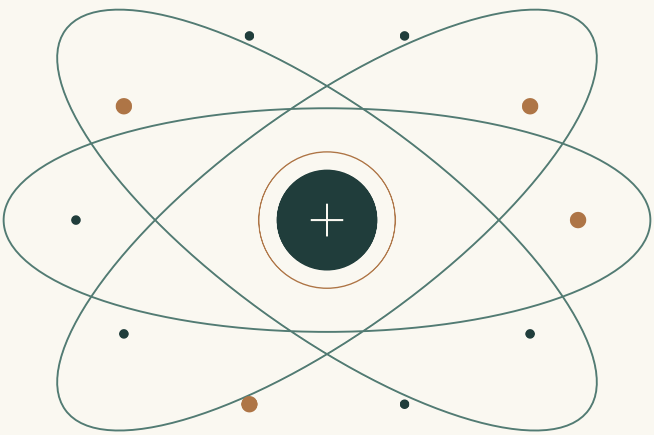
विज्ञानलेखांचा संग्रह

विज्ञान कुतूहल

SCIENCE CURIOSITY



इंद्रजीत पाटील

मराठी · दहा लेख · २०११

विज्ञान कुतूहल

इंद्रजीत पाटील

या आवृत्तीविषयी

या संग्रहातील दहा विज्ञानलेख प्रथम २०११ मध्ये मराठी दैनिक 'लोकसत्ता'मध्ये प्रसिद्ध झाले. प्राण्यांची जाणीव, अवकाशातील रेणू, संगणक, मानवी शरीर आणि पदार्थांचे विलक्षण गुणधर्म अशा विविध विषयांचा येथे वेध घेतला आहे.

ही मूळ लेखांची नव्या मांडणीतील आवृत्ती आहे. लेखांतील आकडेवारी, तत्कालीन संशोधनाचा संदर्भ आणि भविष्याविषयीची विधाने मूळ प्रकाशनकाळाच्या संदर्भात वाचावीत. मजकुराचे शास्त्रीय अद्ययावतीकरण केलेले नाही.

या आवृत्तीत नवी अक्षररचना, अनुक्रमणिका, चित्रविवरणे आणि चित्रस्रोतांची नोंद जोडली आहे. स्रोतांची खात्री जिथे झालेली नाही, तिथे तसे स्पष्ट नमूद केले आहे.

मूळ लेख: २०११
पुनर्मांडणी: सप्टेंबर २०२६
अक्षररचना: Tiro Devanagari Marathi आणि Mukta
www.indrapatil.com/writing/

स्वामित्वहक्क आणि वापर

मूळ लेख © २०११ इंद्रजीत पाटील

लेखकाच्या मालकीचे सर्व हक्क राखीव. या संकलनातील लेख प्रथम २०११ मध्ये 'लोकसत्ता' दैनिकात प्रसिद्ध झाले. ही लेखकाची स्वतंत्र संकलित आवृत्ती आहे; ती लोकसत्तेची अधिकृत आवृत्ती नाही. लोकसत्ता / इंडियन एक्सप्रेस समूहाचे लागू असलेले हक्क अबाधित आहेत.

वाचन आणि प्रसार

ही प्रत वैयक्तिक वाचनासाठी विनामूल्य उपलब्ध आहे. इतरांना पुस्तक सुचवताना लेखकाच्या संकेतस्थळावरील अधिकृत दुवा पाठवावा.

कायद्याने किंवा संबंधित सामग्रीच्या परवान्याने मान्य केलेले वापर वगळता, पुस्तकाचे किंवा त्यातील मजकुराचे पुनर्मुद्रण, पुनर्प्रकाशन, भाषांतर, रूपांतर, इतर संकेतस्थळांवर वितरण किंवा व्यावसायिक वापर करण्यासाठी संबंधित हक्कधारकांची पूर्वलिखित परवानगी आवश्यक आहे. विनामूल्य उपलब्धता म्हणजे विक्री, सशुल्क वितरण किंवा नफ्यासाठी पुनर्वापराची परवानगी नव्हे.

चित्रे आणि अक्षरकुटुंबे

चित्रांचे हक्क त्यांच्या संबंधित हक्कधारकांकडे आहेत. सार्वजनिक मालकीतील सामग्री आणि स्वतंत्र परवान्यांनी दिलेल्या वापराच्या मुभेवर ही नोंद नवीन बंधने घालत नाही. अक्षरकुटुंबांचे मूळ परवाने लागू राहतात. तपशील 'चित्रस्रोत आणि आभार' या विभागात दिले आहेत.

काही चित्रांच्या स्रोतांची किंवा पुनर्वापराच्या परवानगीची खात्री झालेली नाही. श्रेयनाम दिलेले असणे म्हणजे परवानगी मिळालेली असणे नव्हे.

अधिकृत प्रत, संपर्क आणि परवानगीविषयक चौकशी:
www.indrapatil.com/writing/

अनुक्रमणिका

लेखाच्या शीर्षकावर क्लिक करून त्या पानावर जाता येईल.

प्राण्यांमधील स्वत्वाची जाणीव १

अवकाशातील बकीबॉल्स आणि जीवनसृष्टीचा प्रसार ६

रोगप्रतिकारकशक्ती आणि प्रजननक्षमतेचे व्यस्त प्रमाण! ११

मूरचा नियम आणि संगणकाची प्रगती १५

संगणक माणसासारखा विचार करू शकेल काय? २०

असत्यशोधनाचे तंत्रज्ञान २६

चिरंतन कार्यशील यंत्रांचे मायाजाळ ३१

प्राण्यांमधील तापमान-नियंत्रण व्यवस्था ३६

अदृश्य होणारे पदार्थ: मेटामटेरिअल्स ४१

मानवी अवयवांची पुनर्वाढ होऊ शकते का? ४५

चित्रस्रोत आणि आभार ५०

लेख १

प्राण्यांमधील स्वत्वाची जाणीव

स्थळ: विस्कॉन्सिन विद्यापीठाची प्रयोगशाळा. एक विद्यार्थी ऱ्हिसस जातीच्या माकडांना प्रयोगासाठी तयार करत आहे. यासाठी त्या माकडाच्या डोक्यावर काही ईलेक्ट्रोड्ज लावण्यात आलेले आहेत. हे सर्व करत असताना अचानक या विद्यार्थ्याच्या असे लक्षात येते की प्रयोगशाळेत असलेल्या आरशात पहून हे माकड त्या ईलेक्ट्रोड्ज सोबत चाळे करत आहे. ही गोष्ट तो आपल्या प्रोफेसरना सांगतो आणि तेसुद्धा हे ऐकून बुचकळ्यात पडतात, कारण याचा अर्थ या माकडात स्वत्वाची जाणीव आहे असा होतो. या गोष्टीची खातरजमा करण्यासाठी काही प्रयोग केले जातात आणि यातून ही धक्कादायक बाब समोर येते की ऱ्हिसस माकडे आरश्याचा वापर करू शकतात, म्हणजेच ती स्वतःच्या अस्तित्वाविषयी जागृत आहेत!

स्वत्वाची जाणीव म्हणजे काय?

महान तत्त्वज्ञ देकार्तने म्हटले आहे की, “मी विचार करतो म्हणूनच मी अस्तित्वात आहे.” देकार्तचे म्हणणे दूसऱ्या शब्दात सांगायचे तर विचार करण्यासाठी; विचारांपासून भिन्न असणारी, स्वतःच्या अस्तित्वाचे भान जाणवून देणारी “स्वत्वाची जाणीव” (self-awareness) अस्तित्वात असावी लागते. इथे हे नमूद करायला हवे की स्वत्वाची जाणीव ही आपल्याला स्वत:च्या शरीरासंबधी असलेल्या भानापेक्षा (निजदेहभान-proprioception) वेगळी आहे. समाजात एक व्यक्ती म्हणून वावरण्यासाठी ही जाणीव पूर्वापेक्षित आहे. या जाणीवेमूळेच आपण स्वत:च आपल्या वर्तनाची, विचारांची, मूल्यांची चाचपणी करू शकतो. ही जाणीव इतकी मुलभूत आहे की तीचे अस्तित्व आपण अजाणतेपणे गृहीतच धरतो. पण ज्यावेळी आपण मानवाची तुलना इतर प्राण्यांशी करतो, त्यावेळी ह्या जाणीवेच्या अस्तित्वाची आपल्याला प्रकर्षाने आठवण होते. उदा. कल्पना करा

चित्र १: आरशातील स्वतःच्या प्रतिबिंबाकडे पाहणारा ‘NICO’ नावाचा कुत्रा.

Georgia Pinaud · NICO looks at himself · सार्वजनिक मालकी.

की रस्त्यावरील भटका, गाड्यांमागून विनाकामाचा धावणारा कुत्रा कधी “माझी अशी दयनीय अवस्था कशामुळे झाली?” असा विचार करत असेल का?!

अशा या मुलभूत जाणीवेचा प्राण्यांमधील अस्तित्वाचा शोध घेण्यासाठी बराच काळ समाधानकारक चाचणी अस्तित्वात नव्हती. १९७० साली गॉर्डन गैलप या शास्त्रज्ञाने प्रथमच अशी एक चाचणी सुचवली. या चाचणीला “मिरर टेस्ट” म्हणतात.

‘स्वत्व’परीक्षा

मिरर (आरसा) चाचणीचे गृहितक अतिशय सोपे आहे: स्वत:चे आरश्यातील प्रतिबिंब ओळखण्याच्या क्षमतेचे मूळ स्वत्वाच्या जाणीवेत आहे. याआधारे आरश्यातील प्रतिबिंब हे स्वत:चेच प्रतिबिंब आहे हे जर प्राण्याने ओळखले, तर त्या प्राण्यात स्वत्वाची जाणीव असल्याचे मानण्यात येते कारण आरश्यातील प्रतिबिंब स्वत:चे असल्याचे अनुमान काढण्याआधी, असे अनुमान काढणाऱ्या प्राण्याला त्याच्या स्वतःच्या अस्तित्वाची जाणीव असणे गरजेचे असते. अशी जाणीव नसेल तर आरश्यातील प्रतिबिंब कोणाचे आहे हे कसे कळणार?

ज्यावेळी एखाद्या प्राण्यामध्ये ही जाणीव आहे की नाही हे पाहायचे असते, त्यावेळी अशा प्राण्याला भूल देऊन त्याच्या अंगावर त्याला आरश्याशिवाय न

दिसणाऱ्या एखाद्या अवयवावर (उदा. भुवई, कान, इ.) गंधहिन व खाज न सुटणारा असा एक शाईचा ठिपका देण्यात येतो. शुद्धिवर आल्यावर स्वत्वाची जाणीव असलेले प्राणी ठिपका असलेला हा भाग आरश्यात न्याहाळून पाहतात, आरश्यात पाहून स्वत:च्या शरीरावरील त्या भागावरून हात फिरवतात, किंवा तो भाग व्यवस्थित दिसावा म्हणून शरीराची योग्य अशी ढब स्विकारतात. उदा. मैगपाय रॉबिन ह्या पक्षाने प्रयोगादरम्यान त्याच्या चोचीखालील चिकटवलेली पट्टी आरश्यात पाहून काढायचा प्रयत्न केला होता, चिंपाझेने कानावर दिसणारा शाईचा ठिपका आरश्यात पाहून पुसून टाकला होता, तर व्हिसस माकडाने स्वत:चा चेहरा व्यवस्थित दिसावा म्हणून आरश्याचा कोन बदलला होता. आरसा नसताना मात्र अशी कोणतीही प्रतिक्रिया हे प्राणी दाखवत नाहीत.

याउलट स्वत्वाची जाणीव नसलेले प्राणी स्वत:च्या प्रतिबिंबाला दुसरा प्राणी समजतात, उदा. आरश्यासमोर बसलेली चिमणी स्वत:च्याच प्रतिबिंबावर चोच मारते, तर अतिशय गुळगुळीत टाईल्सवर मांजर स्वत:च्याच प्रतिबिंबावर ओरखडे काढायचा प्रयत्न करते. हा सर्व त्यांच्यांतील या जाणीवेच्या अभावाचा परिपाक आहे.

यावर असा आक्षेप घेतला जाऊ शकतो की आरश्यासोबत पुरेसा वेळ व्यतित न केल्यामुळे कदाचीत हे प्राणी काही प्रतिक्रिया देत नसावेत. ही शंका दूर करण्यासाठी काही प्रयोगांदरम्यान आठवड्यांपासून ते एक वर्ष एवढ्या कालावधीसाठी आरसा प्राण्यांच्या पिंजऱ्यात ठेवण्यात आला, तरी प्राण्यांच्या आरश्यासोबत असलेल्या वर्तनात काही फरक पडला नाही. दुसरा आक्षेप हाही असू शकतो की प्राणी त्यांच्यावर केलेल्या खुणांविषयी उदासीन असावेत आणि त्यामुळेच ते आरश्यात या खुणा दिसूनही काही प्रतिक्रिया देत नसावेत. हे टाळण्यासाठी प्रयोग सुरू करण्यापूर्वी प्राण्यांच्या मनगटावर व पायावर शाईचे ठिपके देतात. हे शरीराचे भाग आरश्याशिवायही दिसतात. हे ठिपके पाहिल्यावर मात्र या खूणांकडे चाचणीत अनुत्तीर्ण झालेले प्राणी दुर्लक्ष करत नाहीत. याचा अर्थ प्राण्यांची शरीरावर दिसण्याऱ्या खूणांविषयीची उदासीनता त्यांच्या या चाचणीत अनुत्तीर्ण होण्यास कारणीभूत असू शकत नाहीत.

स्वत्वाची जाणीव असलेले प्राणी

आजवर प्राण्यांच्या विभिन्न वर्गातील शेकडो प्राण्यांवर या चाचणीचे प्रयोग करण्यात आले आहे. यातून पुढिल प्राण्यांमध्ये स्वत्वाची जाणीव आढळून आलेली

आहे: ग्रेट एप वर्गातील सर्व प्राणी (उदा. मानव, चिंपाझी, ओरांगऊटान, इ.), ऱ्हिसस माकड, हत्ती, ओर्का व्हेल, बोटलनोझ डॉल्फिन, युरोपिअन मैगपाय.

सर्वच मानव ही चाचणी उत्तीर्ण करू शकत नाहीत. काही अपवाद असे आहेत: आश्चर्यकारकरीत्या १८ महिन्यांपेक्षा लहान असलेले मानवी मूल ही चाचणी उत्तीर्ण करू शकत नाही. पण २ वर्षे पूर्ण झालेले मूल मात्र या चाचणीत उत्तीर्ण होते. याचाच अर्थ मानवामध्ये स्वत्वाची जाणीव जन्मापासून १८-२४ महिन्यादरम्यान कधीतरी निर्माण होते. त्याचप्रमाणे अल्झाइमर्सच्या आजारने ग्रस्त रोगी स्वत:चे प्रतिबिंब ओळखू नाही शकत. स्किझोफ्रिनिया या मानसिक रोगाचे रूग्ण स्वत:च्या प्रतिबिंबाला दुसऱ्या व्यक्ती म्हणून वागवतात.

वर नमूद केलेल्या स्वत्वाची जाणीव असलेल्या प्राण्यांच्या सुचीवरून एक प्रश्न असा निर्माण होतो की ही जाणीव इतक्या भिन्न गटातील प्राण्यांमध्ये का आढळून येते? या प्रश्नाच्या उत्तराविषयी विज्ञान अजूनही पूर्णपणे अनभिज्ञ आहे.

मिरर टेस्ट वरिल आक्षेप

१. ही चाचणी सर्वच प्राण्यांसाठी अनुरूप नाही, कारण मानव व वानर गटातील प्राणी सोडल्यास इतर प्राण्यांमध्ये दृष्टिपेक्षा इतर ज्ञानेंद्रियांकडून येण्याऱ्या संवेदनांवर जास्त भर असतो. उदा. कुत्र्यांमधील घ्राणेंद्रिय प्रचंड विकसित असते. यामुळे मार्क बेकॉफ हा शास्त्रज्ञ सध्या कुत्र्यांसाठी त्यांच्या घ्राणेंद्रियांवर भर देणारी एक चाचणी विकसीत करत आहे. त्यामुळे वानर गट सोडून इतर प्राण्यांसाठीसुद्धा हीच चाचणी वापरावी का, हा वादाचा मुद्दा आहे.

२. या चाचणीतून येण्याऱ्या नकारात्मक निष्पत्तींवरून त्या प्राण्यामध्ये स्वत्वाची जाणीव नाहीच असे खात्रीलायकरित्या सांगता येत नाही. उदा. प्रोझोपैग्नोझिया या मेंदूच्या आजाराने त्रस्त असणाऱ्या रूग्णांमधील चेहरे ओळखण्याची क्षमता नष्ट होते आणि यामुळे ते या चाचणीत उत्तीर्ण होत नाहीत, पण तरीही त्यांच्यातील स्वत्वाची जाणीव शाबूत असते.

या त्रुटी दूर करण्यासाठी सध्या वैज्ञानिकांचे प्रयत्न चालु आहेत. नवीन येण्याऱ्या चाचण्यांधून कदाचीत स्वत्वाची जाणीव असण्याऱ्या प्राण्यांच्या यादीची लांबी वाढेल. पण सध्यातरी मिरर टेस्ट ही प्राण्यांमधील स्वत्वाची जाणीव शोधण्यासाठी कसोटीचा दगड मानण्यात येते. मानवामधील या जाणीवेचा शोध घेण्याचे इतरही मार्ग आहेत, उदा. सर्वनामांचा वापर करण्याची क्षमता.

स्वत्वाच्या जाणीवेचा उगम

मेंदू विज्ञान अजूनही बाल्यावस्थेतच आहे आणि त्यामुळे आपल्याला या जाणीवेचा मेंदूतील उगम कुठे आहे याविषयी खात्रीने काही सांगता येत नाही. पण तरीही काही सिद्धांत मांडण्यात आले आहेत. यापैकी गैलपच्या सिद्धांताची सध्या चलती आहे. गैलपच्या मते या जाणीवेचा उगम उजव्या मेंदूतील प्रिफ्रॉण्टल कॉर्टेक्स या भागात आहे. २००१ मधील कीनन या शास्त्रज्ञाने केलेल्या प्रयोगाचे निष्कर्ष या सिद्धांताला अनुरूप आहेत. या प्रयोगामध्ये फेफऱ्याच्या रूग्णांना एक फोटो दाखविण्यात आला. हा फोटो त्या रूग्णाचा व एखाद्या प्रसिध्द व्यक्तिचा अर्धा-अर्धा चेहरा घेऊन त्यांच्या मेंदूला फसवण्यासाठी बनविण्यात आला होता. ज्यावेळी मेंदूच्या डाव्या भागाला भूल दिली होती त्यावेळी ते स्वत:चा चेहरा ओळखू शकले पण उजव्या भागाला भूल दिल्यावर मात्र फोटोमधील व्यक्ती ओळखीची वाटत असल्याचे रूग्णांनी नमूद केले. याचाच अर्थ स्वत:चा चेहरा ओळखण्याची क्षमता आपल्या उजव्या मेंदूची देणगी आहे. पण अजूनही गैलपचा सिद्धांत सिद्ध होण्यासाठी पुराव्याची गरज आहे.

