

## नव्या सहस्रकाच्या उंबरठ्यावरून...

जयंत नारळीकर

२००१ साल सुरू झाले, की नव्या सहस्रकाला सुरुवात झाली असे म्हणायला हरकत नाही. वास्तविक ह्या विधानावरून निष्कारण वाद निर्माण करण्यात आला. प्रथम त्याची दखल घेऊ. जेव्हा नवा महिना सुरू होतो, तेव्हा त्याचा आरंभीचा दिवस हा 'पहिला' दिवस ('एक' तारखेचा) धरला जातो. ज्यापासून नवे वर्ष सुरू होते तो जानेवारी महिना हा वर्षाचा 'पहिला' महिना मानला जातो. त्याच न्यायाने नव्या शतकाचे पहिले वर्ष 'एका'पासून मोजले जाते. म्हणून जेव्हा वीस शतके पूर्ण होतात, म्हणजे  $२० \times १०० = २०००$  वर्षे उलटतात, तेव्हा २००१ सालच्या पहिल्या (जानेवारी) महिन्याच्या पहिल्या (एक तारखेच्या) दिवशी एकविसावे शतक सुरू होते. आणि सहस्रकाच्या एककात मोजले, तर ख्रिस्तजन्मापासून दोन सहस्रके उलटून तिसरे सुरू होते.

श्री. मोहन आपटे यांच्या 'शतक शोधांचे' ह्या पुस्तकातील विविधरंगी वर्णनांचा आस्वाद घेताना विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाची वाढ पूर्वीपासून आजपर्यंत कशी होत गेली, त्याची जाणीव असावी म्हणून हा लेख. आणि भूतकालाचा आढावा घेताना भविष्यवेध घेण्याचे धाडसही येथे करित आहे. कारण विज्ञान-तंत्रज्ञानाची प्रगती वाढत्या वेगाने होत आहे, म्हणून पुढे काय होईल, याचे आजचे अंदाज कितपत बरोबर ठरतील?

वास्तविक, विसाव्या शतकातून एकविसाव्या शतकात जाताना जगात काही फार मोठे स्थित्यंतर घडेल अशातली गोष्ट नाही. आपण दशांश पद्धती मोजमापनात वापरतो म्हणून ०, १, १०, १००, १००० इत्यादी आकड्यांना महत्त्व लाभते. त्यामुळेच २००० 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. आपण जर अष्टांश पद्धत वापरली असती, तर २००१ हा आकडा ३७२१ असा लिहिला असता आणि त्यात कसलीही खासियत आपल्याला दिसली नसती!\*

पण साध्या आकडेमोडीत २००१ ला विशेष महत्त्व नसले, तरी प्रतीकात्मक दृष्टीने आहे. संस्कृतमध्ये सुभाषित आहे :

प्रत्यहं प्रत्यवेक्षेत नरश्चरितमात्मनः।

किं नु मे पशुभिस्तुल्यं किं नु सत्पुरुषैरिति॥

रोज माणसाने आपले आचरण तपासून पाहावे, ते पशूप्रमाणे होते का सत्पुरुषाप्रमाणे.

जसे प्रत्येक व्यक्तीने आत्मपरीक्षण करत राहावे तसे समाजानेसुद्धा. अर्थात 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. त्यात 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. अशा वेळी, विसावे शतक संपत असताना आणि एकविसावे शतक सुरू होताना भूतकालाबरोबर भविष्यकाळाकडे दृष्टिक्षेप टाकणे योग्य होईल.

पण, श्री. मोहन आपटे यांचे 'शतक शोधांचे' हे विसाव्या शतकात घडलेल्या महत्त्वाच्या वैज्ञानिक शोधांचे संकलन वाचताना प्रथम वाचकाने त्या पूर्वीच्या इतिहासाकडे नजर टाकणे आवश्यक आहे. हे शतक भरभर घडणाऱ्या असंख्य शोधांचे जनक होते आणि त्यापूर्वीच्या शतकापेक्षा पुष्कळ वेगळे होते, याची जाणीव त्या पूर्वीच्या भूतकाळाकडे पाहिल्यास होते.

म्हणून प्रथम भूतकाळाचा धावता आढावा घेऊ या!

### १. भूतकाळ

प्रख्यात विज्ञानकथाकार एच.जी. वेल्स यांनी 'टाइम मशीन' म्हणून एक गोष्ट लिहिली आहे. त्यात एक शास्त्रज्ञ असे यंत्र तयार करतो, की ज्याच्याद्वारे त्याला वर्तमानकालातून भूतकालाकडे किंवा भविष्यकालाकडे जा-ये करता येत असे.

\* '३७२१' हा आकडा अष्टांश पद्धतीत लिहिला असेल, तर त्याचे मूल्य =  $३ \times ८^३ + ७ \times ८^२ + २ \times ८ + १ = २००१$  (दशांश पद्धतीत) होईल.

ह्या दीर्घलेखात आपण अशाच, पण काल्पनिक टाइम मशीनच्या आधारे पृथ्वीतलावरील मानवी संस्कृतीचे त्रिकाल दर्शन घेण्याचा उपक्रम करणार आहोत. त्या उपक्रमाचा उद्देश असा : पृथ्वीवर मानवी संस्कृती जन्माला येऊन हजारो वर्षे झाली. त्या कालखंडात मानव अनेक टप्प्यांतून गेला. त्याच्यावर अनेक संकटे आली-काही नैसर्गिक, तर काही अनैसर्गिक. त्यांतून स्वतःचा बचाव आणि संवर्धन त्याने कसे केले असावे? हे करताना त्याला विज्ञानाचे शस्त्र केव्हातरी गवसले. याचा उपयोग किंवा दुरुपयोग त्याने कसा केला?

इतिहास हा घडलेल्या घटनांची नोंद ठेवतो. परंतु प्रथमदर्शनी आपली अपेक्षा असते, तितके सत्य परिस्थितीचे दर्शन आपल्याला इतिहासाकडून मिळतेच असे नाही. रस्त्यावर कालपरवा झालेल्या 'ऑक्सिडेंट'बद्दलसुद्धा सर्व बघ्यांचे बरेच वेळा एकमत नसते. चारशे-पाचशे वर्षांपूर्वी घडलेल्या घटनांचा अभ्यास करताना तर त्याहूनही कमी माहितीची साधने उपलब्ध असतात. त्या काळच्या मुद्दाम ठेवलेल्या नोंदी, कागदपत्रे, काही उरलेले अवशेष इत्यादींच्या आधारे आपण इतिहास तयार करतो. पण बरेचसे पुरावे संबंधित व्यक्तींवर अवलंबून असतात. त्यांनी केलेल्या नोंदी कितपत विश्वासाह समजायच्या? आपल्याच देशाचा १९४७ नंतरचा इतिहास लिहायचा म्हटले, तरी त्यात वेगवेगळ्या घटनांचे आणि व्यक्तींचे चित्रण कसे करायचे हे, तो इतिहास कोण लिहितो ह्यावर बरेचसे अवलंबून राहिल. जर अगदी अलीकडल्या काळाबद्दल ही परिस्थिती, तर शेंकडो-हजारो वर्षांपूर्वीच्या इतिहासावरून काही निष्कर्ष काढताना आपण काळजी घेतली पाहिजे.

सुदैवाने मी ज्या विषयाबद्दल लिहिणार आहे तो विषय इतिहासाच्या बारीक-सारीक घटनांवर अवलंबून नाही! अमुक लढाईत हार व्हायला मुख्य कारण हे का ते? तमुक राजा खरोखर चांगला होता का वाईट? फलाणी घटना खरोखर घडली का नाही? असल्या ऐतिहासिक वादांना बाजूला ठेवून फक्त ढोबळ अर्थाने मी इतिहासाकडे नजर टाकणार आहे. तरीसुद्धा दोन हजार वर्षांपलीकडे गेल्यावर वादातीत भाग बराच कमी आहे, याची पण मला जाणीव आहे.

## २. जीवसृष्टीचे कोडे

मंगळावर जी 'व्हायकिंग याने' पाठवण्यात आली त्यांतील शास्त्रीय प्रयोगांमध्ये एका प्रयोगाचे उद्दिष्ट होते मंगळावर जीवसृष्टी आहे का याची शहानिशा करणे. जीवसृष्टी असल्याचे पुरावे ह्या प्रयोगात काही सापडले नाहीत. सौरमालेत मंगळ हा ग्रह पृथ्वीचा शेजारी असून अनेक बाबतींत त्याचे पृथ्वीशी साम्य आहे. म्हणून मंगळावर जीवसृष्टी सापडल्यास, कदाचित 'पृथ्वीवर जीवसृष्टी कशी आली?' ह्या प्रश्नाचे उत्तर मिळण्यास मदत होईल असे काही शास्त्रज्ञांना वाटत होते.

पृथ्वीवर जीवसृष्टी कशी आली, हे विज्ञानाला अद्याप न सुटलेले कोडे आहे. खुद्द पृथ्वीची निर्मिती होऊन सुमारे ४५० कोटी वर्षे झाली, असा खगोलशास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे. परंतु पृथ्वीची निर्मिती होऊन लगेच जीवसृष्टी झाली असे म्हणता येणार नाही! आणि पृथ्वीच्या वयोमानाप्रमाणे मानवाची निर्मिती अगदी अलीकडच्या काळात - म्हणजे गेल्या पाच लाख वर्षांतच - झाली असावी, असा शास्त्रज्ञांचा तर्क आहे. जीवसृष्टीला पोषक अशी नैसर्गिक परिस्थिती निर्माण होणे आवश्यक होते. तरीपण अशी पोषक स्थिती निर्माण होऊनसुद्धा खुद्द जीवनिर्मिती कशी झाली?

गेल्या दोन दशकांतले जीवशास्त्रातले मूलभूत संशोधन असे दर्शविते, की पृथ्वीवरील बहुतेक सर्व प्रकारच्या जीवांच्या मुळाशी DNA चा रेणू असतो. ह्यात वेगवेगळ्या तत्वांची एका विशिष्ट तऱ्हेने जोडवणूक झालेली असते. हा आकृतिबंध निसर्गात कसा तयार झाला? ह्या आकृतिबंधातले काही लहान घटक आपल्या आकाशगंगेतील असंख्य ताऱ्यांमधल्या विस्तीर्ण प्रदेशाचे अवलोकन करताना खगोलशास्त्रज्ञांना आढळून येत आहेत. त्यामुळे पृथ्वीखेरीज इतरत्रदेखील जीवसृष्टी-निर्मितीचे काम चालू आहे का, असा प्रश्न सध्या शास्त्रज्ञांपुढे आहे.

जीवसृष्टीला पोषक परिस्थिती पृथ्वीवर निर्माण होण्याला दोन वस्तू कारणीभूत झाल्या. एक म्हणजे ज्याच्याभोवती पृथ्वी घिरट्या घालते तो सूर्य. सूर्यप्रकाशाचे, त्यातून मिळणाऱ्या उष्णतेचे आणि त्याने घडवून आणलेल्या रासायनिक प्रक्रियेचे जीवसृष्टीच्या दृष्टीने फार महत्त्व आहे. त्याशिवाय इथे जीवसृष्टीची निर्मिती होऊच शकली नसती. पण सूर्यप्रकाश एका ठराविक प्रमाणातच पाहिजे. त्यात थोडेफार कमीजास्त झाले, की वाजलाच इथल्या जीवसृष्टीचा बोऱ्या! सूर्यातही कालमानाप्रमाणे कमी-जास्त फरक होतात. त्याचे तापमान कमी होत चालले आहे का? - पृथ्वीच्या निर्मितीच्या वेळी ते सध्यापेक्षा बरेच जास्त असल्यास तो ठराविक तापमानापर्यंत 'थंड' झाल्यावरच इथे जीवसृष्टीला पोषक परिस्थिती आली असणार.

दुसरी पोषक गोष्ट म्हणजे पृथ्वीभोवतालचे वायुमंडळ (Atmosphere). त्यामुळे अंतराळातली संहारक क्ष-किरणे आणि अल्ट्राव्हायोलेट किरणे वाटेतच रोखली जातात आणि आपला बचाव होतो. ह्या वायुमंडळात ढवळाढवळ झाल्यास जीवसृष्टीला धोका पोचण्याची शक्यता आहे.

सांगण्याचे तात्पर्य इतकेच, की जीवसृष्टीचा उद्गम आणि तिची वाढ ही बरीचशी नैसर्गिक परिस्थितीवर अवलंबून असते. ह्या नैसर्गिक परिस्थितीवर थोडासा मानवी प्रभाव पडू शकतो. कसा ते आपण पुढे पाहू. परंतु अशी अनेक कारणे आहेत, की ज्यामुळे जीवसृष्टीला पोषक परिस्थितीचा समतोल बिघडतो. 'हिमयुग'- म्हणजे पृथ्वीवरील एकंदर तापमानात बरीच घट-है त्यातले एक उदाहरण आहे. अशा हिमयुगांमुळे जीवसृष्टी

अनेकदा संपूर्ण नष्ट झाली आणि पुन्हा उदभवली का? किंवा ती अशा आपत्तीतून थोडीफार बचावली आणि तिची पुन्हा वाढ सुरू झाली?

ह्या प्रश्नाची खात्रीलायक उत्तरे अजून तरी उपलब्ध नाहीत!

### ३. मानवाची उत्पत्ती

जीवसृष्टीला सुरुवात झाली असणार लहान जीवापासून-म्हणजे जीवाणूपासून असे गृहीत धरले, तर पुढचा प्रश्न उदभवतो की, मानव केव्हा अवतीर्ण झाला? मानवाची घडण अकस्मात झाली का क्रमाक्रमाने?

ह्या संदर्भात आपल्या भागवतात एक सुंदर श्लोक आढळतो :

सृष्ट्वा पुराणि विविधानि अजयात्मशक्त्या

वृक्षान् सरीसृपपशून्खगमत्स्यदंशान्।

तैस्तैरतुष्टहृदयः पुरुषं विधाय

ब्रह्मावलोकविषणं मुदमाप देवः॥

वृक्ष, लता, फुले, फळे, पशू, सरपटणारे प्राणी, मासे, कीटक इत्यादी तयार करूनही परमेश्वरास समाधान वाटले नाही. मग परमेश्वराने माणूस तयार केला - ज्याच्याकडे 'ब्रह्म' समजून घेण्याची बुद्धी होती असा, आणि मग परमेश्वरास समाधान वाटले.

इतर धर्मातसुद्धा देवाच्या दृष्टीने सर्व प्राण्यांत मानवाचे श्रेष्ठत्व सांगण्यात आले आहे. 'God created Man in his own image', अशा आशयाचे उतारे सापडतात. अर्थात हे सर्व संदर्भ मानवनिर्मित असल्याने हा आत्मप्रौढीचा नमुनादेखील म्हणता येईल. प्राण्यांकडे साधारणपणे सारासार विचार करायची शक्ती नसते, माणसात असते. 'Man is a rational animal' ही उक्ती तेच दर्शवत नाही का? पण ही उक्तीही मानवनिर्मित आहे, हे जाता जाता नमूद केले पाहिजे!

गेल्या शतकात मानवी अहंकाराला तडा देणारी एक कल्पना चार्ल्स डार्विन ह्या प्राणिशास्त्रज्ञांनी मांडली. मानवाची रचना खास परमेश्वराने केली नसून तो जीवसृष्टीत क्रमाक्रमाने घडणाऱ्या बदलांमुळे अवतीर्ण झाला. त्याचे पूर्वज-म्हणजे ह्या क्रमात त्याच्या पूर्वीचे प्राणी - म्हणजे माकडे होती! माकडात हळूहळू बदल घडत गेले आणि त्यातून मानवाची निर्मिती झाली. अर्थात हा बदल घडून यायला लाखो वर्षे लागली.

डार्विनच्या सिद्धान्ताला पुष्कळ विरोध झाला-शास्त्रज्ञांपासून तो धर्ममार्तंडांपर्यंत सर्वांकडून. निसर्गात घडणाऱ्या बदलांमुळे त्यातील जीवांत बदल झाले. जे जीव नैसर्गिक आपत्तींना तोंड देऊ शकले नाहीत त्यांची जात हळूहळू खालसा झाली. अशा क्रमाने पूर्वी 'डायनासोर' सारखे मोठे जीव खालसा झाले. त्याऐवजी तत्कालीन परिस्थितीशी जळवून घेणारे वेगळ्या तऱ्हेचे जीव तयार झाले. आणि हे बदल अजूनही घडत

आहेत...

डार्विनच्या सिद्धान्तानुसार पृथ्वीवर आज दिसणारी जीवसृष्टी पृथ्वीवरच तयार झाली आणि मूल पेशी-जीवाणू आदी 'साध्या-सुटसुटीत' रूपांतून अधिक परिष्कृत, परिपक्व आणि जटिल होत होत सद्यःस्वरूपात आली. आजही ह्या सिद्धान्ताला विरोधक आहेत. अमेरिकेसारख्या प्रगत म्हणवणाऱ्या देशातही 'बायबल बेल्ट' म्हणवणाऱ्या राज्यांत शालेय पुस्तकात डार्विनच्या सिद्धान्तावर बंदी येत-जात असते, कारण हा सिद्धान्त बायबलप्रणीत जीवसृष्टीच्या वर्णनाशी जुळत नाही!

परंतु वैज्ञानिक पातळीवरदेखील ह्या सिद्धान्ताचे विरोधक आहेत. जीवसृष्टीचा उगम मुळात पृथ्वीवर झाला नसून बाहेरून 'पेरलेल्या' जीवाणूतून झाला, अशी कल्पना आज जोर पकडत आहे. तिची चर्चा पुढे येईलच. आता आपण मानवी संस्कृतीच्या ज्ञात आदिकालाकडे वळू.

### ४. मानवी संस्कृतीचा प्रारंभ

उपलब्ध माहिती आपल्याला भूतकाळात फार मागे घेऊन जात नाही! पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे पृथ्वीचे वयोमान ४५० कोटी वर्षे धरले आणि हा कालखंड संकुचित करून २४ तासांत बसवला, तर उपलब्ध असलेला मानवी इतिहास शेवटच्या दहा सेकंदांत बसेल! ह्या कालखंडात आदिमानवाने सुमारे ३० हजार वर्षे शिकार करून पोट भरण्यात घालवली असावीत. म्हणजे निसर्गदत्त देणगीवर समाधान मानून त्याची दिनचर्या चाले. ह्या बाबतीत त्याच्यात आणि इतर जनावरांत काही फरक नव्हता, असे म्हणण्यास हरकत नाही. ही परिस्थिती केव्हा संपली? ज्या वेळी मानवाला पहिला महत्त्वाचा शास्त्रीय शोध लागला : मानवाला शेतीचे ज्ञान झाले!

जमिनीत बिया पेरून अन्नोत्पादन करता येते; त्याकरिता काही भूभाग नैसर्गिकरीत्या उपयोगी असतो, तर काही नदीचे पाणी आणून तसा करता येतो; अन्न-उत्पादन करताना ऋतूंचे महत्त्व असते, इत्यादी माहिती त्याला मिळत गेली. ही मानवी जीवनसंघर्षात विज्ञानाने घडवून आणलेली पहिली महत्त्वाची क्रांती! नुसते निसर्ग देईल ते घेऊन समाधान मानायचे यापलीकडील ही पायरी होती. निसर्गाबरोबर तडजोड करून, त्याच्याशी देवाण-घेवाण करून जीवितार्थ चालवायला मानवानेही सुरुवात केली होती.

