

( वैज्ञानिक जगतातील घडामोडीचा वेध घेणारे हे सदर जयंत नारळीकर दरमहा ' किलोस्कर ' च्या वाचकांसाठी लिहिणार आहेत. )

## वैज्ञानिक संकल्प म्हणजे मनुचा मासा

काही दिवसापूर्वी अमेरिकेतून वृत्त आले की रेगन सरकारने नासा (NASA) ह्या अंतराळ संस्थेच्या बजेट-मध्ये कपात केली आणि ते सुमारे पन्नास अब्ज रुपयापर्यंत आणले.

पन्नास अब्ज रुपये! आपल्या घरगुती अर्थसंकल्पाच्या मानाने हा आकडा प्रचंड वाढतो. इतके असूनमुद्दा नासाला आपल्या अनेक वैज्ञानिक प्रकल्पात कपात करावी लागणार आणि नासाचे प्रकल्प केवळ अंतराळाशी संबंधित आहेत. त्याशिवाय मोठाल्या दुर्बिणींवर खर्च होतो तो वेगळा. अणुच्या पोटात पाहणारे मोठाले अक्सरेटर वेगळे. वैद्यकशास्त्रातील संशोधनावर होणारा खर्च आणखी वेगळाच.

अर्थात हे खर्च अनाठायी होत नाहीत. वैज्ञानिक संशोधनाचा व्याप मनुच्या माशाप्रमाणे दिवसेंदिवस वाढतोच आहे आणि त्याला लागणारी उपकरणे प्रचंड व खर्चिक स्वरूपाची असतात. संशोधनाचे स्वरूपच असे आहे, की त्याने एक उच्च पातळी गाठली की त्यापुढे जाण्यासाठी अधिक परिश्रम लागतो. वैज्ञानिक संशोधन प्रकल्प आकाराने कसे वाढत आहेत याची अपण दोन उदाहरणे पाहू. पहिले उदाहरण आपल्याला अति-सूक्ष्म वस्तूकडे नेते तर दुसऱ्याचा रोख आपल्या विशाल विश्वाकडे आहे.

### अणूच्या गर्भात

अणूची रचना थोडक्यात अशी : त्याच्या केंद्रस्थानी धनात्मक विद्युत्भाराचे 'प्रोटॉन' आणि विद्युत्भार नसलेले 'न्यूट्रॉन' हे गर्दी करून असतात. ह्या केंद्राभोवती अनेक 'इलेक्ट्रॉन' घिरट्या घालत असतात. इलेक्ट्रॉनचा विद्युत्भार



रदरफर्ड : अणुविभाजनाच्या पहिल्या उपकरणासह

ऋणात्मक असतो.

अणू हा अक्षय्य, अविभाज्य आहे असा गेल्या शतकातल्या शास्त्रज्ञांचा समज होता. ह्याला तडा दिला अर्नेस्ट रदरफर्ड ह्या न्यूझीलंडहून आलेल्या आणि इंग्लंड मध्ये स्थायिक झालेल्या शास्त्रज्ञाने. त्याने अणूगर्भाचे विच्छेदन केले म्हणजे त्याच्या केंद्रभागी असलेल्या कणांपैकी काही काढून घेण्यात यश मिळवले. १९१९ मध्ये रदरफर्डने केलेल्या ह्या महत्त्वपूर्ण प्रयोगापासून आधुनिक अणुयुगाला सुरुवात झाली.

रदरफर्डच्या हातात त्याचे हे (प्रयोगालावापरलेले) उपकरण पाहा. ते उपकरण रदरफर्डच्या प्रयोगशाळेतल्या तंत्रज्ञानी तयार केले. किंमत? हजार रुपयांच्या आतच. मनुच्या ओंजळीत आलेला हा मासाच म्हणा!

