

मराठी विज्ञान परिषद

डिसेंबर 1999

पत्रिका

एकविसाव्या

शतकात

जयंत नारळीकर

एकविसाव्या शतकात

- डॉ. जयंत नारळीकर

विसाव्या शतकातून एकविसाव्या शतकात जाताना काही फार मोठे स्थित्यंतर घडेल अशातली गोष्ट नाही. आपण दशांश पद्धती मोजमापनात वापरतो म्हणून 0, 1, 10, 100, 1000 इत्यादी आकड्यांना महत्त्व लाभते. त्यामुळेच 2000 साली Y2K चे संकट उभे ठाकणार असा संगणकीय क्षेत्रात गवगवा झाला आणि त्यावर उपाययोजनाही झाली. पण हे संकट मोजमापन पद्धतीमुळे उत्पन्न झालेले, म्हणजे 'कृत्रिम संकट' म्हटले पाहिजे. गणित आपल्याला इतकेच सांगते की वीस शकते पूर्ण झाली, म्हणजे $20 \times 100 = 2000$ वर्षे उलटली, की 1 जानेवारी 2001 रोजी एकविसावे शतक सुरु होते. आपण जर अष्टांश पद्धत वापरली असती तर 2001 हा आकडा 3721 असा लिहिला असता आणि त्यात कसलीही खासियत आपल्याला दिसली नसती!

पण सध्या आकडेमोडीत 2001 ला विशेष महत्त्व नसले तरी प्रतिक्रामक दृष्टीने आहे. संस्कृतमध्ये सुभाषिक आहे :-

प्रत्यहं प्रत्यवेक्षेत नरश्चरितमात्मनः ।

किं नु मे पशुभिस्तुल्यं किं नु सत्युरुषैरिति ॥

रोज माणसाने आपले आचरण तपासून पहावे, ते पशूप्रमाणे होते का सत्युरुषाप्रमाणे. जसे प्रत्येक व्यक्तीने आत्मपरीक्षण करत रहावे तसे समाजाने सुद्धा. अर्थात् सुभाषितात सांगितल्याप्रमाणे समाजाने रोज, प्रत्येक दिवशी आत्मपरीक्षण करावे असे नाही. त्यासाठी मोठा कालखंड निवडणे अधिक योग्य. दहा वर्षे, पंचवीस वर्षे, पन्नास वर्षे... असे हे कालखंड असू शकतात. त्यांत शतकाला विशेष महत्त्व आहे. 'जीवेम शरदः शतम्' ह्या आशीर्वादात एखाद्या व्यक्तीला शतायुषी होण्याची शुभेच्छा व्यक्त केली जाते. तसे समाजाने शंभर वर्षांच्या कालखंडाचा टप्पा निवडल्यास वावगे ठरू नये. अशावेळी, विसावे शतक संपत असताना आणि एकविसावे शतक सुरु होताना भूतकालाबरोबर भविष्यकाळाकडे दृष्टिक्षेप टाकणे योग्य होईल.

भविष्यवेध

ह्या दृष्टिकोनातून मी आज एकविसाव्या शतकाकडे पाहणार आहे. अलिकडे अशा तऱ्हेचे भविष्यवेध पुष्कळदा घेतले जात आहेत. वेध घेणारे शास्त्रज्ञ किंवा तंत्रशास्त्रज्ञ असतातच पण त्या शिवाय समाजशास्त्रज्ञ, लेखक, तत्त्ववेत्ते, समाजधुरीण, अनेकांनी हे प्रयत्न केले आहेत. अर्थात् प्रत्येकाचा पाहण्याचा दृष्टिकोन वेगळा असतो, जी पार्श्वभूमी गृहीत धरून पुढचे आडाखे बांधले जातात, ती वेगळी असते,

आडाखे बांधायची पद्धत वेगळी असते, त्यामुळे भविष्याचे जे चित्र चितारले जाते त्यांत ही सर्वत्र समानता नसते आणि अर्थातच 2020 साली की 2050 साली जगातली परिस्थिती अमुक अमुक असेल अशा तऱ्हेची विधाने खरी ठरतील असे ही नाही.

आपण एकोणिसाव्या शतकाच्या शेवटच्या चार पाच वर्षात एखाद्या विद्वानाला विसाव्या शतकाबद्दल असेच भविष्य चित्र रंगवायला सांगितले असते तर त्याने अणुस्फोट, अंतराळ संशोधन, दळणवळणातील प्रगती, संगणकीय क्रांती, विमाने आदींचा कितपत अंदाज लावला असता? आणि विज्ञान - तंत्रज्ञानाने आपल्या प्रगतीचा वेग पुष्कळच वाढवला असल्याने शंभर वर्षांपूर्वी समाजिक चित्र ज्या वेगाने बदलत होते त्यापेक्षा आताचे चित्र अधिकच वेगाने बदलत आहे.

अशा स्थितीत भविष्याबद्दलचे आडाखे बांधणे म्हणजे मोठे धारिष्ट्य ठरते. तरीपण आजच्या स्थितीतून आपण पुढे कुठे जात आहोत याचा थोडा तरी अंदाज बांधता आला तर पुढचे व्यूहतंत्र आखणे सोपे जाते. म्हणून अशा तऱ्हेच्या भविष्यवाणीला अर्थ आहे, तिचा उपयोग आहे.

