? या अभिक्रियेत अमोनिया वायू बाहेर पडत असेल, तर त्यातील नायट्रोजन अन्नातून आला आहे, हे विद्यार्थ्यांच्या लक्षात आले आहे का?

भौतिकशास्त्र

१) उष्णता व तापमान

कडी व खुंटीचा प्रयोग

एक मोठे डोके असलेला स्क्रू व त्या डोक्यात जेमतेम जाऊ शकेल अशी तारेची कडी घ्या.

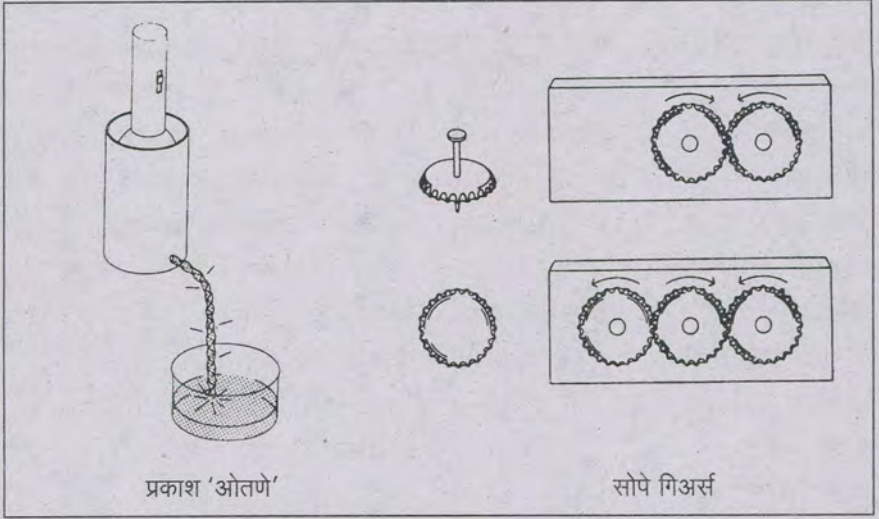


स्कू व कडी दोन्ही लाकडाच्या दांड्यांमध्ये बसवा, पण साधारण २.५ सें.मी. धातू बाहेर राहिल, असे पहा. स्कूचे डोके थोडावेळ ज्योतीत धरून गरम करा आणि मग कडी त्यात जाऊ शकते का पहा. आता कडीसुद्धा गरम करा व काय होते, ते पहा. स्कूचे डोके गर आणि कडी गरम असेल तर काय होते ?

२) विद्युतचुंबक - साधारण ५ सें.मी. लांबीचा एक लोखंडाचा बोल्ट घ्या. त्याला एक नट व दोन वॉशर्स असायला हवेत. बोल्टच्या एका टोकाला एक वॉशर व दुसऱ्या टोकाला दुसरा वॉशर ठेवून टोकाला नट बसवून टाका. दोन वॉशर्सच्या मधील जागेवर इन्सुलेशन असलेली वायर गुंडाळा. ही संपूर्ण जागा वायरच्या भेंडोळ्यांच्या काही थरांनी भरल्यानंतर वायरची दोन्ही टोके सुमारे ३०-३० सें.मी. लांबीची रहायला हवीत.

बोल्टवर दोन्ही टोकांवर चिकटपट्टी लावा. म्हणजे भेंडोळे उलगडणार नाही. वायरच्या टोकांवरील इन्सुलेशन काढून टाका. दोन बॅटरी सेल सिरीजमध्ये जोडा आणि तुमचा हा विद्युतचुंबक त्याला जोडा. काही खिळे आणि चुका घ्या. विद्युतचुंबक बॅटरी सेलला जोडलेला असताना खिळे, चुका त्याला चिकटतील. आता तारेचे एक टोक बॅटरी सेलपासून दूर करा. लोखंडाच्या व स्टीलच्या इतर वस्तू उचलता येतात का पहा. वायरमधून विद्युतधारा वहात असताना चुंबकसूची वापरून उत्तर व दक्षिण ध्रुव शोधा. आता बॅटरी सेलच्या अग्रांची अदलाबदल करा आणि पुन्हा ध्रुव शोधा.

३) लहरी - प्रकाश 'ओतणे' एका डब्याला तळाजवळ भोक पाडा आणि त्यात एक बूच बसवा. डबा तीन चतुर्थांश



भरेल इतके पाणी त्यात भरा. आता अंधाच्या खोलीत डब्यात एक टॉर्च धरा. टॉर्चचा सर्व उजेड पाण्यात आला पाहिजे. आता स्टॉपर काढून पाणी बाहेर पडू द्या. पाण्याबरोबर प्रकाशही ओतला जातो आहे असे वाटते.

४) यांत्रिकी - सोपे गिअर्स

हातोडा आणि खिळा वापरून शीतपेयाच्या बाटल्यांच्या झाकणांना बरोबर मध्यभागी भोके पाडा. हातोड्याने झाकणाच्या कडा शक्य तितक्या सरळ करून घ्या. दोन झाकणे लाकडी ठोकळ्यावर एकाला एक लागून ठेवा. झाकणांच्या दातेरी कडा एकात एक गुंततील, असे पहा. पिनानी झाकणे लाकडी ठोकळ्याला जोडा. पण जोडल्यावरही ती सहजपणे गोल फिरायला हवीत. एक झाकण फिरवले तर दुसरे कसे फिरते, आणखी एक तिसरे चाक जोडल्यावर काय होते ते पहा.

५) द्रव - तरंगणारे अंडे

ताज्या पाण्याने भरलेल्या पेल्यात एक अंडे घालून काय होते ते पहा. आता पाण्यात मीठ विरघळवा व अंडे तरंगते का पहा. इथे काय घडते आहे? समुद्राच्या पाण्यात आणि नदीच्या पाण्यात बोटी वेगवेगळ्या पातळीपर्यंत बुडतात याच्याशी या प्रयोगाचा काही संबंध आहे का?

जीवशास्त्र

१) सजीव समूहांचा अभ्यास -

निसर्गातील सजीव समूहांच्या अभ्यासासाठी एक आदर्श समूहाची प्रतिकृती वर्गात तयार करता येईल. विद्यार्थ्यांना अशा समूहांच्या सूर्यप्रकाशाखेरीज इतर घटकांना बंदिस्त असलेल्या प्रणाली बनवायला सांगा. यासाठी एका बरणीत क्लोरिनविरहीत पाणी

घ्यावे. त्यात काही पाणवनस्पती, गप्पी मासे, गोगलगायी सोडाव्या. बरणीला झाकण लावून ते लाखेचे सील लावून हवाबंद करावे. आता पाण्याने भरलेल्या काचेच्या भांड्यात ही बरणी पूर्ण बुडवून ठेवावी. वर्गाच्या खिडकीत ही आदर्श समूहाची प्रतिकृती ठेवून विद्यार्थ्यांना रोज निरीक्षणे घेण्यास सांगावे. समूहातील प्राणी जास्तीत जास्त काळ जगावेत यादृष्टीने संतुलन निर्माण करण्यासाठीही विद्यार्थी प्रयत्न करू शकतात.

खडक व खनिजे

Piezoelectricity

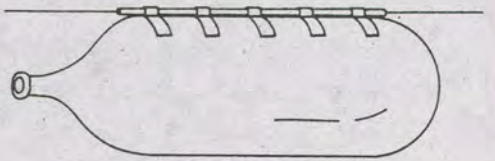
टॉर्मालिन व क्वार्ट्झ सारखी काही खनिजे Piezoelectricity हा गुणधर्म दाखवतात. तापमान किंवा दाबातील बदलामुळे या स्फटिकांवर विद्युतभार निर्माण होतो. यामुळे स्फटिकाची एक बाजू धनभारित तर दुसरी ऋणभारित होते. याचे प्रात्यक्षिक पुढीलप्रमाणे दाखवता येते. नाकात औषध उडवण्यासाठी किंवा अंगावर अत्तर उडवण्यासाठी वापरली जाणारी प्लॅस्टिकची रिकामी कुपी घ्या. कुपीला असलेले छिद्र मोठे करा. या कुपीत २ भाग लाल शिसे व १ भाग गंधक असे मिश्रण भरा. कुपीच्या भोकावर रेशामाचा तुकडा किंवा नायलॉनचा तुकडा रबरबॅंडने ताणून बसवा. आता कुपी दाबली असता भोकातून पावडरचे मिश्रण बाहेर फेकले जाईल. बाहेर पडताना त्यातील

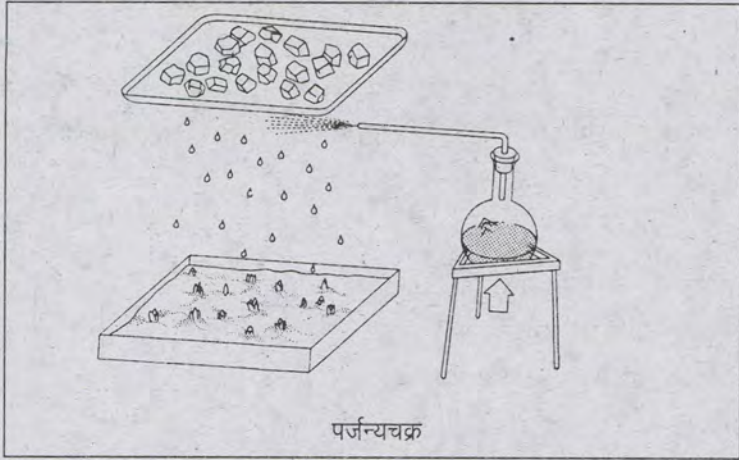
कण रेशीम किंवा नायलॉनवर घासले गेल्याने विद्युतभारित होतात. Piezoelectric स्फटिक गरम करताना किंवा दाबत असताना त्यावर ही पावडर फवारा. मिश्रणातील लाल शिशाचे कण धनभारित होऊन बाहेर पडत असल्याने स्फटिकाच्या ऋणभारित टोकावर जाऊन चिकटतील. तर गंधकाचे कण ऋणभारित होऊन स्फटिकाच्या धनभारित टोकावर जाऊन बसतील.

अवकाश विज्ञान

फुग्यापासून अवकाशयान -

एका लांबट फुग्याला चिकटपट्टीच्या सहाय्याने स्ट्रॉ चिकटवा. आता स्ट्रॉमधून एक बारिक तार घाला. तारेचे एक टोक कुंपणाच्या खांबाला किंवा दाराच्या कडीला बांधा. तार चांगली ताणून दुसरे टोक पटांगणाच्या दुसऱ्या टोकाच्या खांबाला किंवा समोरच्या भिंतीवरच्या खुंटीला बांधा. आता फुग्यात हवा भरून तो एकदम सोडून द्या. फुगा किती लांब जातो? फुग्यात जास्त हवा भरली तर काय होते? वेगवेगळ्या आकाराचे फुगे वापरून काय होते?





हवामानशास्त्र

पर्जन्यचक्राची प्रतिकृती

लाकडी खोक्यात छोटी छोटी रोपटी लावून ते खोके टेबलावर ठेवा. खोक्यावर एक धातूचा ट्रे साधारण ३५ ते ४० सें.मी. उंचीवर बसवा. ट्रेमध्ये बर्फाचे तुकडे भरा. एक चहाची किटली किंवा पाण्याने भरलेला फ्लास्क गॅस बर्नरवर अशा रितीने ठेवा, की तापल्यावर त्यातून बाहेर पडणारी वाफ ट्रे व खालचे खोके यांच्यामधल्या जागेत बाहेर पडेल. या प्रतिकृतीत पाणी भरलेली चहाची किटली किंवा फ्लास्क म्हणजे पृथ्वीवरील पाण्याचा स्रोत. उष्णतेमुळे या पाण्याची वाफ होऊन वर जाते. धातूचा गार ट्रे म्हणजे वातावरणातील वरचे गार थर. या ट्रेच्या खालच्या पृष्ठभागावर वाफेचे संघटन होऊन पाण्याचे थेंब तयार होतात आणि खाली

खोक्यात लावलेल्या रोपट्यांवर त्या पाण्याचा पाऊस पडतो.

या पुस्तकात इथे दिल्याप्रमाणे वेगवेगळ्या विषयांतील अनेक प्रयोग दिलेले आहेत. तसेच शिक्षकांना मार्गदर्शक अशा अनेक सूचना, नेहमी लागणारी उपकरणे तयार करण्यासंबंधी व प्रयोगशाळेत घ्यायच्या काळज्यासंबंधीही सूचना आहे.

विज्ञान शिक्षण आधिकाधिक रंजक करण्याच्या कामात या पुस्तकाची शिक्षकांना निश्चितच मदत होईल.

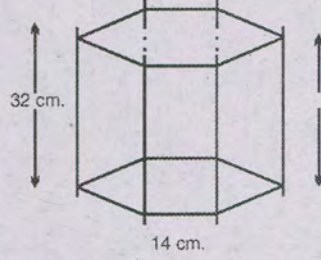


लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे, श्रीमती काशीबाई नवले कॉलेज ऑफ इंजिनियरिंग (फॉर गर्ल्स) मध्ये भौतिकशास्त्र शिकवतात. आरती संस्थेतील संशोधनात सहभाग.

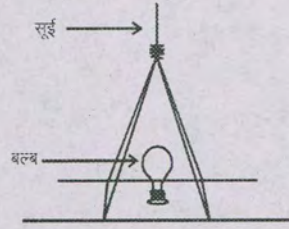
आकाश कंदील बनवू या

कोणत्याही मोटर शिवाय फिरणाऱ्या चित्रांचा असा आकाशकंदील आपल्या आजीआजोबांच्या लहानपणी त्यांनी अनेकदा पाहिला असेल. तसाच पुन्हा बनवायला आपल्यालाही आवडेल.

