***Rivista*, 2017, 1, 51-56**
Published Online: July 30, 2017 (http://inscribepublications.com/journal/rivista)
http://doi.org/10.26476/rivista.2017.01.51-56

वायुमण्डलीय विद्युत : एक अध्ययन

विमल कुमार सारस्वत
सहायक आचार्य, भौतिक विज्ञान विभाग, भूपाल नोबल्स विश्वविद्यालय, उदयपुर, भारत 313001
Email: vimal@bnuniversity.ac.in

Received June 8, 2017; Revised June 30, 2017; Accepted July 22, 2017

सार

वायुमंडलीय विद्युतिकी को सभी ने आसमान में देखा है परन्तु इसके बारे में अभी अधिक जानकारी का अभाव है। यह किन कारणों से उत्पन्न होती है? इसका मान कितना होता है? क्या यह किसी कार्य में प्रयुक्त की जा सकती है, यदि हां तो कैसे? इन्हीं बातों को ध्यान में रखकर यह शोध पत्र तैयार किया गया है तथा इसे जनसाधारण तक पहुँचाने के लिए विशेष रूप से हिंदी में लिखा गया है, जिससे कि ग्रामीण क्षेत्र के लोग भी इसका फायदा उठा सके। इस शोध पत्र में यह प्रयास किया गया है विषय की पृष्ठभूमि को जितना संभव हो उतना सरल भाषा में लिखा जाये जिससे इसे अधिकतम लोगों तक पहुँचाया जा सके। इसमें इस विषय पर प्रारंभ से लेकर अभी तक किये कार्यों का उल्लेख किया गया है ।

संकेतशब्द वायुमंडल, वायुमंडलीय विद्युतिकी, थंडरस्ट्रोम, कॉस्मिक किरणें ।

1. परिचय

वायुमंडलीय विद्युतिकी वास्तव में एक ऐसा अन्तःविषय है जिसमें स्थिर विद्युतिकी, वायुमण्डलीय भौतिकी, मौसम विज्ञान तथा भू विज्ञान से सम्बन्धित अवधारणाएं शामिल हैं। पृथ्वी की सतह, वायुमण्डल तथा आयन मण्डल के मध्य आवेशों की गति, वैश्विक वायुमण्डलीय परिपथ का निर्माण करती है। वायुमण्डल में उत्पन्न थंडरस्ट्रोम (thunderstorm), जो गरज के साथ होने वाली वर्षा है, एक विशालकाय बैटरी की भांति कार्य करता है तथा यह आयनमण्डल को पृथ्वी के सापेक्ष 4 लाख वोल्ट तक आवेशित कर देता है। इस प्रकार यह वायुमण्डल में एक विद्युत क्षेत्र स्थापित करता है, जिसका मान पृथ्वी तल से ऊँचाई के साथ घटता जाता है। कॉस्मिक किरणों तथा प्राकृतिक

रेडियो एक्टिवता द्वारा उत्पन्न वायुमण्डलीय आयन विद्युत क्षेत्र में गति करते हैं तथा इससे एक अत्यंत अल्प मान की धारा वायुमण्डल में प्रवाहित होती है, चाहे थंडरस्ट्रोम इससे कितना ही दूर क्यों न हो? इस विद्युत क्षेत्र का मान पृथ्वी के समीप लगभग 100 वोल्ट/मीटर होता है। इस प्रकार वायुमण्डलीय विद्युतिकी में थंडरस्ट्रोम (जो तूफानी बादलों में निहित अत्यधिक मात्रा में वायुमण्डलीय आवेश के निरावेशन से प्राप्त प्रकाश का निर्माण करता है) तथा वायु का सतत् विद्युतिकरण (जो कॉस्मिक किरणों व प्राकृतिक रेडियोएक्टिवता के कारण होता है) निहित है [1-3]।