विज्ञान कथा लेखक रे ब्रँड्वरी यांचा जन्म 1920 मधला. ते म्हणतात की त्यांच्या जन्मापासूनच्या काळात, म्हणजे त्यांच्या त्या वेळच्या सुमारे 45 वर्षांच्या आयुष्यात, विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाने इतकी स्थित्यंतरे घडवून आणली की त्यांत आणि विज्ञानकथांचे दाखवलेल्या कल्पनारम्यतेत त्यांना काही फरक दिसत नाही. म्हणजे आजपासून पुढल्या तीन चार दशकांत घडणाऱ्या स्थित्यंतराची माहिती आता मिळाली आणि ती एखाद्या कथेत आज घातली तर ती एक उत्कृष्ट विज्ञानकथा ठरेल! थोडक्यात उद्याचे वास्तव म्हणजे आजची विज्ञान कथा.

विज्ञानाची काही क्षितिजे

वैज्ञानिक संशोधन मानवी जिज्ञासेपायी पुढे सरकते. त्यातील मूलभूत संशोधनाचा भाग केवळ नैसर्गिक नियम शोधून काढण्यासाठी असतो, तर उपयोजित विज्ञान जीवनोपयोगी तंत्रज्ञान निर्माण करते. अलिकडे असा एक मतप्रवाह ऐकू येतो की भौतिक विज्ञान आता अशा स्थितीला पोचले आहे की त्यात नवीन उच्च-कल्पनांना जागा नाही. माझ्या मते हा एक फसवा मतप्रवाह आहे. एका ऐतिहासिक उदाहरणातून हे स्पष्ट होईल.

गेल्या शतकाच्या शेवटच्या भागात असा मतप्रवाह होता. गुरुत्वाकर्षण कसे काम करते हे न्यूटनच्या नियमाने विशद केले होते, विद्युच्चुंबकीय शास्त्राचे सखोल विवेचन मॅक्सवेलच्या समीकरणांतून होत

होते व उष्णता आणि उष्मागतिकी (थर्मोडायनॅमिक्स) चा विषय खूप प्रगत अवस्थेत होता. अशा स्थितीत भौतिक शास्त्रातल्या बहुतेक मूलगामी रहस्यांची उकल झाली असे अनेक अनुभवी शास्त्रज्ञांना वाटत होते. असे असूनही विसावे शतक उजाडता उजाडता - ह्या दोघांनी भौतिक शास्त्राचे रूपच पार बदलून टाकले.

जे. बी. एस. हाल्डेन यांनी एक इशारा दिला आहे. The Universe is not only queerer than we suppose, it is queerer than we can suppose. विश्व आपण तर्क करतो त्यापेक्षा तर विचित्र आहेच, ते आपण जेवढा तर्क करून शकतो त्याहीपेक्षा विचित्र आहे.

पुष्कळदा मानवी प्रयत्न एका टप्प्यापर्यंत यशस्वी होतात आणि मग आढाने संपली की त्यांचा जोर कमी होतो आणि अशी भांती निर्माण होते की आता सर्व प्रश्न सुटले. वास्तविक अधिक उच्चदर्जाचे अधिक खोल प्रश्न अजून दिसलेले नसतात. इतकेच! एखादा मोठा डोंगर चढताना एक शिखर गाठल्यावरच मागचे त्याहून उंच शिखर दिसते.

हबल अंतराळ दुर्बिणीने पृथ्वीवरून न दिसणाऱ्या सुदूर विश्वाची चुणूक दाखवली आहे. त्यातून काही पूर्व कल्पनांना धक्का पोचतो. पुढील काही वर्षात अंतराळात आणि भूतलावर विविध दुर्बिणीची खेरात होणार आहे. शंभर वर्षांपूर्वी खगोल वैज्ञानिकांत वाद होतो की सूर्यमाला आकाशगंगेकेंद्रस्थानी आहे की नाही. तसेच, आपल्या आकाशगंगेबाहेर विश्वाचे अस्तित्त्व दिसते का हाही वादाचा विषय होता. आजच्या दुर्बिणी त्या काळातल्या दुर्बिणीच्या हजारपट दूर पाहू शकतात. तसेच केवळ दृश्यप्रकाशच नव्हे तर इतर लांबीच्या लहरीपण आज विश्वाचे वेध घेत आहेत. पण केवळ आपली पाहण्याची शक्ती वाढली म्हणून सर्व काही समजले आहे अशातला भाग नाही. उलट त्यांतून नवे प्रश्न निर्माण होत आहेत. मला वाटते पुढील शतकातील निरीक्षणातून विश्वाच्या रचनेचे अधिक स्पष्ट दर्शन होईल आणि सध्याच्या माहितीवरून तयार केलेली विश्वाची 'मॉडेल्स' टाकाऊ ठरतील.

अतिविशालापासून दुसऱ्या टोकाकडे - अतिसूक्ष्माकडे गेले तर सध्या एक अडथळा समोर येतो. सूक्ष्मातिसूक्ष्माचा अभ्यास करायचा सर्वमान्य प्रायोगिक मार्ग म्हणजे अतिऊर्जित कणांना एकमेकांवर आपटवून पहायचे. अशा टकरीतून त्यांच्या रचनेचे रहस्य बाहेर पडेल. पण अडचण अशी की प्रस्थापित सिद्धांताला तपासून पहायला जितकी ऊर्जा अशा सूक्ष्म कणांना पुरवावी लागेल त्याच्यासहस्राब्जांशाने देखील ऊर्जा सध्याचे तंत्रज्ञान पुरवू शकत नाही. मग सूक्ष्मकणांबाबतून सिद्धांताने केलेली भाकीते तपासून पहायची कशी? "Proof of the pudding lies in the eating" ह्या तत्त्वाप्रमाणे प्रायोगिक तपासणी शिवाय वैज्ञानिक सिद्धांताला प्रतिष्ठा लाभत नाही. ही सध्याची दरी बुजवणे हे पुढील शतकातील एक मोठे प्रायोगिक आव्हान ठरेल.