तैग्रिस, युफ्रेटिस, नाईल, सिंधू इत्यादी नद्यांचा फायदा घेऊन आसपासचा भूभाग शेतीला योग्य करण्याचे काम मानवाने केले. आणि अशा ठिकाणी मानवी संस्कृतीची वाढ होऊ लागली. शेतीतून मिळालेले धान्य साठवणे, जमिनीची जोपासना करणे, बी-बियाणे योग्य वेळी पेरणे इत्यादी कामांसाठी यंत्रणा उभारण्यात आल्या. आणि शेती सफल व्हावी ह्याकरिता मानवाला जमिनीखेरीज आकाशाकडेपण पाहावे लागले.

खगोलशास्त्र ही विज्ञानाची आद्य शाखा ह्या गरजेतून निर्माण झाली! गरज होती शेतीचे कालचक्र ठरवण्याची.

मानवी जीवनात दोन प्रकारे कालमापन करण्यात येते- एक सूर्याच्या मदतीने आणि एक चंद्राच्या. सूर्याचा उपयोग त्यातही दोन प्रकारे होतो. एक दिवस-रात्र यांची लांबी ठरवायला आणि दुसरा वर्षाचा कालखंड निश्चित करायला. ह्यांपैकी पहिल्याची माहिती मानवाला त्याच्या दिनचर्येवरून झाली. त्याचे शरीरधर्म - झोप, जेवणखाण इत्यादी - दिवस-रात्रीवर अवलंबून असतात. पण 'वर्ष' ह्या कालखंडाची माहिती त्याला शेती सुरू केल्यापासून अधिक उपयोगाची वाटली. शिवाय, ह्या दोन कालखंडांच्या दरम्यानचा तीस दिवसांचा कालखंड चंद्राकडून मिळाला. ह्या बाबतीत पृथ्वी आणि तिच्या शेजारच्या ग्रहांची तुलना केल्यास हे पृथ्वीवरचे कालखंड मानवी जीवनाच्या किती अंगवळणी पडले आहेत याची कल्पना येईल. उदाहरणार्थ, बुधावरचे एक वर्ष पृथ्वीच्या ८८ दिवसांइतके तर त्यावरील एक दिवस हा पृथ्वीच्या ५९ दिवसांइतका असतो. शुक्र ग्रहावरचा दिवस पृथ्वीवरच्या २४३ दिवसांइतका तर त्याचे वर्ष त्याहून लहान म्हणजे पृथ्वीवरच्या २२५ दिवसांइतके असते! जर ह्या ग्रहांवर जीवसृष्टी वाढली असती, तर तिथल्या जीवांचा 'जीवनक्रम' नक्कीच पुष्कळ वेगळा झाला असता!

परंतु मानव सूर्य आणि चंद्र ह्यांच्यावरच समाधान मानून राहिला नाही. आकाशातले इतर देदीप्यमान तारे-नक्षत्रे आणि ग्रह यांच्या गतीवर पाळत ठेवून त्याने त्यांचापण ऋतुचक्राशी संबंध जोडला. ग्रहांच्या, ताऱ्यांच्या व दिशांच्या नोंदी पूर्वीच्या काही संस्कृतींत आढळतात.

अशा तऱ्हेने खगोलशास्त्राचा जन्म मानवाच्या जीवनसंघर्षाला उपयोगी पडणारी माहिती म्हणून झाला.

परंतु नुसती माहिती मिळवून मानव स्वस्थ बसला नाही.

## ५. विज्ञान आणि अंधश्रद्धा

विज्ञानाचे दोन प्रकार असतात. त्यांतून मानवाची दोन उद्दिष्टे सूचित होतात. त्यांपैकी एक भाग असतो मूलभूत संशोधनाचा. आपल्या सभोवताली ज्या नैसर्गिक घटना घडत असतात त्यामागे प्रेरक शक्ती कोणती? प्रथमदर्शनी वाटणारे चमत्कार किंचित खोलात शिरल्यावर आणि त्यांची कारणे शोधून काढणे शक्य झाल्यास आश्चर्यकारक वाटत नाहीत. एखाद्या जादूगाराने जादू करून दाखवली, की आपल्या मनात विचार येतो- ह्यामागे कोणती 'ट्रिक' असेल? अशीच जिज्ञासा मानवाला नैसर्गिक गूढे इकलण्यास प्रेरित करते आणि ह्याच जिज्ञासेतून 'शुद्ध विज्ञान' (Pure Science) जोपासले जाते.

ह्या जिज्ञासेशिवाय मानवाची एक स्वार्थी भावनाही त्याला विज्ञानाकडे प्रेरित करते : 'ह्या नैसर्गिक घटनांचा आपल्याला कसा फायदा करून घेता येईल?' जरी एखाद्या नैसर्गिक

चमत्काराचा पुरता उलगडा झाला नाही, तरी त्याचा फायदा मानवाने करून घेतला. मी वर सांगितलेले शेतीचेच उदाहरण पाहा. पृथ्वीवर वनस्पती कशी उगवते, वाढते हे पाहूनच मानवाने स्वतः झाडे लावायचा प्रयत्न केला असणार आणि त्यातून त्याला शेतीचे ज्ञान झाले. वनस्पतीची वाढ कशी होते, त्यामागे रासायनिक प्रक्रिया कशा होतात याची काही त्याला समूळ माहिती नव्हती. (अजूनही सजीव सृष्टीतली अनेक गूढे मानवाला उकललेली नाहीत!) हा झाला विज्ञानाचा उपयोगी प्रकार (Applied Science).

जिज्ञासा आणि स्वार्थ हे म्हटले, तर सदुपयोगी किंवा गैरवापर केल्यास दुरुपयोगी गुण आहेत. विज्ञानाच्या बाबतीत त्यांचा वेळोवेळी अनुभव आलेला आहे आणि त्यांची चर्चा मी पुढे करीन. पण ह्या दोन्ही गुणांमुळे विज्ञानाची प्रगती झाली ह्यात शंका नाही. आणि त्यांचा मानवी जीवन-संघर्षावर मोठा परिणाम झाला हेही तितकेच खरे.

परंतु नैसर्गिक चमत्कारामुळे आणखी एक भावना मानवी मेंदूत घर करून राहिली. ती म्हणजे अंधश्रद्धेची! ज्या नैसर्गिक चमत्कारांचा उलगडा होऊ शकला नाही, त्या बाबतींत स्वतःचे समाधान मानवाने कसे करून घेतले? त्या चमत्कारामागे अतिनिसर्गीय (Supernatural) शक्ती काम करत असावी, असा मानवाने तर्क केला. हा प्रकार खगोलशास्त्राच्या बाबतीत प्रकर्षाने दिसून येतो.

भर दिवसा चमकणारा सूर्य, रात्री चमकणारे चंद्र आणि तारे, मधून मधून येणारे धूमकेतू, उल्कापात इत्यादी प्रकार पाहून मानवाने ह्या चमत्कारांचा अर्थ लावायचा प्रयत्न केला, परंतु त्याची वैज्ञानिक माहिती त्यासाठी अपुरी ठरली. 'न सुटलेले प्रश्न' म्हणून ते बाजूला काढून ठेवण्यात त्याला समाधान वाटले नसावे, म्हणून ह्या प्रकारामागे दैवी शक्ती काम करते, असा त्याला एक तर्क करावासा वाटला असणार आणि त्यातून - एके काळच्या तर्कापासून - हळूहळू 'हे असेच असले पाहिजे' अशा निश्चयात्मक भावनेत रूपांतर झाले असणार.

सूर्य पूर्वेला वर येतो आणि पश्चिमेस अस्तास जातो. तो पुन्हा पूर्वेकडे कसा येतो? जुन्या इजिप्शियन संस्कृतीत ह्या प्रश्नाचे उत्तर कसे दिले गेले? तर सूर्यदेव पश्चिमेत अस्त झाल्यावर एका नावेत बसून क्षितिजाखालून पूर्वेकडे जातात आणि तेथून परत सकाळी वर येतात. आताच्या दिवसांत आपण हा तर्क हास्यास्पद समजू, कारण खगोलशास्त्राने हा प्रश्न बरोबर सोडवला आहे.

पण काही प्रश्नांना त्या पुरातन मानवांनी दिलेली हास्यास्पद उत्तरे अजूनही आपल्यापैकी बरेचजण प्रमाण मानून आहेत, ही दुर्दैवाची गोष्ट नव्हे काय? उदाहरणार्थ, तारकांच्या आकाशातल्या जागा बदलतात, हे मानवांना त्यांच्या पुरातन

संस्कृतीत शेतीसाठी केलेल्या अवलोकनातून ज्ञात झाले. त्यांपैकी बहुसंख्य तारका नियमित कक्षेत फिरतात, तर काही थोड्या तारका अनियमित तऱ्हेने फिरतात हे त्यांना दिसून आले. त्या दुसऱ्या तऱ्हेच्या तारकांना ग्रीक संस्कृतीत Planets (स्वैराचारी) असे नाव दिले गेले. आपण त्यांना ग्रह म्हणतो. बुध, गुरू, मंगळ इत्यादी ग्रह हवे तसे फिरतात म्हणजे त्यांच्यात एक वेगळे सामर्थ्य, एक दैवी शक्ती वास करत असेल, असा तर्क करण्यात आला. पुढे याचे निश्चिततेत रूपांतर झाले. इतकेच नव्हे, हे ग्रह दुरून मानवी भवितव्यावर प्रभाव टाकू शकतात ही भावना निर्माण झाली. ही भावना निर्माण होण्यासाठी कोणते विशिष्ट पुरावे मानवाला सापडले याची कुठेही नोंद नाही. आजकालच्या वैज्ञानिकांना त्यांनी त्या बाबतीत केलेल्या निरीक्षणातून कसलाही पुरावा मिळालेला नाही. उलट ग्रह हे मुळात स्वैराचारी नसून सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणाखाली फिरतात, हे सिद्ध झाले आहे.

गॅलिलिओ, केप्लर, न्यूटन आणि अलीकडच्या काळात आइन्स्टाइन अशा वैज्ञानिकांनी गती आणि गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांची इतकी काटेकोरपणे मीमांसा केली आहे आणि निरीक्षणांनी अतिशय बारकाईने त्या नियमांची तपासणी केली आहे, की कुठला ग्रह (किंवा त्याचा उपग्रह) केव्हा कुठे असेल हे बिनचूक सांगता येते. आणि अशाच नियमांवर आधारलेले आजचे अंतराळ-तंत्रज्ञान 'पायफाइंडर' सारखे यान पृथ्वीवरून मंगळाकडे पूर्वनियोजित कक्षेत पाठवू शकते.

अशा नवीन मिळत जाणाऱ्या माहितीप्रमाणे आपले पूर्वग्रह बदलून वास्तवतेची दखल घेणे आवश्यक ठरले आहे. ही आजची संघर्षाची स्थिती मानवसंस्कृतीच्या इतिहासात पूर्वीसुद्धा वेळोवेळी उद्भवलेली आहे. अशा संघर्षातूनच संस्कृतीचा विकास होतो. ह्या विकासाच्या प्रक्रियेवर एक दृष्टिक्षेप टाकू या.

## ६. पुरातन संस्कृतींचा विकास कशामुळे झाला?

आपल्या प्रसिद्ध पुस्तकात - A Study of History मध्ये - डॉ. आर्नोल्ड टॉइन्बी यांनी वरील प्रश्नांची सविस्तर चर्चा केली आहे. त्यांचे थोडक्यात वर्णन इथे करावेसे वाटते.

अमुक एक मानवी जमात सुसंस्कृत झाली आणि तमुक जमात होऊ शकली नाही, याच्या मागे वंश (Race) याला महत्त्व आहे; हा मुद्दा डॉ. टॉइन्बी यांनी खोडून काढला आहे. ह्या मुद्द्याचा उपयोग वेळोवेळी राजकीय स्वार्थाकरता केला गेला आहे. उदाहरणार्थ, प्राचीन काळी आर्यत्व किंवा गेल्या दोन-तीनशे वर्षांतले गोऱ्यांचे काळ्यांवरचे वर्चस्व इत्यादींचा उपयोग अमुक वंशपरंपरेतला मानव श्रेष्ठ असे भासवण्यासाठी केलेला आहे. डॉ. टॉइन्बी यांनी अनेक जमातींचे व संस्कृतींचे इतिहास दाखवून हे सिद्ध केले आहे, की बहुतेक सर्व वंशावळींत

जशा सुसंस्कृत जमाती आढळतात, तशाच जंगली जमाती पण असतात. म्हणून जन्मतःच एखाद्या वंशातला माणूस श्रेष्ठत्वाचा वारसा घेऊन येतो, असे म्हणण्यात काही तथ्य नाही.

दुसरा मुद्दा आहे नैसर्गिक परिसराचा. ख्रिस्तापूर्वी पाच शतके ग्रीसमध्ये लिहिल्या गेलेल्या 'वातावरण, पाणी आणि परिस्थिती' अशा अर्थाच्या शीर्षकाच्या एका ग्रंथात ह्याची सविस्तर चर्चा सापडते. ज्या देशात ऋतूंचे मोठे फेरबदल होतात - कडक थंडी, कडक उन्हाळा किंवा पावसाच्या अंतिम सीमा गाठल्या जातात, त्या देशांत डोंगर, जंगल, वाळवंट, मैदान इत्यादी भूभागांचे वेगवेगळे प्रकार आढळतात. उलट ज्या देशात ऋतूंमध्ये फारसे फेरबदल होत नाहीत, तेथील भूप्रदेशही फारशी विविधता दाखवीत नाहीत. त्याचप्रमाणे नैसर्गिक परिसराचा मानवी स्वभावावर, शारीरिक घडणीवर देखील प्रभाव पडतो. ज्या देशात नैसर्गिक परिसर विविधतेने भरलेला असतो तेथे राहणाऱ्या मनुष्यजातींतदेखील आणि त्यांच्या संस्कृतीवरदेखील त्या विविधतेचे पडसाद उमटतात, असे ह्या ग्रंथात प्रतिपादन केले आहे.

हा सिद्धान्त वंशसिद्धान्ताप्रमाणे प्रक्षोभक नसला, तरी चुकीचा आहे, असे डॉ. टॉइन्बी यांनी दाखवून दिले आहे. नैसर्गिक परिसराचा मानवी संस्कृतीच्या विकासाशी संबंध आहे यात शंका नाही. परंतु वरील ग्रीक ग्रंथात म्हटल्याप्रमाणे त्या परिसरामुळे संस्कृतीच्या विकासाची दिशा ठरवली जात नाही. कारण जगात साधारणपणे सारखे नैसर्गिक परिसर, ऋतू इत्यादी असलेल्या जागा अनेक ठिकाणी सापडतात, पण तिथल्या मानवी संस्कृतीचा विकास सारखा झालेला आढळून येत नाही. उदाहरणार्थ, तैग्रिस-युफ्रेटिस किंवा नाईल अथवा सिंधू ह्या नद्यांच्या परिसरात जशा मानवी संस्कृती विकसित परिस्थितीत पूर्वी होत्या, तसाच परिसर असलेल्या रियोग्रांडे किंवा कोलोराडो नदीकाठी पुरातन विकसित संस्कृती सापडत नाही.

मग मानवी संस्कृतीच्या विकासाशी कुठल्या कारणाचा संबंध लावता येईल? डॉ. टॉइन्बी यांनी शोधून काढलेले आणि पुरस्कार केलेले कारण म्हणजे 'आव्हान आणि प्रतिसाद' (Challenge and Response). ही आव्हाने एखाद्या मानवी जमातीपुढे अनेक स्वरूपांत येऊ शकतात, आणि त्या आव्हानांना दिलेले प्रतिसाद वेगवेगळे असू शकतात. अनेक विकसित संस्कृतींच्या पुराणवाङ्मयांत गोष्टींच्या रूपाने ह्या आव्हान-प्रतिसाद 'द्वयी'चे चित्रण केलेले दिसते. ही आव्हाने काही महत्त्वाच्या व्यक्तीपुढे तरी आलेली असतात किंवा संबंध जमातीपुढे दिसतात. अँडम आणि ईव्ह यांना सैतानाने (Devil) सफरचंदाबद्दल उत्पन्न केलेला मोह, बायबलमधला जॉबचा वृत्तान्त इत्यादी अनेक दाखले डॉ. टॉइन्बी यांनी दिले आहेत.

आपल्या पौराणिक कथांमध्येसुद्धा अशा अनेक घटना सापडतात.

एखादे आव्हान कसे उत्पन्न होईल आणि त्याला मानव किंवा मानवजमात कोणत्या प्रकारे प्रतिसाद देईल, हे निश्चितपणे सांगता येत नाही आणि त्यातच वेगळ्या वेगळ्या संस्कृतींच्या वेगवेगळ्या इतिहासाचे कारण सापडते.

इजिप्तमध्ये नाईलकाठी समृद्ध झालेली संस्कृती आव्हान-प्रतिसाद यांचे एक उत्तम उदाहरण आहे. नाईलकाठचा भूभाग मानवाने त्याला माहित असलेल्या विज्ञान-तंत्रज्ञान यांच्या मदतीने शेतीलायक बनवला; तो पूर्वीपासून त्याला शेतीस योग्य परिस्थितीत मिळालेला नव्हता. जमिनीस सस्यश्यामला बनवावयाचे आव्हान जिथे मानवाने स्वीकारले आणि जिथे स्वीकारले नाही तिथला फरक 'लोअर नाईल' आणि 'अपर नाईल' यांच्या तुलनेत दिसतो. म्हणून निसर्गाने दिलेल्या आव्हानाला प्रतिसाद दिल्यामुळे त्यातून झालेल्या रचनात्मक कार्यातून इजिप्तच्या संस्कृतीला चालना मिळाली.

दुसरे बोलके उदाहरण ग्रीक संस्कृतीत सापडते. 'बूशिया' (Boetia) आणि अँटिका (Attica) ही पुरातन ग्रीसच्या आसमंतातील दोन ठिकाणे. बूशियामध्ये निसर्गाने शेतीस सुपीक जमीन मुबलक पुरवली. त्यामुळे तिथल्या लोकांना आव्हान असे मिळालेच नाही आणि म्हणून ते मिळालेल्या नैसर्गिक देणगीवर संतुष्ट राहिले. त्यांचे शेजारी-अँटिकामधले रहिवासी प्रथम असे भाग्यवान नव्हते. त्यांना आढळून आले, की त्यांची जमीन धान्य उगवायला पुरेशी सुपीक नाही. हे आव्हान त्यांनी कसे पेलले? त्यांनी असा शोध लावला, की ही जमीन ऑलिव्ह फळांची लागवड मोठ्या प्रमाणावर करायला योग्य आहे. त्यांनी ऑलिव्हच्या झाडांची लागवड केली आणि त्याच्या तेलाचा व्यापार करून धान्याची आयात केली. अर्थात ह्या व्यापारातून त्यांचे अनेक फायदे झाले आणि त्यांची संस्कृती समृद्ध झाली.

ब्रिटिश साम्राज्य एकेकाळी इतके विस्तृत असण्याचे कारण काय? खुद्द ब्रिटन एक लहानसा देश आहे. तिथली हवा एकंदरीत वाईटच! तिथल्या बिकट परिस्थितीतून आव्हाने निर्माण झाली. आपली परिस्थिती सुधारण्यासाठी इंग्लिश लोक जगातल्या वेगवेगळ्या भागांकडे निघाले. विज्ञानाचा विकास आणि 'औद्योगिक क्रांती'ला (Industrial Revolution) चालना, ह्याच आंतरिक आव्हानातून आली. त्याउलट 'वेल्लेअर स्टेट' आणि सुबत्ता आल्यावर ही आव्हाने गेली आणि सध्या त्या देशात पूर्वीसारखी अहममहमिका दिसून येत नाही.