डाव्या बाजूच्या आकृतीप्रमाणे बांबूच्या काड्या वापरून सांगाडा करून घ्या. सांगाड्यास आकाशदिव्याचा पांढरा कागद चिकटवा.



बांबूच्याच काड्या वापरून आकृतीप्रमाणे बल्बहोल्डरकरिता व वर सुईकरिता सांगाडा करून घ्या. हा सांगाडा डाव्या बाजूच्या सांगाड्याच्या बेसवर बसवा.



जाडसर कागद घेऊन आकृतीप्रमाणे चित्रे कापा. बल्ब व चित्रे यांची समपातळी असावी. पाहिजे तर चित्रावर रंगीत पारदर्शक कागदाचे तुकडे चिकटवा.



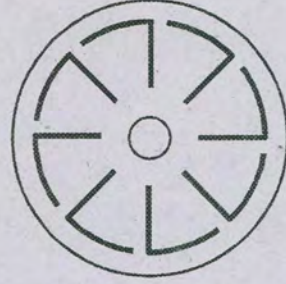
चित्रांचा कागद दोन बाजूंस चिकटवून गोलाकार करा. याचा व्यास १६ सें.मी. असेल.



१६ सें.मी. व्यासाचा गोल पुड्डा घेऊन तो ब्लेडने ठळक रेघांच्यावर कापा.

मध्यभागी हा खोलगट भाग आतल्या बाजूस जाईल अशा रीतीने चापच्या बटणाचा खोलगट भाग शिवा. चित्रे कापलेल्या गोलाकाराच्या आतील बाजूस हा पुड्डा सरकवून गोलाकाराचा त्रिकोणी कापलेला भाग पुढ्यावर चिकटवा.

आता पुढ्याचा कापलेला भाग थोडासा वर उचला. तुमचा पंखा तयार झाला.



हां गोलाकार उचलून बटणाचा खोलगट भाग सुईवर ठेवा.

४० वॅटचा दिवा चालू करा. दिव्याची गरम हवा वर जाईल. वरचा पंखा चालू होईल व कापलेल्या भागातून दिव्याचा उजेड बाहेरच्या पांढऱ्या कागदावर पडल्यामुळे चित्रे फिरू लागतील.



काही सूचना

१. बांबूच्या काड्या अंदाजे अर्धा सें.मी. जाडीच्या घ्या.
२. दुकानदार पुड्ड्या बांधतात तो दोरा चालतो.
३. फिरणारा गोलाकार भाग आतील सांगाड्याच्या काड्यांना किंवा बाहेरच्या भागास लागणार नाही याची काळजी घ्या.
४. चित्रे ब्लेड किंवा कात्रीने कापावीत. कापलेल्या चित्रांचे तरंगते भाग असू नयेत.
५. गोलाकार कोणत्या दिशेने फिरणार यांचा अंदाज घेऊन चित्रे कापावीत.
६. सुई लांब घ्यावी व ती बांबूच्या काडीला चिकटवून पक्की बांधावी व ही काडी सांगाड्याला बांधावी.

डॉ. बी. आर. मराठे

विज्ञान, सजीवांचे आणि निर्जीवांचे

लेखक : आ. दि. कर्वे

जीवशास्त्राचे वैशिष्ट्य

जीवशास्त्र हे भौतिक शास्त्रापेक्षा वेगळे आहे, यात शंकाच नाही. सजीवांच्या जिवंतपणामुळे सजीवांच्या अभ्यासाला एक वेगळेच परिमाण लाभले आहे. गेल्या दोन शतकांमध्ये जीवशास्त्रात खूप प्रगती झाली असली, तरी भौतिक विज्ञान किंवा रसायनशास्त्र यांच्याइतका काटेकोरपणा जीवशास्त्रात आलेला नसल्यामुळे त्यांच्याइतकी प्रगती अजूनही झालेली नाही असा एक समज सर्वसामान्यांमध्ये पसरलेला आहे. भौतिक विज्ञान किंवा रसायनशास्त्र यांमध्ये प्रयोग एकदा करा अगर दहावेळा करा, त्यातून पुनःपुन्हा तेच निष्पन्न निघेल, पण जीवशास्त्रात अशी पुनःप्रत्ययकारिता दिसत नाही. शिवाय सजीवांच्या जिवंतपणाचा अर्थ काय, आणि पर्यायाने मानवाच्याही पृथ्वितलावरील अस्तित्वाचा अर्थ काय, कोणतीतरी बाह्य शक्ति आपले

प्रारब्ध ठरविते का, सजीवांच्या जिवंतपणाचा अर्थ काय, आणि पर्यायाने मानवाच्याही पृथ्वितलावरील अस्तित्वाचा अर्थ काय, कोणतीतरी बाह्य शक्ति आपले प्रारब्ध ठरविते का, सजीवांच्या जिवंतपणामागे काही तरी दैवी प्रेरणा आहे का, मेल्यानंतर आत्म्याचे काय होते, अशा प्रकारचे प्रश्न अजूनही सर्वांना सतावतात. या चिंतनातूनच तत्त्वज्ञान, धर्म व देव या कल्पना आल्या. या प्रश्नांची उत्तरे वैज्ञानिक अजूनही समाधाकारकरीत्या देऊ शकत नसल्याने, केवळ सामान्यजनच नव्हे तर मोठी मोठी विद्वान माणसेसुद्धा बरेचदा एकाद्या आध्यात्मिक गुरूच्या भजनी लागतात.

निःस्वार्थी वृक्ष

दृष्टांतांद्वारे आपले म्हणणे लोकांना पटवून द्यावयाचे ही या संत-महात्म्यांची हातखंडा युक्ती. मानवाने वृक्षासारखे आचरण ठेवावे.

ज्याप्रमाणे वृक्ष आपली छाया किंवा फळे सर्वांना देतो, त्याचप्रमाणे आपणही आपल्याकडे येणाऱ्या गरजवंताला यथाशक्ति मदतच करावी, असा एक दृष्टांत नेहमी दिला जातो.

हा दृष्टांत वरकरणी कोणासही सहजी पटेल असाच आहे, पण त्यावर वनस्पतिशास्त्रदृष्ट्या विचार केल्यास मानवाने नेहमी आपला स्वार्थ साधावा अशीच शिकवण मिळेल. सावली ही वृक्षाच्या दृष्टीने निरुपयोगी असते. वृक्षाची पाने स्वतःच्या प्रकाश संश्लेषणासाठी सूर्यप्रकाश शोषून घेतात. म्हणूनच पर्णसंभाराखाली सावली पडते. अशा या सावलीचा दुसऱ्या कोणीही उपभोग घेतला, तर त्यामुळे वृक्षाचे काहीही अडत नाही. उलट या सावलीचा वृक्षाला फायदाच होतो. दाट सावलीत इतर वनस्पती वाढत नाहीत. त्यामुळे अन्य वनस्पतींच्यामुळे वृक्षाला ज्या संभाव्य स्पर्धेला तोंड द्यावे लागले असते ती स्पर्धाही सावलीमुळे टळते. तसेच दुपारची उन्हे टाळण्यासाठी जे प्राणी सावलीत येऊन बसतात, त्यांची बरीचशी विष्टा वृक्षाखालीच पडते. वृक्षाच्या पानांमधून रात्री ठिबकणाऱ्या पाण्यामुळे वृक्षाखालील जमीन नेहमी दमट राहते. त्यामुळे वृक्षांखाली नेहमी गांडुळांचे वास्तव्य असते. गांडुळांच्या क्रियेने हे शेण कुजते व त्याचा खत म्हणून त्या वृक्षालाच उपयोग होतो. थोडक्यात म्हणजे कोणताही निकष लावला तरी वृक्षाने

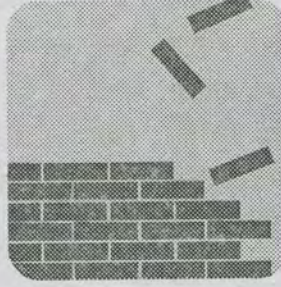
सावली देणे हे काही परोपकाराचे उदाहरण होऊ शकत नाही.

व्हायटॅलिझम

आता प्रश्न येतो फळांचा. फळात वनस्पतीचे बीज असते, हे सर्वांना माहीतच आहे हे बी मातृवनस्पतीच्या जवळच पडले तर त्यातून निर्माण होणाऱ्या आपल्याच रोपट्यापासून मातृवनस्पतीला स्पर्धा निर्माण होईल. आपले बीज आपल्यापासून शक्य तितक्या दूर नेले जावे म्हणून त्यावर गोड अशा फळाचे आवरण चढवले की पक्षी किंवा प्राणी ही फळे खातील आणि त्याद्वारे ते आपले बी दूर वाहून नेतील या उद्देशाने वनस्पती फळे निर्माण करतात. तेव्हा प्राण्यांना गोड फळे देणे याही बाबतीत वृक्षाचा स्वार्थच दिसून येतो.

वरील विवेचनातून वाचकांच्या हेही लक्षात येईल, की जैव घटकांचा अभ्यास करताना केवळ एकाच व्यक्तीचा किंवा जातीचा अभ्यास करून भागत नाही, तर त्याच्या आजूबाजूच्या इतर सजीव आणि निर्जीव घटकांशी त्याचे कशाप्रकारचे संबंध आहेत याचाही अभ्यास करणे आवश्यक असते. पर्यावरणाशी जुळवून घेणे ही क्रिया जीवमात्रांना सतत आचरावी लागते. यासाठी पर्यावरणाची म्हणजे बाह्य तापमान, आर्द्रता, उजेड, भक्षक, खाद्य इ. घटकांची माहिती करून घेऊन त्यानुसार त्यांना आपले कार्य करावे लागते. अशा प्रकारे आपल्या बाह्य

परिस्थितीनुसार स्वतःच्या आचरणात योग्य ते बदल घडवून आणणाऱ्या यंत्रणांना स्वयंनियामक यंत्रणा म्हणतात. निर्जीवांमध्ये स्वयंनियमन आढळत नाही. सजीवांचे काही खास असे गुणधर्म असून ते फक्त जीवसृष्टीतच आढळतात, आणि या गुणधर्मांना अन्य शाखांचे नियम लागू होत नाहीत असाही एक विचार १९ व्या शतकात रुढ झाला होता. याला इंग्रजीत व्हायर्टलिझम असे म्हणतात. पण मानवाने आपल्या सोयीसाठी पुढे अनेकविध स्वयंनियामक यंत्रे बनविली. अंडी उबविण्याचे यंत्र हे यांपैकी एक यंत्र. बाहेरील तापमान कितीही असले तरी या यंत्राच्या आतील तापमान हे आपण ठरवू तेवढेच राहते.



आपल्या शरीराचेही तापमान कायम ३७ डिग्री सेल्सियस राहिल अशी एक स्वयंनियामक यंत्रणा आपल्या शरीरात असते. अग्निबाणाला शत्रूच्या विमानाचा वेध घेण्यासाठी बसविलेली यंत्रणा आणि पाठशिवणीच्या खेळात आपल्या प्रतिस्पर्ध्यांने कितीही हुलकावण्या दिल्या तरी त्याची पाठ सोडावयाची नाही यासाठी आपण वापरत असलेले डावपेच, ही दोन्ही एकाच प्रकारच्या स्वयंनियामक यंत्रणेची उदाहरणे आहेत. हल्ली बऱ्याचशा

कारखान्यांमध्ये स्प्रे पेंटिंग करण्यासाठी स्वयंचलित यंत्रे वापरली जातात. मानवी रंगारी ज्याप्रमाणे आपल्या दृष्टीचा वापर करून समोरील वस्तूचा न रंगलेला भाग हुडकून काढतो व त्यावर स्प्रे मारतो, तशीच क्रिया या यंत्रानेही केली जाते. या यंत्रणा प्रथम तंत्रज्ञांनी आपली अकलहुशारी लढवून निर्माण केल्या व मग जीवशास्त्रज्ञांच्या हे लक्षात आले की या यंत्रणा आणि जीवमात्रांच्या क्रिया यांच्यात बरेच साम्य आहे. यातूनच पुढे सायबर्नेटिक्स (स्वयंनियमनशास्त्र) या एका नव्या शाखाचा उगम झाला. संगणकांच्या वापराने तर आता स्वयंनियामक यंत्रणा निर्माण करणे फार सोपे झाले आहे.