गैलपचे असेही म्हणणे आहे की इतर लोकांची मानसिक अवस्था समजून घेण्यासाठी स्वत्वाची जाणीव असणे गरजेचे आहे. उदा. ऑटिझम या आजाराने ग्रस्त मुलांमध्ये स्वत्वाची जाणीव विकल झालेली असते आणि त्यामुळे ही मुले इतर आजुबाजूचे लोक काय विचार करत आहेत याविषयी काहीच अनुमान काढू नाही शकत, पण याउलट याच वयाची सामान्य मुले अशी अनुमाने काढू शकतात. (उदा. काय केल्यावर आई रागवेल.)

या विषयातील संशोधनामुळे वरील नमूद केलेल्या मानसिक विकारांनी त्रस्त रूग्णांच्या मानसिक अवस्थेविषयीचे काही नवीन पैलू प्रकाशात येण्याची शक्यता आहे. त्याचप्रमाणे आपण पृथ्वीवरील आपल्या सह-रहिवासी प्राणीमात्रांना आणखी जवळून ओळखू शकू अशी आशा आहे.

लेख २

अवकाशातील बकीबॉल्स आणि जीवनसृष्टीचा प्रसार

नासाच्या स्पिट्झर (Spitzer) या अवकाशस्थित दुर्बिणीने आपल्या आकाशगंगेत व नजिकच्या एका दिर्घिकेत मोठ्या प्रमाणावर बकिबॉल या अद्भुत रेणूंचे अस्तित्व असल्याचा पुरावा दिला आहे. कार्बनचे इतके जटिल रेणू नैसर्गिकरित्या अवकाशात आढळतात ही एक अतिशय आश्चर्यकारक गोष्ट आहे. यामुळे एक रोमांचक शक्यता दृष्टिपथात आली आहे.

"बकीबॉल" म्हणजे काय?

बकीबॉल (buckyball) हा एक रेणू असून तो निव्वळ कार्बनच्या ६० अणूंनी बनलेला असतो. त्याची त्रिमितीय रचना एखाद्या फुटबॉलसारखी असते. या ६० अणूंची १२ नियमित पंचकोन आणि २० नियमित षट्कोनांच्या स्वरूपात रचना असते. या रेणूचा मधील भाग पोकळच असतो. बकीबॉलचे भाकित १९७० साली ओसावा या जपानच्या संशोधकाने केले होते. १९८५ साली रॉबर्ट कर्ल, हैरॉल्ड क्रॉटो, आणि रिचर्ड स्मैली यांनी प्रयोगशाळेत पहिल्यांदाच हा रेणू निर्माण केला. याबद्दल त्यांना १९९६ सालचे रसायनशास्त्र विषयातले नोबेल पारितोषिकसुद्धा देण्यात आले. प्रथमतः या रेणूचे अस्तित्व फक्त प्रयोगशाळेपुरतेच मर्यादीत असावे असा शास्त्रज्ञांचा समज होता, पण १९९२ साली फिनलंडजवळ नैसर्गिकरित्या निर्माण झालेले बकीबॉल रेणू आढळले.

बकीबॉलचे महत्त्व त्याचे उपयोग समजल्यानंतरच लक्षात येईल: बकीबॉलमध्ये कार्बन-कार्बन स्वरूपाचा रासायनिक बंध असतो जो अतिशय स्थिर व टणक असतो. या कारणास्तव हा रेणू सहजपणे इतर अणू किंवा रेणूंसोबत संलग्न होत नाही. यामुळे त्यापासून अतिशय पातळ व टणक कवच, कृत्रिम हिरे, व अत्यंत

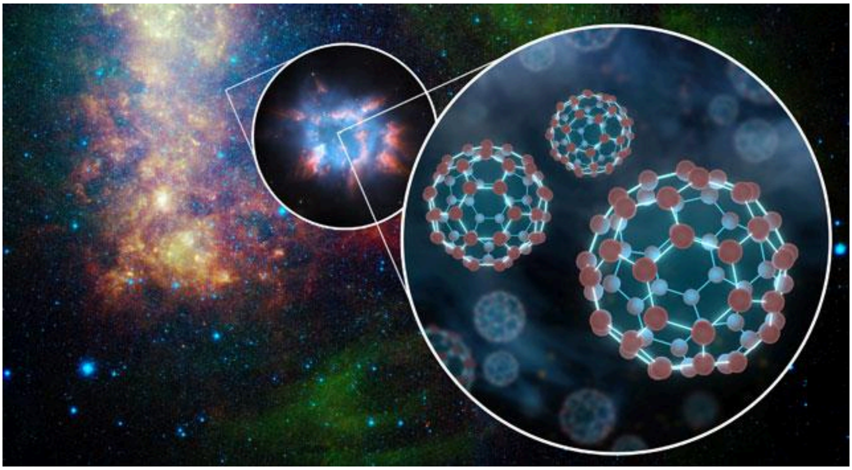
टणक तंतू बनवता येऊ शकतात. शुद्ध स्वरूपातील बकीबॉल विद्युत दुर्वाहक असला तरी यात काही नवीन अणूंची भर टाकली असता तो अतिसंवाहक (superconductor) बनू शकतो. १९९२ साली बकीबॉलचे पॉलिमरसुद्धा बनविण्यात यश आले. बकीबॉल एकमेकाला जोडून पोकळ नळ्या बनविता येतात. या नळ्यांपासून बनविलेले तंतू संगणकाच्या चिपवर तांब्याच्या तारेऐवजी वापरता येऊ शकतात. असे केल्यास या चिपचा आकार कमी होऊ शकेल आणि संगणकाचा वेग आणखीनच वाढेल. बकीबॉलमधील पोकळीत वायू साठवून ठेवता येतात. या मोजक्याच उदाहरणांवरून या रेणूचे महत्त्व स्पष्ट होते. वस्तुतः या रेणूच्या उपयोगाला मानवी कल्पकतेचीच मर्यादा आहे! २१व्या शतकात या पदार्थाने माणसाच्या दैनंदिन जीवनात क्रांती केल्यास नवल नाही.

आता स्पिट्झरने लावलेला शोध समजून घेण्यासाठी खगोलशास्त्रातील एक संकल्पना आधी समजावून घेऊ.

ग्रहानुवर्ती अर्भिका म्हणजे काय?

विश्व जन्मास आले त्यावेळी अवकाशात हिलियम व हायड्रोजन हि दोनच मूलद्रव्ये विपुल प्रमाणात तयार झाली. मग प्रश्न असा पडतो की इतर जड मूलद्रव्ये (उदा. ऑक्सिजन, नायट्रोजन, इ.) निर्माण कशी झाली? उत्तर आहे: तारे. तारे हे अशी मूलद्रव्ये बनविण्याची भट्टी आहे असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. ताऱ्यांना त्यांची ऊर्जा हायड्रोजन अणूंच्या केंद्रकांच्या संयोगातून हेलियम निर्माण करून मिळते आणि असा तारा बरीच (करोडो!) वर्षे अशा रितीने उर्जा मिळवतो, पण एक वेळ अशी येते की ताऱ्याच्या गाभ्यातील हायड्रोजन संपून जातो. अशा वेळी तारा आकूंचन पावतो आणि यामुळे वाढलेल्या तापमानात हेलियमचे रूपांतर कार्बनमध्ये होण्यास सुरवात होते. पुढे अशाच प्रक्रियांमधून इतर मूलद्रव्येही निर्माण होतात. पुढचा प्रश्न असा आहे की ताऱ्याच्या गर्भात तयार झालेली ही मूलद्रव्ये बाहेर अवकाशात कशी विखुरली जातात?

ताऱ्याच्या वार्धक्याच्या काळात एक वेळ अशी येते की ताऱ्याचे बाहेरील कवच ताऱ्यातील अस्थिर स्थितीमुळे दोलायमान होते. याचे पर्यवसान अंतिमतः ताऱ्याचे बाहेरचे कवच अवकाशात उधळण्यात होते. या प्रक्रियेतच ताऱ्यात निर्माण झालेली मूलद्रव्ये आवकाशात विलीन होतात. तारा व त्यातून भिरकावलेल्या वायू व मूलद्रव्यांचा ताऱ्याभोवती एक प्रकाशमान मेघ तयार होतो, ज्यास ग्रहानुवर्ती अर्भिका (planetary nebulae) म्हणतात. या घटनेनंतर तारा मृत्युपंथाला



चित्र २: लघु मॅगेलॅनिक मेघाची अवरक्त प्रतिमा, ग्रहानुवर्ती अर्भिकेचे उदाहरण आणि बकीबॉल रेणूंचे कल्पनाचित्र. रेणूंचे आकार प्रमाणात नाहीत.

NASA/JPL-Caltech · PIA13551 · मूळ चित्राचा कापलेला भाग.

लागतो. पण ताऱ्यातून अवकाशात उधळलेली ही मूलद्रव्ये पृथ्वीसारखे ग्रह व त्यावरील मानवासारखे जीव (ज्यांचे शरीरच या मूलद्रव्यांपासून बनलेले आहे) बनविण्यात महत्त्वाची भूमिका बजावतात. “मरण्यात खरोखर जग जगते” हे विधान अशा तऱ्हेने वैश्विक स्तरावरही सत्य आहे!

स्पिट्झरचा शोध

बकीबॉलचे पृथ्वीप्रमाणेच अवकाशातही वास्तव्य असावे असा खगोलशास्त्रज्ञांचा कयास होता. २००३ साली नासाने प्रक्षेपीत केलेली स्पिट्झर ही अवकाशस्थित दुर्बिण अवरक्त किरणांच्या सहाय्याने खगोलिय घटनांचा अभ्यास करते. जुलै २०१० मध्येच स्पिट्झरला बकीबॉलचा साठा टीसी-१ या ग्रहानुवर्ती अर्भिकेत आढळला होता. यापूर्वी कार्बनचे अनेक रेणू अवकाशात सापडले असले तरी बकिबॉल हा आजवर अवकाशात सापडलेला सर्वात विशाल रेणू आहे. पण या रेणूचे अस्तित्व अवकाशात सर्वच ठिकाणी आहे की अतिशय दुर्मिळ असा साठा नशिबाने आपल्या हाती लागला होता, या गोष्टीविषयी खात्री करण्यासाठी स्पिट्झरचा वापर करून आणखी निरीक्षणे घेण्यात आली. या माहितीचा अभ्यास करून नासाच्या वैज्ञानिकांनी ऑक्टोबर महिन्यात आपले निष्कर्ष प्रकाशीत केले. त्यानुसार आपल्या आकाशगंगेतच तीन ग्रहानुवर्ती अर्भिकांमध्ये असा साठा आढळून आला आहे. एवढेच नव्हे तर नजिकच्या एका दिर्घिकेतही एक

बकिबॉलचा स्त्रोत आढळला आहे. यात सापडलेल्या बकिबॉलच्या साठ्याचे वस्तुमान तर चंद्राच्या वस्तुमानाच्या १५ पट आहे! यामुळे अवकाशात बकिबॉल सर्वत्र मुबलक प्रमाणात अस्तित्वात असावेत या वैज्ञानिकांच्या समजाला पुष्टी मिळाली आहे. अजुनही निरीक्षणे घेणे चालु असून यातून नक्कीच आणखी काही बकिबॉलचे स्त्रोत सापडतील.

बकिबॉल आणि पैनस्पर्मिया

आता यातून निर्माण होणाऱ्या रोमांचक शक्यतेकडे वळू. पृथ्वीवर जीवनसृष्टी कशी निर्माण झाली या प्रश्नाला अजूनही समाधानकारक उत्तर मिळलेले नाही. प्रस्थापित सिद्धांतानुसार अब्जावधी वर्षांपूर्वी समुद्रात निर्जीव घटकांच्या विशिष्ट रितीने जडणघडण होऊन पहिला स्वपुनरुज्जीवन (self-replication) करणारा (आरएनए सारखा) रेणू तयार झाला आणि याच्याच उत्क्रांतीतून पुढे एकपेशीय व बहुपेशीय जीव निर्माण झाले. पण हा सिद्धांत अतिशय असंभाव्य घटनेवर आधारीत आहे. अनेक योग्य प्रकारची मूलद्रव्ये एकत्र येऊन केवळ योगायोगाने आरएनए किंवा डीएनए सारखा कमालीचा गुंतागुंतीचा रेणू तयार होणे हा एक चमत्कारच मानावा लागेल. फ्रेड हॉयल या सुप्रसिद्ध खगोलशास्त्रज्ञाच्या शब्दात सांगायचे तर, योगायोगाने सर्व घटक एकत्र येऊन “बोइंग ७४७” विमान तयार होण्याइतके हे असंभाव्य आहे.

याउलट पैनस्पर्मिया (panspermia) सिद्धांत असे सांगतो की जीवन विश्वात सर्वत्र अस्तित्वात आहे आणि जीवनाला आवश्यक असणारे बीज विश्वात इतस्ततः फिरत असते. सुयोग्य वाहकाद्वारे ते पृथ्वी आणि तत्सम ग्रहांच्या पृष्ठभागावर पडले की त्या त्या ग्रहांवर जीवसृष्टीच्या उत्क्रांतीला प्रारंभ होतो. पण अवकाशात क्ष-किरण, गैमा किरण, अशा अनेक स्वरूपाची प्राणघातक प्रारणे अस्तित्वात असतात. अशा परिस्थितीत कोणत्याही स्वरूपाचा जीव तग धरू शकत नाही. यातून मार्ग काढण्यासाठी हॉयल आणि विक्रमसिंहे या शास्त्रज्ञद्वयीने असा विचार मांडला की हे सूक्ष्मजीव धूमकेतूच्या संरक्षीत अंतर्भागात प्रदीर्घ काळ टिकाव धरू शकतात. या कल्पनेस काही अनुकूल निरीक्षणांचा आधार असला तरी अजूनही भक्कम पुरावा उपलब्ध नाही. पण बकिबॉलच्या अवकाशातील अस्तित्वाने एक नवीन शक्यता दृष्टिपथात येते. आपण पाहिल्याप्रमाणे बकिबॉल हा अतिशय टणक व स्थिर असतो. असा हा रेणू नष्ट करणे ही अवघड गोष्ट आहे. तसेच या रेणूच्या मध्यवर्ती पोकळ भागात इतर अणू वा रेणू बंदिस्त होऊ शकतात. काही

शास्त्रज्ञांनी ही शक्यता निदर्शनास आणली आहे की बकिबॉलमधील पोकळीमधून जीवनाचे बीज पृथ्वीवर व विश्वात इतर ठिकाणी पोहोचत असावे. वस्तुतः काही अशनींमधील बकिबॉलमध्ये अवकाशातील वायू आढळलेले आहेत. भविष्यात कधी बकिबॉलमध्ये सूक्ष्मजीव आढळले तर या कल्पनेला भक्कम आधार मिळेल. हे सिद्ध झाल्यास या गोष्टीत कोणतीही संदिग्धता राहणार नाही की बकिबॉल हेच निसर्गाचे जीवन पसरविण्याचे वाहन आहे. ही एक रोमांचकारक शक्यता आहे यात कोणताच संदेह नाही!

लेख ३

रोगप्रतिकारकशक्ती आणि प्रजननक्षमतेचे व्यस्त प्रमाण!

एका रविवारी सर्व मित्रांसोबत तुम्ही एखाद्या निसर्गरम्य गडावर चढण्यासाठी गेलेला आहात. चढण तशी अवघडच आहे. वर जाइपर्यंत जवळ असलेले सर्व पाणी संपून गेलेले आहे. तहान तर खूप लागलेली आहे. आपण एखादा झरा वा पाण्याचा ओघळ पाहून तेथून पोटभरून पाणी पितो. दुसऱ्या दिवशी सकाळी घसा खवखवायला लागलेला असतो आणि संध्याकाळपर्यंत सरसरून ताप पण चढतो. हा कालच्या गडावरच्या पाण्याचा "प्रताप" आहे हे आपण क्षणात ताडतो. इतर मित्रांच्या तब्यतेची चौकशी करायला आपण फोन करतो आणि कळते की आपण सोडून बाकी सर्वजण ठणठणीत आहेत. आणि आपण चरफडत आपल्या कमजोर रोगप्रतिकारक्षमतेला शिव्या देत अंथरूणात पडतो.

जर तुमच्या बाबतीत असे झालेले असेल तर तुम्हाला दिलासा देणारी बाब शास्त्रज्ञांना एका प्रयोगातून दिसून आलेली आहे: रोगप्रतिकारक्षमता आणि प्रजननक्षमता व्यस्त प्रमाणात आढळतात! असे का हे समजून घेऊ.

प्राण्यांमधील रोगप्रतिकारकसंस्था

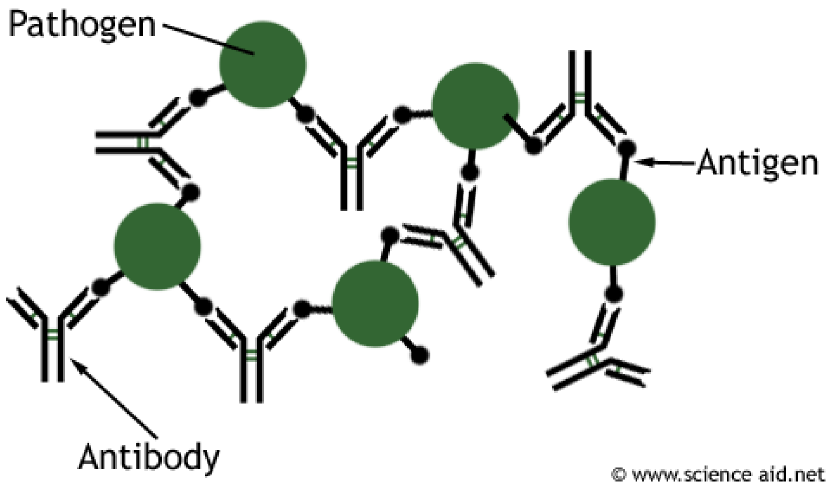
दैनंदिन जीवनात आपल्या शरीरावर हवेत असणारे लाखो रोगजंतू तुटून पडत असतात. त्यांपासून शरीराचे संरक्षण करण्यासाठी निसर्गाने सर्व प्राण्यांना रोगप्रतिकारकसंस्था (immune system) बहाल केलेली आहे. देशाचे परकीय आक्रमणांपासून संरक्षण करणाऱ्या सैन्यासारखी ही संस्था नेहमीच सजग असते. कोणताही परकीय जीव वा पदार्थ शरीरात सापडल्यास ही संस्था त्याचा समूळ नायनाट करते. सैन्याप्रमाणे रोगप्रतिकारकसंस्थेचा कारभारही विविध टप्प्यात चालतो.

