

विज्ञानाच्या पायवाटेवरचा माझा प्रवास

- अमोल दिघे

आपण वैज्ञानिक व्हावे असे मला कधी वाटू लागले काही आठवत नाही. म्हणजे शाळेत गणित व विज्ञानाची आवड होती, आणि त्या विषयांत गतीही होती. वडील इलेक्ट्रिकल इंजिनिअर होते, त्यामुळे इंजिनिअर होणे ही एक नैसर्गिक करीअर निवड होती. सर्वसाधारणपणे मध्यमवर्गीय मराठी कुटुंबात, मुलगा सरळधोपट मार्गाने इंजिनिअर किंवा डॉक्टर झाला की भरून पावण्याची पद्धत अजूनही आहे. सुदैवाने घरातून याबाबतीत माझ्यावर काही दडपण आले नाही, उलट वेगवेगळ्या मार्गांचा विचार करून निर्णय घेण्याचे स्वातंत्र्य मला न मागता मिळाले. पण वैज्ञानिक होण्याचे मी का ठरवले, त्याची मला आवड होती म्हणजे काय होते, त्या वाटेतल्या खाचाखोचा मला माहित होत्या का, की रॉबर्ट फ्रॉस्टच्या कवितेप्रमाणे केवळ एक वेगळी वाट म्हणून मी ही निवडली, हे मला अजूनही कदाचित सांगता येणार नाही. आज मागे वळून पाहिले तर वाटते की वैज्ञानिक काय करतात वगैरे गोष्टींची मला काही फार कल्पना नव्हती, पण नवनव्या विषयांवर व्याख्याने देणारे, देशीविदेशी परिसंवादांना जाणारे, प्रयोगशाळेत प्रयोग करणारे, एकटे बसून गहन विचारांत रमणारे, पुस्तके - आणि कधीकधी विज्ञानकथाही - लिहिणारे, असे जे एक चित्र मनात तयार झाले होते, ते भावणारे होते. असे काहीसे वर्षानुवर्षे करण्याचा कंटाळा येणार नाही हे वाटत होते.

अर्थात हे झाले करिअरच्या निर्णयाच्या वेळचे. पण याची बीजे मला वाटते बरीच पूर्वी रुजू लागली होती. शाळेतले गणित व विज्ञान नाही म्हटले तरी पाठ्यपुस्तकापुरते, व परीक्षेत चांगले गुण मिळवण्यापुरते (जे मी इमाने-इतबारे करीत असे) मर्यादित होते. त्यापलीकडील जगाची ओळख व आवड निर्माण होण्यासाठी कारणीभूत झाल्या त्या शाळेत असताना दिलेल्या काही स्पर्धा-परीक्षा. पाचवी व आठवीत गणित अध्यापक महामंडळाची एक "गणित प्रज्ञा" परीक्षा असायची, आणि ठाण्यातील काही उत्साही गणित-शिक्षक एकत्र येऊन संध्याकाळी त्यासाठी (मो. ह. विद्यालयात) वर्ग घ्यायचे, केवळ ठाण्यातील मुलांची कामगिरी राज्यपातळीवर चांगली व्हावी यासाठी. यानिमित्ताने गणितातील बऱ्याच नवीन व सुरस गोष्टींची ओळख मला झाली. तसेच पुढे आठवी ते दहावीच्या शनिवारी रुपारेल महाविद्यालयात राष्ट्रीय प्रज्ञा शोध परीक्षेचे वर्ग भरायचे, जिथे शाळेतील संकल्पनांचाच थोड्या वेगळ्या दृष्टिकोनातून विचार करायची सवय लागली. याच निमित्ताने "मीर पब्लिकेशन्स" च्या गणितातील काही आकर्षक विषयांवरील छोट्या पुस्तिका व या. पेरेलमन, जॉर्ज गॅमॉव्ह सारख्यांनी लिहिलेल्या भौतिकशास्त्रावरील पुस्तकांचीही ओळख झाली. जयंत नारळीकर, बाळ फोंडके, लक्ष्मण लोंढे, ऐझॅक असिमॉव्ह, आर्थर क्लार्क यांच्या विज्ञानकथांचाही, या विषयाची आवड निर्माण होण्यात मोठा वाटा होता.

साधारण दहावीत असताना एकदा शिक्षकांनी विचारल्यावर वैज्ञानिक होणार म्हणून सांगितल्याचे मला आठवते, पण त्यासाठी काय करावे लागते याची कल्पना अजूनही नव्हती. तसे आमच्या कुटुंबात वा थेट ओळखीत कोणी या क्षेत्रात नव्हते, त्यामुळे या "ग्लॅमरस" विषयासाठी काही "खास" अभ्यासक्रम असावा अशी उगीचच समजूत होती. (शाळेत आलेल्या एका व्याख्यात्याने जेव्हा वैज्ञानिक होण्यासाठी बी.एस्सी, एम्.एस्सी करावे लागते हे सांगितले तेव्हा थोडासा हिरमोडच झाला होता.) अर्थात अकरावीत रुपारेल कॉलेजात गेल्यावर जरा सामान्यज्ञानात भर पडली, पण मनात बसलेले आकर्षण काही कमी झाले नाही. खरे तर या काळात नेहरू तारांगणात रविवारी होणार्या वैज्ञानिकांच्या व्याख्यानांतून या क्षेत्राची जरा अधिक जवळून ओळख झाली, आणि जे लक्षात आले ते मनातली धारणा पक्की करणारेच होते.