2. पृष्ठभूमि

सर्वप्रथम हॉक्सबी, न्यूटन तथा अन्य वैज्ञानिकों नें सुझाव दिया कि इलेक्ट्रिकल मशीनों और लेडन जार के निरावेशन से स्पार्क के कारण बिजली का निर्माण होता है। 1708 में डॉ. विलियम वॉल ने देखा कि अम्बर के एक आवेशित टुकड़े के स्पार्क से एक अल्प मान का प्रकाश प्राप्त होता है। बेंजामिन फ्रैंकलिन ने प्रयोगों द्वारा दर्शाया कि वायुमण्डल में बिजली की घटना तथा प्रयोगशाला में प्राप्त विद्युत में कई मौलिक समानताएं हैं। उन्होंने अपने प्रयोगों के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला कि वायुमण्डल से प्राप्त बिजली में विद्युत मशीनों से प्राप्त विद्युत के लगभग सभी गुण विद्यमान हैं तथा बादलों से प्राप्त बिजली को एक तीक्ष्ण बिंदु वाले धातु के तार की सहायता से ले जाया जा सकता है। थॉमस फ्रांकोइस डेलीबार्ड ने पेरिस के पास मारली-ला-विल में 40 फीट ऊँची एक लोहे की छड़ की स्थापना की, जो वहाँ से गुजरने वाले बादलों की बिजली को अपनी ओर खीच लेती थी। मई 1752 में, डेलीबार्ड ने अपने प्रयोगों द्वारा फ्रेंकलिन के सिद्धांत के सही होने की पुष्टि की तथा जून 1752 में फ्रैंकलिन ने अपने प्रसिद्ध पतंग प्रयोग का प्रदर्शन किया, जिसे बाद में रोमास द्वारा 9 फुट लम्बे एक धात्विक तार की मदद से दोहराया गया। इसके पश्चात् कैवालो द्वारा वायुमण्डलीय बिजली पर अनेक महत्वपूर्ण प्रयोग किये गये। इसके पश्चात् लेमनियर ने फ्रैंकलिन के प्रयोग को दोहराया परन्तु उसने भू-सम्पर्कित तार को कुछ धूल कणों द्वारा प्रतिस्थापित किया तथा इसके आधार पर उन्होंने साफ मौसम की स्थिति (fair weather condition) तथा साफ़ दिन (clear-day) की अवस्था में वायुमण्डल का विद्युतीकरण और इसमें होने वाले दैनिक परिवर्तन (diurnal variation) को बताया।

1775 में बेक़ीरिया ने लेमनियर के दैनिक भिन्नता की पुष्टि की और यह बताया कि उचित मौसम की अवस्था में वायुमण्डलीय आवेश की ध्रुवता धनात्मक होती है। इसके पश्चात् सौस्सुरे ने अपने प्रयोगों द्वारा बताया कि साफ या स्पष्ट मौसम की स्थिति में वायुमण्डलीय विद्युतीकरण में वार्षिक परिवर्तन होता है एवं इसका मान ऊँचाई के साथ भी परिवर्तित होता है। सन् 1785 में कुलॉम ने बताया कि वायुमण्डलीय गैसें कुचालक नहीं होती हैं, यदि वे आयनित हों, तो इनमें

चालकता का गुण भी होता है। एर्मन ने अपने सिद्धांत द्वारा यह स्पष्ट किया कि पृथ्वी ऋणावेशित होती है, जिसे पेल्टियर ने एर्मन के डाटा की सहायता से सिद्ध किया। इसके पश्चात् कई शोधार्थियों ने इस पर कार्य किये तथा अंत में फ्रांसिस रोनाल्ड्स ने विभव प्रवणता तथा वायु व पृथ्वी के मध्य प्रवाहित धारा का मान ज्ञात किया, उन्होंने एक ऐसा उपकरण भी बनाया जो इन डाटा का सतत् संग्रहण कर सके [3]। उन्होंने अपने शोध के दौरान केयू वैधशाला में बिजली तथा इससे जुड़े मौसम संबंधी पैरामीटर का पहला विस्तारित और व्यापक डाटासेट तैयार किया। रोनाल्ड्स ने वैश्विक स्तर पर वायुमण्डलीय बिजली के अध्ययन के लिए अपने उपकरणों की दुनिया भर में आपूर्ति की [4]। 1860 में केयू वैधशाला ने केल्विन के नये पानी गिराने-एकत्रित करने वाले और विभाजित-वलय इलेक्ट्रोमीटर की रचना की। जब तक यह वैधशाला बंद नहीं हो गयी तब तक इसमें मुख्यरूप से वायुमण्डलीय बिजली पर ही कार्य किया गया।

