न्यूट्रिनों दोलन

मीता साह
एसोसिएट प्रोफेसर एवं विभागाध्यक्ष, भौतिक शास्त्र विभाग
श्री जय नारायण पोस्ट ग्रेज्युएट कॉलेज
लखनऊ–226001, उ0प्र0, भारत
meetasah16pangtey@gmail.com

प्राप्त तिथि–30.06.2016; स्वीकृत तिथि–30.08.2016

सार– सौर ऊर्जा की उत्पत्ति ऐसी नाभिकीय प्रक्रिया से होती है जिसमें हाइड्रोजन नाभिकों के विलय के द्वारा हीलियम नाभिक का निर्माण होता है तथा ऊर्जा के साथ ही पॉजिट्रॉन तथा न्यूट्रिनों उत्सर्जित होते हैं। वैज्ञानिकों ने इन न्यूट्रिनों को अवशोषित कर तथा उनकी गणना करके ब्रह्माण्ड तथा मूल कणों की कई रहस्यमयी परतों को खोला है। न्यूट्रिनों एस्ट्रोनॉमी में किये गये गहन शोध कार्यों द्वारा न्यूट्रिनों की तीन अवस्थाओं के बारे में जानकारी प्राप्त हुई है।

बीज शब्द– न्यूट्रिनो, सौर ऊर्जा, इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनो, टाऊ न्यूट्रिनो, म्यूऑन न्यूट्रिनो।

Neutrino oscillations

Meeta Sah
Associate Professor and Head, Department of Physics
Sri J. N. P.G. College, Lucknow-226001, U.P., India
meetasah16pangtey@gmail.com

Abstract- The source of solar energy is such a nuclear process in which hydrogen nuclei fuse together to form Helium nucleus. In this process, energy is released along with positrons and neutrino. Scientists have absorbed and counted these neutrons thereby revealing many hidden mysteries of the universe and fundamental particles. Research work done in the field of Neutrino Astronomy has given information about three states of neutrino.

Key words- Neutrino, solar energy, electron neutrino, tau neutrino, muon neutrino.

भौतिक शास्त्र के लिए वर्ष 2015 का नोबेल पुरस्कार तकाकी कजिता(टोक्यो यूनिवर्सिटी) और आर्थर बी0 मैक्डोनाल्ड (क्वीन्स यूनिवर्सिटी, कनाडा) को संयुक्त रूप से न्यूट्रिनों दोलनों पर उनके शोध कार्य के लिए दिया गया। प्रो0 कजिता[1] ने 1998 में अपने शोध पत्र में इस बात को प्रस्तुत किया कि न्यूट्रिनों अपनी पहचान को अपने ही तीन अपरूपों में बदल सकता है। ये अपरूप हैं– इलेक्ट्रान न्यूट्रिनों, म्यूऑन न्यूट्रिनों तथा टाऊ न्यूट्रिनों। यह शोध कार्य तकाकी कजिता व उनके सहयोगियों द्वारा जापान स्थित भूमिगत सुपर कामिकान्डे डिटेक्टर में न्यूट्रिनों के व्यवहार को समझने के लिए किया गया। इस शोध के पश्चात् कजिता इस परिणाम में पहुंचे कि सूर्य में विलय प्रक्रिया के पश्चात् उत्पन्न न्यूट्रिनों वातावरण में अपनी यात्रा के दौरान अपने अलग–अलग रूपों में स्वयं को बदलते रहते हैं। प्रो0 मैक्डोनाल्ड और उनके शोध ग्रुप ने वर्ष 2001 में ऑन्टेरियो, कनाडा में अपने शोध पत्र में एक प्रयोग के परिणाम घोषित किये जिसमें सूर्य से धरती की सतह तक वातावरण को पार कर आने वाले न्यूट्रिनों को अवशोषित कर उनकी गणना तथा विवेचना की गई थी यह प्रयोग सडबरी न्यूट्रिनों ऑब्जरवेटरी[2] में धरती की सतह से 2 कि0मी0 नीचे किया गया। इसमें एक गोलाकार टैंक में हैवी वाटर लिया गया था जिसका प्रयोग न्यूट्रिनों को अवशोषित कर उनकी गणना करने के लिए किया गया था। मैक्डोनाल्ड और उनके सहयोगियों ने इस बात को दर्शाया कि प्रयोगात्मक रूप से प्राप्त न्यूट्रिनों की संख्या उस संख्या का एक तिहाई है जिसकी गणना सूर्य में चलने वाली विलय प्रक्रिया के आधार पर की गयी थी। इस शोध पत्र में बताया गया कि सूर्य से धरती की सतह तक आने वाले न्यूट्रिनों की संख्या का कम होना उनका उन विभिन्न अपरूपों में बदलना है जिन अपरूपों को प्रयोगों में गणना में शामिल नहीं किया गया या अन्य शब्दों में डिटेक्ट नहीं किया गया।