भौतिक शास्त्रात अतिविशाल आणि अतिसूक्ष्म दोन्ही टोकांना भरपूर खाद्य पुरवणारी आजची आव्हाने तर पुढील शतकात सुटली, जर त्यांवर तोडगे मिळाले, तर याचा अर्थ भौतिक शास्त्र संपले असा होत नाही. कारण त्या स्थितीत अधिक प्रगल्भता लाभल्यामुळे मानवाला त्या पुढचे प्रश्न दिसू लागतील..... जे प्रश्न म्हणून देखील, समजायची पात्रता आज त्याच्यात नाही.

जीवशास्त्राचा विकास

सामान्यपणे असे म्हटले जाते की पुढचे शतक हे जीवशास्त्रावरील मूलभूत संशोधनासाठी तसेच उपयोजित संशोधनाकरितासुद्धा प्रसिद्ध ठरेल. विसाव्या शतकाच्या मध्यावर डी.एन.ए. च्या रचनेचा शोध लागला आणि जीवशास्त्राला एक वेगळाच संवेग लाभला. आज ते संशोधन पुष्कळच पुढे गेले आहे आणि त्याचा एक दाखला म्हणजे Human Genome Project.

ह्या प्रकल्पाचा मुख्य उद्देश आहे मानवी शरीरातील 23 गुणसूत्रात (Chromosomes) लपलेल्या सुमारे एक लाख जीनचा नकाशा तयार करणे. शरीराच्या वेगवेगळ्या अवयवांत विभिन्न जीन आहेत. उदाहरणार्थ मेंदूत सुमारे 3,195 तर हृदयात 1,195 आणि छोट्या आंतड्यात 297 ह्या मागाने जीन मधले डी.एन.ए. चे अनुक्रम मापणे चालू झाले आहे आणि त्यांत वेगाने प्रगती होत आहे. 1994 साली 4,700 जीन शोधले गेले तर 1996 मध्ये हा आकडा 16,354 पर्यंत पोचला. एकंदर प्रकल्प त्याच्या नियोजित वर्षाच्या 2005 सालच्या दोन तीन वर्षे आधीच पूर्ण होण्याची लक्षणे दिसत आहेत.

जीनच्या नकाशातून अनेक गोष्टींचा उलगडा अपेक्षित आहे. आनुवंशिक आजारांची जीन-पाश्चर्या (Genetic Profile) उपलब्ध झाल्यावर त्या आजारांवर पुष्कळ माहिती मिळेल. प्रत्येक व्यक्तीच्या 'जीन कार्ड' वर त्याच्या संभाव्य आनुवंशिक आजारांची माहिती उपलब्ध होऊ शकेल. फार काय पुढे मागे (संभाव्य काल 2020 - 2030 दरम्यान) प्रत्येक व्यक्तीला औषधाच्या दुकानातून त्याचे स्वतःचे डी.एन.ए. चे अनुक्रम एका CD (किंवा तत्सम रेकॉर्ड) वर मिळू शकतील. ही रेकॉर्ड म्हणजे त्या व्यक्तीची रचना - पुस्तिका (Construction Manual) समजावी! रोगांचे निदान करण्यास, ते होण्याची शक्यता टाळण्यात आणि इलाजांसाठी नवनवे तंत्रज्ञान उभारण्यास ह्या माहितीचा पुष्कळच उपयोग होईल. कॅन्सर सारखे दुर्धर रोग आटोक्यात आणण्यात ह्या प्रगतीचा निश्चितच फायदा होईल आणि हे सर्व साधारणपणे 2020 सालापासून शक्य होईल.

तंत्रज्ञानाचे ठळक टप्पे

आल्विन टॉफ्लरच्या The Future Shock पुस्तकाने वैज्ञानिक आणि तंत्रशास्त्रीय प्रगती किती झपाट्याने होत आहे याची एका आगळ्या वेगळ्या रुपात जाणीव करून दिली. गेल्या 50000 वर्षांचा मानवी इतिहास टॉफ्लरने 800 मानवी आयुष्यात विभागला - म्हणजे सरासरी मानवी आयुष्य 62.5 वर्षांचे गृहीत धरले आणि ह्या कालमानाचा उपयोग करून त्याने तंत्रज्ञानाच्या वाढत्या वेगाचे असे वर्णन केले.

800 पैकी पहिली 650 आयुष्ये मानवाने प्राथमिक अवस्थेत गुहेत घालवली. लेखनकलेचा वापर त्याने गेल्या 70 आयुष्यात केला आणि त्यात मुद्रण तंत्रज्ञानाचा वापर शेवटच्या 6 आयुष्यातच होता. सूक्ष्मकालमापन (तास - मिनिट - सेकंद) करणारी घड्याळ गेल्या 4 आयुष्यात तर इलेक्ट्रिक मोटरचा व्यावहारिक वापर केवळ 2 आयुष्यांला ... असा हा इतिहास पाहिला की टॉफ्लरचे एक विधानही पटते की आजकाल दैनंदिन जीवनात वापरल्या जाणाऱ्या बहुतेक गोष्टी मानवाने शेवटच्या 800 व्या आयुष्यातच पैदा केल्या.