सोबतीला कोणी असले, तर वेगळा मार्ग चोखाळणे जरा सोपे पडते. सुदैवाने मला रुपारेलमध्ये समानशीलव्यसनी वर्गमित्र मिळाले. (नेहरू तारांगणाच्या वार्या त्यांच्याबरोबरच घडल्या.) तसे काहीसे स्वतंत्रपणे, पण परस्परांचा पाठिंबा घेत, आमच्या एका छोट्या गटाने बारावीनंतर पुढे भौतिकशास्त्रात काहीतरी करण्याचे ठरवले. आय्.आय्.टी. मध्ये आम्हाला बर्याच शाखा उपलब्ध होत्या, पण आम्ही मुंबईतील "इंजिनिअरिंग फिजिक्स" हा अभ्यासक्रम निवडला. याच्या नावात इंजिनिअरिंग असल्याने, घरच्यांना पटवणेही फार अवघड गेले नाही. (आमचे सर्वांचे आता बर्यापैकी "भले" झाले आहे, तेव्हा भविष्यातील पालकांना या शाखेविषयी विश्वास वाटायला हरकत नाही.)

आय्. आय्. टी. मधील बी. टेक्. ची चार वर्षे हा फार महत्वाचा कालखंड होता - आपल्याला नक्की काय आवडते, काय सहजगत्या येते, काय करू शकण्याची आपली कुवत आहे, प्रयत्नांती काय साध्य होऊ शकते, तेवढे प्रयत्न करून आनंद मिळतो का, वगैरे गोष्टींची उत्तरे या काळात स्वतःलाच हळूहळू मिळू लागली.. आमच्या वर्गातील काहींना शुद्ध गणिताची आवड होती, काहींना प्रयोगशाळेत खेळ करायला आवडायचे, काहींना उपकरणे तयार करण्यात रुची होती, तर काहींना समीकरणे सोडवण्यात. मला स्वतःला, प्रत्यक्ष प्रयोगांतून मिळणारे आकडे व पुस्तकातील सिद्धांत यांचा मेळ घालण्यात रस होता. शुद्ध गणिती प्रमेयांच्या सिद्धतेपेक्षा, प्रयोगांती पडताळून पाहता येणारी उत्तरे मला अधिक खुणावत होती. (याच काळात माझा बराचसा वेळ नाटके बसवण्यात व वेगवेगळ्या स्पर्धांत ती सादर करण्यात गेला, पण सुदैवाने त्याचा फारसा परिणाम - सकाळची लेक्चर्स वगळता - इतर कशावर झाला नाही. कदाचित पुढे चांगली भाषणे देण्यासाठी हा छंद उपयोगी पडला असेल.) आता शोधनिबंध लिहिणारे वैज्ञानिक प्रत्यक्ष शिकवायला "याचि देही" हजर होते, त्यामुळे संशोधनक्षेत्राचे खरे स्वरूप जरा अधिक स्पष्ट होत होते. जरी माझ्या हातून काही "नवे" (म्हणजे शोधनिबंध म्हणून प्रसिद्ध व्हावे असे) या काळात झाले नाही, तरी काही प्रोजेक्टच्या निमित्ताने संशोधनात थोडे हात ओले करून घेता आले. माझ्या शेवटच्या वर्षात मी गुरुत्वीय लहरींचा थोडाफार अभ्यास केला होता, आणि उन्हाळी सुट्टीत टी.आय्.एफ्.आर्. मध्ये, अवकाशातील क्ष-किरण

शोधण्यासाठी एक “प्रपोर्शनल काउंटर” तयार करण्यात मदत केली होती. (याची त्याहून बरीच प्रगत अशी अंतिम आवृत्ती पुढील काही वर्षांत “एँस्ट्रोसॅट” या भारतीय उपग्रहावरून अंतराळात जावी.)