प्रो0 कजिता तथा प्रो0 मैक्डोनाल्ड द्वारा किये गये कार्य इस बात को प्रमाणित करते हैं कि चूँकि न्यूट्रिनों अपनी पहचान बदलने में सक्षम हैं अतः अनिवार्य रूप से उनका कुछ द्रव्यमान अवश्य होगा। इस आविष्कार ने वैज्ञानिकों की इस अवधारणा को गलत सिद्ध कर दिया है कि न्यूट्रिनों द्रव्यमान रहित इकाई है इस खोज के साथ ही पदार्थ की संरचना तथा ब्रम्हाण्ड की उत्पत्ति के बारे में वैज्ञानिक सोच काफी हद तक बदल जायेगी।

इसी क्रम में इस बात का संज्ञान अप्रासंगिक नहीं होगा कि सन् 2002 में भौतिक शास्त्र के लिए नोबेल पुरस्कार धरती पर आने वाले ब्रम्हाण्डीय न्यूट्रिनों की गणना के लिए दिया गया था। न्यूट्रिनों को एक काल्पनिक इकाई के रूप में मान्यता 1930 में वुल्फगैंग पॉली[3] ने दी थी। जिसे इन्रिको फर्मी ने न्यूट्रिनों(छोटा और तटस्थ) नाम दिया है। 1956 में फ्रेडरिक रेन्स तथा क्लाइड एल0 कोवान ने एक वृहद उपकरण नाभिकीय रियेक्टर के समीप लगाकर एन्टीन्यूट्रिनों को प्राप्त करने में सफलता हासिल की। एडिन्कटन ने 1920 में तथा बीसवीं सदी के चौथे दशक के उत्तरार्ध में हैनस ए0 बैथे(कॉरनैल यूनिवर्सिटी) ने इस बात को विज्ञान जगत के सामने रखा कि सौर ऊर्जा की उत्पत्ति नाभिकीय प्रक्रिया से होती है तथा सूर्य इस समय नाभिकीय प्रक्रिया के प्रथम चरण में है। इस चरण में चार हाइड्रोजन नाभिक(प्रोटॉन) विलय के द्वारा हीलियम नाभिक बनाते हैं। इस प्रक्रिया में हीलियम नाभिक के साथ ही दो पॉजिट्रान, लगभग 25 MeV ऊर्जा तथा दो न्यूट्रिनों उत्सर्जित होते हैं। दो अमेरिकी वैज्ञानिक रेमंड डेविस[4] तथा जॉन बाहकाल इस उत्सर्जित न्यूट्रिनों को प्राप्त कर तथा उनकी गणना कर इस बात को प्रमाणित करना चाहते थे कि सूर्य से उत्सर्जित ऊर्जा का स्रोत विलय प्रक्रिया ही है। परन्तु इस कार्य में सबसे बड़ी बाधा न्यूट्रिनों का गैर प्रतिक्रियाशील होता है। यह किसी भी प्रकार के पदार्थ को प्रभावित करने या उनके साथ क्रिया करने में नगण्य दिलचस्पी दिखाते हैं। अतः इनका विश्लेषण व गणना एक जटिल प्रक्रिया बन गई। करोड़ों की संख्या में न्यूट्रिनों हमारे आस–पास से गुजरते हैं परन्तु हमें उनकी उपस्थिति का कोई आभास नहीं होता है।