आपल्या देशाचा इतिहास पाहता त्या प्रश्नावर आणखी प्रकाश पडतो असे मला वाटते. पूर्वी आपल्याकडे विज्ञान-तंत्रज्ञान याने युक्त अशी संस्कृती होती, असे म्हटले जाते. याचा वैज्ञानिक पुरावा - म्हणजे निःसंदिग्ध भाषेत वैज्ञानिक शोधाचे गणिती विवेचन - अद्याप पुढे आलेला नाही. निदान

मी तरी तसा पुरावा पाहिलेला नाही. श्लोक किंवा काव्यमय भाषेतील अवतरणे पुढे केली जातात, ज्यांचे अर्थ, अर्थ लावणाऱ्यांवर अवलंबून असतात. अशा माहितीला मी महत्त्व देत नाही. त्याउलट आर्यभट, भास्कराचार्य वगैरेंच्या ग्रंथांत गणिती, वैज्ञानिक विवेचन सापडते. त्या काळात-म्हणजे ख्रिस्तापूर्वी दोन-तीन शतके ते ख्रिस्तानंतर सात-आठ शतके— आपल्या देशात विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांचा विकास झाला नाही. वर सांगितलेली नावे 'अनामिका सार्थवती बभूव' ह्या नियमानेच चमकतात. मला वाटते, त्या काळात आपल्या देशात सुबत्ता होती आणि आव्हाने अशी नव्हतीच, की ज्यांना प्रतिसाद देण्यात मानवाकडून मोठे रचनात्मक कार्य घडावे! त्याउलट ही सुबत्ता पाहून परकीय आक्रमक पश्चिम आशियातील बिकट परिस्थितीतून निर्माण झालेल्या आव्हानांना प्रतिसाद देत आपल्या देशात येऊन थडकले, आणि त्यांनी आपल्यावर राज्य केले!

आव्हाने एका विशिष्ट स्तरांवरचीच असली, तर ती संस्कृतीचा विकास करू शकतात. अगदी छोटी आव्हाने मानवाच्या सुप्त शक्ती जागृत करायला असमर्थ ठरतात, तर फार मोठी आव्हाने त्याला पेलवत नाहीत. डॉ. टॉडमबी ह्यांनी अनेक ऐतिहासिक परिस्थितींची चर्चा करून हे दाखवले आहे. मला हा मुद्दा महत्त्वाचा वाटतो. कारण विज्ञानाचे नवे शोध अशा आव्हानांतून लागले आणि लागलेल्या शोधांतून निर्माण झालेल्या तंत्रज्ञानातून ही आव्हाने झेलण्यात आली. मी आता अशा काही वैज्ञानिक शोधांची चर्चा करणार आहे.

### ७. वैज्ञानिक शोध कसे लागतात?

वैज्ञानिक शोध म्हणजे निसर्ग आणि मानव यांच्यात सतत चालू असलेल्या संघर्षात्मक खेळातला एक टप्पा होय. निसर्गाने दडवून ठेवलेली गुपिते शोधून काढणे हा ह्यामागे मानवाचा प्रयत्न असतो. त्यामुळे एखादे गुपित उघडकीला आले, की प्रथम मानवाला आपण एक 'पॉइंट' 'स्कोअर' केल्याचा आनंद मिळतो. परंतु हा आनंद फार वेळ टिकेल असे नाही. कारण ह्या नव्या संशोधनामुळे बऱ्याच वेळा नवीन प्रश्न उपस्थित होतात. त्यांची उत्तरे शोधायला नव्याने धडपड सुरू होते.

ह्याशिवाय आपल्या जीवन-संघर्षातले एखादे आव्हान आले, की मानव त्याचे उत्तर शोधून काढायला विज्ञानाकडे धाव घेतो. ही आव्हाने युद्धांतून, रोगराईतून किंवा साहसी कृत्यांतून निर्माण होतात.

इसवी सनापूर्वी तिसऱ्या शतकात सिराक्यूज शहराला शत्रूचा वेढा पडलेला असताना, सम्राट हीरो यांनी आर्किमिडीज ह्या शास्त्रज्ञांना पाचारण केले. ह्या संशोधकांच्या सुपीक डोक्यातून एक युक्ती निघाली. त्यांनी पुली आणि लिक्वर यांच्या साहाय्याने शत्रूच्या बोटी अलगद उचलून दुसरीकडे आपटल्या! त्याच

शास्त्रज्ञांनी अंतर्गोल आरशांच्या साहाय्याने सूर्यप्रकाश फोकस करून आपण लेन्सने कागद जाळतो त्याप्रमाणे शत्रूला 'त्राहि भगवान' करून सोडले, अशी आख्यायिका आहे. खालून पाणी वर चढवण्याच्या कामी 'आर्किमिडीजचा स्कू' हा प्रकारपण ह्यांच्याच डोक्यातून जन्माला आला. खुद्द सम्राटांच्या मुकुटातील सोने अस्सल आहे का हिणकस याचा, तो मुकुट न तोडता छडा लावायची युक्ती जेव्हा आर्किमिडीजना सापडली, तेव्हा 'युरेका' म्हणत त्यांनी आंधोळीच्या टबातून उडी मारल्याची गोष्ट सर्वश्रुत आहेच.

लुई पाश्चर, जेन्नर इत्यादी संशोधकांनी अनेक कठीण परिस्थितींना तोंड देऊन मानवजातीला त्रस्त करणाऱ्या अनेक रोगराईवर विजय मिळवले. ह्या कठीण परिस्थिती दोन प्रकारच्या होत्या. एक म्हणजे त्या रोगांवर तोडगा शोधून काढायचा तर त्यांचा जवळून अभ्यास करणे धाडसाचे होते. दुसरे म्हणजे, ह्या रोगांच्या जुन्या चिकित्सापद्धती बदलून नव्या चालू कराव्यात हे आपल्या सहकाऱ्यांना आणि इतरांना पटवणे, हेसुद्धा सोपे नव्हते. अपमान, शारीरिक कष्ट, बहिष्कार इत्यादी सोसून आपली मते ठामपणे पुढे रेटण्याचे काम जर ह्या शास्त्रज्ञांनी केले नसते, तर मानवी जीवनसंघर्षात मानवाला आजवर इतके यश मिळाले असते का?

मी सांगितलेल्या दोन तऱ्हांच्या शोधांतील दुसऱ्या प्रकारच्या शोधांची ही काही उदाहरणे झाली. पहिला प्रकार - म्हणजे शुद्ध विज्ञानाचा. जरी त्याचे पडसाद सर्वसामान्य मानवापर्यंत लगेच पोचत नसले, तरी महत्त्वाचा आहे. कोपर्निकस, गॅलिलिओ, केप्लर इत्यादींनी अंधविश्वासांना बाजूला टाकून आणि धर्ममार्तंडांच्या विरोधाला न जुमानता खगोलशास्त्रात मूलभूत शोध लावले. ज्यांच्या गती आणि गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांचा वापर करून आजची अंतराळयाने चंद्र, मंगळ इत्यादींकडे भरान्या मारत आहेत त्या न्यूटनना झाडावरून सफरचंद पडताना पाहून 'कथमेतत्?' असे विचारण्याची बुद्धी झाली म्हणून हे सर्व शक्य झाले.

सफरचंदे झाडावरून पडताना किंवा खाली पडलेली बहुतेकांनी पाहिली, पण त्यातून प्रश्न विचारणारे आणि त्याचा छडा लावणारे निघाले एकमेव न्यूटन! वाफेने ताटली पडलेली पाहून जेम्स वॉटना तसाच प्रश्न पडला आणि त्यातून स्टीम इंजिन निर्माण झाले आणि 'इंडस्ट्रियल रिव्होल्यूशन'ला सुरुवात झाली.

ही सर्व उदाहरणे सांगण्यामागे आणखी एक हेतू आहे. इतिहासाकडे पाहिले, तर मानवजातीच्या उत्कर्षास आणि विकासास काही थोड्या व्यक्तीच कारणीभूत झालेल्या आढळून येतील. 'सर्व माणसे समान आहेत' हे जरी ब्रीदवाक्य असले, तरी माणसामाणसांत फरक असतो. प्रत्येक समाजात वेगवेगळ्या पैलूंची माणसे सापडतात. त्यात वर सांगितलेल्या असाधारण

प्रतिभेची माणसे क्वचित प्रसंगी अवतरतात. अशा प्रतिभांचा विकास होऊ देणे आवश्यक आहे. त्यांना वरील ब्रीदवाक्याच्या दुरुपयोगाने दडपण्यात येते ते अनुचित आहे.

## ८. विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांच्यामधला दुवा

छपाईचा शोध चीनमध्ये लागला. गनपावडरचा शोधपण चीनमध्येच लागला. ह्याशिवाय इतर अनेक बारीकसारीक शोध त्या देशात लागले. परंतु त्यांचा प्रसार तेथे फारसा झालेला दिसत नाही. अनेक शतकांनंतर हे शोध जेव्हा युरोपमध्ये गेले, तेव्हा तेथे त्यांचा प्रसार तर झालाच; पण मोठ्या प्रमाणावर वापर करण्याइतके तंत्रज्ञानपण तेथे निर्माण करण्यात आले.

पश्चिम आशियात आणि भारतात एकेकाळी खगोलशास्त्र, युक्लिडची भूमिती, त्रिकोणमिती वगैरे गणिताचे भाग अभ्यासिले जात होते, त्यांवर संशोधन करायची प्रवृत्ती होती. मी आर्यभटाचे नाव पूर्वी घेतलेच आहे. परंतु ह्या गणितांचा व्यावहारिक कार्यात उपयोग केला गेला नाही आणि खरे खगोलशास्त्र तर फलज्योतिषाच्या दिशेने भरकटले आणि विज्ञानातून पदच्युत झाले. त्याउलट पुरातन ग्रीसमधली गणितावरची पुस्तके - अरबांनी भाषांतरित केलेली - युरोपमध्ये 'सापडली' आणि तेथील लोकांना ह्या गणिताचा पुन्हा साक्षात्कार झाला, तेव्हा तेथील देशांत ह्याचा प्रचार आणि वापर मोठ्या प्रमाणात झाला. याचे कारण काय असावे?

ह्याची चर्चा करताना टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्चमधील प्राध्यापक रंगाचारी नरसिंहन यांनी असे प्रतिपादन केले आहे, की वैज्ञानिक शोध आणि त्यांचा तंत्रशास्त्रात वापर यांमध्ये एक दुवा आवश्यक असतो - जो युरोपमध्ये होता, पण पौरात्य देशांत नव्हता. त्यांनी बाराव्या आणि तेराव्या शतकांतील सिस्टर्शियन मठातील संन्याशांचे उदाहरण दिले आहे. मानसिक गोष्टी - समाधी, अध्ययन, चिंतन - ह्यांशिवाय रोज काही तास शारीरिक श्रमपण केले पाहिजेत असा ह्या मठवासीयांचा नियम होता. दैनंदिन जीवनात उपयोगी पडणाऱ्या गोष्टी (शेती, दळण, स्वयंपाक, बांधकाम इ.) करत असताना त्या सुकर होण्यासाठी ह्या लोकांनी वैज्ञानिक शोधांचा वापर कसा होईल याची प्रात्यक्षिके केली. शेतीची उपकरणे, पवनचक्क्या, पाण्यावरच्या चक्क्या, चर्च बांधताना भूमितीचा उपयोग इ. गोष्टींचा प्रचार यांच्या अनेक मठांतून झाला.

आजही अशा दुव्यांची आपल्या देशात गरज आहे.

## ९. औद्योगिक क्रांती

मानवी जीवनसंघर्षात भूतकाळात ज्या दोन महत्त्वाच्या क्रांत्या घडून आल्या त्यांतली पहिली म्हणजे पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे शेतीचा शोध. दुसरी क्रांती गेल्या दोन शतकांत

घडून आली आणि अजूनही तिचे पडसाद उमटत आहेत. मी नुकतेच सांगितले त्याप्रमाणे वाफेतल्या शक्तीचा प्रचंड प्रमाणात उपयोग करणे मानवाला शक्य झाले. कोळशाची महती त्याला पटली. इलेक्ट्रिक जनरेटरचा शोध लागला. ह्या सर्व घटना अठरा-एकोणीस ह्या दोन शतकांत घडल्या, आणि त्यामागे वैज्ञानिक प्रगती होती. निसर्गात दडवून ठेवलेल्या शक्तीचा, निसर्गातल्या ऊर्जेच्या साठ्याचा उपयोग करून घेता येतो, ही शिकवण मानवाला विज्ञानाकडून मिळाली.

औद्योगिक क्रांतीने मानवाची जीवनचर्याच बदलून टाकली. पूर्वी कुठल्याही गोष्टीची निर्मिती छोट्या प्रमाणावर होत असे-कुटीर उद्योगाच्या स्वरूपात - ती प्रथा जाऊन 'फॅक्टरी' अस्तित्वात आली. घरून अमुक एका ठिकाणी जाऊन ठराविक तास काम करून परत यायची प्रथा आली. निर्मिती मोठ्या प्रमाणावर यंत्रांच्याद्वारे होऊ लागली. यंत्रांमध्ये मानवापेक्षा अधिक ताकद, कार्यक्षमता, नमुन्याबरोहूकूम पदार्थ तयार करायची प्रवृत्ती हे गुण होते. पण त्यांच्यात मानवी विचारशक्ती, मानवी डोक्यातून निर्माण होणारी विविधता, कलाकुसर हे गुण नव्हते. त्यामुळे मानवी जीवनमूल्यांत फरक पडला. शिवाय जीवनासंबंधीसाठी मानव जिथे यंत्रे असतील तिथे धाव घेऊ लागला. यंत्रे ऊर्जेच्या साठ्यांजवळ, शक्तीच्या केंद्रांजवळ असतात आणि ती होती शहरांत - कारण बनवलेल्या वस्तूचे दळणवळण शहरांतून सोपे होते. म्हणून खेड्यांतून शहरांकडे मानवांनी धाव घेतली. अशा तऱ्हेने अनेक शतके चालत आलेली, फारशी न बदललेली जीवनपद्धती मानवाने सोडली.

जिथे जिथे औद्योगिक क्रांती घडली तेथे मानवाचे जीवनमान सुधारले, म्हणजे शारीरिक कष्ट कमी होऊन आरामशीर जीवनाकडे त्याची वाटचाल सुरू झाली. शिकार करून राहणाऱ्या मानवाला हुकमी जेवायला मिळेल अशी खात्री नव्हती. शेती करून त्याने आपले शिकारीवर अवलंबून राहणे टाळले. त्याचप्रमाणे शारीरिक श्रमाऐवजी औद्योगिक क्रांतीत मानवानेच यंत्रावलंबन पत्करले.

औद्योगिक क्रांती - शेतीच्या क्रांतीप्रमाणे - मानवाच्या केवळ फायद्याचीच ठरली नाही. त्याचे राहणीमान (वरवरचे निकष लावून) सुधारले असे म्हणता येते, पण त्याचे जीवन अधिक सुखी झाले आहे का? अलीकडे केलेल्या एका आंतरराष्ट्रीय चाचणीत 'बांगला देश' हा सर्वांत सुखी ठरला... म्हणजे तेथील सामान्य नागरिक स्वतःच्या जीवनावर समाधानी आहे. त्या उलट विज्ञान व तंत्रज्ञानात सर्वांत प्रगत असलेल्या अमेरिकेचा क्रमांक बराच खाली होता. म्हणजे भौतिक सुखसोयींनी आजच्या मानवाला मानसिक समाधान मिळू शकलेले नाही. मला वाटते, भविष्यकाळात माणसामाणसांतील जिव्हाळा-माणुसकी हा गुण दुर्मिळ होत जाणार आणि त्यावर तोडगा काढणे आवश्यक ठरणार आहे.

१० : वर्तमानकाळ : आयुष्य ८०० वे

'शतक शोधांचे' वाचताना एका गोष्टीची प्रकर्षाने जाणीव होते. आल्विन टॉफ्लर ह्या लेखकाने आपल्या सुप्रसिद्ध पुस्तकात- 'Future Shock' मध्ये - एका उदाहरणाद्वारे वर्तमानकाळात मानवी जीवनात किती झपाट्याने बदल होत आहेत याचे विवेचन केले आहे. ते उदाहरण मी येथे देतो.

समजा, गेल्या ५०,००० वर्षांचा कालखंड - ज्याबद्दल मानवी जीवनपद्धतीची आपल्याला थोडीफार माहिती उपलब्ध आहे- आपण ६२ वर्षांच्या तुकड्यांत विभागला. ६२ वर्षे हा येथे मानवाचा सरासरी आयुष्याचा कालखंड समजावा. अशा तऱ्हेची ८०० मानवी आयुष्ये ह्या ५०,००० वर्षांच्या कालखंडात बसतील. आता ह्या आयुष्यांत मानवी जीवन किती वेगाने बदलत गेले ते पाहू या.

ह्या ८०० आयुष्यांपैकी ६५० आयुष्ये तर मानवाने गुहेत राहूनच घालवली! म्हणजे ज्याला आपण असंस्कृत अवस्था म्हणतो अशा अवस्थेत ८० टक्क्यांहून जास्त मानवी आयुष्ये गेली. संस्कृतीची लक्षणे पाहिल्यास एक महत्त्वाचे लक्षण लेखनकला होय. एका आयुष्यात मिळवलेली माहिती, संपादन केलेले अनुभव किंवा कल्पनाशक्तीचे खेळ, दुसऱ्या आयुष्यापर्यंत पोचवायला लेखनकलेचा उपयोग झाला आणि अजून होत आहे. ह्या एकंदर ८०० आयुष्यांपैकी फक्त शेवटच्या ७० आयुष्यांमध्येच मानवाला ही कला गवसल्याचे आणि त्याने तिचा उपयोग केल्याचे पुरावे आहेत. आणि ह्या ७० आयुष्यांपैकी गेल्या ६ आयुष्यांमध्येच जनसमुदायाने छापील शब्दांचा-मुद्रणकलेचा - उपयोग करायला सुरुवात केली.

आपण कालमापनासाठी घड्याळे वापरतो. सूक्ष्म कालखंडाचे मोजमाप करण्याची पात्रता मानवात केव्हा आली? फक्त गेल्या चार आयुष्यांत! आज आपल्या जीवनात प्रत्यक्षरीत्या वापरली जाणारी 'इलेक्ट्रिक मोटर' ही गेल्या दोन आयुष्यांतच मानवाला वैज्ञानिक शोधाने मिळाली. आणि आजकालच्या दैनंदिन जीवनात लागणाऱ्या बहुतेक वस्तू मानवाने ह्या शेवटच्या- ८०० व्या आयुष्यात पैदा केल्या.

हे शेवटचे वाक्य किती सारगर्भित आहे याचा प्रत्यय थोडा विचार केल्यावर येईल. सकाळी उठल्यापासून ते रात्री झोपी जाण्यापर्यंत आपण वापरतो त्या गोष्टींचा शोध केव्हा लागला असावा याचा आढावा घेऊन पाहा! अर्थात खेड्यात राहणारा माणूस ह्या बाबतीत शहरी माणसाच्या मागे असेल; पण शेतकी शास्त्रावरचे शोध, वीज, ट्रान्झिस्टरसारखी साधने इत्यादी आधुनिक शोध खेड्यांपर्यंत पोचत आहेत. SITE सारखा-उपग्रहावरून खेड्यांत टेलिव्हिजन पोचवण्याचा-उपक्रम हा पण कशाचा द्योतक आहे?