बी. टेक्. नंतर मला शिकागो विश्वविद्यालयात पी.एच्.डी. करण्यासाठी शिष्यवृत्ती मिळाली. इथे संशोधनाला मिळणारे exposure बरेच अधिक होते. पहिल्या वर्षात जरी आम्ही मुख्यतः वर्गात बसून लेक्चर्स ऐकणे व वर्षअखेरीच्या “qualifying exam”चा अभ्यास करणे यात मग्न असलो तरी जवळजवळ रोज दुपारी होणारी विविध विषयांवरील भाषणे, कॉफीच्या निमित्ताने होणार्या सहाध्यायी व प्राध्यापकांबरोबरच्या चर्चा, संशोधनात बुडालेल्या सिनिअर विद्यार्थ्यांच्या जवळून पाहता येणार्या दिनचर्या, यातून प्रत्यक्ष संशोधन हे काय असते याची कल्पना यायला सुरुवात झाली होती. एकाच प्रश्नाचा ध्यास घेऊन, त्यावर आपला जागेपणीचा सारा वेळ घालवणारे विद्यार्थी मी या दिवसात पाहिले, तसेच खुशालचेंडू दिसणारे, मौजमजा करणारे, पण शेवटी बहुचर्चित शोधनिबंध लिहिणारे देखील. वैज्ञानिक हा एक ठराविक साचा नसतो तर प्रत्येकजण आपापल्या मार्गाने, आपापल्या personality प्रमाणे, आपापल्या आवडीचे (कधीकधी न आवडणारेही) संशोधन करणारा एक माणूस असतो हे दाखवणारी कित्येक उदाहरणे आजूबाजूला होती.

मला माझी संशोधनशाखा निवडायला काय निमित्त झाले ते मला अजूनही आठवते. दर आठवड्यातून एकदा आमच्यासाठी एका प्राध्यापकांचे, त्यांच्या संशोधनाच्या विषयावर ओळखवजा भाषण असायचे. त्या दिवशी “Charge-Parity violation” (विद्युतभार-प्रतिबिंब समतेचा भंग) हा विषय होता. म्हणजे थोडक्यात असे. निसर्गाचे जे मूलभूत नियम आहेत, ते सर्व मूलकणांचा विद्युतभार विरुद्ध केल्यास (इलेक्ट्रॉनचा भार ऋण-एवजी धन, वगैरे) बदलणार नाहीत या संकल्पनेला विद्युतभार-समता म्हणतात, तर हे नियम सर्व प्रक्रियांच्या आरशातील प्रतिबिंबांनाही तितकेच लागू असतात या संकल्पनेला प्रतिबिंब-समता म्हणतात. या समतेच्या संकल्पना जरी कितीही अचूक “वाटल्या”, तरीही निसर्ग त्यांचे पालन करित नाही हे १९५० च्या दशकात आढळून आले होते. विरुद्ध विद्युतभार व प्रतिबिंब या गोष्टी एकाच वेळी केल्या तर ही एकत्रित समता तरी टिकून राहिल ही आशा शिकागोमधीलच एका (नोबेलविजेत्या) प्राध्यापकांच्या प्रयोगाने १९६४ मध्ये धुळीस मिळवली होती. या समतेच्या भंगाचे स्वरूप व त्याचा उगम काय असावा हे जाणून घेण्यासाठी शिकागोजवळील फर्मिलॅबमध्ये प्रयोग उभारणे सुरू होते. या भाषणाने, व “हे शोधून काढणारे आम्ही जगात पहिले व एकमेव असू” या आत्मविश्वासी उत्तराने मी इतका प्रभावित झालो की याच विषयात संशोधन सुरू करायचे हे मी तेव्हाच ठरवून टाकले. मग त्यासाठी मूलकणशास्त्राचा मुळापासून अभ्यास करणे वगैरे सुरू झाले. या प्रयोगाच्या बांधणीसाठी मी वर्षभर फर्मिलॅबमध्ये कामही केले, पण मग मला हा प्रयोग प्रत्यक्ष करण्यापेक्षाही, त्यासंबंधीचे सिद्धांत पडताळून पाहण्यात अधिक रस वाटू लागला व मी मूलकणशास्त्राच्या सैद्धांतिक (theoretical) भागाकडे झुकलो.

विद्युतभार-प्रतिबिंब (किंवा थोडक्यात CP) समतेचा भंग ही काही केवळ प्रयोगशाळेत आढळून येणारी दुर्मिळ वा अल्पजीवी घटना नाही. आपल्या अस्तित्वाशी तिचा जवळचा संबंध आहे. मूलकणशास्त्राप्रमाणे, प्रत्येक कणाला त्याचा प्रतिकण असतो, ज्याचा विद्युतभार मूळ कणाच्या विरुद्ध असतो, पण इतर सर्व गुणधर्म जवळजवळ समान असतात. जर हा “जवळजवळ” शब्द नसता, म्हणजेच जर ही समता पूर्णपणे शाबूत असती, तर महाविस्फोटातून (Big Bang) निर्माण झालेल्या आपल्या विश्वात कणांची संख्या प्रतिकणांएवढीच झाली असती. मग आपल्याला इलेक्ट्रॉन्सइतकेच पॉझिट्रॉन्स दिसले असते, प्रोटॉन्सइतकेच ऍन्टीप्रोटॉन्स, अणूइतकेच प्रतिअणू, आकाशगंगांइतक्याच प्रति-आकाशगंगा. पण असे तर काहीच आपल्या विश्वात आढळत नाही. शिवाय, कण-प्रतिकण एकत्र येतात तेव्हा ते नष्ट होऊन ऊर्जा निर्माण करतात. जर कण व प्रतिकणांची संख्या समान असती तर ते सारेच नष्ट होऊन केवळ प्रकाश शिल्लक राहिला असता, व अणुरेणू, ग्रहतारे, आकाशगंगा यांची उत्पत्तीच झाली नसती. मग मानवजातीची तर बातच सोडा. त्यामुळे हा समताभंग कसा होतो, आणि कण-प्रतिकण विषमता कशी निर्माण होते, हे जाणून घेणे हे आपल्या अस्तित्वाचे कारण जाणून घेण्यासारखे आहे.