शिस्तबद्ध रचना

थोडक्यात सजीव व निर्जीव ह्या दोन्ही घटकांना भौतिक विज्ञान आणि रसायनशास्त्राचे सर्व मूलभूत नियम लागू होतात. पक्षी आकाशात उडू शकतो याचा अर्थ त्याला गुरुत्वाकर्षण लागू होत नाही असा होत नाही, तर तो गुरुत्वाकर्षणावर मात करू शकतो, असा आहे. भौतिक विज्ञान आणि रसायनशास्त्र यांपैकी कोणत्याही शाखाच्या नियमांचे उल्लंघन झाल्याचे एकही

उदाहरण सजीवांमध्ये आढळत नाही. भौतिक विज्ञान आणि रसायनशास्त्र या दोन्ही शाखांमधला एक मूलभूत नियम असा आहे की विस्कळित अशा घटकांमधून अधिक शिस्तबद्ध जडणघडण असणाऱ्या रचना आपोआप कधीच निर्माण होऊ शकत नाहीत. कारण शिस्तबद्ध जडणघडणीच्या रचना या विस्कळित घटकांपेक्षा ऊर्जेच्या वरच्या पातळीवर असतात. याउलट शिस्तबद्ध जडणघडण असणाऱ्या रचनांचे रूपांतर मात्र विस्कळित घटकांमध्ये आपोआप होऊ शकते. उदाहरणार्थ विटांच्या विस्कळित अशा ढिगापासून कदापीही आपोआप एखादी इमारती उभी राहणार नाही, पण अगदी पक्की बांधलेली इमारत सुद्धा कालांतराने कोसळून तिचे आपोआप विटांच्या ढिगाऱ्यात रूपांतर होऊ शकते. वरवर पाहता सर्वसामान्यांना असे वाटते की जैव सृष्टीला हा नियम लागू नसावा. कारण तो लागू असता तर अमीबासारख्या एकपेशीय प्राण्याची उत्क्रांती होत होत मानवाची निर्मिती कशी झाली ? किंवा लहानशा अंडपेशीपासून संपूर्ण मानवी आकार कसा निर्माण होतो ? या प्रश्नांना उत्तर असे की सूर्यप्रकाशाद्वारे पृथ्वीवर सतत ऊर्जा येत असते, तिचा उपयोग करून जीवसृष्टीतले घटक ऊर्जेच्या वरच्या पातळीवर पोहोचू शकतात. लहानशा बीजापासून मोठा वृक्ष होतो तेव्हाही याच

ऊर्जेचा वापर केला जातो. वृक्ष प्रकाशसंश्लेषणाने सौर ऊर्जेचा वापर करतो हे सर्वसामान्यांना माहित असते, पण मानवच काय तर सर्व प्राणीमात्र आपल्या वाढीसाठी व पोषणासाठी सौर ऊर्जेचाच वापर करतात, हे बऱ्याच जणांना माहिती नसते. परंतु प्राणिमात्र जे अन्न खातात, ते मुळात वनस्पतींनी प्रकाशसंश्लेषणाद्वारेच निर्माण केलेले असते.

रिडक्शनिझम

कोणत्याही पदार्थाचा भौतिक किंवा रासायनिक दृष्टिकोनातून अभ्यास करताना त्याच्या लहानात लहान घटकाचा अभ्यास करण्याची एक पद्धती रुढ झाली आहे. तिला इंग्रजीत रिडक्शनिझम असे म्हणतात. यामागची सर्वसाधारण कल्पना अशी की कोणत्याही पदार्थाच्या लहानात लहान घटकाचा अभ्यास केला, तर त्यापासून आपल्याला त्या पूर्ण पदार्थाच्या गुणधर्मांची माहिती होते. परंतु सजीवांचे घटक हे एखाद्या आधुनिक यंत्राच्या घटकांसारखे असतात. ते सर्व घटक एकमेकांसारखे नसतात, व त्यांचे कार्य समजण्यासाठी केवळ त्यातल्या प्रत्येक घटकाची रचनाच नव्हे तर प्रत्येक घटकाचा इतर घटकांशी आणि त्या संपूर्ण यंत्रणेचा आपल्या सभोवतालच्या सृष्टीशी कशा प्रकारचा संबंध आहे याचीही माहिती करून घेणे आवश्यक असते. उदाहरणार्थ

एकाद्या रिडक्शनिस्ट वैज्ञानिकाने मोटारगाडीच्या इंजिनाच्या अणुरेणूंच्या घडणीचा कितीही बारकाईने अभ्यास केला. तरी ते इंजिन कसे चालते याचा त्याला कधीच बोध होणार नाही. तसा बोध होण्यासाठी त्याला इंजिन ब्लॉक, सिलिंडर, पिस्टन, स्पार्क प्लग, डिस्ट्रिब्यूटर, बॅटरी, रेडिएटर, फ्युएल पंप, इ. सर्व घटकांचा वेगवेगळा अभ्यास करून पुन्हा त्यांचे

परस्परसंबंध कसे आहेत हेही तपासावे लागेल. अशा प्रकारच्या सर्वांगीण अभ्यासाला इंग्रजीत होलिस्टिक अभ्यास असे म्हटले जाते. अभियांत्रिकी, भूगर्भशास्त्र, हवामानशास्त्र, अशा काही शाखांमध्ये या होलिस्टिक अभ्यासाची गरज

नेहमीच पडते. पण मूलभूत भौतिकशास्त्र व रसायनशास्त्र यांच्यात मात्र प्रामुख्याने रिडक्शननिझमचाच वापर केला जातो. अर्थात या विवेचनाचा असा अर्थ नाही की जीवशास्त्रात रिडक्शननिझमचा वापर करूच नये. जिवंत यंत्रणांचा सर्वात लहान घटक पेशिका हा आहे. पेशिके तल्या जैवरासायनिक क्रिया, त्यांवर असणारा नाभिकेचा अंमल, नाभिकेतला मुख्य घटक असणाऱ्या नाभिकीय आम्लाची रचना, अशा सर्व महत्त्वाच्या माहितीचा शोध



रिडक्शननिझममुळेच लागला. पण या सर्व माहितीचा जेव्हा होलिस्टिक पध्दतीने अभ्यास केला गेला, तेव्हाच जैव सृष्टीची अनेक कोडी उलगडली गेली.

एकतर्फी परिणाम

सजीव व निर्जीवामधला एक मोठा फरक म्हणजे निर्जीवांवर पर्यावरणातल्या बाह्य घटकांचा होणारा परिणाम हा एकतर्फी असतो. उदाहरणार्थ लोखंडाच्या एखाद्या

तुकड्याजवळ लोहचुंबक नेले, तर तो तुकडा त्याकडे आकर्षित होईल, पण त्यामुळे लोहचुंबकावर काही परिणाम होणार नाही. आणि दुसरे म्हणजे हा प्रयोग आपण कितीही वेळा केला, तरी आपणांस दरवेळी हाच अनुभव येईल. क्ष रसायनात य

रसायन मिसळून ते अमुक अमुक तापमानापर्यंत तापविल्यावर जर आपणांस ज्ञ हे रसायन मिळाले, तर पुढेही आपण जेव्हा जेव्हा हा प्रयोग करू, तेव्हा तेव्हा आपणांस ज्ञ हेच रसायन मिळेल असे आपण खात्रीशीरपणे सांगू शकतो. याउलट सजीवांवर केलेल्या प्रयोगांचे काय परिणाम होतील हे आपण इतक्या खात्रीपूर्वक सांगू शकत नाही, कारण सजीवांवर होणारे परिणाम हे केवळ त्यांच्यावर कार्य करणाऱ्या बाह्य घटकांवरच अवलंबून नसतात. प्रत्येक

जीवमात्राच्या पेशिकेत नाभिकीय आम्ल असते व त्याच्या सर्व क्रिया त्यात दिलेल्या आराखड्यानुसार चालतात. निसर्गात कोणत्याही जीवमात्राचे नाभिकीय आम्ल तंतोतंत दुसऱ्यासारखे नसते. तसेच सजीव घटक केवळ बाह्य घटकांचा त्यांच्यावर होणारा परिणाम शांतपणे सहन करतात असे नव्हे, तर त्यांच्यात या परिणामांविषयी प्रतिक्रिया करण्याची क्षमता असते. त्यांना बाह्य घटकाची क्रिया उपद्रवकारक वाटत असेल तर ते तिला विरोध करतील, किंवा टाळतील, किंवा वेळप्रसंगी प्रतिपरिणाम घडविणारी कृती करतील. समजा एखाद्या प्रयोगात काही प्राण्यांच्या पुढ्यात पाणी ठेवले तर या प्रयोगात सामावलेले काहीजण ते पितील, काहीजण त्याच्याकडे दुर्लक्ष करतील, काही त्यात आपले अंग भिजवतील, तर काही जण पाण्याचे भांडे लवडून ते पाणी सांडूनही देतील. त्यामुळे सजीवांचा अभ्यास करणाऱ्या सर्वच शास्त्रांमध्ये, म्हणजे जीवशास्त्र, समाजशास्त्र, अर्थशास्त्र, वैद्यक, कृषि, वगैरे शास्त्रांमध्ये काटेकोरपणा नसतो. अमुक अमुक केले असता त्याचा परिणाम असाच होईल असे सजीवांबाबत खात्रीने सांगता येत नाही. तसे असते तर प्रत्येक क्रिकेट सामन्यात नेहमी एकच संघ विजयी झाला असता किंवा प्रत्येक निवडणूक नेहमी एकाच पक्षाने जिंकली असती. निकालाच्या

अनिश्चिततेमुळे जीवशास्त्रासंबंधी निष्कर्ष काढण्याची पद्धती भौतिकशास्त्र व रसायनशास्त्र यांच्यापेक्षा वेगळी असते. जीवशास्त्रात एकच प्रयोग अनेकवेळा करून आपण एक गोळाबेरीज निष्कर्ष काढू शकतो, व संख्याशास्त्राचा वापर करून फक्त येवढेच सांगू शकतो, की हाच प्रयोग पुन्हा एकदा केल्यास असा निकाल मिळण्याची अमुक इतके टक्के संभाव्यता राहिल. याचे व्यवहारातले उदाहरण द्यावयाचे झाल्यास तंबाखू खाण्यामुळे कर्करोग होतो या विधानाचे देता येईल. याचा अर्थ, प्रत्येक व्यक्तीला कर्करोग होतोच असे नाही, तर तंबाखूमुळे तिला कर्करोग होण्याची संभाव्यता वाढते.

उत्क्रांती

उत्क्रांती हा सजीवांचा एक अत्यंत महत्त्वाचा गुणधर्म. आज आपल्याभोवती दिसणारी जीवसृष्टी ही आजच्यापेक्षा अत्यंत वेगळ्या दिसणाऱ्या अशा जीवमात्रांपासून उत्क्रांतीमुळे निर्माण झाली, हे कळायलाच १९ वे शतक उजाडावे लागले. तोपर्यंत आज आपणांस दिसते अशीच सृष्टी पहिल्यापासून या भूतलावर होती व ती विश्वाच्या सुरुवातीस देवाने निर्माण केली, असा सार्वत्रिक समज होता. सजीवांचे सर्व व्यवहार त्यांच्या पेशिकांमध्ये असणाऱ्या नाभिकीय आम्लानुसारच चालतात. पर्यावरण सतत बदलत असते.

बदलत्या पर्यावरणानुसार योग्य ते बदल जर सजीवांच्या शरीररचनेत व शरीरक्रियांमध्ये घडून आले नाहीत, तर ते बदललेल्या परिस्थितीत टिकून राहणार नाहीत हे उघड आहे. म्हणून नाभिकीय आम्लात प्रत्येक पिढीत थोडेथोडे बदल घडून येतात. दोन भिन्नलिंगी सजीवांच्या संयोगाने नाभिकीय आम्लात प्रत्येक पिढीत बदल घडून येतातच, पण त्याशिवाय काही बदल आपोआपही घडून येतात. आपोआप घडून येणाऱ्या बदलांना उत्परिवर्तन असे म्हणतात. प्राप्त परिस्थितीशी जुळवून घेऊन शिवाय आपली प्रजननक्षमता उच्च राखू शकतील अशाच जीवमात्रांच्या पुढच्या



पिढ्या बदलत्या पर्यावरणात तगून राहतात. प्रत्येक पिढी ही मागल्या पिढीपेक्षा वेगळे गुणधर्म घेऊन जन्माला येते व बदललेल्या पर्यावरणात जगण्यास कोण लायक ठरते हे दर पिढीत नव्याने ठरविले जाते. जे जगण्यास लायक ठरतात तेच नव्या पिढीला जन्म देण्यासही लायक ठरतात. ही क्रिया पिढ्यान् पिढ्या चालत आल्याने त्या जातीचे गुणधर्म कालांतराने इतके बदलतात, की तिला आपण वेगळी जात म्हणू शकतो. अर्थात हा बदल घडून येण्यास कोट्यवधी वर्षे जावी लागतात. त्यामुळे जीवाश्मांच्या

अभ्यासानंतरच उत्क्रांतीची जाण येऊ शकली.

आजूबाजूची जीवसृष्टी हाही सजीवांच्या पर्यावरणाचाच भाग असल्याने, वाळवंट, समुद्र, उच्च किंवा नीच तापमान यांबरोबरच आपल्या सभोवतालच्या जीवसृष्टीशीही सजीवांना जुळवून घ्यावे लागते. यातून अन्नाच्या साखळ्यांची तर उत्क्रांती झालीच, पण परागीकरणासाठी कीटकांना आकृष्ट करण्यासाठी निर्माण झालेले फुलांचे विविध

प्रकार, भक्षकांपासून स्वतःला वाचविण्याच्या युक्त्या, आपले अन्न असणाऱ्या विशिष्ट बुरशीची मुंग्यांकडून केली जाणारी लागवड, परोपजीवी घटकांनी आपल्या यजमानांची संरक्षक यंत्रणा

भेदण्यासाठी योजलेल्या युक्त्या, पानांसारखे दिसणारे कीटक, तर दगडासारखे दिसणारे सरडे, असे मती गुंग करणारे गुणधर्म सजीवांमध्ये निर्माण झाले. जोपर्यंत उत्क्रांतीच्या तत्त्वाचा शोध लागलेला नव्हता तोपर्यंत हे सर्व नैसर्गिक चमत्कार ही देवाची करणीच असली पाहिजे असा समज जनमानसात पक्का रुजलेला होता. पृथ्वी गोल असून ती सूर्याभोवती फिरते ही कल्पना, किंवा गुरुत्वाकर्षणाची कल्पना यांनी ज्याप्रमाणे प्रस्थापित मतांना धक्का दिला. तसाच धक्का उत्क्रांतिवादानेही जगाला

दिला. सर्वसामान्यांना अजूनही ही कल्पना नीटशी कळलेली नाही. कारण आपल्या शालेय शिक्षणात उत्क्रांतिवादाचे योग्य शिक्षण दिले जात नाही. काही धार्मिक संघटनांनी चालविलेल्या शाळांमधून तर उत्क्रांती हा विषय पूर्णपणे गाळूनच टाकला जातो, कारण तो त्या धर्माच्या तत्त्वांशी सुसंगत मानला जात नाही.