अशा भूतकालातून भविष्याकडे पाहताना साहजिकच विचार मनात येतो की काय हा वेग पुढे असाच वाढत जाणार? अलिकडच्या सर्वेक्षणांतून ह्या प्रश्नाचे होकारांनी उत्तर मिळते. कारण नवनवे तंत्रज्ञान अनेक मार्गांनी आपल्या जीवनात घूसू पाहत आहे. काही उदाहरणे पहा.

- 1) सर्वांत लक्षणीय वाढ झाली संगणक क्षेत्रात. मूर्च्या नियमाने ह्या वाढीचे यथार्थ वर्णन केले आहे. "संगणकाची गणनक्षमता अठरा महिन्यात दुप्पट होते". 1950 पासून आजपर्यंत ही क्षमता दहा अब्ज पटीने वाढली आहे. याचे कारण ठोस पदार्थाच्या भौतिक शास्त्रातली लक्षणीय वाढ. लहानात लहान पृष्ठभागावर संगणकीय आदेश इकडून तिकडे नेऊ शकणारे मार्ग चितारणे ही कला विलक्षण झपाट्याने प्रगती करत आहे. त्याचबरोबर अशा मायक्रोप्रॉसेसरच्या किंमती झपाट्याने कमी होत आहेत. 2005 सालापर्यंत ही किंमत 4-7 सेंट पर्यंत तर 2010 पर्यंत ती 1-2 सेंटपर्यंत कमी होईल असे भाकीत केले जाते. छोटे-वेगवान-स्वस्त अशा मार्गाने हा प्रवास चालू असल्याने असे भविष्य वर्तवले जाते की पुढील 20-25 वर्षांत एका डेस्कवर मावणाऱ्या संगणकाची शक्ती आजच्या सिलिकन व्हॅलीतल्या सर्व संगणकांइतकी असेल!
- 2) एकेकाळी 'वायरलेस' चा अर्थ रेडिओ असा केला जाई कारण रेडिओ सेट मध्ये कार्यक्रम पोहचवण्याचे काम रेडिओ कुठल्याही तारेचे माध्यम न वापरता करतात. आज वायरलेस टॅक्नॉलजी सेल्युलर फोनच्या रूपात पसरायला लागली आहे. 'डिजिटल चिप्स'चा उपयोग करणारी ही यंत्रणा, जसजशी चिप लहान होत चालली तसतशी अधिक कार्यक्षम आणि कमी बोजड होत चालली आहे. सेल्युलर फोन रिस्ट-वॉच सारखे मनगटावर बांधण्याचा काळ फार लांब नाही. भविष्यातील घरात आणि ऑफिसमध्ये टॅब-पॅड-बोर्ड पद्धतीचा वापर दिसेल. टॅब म्हणजे व्यक्तीने आपल्या खिशावर लावायचा बॅच! पण त्यामार्गे त्याचा इतरांशी संपर्क राहतो. कारण टॅब म्हणजे फोनचाच प्रकार. पॅड हा लिहायच्या कागदासारखा पण त्यांत संगणकीय क्षमता समाविष्ट असते. तर बोर्ड हा भितीवर लावायचा पण त्याचा उपयोग लिहिण्याशिवाय टी. व्ही. स्क्रीन सारखापण. त्याचा वापर निरीक्षण, टेलीकॉन्फरेंसिंग आदींसाठी होईल.
- 3) इलेक्ट्रॉनिक्स युगातून आपण फोटॉनिक्सच्या युगात प्रवेश करायला सुरुवात केली आहे. जसजसा माहितीच्या आदानप्रदानाचा वेग वाढत जाईल तसतसे इलेक्ट्रॉनिच्या माध्यमातून ती पाठविणे अवघड होत जाईल. साधारणपणे सेकंदाला 50 गिगाबिट्सहून जास्त वेगासाठी इलेक्ट्रॉन ऐवजी फोटॉनचा वापर सुकर ठरणार आहे. फायबर ऑप्टिक्समध्ये तसे शक्य होते. बारक्या फायबर मधून हे प्रकाशकण सुलभतेने प्रवास करतात. त्यामुळे पूर्ण - प्रकाशवलंबी नेटवर्क हळूहळू अस्तित्वात येणार. ऑप्टिकल ऑम्प्लिफायर तयार करण्यात अनेक संशोधक गुंतले आहेत. साध्या ऑम्प्लिफायरमध्ये प्रकाशाचा इलेक्ट्रॉन माध्यमावर प्रभाव टाकून मूळ सिग्नलची शक्ती वाढवली जाते; त्या ऐवजी इथे संपूर्ण प्रकाशाच्या माध्यमांचा