औद्योगिक दृष्ट्या पुढारलेल्या देशांत शेतीचे महत्त्व कमी आणि उद्योगांचे जास्त असे दिसून येते. याचा अर्थ असा

नव्हे, की ह्या देशांत शेती कमी प्रमाणात होऊ लागली आहे. यांत्रिक उपकरणांमुळे शेतीत मनुष्यबळ कमी वापरण्यात येऊ लागले आहे. मनुष्यबळ उद्योगधंद्यांकडे धाव घेत आहे. अमेरिकेसारख्या, शेतीत अतिप्रगत असलेल्या राष्ट्रात, शेतीत काम करणाऱ्यांचे प्रमाण एकंदर कामगारांच्या ६ टक्क्यांहूनही कमी आहे. आणि हे महत्त्वाचे बदल ८०० व्या आयुष्यातच—आणि तेही उत्तरार्धातच—घडून आले!

भारतीय शास्त्रज्ञ डॉ. होमी भाभा यांनी हा बदल आणखी एका निकषावर मोजून दाखवला होता. समजा, आपण ३३०० कोटी टन कोळसा जाळला, आणि त्यातून निर्माण झालेली ऊर्जा वापरली. ह्या उर्जेचे आपण एक युनिट 'Q' धरू. ख्रिस्तजन्मापासून औद्योगिक क्रांतीला सुरुवात होईपर्यंत (म्हणजे साधारण १८  $\frac{1}{2}$  शतके) मानवाचा ऊर्जेचा वापर शंभर वर्षांना  $\frac{1}{2}$  Q इतका आहे. १८५० च्या सुमारास त्यात वाढ होऊन शतकामागे 'Q' इतक्या प्रमाणात ऊर्जेचा वापर होऊ लागला. दुसऱ्या महायुद्धानंतर दशकामागे 'Q' इतका उर्जेचा वापर वाढला. म्हणजे गेल्या २००० वर्षांमध्ये मानवाने वापरलेल्या ऊर्जेचा अर्धा भाग त्याने अवघ्या १०० वर्षांतच खर्च केला!

वर्तमानकालात मानवी जीवन किती झपाट्याने बदलत आहे, याची ही वेगवेगळी उदाहरणे आहेत. एक शेवटचे पण महत्त्वाचे उदाहरण आहे 'माहिती'च्या प्रचाराचे आणि साठ्याचे.

गेल्या शतकात जूलस व्हर्न ह्या लेखकांचे '८० दिवसांत पृथ्वीप्रदक्षिणा' हे पुस्तक पुष्कळ गाजले. कथानकाचा नायक फिलियस फॉग हा ८० दिवसांत पृथ्वीप्रदक्षिणा घालायची पैज मारतो आणि अनेक विघ्ने आली, तरी जिंकून दाखवतो. आजही ती कादंबरी अतिशय वाचनीय वाटते. परंतु ती लिहिली गेली तेव्हा जगाच्या प्रवासाला फक्त ८० च दिवस लागावेत हे अद्भुत समजले जात असे. आजचा सर्वसाधारण प्रवासी ८० तासांतसुद्धा पृथ्वीप्रदक्षिणा करू शकेल! ४-५ आयुष्यापूर्वी माणसाला प्रवासाची जी साधने उपलब्ध होती, त्या तुलनेने जूलस व्हर्नच्या कथानायकाने अद्भुत साहस करून दाखवले हे जितके खरे, तितकेच २ आयुष्यापूर्वीच्या माणसाला आजच्या दळणवळणांच्या साधनांकडे पाहून 'अद्भुत' असे वाटले असते हेही खरे!

माणसांच्या प्रवासाशिवाय, इतर प्रकारे माहितीचा प्रचार, वृद्धी होऊ शकते, हेही गेल्या दोन आयुष्यांत दिसून येते. टेलिग्राफ, टेलिफोन, उपग्रहसंचारसेवा, इत्यादी माहिती पाठवायची साधने पाहून सांडणीस्वार किंवा पत्रवाहक कबूतरे यांच्या किती पलीकडे आणि किती झपाट्याने मानवाने मजल मारली आहे, याची कल्पना येते. 'पृथ्वी एकदम छोटी झाली' अशा तऱ्हेचे विधान दळणवळणाच्या साधनांच्यात झालेल्या कमालीच्या झटपट सुधारणेचे द्योतक आहे.

वाढलेली माहिती साठवण्याच्या माध्यमातही क्रांती घडून आली आहे. हस्तलिखित ग्रंथ ज्याप्रमाणे तोंडी पुरविलेल्या माहितीपेक्षा जास्त कार्यक्षम, त्याचप्रमाणे छापलेले ग्रंथ हे हस्तलिखितांच्या पुढचे टप्पे होत. पुढे छापलेल्या ग्रंथांची संख्या बेसुमार वाढायला लागल्यावर मायक्रोफिल्मिंगची पद्धत आली. फायलीमध्ये माहिती ठेवण्यापेक्षा इलेक्ट्रॉनिक कम्प्यूटरमध्ये ठेवणे अधिक सुकर आहे, हे आता दिसून आले आहे. कम्प्यूटरमध्ये माहिती साठवणे हे जितके सोपे, तितकेच साठवलेली माहिती क्षणार्धात मिळविणे-उकळून काढणे-शक्य आहे.

आणि ही माहितीच्या प्रसाराची, संग्रहाची महत्त्वाची उपकरणे मानवाला ८०० व्या आयुष्याच्या शेवटच्या भागात उपलब्ध झाली आहेत! प्रस्तुत पुस्तकातील शोधांची यादी पाहून ह्या विधानांची सत्यता पटेल.

## ११. विज्ञानयुग

वर चर्चितल्याप्रमाणे मानवी जीवनात असे झपाट्याने बदल घडून येत आहेत, त्यांचे कारण काय? फक्त एकच कारण त्याच्या पाठीमागे आहे : विज्ञानाचा प्रचार!

आधुनिक विज्ञानाला सुरुवात केव्हा झाली? अमुक एका क्षणाकडे बोट दाखवणे अवघड आहे. पण काही महत्त्वाच्या टप्प्यांची नोंद करता येईल.

नैसर्गिक घटनांची कारणमीमांसा निवडक सिद्धान्तांद्वारे गणिताच्या रूपाने करता येते, हे न्यूटनच्या सिद्धान्तावरून प्रथम निदर्शनास आले. गुरुत्वाकर्षण आणि गतीच्या सिद्धान्तांनी चंद्राचे पृथ्वीभोवती फिरणे, ग्रहांचे सूर्याभोवती फिरणे, पृथ्वीवर फेकलेल्या गोष्टी शेवटी जमिनीवर पडतात याचे कारण, समुद्रात भरती का येते, धूमकेतू ठराविक वेळेनंतर येतात, इत्यादी कितीतरी वेगवेगळ्या घटनांची कारणमीमांसा होऊ शकली!

गुरुत्वाकर्षणानंतरचा महत्त्वाचा शोध विद्युत्चुंबकीय शास्त्राचा. यात कूलंब, फॅरडे, मॅक्सवेल इत्यादी शास्त्रज्ञांनी हातभार लावला. प्रकाशलहरी विद्युत्चुंबकीय असतात याचे ज्ञान मॅक्सवेलच्या समीकरणापासून शास्त्रज्ञांना झाले. हर्ट्झनी त्या लहरी, वेगळ्या वेव्हलेंगथच्या, प्रयोगशाळेत निर्माण केल्या. पुढे ह्या शोधाचे वायरलेस, रेडिओ, टेलिव्हिजन इत्यादींत रूपांतर झाले.

एकोणिसाव्या शतकाअखेर आणि विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला वेगळेच वारे वैज्ञानिक विश्वात वाहू लागले. क्वांटम थियरी आणि रिलेटिव्हिटीचे नवे सिद्धान्त आले. ते प्रथमदर्शनी इतके चमत्कृतिपूर्ण होते, की निसर्ग ह्या सिद्धान्तांचे पालन करत असेल, यावर शास्त्रज्ञांचासुद्धा विश्वास बसेना! पण प्रयोगांती हे नियम प्रस्थापित झाले. आइन्स्टाइन, मॅक्स प्लँक, नील्स बोर, डिरॅक, हायझेनबर्ग, श्रोडिंजर इत्यादींनी

हे नवीन नियम मांडण्यात पुढाकार घेतला. पुढे रुदरफर्डच्या मार्गदर्शनाखाली अणूचे विच्छेदन करण्यात आले आणि ह्या प्रयोगशाळेतील प्रयोगातून पुढे अणुबॉम्बची निर्मिती झाली.

दुसऱ्या महायुद्धानंतर विज्ञानाची प्रगती आणखी झपाट्याने झाली आणि चालू आहे. वैज्ञानिक एकीकडे मूलकणांचा अभ्यास करत आहेत, तर दुसरीकडे अतिविशाल आकाशगंगांनी व्याप्त विश्वाच्या रचनेचा छडा लावीत आहेत. मूलकणांच्या आकारमर्यादा सेंटिमीटरच्या सहस्राब्ज भागाहून लहान असतात, तर विश्वाचा व्याप दहा अब्ज अब्ज अब्ज सेंटिमीटरपर्यंत पसरलेला आहे!

मी इथे ढोबळमानाने भौतिकशास्त्राच्या प्रगतीबद्दल सांगितले. विज्ञानाचे इतर भाग—रसायनशास्त्र, प्राणिशास्त्र, वैद्यकशास्त्र इत्यादी—यांनीसुद्धा अशीच विलक्षण झपाट्याने प्रगती केली आहे. त्या सर्वांचा आढावा घेण्यास पुष्कळ वेळ लागेल! पण ह्या सर्वांच्या बाबतीत एक गोष्ट प्रामुख्याने आढळते, ती म्हणजे, गेल्या ५०-६० वर्षांत झालेली विलक्षण प्रगती. मी पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे, मानवी जीवनमानात झपाट्याने घडत गेलेले बदले त्याच प्रगतीचे द्योतक आहेत.

आज विज्ञानात झालेल्या सैद्धान्तिक शोधाचे प्रत्यंतर उद्या प्रयोगात दिसून येते, तर परवा त्या प्रयोगाचे तंत्रज्ञानात रूपांतर होऊन ते दैनंदिन जीवनात अवतरते. हे आज-उद्या-परवामधले कालखंड दिवसेंदिवस संकुचित होत आहेत.

खुद्द वैज्ञानिक शोधांचे स्वरूप कसे पालटत आहे याचे एक उत्तम उदाहरण जॉन झायमन यांनी *The Force of Knowledge* ह्या पुस्तकात दिले आहे. १९१९ मध्ये रुदरफर्डनी अणूचे विच्छेदन केले. त्यांनी वापरलेली साधनसामग्री एका हुशार तंत्रज्ञाने प्रयोगशाळेतच करून दिली होती आणि ती हातात धरण्याइतकी लहान होती. किंमतही बेताचीच होती!

१९३० मध्ये वॉल्टन आणि कॉर्क्रॉफ्ट यांनी 'लीनियन अॅक्सलेरेटर' बनवला. तो अणूतल्या घटकांचा अधिक ऊर्जेच्या परिस्थितीत अभ्यास करू शकत असे. ह्याचा आकार खोलीएवढा असून किंमत १००० पाँड (म्हणजे जवळजवळ १५,००० रु. - १९३० सालचे!) होती. ह्या उपकरणावर अनेकांनी प्रयोग केले, पण ते प्रयोग साधारणपणे क्लिष्ट नव्हते.

एक-दोन वर्षांनी लॉरेन्स आणि लिक्विंस्टन यांनी कॅलिफोर्निया विद्यापीठात सायक्लोट्रॉन बांधला. तोही खोलीएवढा होता, पण वॉल्टन-कॉर्क्रॉफ्ट यांच्या यंत्रापेक्षा दसपट ऊर्जेचे मूलकण तयार करू शकत होता! त्याची किंमत १०,००० डॉलर पडली—पण त्यात त्यांना एक इलेक्ट्रोमॅग्नेट फुकट मिळाला.

ह्या यंत्राची मोठी आवृत्ती १९३९ मध्ये सिद्ध झाली. त्यातून पूर्वीपेक्षा १२ पट ऊर्जेचे मूलकण निघत. किंमत-१ लाख डॉलर. हे चालवायला अनेक तंत्रज्ञ लागत आणि ह्याभोवती एक प्रयोगशाळा बांधण्यात आली.

दुसऱ्या महायुद्धानंतर अठरा लक्ष डॉलर किमतीचा याहून मोठा सायक्लोट्रॉन बांधण्यात आला. याच्याकरता खास मोठी इमारत बांधावी लागली. त्याभोवती शास्त्रज्ञ-तंत्रज्ञ यांचे जाळे पसरून मोठ्या प्रयोगशाळा बांधण्यात आल्या. त्यातून निघणाऱ्या मूलकणांची ऊर्जा पूर्वीच्या यंत्रापेक्षा तीसपट असून अशा शक्तिशाली मूलकणांपासून संभाव्य धोके टाळण्यासाठी बरीच खबरदारी घ्यावी लागली.

याच्या जवळ-जवळ अठरापट अधिक ऊर्जेचे मूलकण निर्माण करणारे बेव्हाट्रॉन मशीन ९० लक्ष डॉलर किंमत देऊन १९५३ मध्ये बांधण्यात आले. याचा व्यास ३४ मीटर होता. याच्याभोवती मोठ्या फॅक्टरप्रमाणे शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञ आणि इतर आवश्यक त्या लोकांची वसाहत उभी करण्यात आली.

यापुढची पायरी म्हणजे जिनिव्हा येथे सर्न (Council European des Recherches Nucleaires) ह्या प्रयोगशाळेसाठी १९६० च्या सुमारास बांधलेले तीन कोटी डॉलरचे मशीन. यातून बेव्हाट्रॉनपेक्षा चौपट ऊर्जेची मर्यादा गाठली जाते. याचा आकार रिंग (अंगठी) सारखा असून तिचा व्यास २०० मीटर आहे. अनेक युरोपियन देशांनी याचा खर्च सोसला आहे — एका देशाच्या आवाक्याबाहेरची ही प्रयोगशाळा आहे.

त्यापुढची सीमा गाठली १९७३ मध्ये शिकागो जवळच्या फर्मॉलॅब मशीनने! यात पैदा होणारे मूलकण सर्नच्या मूलकणाच्या सात पटींनी जास्त ऊर्जेची मर्यादा गाठू शकतात. त्या मशीनच्या 'रिंग'चा परीघ एक मैलाहून जास्त आहे. किंमत २५ कोटी डॉलर! त्यानंतर सर्नने ह्यावरही कुरघोडी केली.

अशा तऱ्हेने मनुच्या माशाप्रमाणे वैज्ञानिक प्रयोगांचा व्याप वाढत आहे. त्यामार्गे लागणारे मनुष्यबळ वाढत आहे. आपले नवीन सिद्धान्त मांडणारे न्यूटन किंवा आइन्स्टाइन एकेकटे होते. सध्याचे प्रयोग 'टीम वर्क'चे असण्याची शक्यता जास्त. २४ फेब्रुवारी १९६४ च्या *Physical Review Letters* मध्ये एक नवीन मूलकण सापडल्याची घोषणा करणारा निबंध ३३ लेखकांनी म्हणजे त्या प्रयोगात भाग घेणाऱ्या शास्त्रज्ञांनी-सामूहिक रूपात लिहिला होता. आता तर काही प्रकल्पांत केवळ भाग घेणाऱ्या संस्थांचीच नावे देतात - त्यातील वैज्ञानिकांची यादी फारच लांब होईल म्हणून.

वैज्ञानिक प्रयोगांचा वाढता खर्च पाहून अनेक प्रश्न उद्भवतात. हे खर्च बहुतकरून देशाचे सरकार या ना त्या रूपात पेलते. म्हणजे कर भरणारी जनता त्यासाठी खिसे रिकामे करते. तेव्हा संशोधन कुठल्या प्रश्नावर करावे आणि कुठल्यावर करू नये हे फक्त शास्त्रज्ञांनीच ठरवायचे, की इतरांनीपण त्यात लक्ष घालणे आवश्यक आहे?

दुसरा प्रश्न म्हणजे हे प्रयोग मानवी जीवनसंघर्षाला कल्याणकारी आहेत, का धोकादायक आहेत, याची पूर्ण

तिसरा प्रश्न ह्या प्रयोगांशी संबंधित नसून त्यातून निघणाऱ्या तंत्रज्ञानाबद्दल आहे. विज्ञानाप्रमाणे तंत्रज्ञानाचा व्याप वाढत आहे. त्यातून मानवी जीविताला धोके निर्माण होण्याची शक्यता आहे का?

विज्ञानयुगात-वर्तमानकालात-असे अनेक प्रश्न मानवासमोर उपस्थित आहेत. अगदी अलीकडे म्हणजे गेल्या १०-१२ वर्षांतच ह्या प्रश्नांवर विचार करण्याची गरज भासू लागली आहे. ह्या काही प्रश्नांची चर्चा आता मी करणार आहे.

## १२. शास्त्रज्ञ आणि समाज

विज्ञानाचे ध्येय सृष्टीची कोडी उकलणे आणि मिळालेली माहिती मानवकल्याणासाठी वापरणे असे समजले जाते. बहुतेक वैज्ञानिक ह्या ध्येयाच्या पूर्वार्धाशीच निष्ठावंत असून उत्तरार्धाकडे दुर्लक्ष करतात, असा त्यांच्यावर आरोप केला जातो. ह्यात वस्तुस्थिती काय आहे?

विज्ञानाचा जो मूलभूत भाग आहे, तो माणसाला - किंवा संशोधकाला - ज्ञानाच्या परिसीमेवर आणून सोडतो. ह्या सीमा मागे ढकलण्याचा संशोधकाचा प्रयत्न असतो. अनेक प्रयत्न चुकीच्या दिशेने केल्यावर मध्येच त्याला योग्य दिशा सापडते. बऱ्याच वेळा योग्य दिशा सापडणे किंवा निसर्गाचे एखादे नवे कोडे समोर येऊन पडणे हे अनपेक्षितरीत्या घडते. पल्सारचा शोध असा अचानक लागला. अणूत असणाऱ्या मूलकणांच्या एखाद्या नवीन गुणाची माहिती अनपेक्षित असते. निसर्गाबरोबर मानवाने चालू ठेवलेल्या लपंडावाच्या खेळातल्या त्या घटना समजायच्या. यात तन्मय झालेल्या संशोधकाला वर सांगितलेल्या वैज्ञानिक ध्येयाच्या उत्तरार्धाशी काही कर्तव्य नसते.

आणि समाजाने तशी अपेक्षाही करू नये! मूलभूत विज्ञानाची दिशा फक्त नैसर्गिक कोडी उकलण्यापुरतीच आहे. ही कोडी उकलून मिळणारी माहिती तत्क्षणी उपयोगाची असेल असे नाही. पण पुढे मागे त्याचा उपयोग होईल यात शंका नाही. क्वांटम थियरी, रिलेटिव्हिटीसारखे अगाध आणि अमूर्त सिद्धान्त आता उपयोगी पडत आहेत. प्रत्येक राष्ट्राने आणि त्यातल्या समाजाने मूलभूत विज्ञानाचा विकास करण्यासाठी आपल्या ऐपतीप्रमाणे मदत पुरवली पाहिजे. नाहीतर त्या राष्ट्राला-त्या समाजाला पुढेमागे ह्या ज्ञानाकरता दुसरीकडे याचकवृत्तीने जावे लागेल. अशी जाणीव ठेवून समाजाने केलेल्या मदतीला वैज्ञानिकांनी योग्य प्रतिसाद दिला पाहिजे. तो म्हणजे आपल्या संशोधनाची पातळी शक्य तितकी उंच ठेवायची. मूलभूत संशोधनात निकृष्ट दर्जाच्या कामाला वाव मिळता कामा नये. तसे संशोधन म्हणजे समाजाने केलेल्या मदतीचा दुरुपयोग असेच म्हटले पाहिजे.