माहितीशास्त्र

जीवमात्रांचे कार्य कसे चालते हे समजण्यासाठी यंत्रणांचा अभ्यास हा जसा खूप उपयोगी पडला, तितकाच उपयोग माहितीशास्त्राचाही झाला. अमेरिकेत दुसऱ्या महायुद्धाच्या शेवटी संगणक बांधण्यास सुरुवात झाली. याच सुमारास संगणकात माहिती कशा पध्दतीने साठवावी, तिचा वापर कसा होतो, ती मोजावी कशी, माहिती मोजण्यासाठी कोणते परिणाम वापरावे, तिचा न्हास कसा होतो, इत्यादींचा पद्धतशीर अभ्यास करून तिथल्या काही गणितज्ञांनी माहितीसंबंधी काही मूलभूत सिद्धांत मांडले व त्यांमधूनच पुढे माहितीशास्त्र या नावाचे एक नवे शास्त्र उदयाला आले. १९५० ते १९६० या दशकात नाभिकीय आम्लाची रचना व जनुकांच्या कार्यपद्धतीचा

शोध लागला, आणि जीवशास्त्रज्ञांच्या असे लक्षात आले की माहितीशास्त्राचे सर्व नियम जीवशास्त्रालाही लागू होतात. अशा रीतीने जीवशास्त्र आणि संगणकशास्त्र या दोहोंना सांधणारा आणखी एक दुवा मिळाला. प्राणी नवनव्या गोष्टी शिकू शकतात, व त्या अनुभवांचा आपल्या भावी आयुष्यात वापर करतात. अशा प्रकारचे शिकणारे संगणक बनविणे आता शक्य झाले आहे. ते बुद्धिबळ खेळतात व आपल्या चुका सुधारीत सुधारीत या खेळात इतके तरबेज होतात की ते एखाद्या ग्रँड मास्टरलाही हरवू शकतात. माहितीशास्त्र, स्वयंनियमन आणि संगणक हे भौतिकशास्त्रावर आधारित असल्याने जीवसृष्टीला भौतिक व रसायनशास्त्राचे सर्व नियम लागू होतात हे पुन्हा एकदा सिद्ध झाले.

बुद्धिबळाचा खेळ खेळू शकणाऱ्या संगणकावरून संगणकतज्ञांनी पुढे विचार केला तो कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा. कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा प्रयोग यशस्वी केव्हा म्हणावयाचा यासाठी एक निकष लावला जातो. तो असा, की एका खोलीत एक माणूस बसवावयाचा व दुसऱ्या एका खोलीत कृत्रिम बुद्धिमत्ता असलेला एक संगणक ठेवावयाचा. त्या दोघांनी परस्परांशी संभाषण करावयाचे, आणि त्यांच्यात झालेल्या



संभाषणात खऱ्या माणसाला आपण दुसऱ्या एखाद्या माणसाशीच बोलतो आहोत असे वाटले, तर कृत्रिम बुद्धिमत्ता निर्माण करण्यात शास्त्रज्ञांना यश मिळाले असे समजले जाईल. अजून इतक्या क्षमतेचा संगणक बनविण्यात संगणकतंत्रज्ञाना यश आलेले नाही. पण बुद्धिबळासारखे एकादे विशिष्ट कार्य माणसाइतक्याच सफाईदारपणे करण्याइतपत बुद्धी असणारे संगणक निर्माण करण्यात आलेले आहेत. बुद्धिबळाच्या खेळाचे नियम व प्रत्येक मोहऱ्याच्या हालचालींचे नियम हे संगणकाच्या स्मरणात असतात. खेळ सुरू झाल्यावर प्रत्येक खेळीनंतर कोणते मोहरे कोणत्या स्थानावर आहे, हेही त्याच्या स्मरणात असते. खेळ संपल्यावर जर संगणक हरला असेल, तर आपण कोणत्या चुकांमुळे हरलो हेही संगणकाच्या स्मरणात असते व पुढच्या डावात तो त्या चुका टाळतो.

अशाच प्रकारे आता युद्धाचे डावपेच आखणारे प्रोग्रॅमही तयार करण्यात आले आहेत. हेच तत्त्व वापरून लेखकाला कथा-कांदबऱ्या लिहिण्यास मदत करणारे प्रोग्रॅमही बनविता येतील, कारण बुद्धिबळातल्या मोहऱ्यांप्रमाणे प्रत्येक पात्राचे वागणुकीचे नियम आणि सुरूवातीला त्या पात्रांची स्थिती काय होती, याची माहिती अशा संगणकाला दिली, तर त्यानुसार प्रत्येक पात्राची पुढील खेळी एका पाळीला संगणक ठरवील तर पुढच्या पाळीला त्या पात्रांनी काय करावयाचे

हे लेखक ठरवील. बुद्धिबळात ज्याप्रमाणे राजावर मात होण्याने खेळाचा शेवट होतो, अशाच रितीने सत्प्रवृत्तीच्या पात्राचा विजय होऊन (किंवा प्रेमिकाला आपली प्रेयसी मिळाल्यानंतर) हा खेळ संपविला, तर एका हिंदी चित्रपटाचे कथानक तयार होईल.

आता राहता राहिला तो प्रश्न आत्म्याचा. जिवंत घटकात जोवर आत्मा आहे तोवर तो घटक जिवंत असतो व तो घटक मृत झाला की त्याचा आत्माही गायब झाला असे समजले जाते. भगवद्गीतेत आत्म्याचे वर्णन नैनं छिंदंति शस्त्राणि नैनं दहति पावकः असे नकारार्थी केलेले आहे. त्याद्वारे आत्मा काय नाही ते समजते, पण काय आहे ते समजत नाही. सजीवांचे बरेचसे गुणधर्म संगणक दर्शवतो, म्हणून आपण काही संगणकाला सजीव समजत नाही. त्यामुळे निदान आत्मा म्हणजे काय याचे उत्तर देण्यासाठी आपल्याला संगणकाच्या दृष्टांताचा वापर करता येणार नाही. आत्मा म्हणजे काय, मृत्यूनंतर तो कोठे जातो, त्याचा पुनर्जन्म होतो का, इत्यादि प्रश्नांना वैज्ञानिकांकडे आज तरी उत्तरे नाहीत.



लेखक : आ. दि. कर्वे, ऑप्रोग्रिएट रुल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूटचे अध्यक्ष, प्रसिद्ध शोतीतज्ञ, विज्ञानलेखक.



सडाको आणि तिचे पक्षी

लेखक : एलीनेर कोयर

हिंदी संक्षिप्त रुपांतर : अरविंद गुप्ता

अनुवाद : इंद्रायणी चव्हाण

आज सडाकोला पहाटेच जाग आली. तिची बहिण आणि दोन्ही भाऊ अजूनही झोपलेलेच होते. तिने आपल्या मोठ्या भावाला मासाहिरोला जोरात ओरडून उठवलं. “किती वेळ झोपणार आहेस अजून” ती म्हणाली, “तुला माहित नाही का आज शांती दिवस आहे ते.” सडाकोची छोटी बहिण मित्सुई आणि छोटा भाऊ ईजी सुद्धा लगेचच जागे झाले. सडाकोनं अंथरुण आवरून ठेवलं आणि स्वयंपाकघरात आईजवळ जाऊन म्हणाली, “लवकर नाष्टा दे. मला आज जत्रा पहायला जायचंय.” आई भाजी चिरत होती. ती रागावून सडाकोला म्हणाली, “आता तू अकरा

वर्षाची झालीयस. तेव्हा तुला खरं काय ते कळायला हवं. आपल्या हिरोशिमा शहरावर अॅटम बॉम्ब पडल्यामुळे जे लोक मारले गेले त्यांची आठवण म्हणून दरवर्षी आपण ६ ऑगस्ट हा दिवस पाळतो. हा एक स्मृतिदिन आहे. जत्रा नव्हे.” सडाकोचे वडील म्हणाले, “आजच्याच दिवशी त्या दुर्दैवी बॉम्बहल्ल्यात तुझी आजी वारली. हा एक अशुभ दिवस आहे.” त्यानंतर सर्व कुटुंब टेबलाजवळ प्रार्थनेसाठी एकत्र जमलं. टेबलावर एका फ्रेममध्ये आजीचा फोटो लावून ठेवला होता. मिस्टर ससाकींनी आपल्या पूर्वजांच्या आत्म्याला शांती मिळावी म्हणून प्रार्थना केली. अॅटमबॉम्बच्या किरणांमुळे



होणाऱ्या कॅन्सर पासून सुरक्षित रहाण्यासाठी सुद्धा त्यांनी प्रार्थना केली. अॅटमबॉम्बचा हल्ला होऊन आता नऊ वर्षे लोटली होती. पण त्याचे परिणाम आजही लोकांच्या मृत्यूस कारणीभूत ठरत होते.

स्मृतीदिन

सगळेजण घराबाहेर पडेपर्यंत रस्ता अगदी गजबजून गेला होता. सडाको आपल्या प्रिय मैत्रिणीबरोबर, चुजूको बरोबर पुढे पुढे पळत होती. दोघींमध्ये खूप दाट मैत्री होती. पहिली पासून दोघी एकाच वर्गात होत्या. सडाको म्हणाली, 'जरा भरभर चल म्हणजे आपल्याला छान बघता येईल.'

“सडाको, ऊन खूप कडक आहे सावकाश जा.” आईने मागून ओरडून सांगितलं. पण काही उपयोग झाला नाही. दोन्ही मुली रस्त्यावर वेगात पळत होत्या. शांती-पार्क इमारतीसमोर लोक गप्प उभे होते. अॅटमबॉम्बमुळे उध्वस्त झालेलं शहर आणि मरत असलेल्या लोकांचे फोटो भिंतीवर लावले होते. अॅटमबॉम्बने हिरोशिमाला उजाड बनवलं होतं.

सडाको चुजूकोला म्हणाली, “मला अॅटमबॉम्बचा धूमधडाका आठवतोय. तेव्हा असं वाटलं होतं, जणू कित्येक कोटी सूर्य एकाच वेळी चमकलेत.” “पण तुला कसं काय आठवेल.” चुजूको म्हणाली, “त्या

वेळी तू फक्त दोन वर्षांची असशील.”
 “मला आठवतंय” सडाको ठासून म्हणाली.
 बुद्ध भिक्षुंनी प्रार्थना केल्यानंतर शेकडो पांढरी
 कबुतरं पिंजऱ्यांतून काढून खुल्या आभाळात
 विहरण्यासाठी सोडण्यात आली.

खाद्यपदार्थांची छोटी छोटी दुकानं जत्रेत
 होत. त्या दुकानांतून येणारे पदार्थांचे स्वादिष्ट
 आणि खमंग वास सडाकोला खूप छान वाटत
 होते. पण चेहेऱ्यांवर पांढरे कुरूप डाग
 पडलेले काही लोकनुद्धा तिला तिथे दिसले.
 अॅटम बॉम्बच्या भयंकर उष्णतेनं त्यांचे चेहेरे
 इतके होरपळले होते की आता ते मानवी चेहेरे
 वाटतच नव्हते. अशी कोणी व्यक्ती
 सडाकोच्या जवळ आली की की दुसरीकडे
 चालू लागायची.

त्यानंतर सगळे लोक कागदाचे कंदील
 घेऊन नदीवर गेले. कागदाच्या प्रत्येक
 कंदिलामध्ये एक मेणबत्ती लावली होती. त्या
 कंदिलांवर मृत व्यक्तींची नावं लिहिली होती.
 सडाकोनं तिच्या कंदिलावर तिच्या आजीचं
 नाव लिहिलं. आणि मग कंदील नदीच्या
 प्रवाहात सोडण्यात आले. कंदिलांचा ताफा
 अंधारामधे काजव्यांप्रमाणे चमचमत होता.

गुपित

नुकतीच पानगळ सुरू झाली होती. एक
 दिवस सडाको शाळेतून धावत पळत घरी
 आली. आल्या आल्या तिनं आईला
 आनंदाची बातमी सांगितली, “आज काय
 झालं माहितीय, आमच्या वर्गाच्या रीले
 रेससाठी माझी निवड झालीय.”



आनंदानं आपलं दप्तर हवेत उडवत सडाको म्हणाली, “मी या रेसमध्ये जिंकले ना तर पुढच्या वर्षी ज्युनियर हायस्कूलच्या टीममध्ये माझी निवड नक्की होईल.” शाळेच्या रेस टीममध्ये आपली निवड व्हावी अशी सडाकोची मनापासून इच्छा होती.

त्या दिवसापासून सडाको सतत फक्त रेसचाच विचार करायची. ती दररोज शाळेत धावण्याचा सराव करायची आणि शाळेतून घरी येतानासुद्धा धावतच यायची. एकदा मासाहिरोनं म्हणजे तिच्या मोठ्या भावानं वडीलांचं घड्याळ घेऊन सडाकोच्या धावण्याचा वेग मोजला. तिचा भरधाव वेग

पाहून सगळेजण आश्चर्यचकीत झाले, जणू काही ती वाऱ्याशी बरोबरी करत होती.

अखेर शर्यतीचा दिवस येऊन ठेपला. मुलांचे, पालक, नातेवाईक आणि मित्र मैत्रिणी खेळ पहाण्यासाठी शाळेत जमले. सडाको थोडीशी घाबरलेली होती. तिला वाटत होतं शर्यतीच्या वेळी तिचे पाय जागचे हलणारच नाहीत. दुसऱ्या गटातले खेळाडू तिला आपल्या गटापेक्षा जास्त बळकट आणि उंच वाटत होते.

आई सडाकोला धीर देत म्हणाली, “शर्यतीच्या आधी थोडी भीती वाटणं साहजिक आहे. पण तू काळजी करू नकोस.