वापर होतो. 50 गिगाबिट्स प्रति सेकंदाहून जास्त वेगाने येणाऱ्या माहितीची शक्ती वाढवून देण्यासाठी ऑप्टिकल ऑम्प्लिफायर जास्त सक्षम ठरणार. इंटरनेट सारख्या यंत्रणेला भविष्यकाळात प्रकाशाच्या एका वेव्हलेंथवर लेसरची स्पंदने सेकंदाला सहस्र अब्ज इतकी - नेण्याच्या किमयेचा फायदा होणार. एकूण 'माहिती' चा ट्रॅफिक वाढत जाणार, त्यासाठी उपयुक्त असे महामार्ग खोलण्याकडे आजच्या भविष्यवेधी तंत्रज्ञानाची वाटचाल आहे. मी 1957 साली केंब्रिज विद्यापीठात विद्यार्थी असताना तेथील एड्सॅक (EDSAC) संगणक वापरला होता. खोलीभर पसरलेल्या त्या धुडापेक्षा आज हाताच्या तळव्यात मावेल इतकी लहान चिप - यंत्रणा वापरणारा संगणक जास्त प्रभावी आहे. पण आकारमानप्रमाणेच वापरण्या पद्धतीवर देखील भर दिला गेल्याने आजचे संगणक पूर्वापेक्षा पुष्कळच 'वापरण्या-याचे मित्र' ठरत आहेत. एड्सॅकवर मशीनची भाषा वापरून कागदी टेपवर प्रोग्रॅम पंच करताना चुका निस्तरता नाकी नऊ यायचे. त्या तुलनेत आजता संगणक हा वापरणा-याशी उत्तम संवाद साधू शकतो. पण ह्याही पुढे जाऊन की बोर्ड न वापरता संगणकाला सूचना देणे शक्य होईल. तसेच संगणकही त्याची मते, 'भावना', इत्यादी चेहऱ्यावरून दाखवू शकेल! म्हणजे संगणकाचे प्रतिसाद 'विंडो' मधून त्रयस्थासारखे न येता जास्त आपुलकीने येतील! भावना दाखवणाऱ्या मूर्ती (Icons) पडद्यावर उमटतील आणि पूर्वानुभवाने 'शाहणे' होण्याची प्रक्रियापण संगणकात चालू राहील. अधिक कार्यक्षमतेकडे नेणारा हा एक प्रकारचा उत्क्रांतीवादच नव्हे का?

- 5) 1975-76 च्या सुमारास भारतात SITE प्रकल्प Satellite Instruction Television Experiment राबवण्यात आला. देशात अशा काही खेड्यात, जिथे येण्याजाण्यास रस्ते देखील नव्हते, उपग्रहातून टेलिव्हिजन कार्यक्रमांतून लोकशिक्षणाचा प्रयोग ह्या प्रकल्पाद्वारे करण्यात आला. प्रयोग यशस्वी झाला आणि त्यांतून दुर्गम भागांशी संपर्क साधण्यात उपग्रहांचे तंत्रज्ञान कसे उपयोगी पडते याचे प्रात्याक्षिक पहायला मिळाले. आज ते तंत्रज्ञान पुष्कळ पुढे गेले आहे. सेल्युलर फोनच्या तंत्रज्ञानाचा फायदा दुर्गम स्थानांना जोडण्यात खचितच होईल पण त्यांना पूरक अशी भूमिका उपग्रह वठवतील. पुढच्या शतकात लांब लांब अंतरावर ब्रॉड बॅण्डवर संवाद साधण्यात उपग्रहांची मदत होईल. शिवाय आत्तापर्यंतचा अनुक्रम पाहता वाढत्या कालाप्रमाणे दळणवळण जास्त जास्त उच्च फ्रीक्वेंसीवर होऊ लागेल. 1950-60 च्या दशकात 3-30 MHz वरून आता लवकरच 30 GHz पर्यंत मजल जाणार आहे. उच्च फ्रीक्वेंसीवर जास्त माहिती पाठवता येते पण पाठवण्याचे तंत्रज्ञान न्यून फ्रीक्वेंसीपेक्षा जटिल असते. म्हणून ही कालक्रमाने होणारी सुधारणा. उदाहरणार्थ डिश अँटेनाच्या जागी आता फेज्ड अँटेना घेऊ लागले आहेत. भारतासारख्या विकासनशील देशाला फायबर ऑप्टिक्स नेटवर्क ऐवजी हा मार्ग जास्त परवडण्यासारखा आहे.

6) विसाव्या शतकात मोटर कार, वेगवान आगगाड्या आणि विमाने यांनी परिवहनाच्या क्षेत्रात क्रांती घडवून आणली. कंप्यूटर नियंत्रणाचा प्रभाव तीनही क्षेत्रांत आहेच. पण वेळेच्या बचतीचे उद्देश ही गाठले जात आहे. भारतात अजूनही ताशी 55 कि.मी. (म्हणजे 35 मैल) वेगापलिकडे सरासरी वेग ठेवणाऱ्या ट्रेन्सवर 'सुपर फास्ट' विशेषण लावून अधिभार आकारण्यात येतो ही गोष्ट वेगळी! पण जपान आणि फ्रांस मधल्या वेगवान आगगाड्या ताशी 270 ते 300 कि.मी. वेग गाठू शकतात आणि 'मॅगलेव्ह' गाड्या (चुंबकीय क्षेत्र वापरून तरंगत जाणाऱ्या गाड्या) लवकरच - पुढल्या 5-10 वर्षांत ताशी 400-500 कि.मी. वेग गाठू शकतील. अमेरिकेत मोटर कार आणि विमान यांच्या स्पर्धेमुळे आगगाड्यांचा व्हावा तितका विकास झाला नाही. हवेतील धक्के बसू नयेत म्हणून अशा अतिजलद गाड्यांसाठी खास बोगदे बांधावे लागतील. अशा बोगद्यांत वेगमर्यादा ताशी 2000 कि.मी. पर्यंत वाढवता येईल. अशा स्थितीत मोठी व्याप्ती असलेल्या विस्तीर्ण देशांत (त्यांत अमेरिका येतेच) आगगाड्यांना पुन्हा भाव चढेल. फाय काय महासागरांखालून देखील अशा गाड्या धावू शकतील.