सर्वच शास्त्रज्ञ मूलभूत संशोधनाला वाहून घेत नाहीत. बहुतेक संशोधन समाजाने ठरवून दिलेली ध्येये गाठण्यासाठी असते. अशा ठिकाणी अर्थातच समाजातल्या इतर घटकांना शास्त्रज्ञांबरोबर बसून ही ध्येये निश्चित करणे, त्यांची पूर्ती कशी होते यावर डोळा ठेवणे आणि वेळप्रसंगी त्यांच्यावर मर्यादा घालणे आवश्यक आहे. केवळ शास्त्रज्ञांवर हे निर्णय सोपवणे योग्य नाही. तसेच देशाची उद्दिष्टे ठरवताना शास्त्रज्ञांची अवहेलना करणे हेही अनुचित आहे.

शास्त्रज्ञ कितीही अलिप्त राहून म्हणाला, तरी तो समाजाचा एक घटक असतो. दुसऱ्या महायुद्धात अणुशक्तीचा शोध लागून त्याचा वापर करता येण्याची शक्यता निर्माण झाली होती. पण हे संशोधन करणारे शास्त्रज्ञ मूलभूत संशोधन करणारे होते. तरी जेव्हा दोस्त राष्ट्रांतल्या शास्त्रज्ञांना अशी शंका आली, की जर्मनीत अणुबॉम्ब बनवण्याचा प्रयत्न चालू असेल, तेव्हा त्यांना राहवले नाही. त्यांनी आइन्स्टाइनना पुढे करून त्यांच्याकडून राष्ट्राध्यक्ष रूझवेल्टना पत्र लिहवले. अण्वस्त्रांचा शोध जर्मनीला लागण्यापूर्वी दोस्त राष्ट्रांना लागणे किती आवश्यक आहे, हे त्यात पटवून दिले होते. पत्राचा योग्य तो परिणाम झाला. ओपेनहायमरच्या मार्गदर्शनाखाली 'मॅनहॅटन प्रॉजेक्ट'चा जन्म झाला. त्यात अनेक शास्त्रज्ञांनी भाग घेतला आणि त्यांच्या प्रयत्नांची परिणती अणुबॉम्बच्या निर्मितीत झाली. त्या बाबतीत पुढाकार शास्त्रज्ञांनी घेतला होता, याची नोंद ठेवली पाहिजे.

पण अणुशक्तीचा भस्मासुर एकदा बाहेर पडल्यावर त्याला काबूत ठेवणे अशक्य झाले. अणुशक्तीचा उपयोग शांततामय कार्यासाठी जरी केला जात असला, तरी विश्वसंहारक्षम अण्वस्त्रांचे साठे मोठ्या राष्ट्रांनी करून ठेवलेत. आपण उगीच अणुशक्तीची माहिती राज्यकर्त्यांना दिली, अशी खंत अनेक शास्त्रज्ञांना वाटते.

राज्यकर्त्यांनी ठरवून दिलेली ध्येये गाठण्याचे प्रयत्न शास्त्रज्ञांनी केल्याची अनेक उदाहरणे आहेत. '१९७० पूर्वी अमेरिकन माणसाला चंद्रावर पाठवू' ही राष्ट्राध्यक्ष केनेडी यांची घोषणा नासाच्या शास्त्रज्ञांनी २० जुलै १९६९ ला खरी करून दाखवली. लहान प्रमाणावर प्रॉजेक्ट्स पुरी करून देण्याचे काम देशादेशांतील प्रयोगशाळांतून चालू आहे.

शास्त्रीय संशोधनाला जसा जसा जास्त पैसा लागेल तसा तसा देशाला - किंवा अनेक देशांच्या संघटनांना - तो पैसा पुरवताना ह्या बाबीत अधिकाधिक लक्ष घालावे लागेल. माझ्या मते हा पैसा पुरवताना मूलभूत संशोधनाची दिशा ठरविण्याचा अधिकार सर्वस्वी वैज्ञानिकांवरच सोपवावा. परंतु हे संशोधन उच्च दर्जाचे आणि समाजाला हानिकारक नसल्याची हमी त्यांच्याकडून घ्यावी. त्याचबरोबर सामाजिक उद्दिष्टे ठरवून ती गाठण्यासाठी समाजाने शास्त्रज्ञांना विश्वासात घेऊन मग त्यांच्यावर

जबाबदारी टाकावी. ध्येये ठरवण्याचे काम फक्त शास्त्रज्ञांवर सोपवू नये.

सामाजिक उद्दिष्टे गाठण्यासाठी केलेले संशोधन आणि मूलभूत संशोधन यांच्यामध्ये किती प्रमाणात समाजाने आर्थिक मदतीचे वाटप करावे, हा एक नेहमीचा वादग्रस्त मुद्दा आहे. वास्तविक राजकारण शिरल्यामुळे-मग ते राष्ट्रीय पातळीवरचे असो किंवा अधिक संकुचित स्वरूपाचे असो-अशा प्रकारचे वाद सोडवणे सोपे नसते. अशा प्रकारचे वाद आपल्या देशातच नव्हे, तर प्रगत, पाश्चात्य देशांतही वेळोवेळी उद्भवतात.

बऱ्याच वेळा हे वाद समाजाच्या विज्ञानविषयीच्या अज्ञानामुळे निर्माण होतात. 'हस्तदंती मनोऱ्यात काम करणाऱ्या वैज्ञानिकांना आम्ही काय म्हणून पोसत रहावे?' असा प्रश्न कधीकधी समाजाचे प्रमुख घटक विचारतात. विज्ञानाचे ध्येय काय आहे, वैज्ञानिक कोणकोणत्या प्रश्नांवर संशोधन करतात, ते संशोधन कुठल्या मूलभूत स्वरूपाचे आहे, किंवा ते कुठले सामाजिक उद्दिष्ट गाठत आहे वगैरे प्रश्नांची समर्पक उत्तरे समाजाला पुरवण्याचे काम महत्त्वाचे आहे आणि ते करण्याची जबाबदारी शास्त्रज्ञांवरच पडते. वैज्ञानिक संशोधकांची माहिती सामान्य माणसाला पोचवण्याचे काम किती शास्त्रज्ञ करतात? अनेकांना त्यात कमीपणा वाटतो ही खेदाची गोष्ट आहे.

### १३. वैज्ञानिक संशोधनापासून संभाव्य अपाय

निसर्गाची कोडी उलगडण्यासाठी कुतूहलाच्या भावनेने मूलभूत संशोधन करण्याची, त्या संशोधनाची दिशा आणि ते कुठपर्यंत पुढे ढकलायचे हे ठरवण्याची मुभा वैज्ञानिकांनाच देण्यात यावी, असे मी नुकतेच प्रतिपादन केले. ही मुभा देताना वैज्ञानिकांना त्यांच्यावरची जबाबदारी काय आहे, याची पण स्पष्ट जाणीव करून देण्यात यावी. प्रत्यक्ष उपयोग दिसत नसताही सरकारच्याद्वारा जनता आपल्याला आर्थिक साहाय्य देण्याचे औदार्य दाखवते, तर त्याला प्रतिसाद म्हणून आपण संशोधनाची पातळी उच्च ठेवून त्यासंबंधी वेळोवेळी जनतेला विश्वासात घेतले पाहिजे हे वैज्ञानिकांना पटले पाहिजे. त्याशिवाय एक मोठी जबाबदारी वैज्ञानिकांच्या अंगावर पडते.

मूलभूत संशोधन म्हणजे एक प्रकारे विजेरी घेऊन अंधारात चाचपडण्यासारखे आहे. कधीकधी पाय प्रकाशाच्या झोताबाहेर पडतोच. तो नेहमीच निर्दोष ठिकाणी पडेल असे नाही. स्वतःवरचा धोका पत्करून पूर्वी वैज्ञानिकांनी महत्त्वाचे शोध लावले आहेत. परंतु आजकाल अनेक मूलभूत वैज्ञानिक प्रयोगांचे स्वरूप अवाढव्य झाले आहे. एकटादुकटा वैज्ञानिक बीकर-टेस्टट्यूब घेऊन प्रयोग करायचे दिवस गेले! अशा अवाढव्य स्वरूपाच्या प्रयोगातून एकट्या-दुकट्या माणसालाच नव्हे, तर मानवसमाजांना किंवा पृथ्वीवरील इतर जीवसमूहांना अपाय होण्याची शक्यता नाकारता येत नाही.

१९६८ च्या वसंतऋतूत अमेरिकेत यूटाह राज्याच्या काही भागात बऱ्याच मेंढ्या अचानक मेल्या. याचे कारण शोधता त्या भागात चालू असलेले सैन्यातील संशोधन त्याच्या मुळाशी असल्याचे कळले. युद्धाकरता एका विषारी पदार्थाचे परीक्षण चालू होते. हा पदार्थ वातावरणात कसा पसरतो यावर प्रयोग केले असता तो वाऱ्याने मेंढ्या चरत असत तेथे येऊन तिथल्या गवतावर पडला. असा विषारी पदार्थ पूर्वकल्पना न देता वापरल्याबद्दल सैन्यातील विज्ञान-संशोधकांवर मोठा ठपका आला.

१९६३ साली अमेरिकन विमानदलाने पृथ्वीच्या वायुमंडलात एका ठराविक उंचीवर सुयांचा पट्टा पसरण्याचा घाट घातला. त्यामागे काही वैज्ञानिक संशोधनाचा भाग होता. परंतु अशा सुया पसरल्यास रेडिओलहरींच्या प्रक्षेपणाला त्रास होईल, खगोलशास्त्रीय वेधांना अपाय होईल, इत्यादी आक्षेप अनेक वैज्ञानिकांनी घेतले. पुढे तो प्रयोग झाला नाही.

सध्या प्राणिशास्त्रात जे मूल संशोधन चालू आहे त्यात एक भाग असाच वादाचा विषय बनलेला आहे : जेनेटिक इंजिनियरिंग. पृथ्वीवरील जीवांच्या घडवणुकीत DNA रेणूला फार महत्त्व आहे. याचा शोध वीसाव्या शतकाच्या मध्यवर्ती काळात लागला. वेगवेगळ्या जीवांच्या DNA मध्ये फरक असतात म्हणजे माणसाचा DNA एक प्रकारचा, कुत्र्याचा त्याहून वेगळा, एखाद्या वनस्पतीचा आणखी वेगळा इत्यादी. जीवसृष्टीच्या मूल घटकांत प्रयोगशाळेत फेरबदल करायची शक्यता आता निर्माण झाली आहे. परंतु अशा प्रयोगातून कसले जीव निर्माण होतील? त्या जंतूपासून मानवजातीला अपायकारक नवे रोग निर्माण होतील का? अर्थात सध्या हे प्रयोग प्राथमिक अवस्थेत आहेत आणि त्यातून संभाव्य परिणामांचे चित्रण बऱ्याच वेळा अतिरंजित स्वरूपाचे असते. तरीपण खुद्द वैज्ञानिकांत ह्या बाबतीत एकमत नसल्याचे दिसून येते.

पुढेसुद्धा प्राणिशास्त्रात नवीन प्रकारची संशोधने होतील. मूल जन्मण्यापूर्वी त्याचे लिंग कुठले असावे हे सध्या निसर्ग ठरवतो. ते नियंत्रित करायची किल्ली मानवाच्या हाती केव्हातरी येण्याची शक्यता आहे. नेहमी सर्वसाधारण जोडप्याला मुलगा व्हावा असे वाटते. सर्वांनीच मुलगे जन्माला घातले तर त्याहून मोठा धोका मानवी अस्तित्वाला कुठला असेल?

तेव्हा अशा मूलभूत शोधांचा पुष्कळ काळजीपूर्वक विचार होणे आवश्यक आहे.

### १४. तंत्रज्ञानाचे फायदे-तोटे

सध्याच्या विज्ञानयुगाला प्रारंभ झाल्यापासून विज्ञानाकडून मोठ्या अपेक्षा निर्माण झाल्या. विज्ञानाच्या मदतीने आपले राहणीमान सुधारेल, आपल्या आयुर्मर्यादित वाढ होईल, रोगराईवर विजय मिळवता येईल, पृथ्वीचा कानाकोपरा प्रवास करून



सुचलेले दिसत नाही! किंवा माहीत असले तरी कागदी ज्ञानापलीकडे त्यांनी त्याला किंमत दिली नाही. वास्तविक सुखी आयुष्याबद्दल ही आत्मनियंत्रणाची किंमत कमीच आहे, हे अजून सामान्य माणसाला पटलेले दिसत नाही. खत कारखान्यांचे प्रदूषण, विमानांचे आवाज ह्या प्रश्नांवरसुद्धा विज्ञानाकडे उत्तरे सापडतील. पण त्याकरता किंमत मोजावी लागेल. कमीत कमी किमतीत शक्य तितका जास्त फायदा करून घेण्याची मानवी प्रवृत्ती आणि जोपर्यंत प्राणावर बेतत नाही तोपर्यंत एखाद्या समस्येकडे दुर्लक्ष करण्याची सवय हीच ह्या प्रश्नाबद्दलच्या उदासीनतेच्या मुळाशी आहे.

मानवाची मानसिक परिपक्वता विज्ञानाच्या घोडदौडीच्या तुलनेत मागे पडल्याचे सर्वोत्तम उदाहरण मी दिलेल्या शेवटच्या बाबीत सापडेल.

*साहित्य-संगीत-कलाविहीनः।*

*साक्षात्पशुः पुच्छ विषाणहीनः॥*

ह्या सुभाषितात मानव आणि पशू यांमधला फरक व्यक्त झाला आहे. मोकळा वेळ भरून काढायला मानवाजवळ साहित्य-संगीत-कला उपलब्ध आहेत, पण एक तर त्याला त्यांची गोडी लागत नाही - किंवा यांचा आस्वाद घेण्याची त्याची ऐपत नाही - मानसिक किंवा सांपत्तिक. जर विज्ञानाचा प्रचार सावकाश झाला असता तर कदाचित अशी परिस्थिती आली नसती. पण आता ही परिस्थिती समोर उभी ठाकल्यामुळे तोडगा काढणे आवश्यक आहे.

विज्ञानजनित तंत्रज्ञानापासून होणाऱ्या अपायांची जाणीव गेल्या १०-१५ वर्षांतच प्रकर्षाने जाणवू लागली आहे. पाश्चात्य देशांत तांत्रिक प्रकल्पांना विरोध करणारे गट अस्तित्वात येत आहेत, ज्यांचा उद्देश जनतेला ह्या प्रकल्पांपासून होणाऱ्या अपायांपासून सावध करणे हा आहे. अणुशक्तीच्या शांततामय प्रकल्पातही गैरवापरामुळे प्रदूषण निर्माण होते, D.D.T. सारख्या कीटकनाशक द्रव्यापासून माणसाला अपाय होऊ शकतो, पृष्ठभागावर असलेल्या कोळशांच्या खाणीपासून (Strip Mining) वातावरण प्रदूषित होते इत्यादी प्रश्न जनतेसमोर मांडण्यात येत आहेत. त्यामुळे तंत्रशास्त्रीय प्रकल्पांवर पूर्वीपेक्षा अधिक काळजीपूर्वक विचार करण्याची प्रवृत्ती वाढत आहे. अमेरिकेत मोटारकार्सच्या एक्झॉस्टमधून येणारी द्रव्ये वातावरणात धूर आणि धुके वाढवतात हे निदर्शनास आल्यावर त्यांवर नियंत्रण घालणारी यंत्रे मोटारमध्ये लावण्यासंबंधी नियम करण्यात आले. अशा तऱ्हेची नियंत्रणे भारतात घालणे आवश्यक आहे, अन्यथा तंत्रज्ञानाचा अनिर्बंध वापर अखेर मानवसमाजाला भोवण्याची शक्यता आहे.

इंग्लंड आणि फ्रान्स ह्या देशांनी बनवलेली, ध्वनीपेक्षा तीव्रतर वेगाने जाणारी काँकॉर्ड विमाने अमेरिकेत येऊ न देण्याचा कसोशीने प्रयत्न केला गेला. अशा विमानांचे दोन

गैरफायदे असतात. एक तर ध्वनीपेक्षा वेगाने जाणारी वस्तू वातावरणात हादरा उत्पन्न करते जो 'सॉनिक बूम'च्या स्वरूपात जमिनीवर जाणवतो. हा हादरामय आवाज घरांना व प्रकृतिस्वास्थ्याला हानिकारक असतो. शिवाय आपल्या वातावरणात ओझोन वायूचा एक स्तर आहे, तो अशा विमानांच्या उड्डाणामुळे कमी होतो. ह्या वायूमुळे सूर्यापासून येणाऱ्या जीवस्वास्थ्याला हानिकारक अशा अल्ट्राव्हायोलेट किरणांपासून पृथ्वीतलावरच्या जीवसृष्टीचे रक्षण होते. ह्या ओझोनच्या रक्षणासाठी ही विमाने सोडू नयेत, असा निर्बंध घालण्यात आला.

काँकॉर्डला विरोध करण्यामागे मुख्य हेतू राजकीय होते— आणि अजूनही आहेत. वास्तविक लष्करी विमाने ध्वनिमर्यादा ओलांडून पुष्कळदा प्रवास करतात, तेव्हा वरील निर्बंध त्यांना का लागू केले जाऊ नयेत?

तरीपण अशा तऱ्हेचा विरोध प्रथमपासूनच झाला तर स्वनातीत (सुपरसॉनिक) विमानांच्या रचनेवर निर्बंध पडून त्यापासून होणारे अपायकारक परिणाम कमी करण्याची प्रवृत्ती वाढेल. आज जरी अशी विमाने प्रवासी वाहतुकीला कमीच वापरण्यात येत असली तरी पुढे-मागे इतर देशांना तशी विमाने बांधण्याचा मोह होईलच. म्हणून असा विरोध चालू रहाणे योग्य ठरते.

तंत्रशास्त्राने निर्माण केलेल्या महाभीषण शस्त्रांचे संभाव्य परिणाम पृथ्वीचा पूर्ण नाश करण्यास समर्थ आहेत, याची जाणीव झाल्याने त्यांचे साठे केलेले देश त्यांच्या वापराबाबत फार सावध आहेत. त्याउलट प्रदूषणासारखे संकट थोड्या प्रमाणावर हळूहळू वाढत असल्याने त्याची दखल अजून फारशी घेतली जात नाही.