प्राथमिक स्तरावर शरीराची बाह्यांगे रोगजतूंना शरीरात प्रवेश करण्यापासून मज्जाव करतात. उदा. त्वचा, डोळ्यांना स्वच्छ ठेवणारे अश्रू, पोटातील आम्ले, तोंडातील थुंकी, कानातील मेणासारखा चिकट पदार्थ, इ. डोळ्यात तेल घालून शरीराच्या सीमेचे रक्षण करत असतात. अशा या अभेद्य बाह्य संरक्षण फळीला भेदून काही जंतू शरीरात प्रवेश मिळवतातच. हे जंतू रक्तात मिसळणे ही शरीरासाठी चांगली बाब नाही कारण रक्त शरीराच्या कानाकोपऱ्यात पोहोचते आणि यामुळे जंतूला शरीराच्या कोणत्याही अवयवामध्ये शिरकाव करता येतो. रक्तात मुबलक प्रमाणात ऑक्सिजन व इतर पोषक तत्त्वे फुकट उपलब्ध असल्यामुळे या जंतूंची चंगळच असते! रक्तातील ही घुसखोरांची कीड उखडण्यासाठी रोगप्रतिकारकसंस्थाचा दुसरा टप्पा कंबर कसून तयार असतो.

टी व बी लिम्फोसाइट

दुसऱ्या स्तरावरील संस्थेचा मुख्य घटक रक्तातील पांढऱ्या पेशी (WBC) आहे. पांढऱ्या पेशीचे वेगवेगळे प्रकार आहेत, त्यापैकी टी व बी लिम्फोसाइट (lymphocyte) हे दोन प्रकार सूक्षंजंतूचा सफाया करण्यात मुख्य भूमिका बजावतात. या दोन्ही पेशींच्या कामाची पद्धत मात्र वेगळी आहे. टी लिम्फोसाइट जंतूचा नाश करण्यासाठी एका विशिष्ट पेशीचा वापर करतो. या पेशी त्या जंतूला घेराव घालून त्याचे विघटन करतात. याऊलट बी लिम्फोसाइट जंतूच्या संपर्कात आल्यावर ऐन्टिबॉडी (antibody) नावाची प्रोटीन (प्रथिन) तयार करतात आणि ही प्रोटीन्स जंतूंना निकामी करतात. एखाद्या रटाळ दुपारी अचानक मालक कारखान्यात आल्यावर ज्याप्रमाणे सर्वत्र धांदल उडते आणि अचानक प्रत्येकजण कामात व्यग्र होतो आणि उत्पादन अचानक वाढते त्याप्रमाणे रक्तात जंतू सापडल्यानंतर शरीर खूप मोठ्या प्रमाणावर टी व बी लिम्फोसाइट या पेशींचे निर्माण करते. या पेशी हाडांतील चरबीमध्ये (bone marrow) अक्षरशः करोडोंच्या संख्येने निर्माण होतात.

पण महत्त्वाचा प्रश्न हा आहे की शरीर रोगजंतूंना ओळखते कसे? रोगजंतूमधील (उदा. जिवाणू, विषाणू, इ.) जे प्रोटीन शरीराला त्याच्या रासायनिक व जैविक परकेपणाची ओळख पटवून देते त्याला ऐन्टिजेन (antigen) म्हणतात. एक प्रकारे हे प्रत्येक रोगजंतूचे स्वतःचे ओळखपत्र असते. अशा प्रत्येक ऐन्टिजेनसाठी रक्तात एक बी लिम्फोसाइट असतो. प्रत्येक कुलूप ज्याप्रमाणे एकाच प्रकारच्या चावीने उघडते त्याप्रमाणे प्रत्येक ऐन्टिजेनची भौमितिक रचना अशी असते की



चित्र ३: प्रतिपिंडे रोगजंतूंवरील प्रतिजनांना जोडतात आणि अनेक रोगजंतूंना एकत्र गुंफतात. रोगजंतू, प्रतिजन आणि प्रतिपिंडे यांचे संकल्पनाचित्र.

Science Aid · प्रतिमेवर छापलेल्या श्रेयनामानुसार.

फक्त एकच प्रकारचा लिम्फोसाइट त्यात चपखल बसतो. ऐन्टिजेनशी संलग्न झाल्यावर लिम्फोसाइट ऐन्टिबॉडीज निर्माण करते. या ऐन्टिबॉडीज ऐन्टिजेनचा (आणि म्हणूनच रोगजंतूचा) नाश करतात. रोगजंतूंना शत्रूची उपमा द्यायची झाली तर ऐन्टिबॉडीज ही आपल्या शरीराने त्यांच्यावर डागलेली (रासायनिक) क्षेपणास्त्रे आहेत! एखाद्या रोगाचा सामना करताना वेगवेगळ्या प्राण्यांमधील बाधा (इन्फेक्षन) होण्याची शक्यता ही ज्याच्या त्याच्या शरीरातील ऐन्टिबॉडिजच्या प्रमाणावर ठरते.

शरीर स्वतःच्या पेशीमधील ऐन्टिजेन्सवर कधी हल्ला का करत नाही असा प्रश्न कदाचीत तुम्हाला पडेल. याचे कारण असे की गर्भावस्थेत व नवजात अवस्थेत असताना शरीर स्वतःच्याच पेशींवर हमला करून हा धडा शिकते, की काही ऐन्टिजेन्स “आपले” असतात; तर काही “परके”. असे असूनही काहीवेळा चुकून प्रतिकारसंस्था स्वतःच्या शरीरातील पेशींचाच नाश करायला लागते. याला स्वयं-प्रतिकारकक्षमता (auto-immunity) म्हणतात. यामूळे अशा प्राण्यामध्ये गंभीर समस्या निर्माण होऊ शकतात. हे स्वतःच्याच क्षेपणास्त्रांची स्वतःचाच देश उद्धस्त करण्यासारखे आहे.

रोगप्रतिकारकशक्तीतील वैविध्य

एकाच जातीच्या काही प्राण्यांमध्ये रोगप्रतिकारकक्षमता चांगली असते तर काहींमध्ये नसते. रोगप्रतिकारकशक्तीमधील या वैविध्यामागचे कारण शोधण्याचा जीवशास्त्रज्ञ अनेक वर्षे प्रयत्न करत आहेत. ऑक्टोबर महिन्यात "सायन्स" या प्रतिष्ठित विज्ञान नियतकालिकात प्रिन्स्टन आणि एडिनबरो विद्यापीठाच्या वैज्ञानिकांनी प्रसिद्ध केलेल्या संशोधनात प्रथमच या वैविध्यामागील कारणीमीमांसा केलेली आहे. ऐन्ड्रियाझ ग्रैहम या शास्त्रज्ञाच्या मार्गदर्शनाखाली मागील ११ वर्षे शास्त्रज्ञांचा एक गट स्कॉटलंडजवळील एका बेटावरील वन्य मेंढ्यांवर अभ्यास करत आहेत. त्यांना असे आढळून आले की वर्षानुवर्षे कळपातील कमी व जास्त रोगप्रतिकारकशक्ती असलेल्या मेंढ्यांचे प्रमाण बदललेले नाही. या गटापुढे प्रश्न असा होता की उत्क्रांतीच्या तत्वाला अनुसरून कमी रोगप्रतिकारकशक्ती असलेल्या मेंढ्या कळपातून नाहीश्या कश्या झाल्या नाहीत. याचे उत्तर त्यांना मेंढ्यांच्या प्रजोत्पादनक्षमतेत आढळले. त्यांना असे आढळून आले की बलवान प्रतिकारकशक्ती असलेल्या मेंढ्यांच्या शरीरात ऐन्टिबॉडीजचे प्रमाण जास्त असते आणि यामुळे अतिशय प्रखर हिवाळ्यातही या मेंढ्या तग धरतात आणि त्यामूळे यांचे आयुर्मान जास्त असते. पण मर्यादीत आणि म्हणून मौल्यवान असलेल्या ऊर्जेचा मोठा हिस्सा प्रतिकारकसंस्थेवर खर्च झाल्यामुळे प्रजोत्पादनासाठी पुरेशी ऊर्जा शिल्लक राहत नाही. यामुळे अशा मेंढ्या कमी अपत्ये जन्माला घालतात. याऊलट कमकुवत प्रतिकारकशक्ती असलेल्या मेंढ्यांचे आयुर्मान कमी असते पण या मेंढ्या मोठ्या संख्येने अपत्ये जन्माला घालतात. अशा रीतीने कळपातील दोन्ही प्रकारच्या मेंढ्यांचे प्रमाण जोपासले जाते. उदा. समजा कमकुवत रोगप्रतिकारकशक्तीची मेंढी ५ वर्षे जगते व दर वर्षी ४ अपत्यांना जन्म देते आणि सशक्त मेंढी १० वर्षे जगते आणि दर वर्षी २ अपत्यांना जन्माला घालते. त्यामुळे प्रत्येक प्रकारची मेंढी आयुष्याअंती २० अपत्यांना जन्म देते. त्यामुळे उत्क्रांतीच्या दृष्टिने दोन्ही मेंढ्या तेवढ्याच यशस्वी (fit) आहेत!

मानवामध्येसुद्धा वेगवेगळ्या व्यक्तींमधील रोगप्रतिकारकशक्तीत फरक आढळतो. वरील प्रयोगाचे निष्कर्श मानवासाठी लागू होतात का हे अजून स्पष्ट नाही. अशा प्रकारचे प्रयोग भविष्यात नक्कीच केले जातील. पण तोपर्यंत हे निष्कर्श काही लोकांसाठी दिलासादायक ठरल्यास आश्चर्य नाही!

लेख ४

मूरचा नियम आणि संगणकाची प्रगती

२०व्या शतकाचा उत्तरार्ध आणि २१व्या शतकातील पहिले दशक या काळातील तंत्रज्ञानातील झालेल्या प्रगतीचे व्यवच्छेदक लक्षण, म्हणजे प्रगतीचे घातांकी (exponential) स्वरूप. अशा प्रकारच्या प्रगतीत एका टप्प्यावरून दुसऱ्या टप्प्यावर जाण्यासाठी लागणारा वेळ काळाप्रमाणे कमी होत जातो. ही बाब प्रकर्षाने जाणवते ती संगणकक्षेत्रात झालेल्या अफाट प्रगतीतून. संगणकाची गणनक्षमता, संस्करणाचा वेग (processing speed), स्मृती, अशा सर्वच विभागांमध्ये होत असणाऱ्या प्रगतीचा वेग थक्क करणारा आहे. विशेष म्हणजे प्रगतीच्या या स्वरूपाचे भाकीत १९६५ सालीच इंटेल या संगणक क्षेत्रातील बलाढ्य कंपनीच्या संस्थापकांपैकी एक असलेल्या गॉर्डन मूरने (Moore) केले होते.

मूरचा नियम

ज्याप्रमाणे मानवाच्या सर्व शारिरीक व क्रियांचे व्यापारांचे नियंत्रण राखण्याचे काम मेंदू करतो, त्याप्रमाणेच संगणकाचा मायक्रोप्रोसेसर हा घटक संगणकाच्या सर्व क्रियांवर लक्ष ठेवतो. वेगळ्या शब्दात सांगायचे तर मायक्रोप्रोसेसर हा संगणकाचा मेंदू आहे. मानवी मेंदू ही अब्जावधी चेतापेशींच्या (neurons) जोडण्यांमधून विणलेली एक संहती (system) आहे. मायक्रोप्रोसेसरच्या बाबतीत चेतापेशींची भूमिका ट्रान्झिस्टर हा घटक बजावतो. संगणकाचा वेग हा मायक्रोप्रोसेसरवरील ट्रान्झिस्टरच्या संख्येवर अवलंबून असतो. जितके जास्त ट्रान्झिस्टर्स, तितका जास्त वेग. मूरचा नियम थोडक्यात असे सांगतो की, दर दोन वर्षांनी प्रोसेसरवर "स्वस्तात बसविता येण्यासारख्या" ट्रान्झिस्टरची संख्या दुप्पट होते. १९५८ ते १९६५ या काळात झालेल्या प्रगतीचा आढावा घेऊन मूरने हा नियम मांडला होता. मूरला अपेक्षित होते की हा "ट्रेंड" आणखी १० वर्षे राहील. पण विशेष म्हणजे गेली जवळजवळ ५० वर्षे संगणक क्षेत्रातील प्रगती या नियमानूसार होत आलेली आहे.

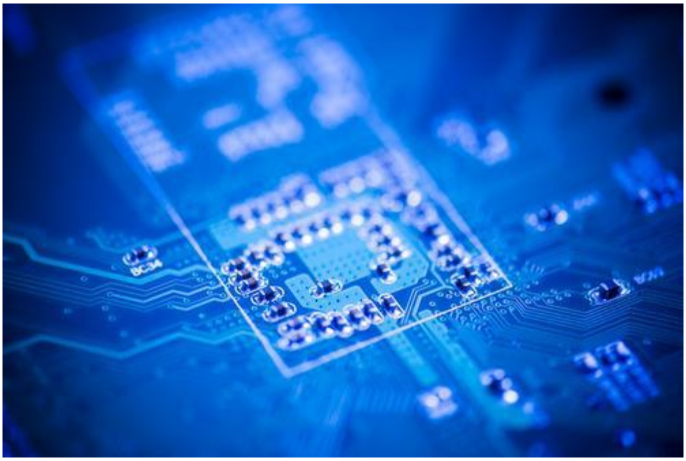
या नियमाच्या यशाचे गमक हे या नियमाच्या प्रसिद्धीतच सापडते. मूरच्या नियमाची ख्याती जसजशी पसरत गेली तशी संगणक क्षेत्रातील उद्योजक व उत्पादक मंडळी या नियमाचा वापर भविष्यातील दीर्घकालीन धोरणे आखण्यासाठी करू लागले. दर दोन वर्षांनी मूरच्या नियमानूसार उत्पादन करण्याचे लक्ष्य या कंपन्यांनी समोर ठेवल्यामुळे प्रगती त्याबरहुकूमच होत राहिली. अशा रितीने या नियमाने स्वतःचे भाकीत स्वतःच खरे करून दाखविले!

पण मनात प्रश्न उभा राहतो तो हा की संगणकाची मूरच्या नियमानूसार प्रगती कधीपर्यंत चालू राहणार? या प्रगतीला काही अंत आहे का? या प्रश्नाचे उत्तर समजून घेण्याआधी काही तांत्रिक बाबी समजावून घेणे गरजेचे आहे.

मायक्रोप्रोसेसर आणि त्यावरील ट्रान्झिस्टर्सची गुंफण

१९४५ साली बनलेला “एनिऐक” या संगणकाचा विस्तार गोदामाएवढा होता आणि हा संगणक सेकंदाला ५००० गणिती क्रिया करू शकत असे, तर आजचा लैपटॉप आपल्या टेबलवरही सामावतो आणि सेकंदाला २ अब्ज गणिती क्रिया करू शकतो! संगणकाच्या या अद्भुत प्रगतीसाठी कारणीभूत असलेला शोध “इंटिग्रटेड सर्किट” किंवा आयसीचा. हे तंत्रज्ञान ६०च्या दशकात उदयास आले आणि आजही प्रगत स्वरूपात वापरात आहे. या तंत्रात सिलिकॉन या मूलद्रव्याचा अतिशय पातळ पापुद्रा घेऊन त्यावर प्रकाशाच्या शलाकेने ट्रान्झिस्टर्स कोरण्यात येतात. या तंत्रज्ञानाने आज पूर्णत्वाची अशी पातळी गाठली आहे की नखाच्या आकाराएवढ्या जागेत अक्षरशः करोडो ट्रान्झिस्टर्स कोरण्यात येतात. मायक्रोप्रोसेसर हा एक आयसीच असतो ज्यावर संगणकातील संस्करणासाठी लागणारे घटक अतिशय दाटिवाटीने कोरलेले असतात.

ट्रान्झिस्टर हा एखाद्या स्विचसारखा काम करतो. यामध्ये तीन भाग असतात: सोर्स, ड्रेन, आणि गेट. पर्वतराजीमध्ये उगम पावणारी नदी ज्याप्रमाणे समुद्राला जाऊन मिळते त्याप्रमाणे सोर्सपासून सुरू झालेला इलेक्ट्रॉनचा प्रवास ड्रेनजवळ संपतो. पण ज्याप्रमाणे नदीवरील धरण नदीच्या प्रवाहाचे नियंत्रण करते त्याचप्रमाणे गेट इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाचे आणि म्हणूनच करंटचे नियंत्रण करते. या स्विचची “ऑन” अवस्था “१” म्हणून संबोधली जाते. या अवस्थेत ट्रान्झिस्टरमधून इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह सुरू असतो. तर स्विच “ऑफ” किंवा “०” अवस्थेत असताना हा प्रवाह बंद असतो. संगणकातील सर्व गणनक्रिया करोडो ट्रान्झिस्टर्सच्या या दोन अवस्थांमधील चाललेल्या नृत्याचा आविष्कार असतो! यामुळे या गणनक्रियांचा



चित्र ४: संगणकाच्या सर्किटवरील इलेक्ट्रॉनिक घटक. एकात्मिक परिपथ आणि सूक्ष्मीकरण यांची प्रातिनिधिक प्रतिमा.

मूळ २०११ च्या संग्रहातील प्रतिमा · स्रोत अनिश्चित.

वेग ट्रान्झिस्टर्सच्या संख्येवर अवलंबून असतो. मायक्रोप्रोसेसरवर जितके जास्त ट्रान्झिस्टर्स कोरण्यात येतील तितका वेग जास्त.

ट्रान्झिस्टर कोरण्याच्या प्रक्रियेच्या गुंतागुंतीचे मोजमाप करण्यासाठी नैनोमीटर हे लांबीचे एकक वापरावे लागते. १ नैनोमीटर म्हणजे मीटरचा अब्जांश भाग. मायक्रोप्रोसेसरवर कोरण्यात येण्याऱ्या दोन वायर्समधील अंतराच्या निम्म्या अंतरावरून त्या प्रक्रियेला ओळखण्यात येते. उदा. इंटेलने मार्च २०१० मध्ये बाजारात आणलेल्या झिऑन या प्रोसेसरमध्ये ४५ नैनोमीटर प्रक्रियेचा वापर केला आहे. याचा अर्थ या प्रोसेसरवर कोरण्यात आलेल्या दोन वायर्समधील कमीत कमी अंतर ९० नैनोमीटर आहे. अणूचा सरासरी व्यास १० नैनोमीटर असतो. याचा अर्थ या दोन वायर्समध्ये फक्त ९ अणूंचे अंतर आहे! तुलनेसाठी मानवी केसाचा व्यास सरासरी २५,००० नैनोमीटर असतो. यावरून या अंतराच्या सूक्ष्मतेची कल्पना यावी. या प्रक्रियेने झिऑनवर २.३ अब्ज ट्रान्झिस्टर्स कोरण्यात आलेले आहेत आणि असा हा प्रोसेसर एका सेकंदात २ अब्ज गणिती प्रक्रिया करू शकतो. खाली दिलेल्या कोष्टकात आयसीचे तंत्रज्ञान विकसीत झाल्यापासून बाजारात आलेल्या काही निवडक इंटेल प्रोसेसर्सविषयी माहिती दिलेली आहे. मूरच्या नियमाचा प्रभाव इथे स्पष्टपणे पाहायला मिळेल.