ज्यावर जगात शेकडो शास्त्रज्ञ काम करत आहेत अशा विषयात, इतर कोणीही केलेले नाही असे काही नवीन शोधून काढणे सोपे नाही. त्यात, पाठ्यपुस्तकातील उदाहरणे अचूक सोडवण्यात धन्यता मानायला शिकलेल्या आपल्या पिंडाला हे आपलेच नवीन प्रश्न उभे करणे व त्यांची उत्तरे शोधणे सुरुवातीला थोडे कठीणच जाते. अशा वेळी योग्य मार्गदर्शकाची गरज असते, जे मला प्रा. रोस्नर यांच्या रूपात भेटले. वेगवेगळ्या प्रकारचे कण-प्रतिकण जेव्हा एकत्र येतात तेव्हा कधीकधी त्यांना “मेसॉन” या प्रकारचे अल्पजीवी अस्तित्त्व प्राप्त होते. या मेसॉन्सचा जेव्हा (सेकंदाच्या अब्जांशाहूनही कमी काळात) नाश होतो, तेव्हा तयार होणारे नवे कण पाहून, या कणांच्या अंतरंगाविषयी व त्यांच्या परस्परप्रक्रियांसंबंधी माहिती मिळवता येऊ शकते. फर्मीलॅबमधील वरील प्रयोग हा ज्या “K” मेसॉन्सवर आधारित होता, त्याहूनही अधिक जड असणार्या “B” मेसॉन्सवर माझे संशोधन सुरू झाले. गेल्या वीसएक वर्षात यासंबंधी बरेच प्रयोग केले गेलेले आहेत, आणि अशा प्रयोगांतून पुढील काही दशकेही माहितीचा ओघ चालूच राहिल अशी खात्री आहे.

मूलकणशास्त्रातील प्रयोगांसाठी बर्याचदा मोठे त्वरक (particle accelerators) व महाकाय कणशोधक (particle detectors) यांची गरज असते, व काही हजारो शास्त्रज्ञांच्या सहकार्यानेच ते सफळ होऊ शकतात. ही सारी आंतरराष्ट्रीय संघटने (collaborations) असतात. माझ्यासारखे सैद्धांतिक शास्त्रज्ञ हे साधारणपणे या संघटनांपेक्षा स्वतंत्रपणे काम करतात, परंतु प्रयोगांतून येणार्या माहितीचे विश्लेषण करणे, त्याबरोबर विविध सिद्धांत पडताळून पाहणे, नवे प्रयोग वा विश्लेषणाच्या नव्या पद्धती सुचवणे अशा गोष्टींमध्ये त्यांचे योगदान असते. आपण (व आपल्या सहसंशोधकांनी) सुचवलेल्या काही प्रयोग व विश्लेषणपद्धतींमधून,

मूलकणांबद्दलचे जागतिक ज्ञान पुढे नेण्याला हातभार लागलेला आहे, ही भावना अभिमानास्पद व प्रेरक असते. या भावनेतूनच पुढच्या अधिक कठीण प्रश्नावर डोके आपटण्यासाठी ईर्ष्या व बळ मिळत असते.

शिकागोतील पाच वर्षांचा माझ्या संशोधनाबरोबरच इतर जडणघडणीवरही बराच परिणाम झाला. एक वैज्ञानिक professionalism तर अंगात भिनलाच, पण विविध देशांतील वर्गमित्र, त्यांच्या विविध पार्श्वभूमी, विचार वा काम करण्याच्या वेगवेगळ्या पद्धती, यांतून विचारांचे विश्वही थोडे विस्तारत गेले. शिकागो हे Liberal Arts School होते - म्हणजे विज्ञान, कला, भाषा, वकिली, समाजशास्त्र, तत्वज्ञान, सार्या विषयांचे शिक्षण घेणार्या विद्यार्थ्यांना इतर विषयांचा अभ्यास करण्याची मुभा व थोडेफार compulsion ही होते. त्यामुळे मला "Physics for Poets" सारख्या विषयातून, कलाशाखेच्या विद्यार्थ्यांना भौतिकशास्त्र शिकवण्याची संधी मिळाली. कठीण संकल्पना सोप्या भाषेत समजावून देणे किती अवघड आहे, पण ते केल्यावर किती समाधान मिळते, याची जाणीव तेव्हा झाली. ("चांगले शिक्षक कसे व्हावे" हे शिकवणार्या कार्यशाळाही तिथे उपलब्ध होत्या, त्यांचाही चांगलाच फायदा झाला.) शिवाय या विविध विषयांत पारंगत असणार्या विद्यार्थ्यांच्या संपर्कात आल्याने, जाणिवेचे क्षेत्रही भौतिकशास्त्रापलिकडे थोडे विस्तारले.