## १५. तंत्रज्ञान आणि समाजकल्याण

रने दूबो यांनी लुई ले रॉय (Louis Le Roy) नावाच्या एका फ्रेंच लेखकांचे उदाहरण दिले आहे. त्यांनी १५७५ मध्ये 'Vicissitude' (स्थित्यंतर) नावाचे एक पुस्तक लिहिले. त्याचा फ्रेंच, इटालियन आणि इंग्रजी भाषांतून युरोपमध्ये बराच प्रचार झाला. त्या वेळी युरोपमध्ये पुनरुज्जीवनाचे (Renaissance) युग सुरू झाले होते आणि साहित्य-संगीत-कला-तंत्रज्ञान यांच्यात अनेक प्रकारची नवनिर्मिती चालू होती. काही तंत्रशास्त्रीय शोधांचे समाजावर काय परिणाम व्हायला लागले होते, याची उद्बोधक चर्चा ले रॉयच्या ग्रंथात आहे, जी आजच्या काळातील समस्यांची आठवण करून देते.

चुंबकीय दिशादर्शकाचा नुकताच शोध लागला असल्याने खलाशांना नवीन भूभागांचे शोध लागत होते. 'पृथ्वी लहान झाली' अशी एक भावना त्यातून निर्माण होत होती. पण त्याचबरोबर रोगांच्या प्रसारालापण संधी मिळत होती. पूर्वी

एका भागातच मर्यादित असलेले रोग आता पृथ्वीवर इतर ठिकाणी पसरू लागले. मुद्रणतंत्राचा प्रसार झाल्याने मोठ्या प्रमाणावर लेखी ज्ञानाचा प्रसार होऊ लागला. पण त्याचबरोबर परस्परविरोधी विचारप्रवाह एकत्र येऊन तात्त्विक संघर्षाना सुरुवात झाली - आणि त्यातून युद्धाना! बंदुकीच्या दारूसारख्या युद्धोपयोगी संशोधनामुळे युद्धतंत्रात बदल होऊन त्याची विध्वंसकता वाढली. ह्या सर्वांची दखल घेऊन ले रॉयनी खालील अर्थाचे उद्गार काढले.

“दीर्घ काळानंतर आज आपल्याला जगात इतक्या मोठ्या प्रमाणावर द्वेष, पावित्र्यहीनता, अप्रामाणिकपणा दिसत आहेत. भक्तिभाव नाहीसा झालाय, साधेपणा आणि सरळपणा यांनी थटा होत आहे आणि न्याय तर नावापुरता उरला आहे. सगळीकडे गोंधळ, किंकर्तव्य-विमूढता दिसते-योजनेप्रमाणे काहीच घडत नाही!”

असे उद्वेगजनक उद्गार काढूनसुद्धा ले रॉय भविष्याबद्दल आशावादी होते! मानवांमध्ये विचारांची देवाणघेवाण, प्रवाससुलभतेमुळे दूरची माणसे जवळ येणे हे भविष्यकाळात मोठ्या प्रमाणावर घडत जाईल आणि आजच्या समस्यांवर मानव तोडगा काढील असा आशावाद त्यांनी व्यक्त केला होता.

मी नुकतीच चर्चिलेली सध्याची परिस्थिती आणि ४०० वर्षापूर्वीची ले रॉयपुढची परिस्थिती यांत ढोबळ अर्थाने साम्य आहे, यात शंका नाही. आजच्या तंत्रयुगात मानवी मूल्ये नष्ट होत आहेत, यांत्रिकपणाची वाढ होत आहे, मानसिक शांती हरवली आहे. यातून मानवसमाजाला मार्ग काढणे आवश्यक आहे. त्यासाठी ‘हा सर्व दोष विज्ञानाचा, तंत्रज्ञानाचा आहे’, असे म्हणून घड्याळे मागे फिरवावीत का सध्या निर्माण झालेले धोके अन्य कारणांपासून असून त्यांचे निवारण करायचा जाणीवपूर्वक प्रयत्न करावा?

त्याकरता आपल्याला समंजसपणे भविष्यकाळाकडे नजर टाकली पाहिजे.

## १६. भविष्यवेध

ह्या दृष्टिकोनातून मी आता एकविसाव्या शतकाकडे पाहणार आहे. अलीकडे अशा तऱ्हेचे भविष्यवेध पुष्कळदा घेतले जात आहेत. वेध घेणारे शास्त्रज्ञ किंवा तंत्रशास्त्रज्ञ असतातच; पण त्याशिवाय समाजशास्त्रज्ञ, लेखक, तत्त्ववेत्ते, समाजधुरीण अशाही अनेकांनी हे प्रयत्न केले आहेत. अर्थात 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 त्यातही सर्वत्र समानता नसते आणि अर्थातच ‘२०२० साली की २०५० साली जगातली परिस्थिती अमुक

अमुक असेल’ अशा तऱ्हेची विधाने खरी ठरतील, असेही नाही.

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

अशा स्थितीत भविष्याबद्दलचे आडाखे बांधणे म्हणजे मोठे धारिष्ठ 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.

मी पुढे मांडलेले विचार माझ्या वैयक्तिक दृष्टिकोनातून असले तरी त्यासाठी मला अनेक संस्थांनी आणि व्यक्तींनी गोळा केलेल्या आधारसामग्रीचा आणि विचारांचा उपयोग झाला आहे. एकविसाव्या शतकात काय स्थित्यंतर घडू शकेल, आजची कुठली स्वप्ने उद्या साकार होऊ शकतील, त्यासाठी कुठली आव्हाने पेलवी लागतील यावर मी माझी मते मांडणार आहे. आणि जगातील पार्श्वभूमीवर भारताकडून काय अपेक्षा आहेत याचाही थोडक्यात विचार करणार आहे.

तीन दशकांपूर्वी मी कॅलटेकला भेट देत असताना तेथील बेकमन प्रेक्षागारात एक रोचक वादविवाद ऐकण्याचा योग आला होता. शास्त्रज्ञ फ्रेड हॉएल आणि विज्ञान कथालेखक रे ब्रॅडबरी यांच्यात चर्चा होती ह्या विषयावर : ‘The Message of Science Fiction :Prophetic or Profane?’ विज्ञानकथांचा संदेश भविष्यदर्शी असतो का केवळ प्रस्थापित विचारांना अनादरयुक्त धक्के मारणारा असतो? मी त्या चर्चेत आता जात नाही; पण त्या प्रसंगी रे ब्रॅडबरी यांनी मांडलेला एक मुद्दा तेवढा सांगतो.

ब्रॅडबरी यांचा जन्म १९२० मधला. ते म्हणाले की त्यांच्या जन्मापासूनच्या काळात, म्हणजे त्यांच्या त्या वेळेच्या सुमारे ४५ वर्षांच्या आयुष्यात, विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाने इतकी स्थित्यंतरे घडवून आणली की त्यांत आणि विज्ञानकथांत 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 विज्ञानकथा.

पुढल्या काही पानांत मी आजच्या माहितीवर आधारलेले भविष्याचे चित्र रेखाटण्याचा प्रयत्न करणार आहे. त्यातील काही मुद्दे विज्ञानकथेत बसण्याजोगे वाटले, तर रे ब्रॅडबरी

यांनी मांडलेले विचार लक्षात घ्यावेत!

## १७. विज्ञानाची काही क्षितिजे

प्रथम भौतिक विज्ञानाची दखल घेऊ या. अलीकडे 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 असाच मतप्रवाह होता. गुरुत्वाकर्षण कसे काम करते हे न्यूटनच्या नियमाने विशद केले होते, विद्युत्चुंबकीय शास्त्राचे सखोल विवेचन मॅक्सवेलच्या समीकरणांतून होत होते व उष्णता आणि उष्मागतिकीचा (Thermodynamics) विषय खूप प्रगत अवस्थेत होता. अशा स्थितीत भौतिकशास्त्रातल्या बहुतेक मूलगामी रहस्यांची उकल झाली, असे अनेक अनुभवी शास्त्रज्ञांना वाटत होते. असे असूनही विसावे शतक उजाडता उजाडता दोन क्रांतिकारी नियमांचा शोध लागला. क्वांटम थियरी आणि रिलेटिव्हिटी थियरी-पुंजवाद आणि सापेक्षतावाद-ह्या दोघांनी भौतिकशास्त्राचे रूपच पार बदलून टाकले.

जे. बी. एस. हॉल्डेन 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 करू शकतो त्याहीपेक्षा विचित्र आहे.

पुष्कळदा मानवी प्रयत्न एका टप्प्यापर्यंत यशस्वी होतात आणि मग आम्हांने संपली की त्यांचा जोर कमी होतो आणि अशी भ्रंती निर्माण होते की आता सर्व प्रश्न सुटले. वास्तविक अधिक उच्च दर्जाचे 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 दाखविली आहे. त्यातून काही पूर्व-कल्पनांना धक्का पोचतो. पुढील काही वर्षांत अंतराळात आणि भूतलावर विविध दुर्बिणींची खेरात होणार आहे. शंभर वर्षांपूर्वी खगोल-वैज्ञानिकांत वाद होता, की सूर्यमाला आकाशगंगेत केंद्रस्थानी आहे की नाही? तसेच, आपल्या आकाशगंगेबाहेर विश्वाचे अस्तित्व दिसते का, हाही वादाचा विषय होता. आजच्या दुर्बिणी त्या काळातल्या दुर्बिणींच्या हजारपट दूर पाहू शकतात. तसेच केवळ दृश्यप्रकाशच नव्हे तर इतर लांबीच्या लहरीपण आज विश्वाचे वेध घेत आहेत. पण पूर्वीचे वाद आज संपले, 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 गेलो तर सध्या एक अडथळा समोर येतो. सूक्ष्मातिसूक्ष्माचा अभ्यास करायचा सर्वमान्य प्रायोगिक मार्ग म्हणजे अतिरिक्त कणांना एकमेकांवर आपटवून पाहायचे. अशा टकरीतून त्यांच्या रचनेचे रहस्य बाहेर पडेल. पण अडचण अशी, की प्रस्थापित सिद्धान्ताला तपासून पहायला जितकी ऊर्जा अशा सूक्ष्म कणांना पुरवावी लागेल, त्याच्या सहस्राब्जांशाने देखील ऊर्जा सध्याचे तंत्रज्ञान पुरवू शकत नाही. मग सूक्ष्मकणांच्या बाबतीत सिद्धान्ताने केलेली भाकिते तपासून पहायची कशी? The proof of the pudding lies in the eating ह्या तत्त्वाप्रमाणे प्रायोगिक तपासणीशिवाय वैज्ञानिक सिद्धान्ताला मान्यता लाभत नाही. ही सध्याची ऊर्जेची दरी बुजवणे हे पुढील शतकातील एक मोठे प्रायोगिक आव्हान ठरेल.

भौतिकशास्त्रात अतिविशाल आणि अतिसूक्ष्म दोन्ही टोकांना भरपूर खाद्य पुरविणारी आजची आव्हाने जरी पुढील शतकात सुटली, जरी त्यांवर तोडगे मिळाले, तरी याचा अर्थ भौतिकशास्त्र 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.

मी भौतिकशास्त्राबद्दल प्रथम लिहिले, कारण त्या विषयाची मला थोडीफार माहिती आहे. पण सामान्यपणे असे म्हटले जाते की पुढचे शतक हे जीवशास्त्रावरील मूलभूत संशोधनासाठी तसेच उपयोजित संशोधनाकरितासुद्धा लक्षणीय ठरेल. विसाव्या शतकाच्या मध्यावर DNAच्या रचनेचा शोध लागला आणि जीवशास्त्राला एक वेगळाच संवेग लाभला. आज ते संशोधन पुष्कळच पुढे गेले आहे आणि त्याचा एक दाखला म्हणजे मानवी जीनॉम प्रकल्प (Human Genome Project).

ह्या प्रकल्पाचा मुख्य उद्देश आहे मानवी शरीरातील २३ गुणसूत्रांत (Chromosomes) लपलेल्या सुमारे एक लाख जीनचा 'नकाशा' तयार करणे. शरीराच्या वेगवेगळ्या अवयवांत विभिन्न संख्येने जीन आहेत. उदाहरणार्थ, मेंदूत सुमारे ३,१९५ तर हृदयात १,१९५ आणि छोट्या आतड्यांत २९७. ह्या मार्गाने जीनमधले DNAचे अनुक्रम मापणे चालू झाले आहे आणि त्यात वेगाने प्रगती होत आहे. १९९४ साली ४,७०० जीन शोधले गेले तर १९९६ मध्ये हा आकडा १६,३५४ पर्यंत पोचला. एकंदर प्रकल्प त्याच्या नियोजित वर्षांच्या म्हणजे २००५ सालच्या दोन-तीन वर्षे आधीच पूर्ण होण्याची लक्षणे दिसत आहेत.

जीनच्या नकाशातून अनेक गोष्टींचा उलगडा अपेक्षित आहे. आनुवंशिक आजारांची जीन-पाश्चरिषा (Genetic Profile) उपलब्ध झाल्यावर त्या आजारांवर पुष्कळ माहिती मिळेल. प्रत्येक

व्यक्तीच्या 'जीन-कार्ड'वर त्याच्या संपाव्य आनुवंशिक आजारांची माहिती उपलब्ध होऊ शकेल. फार काय, पुढेमागे (संपाव्य काल २०२०-२०३० दरम्यान) प्रत्येक व्यक्तीला औषधाच्या दुकानातून त्याचे स्वतःचे DNAचे अनुक्रम एका CD वर (किंवा तत्सम रेकॉर्डवर) मिळू शकतील. ही रेकॉर्ड म्हणजे त्या व्यक्तीची रचना-पुस्तिका (Construction Manual) समजावी!

रोगांचे निदान करण्यास, ते होण्याची शक्यता टाळण्यास आणि इलाजांसाठी नवनवे तंत्रज्ञान उभारण्यास ह्या माहितीचा पुष्कळच उपयोग होईल. कॅन्सरसारखे दुर्धर रोग आटोक्यात आणण्यात ह्या प्रगतीचा निश्चितच फायदा होईल. आणि हे सर्वसाधारणपणे २०२० सालापासून शक्य व्हावे.

## १८. तंत्रज्ञानाच्या नव्या दिशा

भविष्याकडे पाहताना साहजिकच विचार मनात येतो, की काय हा वेग पुढे असाच वाढत जाणार? अलीकडच्या सर्वेक्षणातून ह्या प्रश्नाचे होकारांती उत्तर मिळते. कारण नवनवे तंत्रज्ञान अनेक मार्गांनी आपल्या जीवनात घुसू पाहत आहे. काही उदाहरणे पाहा.

१. अर्थात सर्वात लक्षणीय वाढ झाली संगणक क्षेत्रात. मूर्च्या नियमाने ह्या वाढीचे यथार्थ वर्णन केले आहे. 'संगणकाची गणनक्षमता अठरा महिन्यांत दुप्पट होते'. १९५० पासून आजपर्यंत ही क्षमता दहा अब्ज पटींनी वाढली आहे. याचे कारण ठोस पदार्थाच्या भौतिकशास्त्रातील लक्षणीय वाढ. लहानात लहान पृष्ठभागावर संगणकीय आदेश इकडून तिकडे नेऊ शकणारे मार्ग चितारणे ही कला विलक्षण झपाट्याने प्रगती करत आहे. त्याचबरोबर अशा मायक्रोप्रोसेसरच्या किमती झपाट्याने कमी होत आहेत. २००५ सालापर्यंत ही किंमत ४-७ सेंटपर्यंत तर २०१० पर्यंत ती १-२ सेंटपर्यंत कमी होईल, असे भाकीत केले जाते. छोटे-वेगवान-स्वस्त अशा मार्गाने हा प्रवास चालू असल्याने असे ही भविष्य वर्तवले जाते, की पुढील २०-२५ वर्षांत एका डेस्कवर मावणाऱ्या संगणकाची शक्ती आजच्या सिलिकन व्हॅलीतल्या सर्व संगणकांइतकी असेल!
२. एकेकाळी 'वायरलेस'चा अर्थ रेडिओ असा केला जाई, कारण रेडिओमध्ये कार्यक्रम पोचवण्याचे काम रेडिओ लहरी कुठल्याही तारेचे माध्यम न वापरता करतात. आज वायरलेस टेक्नॉलॉजी सेलुलर 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. सेलुलर फोन रिस्ट-वॉचसारखे मनगटावर बांधण्याचा काळ फार लांब नाही. भविष्यातील घरात

आणि ऑफिसमध्ये टॅब-पॅड-बोर्ड पद्धतीचा वापर दिसेल. टॅब म्हणजे व्यक्तीने आपल्या खिशावर लावायचा बॅजच! पण त्यामार्गे त्याचा इतरांशी संपर्क राहतो. कारण टॅब म्हणजे फोनचाच प्रकार. पॅड हा लिहायच्या कागदासारखा, पण त्यात संगणकीय क्षमता समाविष्ट असते; तर बोर्ड हा भिंतीवर लावायचा, पण त्याचा उपयोग लिहिण्याशिवाय टी.व्ही. स्क्रीनसारखापण. त्याचा वापर निरीक्षण, टेलिकॉन्फरन्सिंग आदींसाठी होईल.

३. इलेक्ट्रॉनिक्सच्या युगातून आपण फोटॉनिक्सच्या युगात प्रवेश करायला सुरुवात केली आहे. जसजसा माहितीच्या आदानप्रदानाचा वेग वाढत जाईल, तसतसे इलेक्ट्रॉनच्या माध्यमातून ती पाठविणे अवघड होत जाईल. साधारणपणे सेकंदाला ५० गिगाबिट्सहून जास्त वेगासाठी इलेक्ट्रॉन ऐवजी फोटॉनचा वापर सुकर ठरणार आहे. फायबर-ऑप्टिक्समध्ये तसे शक्य होते. बारक्या फायबरमधून हे प्रकाशकण सुलभतेने प्रवास करतात. त्यामुळे पूर्ण-प्रकाशावलंबी नेटवर्क अस्तित्वात येणार. ऑप्टिकल अॅम्प्लिफायर तयार करण्यात अनेक संशोधक गुंतले आहेत. साध्या अॅम्प्लिफायरमध्ये प्रकाशाचा इलेक्ट्रॉन माध्यमावर प्रभाव टाकून मूळ सिग्नलची शक्ती वाढवली जाते; त्याऐवजी इथे संपूर्ण प्रकाशाच्या माध्यमांचाच वापर होतो. ५० गिगाबिट्स प्रति सेकंदाहून जास्त वेगाने येणाऱ्या माहितीची शक्ती वाढवून देण्यासाठी ऑप्टिकल अॅम्प्लिफायर जास्त सक्षम ठरणार. इंटरनेटसारख्या यंत्रणेला भविष्यकाळात प्रकाशाच्या एका वेव्हलेंथवर लेसरची स्पंदने-सेकंदाला सहस्रअब्ज इतकी-नेण्याच्या किमयेचा फायदा होणार. एकूण 'माहिती'ची वाहतूक-वर्दळ वाढत जाणार, त्यासाठी उपयुक्त असे महामार्ग खोलण्याकडे आजच्या भविष्यवेधी तंत्रज्ञानाची वाटचाल आहे.
४. मी १९५७ 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 आकारमानाप्रमाणेच वापराच्या पद्धतीवरदेखील भर दिला गेल्याने आजचे संगणक पूर्वीच्या तुलनेत पुष्कळच 'वापरणाऱ्याचे मित्र' ठरत आहेत. एड्सॅकवर मशीनची भाषा वापरून कागदी टेपवर प्रोग्रॅम पंच करताना चुका निस्तरता नाकी नऊ यायचे. त्या तुलनेत आजचा संगणक हा वापरणाऱ्याशी 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 'शहाणे' होण्याची प्रक्रियापण संगणकात चालू राहिल. अधिक कार्यक्षमतेकडे नेणारा हा एक प्रकारचा उत्क्रांतिवादच नव्हे का?