मैदानावर तू अगदी भरधाव धावशील.” आईच्या प्रेमळ शब्दांनी सडाकोला धीर आला.

शिष्टी फुंकली गेली आणि शर्यत सुरू झाली. सडाकोचं संपूर्ण लक्ष फक्त शर्यतीवरचं होतं. तिला आजूबाजूच्या गोष्टींचं भान नव्हतं. जेव्हा रीले शर्यतीमध्ये तिची धावण्याची वेळ आली तेव्हा ती जीव तोडून धावली. शर्यत संपत आली तेव्हा तिच्या छातीत जोरदार धडधडत होतं. त्याच वेळी तिला एकदम चक्कर यायला लागली. जेव्हा तिच्या मैत्रिणीने तिला जोरात ओरडून सांगितलं, “सडाको, तुझा गट जिंकला.”

तेव्हा सुद्धा तिला काही कळलं नाही. दोन तीनदा डोकं जोरात हलवल्यावर एकदाची चक्कर थांबली.

हिवाळ्यामध्ये सडाकोनं आपली धावण्याची गती जास्तीत जास्त वाढवण्यासाठी सराव केला. शाळेच्या गटात प्रवेश मिळवण्यासाठी रोज सराव करणं आवश्यक होतं. खूप अंतर धावल्यावर बरेचदा तिला डोक्यात गरगरल्यासारखं व्हायचं. पण तिनं घरात कोणालाही ही गोष्ट सांगितली नाही. मनातून तिला भीती वाटत होती. पण तिनं आपल्या प्रिय मैत्रिणीला चुजूकोला सुद्धा ही गोष्ट सांगितली नाही.

रहस्य उलगडले.

काही आठवडे सगळं व्यवस्थित चाललं होतं. पण फेब्रुवारीच्या थंडीत एक दिवस सकाळी शाळेच्या मैदानामधे धावत असताना सडाकोला जोरात चक्कर आली, आणि ती खाली कोसळली. एका शिक्षकांनी तातडीनं पळत येऊन तिला उठवलं.

“मी खूप दमली आहे असं वाटतंय” सडाकोनं खोल गेलेल्या आवाजात सांगितलं. तिनं उठून उभं राहण्याचा प्रयत्न केला तेव्हा ती परत खाली पडली. मिस्टर ससाकींना बोलावण्यात आलं. ते सडाकोला रेड क्रॉस हॉस्पिटलमधे घेऊन गेले. सडाको अगदी भेदरून गेली. अँटमबॉम्बमुळे निर्माण झालेल्या रोगांच्या रुग्णांसाठी तिथे एक विशेष विभाग होता. डॉक्टर नुमाटांनी सडाकोला तपासलं आणि तिला बरेच प्रश्न विचारले. तोपर्यंत सडाकोचं सगळं कुटुंब हॉस्पिटलमधे पोहोचलं होतं. “ल्युकेमिया - म्हणजे रक्ताचा कॅन्सर पण हे अशक्य आहे.” गदगदलेल्या आवाजात आईला हे बोलताना सडाकोन ऐकलं. आता तिला आणखी काहीही ऐकायची इच्छा नव्हती. तिनं दोन्ही हातांनी कान झाकून घेतले.

थोड्या वेळानं एक नर्सने तिला घालायला सुती किमोनो (जपानी महिलांचा पोशाख) दिला. सडाको काँटवर झोपली आणि तेवढ्यात तिचे कुटुंबीय तिला भेटायला आले.

आईनं सडाकोला पोटाशी धरलं आणि म्हणाली, “तुला कदाचित काही दिवस हॉस्पिटलमधे रहावं लागेल. पण मी रोज संध्याकाळी तुला भेटायला येईन हं.” मासाहीरो, मित्सुई आणि ईजीनं सुद्धा रोज शाळा सुटल्यावर तिला भेटायला यायचं कबूल केलं.

“मला खरंच अँटमबॉम्बचा रोग झालाय का?” सडाकोनं तिच्या वडिलांना विचारलं. मिस्टर ससाकी चिंताग्रस्त होते. ते फक्त एवढंच म्हणाले, “डॉक्टरांना तुझ्या काही तपासण्या करायच्या आहेत, एवढंच. त्यासाठी काही आठवडे तुला हॉस्पिटल मधे रहावं लागेल.”

काही आठवडे! सडाकोला आठवडे म्हणजे वर्षासारखे वाटले. आता शाळेतल्या स्पर्धेत कसा भाग घेणार? आपला धीर सुटून रडू येऊ नये म्हणून तिनं खूप प्रयत्न केला. सडाकोला आता भीती वाटायला लागली होती. तिला माहीत होतं, की हॉस्पिटल मधे भरती झालेले बरेचसे लोक कधीच घरी परत जात नाहीत. त्या रात्री ती कितीतरी वेळ रडत राहिली. एवढं एकटेपण या आधी तिला कधीच जाणवतं नव्हतं.

सोनेरी चिमणी

दुसऱ्या दिवशी सडाको थोडी उशीरा उठली. नर्सनं तिला एक इंजेक्शन दिलं आणि म्हणाली, “आता तुला रोज एक इंजेक्शन

घ्यावं लागेल. लवकरच तुला याची सवय होईल.”

त्या दिवशी दुपारी सडाकोची प्रिय मैत्रिण चुजूको तिला भेटायला आली. तिच्या चेहेऱ्यावर एक मिशकिल हसू होतं आणि तिनं पाठीमागे आपल्या हातात काहीतरी लपवून ठेवलं होतं. “जरा डोळे बंद कर पाहू.” ती सडाकोला म्हणाली. सडाकोनं आपले डोळे गच्च मिटून घेतले आणि काही वेळानं जेव्हा तिनं डोळे उघडले तेव्हा तिनं पाहिलं, तिच्या समोर काही



रंगीत कागद आणि एक कात्री ठेवलेली होती. “हे काय?” सडाकोनं विचारलं. चुजूको अगदी खुशीत होती. “मी तुला बरं करण्याचा एक उपाय शोधून काढलाय.” मग चुजूकोनं सोनेरी कागदाचा एक मोठा चौकोन कापला आणि त्याच्या घड्या घालून एक छानशी सोनेरी चिमणी बनवली. सडाकोला काही समजलं नाही. तिनं विचारलं. “पण ही कागदाची चिमणी कशी काय मला बरं करेल?”

“अग, तुला ती सारस पक्ष्याची जुनी गोष्ट माहित नाही का?” चुजूकोनं विचारलं, “सारस पक्षी एक हजार वर्षं जगतात आणि

जर एखाद्या आजारी व्यक्तीनं कागदाचे एक हजार पक्षी बनवले तर देव त्याला पुन्हा बरं करतो.” सडाकोच्या हातात कागदाची चिमणी ठेवत ती म्हणाली, “हा घे तुझा पहिला पक्षी.” सडाकोच्या डोळ्यांत अश्रू जमा झाले. तिनं मनापासून चुजूकोचे आभार मानले. सडाको जेव्हा चौकोनी कागदाच्या घड्या घालून चिमणी बनवायला लागली तेव्हा तिला ते जमेचना. दिसायला अगदी साधी दिसणारी चिमणी तयार करणं वाटलं तेवढं सोपं नव्हतं. चुजूकोच्या मदतीनं तिनं कागदाच्या घड्या घालून पक्षी बनवायचं शिकून घेतलं. खूप प्रयत्न करून तिनं दहा

चिमण्या बनवल्या. मग तिनं ते सर्व पक्षी सोनेरी पक्षाच्या शेजारी ओळीत मांडून ठेवले. काही पक्षी जरा बिघडले होते. एक दोन चिमण्या वेड्यावाकड्या झाल्या होत्या.

पण ही तर सुरुवात होती. सडाकोनं विचार केला, “आता मला फक्त नऊशेनव्वद चिमण्या बनवायच्या आहेत. सोनेरी पक्षाच्या सान्निध्यात तिला सुरक्षित वाटत होतं. तिला वाटलं, थोड्याच दिवसात

आपण एक हजार पक्षी तयार करू मग आपल्याला बरं वाटायला लागेल आणि परत घरी जाता येईल. मासाहीरो जेव्हा शाळेतून परत येताना सडाकोला भेटायला आला तेव्हा चिमण्या पाहून म्हणाला, “तुझं हे टेबल छोटं आहे. याच्यावर एवढ्या चिमण्या ठेवायला जागाच नाहीय. मी या पक्षांना छताला टांगून ठेवतो.” सडाको एकदम खूश होती, आणि हसत होती. “मी जेवढ्या चिमण्या तयार करेन तेवढ्या तू नक्की छताला टांगून ठेवशील ना.” सडाको म्हणाली, मासाहीरोनं पक्षी टांगण्याचं कबूल केलं. सडाको म्हणाली, “म्हणजे तुला कागदाचे एक हजार पक्षी दोन्याने लटकवावे



लागतील. तिचे डोळे आशेनं चमकत होते. “एक हजार” मासाहीरो म्हणाला, “चेष्टा करतेयस की काय.” मग नर्स कडून दोरा आणि चिकटपट्टी मागून घेऊन मासाहीरोनं ते दहा पक्षी छताला लटकवले. सोनेरी पक्षी मात्र सडाकोच्या टेबलावरच ठेवला होता. संध्याकाळी मित्सुई आणि ईजीसुद्धा आईबरोबर सडाकोला भेटायला आले. कागदाच्या चिमण्या पाहून सगळेच जण आश्चर्यचकीत झाले. आईला छोटी हिरवी चिमणी जास्त आवडली. ती म्हणाली की छोट्या कागदांच्या घड्या घालणं खूप अवघड असतं. सगळेजण घरी परत गेल्यावर सडाकोच्या खोलीमधे परत एकदा भयाण

शांतता पसरली. सडाकोला एकटं एकटं वाटू लागलं. मनाला धीर वाटावा म्हणून तिन आणखी थोड्या कागदाच्या चिमण्या बनवल्या.

अकरा मी लवकर बरी होईन !

बारा मी लवकर बरी होईन !

केनजी

कागदाचे पक्षी एक शुभ प्रतिक मानले जायचे. सडाकोच्या पक्षांसाठी सगळे लोक कागद जमवायला लागले. चुजूकोनं आपल्या वर्गातून काही रंगीत कागद मागून आणले. वडील त्यांच्या केस कापायच्या दुकानातला कागदाचा प्रत्येक तुकडा जपून ठेवायला लागले. नर्ससुद्धा औषधांच्या पाकीटांचे कागद सडाकोसाठी सांभाळून ठेवू लागली आणि मासाहीरो कबूल केल्याप्रमाणे प्रत्येक पक्षी छताला टांगून ठेवू लागला. कधीकधी तो एकाच दोऱ्यावर खूपसे पक्षी लटकवायचा. मोठे पक्षी मात्र वेगवेगळ्या दोऱ्यांवर स्वतंत्र उडत रहायचे.

पुढे काही महिन्यांनंतर बरेचदा असं वाटायचं की सडाको आता एकदम बरी झालीय. पण डॉक्टर नुमाटांनी सांगितलं की तिनं हॉस्पिटल मधे रहाणंच योग्य होते. आतापर्यंत सडाकोला कळून चुकलं होतं की तिला ल्युकेमिया म्हणजे रक्ताचा कॅन्सर झालाय. पण तिला हे सुद्धा माहित होतं की काही रुग्ण या रोगातून देखिल बरे होतात. तिनं या रोगातून बरं होण्याची आशा सोडली

नाही. तिला पक्की खात्री होती की एक दिवस ती या आजारातून नक्की बरी होईल. जेव्हा बरं वाटायचं तेव्हा सडाको खूप व्यग्र रहायची. तेव्हा ती शाळेचा अभ्यास करायची, मित्र-मैत्रिणींना पत्र लिहायची आणि भेटायला येणाऱ्या लोकांना कोडी घालायची. त्यांच्याशी खेळायची आणि गाणी गायची. संध्याकाळी कागदाच्या चौकोनांच्या घड्या घालून चिमण्या बनवायची. आतापर्यंत तिनं तीनशेपेक्षा जास्त चिमण्यांचा थवा तयार केला होता. आता पक्षी बनवण्यात तिचा हातखंडा झाला होता. तिची बोटं आता कागदाच्या घड्या छानपैकी ओळखायला लागली होती. आता सगळे पक्षी सजीव आणि छान वाटू लागले होते. पण हळू हळू अँटमबॉम्बचा आजार सडाकोच्या शरीरात पसरू लागला. तिला वेदना जाणवू लागल्या. कधी कधी तिचं डोकं इतकं दुखायचं की तिला काही वाचणं आणि लिहिणं सुद्धा जमायचं नाही. तिला वाटायचं की तिच्या हाडांना आग लागून जणू काही ती पाघळतायत. असा त्रास सुरू झाला की तिच्या डोळ्यांसमोर अंधेरी यायची. अशा अशक्त अवस्थेत ती काहीही करू शकत नसे. खिडकीबाहेरच्या झाडाकडे एकटक पहात रहायची. त्या सोनेरी पक्षाला तासन्तास मांडीवर घेऊन बसायची.

एक दिवस सडाकोला खूपच अशक्तपणा जाणवायला लागला. तेव्हा नर्सनं तिला



चाकांच्या खुर्चीवर बसवून बाहेर व्हरांड्यात नेलं तिथे थोडसं ऊन पडलं होतं. इथेच पहिल्यांदा सडाकोची भेट केनजीबरोबर झाली. केनजी नऊ वर्षांचा होता. पण तो त्याच्या वयापेक्षा खूप छोटा दिसायचा. त्याचा छोटासा चेहेरा आणि चमकदार काळ्या डोळ्यांकडे सडाको एकटक पहात राहिली होती. “हॅलो, मी सडाको” ती म्हणाली. केनजीनं खूप हळू आवाजात उत्तर दिलं. थोड्याच वेळात दोघंही खूप जुनी मैत्री असल्यासारखे गप्पा मारायला लागले. केनजी खूप दिवसांपासून हॉस्पिटलमधे होता. त्याला भेटायला खूप कमी लोक यायचे. त्याचे आईवडील वारले होते आणि जवळच्याच एका शहरामधे तो आपल्या आजीबरोबर रहात असे.