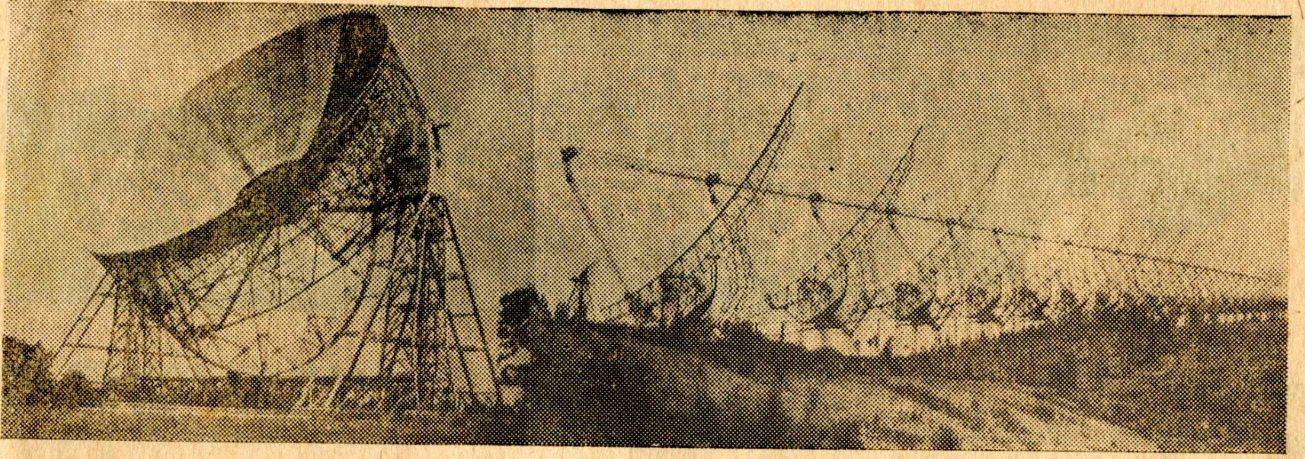
पण पुढे हा मासा वाढू लागला. १९३० साली वॉल्टन आणि कॉकॅफ्ट यांनी अणुगर्भातले कण जास्त वेगाने जाऊ शकतील असे यंत्र तयार केले. याचा व्याप खोलीभर होता आणि किंमत १५,००० रुपयांपर्यंत. हे यंत्र चालवायला चारपाच लोक लागत. याहून पुढे मजल मारली अमेरिकेतल्या लॉरेंस आणि लिन्ड्-गस्टन यांनी. त्यांच्या यंत्रात वॉल्टन

कॉकॅफ्टपेक्षा जास्त वेगवान कण तयार होत. किंमत सुमारे ५०,००० रुपये, मात्र हे तयार करण्यासाठी लागणारा एक मोठा विद्युच्चुंबक त्यांना फुकटच मिळाला कारण ते ८५ टनाचे धूड दुसऱ्या कोणाला नको होते.

१९३९ पर्यंत हे यंत्र (सायक्लोट्रॉन म्हणून ओळखले जाणारे-) इतके यशस्वी ठरले की, त्याच धर्तीवर अधिक मोठे यंत्र बांधले गेले. पाच लाख रुपयांचा हा पाच फुटी सायक्लोट्रॉन एक कोटी इलेक्ट्रॉन व्होल्टहून जास्त ऊर्जेचे मूल कण तयार करत होता. मूल कणांची घडवणूक पहायला त्यांच्या वेगाने टकरी घडवून आणणे हा या प्रयोगांमागचा उद्देश असतो. वेगाने जाणारे मूलकण एकमेकांवर आपटले की त्यांचे इतर मूलकणांत रूपांतर होते. ही रूपांतरे पाहून शास्त्रज्ञांना हे मूलकण कशाचे बनलेत हे कोडे सोडवायला मदत मिळते. इलेक्ट्रॉन व्होल्ट हे मूलकणांची ऊर्जा मोजायचे एकक आहे.