५. १९७५-७६ च्या सुमारास भारतात SITE प्रकल्प-Satellite Instructional Television Experiemnt-राबवण्यात आला, त्याचा उल्लेख मी आधी केला आहे. देशात अशा काही खेड्यांत, जिथे येण्याजाण्यास रस्तेदेखील नव्हते, उपग्रहातून टेलिव्हिजन कार्यक्रमांद्वारे लोकशिक्षणाचा प्रयोग ह्या प्रकल्पात करण्यात आला. प्रयोग यशस्वी झाला आणि त्यातून दुर्गम भागांशी संपर्क साधण्यात उपग्रहांचे तंत्रज्ञान कसे उपयोगी पडते, याचे प्रात्यक्षिक पाहायला मिळाले. आज ते तंत्रज्ञान पुष्कळ पुढे गेले आहे. सेलुलर 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 काळाप्रमाणे दळणवळण जास्त जास्त उच्च फ्रीक्वेंसीवर होऊ लागेल. १९५०-६० च्या दशकात ३-३० MHz वरून आता लवकरच ३० 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 अरे अँटेना घेऊ लागले आहेत. भारतासारख्या विकसनशील देशाला फायबर ऑप्टिक्स नेटवर्कऐवजी हा मार्ग जास्त परवडण्यासारखा आहे.

६. विसाव्या शतकात मोटारकार, वेगवान आगगाड्या आणि विमाने यांनी परिवहनाच्या क्षेत्रात क्रांती घडवून आणली. कंप्यूटर नियंत्रणाचा प्रभाव तीनही क्षेत्रांत आहेच, पण वेळेच्या बचतीचे उद्देशही गाठले जात आहे. भारतात अजूनही ताशी ५५ कि.मी. (म्हणजे ३५ मैल) वेगापलीकडे सरासरी वेग ठेवणाऱ्या ट्रेन्सवर 'सुपर फास्ट' विशेषण लावून अधिभार आकारण्यात येतो ही गोष्ट वेगळी! पण जपान आणि फ्रान्समधल्या वेगवान आगगाड्या ताशी २७० ते ३०० कि.मी. वेग गाठू शकतात आणि 'मॅगलेव्ह'गाड्या (चुंबकीय क्षेत्र वापरून तरंगत जाणाऱ्या गाड्या) लवकरच पुढल्या ५-१० वर्षांत ताशी ४००-५०० कि.मी. वेग गाठू शकतील. अमेरिकेत मोटारकार आणि विमान यांच्या स्पर्धेमुळे

आगगाड्यांचा व्हावा तितका विकास झाला नाही. हवेतले धक्के बसू नयेत म्हणून अशा अतिजलद गाड्यांसाठी खास बोगदे बांधावे लागतील. अशा बोगद्यांत वेगमर्यादा ताशी २००० कि.मी. पर्यंत वाढवता येईल. अशा स्थितीत मोठी व्याप्ती असलेल्या विस्तीर्ण देशांत (त्यात अमेरिका येतेच) आगगाड्यांना पुन्हा भाव चढेल. फार काय, महासागरांखालून देखील अशा गाड्या धावू शकतील. मोटरगाड्या अधिकाधिक 'यूजर फ्रेंडली', फार काय चालकाशी जुळवून घेणाऱ्या होतील. चालकाची मनस्थिती, थकवा जाणून चालण्याची प्रवृत्ती त्यांच्यात आणली जाईल. अधिक दूरच्या भविष्यात स्वयंचलित गाड्या इच्छित स्थळी, ट्रॅफिक, रस्ता, हवामान इत्यादींची पूर्ण दखल घेऊन पोचू शकतील! आणि प्रदूषण कमी करण्यासाठी इंजिनात सुधारणा सतत चालू राहिलच.

सुपरसॉनिक विमाने तंत्रज्ञानाला शक्य असली, तरी फारशी लोकप्रिय झाली नाहीत, कारण त्यापासून सॉनिक बूमसारखा आसमंताला होणारा उपसर्ग! खूप उंचीवरून ध्वनीच्या तिप्पट वेगाने जाणारी विमाने तंत्रज्ञानाला साधली, तरी ह्या समस्येवर उपाय निघणे जरूर आहे. पण सबसॉनिक जेट्स ८०० प्रवाशांना घेऊन जाणारी, निकट भविष्यात वापरात येऊ शकतील.

७. अंतराळ संशोधनासाठी लागणाऱ्या यानातही आमूलाग्र क्रांती होईल. यानासाठी लागणारे इंजिन कसे असेल? पाच वेगवेगळ्या पद्धतींवर 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 १००-२०० पौंड वजनावरून हलके होत होत ३०-४० पौंडांपर्यंत आलेत. त्यातही सतत सुधारणा चालू आहे. अर्थात माणसांनी सूर्यमालेतल्या इतर जागांवर जाण्यापेक्षा यंत्रे-रोबो पाठविणे अजूनही जास्त श्रेयस्कर मानले जाते. तरीपण मंगळावर पुढील १५-२० वर्षांत मानवाने पाय ठेवले तर आश्चर्य वाटणार नाही.

८. परंतु एक मतप्रवाह असाही आहे, की इकडून तिकडे जाण्याची धावपळ कशाला? फार काय घरबसल्या सर्व कामे करता आली, तर रोजची ऑफिसला जाण्याची यातायात टळेल. घरबसल्या शाळा, घरबसल्या कॉन्फरन्सेस हे सर्व संगणक- अधिक दूरसंचार माध्यमांनी शक्य करून दाखवले, तर ऊर्जेची आणि वेळेची पुष्कळ बचत होईल. ही परिस्थिती २०२० सालापर्यंत यायला हरकत नाही. अशा स्थितीत आवागमन हे जास्त करून

पर्यटनासाठीच राहिल.

९. पदार्थविज्ञानाच्या मूलभूत शोधांतून 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 पाहा. 'स्वयं-जुळवणी' ह्या पद्धतीत माणसाने एखाद्या मोठ्या यंत्राचे भाग एकत्र आणण्याऐवजी ते स्वयंस्फूर्तपणे जवळ येऊन जुळतात... कारण तशी पद्धत निसर्गच आपल्याला दाखवून देतो. पदार्थांच्या नैसर्गिक गुणांचा वापर जुळवणीच्या कामासाठी निसर्ग जसा जास्तीत जास्त प्रमाणात करतो, तसाच यांत्रिक उत्पादनातही मानवाने घडवून आणावा. उदाहरणार्थ, सेमीकंडक्टर क्रिस्टलमध्ये सिलिकन आणि डोपिंगचे अणू कसे ठेवायचे ते कृत्रिमरीत्या न ठरवता त्यांच्या उष्मागतिकी गुणांतून ठरवणे सोपे असते. पुढेमागे, नैसर्गिक प्रवृत्तीचा वापर करून अतिसूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक मेमरीचे एखादे यंत्र-स्वतःचीच निर्मिती-आणखी छोट्या घटकांपासून करू शकेल!

१०. याच पद्धतीत पुढे 'बुद्धिमान 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, आहेत त्याच ठिकाणी शांबूत राहतील. आणि काही वस्तू 'आता वय झाले, आपल्याकडून पुरेसे काम होत नाही' असे 'म्हणून' निवृत्त होतील! ही कल्पनारम्यता नसून पुढे-मागे घडणारे वास्तव आहे. पदार्थांच्याच नैसर्गिक गुणांचा वापर करून त्यांच्यात प्राप्त परिस्थितीला प्रतिसाद देण्याची क्षमता विकसित करणे, हा आजच्या संशोधनाचा आणि उद्याच्या वास्तवाचा विषय आहे.

११. कुठल्याही तंत्रविकसित समाजाची ऊर्जेची भूक वाढत जाते. जरी उत्खनन करून सागर आणि भूमीतून तेलाचे साठे जास्त कार्यक्षमपणे बाहेर काढले जातील, तरी शहाणपणाचा मार्ग काही पर्यायी ऊर्जेचा स्रोत शोधत राहण्याचा आहे. सौर ऊर्जा ज्या प्रमाणात पृथ्वीकडे येते, ती आपल्या एकूण गरजेच्या १५,००० पट आहे. पण ती उपयोगात कशी आणायची? अंतराळात प्रचंड आरसे उभारून सूर्यप्रकाश केंद्रित करून त्यातील ऊर्जा पृथ्वीतलावर सूक्ष्म तरंगांच्या 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 मिळविण्याचे प्रयत्न चालू राहतील. २०२५

साली ऊर्जेची गरज, वीजनर्मितीच्या रूपात, २६५ टक्क्यांनी वाढलेली असेल आणि सौर ऊर्जा त्याच्या ६० टक्क्यांपर्यंत गरज भागवू शकेल, असा अंदाज आहे.

१२. ऊर्जेसाठी न्यूक्लियर फ्यूजन हा दुसरा भविष्यवेधी मार्ग. पाण्यातला हायड्रोजन, किंवा अधिक सुकर म्हणजे हेवीवॉटरमधला हेवी हायड्रोजन (ड्यूटीरियम) इंधन म्हणून वापरून त्यापासून हीलियम निर्माण केला, की ऊर्जा मिळते. प्रत्यक्ष सूर्यच याचे प्रात्यक्षिक आहे. असे असताना हा उपाय अजून का अमलात येत नाही? कारण तांत्रिक बाबी- मुख्यत्वेकरून प्रचंड दाबात, प्रचंड तापमानात, प्लाज्मा रूपात हे इंधन स्थिर धरून ठेवणे ही अत्यंत अवघड बाब आहे. त्यासाठी लेजर फ्यूजन, टोकामाक आदी पद्धतींवर संशोधन चालू आहे. सध्याच्या अंदाजाप्रमाणे फ्यूजनवर ऊर्जा निर्माण करणारी जनित्रे २०५० पर्यंत अस्तित्वात येतील.

ही झाली काही ठळक आणि निवडक उदाहरणे. ह्याशिवाय आणखी पुष्कळ क्षेत्रे निवडता येतील. आरोग्याच्या क्षेत्रात आजवर झालेल्या प्रगतीचा आढावा घेताना तीन महत्त्वाचे टप्पे असे निश्चित करता येतील - योग्य उपाय वापरून स्वच्छता टिकविणे ही सामाजिक जाणीव हा एक टप्पा; योग्य प्रकारे भूल देऊन शल्यचिकित्सा, हा दुसरा टप्पा; व्हॅक्सिन आणि ॲंटीबायोटिक्सचा 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 जीनबद्दल अधिक माहिती मिळत जाईल तसे आपण काही दुर्घट समजणाऱ्या रोगांना आटोक्यात आणू शकू. कॅन्सर, स्किड, हीमोफीलिया, 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 सावरण्याचे प्रयत्न सुरू झाले. एकविसाव्या शतकातल्या तंत्रज्ञानाला हा समतोल सांभाळण्याची दक्षता बाळगावी लागेल. पृथ्वीवरचा कचरा एका अंतराळयानात टाकून सूर्यात भिरकावून घायची कल्पना वास्तवात उतरवण्याजोगी नाही. पण १०,००० अंश तापमानाच्या प्लाज्मा भट्टीत सर्व तऱ्हेचा कचरा टाकून नष्ट करण्यावर संशोधन चालू आहे. (सामान्य भट्ट्या २००० सेल्सियसवर तापत नाहीत.) सर्व प्रकारचे हायड्रोकार्बन, PCB टॉक्सिन्स आदी या प्रचंड उष्णतेत भग्न होऊन द्रवीभूत होतात. हे द्रव थंड केले, की खडकात रूपांतरित होते, ज्यांचा उपयोग रस्ते बनविण्यासाठी होऊ शकतो.

जेनेटिक इंजिनियरिंगचा 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.

## १९. पृथ्वीपलीकडे जीवसृष्टीचा शोध

ह्या भविष्यवेधी स्वप्नात मला एक भर घालावीशी वाटते. ह्या दशकात खगोल निरीक्षणांनी काही ताऱ्यांभोवती ग्रह असल्याचा शोध लावला आहे. अंतराळात प्रचंड वायुमेघात कार्बनिक रेणू सापडत आहेत. तेव्हा एखाद्या ग्रहावर आपल्याहून विकसित जीवसृष्टी असेल का? आपले रेडिओ तंत्रज्ञान एकविसाव्या शतकात इतके प्रगत झाले असेल, की १५-२० प्रकाशवर्षे अंतरापर्यंतच्या ताऱ्यांभोवती अशा जीवसृष्टीचा शोध लावू शकेल. विश्वात आपण एकटे आहोत का? ह्या प्रश्नाचे नकारात्मक उत्तर मिळाले, आपण विश्वात एकटे नाही असे सिद्ध झाले, तर तो मानव-संस्कृतीच्या अखंडा इतिहासातला सर्वात महत्त्वाचा शोध ठरेल.

ह्या संदर्भात एक प्रयोग करून पाहण्याजोगा आहे. सुमारे १९७५ च्या आसपास फ्रेड हॉएल आणि चंद्रा विक्रमसिंहा ह्या दोघा ब्रिटिश शास्त्रज्ञांनी अशी कल्पना मांडली, की पृथ्वीबाहेर अफाट पसरलेल्या अंतराळात जीवाणू (Bacteria) मोठ्या प्रमाणात आहेत. काही लांबचे जीवाणू एखाद्या धूमकेतूचे वाहन वापरून म्हणजे त्यातून गोठवलेल्या अवस्थेत प्रवास करून पृथ्वीजवळ येतात आणि धूमकेतूचे बहिर्भागाचे बाष्पीभवन होऊन शेपूट तयार झाली, की त्या शेपटीतून बाहेर पडतात. जर धूमकेतूची शेपूट पृथ्वीच्या वायुमंडलाला घासून गेली, तर त्यांचा शिरकाव वायुमंडलातून पृथ्वीवर होतो. अशा जीवाणूतून पृथ्वीवर जीवसृष्टी उद्भवली, असा ह्या दोघा शास्त्रज्ञांचा दावा आहे. पृथ्वीवरील रोगांच्या साथी ह्या कल्पनेला पुष्टी देतात, असेही त्यांनी म्हटले आहे.

ह्या कल्पनेला पुष्कळ विरोध झाला, तरी आता त्याबद्दल अनुकूलता वाढते आहे. जर आपण आकाशात फुगे सोडून त्यांना उपकरणे बांधून विविध उंचीवरील हवेचे नमुने गोळा केले, तर वरील सिद्धान्ताप्रमाणे प्रथम पृथ्वीपासून लांब जाताना जीवाणूंची संख्या कमी होईल, (हे पृथ्वीवरचे जीवाणू समजायचे!) तर पुढे जास्त उंचीवर ती पुन्हा वाढू लागेल; कारण 'वरून' आलेल्या जीवाणूंची संख्या वाढणार. असा प्रयोग भारतातील अंतराळ संस्थेने हाती घेतला असून त्यातून ह्या सिद्धान्तावर प्रकाश पडण्याची अपेक्षा आहे.

## २०. 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 पाहायला मिळतील-जी स्वप्ने आज आपल्याला विज्ञानरंजक कथांचे विषय वाटतात. पण ह्या नाण्याची दुसरी बाजूपण 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. काहींचा उल्लेख ह्या लेखात आधीपण झाला आहे.

१. १९४५ साली पहिला अणुबॉम्ब वापरला तेव्हा प्रकल्पाचे प्रमुख ओपेनहायमर यांना भगवद्गीतेतल्या श्लोकाची आठवण झाली :

दिवि सूर्यसहस्रस्य भवेद्युगपदुत्थिता।

यदि भाः सदृशी सास्याद्भासस्तस्य महात्मनः॥

सहस्र सूर्यांच्या तेजाची उपमा सार्थ करणारा हा शक्तिस्रोत आता शेकडो काय, सहस्र पटींनी वाढून संपूर्ण मानव-संस्कृतीला संपवून टाकू शकेल. संहारक शस्त्रे आणि ती दूरवर पाठवू शकणारी अस्त्रे विविध राष्ट्रांच्या शस्त्रागारांत आहेत. विसाव्या शतकाने दोन जागतिक युद्धांत अपरिमित मनुष्यहानी पाहिली. पण तिसरे जागतिक युद्ध झाले आणि त्यात अण्वस्त्रे वापरली गेली, तर संपूर्ण प्राणिजगतच खलास होईल. दुर्दैवाने शीतयुद्ध संपल्यावरही अजून ह्या साठ्यात कपात होण्याची चिन्हे दिसत नाहीत.

२. अणु-ऊर्जेसाठी वापरलेले इंधन-मग ती ऊर्जा घातक कार्यासाठी असो वा विधायक कार्यासाठी-मागे जो कचरा सोडून जाते, तोही डोकेदुखीचा स्रोत आहे. निव्वळ डोकेदुखीच नव्हे, तर कॅन्सरसारखे दुर्धर रोगही किरणोत्सर्गी कचऱ्यातून उद्भवू शकतात. एकंदरच हे तंत्रज्ञान जेमतेम पाच दशकांचे असल्याने दीर्घकालातून उद्भवणारे धोके आपल्याला कितपत माहीत झाले आहेत आणि आटोक्यात आणले आहेत, हे सांगणे कठीण आहे.

३. यंत्रांवर, 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 प्रश्नांतून 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 उक्तीचा प्रत्यय पाहायला मिळतो आहे.

४. एकविसाव्या शतकातील दैनंदिन जीवनात नियंत्रण, निर्णय, कृती इत्यादींची 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 निरुपयोगी होत चाललो, असे वाटून अवमानाचा धक्का बसल्यास नवल नाही.

५. शेवटी एक प्रश्न आपल्या भाषेबद्दल! संगणकाच्या आणि दळणवळणाच्या सतत बदलत जाणाऱ्या निकट भविष्यात मराठीचे भवितव्य काय? ती टिकेल का?

ह्या प्रश्नाचे उत्तर भाषेच्या उत्क्रांतीवर अवलंबून आहे. भाषेला ह्या नव्या सी. डी. रॉमच्या युगात संगणकाशी जुळवून घ्यावे लागणार. भाषा लिहिण्याचे, संपादन करण्याचे संगणकीय मार्ग शक्य तितके उपयोगकर्त्यांच्या सोयीचे (User Friendly) असले पाहिजेत. त्याचप्रमाणे विज्ञान-तंत्रज्ञानातले नवनवे पारिभाषिक शब्द भाषेला खपवून घेता आले पाहिजेत. पण त्याहूनही महत्वाचे म्हणजे भाषेत सतत नवनिर्मिती होत राहिली पाहिजे. ही नवनिर्मिती झपाट्याने घडणाऱ्या स्थित्यंतराला सक्षमपणे प्रतिबिंबित करणारी असायला पाहिजे.

कदाचित एक काळ असा येईल, जेव्हा सर्व राष्ट्रांचा सारखा विकास होऊन जीवनमानात सारखेपणा येईल. सगळीकडे समानता आली की मग लक्षणीय असे घडणार नाही. भौतिकशास्त्रात अशा स्थितीला 'उष्मागतिकीतला समतोल' (Thermodynamic Equilibrium) म्हणतात. त्या दशेत जीवन अतिशय कंटाळवाणे होईल. तशी स्थिती आज नाही आणि निकट भविष्यात येण्याजोगी नाही. आपण आशा करू या की तशी स्थिती पुष्कळ शतके उद्भवणार नाही.

आणि तोपर्यंत जीवनात विविधता आहे. हास्यरस आहे तसा कारुण्यरसही आहे. सामाजिक असमतोल आहेत, संघर्ष आहेत. विज्ञान-तंत्रज्ञानाच्या गतिमानतेमुळे सभोवतालची एकंदर स्थिती बदलते आहे. ह्या गतिमानतेचे चित्र समर्थपणे प्रतिबिंबित करणाऱ्या भाषाच जिवंत राहतील आणि समृद्ध होतील.