“माझी आजी खूप म्हातारी आहे. त्यामुळे आठवड्यातून फक्त एकदाच ती मला भेटायला येते.” केनजी म्हणाला, “म्हणून मी जास्तीत जास्त वेळ फक्त वाचनच करतो.” सडाको केनजीच्या उदास चेहेऱ्याकडे पहात राहिलो. “पण आता काही फरक पडणार नाही.” केनजी बोलतच होता, “कारण मी आता लवकरच मरणार आहे. अँटमबॉम्बमुळे मला रक्ताचा कॅन्सर झाला आहे.” “पण तुला ल्युकेमिया होऊच शकत नाही.” सडाको म्हणाली, “अँटमबॉम्ब पडला तेव्हा तर तू जन्मला सुद्धा नव्हतास.” “म्हणून काय झालं? या आजाराचं विष माझ्या आईच्या शरीरात होतं ना?” केनजी म्हणाला.

सडाकोनं केनजीला समजावण्याचा प्रयत्न केला. तिनं त्याला सोनेरी पक्षाबद्दल सुद्धा सांगितलं.

“मला त्या पक्षांबद्दल माहीती आहे.” केनजी म्हणाला, “पण आता खूप उशीर झालाय. आता मला देवसुद्धा वाचवू शकणार नाही.”

सडाको तिच्या खोलीत परतल्यावर विचारात गढून गेली. तिनं सगळ्यात छान आणि रंगीत कागदांचे काही पक्षी बनवून केनजीसाठी पाठवून दिले. तिला वाटलं तिच्या पक्ष्यांमुळे केनजीचं दुःख थोडं हलकं होईल. मग तिनं स्वतःसाठी कागदाचे काही पक्षी बनवले.

तीनशे ... चाळीस

तीनशे नव्वद...

एकदा केनजी व्हरांड्यात दिसलाच नाही. नर्सनं सडाकोला सांगितलं की रात्री केनजी देवाघरी गेला. सडाकोला हे दुःख सहन झालं नाही. भिंतीकडे तोंड करून ती हमसून हमसून रडू लागली. सडाको रडायची थांबली तेव्हा रात्र झाली होती. आकाशात चमचमणाऱ्या ताऱ्यांकडे पहात तिनं नर्सला विचारलं,

“केनजी आता या अगणित ताऱ्यांपैकी एकामधे गेला असेल ना?” नर्स म्हणाली, “मला वाटतं तो आता जिथे कुठे असेल तिथे खुश असेल. त्यानं त्याच्या रोगग्रस्त थकलेल्या शरीराच्या त्याग केलाय आणि त्याचा आत्मा आता मुक्त झालाय.” सडाको, वाऱ्यानं हलणाऱ्या झाडाच्या पानांची सळसळ ऐकत होती. मग तिनं विचारलं, “त्याच्यानंतर आता मीही मरून जाईन ना?” “नाही गं.” मान हलवून नर्स म्हणाली, तिनं पलंगावर रंगीत कागद पसरले आणि सडाकोला म्हणाली, “झोपायच्या आधी मला एक कागदाचा पक्षी करून दाखव बरं. तुझे एक हजार पक्षी तयार झाले ना की तू एकदम बरी होशील आणि अगदी म्हातारी होईपर्यंत जिवंत रहाशील.”

नर्सच्या बोलण्यावर विश्वास ठेवणं सडाकोला जड जात होतं. तिनं मनापासून काही पक्षी तयार केले. आणि बरं होण्यासाठी प्रार्थना केली.

चारशे त्रेसष्ट ...

चारशे चौसष्ट ...

शुभेच्छांचा वर्षाव

जून महिना आला आणि येताना पाऊसही घेऊन आला. दिवसभर पावसाचे थेंब खिडकीच्या काचेवर टपकत राहिले. सडाकोचा चेहरा आता पिवळा पडला होता. आता फक्त तिच्या आईवडिलांना आणि मोठ्या भावाला हॉस्पिटलमध्ये यायची परवानगी होती. तिच्या वर्गातल्या मैत्रिणींनी तिला एक लाकडाची जपानी बाहुली पाठवली होती. त्या कोकुशी बाहुलीला तिनं टेबलावर सोनेरी पक्षाच्या जवळ ठेवून दिलं.

आईला खूप काळजी वाटू लागली होती कारण सडाकोनं आता जेवण खूपच कमी केलं होतं. एक दिवस आईनं सडाकोला अतिशय आवडणारा एक पदार्थ बनवून आणला. पण सडाकोनं कसा बसा त्यातला एक घास खाल्ला. तिचा जबडा सुजला होता आणि आता काही चावता येत नव्हतं. सडाकोच कुटुंब गरीब होतं. सडाकोसाठी पौष्टिक आणि चांगलं अन्न मिळवण्यासाठी त्यांना खूप कष्ट करावे लागायचे. पण ते अन्न सडाकोच्या घशाखाली उतरायचं नाही. हा सगळा विचार मनात येऊन सडाकोच्या डोळ्यांत अश्रू आले.

आईनं सडाकोला छातीशी कवटाळलं आणि म्हणाली, “हे बघ काळजी करू नकोस. तू नक्की बरी होशील. ज्या दिवशी

स्वच्छ सूर्य प्रकाश येईल ना त्या दिवशी तुला नक्की बरं वाटायला लागेल.” मग आईनं सडाकोच्या शाळेच्या पुस्तकातल्या काही कविता तिला वाचून दाखवल्या. मासाहीरोनं आल्यावर सडाकोला एक घडी घातलेला चंदेरी कागद खिशातून काढून दिला. म्हणाला, “हा ईजीनं दिलाय. त्याचा तू अजून एक पक्षी करू शकशील.” सडाकोनं कागदाचा वास घेतला. त्याला चॉकलेटचा वास येत होता. “कदाचित देवाला सुद्धा चॉकलेटचा वास आवडेल.” सडाको म्हणाली. हे ऐकल्यावर तिघंही खळखळून हसले. सडाको आज किती दिवसांनी हसली होती.

हा जणू एक शुभ शकूनच होता. आता बहुधा सोनेरी पक्षानं आपली जादू दाखवायला सुरुवात केली होती. सडाकोनं चंदेरी रंगाचा कागद सरळ केला आणि त्याची एक चिमणी बनवली. पाचशे एकेचाळीस...

पण आता ती अगदी थकली होती. चिमण्या बनवायला आता तिच्यात शक्तीच उरली नव्हती. सडाको लहान असताना आई तिला एक कविता म्हणून दाखवायची ती कविता आता परत जाण्याआधी आईनं पुन्हा म्हणून दाखवली, “स्वर्गातल्या सोनेरी पक्षानो, माझ्या लेकीला पंख्याखाली घ्या.”



शेवटचे दिवस

जुलै संपत आला होता. आता ऊन पडायला लागलं होतं आणि हवेत ऊबही आली होती. सडाकोची तब्येत आता बरीच बरी वाटत होती. “मी हजारातले अर्ध्याहून जास्त पक्षी बनवलेत.” ती मासाहारीला म्हणाली, “म्हणून काहीतरी चांगलंच घडेल असं वाटलं.”

आणि तसंच काहीसं झालं. तिला पुन्हा भूक लागू लागली आणि वेदना पळून गेल्या. डॉक्टर नुमाटा तिची ही प्रगती पाहून खुश झाले आणि त्यांनी सडाकोला एकदा तिच्या

घरी भेट देण्याची परवानगी दिली. घरी जायला मिळणार हे कळल्यावर सडाको इतकी खुश झाली की त्या रात्री मला झोपच लागली नाही म्हणून रात्रभर ती कागदांच्या घड्या घालून त्यांचे पक्षी बनवत बसली.

सहाशे वीस ...

सहाशे एकवीस ...

स्वतःच्या घरी गेल्यावर सर्व कुटुंबियांना भेटल्यावर सडाकोचा आनंद गगनात मावेना. सडाकोच्या स्वागतासाठी आईनं आणि मित्सुईनं घर कसं घासून पुसून लखव केलं होतं. ते सडाकोचा सोनेरी पक्षी आणि कोकुशी बाहुली सुद्धा हॉस्पिटलमधून घेऊन आले होते. घरात पक्कानांचा सुवास दरवळत होता. सडाको एकदम खुश होती. तिला आता कदाचित कायम घरीच रहायला मिळेल, हॉस्पिटलमधे जावं लागणारचं नाही. ससाकी कुटुंबियांचे खूपसे नातेवाईक आणि मित्र-मैत्रिणी सडाकोला भेटायला येत होते. पण आठवड्याच्या आतच सडाकोचा चेहरा मलूल दिसायला लागला. ती गप्प बसून रहायची. आणि येणाऱ्या जाणाऱ्या पाहुण्यांकडे नुसती पहात रहायची. सडाकोची नाजूक अवस्था पाहून सगळ्यांना खूप वाईट वाटतं होतं. आईला वारंवार तिची सुसाट धावणारी लाडकी चपळ सडाको आठवत होती. दुसऱ्याच दिवशी सडाकोला हॉस्पिटलमधे परत जावं लागलं.

त्या शांत एकाकी खोलीत पहिल्यांदाच

तिला बरं वाटत होतं. तिचे आईवडील खूप वेळ तिच्या सोबत बसून होते. सडाको झोपेतच काहीतरी बडबडत होती. आईच्या काही लक्षात आलं नाही. तिनं सडाकोचा हात हातात घेतला. वडील म्हणाले, “सडाको, तुला आता अगदी थोड्याच चिमण्या बनवायच्यात मग तू अगदी खडखडीत बरी होशील.” तेवढ्यात नर्स आली. तिनं सडाकोला औषध पाजलं. डोळे मिटण्याआधी सडाकोनं सोनेरी पक्षाला हातात घेतलं आणि म्हणाली, “एक दिवस मी नक्की बरी होईन आणि वाऱ्याच्या वेगानं पळेंन.”

त्या दिवसानंतर जवळ जवळ रोज डॉक्टर नुमाटा सडाकोला रक्त भरत होते, ते म्हणायचे, “मला माहित आहे की तुला खूप वेदना होतायत, पण आपण निकरानं प्रयत्न तर करायला हवेत की नाही.” सडाको फक्त मान हालवायची. ती आपल्या वेदना कधीही दिसू द्यायची नाही. तिच्या मनात खोल काही सलत होतं. ते होतं मृत्यूचं भय. आजाराबरोबरच या भीतीचाही सामना तिला करायचा होता. आणि या लढाईत सोनेरी पक्षी तिला मदत करत होता. तो सडाकोच्या मनातली आशा पल्लवित करायचा.

आई आता जास्तीत जास्त वेळ हॉस्पिटलमधे असायची. आईचा चिंताग्रस्त चेहेरा पाहून सडाकोला गलबलून यायचं. झाडाच्या पानांचा रंग आता बदलायला



७४

लागला होता. आता सडाकोचा सगळा परिवार तिला एकदा शेवटचं भेटायला आला होता. सोनेरी कागदामधे लपेटलेला आणि लाल रिबीन बांधलेला एक खोका ईजीनं सडाकोला दिला. सडाकोनं हळूहळू तो खोका उघडला. त्या खोक्यामधे सडाकोसाठी एक सुंदर रेशमी किमोनो होता. त्याच्यावर चेरीच्या फुलांचं भरतकाम केलेलं होतं. किती प्रेमानं आईन तो बनवला होता. तो किमोनो पाहून सडाकोला रडू फुटलं.

“का बनवलास तू हा किमोनो?” त्या

तलम रेशमावर हात फिरवती ती म्हणाली, “किती महाग आहे हे रेशीम आणि मी तर कधीच हा घालू शकणार नाही.” वडील म्हणाले, “अग सडाको काल रात्रभर जागून तुझ्या आईनं हा किमोनो तयार केलाय. आईसाठी तरी एकदा तो घाल.” खूप प्रयत्नांनी सडाको पलंगावरून उठली. आईनं तिला किमोनो चढवला. आपले सुजून टम्म झालेले पाय किमोनो मधे झाकले गेल्यामुळे सडाको खुश झाली. हळूहळू एक एक पाऊल उचलत ती खिडकी जवळ गेली आणि तिथे ठेवलेल्या खुर्चीवर बसली. सगळेजण म्हणत होते की रेशमी किमोनोमधे सडाको अगदी राजकुमारी दिसत होती. त्याच वेळेला चुजूको आली. डॉक्टर नुमाटांनी तिला काही वेळ भेटण्याची परवानगी दिली

होती. ती आश्चर्यचकीत नजरेनं काही वेळ सडाकोकडे पाहत राहिली आणि म्हणाली, “शाळेच्या गणवेशापेक्षा या किमोनोमधे तू खूप छान दिसतेस.”

सगळेजण हसले. सडाको सुद्धा हसली. “मग बरी झाल्यावर हा किमोनो घालून मी शाळेत येत जाईन.” सडाको गमतीनं म्हणाली. हे ऐकून मित्सुई आणि ईजी खळाळून हसले.

काही वेळ असं वाटत होतं जणू काही पूर्वीचेच आनंदी दिवस परतून आलेत.

सगळ्यांनी मिळून गाण्याच्या भेंड्या लावल्या आणि सडाकोला आवडणारी गाणी म्हटली. सडाको मात्र खुर्चीवर शांत बसून होती. आपल्या वेदना आणि दुःख लपवत होती. आणि तेच कदाचित बरोबरही होतं. घरी परत जाताना आईवडिलांच्या चेहेऱ्यावर समाधान दिसतं होतं.