वर्ष	प्रोसेसरचे नाव	प्रक्रिया (नैनोमीटर)	वेग (क्रिया/सेकंद)	ट्रान्झिस्टर्सची संख्या
१९७२	८००८	१०,०००	५ लाख	३५००
१९८५	८०३८६	१५००	१.६ कोटी	२७५,०००
१९९३	पेंटियम	८००	६.३ कोटी	३१ लाख
१९९७	पेंटियम-२	३५०	३० कोटी	७५ लाख
२०००	पेंटियम-४	१८०	२ अब्ज	४.२ कोटी
२००६	कोर-२	६५	२.३ अब्ज	२९.१ कोटी
२०१०	झिऑन	४५	२.७ अब्ज	२.३ अब्ज

कोष्टक १: निवडक इंटेल प्रोसेसर्सची तुलना. आकडेवारी मूळ २०११ च्या लेखाप्रमाणे.

२०१९: प्रगतीचा अंत?

जोपर्यंत प्रोसेसरवरील ट्रान्झिस्टर कोरण्याची प्रक्रिया प्रगत होत राहील तोपर्यंत संगणकाची प्रगती जोमाने होत राहील . सध्या ४५ नैनोमीटर प्रक्रियेचा वापर करण्यात येतो. भविष्यात ही जाडी कमी होत जाईल, पण ती किती कमी होईल यावर मर्यादा आहेत. दोन वायर्समधील अंतर अणूच्या आकारापेक्षा कमी होऊ शकत नाही. म्हणजेच ५ नैनोमीटर पेक्षा कमी जाडीची प्रक्रिया कुचकामी ठरेल. पण इंटेलच्या शास्त्रज्ञांनी २००३ मध्ये असे दाखवून दिले की, कमीत कमी ११ नैनोमीटर जाडीच्या प्रक्रियेचाच वापर प्रोसेसर कोरण्यासाठी करण्यात येणे शक्य आहे. यापेक्षा कमी जाडीच्या प्रक्रियेने कोरलेले ट्रान्झिस्टरमधील गेट भौतिकशास्त्रातील क्वांटम टनेलिंगच्या प्रतापामुळे इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहावर ताबा ठेवू शकणार नाही. नदी आणि धरणाचे उदाहरण द्यायचे तर धरणाची जाडी कमी करत राहील्यास एक वेळ अशी येईल की धरणातून पाणी झिरपायला लागून धरणाचा या प्रवाहावर ताबा राहणार नाही. क्वांटम टनेलिंग मुळे अशा रितीने इलेक्ट्रॉन प्रवाहीत होतील आणि संगणक “शॉर्ट-सर्किट” होऊन जाईल. ११ नैनोमीटर प्रक्रिया २०१९च्या सुमारास वापरात येईल. या प्रक्रियेने प्रोसेसरवर १५ अब्ज ट्रान्झिस्टर बसविणे शक्य होईल! आणि काहींच्या मते हा संगणकाच्या प्रगतीचा आणि मूरच्या नियमाचा अंत असेल.

पण संगणन क्षेत्रातील प्रगती इथेच थांबेल काय? मुळीच नाही. गप्प बसतील ते शास्त्रज्ञ कसले! काही शास्त्रज्ञांनी आत्तापासूनच २०१९ नंतर वापरात येईल अशा प्रकारचे तंत्रज्ञान विकसीत करण्यास सुरूवात केली आहे, उदा. क्वांटम संगणन, जनुकीय संगणन, आण्विक संगणन, इ. काही तज्ञांच्या मते २०१९ नंतर जी प्रगती होईल त्यासाठीसुद्धा मूरचा नियम लागू पडेल. थोडक्यात, भविष्यात जिथपर्यंत दृष्टी पोहचते तिथपर्यंत तरी संगणक नावाच्या या पामराच्या प्रगतीला किनारा नाही!

लेख ५

संगणक माणसासारखा विचार करू शकेल काय?

कृत्रिम बुद्धिमत्ता

स्टिवन स्पिलबर्गचा "A.I.:Artificial Intelligence" हा चित्रपट पाहिलाय? यामध्ये एक दांपत्य मुलगा म्हणून चक्क एक यंत्रमानव दत्तक घेते. या मुलामध्ये त्याच्या निर्मात्यांनी प्रायोगिक तत्तावर भावनांचा समावेश केलेला असतो. आई-वडिलांचा त्याच्याकडे पाहण्याचा यांत्रिक दृष्टिकोन आणि आपल्या आईचे प्रेम मिळवण्याच्या तळमळीतून या मुलाची झालेली घालमेल हा या चित्रपटाचा विषय. हे पाहून प्रेक्षकांच्या मनात पुढिल प्रश्न नक्किच उभा राहतो: "भविष्यात कधी यंत्रे मानवाप्रमाणे विचार करू शकतील का?" या प्रश्नाचा अभ्यास "कृत्रिम बुद्धिमत्ता" या यंत्रांच्या बुद्धिमत्तेशी संबंधीत विज्ञान शाखेत करण्यात येतो.

"रोबॉट" हा शब्द १९२० साली एका झेक भाषेतील नाटकात प्रथम वापरण्यात आला. या भाषेत रोबॉट म्हणजे एक अशी व्यक्ती जी प्रचंड कष्ट उपसते, हलकी-सलकी व कंटाळवाणी कामे न कुरकूरता करते. त्या अर्थाने वॉशिंग मशिन, किचकट आकडेमोड करणारा कैल्क्युलेटर, मानवी जीवनाच्या प्रत्येक क्षेत्रात आपले अस्तित्व दर्शवणारा संगणक, हे सर्व रोबॉटच आहेत. पण आपल्याला अभिप्रेत असलेला रोबॉट हा एक मानवसदृश यंत्र असेल ज्यात कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा समावेश असेल ज्यायोगे तो कविता करू शकेल, कुत्र्याच्या गोंजिरवाण्या पिल्लाकडे पाहून त्यासोबत खेळण्याची ईच्छा व्यक्त करू शकेल, आपल्या मालकिणीला साडी निवडण्यासाठी मदत करू शकेल, इ.

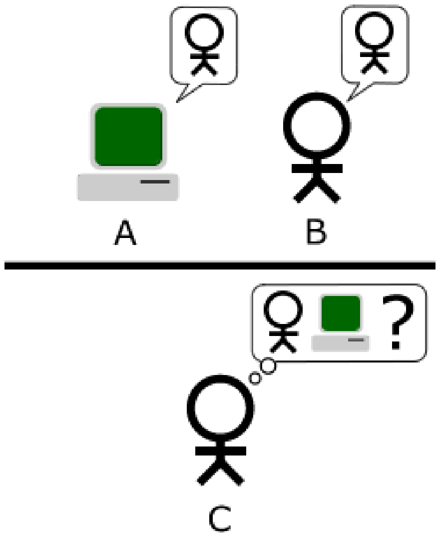
ही संकल्पना एक कल्पनेची भरारी आहे की वास्तवातील शक्यता?

बुद्धिमत्ता, भावना, स्वत्वाची जाणीव, प्रत्येक घटनेमागचा कार्यकारणभाव समजून घेण्याची धडपड, साधकबाधक विचार करून निर्णय घेण्याची क्षमता या सर्व आपल्या मेंदूला करोडो वर्षांच्या उत्क्रांतिदरम्यान मिळालेल्या अशा देणग्या आहेत ज्या मानव ह्या प्राण्याला त्याची ओळख प्रदान करतात. कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या शाखेत काम करणाऱ्या शास्त्रज्ञांची अशी धारणा आहे की भविष्यात अतिप्रगत संगणकामध्ये मेंदूच्या सर्व वैशिष्ट्यांचा समावेश केला जाऊ शकतो. हे अशक्य आहे असे सांगणारा कोणताही भौतिकशास्त्रीय नियम सध्यातरी अस्तित्वात नाही. जरी विसाव्या शतकात विज्ञानात झालेल्या प्रचंड प्रगतीतून आपल्याला दैनंदिन आयुष्यात घडण्याऱ्या जवळजवळ सर्व घटंनामधील निसर्गाचे नियम माहित झाले असले तरी मेंदू आणि त्याची कार्यपद्धती, बुद्धिमत्ता, जाणिव, इ. विषयातील संशोधन अजूनही बाल्यावस्थेतच आहे. या कारणास्तव आजही; “यंत्रे विचार करू शकतील का?” या प्रश्नाचे ठामपणे हो किंवा नाही असे उत्तर देता येणे शक्य नाही.

टुरिंग चाचणी

या पार्श्वभूमीवर आपल्याला विसाव्या शतकातील पूर्वार्धात कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या शाखेत माजलेल्या गोंधळाची कल्पना येईल. उपरोल्लेखित विषयांच्या अपूऱ्या ज्ञानामूळे संशोधनाचा गाडा “मन काय आहे?”,“जाणिव कशी निर्माण होते?”,“बुद्धिमत्तेची व्याख्या काय?”, इ. अशा तात्विक चर्चांमध्येच रुतून पडला होता. ही कोंडी फोडली ब्रिटिश शास्त्रज्ञ ऐलन टुरिंगने (Turing). १९५० साली लिहिलेल्या एका शोधनिबंधात त्याने एक नवीनच मार्ग चोखळला; त्याने “यंत्रे विचार करू शकतील का?” या प्रश्नाऐवजी “मानवासारखा एक बुद्धिमान प्राणी जे करू शकतो ते संगणक करू शकतो का?” असा प्रश्न विचारला. टुरिंगच्या मते यामुळे पहिल्या प्रश्नामधील “विचार करणे” या क्रियेविषयी आपल्याला असलेल्या अपूऱ्या ज्ञानामूळे निर्माण होणारी संदिग्धता दूर होते.

थोडक्यात, मानवी बुद्धिमत्तेशी तूलना करून यंत्रांच्या बुद्धिमत्तेविषयी अनुमान काढणे शक्य आहे असा यामागे विचार होता. या विचारातून त्याने यंत्रांमधील बुद्धीमत्तेचे अस्तित्व सिद्ध करण्यासाठी एक चाचणी सूचवली. आजच्या परिस्थितीला अनुरूप काही बदल करुन ही चाचणी अशी आहे: समजा तुम्ही स्वतः चाचणीत सहभागी आहात. चाचणीकर्त्यांनी तुम्हाला एका संगणकावर बसून दोन व्यक्तिंशी (ज्यांना आपण ‘अ’ आणि ‘ब’ म्हणू) संभाषण करण्यास सांगितले आहे. यापैकी एक संगणक तर दुसरी एक व्यक्ति आहे. पण याविषयी तुम्हाला कोणतीही



चित्र ५: टुरिंग चाचणीमध्ये C हा परीक्षक A आणि B यांच्याशी लिखित संवाद साधतो. त्यांपैकी कोण संगणक आणि कोण मनुष्य हे ओळखण्याचा प्रयत्न करतो.

Bilby · Turing Test version 3 · सार्वजनिक मालकी.

पूर्वकल्पना देण्यात आलेली नाही. काही वेळ संभाषण साधल्यानंतर तुमच्यामधील संभाषण थांबविण्यात येते. यानंतर तुम्हाला चाचणीकर्ता संवाद साधलेल्या दोन व्यक्तिंपैकी एक संगणक होता असे कळवतो. तुम्ही जर “अ आणि ब पैकी कोणता संभाषणकर्ता संगणक होता हे खात्रीशीररित्या सांगता येईल का?” या प्रश्नाचे उत्तर “नाही” असे दिले तर संगणकाने टुरिंग चाचणी उत्तीर्ण केली असे मानन्यात येते. आणि टुरिंगच्या मते हा संगणक बुद्धिमान असल्याचा पुरावा आहे.

एलिझा

टुरिंग चाचणीमुळे कृत्रिम बुद्धिमत्ता क्षेत्रातील संशोधनाला एक दिशा मिळाली आणि चैतन्याचे एक नवेच वारे वाहू लागले. शास्त्रज्ञांनी संगणकासाठी मानवी-वर्तनाचे अनुकरण करण्याचा प्रयत्न करणारे हजारो ओळींचे प्रोग्रैम लिहिण्यास सुरूवात केली. हे सर्व प्रोग्रैम्स टुरिंग चाचणी उत्तीर्ण होण्यासाठी लिहिण्यात आले होते.

१९६६ साल हे या क्षेत्रातील सर्वात संस्मरणीय वर्ष असावे, कारण या वर्षी जोसेफ वाईझेनबाऊमने (Weizenbaum) लिहिलेल्या “एलिझा” (ELIZA)

या प्रोग्रैमने टुरिंग चाचणीत उत्तीर्ण होऊन विज्ञानजगताला आश्चर्यचकीत केले. आणि टुरिंगच्या मताप्रमाणे हा प्रोग्रैम असणारा कोणताही संगणक बुद्धिमान व्यक्तिसारखा वागेल. पण हे खरे होते का? हा प्रोग्रैम खरोखरच बुद्धिमान होता का? अर्थातच उत्तर नकारार्थी आहे. असे का हे समजून घेण्यास आपण थोडी "एलिझा" विषयी माहिती घेऊ.

हा प्रोग्रैम म्हणजे मानवी बुद्धिमत्तेची एक उत्तुंग भरारी होती. एलिझा हे जॉर्ज बर्नार्ड शॉच्या एका नाटकातील पात्र होते, हीला उच्चभ्रू लोकांसारखे उच्चार शिकवण्यात येतात (थोडक्यात, इंग्रजीतील "फूलराणी"). हा प्रोग्रैम एका मनसोपचारतज्ञाची नक्कल करण्यासाठी बनविण्यात आला होता. प्रोग्रैम वापरण्याऱ्या व्यक्तीकडून (म्हणजेच पेशंटकडून) मिळणाऱ्या प्रतिसादातून हा प्रोग्रैम काही महत्त्वाचे शब्द (की-वर्ड) शोधून काढत असे आणि असा शब्द सापडल्यास त्या शब्दाशी संलग्न उत्तर प्रोग्रैममधून मिळवून छापत असे. उदा. पुढिल संवाद पाहा:

पेशंट: माझे डोके खूपच दुखत आहे.

एलिझा: मी एक मनसोपचारतज्ञ आहे. कदाचित तुम्ही डॉक्टरचा सल्ला घ्यायला हवा.

यामध्ये एलिझाने पेशंटच्या प्रतिसादातून "डोकेदूखी" हा शब्द शोधला व प्रोग्रैममध्ये साठवलेले उत्तर दिले. पण असा शब्द न सापडल्यास एलिझा एखादे व्यापक व मोघम स्वरूपाचे उत्तर देई. उदा. "मला थोडे तपशीलवार सांगू शकाल का?"

अशा रितीने अतिशय कल्पकतेने रचलेल्या या प्रोग्रैमने अनेक पेशंटसोबत संवाद साधला. हजार एक की-वर्ड्स असलेला हा प्रोग्रैमसुद्धा या सर्वांना गुंगारा देण्यासाठी पुरेसा ठरला. वाईझेनबाऊमने ज्यावेळी चाचणीत सहभागी झालेल्या लोकांना हा मानसोपचारतज्ञ म्हणजे निव्वळ एक प्रोग्रैम असल्याचे सांगितले त्यावेळी अनेक जणांचा या गोष्टीवर विश्वासच बसला नाही. काहीजणांनी तर डॉक्टर-पेशंट मधील खाजगी संभाषण वाचल्याबद्दल उघडपणे आपली नाराजी वाईझेनबाऊमजवळ व्यक्त केली. (तुम्ही स्वत: एलिझासोबत संभाषणाची अनुभूती घेऊ शकता पुढिल संकेतस्थळावर: www-ai.ijs.si/eliza/eliza.html)

एलिझाच्या दैदिप्यमान यशानंतर त्याच साच्यात बनवलेले अनेक प्रोग्रैम्स आले, उदा. पेरी, ऐलिस, जैबरवैकी, इ. आणि त्यांनीही एलिझाच्या यशाची पूनरावृत्ती

केली. पण एलिझाच्या यशामुळे टुरिंग चाचणीमधील दोषांकडे शास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधले गेले.

टुरिंग चाचणीतील दोष

यंत्राच्या बुद्धिमत्तेची चाचणी, ही त्याच्या व मानवाच्या वर्तनातल्या साम्यावरून करता येणे शक्य आहे, हे टुरिंग चाचणीचे गृहितक होते. याकारणास्तव अशा चाचणीतून यंत्राची बुद्धिमत्ता न तपासता त्यांचे मानवी वर्तनाशी असलेले साम्य तपासले जाते. आणि असे साम्य न आढळल्यास संगणक बुद्धू ठरतो. त्यामुळे संगणक मानवापेक्षा जास्त बुद्धिमान झाला तरी तो तसा नसल्याची त्यास बतावणी करावी लागेल, उदा. दोन ४० अंकी संख्यांचा गुणाकार संगणक क्षणार्धात करू शकत असला तरी हे "अमानवी" असल्यामुळे असा संगणक चाचणी उत्तीर्ण होऊ शकणार नाही.

एक दोष हाही आहे की चाचणीत सहभागी होणाऱ्या व्यक्तींच्या ज्ञानाविषयी टुरिंगने कोणतीच अट घातली नव्हती. एलिझाच्या चाचणीत सहभागी झालेले पेशंट हे खूपच भोळे वा निष्काळजी होते. त्यांनी चाणाक्षपणे ही चाचणी दिली असती तर त्यांना संगणक ओळखणे सोपे होते, उदा. "माझी आई माझा तिरस्कार करते." या पेशंटच्या प्रतिसादाला एलिझाने "तुमच्या घरात आणखी कोण तुमचा तिरस्कार करते?" असा प्रतिप्रश्न केला होता! खरा मानसोपचारतज्ज्ञ यामागच्या कारणांविषयी आपुलकीने विचारपूस करेल. आजवर एकही संगणक एका अनुभवी, चाणाक्ष, व मुरलेल्या प्रोग्रैमरच्या डोळ्यात धूळ फेकण्यात यशस्वी झालेला नाही.

एलिझा सारख्या प्रोग्रैम्सना ते देत असलेल्या प्रतिसादांचा अर्थ मूळीच कळत नव्हता. जॉन सर्ल या तत्त्वज्ञाने एक गंभीर आक्षेप घेतला आहे: एलिझा सारखे एखादे सॉफ्टवेअर भाषेचे आकलन नसूनसुद्धा केवळ चलाखीने शब्दांचा वापर करून टुरिंग चाचणी उत्तीर्ण करू शकते. आणि आकलनाशिवाय, असे सॉफ्टवेअर मानवाप्रमाणे विचार करू शकते, असा निष्कर्ष काढणे चूकीचे आहे. म्हणूनच टुरिंग चाचणी यंत्रे विचार करतात हे सिद्ध करू शकत नाही.