दुसऱ्या महायुद्धानंतर शास्त्रज्ञांच्या महत्वाकांक्षा वाढत गेल्या. एक कोटी रुपयांचा सिंक्रो सायक्लोट्रॉन अमेरिकेत तयार झाला. यातून ३४ कोटी इलेक्ट्रॉन व्होल्टचे प्रोटॉन बाहेर पडत! १९५३ मध्ये याहून प्रचंड 'बेव्हाट्रॉन' साडेचार कोटी रुपये किंमत मोजून कॉॅलिफोर्निया विद्यापीठाने अस्तित्वात आणला. ह्या गोलाकार यंत्राचा व्यास ३४ मीटर होता आणि यातून बाहेर पडणाऱ्या कणांची ऊर्जा ६ अब्ज इलेक्ट्रॉन व्होल्ट इतकी होती. हे यंत्र, त्याबरोबर लागणारी इतर उपकरणे, ती चालवणारे तंत्रज्ञ ह्या सर्वांचा व्याप एखाद्या फॅक्टरी इतका वाढेल.

पण माशाची वाढ चालूच होती. मात्र आता लागणारी किंमत घायला एकटे डुकटे राष्ट्र कांकू करायला लागले. पश्चिम युरोप मधल्या काही राष्ट्रांनी मिळून एक प्रकल्प अस्तित्वात आणला तो CERN ह्या नावाने ओळखला जातो. १९५९ मध्ये जिनिव्हा शहराबाहेर CERN ची दसाहत आहे २०० मीटर व्यासाचे हे मोठे यंत्र १५ कोटी रुपयांचे असून त्यातून बाहेर पडणारे मूल कण २८ अब्ज इलेक्ट्रॉन व्होल्ट ऊर्जेचे असतात. हे यंत्र चालवायला ५-६ मेगावॉटचे विद्युत्केंद्र पाहिजे. ह्यात



जाँडेल बक येथील २५० फूट व्यासाची रेडिओ दुर्बिन

वापरलेल्या चुंबकांचे एकदरीत वजन ३२०० टन इतके भरेल.

पण याहून सवाडे असा अॅक्सलेरेटर शिकागो जवळ फर्मिलॅब ह्या नावाने १९७३ मध्ये पूर्ण करण्यात आला. ह्यातील वर्तुळाकार यंत्राचा परिघचमूळी दीड-किलोमीटरहून जास्त आहे. किंमत २ अब्ज रुपयांच्या घरात मूलकणांची ऊर्जा सर्तपेक्षा दसपटीने !

अर्थात याहून मोठाली यंत्रे बांधायची शास्त्रज्ञांची मनीषा आहे, पण ती एकट्या-दुकट्या राष्ट्राला परवडणार नाहीत. अमेरिकेसारखे समृद्ध राष्ट्रदेखील आता एकटे ह्या क्षेत्रात पुढचे पाऊल टाकणार नाही.

अशा यंत्रातून आपल्याला न्यूट्रॉन सारखे मूलकण देखील अविभाज्य नाहीत हाच प्रत्यय येतो. मीटरच्या कोटी अब्ज इतक्या लहान भागाचा अभ्यास ही प्रचंड यंत्रे करतात.

## रेडिओ टेलिस्कोप

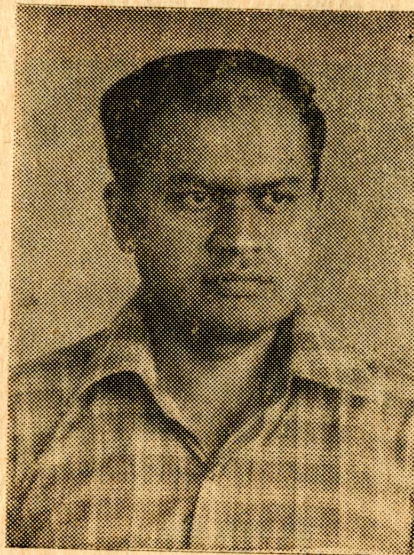
१९३० मध्ये अमेरिकेतील बेल टेलिफोन लॅबोरेटरीला एक काम देण्यात आले : वीस मेगासायकल्स इतकी फ्रिक्वेन्सी असलेला रेडिओ टेलिफोन तयार करा, जो बोटीवरून किनाऱ्याशी संपर्क साधू शकेल अशा यंत्रणेतून जाणारे संदेश नीट पोचवता. नैसर्गिक रेडिओ लहरींचा अडथळा होऊ नये म्हणून अशा लहरींचा अभ्यास करायचे काम काल जान्स्की ह्या शास्त्रज्ञाला सोपवण्यात आले.