न्यूट्रिनों को प्राप्त करने के लिए रेमंड और वाहकाल ने एक वृहद टैंक बनाया जिसमें 4,55,000 लीटर टेट्रा क्लोरोईथाईलीन भरा गया। न्यूट्रिनों इस द्रव में उपस्थिति क्लोरीन के एक विशिष्ट आइसोटोप से क्रिया कर उसे रेडियोधर्मी ऑर्गन में बदल देता है तीस वर्षों के लंबे अंतराल के पश्चात् लगभग 2000 न्यूट्रिनों ने क्लोरीन से क्रिया कर उसे रेडियो धर्मी ऑर्गन में बदल दिया। इस प्रकार रेमंड डेविस इस बात को सिद्ध करने में सफल हुए कि सूर्य से ऊर्जा विलय प्रक्रिया के परिणाम स्वरूप उत्सर्जित होती है तथा इसी प्रक्रिया में न्यूट्रिनों भी निकलते हैं। 23 फरवरी 1987 को मासातोशी कोशिबा और उनके सहयोगियों ने भी एक दूरस्थ सुपरनोवा से आनेवाले न्यूट्रिनों का पता लगाया। इस प्रकार डेविस और कोशिबा की इस खोज ने एक नये व गहन शोध कार्य का मार्ग प्रशस्त कर दिया। भौतिक शास्त्र की इस नई शाखा को न्यूट्रिनों एस्ट्रोनॉमी कहा जा सकता है इस महत्वपूर्ण खोज के लिए प्रो0 रेमण्ड डेविस तथा मासातोशी कोशिबा को 2002 में भौतिक शास्त्र में नोबेल पुरस्कार दिया गया। यह प्रयोग और इसके निष्कर्ष भौतिक शास्त्र के लिए एक बहुत बड़ी उपलब्धि है। वैज्ञानिकों ने और न्यूट्रिनों को पहचान कर ब्रह्मांड के अवयवों को जानने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम बढ़ाया, परन्तु इस खोज ने भौतिक शास्त्रियों के मन में चिंता का बीज भी बो दिया। अवशोषित न्यूट्रिनों की संख्या उस संख्या की केवल एक तिहाई हिस्सा थी जिसका वैज्ञानिकों ने अपनी गणनाओं में अनुमान लगाया था। वैज्ञनिकों की यह चिन्ता निराधार नहीं थी, क्योंकि यदि न्यूट्रिनों की संख्या तिहाई रह गई है इसका अर्थ है कि नाभिकीय प्रक्रिया जो सूर्य के अन्दर चल रही है तथा न्यूट्रिनों के उत्पादन के लिए उत्तरदायी है, वह भी अपने पूर्व स्तर से एक तिहाई रह गई है। इसका सीधा परिणाम यह होगा कि हमारी धरती एक असामयिक अंत की ओर अग्रसर हो रही है और इसका कारण होगा सौर ऊर्जा का लगातार क्षय। वैज्ञानिकों को इस त्रासदी में उम्मीद की एक ही किरण नज़र आ रही थी कि कही न्यूट्रिनों के व्यवहार या उनकी गणना में कोई पहलू ऐसा तो नहीं रह गया है जो उनकी गणनाओं में या अवलोकन में अछूता रह गया हो।