उच्च ऊंचाई पर मौसम सम्बन्धी पैरामीटर के मापन के लिए प्रायोगिक उपकरणों को हवा में पहुंचाने के लिए एक बार पतंग का भी उपयोग किया गया परन्तु इसमें कोई विशेष कामयाबी नहीं मिली इसके पश्चात् मौसम के गुब्बारे या एरोस्टैट का उपयोग किया गया जो कई दृष्टि से महत्वपूर्ण साबित हुआ इसलिए इसका उपयोग अभी भी किया जा रहा है। प्रारंभ में प्रयोगकर्ता स्वयं भी गर्म हवा के गुब्बारे के साथ ऊपर जाते थे। 1888 में हॉफ्फ़र्ट ने कैमरों का इस्तेमाल कर नीचे की ओर गिरती बिजली की पहचान की [5], तत्पश्चात् एल्स्टर और गीइटल ने थंडरस्ट्रोम की विद्युत संरचना को समझने के लिए एक सिद्धांत दिया और बाद में, वातावरण में विद्यमान धनात्मक तथा ऋणात्मक आयनों की मदद से वायुमंडलीय रेडियो एक्टिवता की खोज की [6]। 1897 में पॉकेल ने बेसाल्ट में बिजली की चमक का विश्लेषण करके बिजली की धारा-तीव्रता का अनुमान लगाया और बिजली के कारण बचे हुए चुंबकीय क्षेत्र का अध्ययन किया [7, 8]। 20 वीं सदी में विल्सन ने अपने प्रयोगों द्वारा यह बताया कि पृथ्वी द्वारा ऋणात्मक आवेश कैसे बनाए रखा जाता है तथा उन्होंने संवेदनशील विद्युत उपकरणों के माध्यम से वायुमंडल के विद्युतीकरण की खोज की [9, 10]। वायुमंडलीय विद्युतिकी पर वर्तमान में हो रहे शोध मुख्य रूप से बिजली तथा विशेष रूप से उच्च ऊर्जा कणों, क्षणिक चमकदार घटनाओं और मौसम एवं जलवायु में बिना किसी थंडरस्ट्रोम के होने वाली विद्युत प्रक्रियाओं की भूमिका से सम्बंधित है। वायुमंडलीय बिजली की सहायता से निकोला टेस्ला और हर्मन प्लॉसन ने ऊर्जा तथा शक्ति के उत्पादन की जांच की। टेस्ला ने लम्बी दूरी के ट्रांससीव वायरलेस ऊर्जा के लिए, वायुमंडलीय विद्युत सर्किट का उपयोग करने का भी प्रस्ताव दिया परन्तु वायुमंडलीय बिजली

से ऊर्जा प्राप्त करने के लिए कोई भी व्यावहारिक उपकरण नहीं बनाया गया [11]।

3. विवरण

वायुमंडलीय बिजली सदैव वायुमंडल में विद्यमान रहती है तथा साफ़ मौसम कि अवस्था में अंधड़ या थंडरस्ट्रोम से दूर, पृथ्वी से ऊपर की वायु धनावेशित होती है जबकि पृथ्वी की सतह का आवेश ऋणात्मक होता है, जिससे ऊपर की वायु धनावेशित होती है इसे दो बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर द्वारा समझा जा सकता है, जिसमें एक बिंदु पृथ्वी की सतह पर तथा दूसरा इसके ऊपर हवा में कहीं स्थित होता है। साफ़ मौसम की अवस्था में विभव प्रवणता का मान सतह पर लगभग 100 वोल्ट/मीटर होता है। वायुमंडलीय विद्युत क्षेत्र में वायुमंडल के मध्य दुर्बल चालन धारा होती है, जिसका मान लगभग 2 पीको एम्पीयर प्रति वर्ग मीटर होता है तथा इन आयनों के कारण वायु दुर्बल चालन की अवस्था में होती है।

बीसवीं शताब्दी में वाशिंगटन के कार्नेगिया विश्वविद्यालय के शोधार्थियों ने अपने अध्ययन द्वारा बताया की वायुमंडलीय विद्युत क्षेत्र का मान वैश्विक रूप से परिवर्तित होता है, इसका मान सार्वभौमिक समय (universal time) के अनुसार 3 बजे न्यूनतम तथा इसके 16 घंटे पश्चात् अधिकतम होता है। इस परिवर्तन को कार्नेगी वक्र कहते हैं तथा यह वक्र "ग्रह के विद्युत दिल की धड़कन (fundamental electrical heartbeat of the planet)" के रूप में वर्णित किया गया है [12]।