सहाशे चव्वेचाळीस...

सडाकोनं बनवलेली ही शेवटची चिमणी.

सडाको जसजशी अशक्त होत गेली तसतशी ती मृत्यूचा अधिक गंभीरतेनं विचार करू लागली. स्वर्गात मी कुठे असेन? पर्वतावर? मृत्यूच्या वेळी वेदना होतात का? की शांत झोप लागल्यासारखं वाटतं?

मृत्यूचा विचार टाळण्याचा खूप प्रयत्न तिनं केला. पण यश आलं नाही मृत्यू तिच्या मनात ठाण मांडून बसला होता.

ऑक्टोबर मध्यापर्यंत सडाकोची अवस्था अशी झाली होती की तिला दिवस आणि रात्रीचा फरकच कळेनासा झाला. एक दिवस जेव्हा तिला जाग आली तेव्हा तिनं पाहिलं, आई तिच्याजवळ बसून रडत होती. “आई रडू नकोस गं” ती म्हणाली, “खरंच रडू नकोस.”

सडाकोला काहीतरी सांगायचं होतं पण तिची वाचा आता गेली होती. तिच्या डोळ्यातून एक अश्रू ओघळला. तिच्या मुळे आईला किती दुःख होतं होतं. सडाको आता काहीच करू शकत नव्हती. फक्त कागदाचे

पक्षी बनवणं आणि दैवी चमत्काराची वाट बघणं एवढंच तिच्या हातात उरलं होतं.

तिनं एक कागद उचलला. पण तिच्या अशक्त बोटांनी त्याच्या घड्या घालणं तिला जमलं नाही.

“आता तर मला कागदाचे पक्षी सुद्धा बनवता येत नाहीत.” सडाकोनं विचार केला. पुन्हा एकदा सर्व शक्ती पणाला लावून कागदाचा पक्षी बनवण्याचा प्रयत्न केला. पण तेवढ्यात तिच्या डोळ्यांसमोर अंधार पसरला.

काही वेळानं डॉक्टर नुमाटा सडाकोला तपासायला आले. तिच्या कपाळावर त्यांनी हात ठेवला. हळूच तिच्या हातातला कागद काढून घेत ते म्हणाले, “आता तू विश्रंती घे. ही चिमणी उद्या बनव.”

गुंगीतच सडाकोनं मान हलवली.

उद्या उद्या तरी किती किती दूर होता.

सडाकोनं डोळे उघडले तेव्हा तिचे सगळे कुटुंबीय तिच्या आसपास जमले होते. सडाको त्यांच्याकडे पाहून हसली. तिला खत्री होती की ती नेहमी त्यांच्या आठवणीत राहिल. असं वाटत होतं जणू काही प्रकाश किरण तिच्या डोळ्यांसमोर नाचतायत. सोनेरी पक्षी उचलण्यासाठी सडाकोनं तिचा अशक्त हडकुळा हात पुढे केला. सडाकोची तब्येत खालावत चालली होती पण सोनेरी पक्षी तिची जगण्याची इच्छा शक्ती जागृत ठेवत होता. छताला लटकावलेल्या चिमण्यांकडे



तिनं पाहिलं. तेवढ्यात हवेचा एक झोप आला आणि सगळ्या चिमण्या फडफडू लागल्या असं वाटत होतं, जणू काही सगळ्या चिमण्या जिवंत होऊन खिडकी बाहेर निळ्या आकाशात विहार करायला चालल्या. किती छान आणि स्वच्छंदी होतं ते पक्षी. एक निःश्वास सोडून सडाकोनं डोळं मिटले, ते परत कधीच उघडले नाहीत.

२५ ऑक्टोबर १९५५ ला सडाकोचा मृत्यू झाला. तिचे उरलेले ३५६ पक्षी तिच्या

वर्गातील सवंगड्यांनी बनवले आणि त्या एक हजार पक्षांबरोबर सडाकोला दफन केलं गेलं. तिच्या मित्र मैत्रीणींनी तिच्यासाठी आणि अँटम बॉम्बमुळे दगावलेल्या इतर लहान मुलांच्या आठवणीसाठी एक स्मारक उभारायचं ठरवलं. देशभरातल्या मुलांनी त्या कामात त्यांना मदत केली. १९५८ मध्ये हे स्मारक तयार झालं. हे स्मारक हिरोशिमा येथे शांती पार्क मध्ये उभारलं गेलं आहे. या मध्ये सडाको एका सोनेरी पर्वतावर उभी आहे आणि तिच्या दोन्ही हातांमध्ये एक पक्षी आहे.

दरवर्षी शांती दिनाला लहान मुलं सडाकोच्या स्मारकावर कागदी पक्षांच्या माळा चढवतात. या स्मारकाखाली लिहिलं आहे, -

जगात शांती नांदावी
हेच आमच्या अश्रूंचं
आणि प्रार्थनेचं मागणं आहे.

भारत ज्ञानविज्ञान समितीच्या जनवाचन बालपुस्तक मालेतून साभार.



लेखक : एलिनोर कोअर,
संक्षिप्त रूपांतर : अरविंद गुप्ता
अनुवाद : इंद्रायणी चव्हाण, रंगभूषाकार,
भाषांतराची आवड.

सूची

‘संदर्भ’च्या अंकात आजवर आलेल्या लेखांची विषयवार सूची.
लेखांच्या नावापुढे अंक क्रमांक आणि पान क्रमांक दिले आहेत.

भौतिक शास्त्र		२३) ध्वनी : वेग	८(१).६९
१) कागदाचे विमान	१.४३	२४) ध्वनी : अनुस्पंदन	८(२).४८
२) मोजमापे - अॅम्पियर	१.८०	२५) ध्वनीच्या शोधात	८(२).६७
३) श्रावण मासी हर्ष मानसी	२.२९	२६) हवेचा दाब (भाग २)	९.११
४) मोजमापे - हर्ट्झ	२.८२	२७) प्रयोगातून सिध्दांताकडे	९.१९
५) शीतलता देताघेता -	३.१५	२८) जुळ्या भावंडापैकी एक -	
६) हे शक्य आहे	३.४७	चुंबकत्व	१०.३९
७) मोजमापे	३.७७	२९) वाद्यांचे विज्ञान	१०.९
८) इलेक्ट्रॉनचा शोध	३.८१	३०) ध्वनी : दोन विशेष परिणाम	१०.५३
९) अदृश्य देणगी	४.४७	३१) असे चालणे	११.३
१०) लेंझचा नियम	४.७३	३२) सर आयझॅक न्यूटन	११.४७
११) मोजमाप - पास्कल	४.७९	३३) पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जास्त्रोत	
१२) निसर्गाची लयबध्दता	५.३३	लेखमाला १२.४७, १३.५०, १४.९	
१३) प्रकाशाचे ध्रुवीकरण	५.५९	१५.४४, १६.४४, १७.३०	
१४) मोजमापे बेल	५.६९	३४) गुरुत्वमध्य	१३.२५
१५) रंग मजेचे, तऱ्हेतऱ्हेचे	६.२१	३५) आपल्या सवयीची सापेक्षता	१४.०५
१६) मोजमापे - क्युरी व बेकरेल	६.६१	३६) आकाशातील सापेक्षता	१५.११
१७) घन, द्रव, वायू आणि काच	७.२५	३७) अंडी उकडलेली व चंद्र	१५.२९
१८) किती वाजले ?	७.४३	३८) अणूचा लेसर	१६.११
१९) व्हर्निअरचा सिध्दांत	७.४७	३९) गती आणि गुरुत्वाकर्षण	१७.२३
२०) ध्वनी : आवाजाची ओळख	७.६८	४०) वाहक बहुवारिके	१८.१६
२१) सरोवर का बर्फाचं मैदान ?	७.७१	४१) प्रकाशाचे विचलन	१८.६५
२२) हवेचा दाब (भाग १)	८(१).३२	४२) प्रकाशाचा वेग	१९.३१

४३) वायुचा आकार ?	१९.३५	१५) डी.डी.टी.	१७.१०
४४) चुंबक	१९.५६	१६) नाश नक्की कशाचा	१८.२१
४५) प्रेशर कुकर :		१७) आम्ल आणि क्षार	१८.३६
वाफेच्या शक्तीचे वरदान	२०.२९	१८) लोखंड आणि त्याचे निष्कर्षण	१९.६८
४६) खालीवर खाली	२९.३८	१९) व्हल्कनायझेशन	१९.४१
४७) मधमाशांची वास्तुकला	२१.४५	२०) संयुजा व रेणूसूत्रे	२०.४३
४८) स्फटिकांचे स्थापत्यशास्त्र भाग - १	२२.४७	२१) अदृश्य जगत्	२१.१३
४९) स्फटिकांचे स्थापत्यशास्त्र भाग - २	२३.५०	२२) साबण	२२.२४
		२३) आम्ल व आम्लारी	२२.४०
रसायनशास्त्र		२४) उदासीनीकरण व क्षार	२३.४५
१) हवेतून हिरे	१.४१	२५) सरदार, मैंने आपका नमक खाया हैं ।	२३.७६
२) रेणूभाराचा गुंता	२.१९		
३) ओळख आवर्तसारणीची	३.२५	गणित	
४) माती रंगे खेळताना	३.५३	१) पायथागोरसचा विलक्षण सिध्दांत	१.२५
५) जड मूलद्रव्यांचे नामकरण	४.५३	२) कुटून कुठे आणि नकाशे	२.४३
६) बहुरूपी बहुगुणी कार्बन	५.११	३) परीघाचे त्रिज्येशी नाते	२.५७
७) सुरकुतलेल्या वाटाण्यांची गोष्ट	८ (१).३९	४) शून्याच्या पाठीमागे	३.५७
८) कठीण पाणी	८ (२).२५	५) अन्वस्त, वर्गसंख्या आणि आपण	६.१५
९) काचेच्या बशीमध्ये आंदोलन	११.७	६) बहुफलक	६.३८
१०) अन्नाकडून ऊर्जेकडे	११.२०	७) टोपोलॉजी आणि चतुरंग समस्या	८ (२).३१
११) नीरक्षीरविवेक	१२.१९	८) गोष्ट अंकांच्या जन्माची	१२.२४
१२) कीटकनाशके कृत्रिम आणि जैविक	१३.११	९) पायाच बदलला तर	१४.२०
१३) याला जीवन ऐसे नाव	१३.६३	१०) भोलानाथ उद्या आहे	
१४) संयुगे आणि मिश्रणे	१४.२९		

गणिताचा पेपर	१७.५४	४) रेडिओ आणि	
११) मूळ संख्यांना		दूरचित्रवाणी संदेशवहन	११.२७
काडीचा आधार -	१८.६१	५) ध्वनी साठवण	११.५४
१२) वर्तुळेच वर्तुळे	१९.३४,		
	२०.२०, २१.१२	जीवशास्त्र	
१४) बॉबीचे गणित	२०.१५	१) डावं उजवं	२.६६
१५) संगीतामागचे गणित	२१.२७	२) थायमस पुराण	३.३५
	२२.४९, २३.३१	३) गंधज्ञान	४.३९
१६) ३ + ३३ + ३३३ चे		४) प्राण्यांना चाके का नसतात	४.५१
तीन तेरा	२१.४०	५) दिसामाशी वाढताना	४.६३
		६) बेटांवरील जीवसृष्टी	४.६९
खगोलशास्त्र		७) जांभया का येतात?	५.५
१) चंद्र छाया	२.८१	८) पावलाची कमान	५.६४
२) रंग माझा वेगळा !	३.५	९) पापणी लवायच्या आत	५.६६
३) विश्वाच्या जन्मापासून	४.११	१०) लस द्या बाळा	६.६९
४) चंद्राची रूपे आणि गॅलिलिओ	४.७८	११) भूलभुलैय्या	७.१७
५) क्रॉसस्टाफ	५.४७	१२) ध्वनी : ऐकू कसे येते	९.५९
६) मॅगेलानची देणगी	६.५	१३) जुडवाँ	११.३७
७) चंद्र पडत का नाही	८ (२).५	१४) ब्रह्मराक्षस	१२.०५
८) नेपच्यूनचा शोध	९.२३	१५) मेस्मेरिझम	१२.५४
९) उल्कावर्षाव कशामुळे	१०.२३	१६) वेळरहित काळ	१३.३७
१०) अधिक महिना	१३.१९	१७) डोळ्यातून अश्रू का येतात	१६.६०
११) आकाशदर्शन अँटलास	१४.५८		
		प्राणीशास्त्र	
तंत्रज्ञान		१) प्राणवायूची देवाणघेवाण	१.३३
१) कंप सुटे पृथ्वीला	२.८४	२) सात आश्चर्ये	२.११
२) पापणी लवायच्या आत	५.६६	३) शॅमेलिऑन	२.७३
३) भूकंप लहरी	८ (१).५३		