मोटरगाड्या अधिकाधिक 'यूजर फ्रेंडली', फार काय चालकाशी जुळवून घेणाऱ्या होतील. चालकाची मनस्थिती, थकवा जाणून प्रवृत्ती त्यांच्यात आणली जाईल. अधिक दूरच्या भविष्यात स्वयंचलित गाड्या इच्छित स्थळी, ट्रॅफिक, रस्ता, हवामान इत्यादींची पूर्ण दखल घेऊन पोहचू शकतील! आणि प्रदूषण कमी करण्यासाठी इंजिनात सुधारण सतत चालू राहिलच.

सुपरसॉनिक विमान तंत्रज्ञानाला शक्य असली तरी फारशी लोकप्रिय झाली नाहीत, कारण त्यापासून सॉनिक बूमसारखा आसमंताला होणारा उपसर्ग! खूप उंचीवरून ध्वनीच्या तिप्पट चौपट वेगाने जाणारी विमाने तंत्रज्ञानाला साधली तरी ह्या समस्येवर उपाय निघणे जरूरी आहे. पण सबसॉनिक जेट्स 800 प्रवाशांना घेऊन जाणारी, निकट भविष्यात वापरात येऊ शकतील.

7) अंतराळ संशोधनासाठी लागणाऱ्या यानांतही आमूलाग्र क्रांती होईल. यानासाठी लागणारे इंजिन कसे असेल? पाच वेगवेगळ्या पद्धतीवर संशोधन चालू आहे. न्यूक्लियर - इलेक्ट्रिक प्रोपल्शन, लेजर प्रोपल्शन, सोलर - इलेक्ट्रिक प्रोपल्शन, सौर शिडे आणि इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक धक्क्यांद्वारे त्वरण. प्रत्येक प्रकारचे फायदे - तोटे आहेत आणि वापर कशासाठी त्यावरून कुठली पद्धत योग्य ते ठरेल. अंतराळवीरांचे अंगावरचे स्पेस - सूट 100-200 पौंड वजनावरून हलके होत होत 30-40 पौंडापर्यंत आलेत. त्यांतही सतत सुधारणा चालू आहे. अर्थात माणसांनी सूर्यमालेतल्या इतर जागांवर जाण्यापेक्षा यंत्रे - रोबो पाठविणे अजूनही जास्त श्रेयस्कर मानले जाते. तरीपण मंगळावर पुढील 15-20 वर्षांत मानवाने पाय ठेवले तर आश्चर्य नाही.

8) परंतु एक मतप्रवाह असाही आहे की इकडून तिकडे जाण्याची धावपळ कशाला? फार काय घर बसल्या सर्व कामे करता आली तर रोजची ऑफिसला जाण्याची यातायात टळेल. घर

बसल्या शाळा, घर बसल्या कॉन्फरंसेस हे सर्व संगणक - अधिक - दूरसंचार माध्यमांनी शक्य करून दाखवले तर ऊर्जेची आणि वेळेची पुष्कळ बचत होईल. ही परिस्थिती 2020 साल पर्यंत यायला हरकत नाही. अशा स्थितीत आवागमन हे जास्त करून पर्यटनासाठीच राहिल.

9) पदार्थ विज्ञानाच्या मूलभूत शोधातून आपल्याला पुष्कळ काही मिळत आहे. इलेक्ट्रॉनिक्स, फायबर ऑप्टिक्स हाय टेंपरेचर सुपर कंडक्टिविटी आदी शोधांतून प्रचंड तंत्रज्ञान बाहेर आले आहे. यात लक्षणीय बदल दिसून येतील अशी काही क्षेत्रे पहा. 'स्वयं - जुळवणी' ह्या पद्धतीत माणसाने एखाद्या मोठ्या यंत्राचे भाग एकत्र आणण्याऐवजी ते स्वयंस्फूर्तपणे जवळ येऊन जुळतात.... कारण तशी पद्धत निसर्गच आपल्याला दाखवून देतो. पदार्थाच्या नैसर्गिक गुणांचा वापर जुळवणीच्या कामासाठी निसर्ग जसा जास्तीत जास्त प्रमाणात करतो तसाच यांत्रिक उत्पादनातही मामवाने घडवून आणावा. उदाहरणार्थ सेमीकंडक्टर क्रिस्टलमध्ये सिलिकन आणि डोपिंगचे अणू कसे ठेवायचे ते कुत्रिमरित्या न ठरवता त्यांच्या उष्मागतिकी गुणातून ठरवणे सोपे असते. पुढे मागे, नैसर्गिक प्रवृत्तीचा वापर करून अतिसूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिकस मेमरीचे एखादे यंत्र - स्वतःचीच निर्मिती - आणखी छोट्या घटकांपासून करू शकेल!

10) याच पद्धतीत पुढे 'बुद्धीमान पदार्थांचा' पण विकास होईल. उदाहरणार्थ, शिडीवर फार वजन चढवले तर शिडी सूचना देईल की आता मी मोडण्याची शक्यता आहे. किंवा इमारती भूकंपाच्या वेळी आपोआप स्वतःची शक्ती वाढवून, आहे त्या ठिकाणी शाबूत राहतील आणि काही वस्तू 'आता वय झाले, आपल्याकडून पुरेसे काम होत नाही' असे 'म्हणून' निवृत्त होतील! ही कल्पनापरम्यता नसून पुढे मागे घडणारे वास्तव्य आहे. पदार्थांच्याच नैसर्गिक गुणांचा वापर करून त्यांच्यात प्राप्त परिसंस्थितीला प्रतिसाद देण्याची क्षमता विकसित करणे हा आजच्या संशोधनाचा आणि उद्याच्या वास्तवाचा विषय आहे.