या सर्व कारणांमुळे आजचे कृत्रिम बुद्धिमत्ता विषयातील संशोधक या चाचणीला फरसे महत्त्व न देता इतर महत्त्वाच्या प्रश्नांकडे वळले आहेत. असे असले तरी या चाचणीने २०व्या शतकाच्या पूर्वार्धात फक्त तात्त्विक चर्चेच्या चिखलात रूतलेल्या कृत्रिम बुद्धिमत्ता क्षेत्राच्या गाड्याला गतिशील केले हे तीचे ऐतिहासिक महत्त्व

राहीलच. टुरिंगने विज्ञानात केलेल्या भरीव कामगिरीची दखल घेऊन टुरिंगची जन्मशताब्दी असलेले २०१२ हे वर्ष “ऐलन टुरिंग वर्ष” म्हणून घोषित करण्यात आलेले आहे. “यंत्रे विचार करू शकतील का?” हा अजूनही अनूत्तरीत प्रश्न आहे. या प्रश्नाचे उत्तर कदाचीत २१व्या शतकाच्या उत्तरार्धातच मिळेल.

लेख ६

असत्यशोधनाचे तंत्रज्ञान

खोटे बोलण्याची ऊर्मी

मानवाच्या मेंदूचा त्याला जे सांगण्यात येते ते सत्य मानण्याकडे नैसर्गिक ओढा आहे. असे का असावे हे समजून घेणे मुष्किल नाही. भाषेचा उगम २०-२५ लाख वर्षांपूर्वी झाला. त्या काळात टोळ्या करून राहण्याऱ्या आपल्या पूर्वजांनी भाषेचा वापर करून संवाद साधण्यास सुरवात केली. हे संवाद जरी अतिशय प्राथमिक स्वरुपाचे होते (उदा. “शिकार त्या झाडामागे आहे”, “माझे अन्न घेतलेस तर मारून टाकीन”, इ.), तरी या संभाषणांना तग धरून राहण्याच्या दृष्टिने किंमत (survival value) होती. त्यामुळे जगण्यासाठी खोटे बोलण्याची गरज नव्हती. याकारणास्तव मानवी मेंदूत उत्क्रांतिदरम्यान ही गोष्ट पक्की बसलेली आहे, की पुढची व्यक्ती बोलत आहे ते खरे आहे. (ही बाब प्रकर्षाने जाणवते ती लहान मुलांच्या बाबतीत, जी त्यांच्या आई-वडिलांनी सांगितलेली प्रत्येक गोष्ट खरी मानतात.) खोटे बोलण्याची प्रवृत्ती भाषा उगम पावल्यानंतर काही काळाने जन्माला आली असावी. पण आजच्या काळात ती एक गरजेची गोष्ट झालेली आहे. विचार करा जर तुम्हाला खोटे बोलता येत नसते, तर तुमच्या बॉसच्या भिकार झब्ब्याची तुम्ही वारेमाप स्तुती करू शकला असतात का, वहिनीने केलेल्या कडू चहाला “फक्कड आहे” अशी दाद देऊ शकला असता का, किंवा तुमच्या मुलाने काढलेले हरणाचे चित्र कोणताही चतुष्पाद प्राणी म्हणून खपण्यासारखे असले तरी “हातात जादू आहे रे तुझ्या” असे प्रोत्साहन देऊ शकला असता का, इ. या उदाहरणांवरून समजून येईल की सामाजिक आरोग्य राखण्यासाठी (प्रमाणात) खोटे बोलता येणं किती गरजेचे आहे!

पण या नाण्याला गंजलेली बाजूदेखील आहे. चोर, खूनी, आंतकवादी यांचा सुळसुळाट झालेल्या आजच्या जगात मानवी मेंदूचा हा भाबडेपणा कल महागात

पडू शकतो. गुन्हेगारांना रंगेहाथ पकडले तरी हे लोक गुन्हा नाकारू शकतात, उदा. मुंबईवर झालेल्या दहशतवादी हमल्यातील दोषी अजमल कसाब. अशा प्रसंगी एखादी व्यक्ती खरे बोलत आहे की खोटे हे शोधून काढणे अतिशय महत्त्वाचे होऊन बसते. आजवर अनेक चाचण्या आणि असत्य शोधनाच्या पद्धती विकसीत करण्यात आलेल्या आहेत आणि काही प्रमाणावर या चाचण्यांना विज्ञानाचा आधारही आहे, पण तरीही संशोधकांनी दाखवून दिल्याप्रमाणे यापैकी एकही चाचणी भरवश्याची नव्हती. मात्र ही स्थिती बदलण्याची चिन्हे दिसू लागली आहेत.

असत्यशोधनाचा इतिहास

असत्य शोधण्यासाठी ज्या यंत्रणेचा वापर केला जातो त्यास इंग्रजीत “लाय डिटेक्टर” असे म्हणतात. आपण याच शब्दाचा वापर करू. असे म्हणतात की जगातला पहिला लाय डिटेक्टर शतकांपूर्वी एका भारतीय पुजाऱ्याने जन्माला घातला. हा पुजारी संशयीत व्यक्तीला एका गाढवाबरोबर बंद खोलीत सोडी आणि त्याला गाढवाचे शेपूट ओढण्यास सांगी. त्याआधी त्या व्यक्तीला असे सांगण्यात येई की, “तू जर खरे बोललास तर गाढव बोलणार नाही आणि तू जर खोटे बोललास तर गाढव बोलू लागेल.” गोम अशी होती की पुजारी नकळत गाढवाच्या शेपटीवर काजळीचा थर देत असे. यामुळे खोटे बोलणारी व्यक्ती गाढवाची शेपटी न ओढताच, गाढव बोलले नाही आणि म्हणून आपण निर्दोष असल्याचे सांगे. अशावेळी पुजारी व्यक्तीच्या हाताचे निरीक्षण करून या गोष्टीची खातरजमा करत असे.

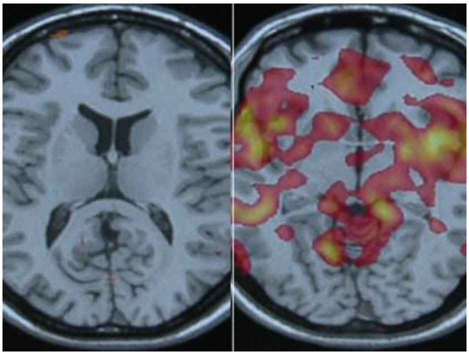
खऱ्या अर्थाने विज्ञानाचा पाया असणारा पहिला लाय डिटेक्टर बनविला गेला १९१३ साली. विलियम मार्स्टन या शास्त्रज्ञाला असे आढळून आले की खोटे बोलताना माणसाचा रक्तदाब वाढतो. याचा अर्थ मानवाच्या मनातील भावनांचा शरीरावर होणारा परिणाम अभ्यासून व्यक्तीच्या विधानाची सत्य-असत्याची पडताळणी करता येऊ शकतो. या प्राथमिक स्वरूपाच्या चाचणीत काळानुरूप बदल होत आज त्याचे पॉलिग्राफ चाचणीत रुपांतर झाले आहे. या चाचणीत ह्रदयाच्या ठोक्यांचा वेग, त्वचेचा विद्युतविरोध (resistance), इ.चे मोजमाप करून निष्कर्श काढण्यात येतात. आपण ज्यावेळी खोटे बोलतो त्यावेळी भितीमुळे वा चिंतेमुळे मेंदू शरीरातील ऐड्रिनलीन या रसायनाची पातळी वाढवतो. ऐड्रिनलीनच्या वाढलेल्या पातळीमुळे शरीराच्या बाहेरच्या भागांना रक्तपुरवठा करणाऱ्या आणि पृष्ठभागावरच्या रक्तवाहिन्या आकुंचन पावतात आणि रक्तप्रवाह शरीरातल्या

आतल्या भागांकडे (ह्रदय, फुफ्फुसे, इ.) वळविण्यात येतो. याचे पर्यवसान हातापायाच्या तळव्यांना घाम फुटण्यात होते व तळव्यांचा विद्युतविरोध बदलतो. याला त्वचेचा गैल्वानिक (galvanic) प्रतिसाद म्हणतात. यकृताद्वारे रक्तातील साखरेचे प्रमाण वाढते, तोंडाला कोरड पडते, डोळ्यांचे बुबुळ विस्तारून दृष्टी तीक्ष्ण होते, श्वासोच्छवासाचा वेग वाढतो, इ. या सर्व गोष्टींची नोंद लाय डिटेक्टरमध्ये घेण्यात येते. या गोष्टी आलेखांच्या स्वरूपात रेखाटण्यात येतात. ज्यावेळी व्यक्ती खोटे विधान करते त्यावेळी सद्सदविवेकबुद्धिमुळे निर्माण होणाऱ्या मानसिक द्वंद्वातून मन अस्वस्थ होते आणि वरील सर्व शारीरिक बदल घडून येऊन सर्व आलेखांचे स्वरूप एकाच वेळी बदलते. अशा तऱ्हेने आलेखांचे खंडीत झालेले सातत्य खोटे बोलण्याचे निदर्शक मानले जाते.

पण ही चाचणी फारशी विश्वासार्ह नाही. अशा व्यक्तींचे काय जे खोटे बोलताना कोणत्याही तणावाखाली नसतात? आपल्यावर लहानपणापासून खोटे बोलणे वाईट असते असे संस्कार झालेले असतात, यामुळे कितीही सरावलेला गुन्हेगार असला तरी खोटे बोलताना त्याच्या मनाची चलबिचल होते आणि या भावनिक अस्थिरतेचे पडसाद शरीरावर उमटतात. पण सगळेच काही एवढे सुसंस्कृत नसतात. अनेक क्रूरकर्मा खून्यांना त्यांनी केलेल्या कृत्यांविषयी थोडासुद्धा पश्चाताप नसतो. बळी पडलेल्या व्यक्तींचे छिन्नविच्छिन्न देह दाखवले तरी या रानटी लोकांचे मन उद्विग्न होत नाही. अशा व्यक्ती पॉलिग्राफ चाचण्यांना सहज गुंगारा देतात. उदा. ५० निष्पाप महिलांची हत्या करणारा सिरीयल किलर गैरी रिजवे हा या चाचणीच्या तावडीतून निसटला होता. त्याचा गुन्हा शाबित होण्यासाठी इतर पुरावे होते म्हणूनच तो पकडला गेला. २००३ साली अमेरीकेच्या नैशनल ऐकेडमी ऑफ सायन्सने तर कोणकोणत्या रीतीने या उपकरणाला चकवता येऊ शकते याची यादीच केली होती. एखादा निष्पाप मनुष्य या अपरिपूर्णतेला हकनाक बळी पडून देशोधडीला लागू शकतो या गोष्टीकडे कानाडोळा करून चालणार नाही.

fMRI तंत्रज्ञानचा वापर

वरील चर्चेवरून हे दिसेल की सध्या एकही विश्वासार्ह लाय डिटेक्टर अस्तित्वात नाही. यामुळे "या चाचण्यांचे निष्कर्श न्यायव्यवस्थेत पुरावे म्हणून घेतले जावेत का?" हा वादाचा मुद्दा आहे. पण ही परिस्थिती पलटण्याची चिन्हे दिसत आहेत. सध्या अस्तित्वात असणाऱ्या तंत्रज्ञानाच्या सहाय्याने मानवी मेंदूच्या कारभारावर लक्ष ठेवता येणे शक्य आहे. थेट मेंदूतील या घडामोडींचा अभ्यास करून सत्य-



चित्र ६: मेंदूच्या संरचनात्मक प्रतिमेसोबत रंगीत संकेत चढवून दाखवलेली प्रतिमा. मेंदूतील कार्याचा अभ्यास करण्याच्या चर्चेसाठी वापरलेले उदाहरण.

मूळ २०११ च्या संग्रहातील प्रतिमा · स्रोत अनिश्चित.

असत्याचा शोध घेता येऊ शकतो ही कल्पना डैनियल लैंगलेबेन या वैज्ञानिकाने १९९९ साली मांडली. त्याच्यामते खोटे बोलण्याआधी मेंदूला सत्य दडपावे लागते. याचा अर्थ खोटे बोलताना, काय बोलायचे आहे ते हाताळणारा एक व काय दडपायचे आहे ते हाताळणारा एक, असे मेंदूचे दोन विभाग कार्यरत असतात. याऊलट खरे बोलणाऱ्या व्यक्तीच्या मेंदूतील एकच भाग कार्यशील असतो.

पण मेंदूचे कोणते भाग कार्यरत आहेत हे कसे कळणार? खोटे बोलत आहे की नाही हे पाहायसाठी प्रत्येकाचे डोके गाडीच्या डिक्कीसारखे खोलून थोडीच पाहता येते! यासाठी fMRI (functional magnetic resonance imaging technique) या तंत्रज्ञानाचा वापर करण्यात येतो. मेंदूच्या ज्या भागात विचार करण्याची क्रिया चालू असेल त्या भागातील पेशींची ऊर्जेची गरज भागवण्यासाठी रक्ताचा प्रवाह वाढतो. या तंत्रज्ञानाचा वापर करून आपण मेंदूच्या वेगवेगळ्या भागातील ऑक्सिजनयुक्त रक्ताच्या प्रवाहातील बदल पाहू शकतो. लैंगलेबेनने प्रयोगाने हे दाखवलेले आहे की खोटे बोलताना मेंदूच्या परायटल लोब व प्रिफ्रॉण्टल कॉर्टेक्स या भागातील रक्ताच्या पातळीत वाढ होते. लैंगलेबेनने काही कॉलेजच्या मुलांना पत्ते खेळायला बोलवून त्यांना मुद्दाम पण पूर्वसुचना न देता खोटे बोलायला भाग पाडले आणि या डिटेक्टरची चाचणी घेतली. विशेष म्हणजे अशा चाचण्यांदरम्यान ८५-९०% वेळेला डिटेक्टरने व्यक्ती खरे की खोटे बोलत आहे हे बरोबर ओळखले होते. तर अशाच स्वरूपाच्या चाचण्यांमध्ये पॉलिग्राफ लाय डिटेक्टरचा स्कोर होता ६०%. यावरून या डिटेक्टरच्या विश्वासार्हतेची कल्पना यावी. ज्याअर्थी कोणतीही व्यक्ती आपल्या मेंदूतील घडामोडींवर ताबा ठेवू शकत

नाही, त्याअर्थी या डिटेक्टरला फसविणे मुश्किल ही नही, नामुनकीन है! पण या चाचणीत मिळालेल्या निरीक्षणांवरून निष्कर्श काढणे हे अतिशय कौशल्याचे आणि जोखमीचे काम आहे, कारण मेंदू ही अतिशय किचकट संस्था आहे आणि अगदी आत्ता आत्ताच आपल्याला मेंदूची कार्यपद्ध्ती समजायला लागली आहे. शेवटी हा लोकांच्या जीवनमरणाचा प्रश्न आहे. यासाठी या चाचणीच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात व्यक्तीची मानस्थिक स्थिती कशी आहे हे जाणून घेण्यासाठी काही क्षुल्लक प्रश्न विचारण्यात येतात, उदा. “तुमचे वय काय आहे?” या प्रश्नांची उत्तरे देताना व्यक्तीची जी काही मानसिक अवस्था असेल त्याचे प्रतिबिंब त्या व्यक्तीच्या fMRI मध्ये पाहता येते. ज्यावेळी अतिशय महत्त्वाचे प्रश्न विचारण्यात येतात (उदा. “श्री. अबक यांचा खून झाला त्यावेळी तुम्ही काय करत होता?”), त्यावेळी मेंदूच्या प्रतिसादांची तुलना या प्रतिबिंबासोबत केली जाते आणि निष्कर्श काढले जातात.

या तंत्रज्ञानाने असत्य शोधण्यासाठी एक कसोटीचा दगड आपल्या हाती दिला असला तरी या तंत्रज्ञानाला परिपूर्ण होण्यासाठी काही काळ जावा लागेल. भविष्यात या डिटेक्टरचे निष्कर्श कदाचीत न्यायनिवाडा करण्यातसुद्धा वापरण्यात येतील.

लेख ७

चिरंतन कार्यशील यंत्रांचे मायाजाळ

तांत्रिक प्रगतीच्या परिसीमा गाठलेल्या आजच्या जगात आजूबाजूला दृष्टी टाकल्यास लक्षात येते, की आज आपले जीवन यंत्रांवर किती मोठ्या प्रमाणावर अवलंबून आहे, मग ते यंत्र संगणकासारखे अत्युच्च तंत्रज्ञानाचा वापर करणारे असो वा सायकलसारखे अतिशय प्राथमिक स्वरूपाचे असो. मानवी कष्ट हलके करून देणारे कोणतेही साधन हे यंत्रच. पण कोणत्याही यंत्राला सुरळीतपणे कार्य करण्यासाठी ऊर्जेची गरज भासते. मोबाईल चार्ज करावा लागतो, संगणकाला अखंड विद्युतपुरवठा लागतो, पवनचक्की वाऱ्यातील गतिज ऊर्जेवर चालते, तर सायकल स्नायूऊर्जेवर. कल्पना करा ऊर्जेशिवाय चालणारे यंत्र अस्तित्वात असेल तर काय बहार येईल! असे यंत्र एकदा सुरू केल्यावर बंद पडणार नाही आणि अनंत काळ कार्यरत राहील. अशा यंत्रांना चिरंतन कार्यशील यंत्रे (perpetual motion machines) म्हणतात आणि या यंत्रांची भूरळ माणसाला यंत्रांचा उगम झाल्यापासून पडली आहे. पण ही संकल्पना एका हळव्या शास्त्रज्ञाच्या कल्पनेचे मनोरे आहेत की वास्तवात असे काही शक्य आहे? विज्ञानाचे नियम याविषयी काय सांगतात? उत्तर जाणून घेण्याआधी काही बाबी समजून घेणे गरजेचे आहे.

ऊर्जेच्या भिंगातून मानवेतिहास

कोणत्याही संस्कृतीच्या (civilisation) प्रगतीसाठी ऊर्जा आवश्यक आहे. एखाद्या संस्कृतीच्या प्रगतीविषयी तीच्या ऊर्जेच्या गरजेवरून आडाखे बांधता येतात. पण असे आडाखे बांधण्यासाठी ऊर्जेपेक्षा शक्ती ही संकल्पना वापरणे सोपे पडते. शक्ती ऊर्जेच्या वापराचा दर देते, उदा. ज्यावेळी आपण दिव्याची शक्ती १० वॉट आहे असे म्हणतो त्यावेळी त्याचा अर्थ होतो की तो दिवा दर सेकंदाला १० ज्यूल ऊर्जेचा वापर करतो. आदिमानवाकडे कोणत्याही प्रकारची यंत्रे नव्हती. अग्नी चेतविण्यासाठी दगड, झालेच तर शिकारीसाठीची प्राथमिक हत्यारे होती.

त्यामुळे स्नायुऊर्जा हा एकच पर्याय त्याच्यासमोर होता. आपल्या स्नायूंची शक्ती जवळपास १/५ अश्वशक्ती (horsepower/hp-शक्तीचे एकक) एवढी आहे आणि एवढीच शक्ती त्या काळातील मानवाकडे उपलब्ध होती. या अवस्थेतच मानवाने बराच कालखंड व्यतित केला. प्रगतीचा पुढचा टप्पा आला १०,००० वर्षांपूर्वी जेव्हा शेतीचा शोध लागला आणि माणूस एका जागी स्थिरावला. याच काळात मानवाने पशूपालनास सुरूवात केली आणि या प्राण्यांचा वापर तो काम करण्यासाठी करू लागला. या प्रांण्यांच्या (उदा. घोडा, बैल, इ.) स्नायूची शक्ती १-२ अश्वशक्ती एवढी होती.