पी.एच्.डी. पूर्ण केल्यावर मी postdoctoral research साठी इटलीमधील "इंटरनॅशनल सेंटर फॉर थिओरेटिकल फिजिक्स" (ICTP) या संस्थेत दोन वर्षांसाठी प्रवेश घेतला. ऍड्रियाटिक सागराकाठच्या त्रिएस्ते या छोट्या शहरातील हे संशोधनकेंद्र, इथे वर्षभर होत राहणार्या conferences साठी प्रसिद्ध आहे. या निमित्ताने जगभरातील कित्येक शास्त्रज्ञ या केंद्रात येऊन काही काळ राहतात, व त्यांच्याशी संभाषण किंवा चर्चा करण्याची संधी मिळू शकते. डॉ. अब्दुस सलाम या नोबेलविजेत्या पाकिस्तानी वैज्ञानिकाने जवळजवळ ५० वर्षांपूर्वी स्थापन केलेले हे केंद्र विकसनशील देशांतील शास्त्रज्ञांसाठी बर्‍याच योजना राबवते, आणि म्हणून ते एक वरदानच ठरलेले आहे. इथे येताना माझा उद्देश हा माझे पूर्वीचे संशोधन सुरू ठेवण्याचा होता, आणि त्याप्रमाणे मी ते वर्षभर सुरूही ठेवले. पण १९९८ मध्ये, मूलकणविज्ञान ढवळून टाकणारे एक निरीक्षण जाहीर झाले, ज्यामुळे माझ्या संशोधनाची दिशा थोडी बदलली.

यासाठी मला "न्यूट्रीनो" या मूलकणाविषयी थोडे सांगायला हवे. हे कण अवकाशातून सतत आपल्यावर वर्षत असतात. सूर्याकडून येणारे जवळजवळ १,०००,०००,०००,००० न्यूट्रीनो आपल्या शरीरातून दर सेकंदाला पार होत असतात. आपल्याला त्यांची जाणीव होत नाही याचे कारण म्हणजे त्यांची आपल्याशी फारच अल्प प्रमाणात प्रक्रिया होते. परंतु सूर्याच्या तळपण्यासाठी (त्याच्या गर्भातील आप्त्विक अभिक्रिया पूर्ण होण्यासाठी) या कणांची नितांत आवश्यकता असते. सूर्यप्रकाश हा सूर्याच्या बाह्य भागातून येतो, तर हे कण सूर्यगर्भातून येतात, व तेथील आप्त्विक अभिक्रियांची थेट माहिती आपल्यापर्यंत आणतात. विश्वकिरणांतूनही (cosmic rays) पृथ्वीच्या वातावरणात हे कण तयार होतात व त्यांचा मारा आपल्यावर

सतत होत असतो. शिवाय अणुऊर्जाकेंद्रे, मूलकणांचे त्वरक, किरणोत्सार, यांतूनही ते निर्माण होतात. इलेक्ट्रॉन न्यूट्रीनो, म्युऑन न्यूट्रीनो व टाऊ न्यूट्रीनो हे तीन प्रकारचे न्यूट्रीनो आढळून आलेले आहेत.

हे कण प्रकाशकिरणांप्रमाणेच वस्तुमानरहित आहेत असे गेली ५० हून अधिक वर्षे मूलकणशास्त्राच्या “सर्वमान्य सिद्धांता”चे (Standard Model) मत होते. परंतु प्रयोगांतून अशी काही निरीक्षणे आढळून आली होती की ज्यांनी शास्त्रज्ञांना चक्रावून टाकले होते. सूर्याकडून येणारे अर्धअधिक न्यूट्रीनो कुठे लुप्त झाले त्याचा तपास लागत नव्हता. शिवाय वातावरणात निर्माण होणारे न्यूट्रीनो जेव्हा अधिक काळ प्रवास करीत, तेव्हा त्यांची संख्या कमी झाल्याचे आढळे. याचे एकच सुसंगत उत्तर दिसत होते, ते म्हणजे न्यूट्रीनोंना वस्तुमान असले पाहिजे, व वरील तीन प्रकारचे न्यूट्रीनो प्रवास करताना एकमेकांमध्ये मिसळत असले पाहिजेत. सूर्याकडून निघालेला इलेक्ट्रॉन न्यूट्रीनो कदाचित पृथ्वीपर्यंत पोहोचताना म्युऑन न्यूट्रीनो बनत असला पाहिजे. ही कल्पनाच एवढी क्रांतिकारी होती की वर उल्लेख केलेली निरीक्षणे खरीच बरोबर आहेत का याची खातरजमा करणे आवश्यक होते. जपानमधील “सुपरकामिओकांडे” या प्रयोगाने हे काम १९९८ मध्ये प्रथम पार पाडले.