11) कुठल्याही तंत्रविकसित समाजाची ऊर्जेची भूक वाढत जाते. जरी उत्खनन करून सागर आणि भूमीतून तेलाचे साठे जास्त कार्यक्षमपणे बॉरर काढले जातील, तरी शहाणपणाचा मार्ग काही पर्यायी उर्जेचा खोत शोधत राहण्याचा आहे. सौर ऊर्जा ज्या प्रमाणात पृथ्वीकडे येते ती आपल्या एकूण गरजेच्या 15,000 पट आहे. पण ती उपयोगात कशी आणायची? अंतराळात प्रचंड आरसे उभारून सूर्यप्रकाश फोकस करून त्यातील ऊर्जा पृथ्वीतलावर सूक्ष्मतरंगांच्या माध्यमातून पाठवणे हा एक पर्याय तर सोलर सेल्स अधिक कार्यक्षम करणे हा दुसरा! दोन्ही मार्गांनी - किंवा आणखी काही नवा मार्ग सापडला तर त्यातून - सौर ऊर्जा अधिकाधिक प्रमाणात मिळवण्याचे प्रयत्न चालू राहतील. 2025 साली ऊर्जेची गरज, वीज निर्मितीच्या रूपात, 265 टक्क्यांनी वाढली असेल आणि सौर ऊर्जा त्याच्या 60 टक्के पर्यंत भागवू शकेल असा अंदाज आहे.

12) ऊर्जेसाठी न्यूक्लियर फ्यूजन हा दुसरा भविष्यवेधी मार्ग. पाण्यातला

हायड्रोजन किंवा अधिक सुकर म्हणजे हेवीवॉटर मधला हेवी हायड्रोजन (ड्यूटीरियम) इंधन म्हणून वापरून त्यापासून हीलियम निर्माण केला की ऊर्जा मिळते. प्रत्यक्ष सूर्यच याचे प्रात्यक्षिक आहे. असे असताना हा उपाय अजून का अंमलात येत नाही? कारण तांत्रिक बाबी - मुख्यत्वेकरून प्रचंड दाबात, प्रचंड तापमानात, प्लाज्मा रूपात हे इंधन स्थिर धरून ठेवणे ही अति अवघड बाब आहे. त्यासाठी लेजर फ्यूजन, टोकामाक आदि पद्धतींवर संशोधन चालू आहे. सध्याच्या अंदाजाप्रमाणे फ्यूजनवर ऊर्जा पैदा करणारी जनित्रे 2050 पर्यंत अस्तित्वात येतील.

ही झाली काही ठळक आणि निवडक उदाहरणे. ह्या शिवाय आणखी पुष्कळ क्षेत्रे निवडता येतील. आरोग्याच्या क्षेत्रात आजवर झालेल्या प्रगतीचा आढावा घेताना तीन महत्त्वाचे टप्पे असे निश्चित करता येतील. योग्य उपाय वापरून स्वच्छता टिकवणे ही सामाजिक जाणीव हा एक टप्पा. योग्य प्रकारे भूल देऊन शल्य चिकित्सा, हा दुसरा टप्पा. व्हॅक्सिन आणि अँटिबायॉटिक्सचा वापर हा तिसरा टप्पा! याच मालिकेत आता चौथा टप्पा येत आहे जीन थेरपीचा. सदोष जीन शोधून बदलणे आणि त्यामुळे काही जन्मजात रोगांवर विजय मिळविणे हे आता शक्य झाले आहे आणि जसजशी आपल्याला मानवी जीन बदल अधिक माहिती मिळत जाईल तसे आपण काही दुर्धर समजणाऱ्या रोगांना आटोक्यात आणू शकू. कॅन्सर, स्किड, हीमोफिलिया, एड्स आदी रोगांवर ह्या मार्गाने उपाय शोधणे चालू आहे.

विसाव्या शतकाच्या अखेरच्या भागात निसर्गाचे महत्त्व पुन्हा पटायला लागले आणि औद्योगिक क्रांतीमुळे ढासळत चाललेला नैसर्गिक समतोल पुन्हा सावण्याचे प्रयत्न सुरु झाले. एकविसाव्या शतकातल्या तंत्रज्ञानाला हा समतोल सांभळण्याची दक्षता बाळगावी लागेल. पृथ्वीवरचा कचरा एका अंतराळ यानात टाकून सूर्यात भिरकावून द्यायची कल्पना वास्तवात उतरवण्याजोगी नाही. पण 10,000 डिग्री तापमानच्या प्लाज्मा भट्टीत सर्व तऱ्हेचा कचरा टाकून नष्ट करण्यावर संशोधन चालू आहे. (सामान्य भट्ट्या 2000 सेल्सिअसवर तापत नाहीत.) सर्व प्रकारचे हायड्रोकार्बन, पी.सी.बी., टॉक्सिन आदी या प्रचंड उष्णतेत भन होऊन द्रवीभूत होतात. हे द्रव थंड केले की खडकात रूपांतरित होते, ज्याचा उपयोग रस्ते वगण्यासाठी होऊ शकतो.