४) लांडगा आला रे आला	६.८५	७) कॉर्क	८ (२).६३
५) काट्यांचे घरकुल	८ (१).५	८) यांना तुम्ही बिया म्हणाल ?	९.५
६) मिळून सारेजण	८ (१).२१	९) पिंपळ, श्रध्दा आणि ऑक्सीजन	९.३३
७) असे नर, अशा माद्या	८ (२).५३	१०) वनस्पती विरूध्द वनस्पतीभक्षक	१०.५९
८) सर्पांचे अंतरंग	१०.३	११) पानाचं रंगरूप	१६.०५
९) असंही जीवनचक्र	१३.१०	१२) रागाने लाल	१७.२०
१०) सुदृढ मानवी शरीरावरील सामान्य सूक्ष्मजीव	१४.४९	१३) नैसर्गिक हवाईतळ	१८.५
११) मधमाशीचं दिशाज्ञान	१५.१७	१४) वनस्पतींचे सहजीवन	१८.११
१२) लाल डोंगळ्यांचं घर	१५.३३	१५) वनस्पतींचे शाकीय प्रजनन	१९.५
१३) हॉक पतंग आणि मधुमालती	१७.०५	१६) वनस्पतींच्या वाढीवर नियंत्रण	१९.१५
१४) मासेमारी करणाऱ्या मांजरी	२०.४८	१७) हंगामी पिकांच्या रोपवाटिका	१९.२१
१५) दृष्टीआडची सृष्टी	२१.३	१८) हवा शुद्ध करणारी हिरवीगार झाडे	२१.८
१६) अवस्थांतर	२१.३३	१९) निसर्ग एक जादूगार	२२.९
१७) आपण गवत का खात नाही ?	२३.३	२०) बटाटा	२२.५५
वनस्पतीशास्त्र		२१) सोपं नाही अन्न पळवणं -	२३.१७
१) बटाटा प्रयोगशाळेत	१.५	आरोग्यशास्त्र	
२) आनुवंशिकतेचे नियम शोधणारा धर्मगुरू - मेंडेल	१.४३	१) नाश नक्की कशाचा ?	१८.२१
३) छोट्या प्रयोगातून मोठ्या उपयोगाकडे	१.६७	२) इन्फ्लुएंझा	२२.७१
४) मॅनग्रोवनं शिकवला नवा धडा	२.६९	३) सरदार, मीने आपका नमक खाया है ।	२३.७६
५) बियांचे निश्वास	६.९		
६) वनस्पतींचे अन्न, काही प्रयोग काही इतिहास	८ (१).४७		

जैवतंत्रज्ञान

१) जैवतंत्र	१.५१
२) नायट्रोजनचे स्थिरीकरण	११.५८
३) किण्वनक्रिया	१६.५४

पर्यावरण

१) वसुंधरा दिन	४.५
२) अक्षय विकास	११.७४
३) विज्ञान शिक्षण व शाश्वत विकास	१५.६०

भूगोल

१) धरतीची फिरती	१.११
२) समुद्रातील पाण्याचे प्रवाह	५.२१
३) गुहेत दडलेला खजिना	६.३३
४) भू-गोलातील नकाशे	६.४७
५) सावधान ! धरणी सरकते आहे !	७.५३
६) उत्कापाताचे प्रताप	११.१८
७) नदीचे अपहरण	१२.६६
८) नकाशे जुने आणि नवे	१३.०५
९) भाषा नकाशाची	१४.२४, १५.२१, १६.२३, १७.४५, १८.४५, २०.२१, २१.१९, २२.६
१०) भरती ओहोटी	१७.१३

इतिहास

१) खोदून काढले एक गाव	१.४९
२) कथा कॅलेंडरची	१.६१
३) त्या अनाम वीरांना	२.५

४) गुरूनानकांचा दोहा औरंगजेबाच्या तोंडी	३.६६
--	------

५) थोडा भूगोल थोडा इतिहास आणि कालिदास	७.५
--	-----

६) उकल एका प्राचीन लिपीची (भाग १)	७.९
--------------------------------------	-----

७) उकल एका प्राचीन लिपीची (भाग २)	८ (१).९
--------------------------------------	---------

८) चॉकलेटचा इतिहास	८ (२).११
--------------------	----------

९) पाणचक्कीचा शोध आणि प्रसार - भाग १	१७.५७
---	-------

१०) पाणचक्कीचा शोध आणि प्रसार - भाग २	१८.२७
--	-------

११) लगान	२२.५८, २३.५५
----------	--------------

अध्ययन

१) जलपातळीचा मर्मभेद	१.१९
----------------------	------

२) सूक्ष्मजीवशास्त्र आणि पक्षी निरीक्षण	४.१५
--	------

३) निर्जंतुक !	५.२७
----------------	------

४) फाइनमन ब्राझीलमध्ये	५.५१
------------------------	------

५) मुलांनी काय शिकावं?	६.९
------------------------	-----

६) भौतिकशास्त्रातील सोपी प्रात्यक्षिके	७.३१
---	------

७) तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी	८ (१).६४	११) अफलातून अल्मारी	११.६८
८) खेलखेलमें	८ (२).४३	१२) स्वामी आणि गणित	१२.४४
९) प्रकल्पातून विज्ञान	९.३९	१३) चंद्र हवा	१३.७०
१०) सीटी मारो	९.४५	१४) सहप्रवासी	१४.६३
११) शिकवण्याची ती पध्दत	१०.१९	१५) कोंबडीची पिळे	१५.७०, १६.६३
१२) 'विश्व' आपले कुटुंब	११.४२	१६) का बरं, का बरं	१७.७५
१३) झाडाची पाने बोलकी किती ?	१५.०४	१७) अंतरंगराक्षस	१८.५७
१४) खरंच समजलं ?	१६.३२	१८) एक मधमाशी एक गुलाब	१९.६२
१५) यक्षप्रश्न	२०.७४	१९) शिनची तीनचाकी	२०.६७
१६) प्रश्न एक रूपे अनेक	२३.११	२०) वादळानंतरची शांतता	२१.७०
		२१) व्हॅनिशिंग क्रीम	२३.२८

कथा

१) कुठे आहे माझ्या मित्राचं घर?	१.७३
२) हे अमर महाकवी	२.७७
३) कोणे एके काळी	३.७१
४) मॅगेलानची पृथ्वी प्रदक्षिणा	४.१९
४) चमत्कार करू शकणारा माणूस	५.७५
५) चमत्कार करू शकणारा माणूस	६.७७
६) अनाकलनीय नाते	७.६३
७) ऐंशी दिवसात जगाची सफर	८ (१).७५
८) अनोखे शिक्षण	८ (२).७१
९) फुग्याचा दिवस	९.६७
१०) विज्ञान म्हणजे काय ?	१०.३३
११) मूषकमर्दन	१०.६६

लेखमाला

१) मोजमापे	अंक १ ते ६
२) आपला हात जगन्नाथ	१ ते ६
३) ध्वनी	७ ते ११
४) पुस्तक परिचय	७ ते २४
५) पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जास्रोत	१२ ते १७
६) नकाशाची भाषा	१४ पासून
७) नोबेल पारितोषिक मिळविणाऱ्या महिला शास्त्रज्ञ	१४ पासून
८) भाषा नकाशाची	अंक १४ ते २२
९) नोबेल पारितोषिक मिळवणाऱ्या महिला शास्त्रज्ञ	अंक १४ ते २३
१०) वर्तुळेच वर्तुळे	अंक १९ - २२
११) संगीतामागचे गणित	अंक २१-२४

उपक्रम

१) विमान बनवा विमान उडवा	१२.३८
२) आकाशदीप	१३.३४
३) अभिनव सूर्य चूल	१४.३५
४) चंद्रकला दर्शन	१५.३२
५) सुदर्शन चक्र	१६.७१
६) पाऊस पडेल का ?	१७.६५
७) आर्द्रतामापक	१७
८) बघू तरी काय होतं	२२.३
९) दोरीवर चढणारा जोकर	२२.३८
१०) कोडीच कोडी	२३.१४

चरित्र

१) आईनस्टाईन प्रतिमा आणि वास्तव	१२.०९
२) डोरोथी हॉजकिन	१४.३८
३) ईरेन क्युरी	१५.३६
४) बार्बरा मॅक्लिन्टॉक	१६.३८
५) रिटा लेव्ही मोन्टाल्सिनी	१७.३९
६) गर्टी कॉरी	१८.३९
७) मारिया गोपर्ट मायर	१९.४५
८) गेरुटुड इलिओन	२०.३३
९) रोझलिन यालो	२१.५३
१०) ख्रिस्तिआन न्युसलाइन फोलहार्ड	२२.३५
अर्थशास्त्र	
१. युरो	२०.५१
२. चलनवाढ	२२.६७

पुस्तक परिचय

१) मेणबत्तीचा रासायनिक इतिहास	१२.६२
२) विज्ञान विशारदा	१३.५८
३) आकाशदर्शन अँटलास	१४.५८
४) छाप की काटा	१५.५७
५) द फाईनमन लेक्चर्स ऑन फिजिक्स	१६.६२
६) लोकविज्ञान दिनदर्शिका	१७.७०
७) कृषिज्ञान कोश	१८.५३
८) गणित गुणगान	१९.५१
९) पालकनीती दिवाळी २००२	२०.६१
१०) विमाने उडवा	२१.५७

इतर

१) पावसापासून बचाव कसा करावा	
२) तुमचे प्रतिबिंब आणि तुम्ही	१४.४६
३) संदर्भ - आजपर्यंत	१७.३६
४) एका वेगळ्या उपक्रमाची ओळख	२०.५८
५) किती पाऊस झाला ?	१८.२५
६) पाणी साठवणे काळाची गरज	१९.७५
७) बाल विज्ञान चळवळ	२०.५
८) हे विश्व माझे ! अन् मी विश्वाचा !	२३.२५

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✓ खूण करा.
मागील उपलब्ध सर्व अंक (१५)	रु. २२५/-*	
वार्षिक वर्गणी	रु. १२५/-	
एकूण		बँक ड्राफ्ट / चेक ⁺ / मनी ऑर्डर

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

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.

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

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

नाव _____

पत्ता _____

सही

तारीख

संदर्भ, १) द्वारा पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक,

संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.

२) वंदना अपार्टमेंट्स, आयडियल कॉलनी, कोथरूड, पुणे ३८.

फोन : ०२०-५४६१२६५. वेळ : १२.३० ते ४.

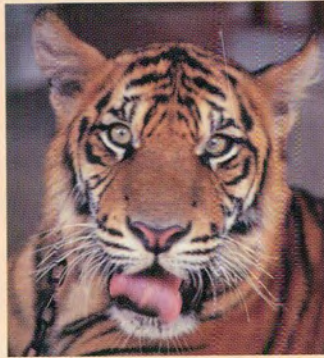
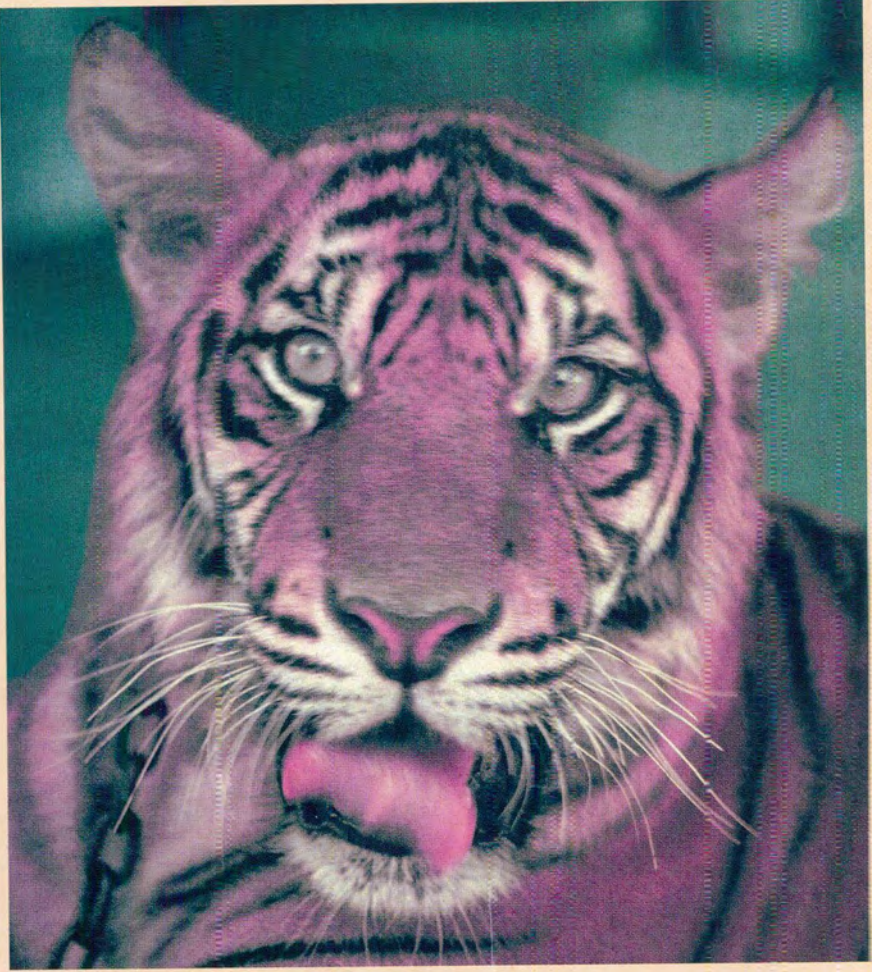
आमचे प्रतिनिधी १) श्री. नंदलाल जोशी, चंद्रमा - १७ ब, अंकुर, महाबँक सोसायटी
सावेडी रोड, अहमदनगर ४१४ ००१.

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



ससे हरणं गार्ई गुरं कुत्रे आणि घोडे या सर्व प्राण्यांची, खरं म्हणजे बऱ्याच सस्तन प्राण्यांची दुनिया ही कृष्णधवलच असते. काही मासे आणि बरेच पक्षी यांना मात्र काही रंग दिसू शकतात. उत्क्रांतीमधे वरच्या पातळीवर असणाऱ्या माकडांच्या जाती आणि दोन पायांवर चालणारी वानरे यांना मात्र आपल्याइतकेच रंग दिसतात

माहितीसाठी आभार : The Cell - Life Science Library



ऑगस्ट - सप्टेंबर २००३ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913
मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संनाइक नीलिमा सहस्रबुद्धे यांनी
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पृणे ४ येथे प्रकाशिन केले.