यापुढचा महत्त्वाचा टप्पा आला १८व्या शतकात: वाफेवर चालणाऱ्या इंधनाचा शोध. या इंजिनचा वापर करून अनेक यंत्रे (उदा. मोटारगाडी, रेल्वे, इ.) विकसीत करण्यात आली. या यंत्रांची शक्ती १० अश्वशक्तीच्या काही पटीत होती. आज एका व्यक्तिच्या सेवेत हजारो अश्वशक्तीची यंत्रे अल्लादिनच्या जिनीसारखी उभी आहेत. भयानक गतीने वाढणारे औद्योगिकीकरण, वाहनांचा बेसुमार वापर, प्रचंड लोकसंख्यावाढ, इ. कारणांमुळे मानवाची ऊर्जेची गरज प्रचंड प्रमाणावर वाढलेली आहे. सध्या मुबलक प्रमाणात वापरल्या जाणाऱ्या खनिज तेलासारख्या ऊर्जास्त्रोतांमुळे ही गरज भागवली जात असली, तरी यातून निर्माण होणाऱ्या भीषण प्रदूषणामुळे वातावरणाच्या नाजूक संतुलनाचे कंबरडे मोडले जात आहे. परिस्थिती अशीच राहिली, तर वातावरणाचा ऱ्हास होऊन पृथ्वीवरील सर्व जीवनच मृत्यूपंथाला लागेल. हे लक्षात घेऊन शास्त्रज्ञांनी सौरऊर्जा, पवनऊर्जा, आण्विक ऊर्जा अशा ऊर्जेच्या अपारंपारीक स्त्रोतांवर काम करणारी यंत्रे विकसीत करण्याकडे आणि त्यांची कार्यक्षमता वाढविण्याकडे मोर्चा वळवला आहे. अशी आशा आहे की, भविष्यकाळातील सर्व यंत्रे या ऊर्जास्त्रोतांचा वापर करतील आणि पर्यावरणाचा ऱ्हास थांबेल.

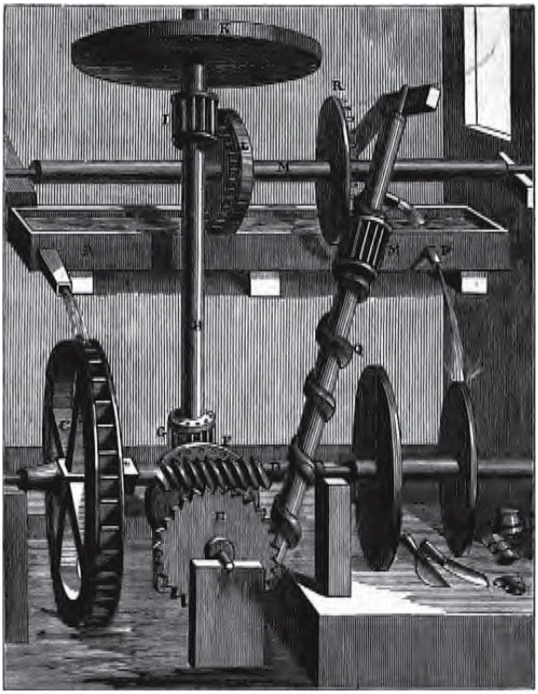
हे वाचून तुम्हाला नक्कीच असा प्रश्न पडला असेल, की हा सर्व उपद्व्याप करण्यापेक्षा शास्त्रज्ञ असे यंत्र का बनवत नाहीत ज्याला ऊर्जेची गरजच भासणार नाही, किंवा असे यंत्र जे पुरविलेल्या ऊर्जेपेक्षा जास्त ऊर्जा निर्माण करेल? अशा यंत्रांना चिरंतन कार्यशील यंत्रे म्हणतात आणि ही यंत्रे विज्ञानाच्या नियमांनुसार अशक्य पठडीतील आहेत. हे नियम कोणते ते समजावून घेऊ.

उष्मागतिकीचे नियम

भौतिकशास्त्रातील उष्मागतिकी (thermodynamics) ही शाखा ऊर्जेच्या विविध स्वरूपांच्या आणि त्यांच्या आंतररूपांतरणाच्या अभ्यासाशी संबधीत आहे. उष्मागतिकीशास्त्रातील पहिल्या नियमानुसार विश्वातील ऊर्जेचा साठा स्थिर आहे. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, ऊर्जा निर्माण करता येत नाही आणि नष्ट पण करता येत नाही, तीचे फक्त एका स्वरूपातून दुसऱ्या स्वरूपात रूपांतर करता येते. यंत्रे ज्यावेळी काही कार्य करतात त्यावेळी असेच रूंपातरण घडून येत असते, उदा. पवनचक्कीमध्ये वाऱ्यातील गतिज ऊर्जेचे रूंपातर विद्युतऊर्जेत होते. ऊर्जेशिवाय काम करणारी किंवा पुरविलेल्या ऊर्जेपेक्षा जास्त ऊर्जा निर्माण करणारी चिरंतन कार्यशील यंत्रे या नियमाचे उल्लंघन करतात आणि त्यामुळेच अशी यंत्रे अस्तिवात असू शकत नाहीत. यावर तुम्ही म्हणाल, “बरं ते जाऊ दे. दिलेल्या ऊर्जेचे १००% दुसऱ्या ऊर्जेत रूपांतर झाले तरी चालेलच की. असे १००% कार्यक्षमता (efficiency) असणारे यंत्र तरी किमान आपण बनवू शकतोच, हो ना?” दुर्दैवाने इथेही तुमची निराशाच होईल, कारण उष्मागतिकीचा दुसरा नियम अशा यंत्रांचे अस्तित्व निकालात काढतो. या नियमानूसार कोणत्याही यंत्राची कार्यक्षमात १००% असू शकत नाही, कारण कार्य (work) करताना होणाऱ्या ऊर्जेच्या रूपांतरणादरम्यान काही ऊर्जेचे अशा स्वरूपाच्या ऊर्जेत रूपांतर होते जीचा वापर कोणत्याही स्वरूपाचे कार्य करण्यासाठी होऊ शकत नाही, उदा. संगणकातील ट्रान्झिस्टरमध्ये निर्माण होणारी उष्णता, इंजिनमधील हालचाल करणाऱ्या भागांमध्ये होणाऱ्या घर्षणातून निर्माण होणारी उष्णता, इ. यामुळे कोणत्याही यंत्राला पुरविलेल्या ऊर्जेचा काही भागच कार्य करण्यासाठी कामी येतो आणि उरलेला वाया जातो. अशा रितीने उष्मागतिकीचे नियम चिरंतन कार्यशील यंत्रे अस्तिवात असू शकत नाहीत हे सिद्ध करतात.

चिरंतन कार्यशील यंत्रांचा इतिहास?!

विज्ञानाच्या नियमांनी ही यंत्रे अस्तिवात असू शकत नाही असे सांगितले असले, तरी या कांचनमृगाच्या झळाळीने दिपून जाऊन आजवर शेकडो लोकांनी अशी यंत्रे बनविण्याचा एक तर प्रयत्न केला आहे किंवा बनविला असल्याचा दावा केला आहे. अशा यंत्राचा पहिला आराखडा ८व्या शतकातील बव्हेरियामधील एका व्यक्तीने आखला होता, ज्यामध्ये त्याने चक्राचा आणि चुंबकाचा वापर केला होता.



चित्र ७: पाणचक्की आणि पाणी वर उचलणारा स्क्रू वापरणाऱ्या कथित चिरंतन कार्यशील यंत्राची ऐतिहासिक कल्पना.

Georg Andreas Böckler · Wikimedia Commons · सार्वजनिक मालकी.

यानंतर अनेक लोकांनी असे आराखडे बनविले होते किंवा कार्यरत प्रतिकृती तयार केल्या होत्या. या यादीतील काही नामवंत नामे अशी: भास्कर, योहान बेसलर, दा विंची, टेस्ला, इ. यापैकी एकही यंत्र चिरंतन कार्यशील यंत्र नव्हते. यापैकी काही यंत्रे प्रथमदर्शनी चिरंतन कार्यशील वाटायची कारण या यंत्रांच्या गुंतागुंतीच्या रचनांमुळे यात समाविष्ट असणाऱ्या ऊर्जास्त्रोतांचा अभ्यास करणे अवघड असे. त्या काळात उष्मागतिकीचे नियम विज्ञानाला माहित नव्हते, यामुळे या शास्त्रज्ञांना ही गोष्ट अशक्य आहे हे माहित नव्हते. पण या प्रयत्नांचा एक फायदा असा झाला, की काही अतिशय नाविन्यपूर्ण यंत्रे तयार करण्यात आली, उदा. कॉक्सचे वातावरणातील दाबांमधील बदलांवर घड्याळ (हे घड्याळ वातावरणातील वायूंच्या गतिज ऊर्जेचा वापर करून अनंत काळ कार्यरत राहू शकते). चिरंतन कार्यशील यंत्रांकडे उद्योजक आकर्षीत झाले नसते, तरच नवल! कितीतरी उद्योजकांनी अशी यंत्रे निर्माण करण्याचा दावा करणाऱ्या वैज्ञानिकांच्या प्रयोगात प्रचंड पैसा गुंतवला. यापैकी बरीच यंत्रे ही चक्क फसवणूक होती. अशी

यंत्रे म्हणजे विज्ञानाचा बुरखा घालून उद्योजकांची फसवणूक करण्याचे सोपे साधन आहे हे लक्षात घेऊन अनेकांनी गुंतवणुकदारांना गंडा घातला. त्या काळातील विज्ञानातील प्रगती लक्षात घेता या गोष्टी आपण समजू शकतो. आश्चर्याची बाब ही आहे, की आजसुद्धा अशा यंत्रांच्या पेटंटसाठी अर्ज दाखल केले जातात, अजूनही उद्योजक या यंत्रांमध्ये पैसा गुंतवतात, आणि वॉल स्ट्रीट जर्नलसारखी जबाबदार वृत्तपत्रे अशा गुंतवणुकींना प्रसिद्धी देतात. हाच पैसा इतर संशोधनात (उदा. ऊर्जेच्या अपारंपारीक ऊर्जास्त्रोतांचा विकास, स्टेम सेल उपचारपद्धती, इ.) गुंतविल्यास मानवतेच्या उपयोगी पडण्याजोगे काही तरी निष्पन्न होऊ शकते. चिरंतन कार्यशील यंत्रांच्या मृगजळाच्यामागे धावण्याची परिणिती शेवटी मौलिक संपत्तीची आणि वेळेची नासाडी करण्यातच होणार आहे.

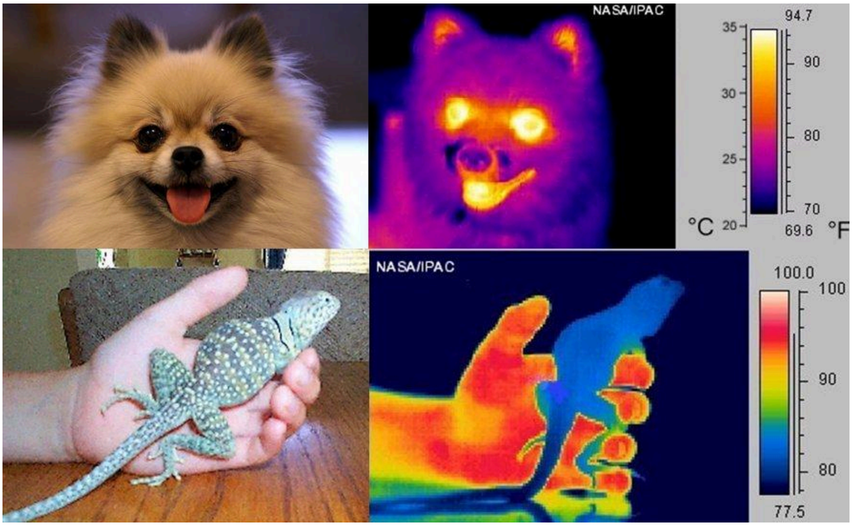
लेख ८

प्राण्यांमधील तापमान-नियंत्रण व्यवस्था

तुम्ही हे पाहिले असेल की हवेत ठेवलेला बर्फ सभोवतालच्या उष्ण हवेतून उष्णता शोषून वितळतो, तर उकळलेले पाणी काही काळानंतर अंगभूत ऊर्जा ऊत्सर्जित करून थंड होते. असे होण्यासाठी कारणीभूत असतो तापमानातील फरक. वस्तू आणि अवतीभवतीची हवा यांच्या तापमानातील फरकामुळेच ऊर्जेची देवाणघेवाण होते. उष्णतेचा प्रवाह नेहमी गरम वस्तूकडून थंड वस्तूकडे होतो हा आपला नेहमीचा अनूभव. पण आर्क्टिक खंडावरील कडाक्याची थंडी असो वा सहारामधील भयानक उन्हाळा, मानवाच्या शरीराच्या गाभ्याचे तापमान नेहमीच ३७ सेल्सिअस असते. हे शरीराला कसे काय साध्य होते? यासाठी जबाबदार असलेली तापमान नियंत्रण यंत्रणा समजावून घेऊ.

शीत आणि उष्णरक्तीय प्राणी

मानव हा उष्ण रक्ताचा (warm-blooded) प्राणी आहे. अशा प्राण्यांच्या शरीराचे तापमान स्थिर राखण्याचे काम होमिओस्टैटिस (homeostatis) ही यंत्रणा करते. सर्व पक्षी आणि सस्तन प्राण्यांमध्य (mammals)े ही व्यवस्था असते. याऊलट मासे, रेप्टाईल्स (सरडे), उभयचर (amphibian) गटातील प्राणी शीतरक्तीय (cold-blooded) आहेत. या प्राण्यांच्या शरीराचे तापमान बाह्य तापमानावर अवलंबून असते. यामुळेच सरडे सकाळच्या थंड वातावरणात निपचीत पडून असतात. अशा तापमानात त्याच्या शरीरातील चयापचय क्रिया (ग्रहण केलेल्या अन्नाचे शरीराला आवश्यक असलेल्या ऊर्जेत रूपांतर करणाऱ्या क्रिया-metabolic reactions) व रासायनिक क्रिया मंदावलेल्या असतात, स्नायू शिथील झालेले असतात. या अवस्थेत त्यांना स्वतःचे शरीर अक्षरशः ओढत सूर्यप्रकाशात न्यावे लागते. जसे सूर्याचे तप्त किरण याच्या शरीरावर पडतात, तसे रक्त गरम व्हायला लागते, हृदयाची स्पंदने वाढतात, स्नायूंची हालचाल वाढू लागते,



चित्र ८: कुत्रा आणि सरडा: दृश्यमान प्रकाशातील छायाचित्रे व अवरक्त प्रतिमा. रंग तापमानातील फरक दर्शवतात. हातातील उष्णता सरड्याच्या शरीरात जाण्याचे उदाहरणही दिसते.

NASA/IPAC · Cool Cosmos, Infrared Zoo · मूळ संग्रहातील संकलित चित्र.

इ. पण रात्र पडू लागली की परत यांचे रक्त थंड व्हायला लागते आणि निवाऱ्याच्या जागी परतणे गरजेचे होते. यावरून आपल्याला शीत रक्ताचे असण्यामधील तोटे दिसून येतील. साप एखाद्या फटीत शिरून बसला असेल, तर गरम पाणी ओततात त्याच्यामागे कारण असे की कडक पाण्यामुळे सापाच्या शरीराचे तापमान धोकादायक पातळीच्या वरती जाऊ लागते. वाढलेले तापमान कमी करण्यासाठी सापाला जोरात हालचाल करून या जास्तीच्या ऊर्जेचा व्यय करणे गरजेचे असते. यासाठीच तो फटीतून बाहेर येतो आणि (आगीतून निघून) फुफाट्यात पडतो!

उष्ण रक्ताच्या प्राण्यांच्या शरीराचे तापमान मात्र बाह्य तापमानप्रमाणे बदलत नाही. त्वचेचे तापमान जरी थोडे फार बदलत असले, तरी महत्त्वाच्या अवयवांचे (म्हणजे ह्लदय, आतडे, यकृत, रक्त) तापमान नेहमीच ३७ सेल्सिअसवर स्थिर राहते. असे करण्यासाठी सभोवतालचे तापमान शरीराच्या तापमानापेक्षा जास्त आहे की कमी यानुसार शरीराच्या तापमान नियंत्रण यंत्रणेचा प्रतिसाद वेगळा असतो. पण प्रतिसाद कसाही असो, यामध्ये चयापचय क्रिया महत्त्वाची भुमिका बजावतात आणि म्हणूनच आपल्याला अन्न ग्रहण करणे अनिवार्य आहे. असे न केल्यास ही यंत्रणा कोलमडून पडेल. शरीर हे विशिष्ट तापमान राखते, कारण याच

तापमानावर शरीरातील सर्व जैवरासायनिक (biochemical) क्रिया प्रभावीपणे घडून येतात.

उष्ण तापमानातील प्रतिसाद

समजा तुम्ही एखाद्या गरम खोलीत प्रवेश केला. अशा वेळी तुमच्या त्वचेतील तापमानास संवेदनशील असणाऱ्या पेशी सभोवतालच्या तापमानाविषयी माहिती देणारा संदेश मेंदूतील हायपोथैलैमस (hypothalamus) या भागाकडे पाठवतात. मेंदूचा हा भाग आपल्या शरीराचा थर्मोस्टैट आहे असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. (मेंदूचा हा भाग जर शस्त्रक्रियेने काढून टाकला किंवा अपघातात जायबंदी झाला, तर शरीराला तापमान नियंत्रित ठेवता येणार नाही.) हायपोथैलैमस रक्तवाहिन्यांना प्रसरण पावण्याचा इशारा देतो. यामुळे त्वचेतील रक्तवाहीन्यांमधून मोठ्या प्रमाणावर गरम रक्ताचा प्रवाह सुरू होतो (यामुळेच ऊन्हात चेहरा लालसर होतो). त्वचेच्या जवळील हवा गरम रक्तामुळे हलकी होऊन वर जाते व त्याची जागा जड असलेली थंड हवा घेते. यामुळेच पंख्याचा वारा उन्हाळ्यात एवढा आल्हाददायक वाटतो. हे होत असतानाच स्नायूंमध्ये शिथीलता येते (यामुळेच उन्हाळ्यात निवांत पडून राहावसे वाटते!). शरीरातील चयापचय क्रिया मंदावतात. याबरोबरच हायपोथैलैमसच्या आज्ञेवरून घर्मग्रंथी (sweat glands) कार्यशील होतात आणि घाम येऊ लागतो. या घामात पाण्याचा अंश सर्वात जास्त असतो. या पाण्याचे त्वचेवरून बाष्पीभवन होते आणि हे होण्यासाठी त्वचेकडून ऊर्जा घेतली जाते. यामुळेच घामेजलेल्या अंगावरून वाऱ्याची झुळूक गेल्यास थंड वाटते. (डॉक्टर तापातील व्यक्तीचे शरीर थंड पाण्याने पुसून घेण्यास सांगतात, कारण हे थंड पाणी शरीरातील उष्णता काही प्रमाणावर शोषून घेते आणि तापमान कमी करण्यास मदत करते.) मुंबईसारख्या ठिकाणी उन्हाळा एवढा जाणवतो, कारण आर्द्र (humid) हवेत घामाचे बाष्पीभवन होत नाही. इथे हे नमूद करायला हवे, की घामात पाण्याबरोबर इतर क्षारही (salt) असतात. याकारणास्तव जास्त घाम शरीरातून गेल्यास शरीरातील क्षारांचे प्रमाण खूप कमी होऊ शकते. यातूनच उष्माघात उद्भवतो. त्यामुळे उन्हाळ्यात पाण्याबरोबरच शरीरातील क्षारांची योग्य पातळी राखणे गरजेचे असते. या क्रियांमधून होणाऱ्या ऊर्जेच्या क्षयाने शरीराचे तापमान बाह्य तापमानाइतके जास्त होत नाही. मानवेतर बऱ्याच सस्तन प्राण्यांमध्ये घर्मग्रंथी नसतात. हे प्राणी पाण्याचे बाष्पीभवन

होण्यासाठी एकतर धापा टाकतात (उदा. कुत्रा) किंवा त्यांचे केसांचे बाह्य आवरण चाटतात (उदा. मांजर).