जेनेटिक इंडिनियरिंगचा वापर शेतीसाठी होऊ शकतो. अधिक सुदृढ, रोगांना तोंड देऊ शकणारी वनस्पती ह्या मार्गाने तयार होऊ शकते. त्याचप्रमाणे जमिनीतून अधिक अन्न उत्पन्न करायची किमया ह्या मार्गाने साध्य होईल अशी आशा व्यक्त केली जात आहे.

ह्या भविष्यवेधी स्वप्नात मला एक भर घालावीशी वाटते. ह्या दशकात खगोल निरीक्षणांनी काही ताऱ्यांभोवती ग्रह असल्याचा शोध लावला आहे. अंतराळात प्रचंड वायुमेघांत कार्बनिक रेणू सापडत आहेत. तेव्हा एखाद्या ग्रहावर आपल्याहून विकसित जीवसृष्टी असेल का? आपले रेडिओ तंत्रज्ञान एकविसाव्या शतकात इतके प्रगत झाले असेल की 15-20 प्रकाशवर्षे अंतरपर्यंतच्या ताऱ्यांभोवती अशा जीवसृष्टीचा शोधन लावू शकेल. विश्वात आपण एकटे आहोत का? ह्या प्रश्नाचे नकारात्मक उत्तर मिळाले, आपण विश्वात नाही असे सिद्ध झाले, तर तो मानव संस्कृतीच्या

अख्या इतिहासातला सर्वात महत्त्वाचा शोध ठरेल.

काही चिंतेच्या बाबी

विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या वाढत्या आवाक्यामुळे काय काय शक्य होईल हे आपण पाहिले. रे ब्रॅडबरी यांनी म्हटल्याप्रमाणेच आजच्या लहान मुलाला आपल्या जीवन काळात ही स्वप्ने साकार झालेली पहायला मिळतील - जी स्वप्ने आज आपल्याला विज्ञान रंजक कथांचे विषय वाटतात. पण ह्या नाण्याची दुसरी बाजूण आहे. विज्ञान तंत्रज्ञानाचे प्रभावी आयुध विधायक रूपात वापरण्याची प्रगल्भता जर समाजात नसेल तर हे आयुध रचयित्याला किंवा वापरणाऱ्याला हानिकारक ठरेल. ह्या विकट सत्याची काही चिन्हे आज दिसत आहेत. नमुन्यादाखल काही उदाहरणे पहा.

1) 1945 साली पहिला अणुबॉम्ब वापरला तेव्हा प्रकल्पाचे प्रमुख ओपेनहायमर यांना भगवद्गीतेतल्या श्लोकाची आठवण झाली.

दिवि सूर्यमहस्त्रस्य भवेद्युगपदुस्थिता ।

यदि भा सादृशी सास्याद्भासस्तस्य महात्मनः॥

सहस्र सूर्यांच्या तेजाची उपमा सार्श करणारा हा शक्तीस्त्रोत आता शेकडो काय सहस्रपटीने वाढून आता संपूर्ण मानव संकृतीला संपवून टाकू शकेल. संहारक शस्त्रे आणि ती दूखर पाठवू शकणारी अस्त्रे विविध राष्ट्रांच्या शस्त्रागारात आहेत. विसाव्या शतकाने दोन जागतिक युद्धांत अपरिमित मनुष्यहानी पाहिली. पण तिसरे जागतिक युद्ध झाले आणि त्यांत अण्वस्त्रे वापरली गेली तर संपूर्ण प्राणीजगतच खलास होईल. दुदैवाने शीतयुद्ध संपल्यावरही अजून ह्या साठ्यात कपात होण्याची चिन्हे दिसत नाहीत.

2) अणु उर्जेसाठी वापरलेले इंधन - मग ती ऊर्जा घातक कार्यासाठी असो वा विधायक कार्यासाठी - मागे जो कचरा सोडून जाते तोही डोकेदुखीचा स्रोत आहे. निव्वळ डोकेदुखीचाच नव्हे तर कॅन्सर सारखे दुर्धर रोग किरणोत्सर्गी कचऱ्यातून उद्भवू शकतात. एकंदरच हे तंत्रज्ञान जेमतेम पाच दशकांचे असल्याने दीर्घकालातून उद्भवणारे धोके आपल्याला कितपत माहित झालेत आणि आटोक्यात आणले आहेत हे सांगणे कठीण आहे.

3) यंत्रावर, संगणकांवर, स्वयंचलित साधनांवर अवलंबून राहण्याने जीवन सुटसुटीत, आरामशीर होत चालले असले तरी पूर्वी अंगमेहनतीत जाणारा वेळ आता कसा घालवायचा यावर चिंता करायची वेळ आली आहे. अशा प्रश्नातून मानसिक रोग, मादक द्रव्यांचे सेवन, गुन्हेगारी प्रवृत्ती अशांना उत्तेजन मिळते. विकसित देशांना ह्यांचा तडाखा बसू लागला आहे व An idle man's mind is a devil's workshop ह्या उक्तीचे प्रत्यय पहायला मिळतात.

4) एकविसाव्या शतकातील दैनंदिन जीवनात नियंत्रण, निर्णय, कृती इत्यादीची जबाबदारी माणसाकडून संगणकाकडे अधिकाधिक प्रमाणात जात राहणार. त्याचा परिणाम मानवाच्या मानसिक चौकटीवर निश्चितच होणार आणि तो बदल कल्याणकारी असणार नाही. स्वतःला बुद्धिजीवी म्हणवणाऱ्या मानवाला आपण निरोपयोगी होत चाललो असे वाटून अवमानाचा धक्का बसल्यास नवल नाही.

- डॉ. जयंत नारळीकर