आता मूलकणशास्त्राच्या सर्वमान्य सिद्धांताला तर आव्हान मिळालेले होतेच, पण न्यूट्रीनोंच्या वस्तुमान व मिश्रणाच्या गुणधर्मांमुळे नव्या संशोधनाची कवाडेही खुली झाली होती. हे वस्तुमान कुठून येते याचा शोध घेणे जरूर होते. (नुकताच मिळालेला हिग्जकण हा इतर सार्या मूलकणांना वस्तुमान देण्यात मदत करू शकतो, पण न्यूट्रीनोंच्या बाबतीत त्याची झेप थोडी तोकडीच पडते.) या न्यूट्रीनोंच्या मिश्रणाचा परिणाम इतर कोणत्या निरीक्षणांवर होऊ शकेल हे पाहणे आवश्यक होते. याशिवाय, आता न्यूट्रीनोच CP-समतेचा भंग करून आपल्या विश्वात अधिक कण व कमी प्रतिकण ठेवण्यास कारणीभूत असतील अशीही शक्यता दिसत होती. अशा नव्या प्रश्नांनी बुदबुदणार्या संशोधनक्षेत्रात मला उडी घ्यावीशी वाटली तर त्यात नवल नाही. बरे, हे क्षेत्र काही माझ्या पूर्वीच्या क्षेत्राहून फार दूर नव्हतेच, आणि महत्त्वाचे म्हणजे या विषयातील दिग्गजही त्रिएस्तेमध्ये उपलब्ध होते.

एका मोठ्या स्फोटातून आपले आयुष्य संपवणारे तारे (सुपरनोव्हे) व त्यांमधून बाहेर पडणारे न्यूट्रीनो यांवर मी माझे काम सुरू केले. सूर्यापेक्षा दसपट वजनाचे काही तारे जेव्हा आपले इंधन संपवतात, तेव्हा गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यांच्या गर्भाचे आकुंचन होते व जेव्हा या गर्भाची घनता अणुकेंद्रीय घनतेहून अधिक होते, तेव्हा एका “रिबाउंड” प्रमाणे “शॉक वेव्ह” तयार होऊन, तिच्यामुळे या तार्याचा स्फोट होतो. ही शॉक वेव्ह ढकलण्यात न्यूट्रीनो महत्त्वाची भूमिका बजावतात. पण याच काळात आजूबाजूचे, पाण्याहून १,०००,०००,००० पट घनतेचे वातावरण, शॉकमुळे होणारी उलथापालथ, प्रचंड तापमान, यांमुळे न्यूट्रीनोंच्या मिश्रणावरदेखील परिणाम होतो. हे न्यूट्रीनो जर पृथ्वीवर आले, तर त्यांच्या निरीक्षणांमधून आपल्याला अमूल्य माहिती उपलब्ध होऊ शकते. या माहितीचा उपयोग कसा करून घेता येईल, त्यासाठी कोणत्या

प्रकारची उपकरणे उभारावी लागतील, अशा प्रश्नांचा माझा अभ्यास गेल्या दशकाहूनही अधिक काळ सुरू आहे. अशाच एका सुपरनोव्हाच्या स्फोटाच्या अवशेषातून आपली पृथ्वी निर्माण झालेली आहे, त्यामुळे एका दृष्टीने पाहता हा आपल्याच उगमाचा शोध आहे.

ICTP नंतरची दोन वर्षे मी जिनिव्हातील सर्न (CERN) या प्रयोगशाळेत काढली. गेल्या वर्षी हिग्जकणाचा शोध जाहीर करणारी हीच ती प्रयोगशाळा. त्या दिवसांत तिथे “लार्ज हॅड्रॉन कोलायडर” (LHC) पूर्वीचा “लार्ज इलेक्ट्रॉन पॉझिट्रॉन” (LEP) हा त्वरक कार्यरत होता, व माझा निवास संपेपर्यंत LHC चे बांधकामही सुरू झाले होते. इथे मला हे महाप्रयोग जवळून पाहण्याची संधी मिळाली, व बऱ्याच तज्ज्ञांशी चर्चा करता आल्याने, या प्रयोगांतील काही खाचाखोचाही लक्षात आल्या. एकीकडे आकाशातून येणारे न्यूट्रिनो, व दुसरीकडे त्वरकातून तयार होणारे मेसॉन्स या दोन्ही दरडींवर पाय ठेवण्याचा माझा हा प्रयत्न होता, आणि तो बऱ्यापैकी यशस्वी झाला असावा असे मानायला हरकत नाही. यानंतर दोन वर्षे मी म्युनिकमधील “मॅक्स प्लॅक इन्स्टिट्यूट फॉर फिजिक्स” मध्ये होतो. इथे मला खगोलशास्त्रज्ञांची संगत लाभली. आतापर्यंत मी सुपरनोव्हांकडे केवळ मूलकणशास्त्राच्या दृष्टिकोनातून बघत होतो, आता त्याला एक वेगळे परिमाण मिळाले.