जैसा कि इस लेख में पहले भी उल्लेख किया है कि न्यूट्रिनों को बहुत वर्षों तक द्रव्यमान रहित इकाई माना जाता था। परन्तु यदि न्यूट्रिनों के पास द्रव्यमान हो तो इस बात की संभावना हो जाती है कि वह अपने विभिन्न अपरूपों के बीच अपनी पहचान बदलता रहे तथा संभवतः रेमण्ड डेविस तथा अन्य वैज्ञानिकों ने जिन न्यूट्रिनों को अपने प्रयोग में प्राप्त कर उनकी गणना की थी वह पूरी संख्या का केवल एक हिस्सा मात्र हो। क्या इस तरह की अवधारणा सत्य हो सकती है तथा केवल एक तिहाई न्यूट्रिनों पाये जाने की व्याख्या इस आधार पर की जा सकती है कि सूर्य से आने वाले न्यूट्रिनों तीन अलग–अलग अवस्थाओं के बीच दोलन करते रहते हैं। वैज्ञानिकों की यह अवधारणा सत्य सिद्ध हुई जब कजिता और मैकडोनाल्ड ने शोध पत्रों के माध्यम से घोषणा की कि न्यूट्रिनों अपनी पहचान तीन अवस्थाओं इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनों, टाऊ न्यूट्रिनों तथा म्यूऑन न्यूट्रिनों के बीच बदलते रहते हैं। कजिता अपने इस शोध की महत्ता बताते हुए कहते हैं कि उनका कार्य भौतिक शास्त्र की एक नयी शाखा को जन्म देगा जो कि मौलिक कणों के स्टैण्डर्ड मॉडल से भिन्न होगा। स्टैण्डर्ड मॉडल में लैपटॉन संख्या संरक्षित रहती है, न्यूट्रिनों द्रव्यमान रहित है तथा न्यूट्रिनों विभिन्न प्रकारों में परिवर्तित नहीं हो सकता है। अतः यह नये शोध कार्य पदार्थ और ब्रम्हाण्ड के विश्लेषण में स्टैण्डर्ड मॉडल से परे कई नये आयामों को जन्म देंगे। न्यूट्रिनों दोलनों की अवधारणा बहुत समय पहले वैज्ञानिकों के शोध कार्य का हिस्सा रही है। 1957 में पॉन्टेकोरवों[5] ने सुझाव दिया कि ν–ν का पारपरिक परिवर्तन संभव है। सन् 1962 में ν_μ की खोज के पश्चात् जेड माकी, एम0 नाकागावा तथा एस सकाटा[6] ने इस बात की संभावना व्यक्त की थी कि न्यूट्रिनों की दो अवस्थाएं न्यूट्रिनों की आइगम स्टेट का मिश्रण हो सकती है। वातावरण में न्यूट्रिनों दोलनों के बारे में कहा जा सकता है कि जिन न्यूट्रिनों की संख्या के आधार पर वैज्ञानिक चिंतित थे वह केवल इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनों थे जिन्हें प्रयोगशाला में डिटेक्ट किया गया था यह संख्या कुल संख्या की मात्र एक तिहाई थी। दो तिहाई न्यूट्रिनों, म्यूऑन न्यूट्रिनों तथा टाऊ न्यूट्रिनों अवस्थाओं के बीच दोलन करते रहते हैं।

न्यूट्रिनों के व्यवहार को जानना व समझना मौलिक कण भौतिकी ही नहीं बल्कि खगोल भौतिकी तथा ब्रम्हाण्ड विज्ञान के लिए भी अत्यन्त महत्वपूर्ण है। वैज्ञानिक उन प्रक्रिया या उन कारणों का पता लगाने में प्रयासरत हैं जो न्यूट्रिनों को

द्रव्यमान प्रदान करने के लिए उत्तरदायी हैं। यद्यपि न्यूट्रिनों के दो अपरूपों के बीच का द्रव्यमान अंतर उच्च परिशुद्धता के साथ निर्धारित कर लिया गया है परन्तु पृथक रूप से न्यूट्रिनों का द्रव्यमान अभी तक संतोषजनक रूप से निर्धारित नहीं हो पाया है इन नई खोजों से ब्रम्हाण्ड की रहस्यमयी परतें किस सीमा तक खुलेंगी यह कई प्रश्न भविष्य में निहित है।

संदर्भ

1. फुकुदा, वाई0 एवं अन्य(सुपर–कैमिओकांडे कोलेबोरेशन)(24 अगस्त, 1998) एविडेंन्स फॉर ऑसिलेशंस ऑफ एट्मॉसफेयर न्यूट्रिनोस, फिजिकल रिव्यू लेटर्स, खण्ड–81, पृ0 1562।
2. अहमद, क्यू0 आर0 एवं अन्य(एस.एन.ओ. कोलैबोरेशन)(13 अगस्त, 2001) मेजरमेंट ऑफ द रेट ऑफ $\nu_e+d \rightarrow p+p+e^-$ इंटरेक्शन प्रोड्यूस्ड बाय 8_B सोलर न्यूट्रिनोज एट द सडबुरी न्यूट्रिनो ऑब्जर्वेटरी, फिजिकल रिव्यू लेटर्स, खण्ड–87, पृ0 071301।
3. पॉली, डब्ल्यू0(1930) लेटर टू द "रेडियो एक्टिव्स" इन टयूबिंजेन।
4. डेविस, आर0 जूनियर; हार्मर, डी0 एस0 एवं हॉफमॉ, के0 सी0(1968) फिजिकल रिव्यू लेटर्स, खण्ड–20, पृ0 1205।
5. पॉन्टीकॉर्वो, बी0(1957) सोवियत फिजिक्स, जे0ई0टी0पी0, खण्ड–6, पृ0 429।
6. माकी, जेड0; नाकागावा, एम0 एवं सकाता, एस0(1962) प्रोगरेस इन थियोरेटिकल फिजिक्स, खण्ड–28, पृ0 870।