ह्या अभ्यासासाठी जान्स्कीने ३० मीटर लांब व ४ मीटर उंचीचा अँटेना उभारला आणि १९३१-३२ सालपर्यंत त्याला ह्यातून बरेच काही सापडले. मुख्यत्वेकरून आकाशातून एका विशिष्ट

भागातून रेडिओ लहरी येत आहेत, असे त्याला आढळले. ह्या लहरी सूर्यापासून येत नव्हत्या तर आपण ज्या आकाशगंगेत वावरतो त्या आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानातून येत आहेत असे दिसून आले.

रेडिओ खगोलशास्त्राची ती नांदी होती !

परतु जान्स्कीचे काम पुढे चालू करायला अजून कोणी पुढे येईना. अणू विच्छेदनासारख्या महत्त्वपूर्ण शोधापुढे ह्या शोधाचे महत्त्व फार शास्त्रज्ञांना पटले नसावे. मात्र एका रेडिओ इंजिनियरने आपल्या घरच्या बगीच्यात स्वखर्चाने एक रेडिओ टेलिस्कोप बांधला. 'ग्रेट रीबर' हे त्याचे नाव आणि त्याला आकाशगंगेच्या काही ठराविक भागातून रेडिओ लहरी येताना दिसल्या. तोपर्यंत १९४४ साल



जयंत नारळीकर

उटी येथील रेडिओ टेलिस्कोप

उजाडले होते. दुसरे महायुद्ध संपण्याच्या मार्गावर होते.

दुसऱ्या महायुद्धात रेडारचे महत्त्व लोकांना पटले होते. ही रेडार यंत्रणा उभारणारे शास्त्रज्ञ आणि तंत्रज्ञ युद्धानंतर त्या अनुभवाचा फायदा खगोल शास्त्राला मिळतो का ते पाहू लागले. हे नावाच्या एका तरुण शास्त्रज्ञाने ह्यात पुढाकार घेतला. आणि १९४६ मध्ये हे, पारसन्स आणि फिलिप्स यांनी आकाशगंगेबाहेरून, सिग्नस म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या भागातून रेडिओ लहरी येताना पकडल्या. पुढे असे आढळून आले की ह्या लहरी एका रेडिओ तारणाविश्वातून येत आहेत.

अर्थात अशा शोधांमुळे रेडिओ-लहरींचा उपयोग करून आकाशाचे वेध घेणे किती महत्त्वाचे आहे हे शास्त्रज्ञांना पटले. आणि विज्ञानाची एक नवी शाखा उघडली आणि वाढू लागली.

कॅब्रिजमध्ये माटिन राइल व मॅचे-स्टेरजवळ बर्नर्ड लव्हेल ह्या शास्त्रज्ञांनी आपापले टेलिस्कोप उभारले. जाँडेल बॅकचा लव्हेलचा टेलिस्कोपह्यामधील गोलाकार बशीचा व्यास आहे २५० फूट. इतकी मोठी बशी हव्या त्या दिशेला फिरवून आकाशातील ठराविक भागाचे वेध घेणे म्हणजे तंत्रशास्त्राला आव्हानच होते. पण २५ वर्षापूर्वी ते झेलण्यात आले.