२००३ च्या ऑक्टोबरमध्ये मी टी.आय्.एफ्.आर्.मध्ये दाखल झालो. जरी माझी अकरा वर्षे देशाबाहेर गेली असली तरीही इथल्या वातावरणात रुळायला व मुरायला मला फार वेळ लागला नाही. अर्थात याचे एक कारण होते ते म्हणजे साधारण दर दोन वर्षांनी होणार्या माझ्या घरच्या भेटीत, या किंवा इतर भारतीय संशोधनसंस्थांना भेटी देण्याचा कार्यक्रम असायचाच. त्यामुळे माझ्यापुढे काय वाढून ठेवले आहे याची मला बऱ्यापैकी कल्पना होती. माझे संशोधन सैद्धांतिक असल्यामुळे मला उपकरणे वगैरेंची फारशी आवश्यकता नव्हतीच, त्यामुळे माझे संशोधन कोणताही खंड न पडता मागील पानावरून पुढे चालू राहिले.

टी.आय्.एफ्.आर् हा वैज्ञानिक activities चा एक मोठा स्रोत आहे. मूलकणशास्त्राबरोबरच खगोलशास्त्र, पदार्थविज्ञान, रसायनशास्त्र, जीवशास्त्र, गणित, संगणक या शाखांतील संशोधन इथे सुरू असते, व इथल्या “वेस्ट कॅटीन” मध्ये या सर्व शाखांतील तज्ज्ञांशी गप्पा मारत काही नवे शिकता येते. शिवाय नवे जाणून घेण्याची चमक डोळ्यात घेऊन आलेले विद्यार्थी आपला उत्साह द्विगुणित करतात, व कधी त्यांचे अनपेक्षित प्रश्न आपल्याला कोड्यात पाडत, नव्या संशोधनाची दिशा दाखवतात. जरी माझ्या संशोधनाचे मुख्य क्षेत्र तेच राहिले असले तरी या वातावरणाच्या प्रभावाने ते संपन्न व समृद्ध होत गेलेले आहे.

आज माझे संशोधन मुख्यतः दोन शाखांमध्ये चालते. पहिली शाखा म्हणजे लार्ज हॅड्रॉन कोलायडरसारख्या त्वरकांमध्ये केला जाणारा मूलकणांचा अभ्यास. माझ्या पी.एच्.डी च्या दिवसांपासून आतापर्यंत अनेक प्रयोगांतून आपले मूलकणांविषयीचे ज्ञान अधिकाधिक सुस्पष्ट होत चाललेले आहे, पण कित्येक प्रश्न अजूनही अनुत्तरित आहेत. उदाहरणार्थ, CP-समतेच्या भंगाचे कारण अजूनही पूर्णपणे उलगडलेले नाही

(२००८ चे नोबेल पारितोषिक या विषयात मिळाले तरीही). मूलकणशास्त्राचा सर्वमान्य सिद्धांत अपूर्ण आहे हे सुविदित आहे, पण त्याच्या पलिकडे काय दडलेले आहे याची खात्रीलायक कल्पना कोणालाच नाही. “सुपरसिमेट्री”, “एक्ट्रा डायमेशन्स”, यांसारखे सिद्धांत नवी भाकिते करतात व ती प्रयोगांतून पडताळून पाहण्याचा प्रयत्न करतात. कधी काही निरीक्षणांमधून धुक्यापलिकडच्या पाऊलखुणा दिसतात का याचा शोध घेतला जातो. आता हिग्जकण तर मिळाला आहे, पण तोच आपल्याला हवा असलेला एकमेव हिग्जकण आहे, की विविध सिद्धांतांनी भाकित केलेल्या अनेक हिग्जकणांपैकी तो केवळ एक पहिला आहे, हे अजून अज्ञात आहे. अशा प्रश्नांची उत्तरे मिळवण्यासाठी कोणते प्रयोग करणे इष्ट ठरेल, कोणत्या विश्लेषणांतून या कोड्यांवर प्रकाश टाकता येऊ शकेल, याचा वेध या शाखेत घेतला जातो.