थंड तापमानातील प्रतिसाद

आता समजा तुम्ही एखाद्या वॉक-इन फ्रिज मध्ये प्रवेश केला तर याऊलट क्रिया घडतात. चयापचय क्रिया जोमाने सुरू होतात, त्वचेतील रक्तवाहिन्या आकुंचन पावतात व रक्तप्रवाह मंदावतो (यामुळेच चेहरा फिका पडतो). यामुळे त्वचेजवळील हवेमुळे होणारा उष्णतेचा व्यय थांबतो. घर्मग्रंथी तर सुस्तच पडून असतात. स्नायूंची कार्यशीलता वाढते आणि शरीर कापू लागते. या सर्व क्रियांमधून निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेने शरीराचे तापमान बाह्य तापमानाइतके कमी होण्यापासून रोखण्यात येते.

पक्षी व इतर सस्तन प्राणी थंडीपासून रक्षण करण्यासाठी आपला पिसारा किंवा केसांचे आवरण फुगवतात. यामुळे त्यांचे शरीर थंड हवेपासून अलिप्त राहते. आपल्या शरीरावरही बोचऱ्या थंडीत शहारे येतात याचे कारण आपले पूर्वज केसाळ होते हे आहे. मानवाचा पूर्वज असलेल्या वानर-सदृश प्राण्याच्या अंगावर भरपूर केस होते आणि त्याकाळी गरम कपडे वगैरे प्रकार उपलब्ध नसल्याने थंडीपासून बचाव करण्यासाठी शरीरावर असलेल्या केसांचे आवरण फुगवून तो आपल्या शरीराचे रक्षण करी. उत्क्रांतीदरम्यान मानवाच्या शरीरावरचे केस गळून पडले असले, तरी आपल्या पूर्वजांची आठवण करून देणारे शहारे मागेच राहीले आहेत. केस नसले तरी गरम कपड्यांमुळे आपला थंडीपासून बचाव होतो, कारण हे कपडे गरम हवेचा थर कपडे आणि शरीर यांच्या मधील जागेत बंदिस्त करतात.

ताप कसा येतो?

तुम्हाला प्रश्न पडला असेल, की इतकी परिपूर्ण तापमान नियंत्रण व्यवस्था शरीरात असताना ताप येऊन शरीरचे तापमान भलतेच का वाढते? होत असं की ज्यावेळी तापास कारणीभूत असणारे रोगजंतू रक्तात शिरतात त्यावेळी रक्तातील पांढऱ्या पेशी यांचा बंदोबस्त करण्यासाठी पायरोजेन नावाचे रसायन रक्तात सोडतात. हे रसायन थेट हायपोथैलैमसलाच जाऊन भिडते आणि शरीराचे तापमान वाढविण्यास प्रवृत्त करते. हायपोथैलैमसला असा भ्रम होतो की शरीराचे तापमान ३७ सेल्सिअसवर स्थिर ठेवायचे नसून ४० सेल्सिअसपेक्षा जास्त तापमानावर स्थिर ठेवायचे आहे आणि तो थंड तापमानातील नियंत्रणाची यंत्रणा सुरु करतो.

यामुळे थंडी वाजून येते आणि शरीराचे तापमान वाढू लागते. ज्यावेळी ताप फुटतो (वैद्यकीय भाषेत ज्याला “क्रायसिस” म्हणतात) तेव्हा पायरोजेनने आपला कात्रज केल्याचे हायपोथैलैमसच्या लक्षात येते. यावेळी मात्र तो उष्ण तापमानातील नियंत्रणाची यंत्रणा कामाला लावतो आणि यामुळेच घाम येऊ लागतो, जे आपण ताप उतरू लागल्याचे लक्षण मानतो. तापामुळे शरीराचे खूप नुकसान होऊ शकते. आपले शरीर अतिशय प्रखर थंडी सहन करू शकत असले, तरी जास्त उष्ण तापमान सहन करू शकत नाही. तापमान ४१ सेल्सिअस पर्यंत पोहोचल्यावर माणूस आचके देऊ लागतो आणि तापमान ४३ सेल्सिअसपेक्षा जास्त झाल्यास मृत्यु येऊ शकतो.

लेख ९

अदृश्य होणारे पदार्थ: मेटामटेरिअल्स

अतिशय प्राचीन काळापासून मानवाला अदृश्यतेची भुरळ पडलेली आहे. आजवर हजारो लोकांना अमावस्येच्या रात्री (तथाकथीत) अदृश्य भूतांनी छळले आहे. साहित्यकृती रंगवण्यासाठी या साधनाचा अनेकांनी उपयोग केलेला आहे, मग तो "इनविझिबिलिटी क्लोक" धारण करणारा हैरी पॉटर असो वा जादुई अंगठी धारण करणारा "लॉर्ड ऑफ द रिंग्स" मधला फ्रोडो असो. असा एकही मनुष्य नसेल ज्याला संधी मिळाल्यास अदृश्य होण्याचा मोह टाळता येईल. कितीतरी वर्षे सैन्यातील अधिकाऱ्यांनी अदृश्य करणाऱ्या पोशाखाची स्वप्ने पाहिलेली आहेत. ज्या देशाचे तंत्रज्ञान असा पोशाख पहिल्यांदा निर्माण करेल त्या देशाची सेना अजिंक्य असेल हे सांगावयास नकोच. पण खरंच, हे शक्य आहे का? २१व्या शतकाच्या पहिल्याच दशकात झालेल्या विज्ञानातील काही संशोधनाचा आढावा घेतल्यास आशावादाला नक्कीच जागा आहे. हे संशोधन समजून घेण्यासाठी काही संकल्पनांविषयी विवरण अनिवार्य आहे.

पारदर्शकता: अदृश्यतेचा अवतार

काचेची तावदाने बनविणाऱ्या "सेंट ग्लोबेन" या कंपनीची जाहिरात आपण पाहिली असेल. समोर काच आहे की नाही हे न समजल्यामुळे लोक या तावदानांवर धडकताना यामध्ये दाखवले जाते. सांगायचा मुद्दा हा की, चांगल्या दर्जाची स्वच्छ काच प्रकाशाच्या दृष्टीने असून नसल्यासारखी आहे आणि म्हणूनच आपल्यासाठी अदृश्य आहे. काही पदार्थ पारदर्शक तर काही अपारदर्शक का? काच आणि तांब्याचा पत्रा या प्रातिनिधीक उदाहरणांच्या आधारे हे समजून घेऊ. प्रकाश हा विद्युतचुंबकीय लहरींचा दृश्य (visible) प्रकार आहे. या लहरींचे इतर प्रकार (उदा. मायक्रोवेव्ह, जंबूपार (UV), इ.) "पाहण्यासाठी" मानवी डोळे असमर्थ आहेत. या लहरींच्या ठायी अंगभूत ऊर्जा असते. काचेची आण्विक संरचना

(atomic structure) अशी असते, की काही विशिष्ट ऊर्जेच्या लहरीच त्यात शोषल्या जाऊ शकतात. दृश्य प्रकाशात असलेली ऊर्जा यापेक्षा कमी असते आणि यामुळे काचेच्या मागील वस्तूंकडून परावर्तीत झालेला प्रकाश काचेमधून आरपार जातो. (पण हीच काच जंबूपार किरणे शोषून घेते. यामुळे घरातले बल्बचे आवरण काचेचे असते, तर जंबूपार किरणांच्या ट्यूबचे आवरण क्वार्टझचे बनवतात.) याऊलट तांब्याच्या पत्रा अपारदर्शक असतो, कारण यामध्ये प्रकाश शोषला जातो. हा प्रकाश शोषणारे अणू दोलायमान अवस्थेत जातात आणि शोषलेल्या जातीचा प्रकाश पुन्हा ऊत्सर्जित पण करतात. हाच प्रकाश आपल्या डोळ्यात शिरतो आणि आपल्याला तांब्याचा पत्रा दिसतो. थोडक्यात, प्रकाश तांब्याचा पत्र्यावरून परावर्तित (reflect) होतो. सोने, चांदी, इ. चकचकीत दिसतात ते या परावर्तनामुळेच. याचा अर्थ तांब्याचा पत्रा अदृश्य करायचा असेल, तर त्याला त्यातून जाणाऱ्या प्रकाशलहरी शोषण्यापासून रोखायला हवे. पण हे करणे अशक्य आहे, कारण हे साध्य करण्यासाठी तांब्याची आण्विक संरचना बदलणे क्रमप्राप्त आहे आणि ही संरचना बदलली तर निर्माण होणारा पदार्थ तांबा नसेल! यातून काही मार्ग नाही का? अर्थातच आहे. तो काय ते जाणून घेण्यासाठी अपवर्तन म्हणजे काय हे समजून घेणे गरजेचे आहे.

अपवर्तन: प्रकाशाची दिशाभूल

पाण्याने भरलेला तांब्याचा बूड थोडासा वरती उचलल्यासारखा वाटतो हे तुम्ही न्याहाळले असेल. याला कारणीभूत प्रकाशाची अपवर्तनाची क्रिया (refraction) आहे. जेव्हा प्रकाश एका पारदर्शक माध्यमातून (उदा. हवा) दुसऱ्या पारदर्शक माध्यामात (उदा. पाणी) प्रवेश करतो त्यावेळी तो आपला वेग व दिशा दोन्ही बदलतो. माध्यमाची घनता (density) जितकी जास्त, तितकी अणूंची गर्दी जास्त. अणूंच्या या तोबा गर्दीतून जाताना प्रकाशाचा वेग मंदावतो. जितकी घनता जास्त तेवढा वेग कमी आणि प्रकाशाचे त्याच्या वहनाच्या मूळ दिशेपासून होणारे विचलन जास्त. एखाद्या माध्यमाची प्रकाशाची दिशा बदलण्याची ही क्षमता अपवर्तनाच्या निर्देशांकाने (refractive index) मापली जाते. एखाद्या माध्यमाचा निर्देशांक प्रकाशाचा त्या माध्यमातील वेग व प्रकाशाचा निर्वातातील वेग यांच्या गुणोत्तराने दिला जातो. ज्याअर्थी निर्वाताची घनता सर्वात कमी असते, त्याअर्थी प्रकाशाचा वेग निर्वातात सर्वात जास्त असतो. सैद्धांतीक भौतिकशास्त्राने हे सिद्ध करता येते, की प्रत्येक माध्यमाचा अपवर्तन निर्देशांक धन (positive)

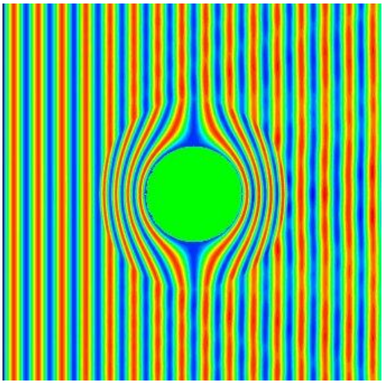
असतो आणि १ पेक्षा जास्त असतो. उदा. हवा:१, पाणी:१.३३, हीरा:२.४, इ. पण या गोष्टींचा आणि तांब्याच्या पत्र्याचा काय संबंध? कारण अपारदर्शक पदार्थ प्रकाशाचे अपवर्तन करत नाहीत, तर परावर्तन करतात. इथेच मेटामटेरिअलची अद्भुत संकल्पना प्रवेश करते.

असाध्य ते साध्य: मेटामटेरिअल्स

मेटामटेरिअल्स हा पदार्थगण मानवी सर्जनशीलतेचा परमोच्च बिंदू आहे असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. कारण या पदार्थाच्या अंगी असणारे गुणधर्म कोणत्याही निसर्गनिर्मित पदार्थात आढळत नाहीत. अशा तऱ्हेचा हा पहिलाच मानवनिर्मित पदार्थ आहे. असे पदार्थ असू शकतात हे शास्त्रज्ञ अनेक वर्षे मान्य करण्यास तयार नव्हते. मेटामटेरिअल्सचे असे काय गुणधर्म आहेत, की शास्त्रज्ञांना त्यांचे अस्तिव मान्य करणे कठिण होते? हा गुणधर्म आहे त्यांच्या अपवर्तनाच्या निर्देशांकाविषयी. या पदार्थांचा निर्देशांक ऋण (negative) असतो आणि १ पेक्षा कमी असू शकतो. निसर्गातील कोणताही पदार्थाचा निर्देशांक असा नसल्यामुळे शास्त्रज्ञांनी ही गोष्ट अशक्य आहे असे गृहित धरले होते. वास्तविक १९६७ सालीच रशियाच्या विक्टर वेझलागो याने असे पदार्थ अस्तित्वात असू शकतात, हे सैद्धांतिक विवेचनाद्वारे दाखवून दिले होते, पण त्याच्या संशोधनाकडे काणाडोळा करण्यात आला. शेवटी २००६ साली ड्यूक विद्यापीठ (नॉर्थ कैरोलिना) आणि इम्पेरिअल कॉलेज (लंडन) या संस्थांमधील शास्त्रज्ञांच्या गटांच्या संयुक्त प्रयत्नातून असाध्य ते साध्य झाले. या गटांनी केवळ आजवरचा पहिला मेटमटेरिअल पदार्थच बनविला नाही, तर तो मायक्रोवेव्ह तरंगासाठी अदृश्यही करून दाखविला.

मेटामटेरिअल्समुळे एखादा पदार्थ अदृश्य कसा होऊ शकतो, हे समजून घेण्यासाठी एक उदाहरण घेऊ. कल्पना करा की तुम्ही एका नदीवरील रूंद पुलावर उभे आहात. तुम्ही उभे असलेल्या ठिकाणी पुलाखाली नदीत एक दगडाचा सुळका आहे. पण तुम्ही पाण्याच्या प्रवाहावरून त्या दगडाचे अस्तित्व शोधून काढू शकत नाही, कारण पुलाच्या एका बाजुने जाणारे पाणी दगडाच्या सुळक्याला वळसा घालून पुन्हा एकत्र येऊन पुलाच्या दुसऱ्या बाजूने बाहेर येते. थोडक्यात, तुमच्यालेखी तो दगड अदृश्य आहे.

मेटामटेरिअल्समध्येही असाच काही प्रकार घडतो. हा पदार्थ अनेक लहान घटकांपासून बनलेला असतो आणि हे घटक प्रकाशाचे अपवर्तन अशा रितीने



चित्र ९: मध्यवर्ती प्रदेशाभोवती वळणाऱ्या लहरींचे अनुकरण. वस्तूभोवती तरंगांचा मार्ग बदलण्याची संकल्पना यात दर्शवली आहे.

मूळ २०११ च्या संग्रहातील प्रतिमा · स्रोत अनिश्चित.

करतात, की प्रकाश ज्या पदार्थावर मेटामटेरिअलचा थर दिलेला आहे त्याला वळसा घालून जातो. या पदार्थांची संरचना अर्थातच अतिशय क्लिष्ट असते, तरी त्यांचे सर्वसाधारण स्वरूप समजून घेणे अवघड नाही. यामध्ये काचेच्या पृष्ठभागावर विविध पदार्थांचा (उदा. चांदी, मग्नेशियम फ्लोराइड, इ.) विशिष्ट रितीने थर देण्यात येतो. यानंतर प्रकाशाच्या शलाकेने मासे पकडायच्या जाळीसारखा एक पैटर्न या पदार्थांवर कोरण्यात येतो. कोणत्या तरंगासाठी मेटामटेरिअल बनवायचे आहे त्यानुसार कृती आणि घटक निवडण्यात येतात. जो पदार्थ अदृश्य करायचा आहे त्या पदार्थावर या मेटामटेरिअलचा थर दिला जातो, उदा. शास्त्रज्ञांनी प्राथमिक प्रयोगात तांब्याचे कडे लाल रंगाच्या लहरीसाठी बनविलेला मेटामटेरिअल वापरून लाल रंगासाठी अदृश्य केला होता. या क्षेत्रातील प्रगतीसाठी नैनोटेक्नॉलॉजी, प्लास्मॉनिक्स, इ. नविनच उदयास आलेल्या शाखांचाही हातभार लागत आहे. संपूर्ण दृश्य प्रकाशासाठी काम करतील असे मेटामटेरिअल पदार्थ बनविणे अजून शक्य झालेले नसले, तरी ज्या वेगाने या क्षेत्राचा विकास होत आहे तो पाहता काही दशकांमध्ये ही गोष्ट साध्य झाल्यास आश्चर्य नाही. तेव्हा आत्तापासूनच हैरी पॉटरसारखा अदृश्यतेचा कोट शिवण्यासाठी पैसे साठवण्यास सुरूवात करायला हरकत नाही! जाता जाता हे नमूद करणे गरजेचे आहे, की या पदार्थांचा अनेक क्षेत्रात वापर होऊ शकतो (उदा. या पदार्थांपासून अतिशय सुस्पष्ट फोटो घेण्यासाठी सुपरलेन्स बनविता येऊ शकते) आणि वस्तू अदृश्य करणे हा या संशोधनामागचा मूळ उद्देश नाही!

लेख १०

मानवी अवयवांची पुनर्वाढ होऊ शकते का?

“राजेशने घडाळ्यात पाहिले आणि तो गडबडीने शर्ट अंगावर चढवायला लागला. एका हाताने कपडे करणे ही तशी एक कसरतच होती. मागच्या वर्षी कारखान्यात काम करत असताना मशिनमध्ये अडकून राजेशचा उजवा हात कोपरापासून तुटला होता आणि डाव्या हाताने काम करणे अजून त्याच्या अंगवळणी पडले नव्हते. एवढ्यात दचकून त्याने हातावर पडलेली वळवळणारी वस्तू झिडकारली. फरशीवर पडलेली ती वस्तू म्हणजे पालीची तुटलेली शेपटी होती. राजेशने छताकडे पाहिले. आपल्या प्रिय शरीराचा एक अवयव निखळून पडल्याचे सोयरसुतक त्या पालीला नव्हते, कारण काही दिवसातच तो ढळलेला अवयव पुन्हा उगवणार होता. राजेशने आपल्या उजव्या बाहीतून बाहेर डोकावणाऱ्या हाताच्या बुडक्याकडे पाहिले व दिर्घ सुस्कारा सोडून डोळे मिटले.”