आणखी एक स्थित्यंतर घडू पाहते ते ज्यांना आपण 'तीन आर' म्हणतो त्या - 'रीडिंग, रायटिंग आणि अॅरिथमॅटिक' - तीन मानवी कलांबद्दल. एकविसावे शतक पुरे होण्याआधीच मला वाटते ह्या तीनही गुणांची वाट लागेल. कशी ते आता पाहू!

## २१. तीन 'आर' चे भवितव्य

'रीडिंग-रायटिंग अॅण्ड अॅरिथमॅटिक' तीन 'आर' म्हणून ओळखली जाणारी सुशिक्षितपणाची लक्षणे! माणूस 'शिकलेला' म्हणजे त्याला लिहिता-वाचता येते. त्यातून आकडेमोडीत

कुशल असला, तर त्याहून वरच्या पायरीवरचा. एका टोकाला साक्षरता आंदोलनात न्यूनतम पातळी म्हणजे अक्षर-ओळख आणि स्वतःची सही करता येणे. दुसऱ्या टोकाला अर्थातच मर्यादा नाही. प्रचंड ग्रंथालये आणि सतत वाढत जाणारी ग्रंथसंपदा विद्वत्तेच्या विस्तारणाऱ्या क्षितिजांची साक्ष देत आहेत. ग्रंथपालांच्या विविध काळजांत एक अशी की, पुढे येत राहणारे साहित्य ठेवायचे कुठे?

तीन 'आर' पैकी तिसऱ्या 'आर'ची वाट संगणकीकरण लावत आहे. पॉकेट कॅल्क्युलेटर आल्यावर पाठे पाठ करायची आवश्यकता भासेनाशी झाली. एका पिढीपूर्वी होते, तितके महत्त्व आज पाठ्यांना शालेय पाठांतरात राहिले नाही आणि हळूहळू असाही मतप्रवाह येईल की, जी काय आकडेमोड करायची, ती करायला कॅल्क्युलेटर असल्यावर ती विद्यार्थ्यांनी कशाला शिकावी? त्यांना गणिताची मूलतत्त्वे समजली की झाले. आकडेमोडीची गरज कशी कमी होत चालली आहे, याचे उदाहरण पहा.

दोन पिढ्यांपूर्वी बरेच दैनंदिन हिशेब तोंडी करण्याची पद्धत होती. चिं. वि. जोशी यांच्या चिमणरावाचा गवळी महिन्याच्या दुधाच्या बिलाचा हिशेब तोंडी लावतो आणि तोच हिशेब कागद-पेन्सिल घेऊन त्याच्या मुलीला (शाळेत शिकणाऱ्या) जमत नाही. एकेकाळी तोंडी हिशेब लावणारे दुकानदार नंतर कॅश रजिस्टर वापरू लागले. सुरवातीच्या जमान्यात रजिस्टरवर बेरीज असे, ती पाहून वाचून दुकानदार पैसे वसूल करीत असे. नंतर हे बिल छापील घेत असे. परंतु ह्या सर्व क्रियेसाठी दुकानदाराला ग्राहकाने घेतलेल्या प्रत्येक वस्तूची किंमत रजिस्टरवर स्वतः नोंद करावी लागे. पुढे 'बार-कोड'चा जमाना आला. बार कोड हा प्रत्येक वस्तूवर लावलेला असतो. ते संकेत चिन्ह 'वाचणारा' स्कॅनर संगणकाशी जोडलेला असून कोडवरून स्कॅनर फिरवला की, किंमत संगणकात नोंदली जाते आणि पुढे बिलात येते.

याचा अर्थ विक्रेत्याला-म्हणजे 'गल्ल्या'वर बसलेल्या व्यक्तीला-आकडेमोडच काय, पण किंमत वाचता येणेसुद्धा आवश्यक नाही. तरी शेवटी ग्राहकाने नोटा दिल्या, की त्या त्या वाचून योग्य ती 'चेंज' परत देणे, हे कामदेखील संगणक करू शकतो. आणि या पुढची पायरी ग्राहकाने बँक किंवा क्रेडिट कार्ड दिले, की बिलाची रक्कम आपोआपच त्याच्या खात्यामधून वजा होईल.

म्हणून आता आकडेमोड न जाणणारी, फार काय अक्षर-ओळख नसलेली व्यक्तीसुद्धा व्यवहार करू शकते.

संगणकीकरणाने ग्रंथपालाची जागेबद्दलची अडचणही सोडविली आहे. अखरे कपाट भरून पुस्तकातला सर्व मजकूर एका बारक्या सी.डी. रॉममध्ये वाचता येतो आणि त्या चकतीतून हव्या त्या पुस्तकातील हवे ते 'पान' वाचता येईल, अशी

उपकरणे आहेत.

पण तुम्ही म्हणाल, दुकानात किंवा ग्रंथालयात कपाटातले पुस्तक तिथल्या तिथे वाचण्याची मजा वेगळी. किंवा गादीवर लोळत, हव्या त्या पोजमध्ये पडून पुस्तक वाचत झोपी जाणे हे सुख ह्या सी.डी.रॉममध्ये नाही.

आज नसेल, पण उद्याची बात वेगळी! कारण पुस्तकाच्या आकाराची उपकरणे येत आहेत. मांडीवरचे संगणक आल्यावर अशा उपकरणांना काय तोटा? अशा एका संगणकीय 'पुस्तकात' हव्या त्या ग्रंथामधला मजकूर भरून ठेवला, की तो त्या पुस्तकात केव्हाही उपलब्ध असेल.

सार्वजनिक वाचनालयात अमुक एक पुस्तक आणायला आपण जातो व 'ते पुस्तक 'इश्यू' झाले आहे, उपलब्ध नाही', हे ऐकून हिरमुसले होतो. तसे भविष्यात होऊ नये. ग्रंथालयाचे सदस्य झाल्यावर तुम्हांला ग्रंथालय संगणकीय पुस्तक देईल. जेव्हा तुम्हांला अमुक एखादा ग्रंथ वाचायचा असेल, तेव्हा त्या पुस्तकात त्या ग्रंथाचा मजकूर भरून ग्रंथालय तुम्हांला देईल. अशा तऱ्हेने अनेक वाचक एकाच वेळी एकाच लोकप्रिय ग्रंथाचा आनंद घेऊ शकतील.

साहित्य संमेलनांत किंवा अन्य व्यासपीठांवर वेळोवेळी चर्चा होतात-मराठी भाषा कशी टिकणार? अर्थात भाषेला बहर येण्यासाठी त्यात उत्कृष्ट साहित्यनिर्मिती होत राहणे ही पहिली आवश्यक गोष्ट आहे. पण ती निर्मिती वाचकांपर्यंत पोचण्यासाठी, भाषेला आजच्या संगणकीय तंत्राचा वापर करणे आवश्यक ठरणार आहे. कागदाची वाढती किंमत आणि टंचाई यांवर मात करण्यासाठी इलेक्ट्रॉनिक माध्यमाचा वापर करण्याची जबाबदारी प्रकाशकांवर येणार आहे. पाश्चात्य जगात अनेक नियतकालिके आता ह्या माध्यमातून येत आहेत.

मानवी हस्ताक्षरात ग्रंथ लिहिले जात होते, तेव्हा मुद्रणकलेच्या शोधांमुळे मोठी क्रांती झाली. थोड्या वाचकांना उपलब्ध असलेले ग्रंथ जनसामान्यांपर्यंत पोचू शकले. आता तशीच क्रांती घडू पाहत आहे. त्या क्रांतीचा फायदा घेणे कुठल्याही भाषेला आवश्यक ठरणार आहे.

अर्थात ह्या क्रांतीचे पडसाद जाणवणार, केवळ लेखक-वाचकांना नव्हे, तर सगळ्यांना. हळूहळू 'वर्ड प्रोसेसिंग' म्हणजे संगणकावर लेखन करणे, हे हस्तलेखनापेक्षा अधिक प्रचलित होणार, कारण ह्या प्रकारात आपण लिहिलेल्या मसुद्यात हवे तसे काट-छाट, फेर-फार करू शकतो. खाडाखोडीचा प्रकार नाही. मराठीत वर्ड प्रोसेसिंग चालू आहे. त्याचा पुरेसा अभ्यास झाल्यावर मलाही तो वापरण्याचा मोह होणार.

अर्थात ह्या प्रकाराने हाताने लिहिण्याची कला हळूहळू लुप्त होणार. ज्याप्रमाणे, पॉकेट-कॅल्क्युलेटरमुळे आकडेमोडीची कला लुप्त होत चालली आहे, त्याप्रमाणे मला वाटते २०५० साली भरणाऱ्या साहित्य संमेलनात 'पुराणकालीन' लेखकांच्या

हस्तलिखितांचे प्रदर्शन असेल. त्यांत पु.ल., कुसुमाग्रज, दुर्गा भागवत आदींच्या हस्तलिखितांकडे पाहून लोक कौतुकाने म्हणतील, "हे लेखक आपल्या हाताने हे सर्व लिहीत होते..."

त्यामुळे सध्याच्या मापदंडाने आपले वंशज 'निरक्षर' होणार, कारण त्यांना अक्षरे लिहिण्याचा सराव नसेल. आणि निदान आज वर्ड प्रोसेसरवरील बटने ओळखून ती दाबता येण्याइतपत अक्षरओळख आहे. पुढे आपण बोलतो, त्या आवाजाचे शब्दात रूपांतर होऊन संगणकावर येऊ शकेल, हा काळही दूर नाही. म्हणजे स्टेनोग्राफरना सुट्टी!

तुम्ही म्हणाल, पण निदान सही तरी करता आली पाहिजे, नाही तर महत्त्वाच्या दस्तावेजांचे काय होणार? तुम्ही केलेल्या सहीची जागा कोणता पर्याय घेऊ शकेल?

त्यावर उत्तर असे, की संगणकाद्वारे 'स्कॅन' करून बनावट सद्दा करणे शक्य होईल आणि शेवटी लोक अशा निष्कर्षाप्रत येऊन पोचतील, की बोटांच्या ठशांना पर्याय नाही, म्हणजे प्रत्येक व्यक्तीच्या अंगठ्याच्या छापाचा वापर सहीची जागा घेईल. संगणकाद्वारे ठसे स्कॅन करून ही नवी सही खरी की बनावट, हे ठरविता येईल. याचा अर्थ, ह्या ठशांना समाजात प्रतिष्ठा प्राप्त होईल. 'आम्ही तुमच्यासारखी सही करत नाही. बोटांचे ठसे स्कॅन करतो,' असे पुढारलेले लोक मागासलेल्यांना सांगतील. दूरदर्शनवर सरकारी जाहिराती येतील, 'सही करणे सोडा, बोटांचे ठसे स्कॅन करा!'

अंकगणित गेले, पाटोपाट लिहिणे गेले. वाचण्याचे काय? ते तर आवश्यक नव्हे का? मेंदूत माहिती पोहोचविण्याचा तो एक महत्त्वाचा मार्ग नव्हे का? म्हणून त्या तीन 'आर'पैकी वाचनकला जास्त टिकेल. पण किती वेळ? जसजसे मानवी मेंदूचे मानवाला अधिक आकलन होईल, तसे त्यात माहिती भरण्याचे वेगळे मार्ग निघतील. संगणकात माहिती भरतो, तसे डोक्याला इलेक्ट्रोड लावून मेंदूत माहिती भरणे शक्य होईल आणि मग वाचनासारखा पर्याय फार 'कार्यक्षम' नाही, म्हणून टाकाऊ ठरेल. हे सर्व केव्हा घडेल? आपण तर्क करतो, त्यापेक्षा निम्याहून कमी वेळात! कारण आपण तर्क करतो, ते आजची प्रगती पाहून आणि प्रगतीचा वेग दिवसेंदिवस वाढत आहे.

## २२. भारताची झेप कुठपर्यंत?

India 2020 - A Vision for the New Millennium ह्या पुस्तकात ए.पी.जे. अब्दुल कलाम आणि वाय.एस. राजन यांनी भारताच्या पुढील दोन दशकांचा भविष्यवेध घेतला आहे. हे पुस्तक एका दहा वर्षांच्या मुलीला अर्पण केले आहे, जिने डॉक्टर कलाम यांच्या भाषणानंतर त्यांची स्वाक्षरी मागितली होती. "तुझी काय महत्त्वाकांक्षा आहे?" असे डॉ. कलाम यांनी विचारले, तेव्हा तिचे उत्तर होते, "मला विकसित

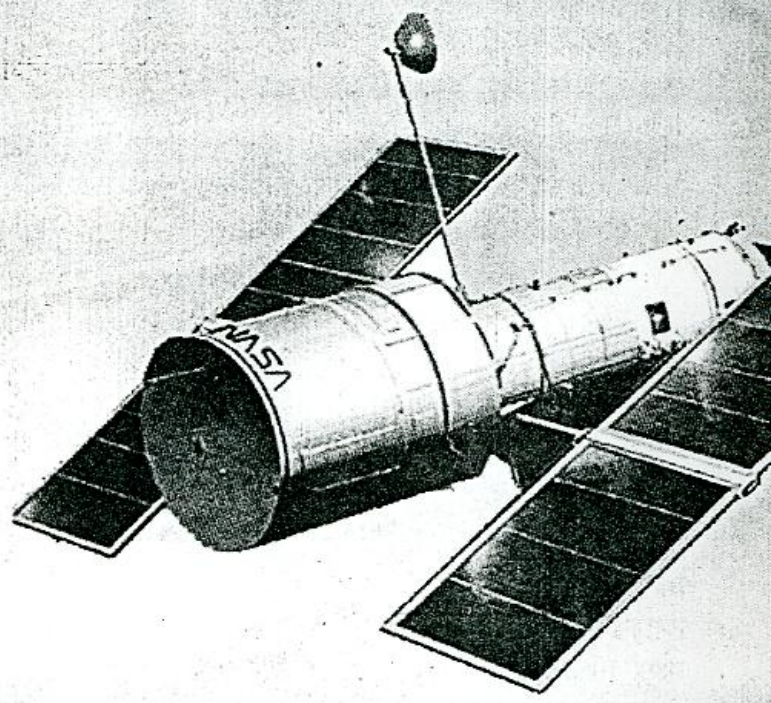
भारतात रहायचे आहे.” ह्या पुस्तकाची सुरुवातच ‘काय भारत एक विकसित देश बनू शकेल का?’ ह्या प्रकरणाने होते.

ज्या देशांचा GDP (पूर्ण देशांतर्गत उत्पादन : Gross Domestic Product) १०० अब्ज डॉलरवर आहे, अशा देशांना जर ‘मोठे देश’ मानले तर त्यात भारताचा समावेश १९८० पासून झाला. त्या वेळी यातील १९ देशांच्या सुमारे ८१६८ अब्ज डॉलर एकूण उत्पादनाच्या केवळ १.७४ टक्के भाग भारताचा होता. १९९६ मध्ये ह्या देशांत भारत १५ व्या ठिकाणी होता. तेथून २०२० साली पाचव्या स्थानावर पोचायला त्याच्या वाढीचा दर ७ टक्के ते ९ टक्क्यांपर्यंत वाढवत न्यावा लागेल, तर चौथ्या स्थानावर पोचायला यातील वाढ २०१२-२०२० च्या दरम्यान १३ टक्क्यांपर्यंत न्यावी लागेल. ही लक्ष्ये अवघड असली, तरी अशक्य नाहीत. त्यासाठी विज्ञान-तंत्रज्ञानाचा पाया भक्कम असायला पाहिजे. त्याचप्रमाणे वरच्या पायऱ्यांवर चढताना तिथे आधीच जाऊन बसलेल्यांचा विरोध होतो, त्याला समर्थपणे झेलले पाहिजे. साक्षरतेपासून उच्च शिक्षणाकडे निश्चित वाटचाल ठेवली पाहिजे. संतति-नियमन करून लोकसंख्येची वाढ रोखली पाहिजे. आणि अंधश्रद्धा सोडून दैनंदिन जीवनात वैज्ञानिक दृष्टिकोन वापरला पाहिजे.

परंतु विकासाचे दंडक केवळ आकडेवारीने सांगण्यासारखे नाहीत. अशा GDP च्या तक्त्यात खूप उच्चस्थानी असलेले देश ‘सुखी’ आहेत का, हा एक वेगळा पण महत्त्वाचा प्रश्न आहे. जीवन जगण्याचे समाधान हे कार-कॉम्प्युटर-एअरकंडिशनर्सनी मोजता येत नाही-ते मनःशांतीतून, व्यक्ती-व्यक्तीतील जिढ्यातून जाणवते.

मला वाटते भारतीय समाजात, भारतीय-उपखंडात, परंपरागत चालत आलेली जीवनमूल्ये हा त्या भागातला GDP मध्ये मोजता न येण्याजोगा अमोल ठेवा आहे. विकासाकडे जाताना ही जीवनमूल्ये हरवू नयेत, अशी दक्षता घ्यावी लागेल. लोकसंख्येला आळा घालताना छोटे कुटुंब निश्चितच आवश्यक आहे. पण ते स्थिर, टिकणारे, सुखी असावे. वृद्धांची काळजी हा प्रश्नही पाश्चात्य जीवन-मूल्यांच्या अंधानुकरणाने अधिक बिकट बनू लागला आहे. मादक द्रव्यांचे सेवन तरुण पिढीत वाढत आहे, ते देखील पश्चिमी वाऱ्यांमुळे.

मला स्वतःला खात्री आहे, की पुढील वीस-पंचवीस वर्षांत भारत विकसित देशांच्या पंक्तीत जाऊन बसेल. पण त्याचे भारतीयत्व टिकून राहिल का? सर्वच प्राचीन परंपरा कायम ठेवण्याजोग्या नाहीत. काही कालबाह्य झाल्या आहेत, तर काही वैज्ञानिक सत्यशोधनामुळे अंधविश्वास ठरल्या आहेत.



त्या बाजूला काढून मानवी मूल्ये जपणाऱ्या परंपरा टिकविण्याची जबाबदारी आपल्या सर्वांची आहे.

### २३. समारोप

‘शतक शोधांचे’ आपल्यासमोर मांडताना मोहन आपटे यांनी मराठी भाषेचा समर्थपणे वापर केला आहे. ‘राजहंस’च्या दिलीप माजगावकरांना असे संकलन मराठीत प्रसिद्ध करावेसे वाटले, याचे कारण आज मराठी भाषकांचा सुविध वाचकवर्ग आहे, याची त्यांना खात्री वाटते. शंभर वर्षांनंतर असेच संकलन प्रसिद्ध करायचे असेल, तर इथे आढावा घेतल्याप्रमाणे त्यात लिहिण्याजोगे पुष्कळ असेल. त्यासाठी मोहन आपट्यांसारखे लेखक मिळतील आणि माझ्यासारखा एखादा प्रास्ताविक लेख लिहिणाराही भेटेल. पण त्या वेळी मराठी भाषा ‘लिहिण्याबोलण्याचे साधन’ म्हणून प्रचारात असेल का?

आपण आशा करू या, की ह्या प्रश्नाचे उत्तर ‘हो’कारांती निघेल. पण त्यासाठी मराठीला काही पथ्ये पाळावी लागतील आणि मराठी भाषकांना मराठीबद्दलचा अभिमान, मराठीबद्दलची आपुलकी ही विचारातून आणि उच्चारातून आचारात आणावी लागेल.

□□