दुसरी शाखा म्हणजे न्यूट्रीनो व खगोलीय घटनांतील त्यांचे स्थान. न्यूट्रीनोचे बरेचसे गुणधर्म अजूनही अज्ञात आहेत, ते शोधून काढण्यासाठी योग्य असे प्रयोग उभारण्याची गरज आहे. या प्रयोगांची व्याप्ती बरीच मोठी असू शकते -- न्यूट्रीनोची निर्मिती व त्यांचे डिटेक्शन यात हजारो किलोमीटरचे अंतर असू शकते. न्यूट्रीनो हे कण-प्रतिकण विषमतेला जन्म देऊ शकतात का, ते स्वतःचेच प्रतिकण असू शकतात का, अशा प्रश्नांची उत्तरे यातून मिळू शकतात. याशिवाय सुपरनोव्हांचे स्फोट, तार्यांच्या गर्भातील आण्विक अभिक्रिया, गामा रे बर्स्ट्स, अत्युच्च दाब व तपमानाची आकाशगंगांची केंद्रे, अशा कित्येक ठिकाणांहून न्यूट्रीनो पृथ्वीवर येत असतात. त्यांचा वेध घेण्यासाठी कोणत्या प्रकारचे डिटेक्टर्स असावेत, कोणती निरीक्षणे करावीत, याचाही अभ्यास यात होतो. पृथ्वीच्या वातावरणात निर्माण होणार्या न्यूट्रीनोची निरीक्षणे करण्यासाठी “इंडिया-बेस्ड न्यूट्रीनो ऑब्झर्वेटरी” (INO) ही प्रयोगशाळा लवकरच मदुराईजवळ उभारली जात आहे, ज्यात जगातील सर्वात मोठा लोखंडी न्यूट्रीनो डिटेक्टर असेल.

मूलकणांची व अवकाशाची अधिकाधिक सखोल होत जाणारी निरीक्षणे आपल्याला सतत नव्या घटनांची माहिती करून देत असतात, आपले सिद्धांत पडताळून पाहत असतात, आपल्याला नवे प्रश्न पाडत असतात. गेल्या दशकातच आढळून आल्याप्रमाणे, विश्वाचे केवळ ४ टक्के वस्तुमान हे आपल्याला परिचित अणुरेणूंनी बनलेले आहे, तर उरलेले सारे कृष्णपदार्थ (dark matter) व कृष्णऊर्जेने (dark energy) बनलेले आहे. या दोन गोष्टींच्या स्वरूपाची आपल्याला फारच कमी कल्पना आहे. कृष्णपदार्थ हे नवे मूलकण असतील काय, व असल्यास ते LHC वा नव्या प्रयोगांत सापडतील काय हे आजच्या घडीला मूलकणशास्त्रातील महत्त्वाचे प्रश्न आहेत. कदाचित ते अनेक प्रयोगांच्या छिन्नीच्या घावांनी सुटतील, कदाचित त्यांचे गूढ उकलायला एका नव्या अनपेक्षित संकल्पनेची जरूर असेल.

असा एखादा लेख लिहिताना, विज्ञानाच्या या पायवाटेचे जरा सिंहावलोकन करावेसे वाटते. या वाटेवर काय मिळाले याची गणना करणे कठीण आहे. संशोधनक्षेत्राची जागतिक व्याप्ती लक्षात घेता, एकाचे संशोधन हे केवळ मुख्य प्रश्नाच्या उत्तराच्या दिशेने पुढे टाकलेले एक छोटे पाऊल असते, आणि हे पाऊल

टाकण्यासाठीही अथक प्रयत्नांची गरज असते. पण, विश्वाचे कोडे सोडवण्याच्या संघटित जागतिक प्रयासाचा आपण एक भाग आहोत ही जाणीव फार सुखद असते. (सर्नमध्ये हिग्जचा शोध लागला तेव्हा माझीही कॉलर ताठ झाली.) महान शास्त्रज्ञांचे शोधनिबंध आपण वाचून समजून घेऊ शकतो, त्याद्वारे आपण त्यांच्याशी स्थळकाळाच्या मर्यादा ओलांडून संवाद साधू शकतो याचे अभिमानयुक्त समाधानही मोठे असते. (आइनस्टाइनएवढे मूलभूत संशोधन कदाचित आपल्या हातून घडणार नाही, पण त्याने लिहिलेल्या शोधनिबंधातील कल्पना आपल्याला कळू शकते, हे काय कमी आहे ?) याशिवाय, नवी संकल्पना समजावून दिल्यावर समोरच्या चेहर्यावर दिसणारी प्रतिक्रियाही तुमचा उत्साह द्विगुणित करते. यामुळेच विज्ञानावर व्याख्याने देणे हा बऱ्याच वैज्ञानिकांची आवड असते. गेल्या वर्षी हिग्जकणाच्या शोधानंतर विद्यार्थीच नाही तर विज्ञानात रुची असलेल्या इतरही बऱ्याच लोकांसमोर हा विषय समजावून देण्याची संधी मला अनेकदा मिळाली, आणि प्रत्येक वेळच्या प्रतिसादानंतर मी नव्या उभारीने माझ्या संशोधनात गुंतलो.

जवळजवळ २५ वर्षांपूर्वी मी रॉबर्ट फ्रॉस्टच्या कवितेप्रमाणे एक वेगळी, फारशी पायाखालून न गेलेली वाट निवडली खरी, पण त्या वेळी कल्पनाही नसलेले विहंगम देखावे त्या वाटेवर आजवर नजरेस पडलेले आहेत. पुढची वाट अजूनही बरीचशी धुक्याने वेढलेली आहे, पण हे धुके हळूहळू निवळेल व निसर्गनियमांचे थोडथोडे अधिक आकलन आपल्याला होत जाईल हे नक्की.

- अमोल दिघे