१९६०-७० च्या दरम्यान अमेरिका ह्या क्षेत्रात उतरली. त्यापूर्वी ऑस्ट्रेलियात बर्नर्ड मिल्सने क्रॉसच्या आकाराच्या प्रचंड अँटेना उभारून कॅब्रिजमधल्या रेडिओ खगोल शास्त्रज्ञांवर आघाडी मिळवली होती. अमेरिकेने 'अरिसीबो' येथे डोंगर पोखरून १००० फूट व्यासाची दुर्बीण तयार केली. खोल भांड्यासारख्या ह्या

( पान ४७ पाहा )

## विज्ञान वेध ( पान ४३ वरून )

खड्ड्यात अॅप्टेना असून अशा प्रकारची ही जगातली सर्वात मोठी दुर्बिण.

१९६०-७० चे दशक पूर्ण होईपर्यंत टाटा इन्स्टिट्यूटच्या प्रा. गोविंद स्वरूप यांच्या निर्देशनाखाली ऊटी येथे अर्धा किलोमीटर लांब रेडिओ दुर्बिण बांधून पुरी झाली. १९७०-८०च्या दशकात मार्टिन राइलच्या नेतृत्वाखाली पाच मैल लांब दुर्बिण कॅलिफोर्नियामध्ये काम करू लागली.

आणि आजवरची सर्वात प्रचंड रेडिओ दुर्बिण १९७९ मध्ये न्यू मेक्सिकोत सोकोरो गावाजवळ बांधून तयार झाली. VLA (Very Large Array) ह्या नावाने ओळखली जाणारी ही दुर्बिण म्हणजे 'Y' अक्षराच्या आकाराच्या हळांवर फिरू शकणाऱ्या ७२ मोठ्या (जाड्डेल

बॅकच्या बशीच्या आकाराच्या) दुर्बिणी. हे हळू कित्येक मैल लांब आहेत. हे सर्व टेलिस्कोप एका काँप्युटरच्याद्वारे कंट्रोल केले जातात.

अशा तऱ्हेने जास्कीने सुरू केलेले, रीबरच्या बगीच्यात फुललेले रेडिओ खगोल-शास्त्र फोफावत आहे.

### ही वाढ किती काळ चालेल ?

वरील प्रश्नाचे उत्तर सुरुवातीला दिलेल्या नासाच्या उदाहरणात सापडेल. अंतराळ युगाला सुरुवात झाली १९५७च्या स्पुटनिकपासून. रशिया पुढे जाता कामा नये ह्या भावनेतून नासा हा संस्था जन्माला आली आणि १९७० संपण्यापूर्वी अमेरिकन माणूस चंद्रावर गेला पाहिजे ह्या प्रॉसिडेंट केनेडीच्या आव्हानामुळे भराभर वाढली. केनेडीचे बोल नासाने खरे करून दाखविले. २० जुलै १९६९ ला चंद्रावर नील

आर्मस्ट्रॉंगने पाय ठेवला. पुढे काय ? राज्यकर्त्यांच्या दृष्टीने नासाचे उद्दिष्ट साध्य झाले, त्यांना पुढे अंतराळशास्त्रात तितका उत्साह वाटेना.

शास्त्रज्ञांना विचारले तर त्यांच्या-कडे अंतराळ संशोधनाकरता आणि अंतराळ तंत्रज्ञानाचा विकास करायला मोठाले प्रकल्प आहेत, परंतु त्याचे महत्त्व लोकांना, विशेषकरून राज्यकर्त्यांना पटले पाहिजे नाहींतर 'बजेट कट' चालूच राहणार. एकंदरीत वैज्ञानिक संशोधन जसजसे अधिक खर्चिक होत जाणार तसतसे शास्त्रज्ञांना हा पसा राज्यकर्त्यांकडून मिळवण्यासाठी जास्त झटावे लागणार. मनूचा मासा जसा गेल्या पाच दशकात वाढला तसाच पुढल्या पाच दशकात वाढेल असे वाटत नाही.

-जयंत नारळीकर