आज जगात लाखो लोक असे आहेत ज्यांनी अपघातामुळे किंवा आजारामुळे एखादा शारीरिक अवयव गमावलेला आहे आणि जन्माचे अपंगत्व स्विकारले आहे. पालीच्या शेपटीसारखे आपले तुटलेले अवयव का वाढत नाहीत, हा प्रश्न राजेशप्रमाणे आपणा सर्वांना पडल्यास आश्चर्य नाही. या प्रश्नावर शास्त्रज्ञ गेली कित्येक वर्ष काम करत आहेत. या संशोधनातून मिळालेल्या माहितीतून ही शक्यता समोर येत आहे, की भविष्यात अशा उपचारपद्धती उपलब्ध होतील ज्यायोगे मानवाचे तुटलेले अवयवसुद्धा वाढू लागतील!

प्राण्यांमधील पुनर्वाढ

पुनर्वाढ(regeneration) ही अशी प्रक्रिया आहे ज्यायोगे बहुपेशीय प्राणी आपल्या संपूर्ण शरीराचा एकसंधपणा जतन करू शकतात आणि या

एकसंधपणाला तडा गेल्यास त्या अंगांची दुरूस्तीसुद्धा करू शकतात. याचे थक्क करणारे उदाहरण म्हणजे गोगलगाईच्या आकाराचा प्लऐनेरिअन नावाचा प्राणी. या प्राण्याचे उभे, आडवे, मेंदुतून, डोळ्यातून कसेही कापून तुकडे केले, तरी प्रत्येक तुकड्याची पुनर्वाढ होऊन मूळ प्लैनेरिअनची हुबेहूब प्रत असलेले प्लैनेरिअन तयार होतात. एका प्लैनेरिअनचे १००० तुकडे केले, तरी प्रत्येक तुकड्यापासून आख्खा प्लैनेरिअन तयार होतो!

पृष्ठवंशीय(vertebrate) प्राण्यांमध्ये पुनर्वाढ होऊ शकणारे एकमेव उदाहरण सैलमैण्डर हा उभयचर प्राणी. या प्राण्यामध्ये चारी पाय, शेपटी, जबडा, डोळे, आणी काही अंतर्गत अवयवांची पुनर्वाढ होऊ शकते. या प्राण्यांच्या पुनर्वाढ होऊ शकणाऱ्या अवयवांना एक प्रकारचे स्वातंत्र्य असते. जेव्हा असे प्राणी संकटात सापडतात (उदा. हल्ला करणाऱ्या प्राण्याने शेपटी वा पाय पकडलेला आहे), तेव्हा हे अवयव आपोआपच गळून पडतात आणि जीवावर बेतलेले संकट त्या अवयावर निभावते.

पुनर्वाढ होऊ शकणाऱ्या प्राण्यांची यादी पाहिल्यास ही बाब प्रकर्षाने जाणवते, की प्राण्यामधील शारीरिक गुंतागूंत जितकी जास्त तितकी पुनर्वाढीची क्षमता कमी. यामुळेच सस्तन(mammals) प्राण्यांमध्ये या प्रक्रियेचा अभाव दिसून येतो. सस्तन प्राण्यांमध्ये ही क्षमता का दिसून येत नाही, हे जाणून घेण्यासाठी

चित्र १०: अवयवांच्या पुनर्वाढीच्या संदर्भातील सॅलमॅण्डरची दोन छायाचित्रे. पिवळ्या खुणा पुढील अवयवांच्या भागांकडे लक्ष वेधतात.

मूळ २०११ च्या संग्रहातील प्रतिमा · स्रोत अनिश्चित.

शास्त्रज्ञ सैलमैण्डर आणि उंदिर या प्राण्यांचा तौलनिक अभ्यास करतात. प्रथम सैलमैण्डरसारच्या अवयवांची पुनर्वाढ कशी होते हे जाणून घेऊ.

सैलमैण्डरमधील पुनर्वाढ

सस्तन प्राण्यांचा अवयव (उदा. हात) आणि सैलमैण्डरचा अवयव यात आकार सोडल्यास फारसा फरक नाही. दोन्हींमध्ये हाडांचा सांगाडा, त्वचेचे आवरण, स्नायू, रक्तवाहीन्या, चेता उती (उती(tissue) म्हणजे विशिष्ट पेशींचा समूह), आणि हा सर्व गोतावळा एकत्र राहण्यासाठी आधार देणाऱ्या कनेक्टीव उती, इ. कनेक्टीव उती ही तंतूपासून बनलेली असते आणि अवयवांना विशिष्ट आकार देण्यात मुख्य भुमिका बजावते. यासाठी ही फायब्रोब्लास्ट नावाच्या पेशींची मदत घेते. एवढे साम्य असूनही एकाची पुनर्वाढ होते, तर दुसऱ्याची होत नाही, असे का? यासाठी सैलमैण्डरचा पाय आपल्याला कापावा लागेल!

जेव्हा सैलमैण्डरचा अवयव कापला जातो, तेव्हा इजा झालेल्या ठिकाणच्या रक्तवाहिन्या आकुंचन पावतात, त्वचेतील एपिडर्मिस पेशी या जागेकडे धाव घेतात, आणि एक आवरण तयार करतात. या आवरण बनविणाऱ्या एपिडर्मिस पेशी एकमेकांशी सतत संपर्क ठेऊन असतात. या पेशी फायब्रोब्लास्ट आणि स्नायू पेशींना मदतीला येण्याचा संदेश पाठवतात आणि या हाकेला दाद देऊन या पेशी इजेच्या ठिकाणी जमा होऊ लागतात. यानंतर फायब्रोब्लास्ट पेशी फायब्रॉसिस नावाची प्रक्रिया सुरू करतात ज्यायोगे नवीन अवयवाची पुनर्बांधणी करण्यास आवश्यक उती बनविण्यासाठी तंतूचे एक जाळे तयार होऊ लागते. हे चालु असतानाच आवरणाखालील पेशींचे विभाजन होऊन त्यांची संख्या वाढते. हा पेशींचा संग्रह त्या भागातील नर्वकडून येणाऱ्या संदेशांचे व इतर घटकांचे ग्रहण करतो आणि एक अतिशय महत्त्वाचे स्थित्यंतर घडते. हे स्थित्यंतर म्हणजे: आवरणाखाली असलेल्या पेशींचे गर्भ बीजपेशींमध्ये रूपांतर.

गर्भ ज्यावेळी वाढीला लागतो त्यावेळी प्राथमिक अवस्थेत गर्भाचे विभाजन होऊन निर्माण होणाऱ्या पेशी म्हणजे गर्भीय बीजपेशी(embryonic stem cells). या पेशींचे विभाजन होऊनच आपल्या शरीरातील सर्व पेशी तयार होतात. एखाद्या बहुरूप्यासारखे ह्या पेशींमध्ये कोणत्याही विशिष्ट पेशींमध्ये (उदा. स्नायू पेशी, रक्त पेशी, इ.) रूपांतर करण्याची क्षमता असते. गर्भाच्या वाढीदरम्यान बीजपेशींचे वेगवेगळ्या विशिष्ट पेशींमध्ये(specialised cells) रूपांतर होते आणि या पेशी फक्त विशिष्ट कार्य करू लागतात आणि त्यांच्यातील रूपांतर करण्याची शक्ती

हरवते. पण सैलमैण्डरमधील जखमेवर निर्माण झालेल्या आवरणातील पेशी काही संदेश मिळाल्यानंतर स्वतःची ओळख विसरून स्मृतीभ्रंश झाल्यासारख्या गर्भ पेशीत रूपांतरीत होतात (कसे?, हे अजूनही अंधारातच) आणि गर्भाच्या वाढीदरम्यान ज्याप्रमाणे अवयव तयार झाला होता त्याची उजळणी सुरू होते आणि अवयवाची पुनर्बांधणी होऊ लागते. आवरणाखाली जमा झालेल्या या स्थित्यंतरीत पेशीसमूहाला ब्लैस्टेमा म्हणतात. ब्लैस्टेमा तयार होणे ही अवयवाच्या पुनर्वाढीची नांदी असते. अजूनही हा प्रश्न उरतो, की या पेशींना अवयवाचा कोणता भाग बनवायचा आहे (बोटे, पंजा, इ.) हे कसे कळते, कारण यासाठी जखमेची अवयवावरील नक्की स्थिती माहिती असणे गरजेचे असते. हा पत्ता शोधण्यासाठी नकाशा पुरवला जातो फायब्रोब्लास्ट पेशीतील हॉक्स नावाच्या जीन्सकडून. पुनर्वाढीदरम्यान हे जीन्स कार्यरत करण्यात येतात.

अशा रितीने पुनर्वाढ सुरू झाल्यानंतर ब्लैस्टेमामधील पेशी एकमेकाशी संभाषण साधून पहिल्यांदा अवयवाचा बाह्याकार कुंपणाच्या स्वरूपात बांधून घेतात आणि मग आतील स्नायू, हाडे, सांधे, इ. उती बनविण्यासाठीचा मसाला भरण्यात येतो. ही प्रक्रिया पूर्ण होण्यासाठी सरासरी दोन महिन्याचा कालावधी लागतो.

सस्तन प्राण्यांमधील पुनर्वाढ

मानवासारख्या सस्तन प्राण्यांमध्ये काही प्रमाणात पुनर्वाढ दिसून येते, उदा. बोटांच्या अग्राचा कापलेला भाग पुन्हा उगवून येऊ शकतो, पण बोटाचा मोठा भाग कापला गेल्यास मात्र पुनर्वाढ होत नाही. पण या घटनांचा प्रायोगिक अभ्यास करायचा म्हटले, तर शिवाजीमहाराजांनी शाहिस्तेखानाची बोटे छाटली तसे शास्त्रज्ञांना बोटे छाटत सुटावे लागेल! यातून मार्ग म्हणजे उंदरांवर प्रयोग. उंदीर हा आपल्यासारखाच सस्तन प्राणी असल्यामुळे त्याच्यासंदर्भात हाती आलेले निष्कर्श मानवालासुद्धा लागू पडतात. यातून समोर आलेली माहिती आपण जाणून घेऊ.

उंदीर आणि सैलमैण्डर या दोन्ही प्राण्यांमधील इजा झालेल्या ठिकाणी घडणाऱ्या घटनांमध्ये सकृतदर्शनीतरी काहीच फरक दिसत नाही. पण एकाच वातावरणात वाढून अतिशय वेगवेगळ्या वाटेने जाणाऱ्या व्यक्तींसारख्या यापैकी एकाचे पर्यवसान पुनर्वाढेत होते, तर दुसऱ्याचे व्रण उती तयार होण्यात. कोणत्या टप्प्यावर या क्रिया वेगवेगळ्या मार्गाने जातात?

आपल्या शरीरावर जखम झाल्यावर त्या ठिकाणी प्रथम रक्ताची गुठळी तयार होते. मानवी त्वचा दोन स्तरांपासून बनलेली असते, एपिडर्मिस आणि डर्मिस

(सैलमैण्डरमध्ये फक्त एपिडर्मिस हा त्वचेचा एकच स्थर असतो). यापैकी एपिडर्मिस पेशी मोठ्या संख्येने जखमेच्या ठिकाणी जमा होऊन पेशींचे आवरण बनवितात आणि काही काळाने यांच्या मदतीला डर्मिस स्थरातील फायब्रोब्लास्ट पेशीसुद्धा जमा होतात. इथपर्यंतच्या घटना सारख्याच आहेत. पण यानंतर सुरू होणारी फायब्रोसिसची प्रक्रिया घोळ करते. फायब्रोब्लास्ट पेशींना गर्भ बीजपेशींमध्ये रूपांतर व्हायचा संदेशच मिळत नाही आणि यामुळे आपल्या जखमेवर ब्लैस्टेमा हा पेशींचा स्तर तयारच होत नाही. फायब्रॉसिस मधून भरपूर प्रमाणावर कॉलेजेन नावाचे तंतू तयार होतात आणी हे अतिशय जटिल असे जाळे तयार करून व्रण उती(scar tissue) तयार करतात. व्रण उती तयार झाल्यानंतर जखम भरून येते आणि फसलेल्या पुनर्वाढीची आठवण करून देणारा व्रण मागे राहतो. याचा अर्थ आपल्याला फायब्रॉसिसची क्रिया योग्य टप्प्यात बंद करण्यासाठी लागणारे संदेश समजले आणि ते जर आपण आपली जखम भरून येताना योग्य काळी पुरविले, तर व्रण उती न बनती ब्लैस्टेमा तयार होईल आणि आपल्या अवयवाची वाढ होऊ लागेल! पण अशा लोकांचे काय ज्यांच्यात व्रण उती तयार झालेली आहे? अशा लोकांमध्ये शस्त्रक्रियेने व्रण उती काढून नवीन जखम केली, तर जखम भरण्याची क्रिया पुन्हा सुरू होईल आणि यावेळी फायब्रॉसिस क्रिया योग्य वेळी बंद करून अवयवाची पुनर्वाढ होऊ देता येईल.

पण याआधी पुनर्वाढ प्रक्रियेचा अभ्यास अजून खोलात जाऊन करणे गरजेचे आहे. तज्ञांच्या मते अशा पद्धतीने अवयवांची पुनर्वाढ करण्याच्या उपचारपद्धती तयार होण्यास अजून २-३ दशकांचा कालावधी जावा लागेल. पण मानवी अवयवांची पुनर्वाढ होणे शक्य आहे, ही बाबसुद्धा खचितच आशादायक आहे.

चित्रस्रोत आणि आभार

या पुस्तकातील चित्रे तयार करणाऱ्या कलाकारांचे, छायाचित्रकारांचे आणि ती जतन करणाऱ्या संस्थांचे ऋण येथे नोंदवले आहे. प्रत्येक चित्राखाली नव्याने जोडलेले मराठी विवरण दिले आहे. मूळ प्रतिमा आणि त्यांची उपलब्ध गुणवत्ता जतन केली आहे.

चित्रस्रोतांची तपासणी सप्टेंबर २०२६ मध्ये करण्यात आली. खालील नोंदींमध्ये निश्चित ओळख, प्रतिमेवर छापलेले श्रेयनाम आणि अद्याप न सापडलेला स्रोत यांतील फरक स्पष्ट केला आहे.

१ Georgia Pinaud, Lille, France. २००६. Wikimedia Commons वरील मूळ छायाचित्राशी प्रतिमा जुळते. तेथील नोंदीनुसार सार्वजनिक मालकी (PD-self). या पुस्तकातील प्रतिमा मूळ संग्रहातील कापलेल्या स्वरूपात आहे.

मूळ स्रोत / संग्रहातील नोंद ↗

२ NASA/JPL-Caltech. Extragalactic Space Balls (Artist Concept), PIA13551, २७ ऑक्टोबर २०१०. NASA च्या प्रतिमासंग्रहातील चित्राशी दृश्य जुळवणी केली आहे. हे निरीक्षणांवर आधारित कल्पनाचित्र आहे.

मूळ स्रोत / संग्रहातील नोंद ↗

३ मूळ आकृतीवर Science Aid आणि scienceaid.net हे © श्रेयनाम छापलेले आहे. त्याची स्वतंत्र ऑनलाइन प्रत, वैयक्तिक चित्रनिर्मात्याचे नाव आणि पुनर्वापराची परवानगी निश्चित करता आलेली नाही. हे श्रेय प्रतिमेवरील नोंदीपुरते आहे.

चित्रस्रोत आणि आभार

४ निळ्या प्रकाशातील इलेक्ट्रॉनिक परिपथाचे छायाचित्र. छायाचित्रकार, प्रथम प्रकाशन आणि पुनर्वापराची परवानगी निश्चित करता आली नाही. मूळ संग्रहातील प्रतिमा जतन केली आहे.

५ Bilby. Turing Test version 3, २५ मार्च २००८. Wikimedia Commons वरील याच आवृत्तीतील आकृतीशी प्रतिमा जुळते. चित्रनिर्मात्याने ती सार्वजनिक मालकीत (PD-self) दिली आहे.

मूळ स्रोत / संग्रहातील नोंद ↗

६ मेंदूच्या दोन प्रतिमा आणि रंगीत संकेत. मूळ संशोधन, प्रतिमानिर्माता आणि पुनर्वापराची परवानगी निश्चित करता आली नाही. शेजारच्या लेखातील संशोधकाचे नाव या प्रतिमेचे श्रेय म्हणून गृहीत धरलेले नाही.

७ Wikimedia Commons: WaterScrewPerpetualMotion.png. तेथील नोंदीनुसार चित्रकार George A. Bockler (Georg Andreas Böckler). ऐतिहासिक चित्राशी दृश्य जुळवणी केली आहे; Commons वरील स्थिती सार्वजनिक मालकी अशी आहे.

मूळ स्रोत / संग्रहातील नोंद ↗

चित्रस्रोत आणि आभार

८ NASA/IPAC, Cool Cosmos: Infrared Zoo. कुत्र्याची अवरक्त प्रतिमा Wikimedia Commons वरील Infrared dog.jpg शी जुळते. सरड्याची प्रतिमा संग्रहित Cool Cosmos पानावरील lizard_cool.jpg शी जुळते. येथे मूळ पुस्तकातील चार प्रतिमांची मांडणी ठेवली आहे; त्या संकलनकर्त्याचे नाव निश्चित नाही.

मूळ स्रोत / संग्रहातील नोंद ↗

९ वर्तुळाकार प्रदेशाभोवती वळणाऱ्या लहरींचे चित्र. उपलब्ध तत्सम अनुकरणे या प्रतिमेशी अचूक जुळली नाहीत. म्हणून विशिष्ट संशोधक किंवा संस्थेला श्रेय दिलेले नाही. मूळ स्रोत आणि पुनर्वापराची परवानगी अनिश्चित आहेत.

१० काळ्या पार्श्वभूमीवरील सॅलमॅण्डरची दोन छायाचित्रे. छायाचित्रकार, संबंधित प्रयोग आणि पुनर्वापराची परवानगी निश्चित करता आली नाही. त्यामुळे प्रयोगातील टप्पे किंवा कालावधी यांविषयी अतिरिक्त दावा केलेला नाही.

अक्षररचना आणि मुखपृष्ठ

Tiro Devanagari Marathi: Tiro Typeworks. Mukta: Ek Type. दोन्ही अक्षरकुटुंबे SIL Open Font License अंतर्गत उपलब्ध आहेत. या आवृत्तीच्या मुखपृष्ठावरील भूमितीय रेखाचित्र नव्याने तयार केले आहे; ते एखाद्या अणूचे वैज्ञानिक प्रतिरूप नाही.