थंडरस्ट्रोम से दूर भी वायुमंडलीय विद्युत का मान अधिक परिवर्तित हो सकता है, परन्तु प्रायः कोहरे या धूल के दौरान विद्युत क्षेत्र का मान अधिक प्रभावी होता है, जबकि वायुमंडलीय विद्युत चालकता का मान कम होता है [13]। वैज्ञानिकों के अनुसार पृथ्वी की सतह के ऊपर कई किलोमीटर तक आयन मंडल का भाग है, जो इलेक्ट्रॉन मंडल कहलाता है, इसकी विद्युत चालकता का मान बहुत अधिक तथा विद्युत विभव का मान नियत रहता है। आयन मंडल, चुम्बकीय मंडल का आन्तरिक भाग तथा वायुमंडल वह भाग है, जो सोलर विकिरणों द्वारा आयनित होता है।

प्रकाशीय क्षणिक संसुचक (optical transient detector) के 1995-2003 के तथा लाइटिंग इमेजिंग सेंसर के 1998-2003 डेटा के अनुसार डेमोक्रेटिक रिपब्लिक ऑफ़ कांगो में सबसे अधिक बार वायुमंडलीय बिजली गिरी है। यदि किसी बादल में पानी की मात्रा अधिक घनीय हो तथा वह इसके तल में स्थित हो, तो थंडरस्ट्रोम में कुल ऊर्जा का मान ज्ञात किया जा सकता है। एक औसत थंडरस्ट्रोम से प्राप्त ऊर्जा का मान लगभग 3.6×10^{13} जूल होता है, जो किसी नाभिकीय हथियार में प्रयुक्त 20 किलो टन ईधन के सामान है। एक अधिक ऊर्जा का थंडरस्ट्रोम इससे 10 से 100 गुणा अधिक प्रबल होता

है। एक सघन बादल (dense cloud) में स्थित बर्फ तथा नरम ओलों (graupel) के बीच टक्कर इस बादल में स्थित धनात्मक व ऋणात्मक आवेशों को दूर करती है तथा यही आसमानी बिजली के उत्पन्न होने का कारण बनती है। अभी तक यह पूर्णतः ज्ञात नहीं हो पाया है कि प्रारंभ में बिजली कैसे निर्मित होती है। इसके लिए वैज्ञानिक कई प्रयोग कर रहे हैं, उन्होंने वायुमंडल से सम्बंधित कई प्राचल जैसे वायु, आर्द्रता और वायुमंडलीय दाब से लेकर सौर वायु एवं अत्यधिक ऊर्जायुक्त कणों के प्रभावों के कारण होने वाले परिवर्तनों का अध्ययन किया है, परन्तु अभी भी इससे सम्बंधित कई राज़ उजागर होने बाकि हैं।

एक आसमानी बिजली के औसत बोल्ट में 40 किलोएम्पीयर की ऋणात्मक विद्युत धारा होती है, जिसका मान 120 किलोएम्पीयर तक हो सकता है तथा यह 5 कुलॉम का आवेश एवं 500 मेगा-जूल की ऊर्जा स्थानांतरित करता है। ऊर्जा के इस मान से 100 वोल्ट के बल्ब को दो महीनें तक जलाया जा सकता है। वोल्टता का मान इस बात पर निर्भर करता है कि बोल्ट की लम्बाई कितनी है, वायु के परावैद्युत भंजन से तीन मिलियन वोल्ट प्रति मीटर की वोल्टता प्राप्त होती है तथा बिजली के बोल्ट की लम्बाई प्रायः कई सौ मीटर की होती है। यद्यपि आकाशीय बिजली का निर्माण परावैद्युत भंजन की कोई सरल विधि नहीं है तथा इस बिजली के बहुत कम दुरी तक संचरण के लिए भी अत्यधिक मान के विद्युत क्षेत्र की आवश्यकता होती है [14]। प्रायः वर्षा के दिनों में पाया गया है की आकाशीय बिजली इतनी भयानक होती है कि कई घरों तक को नष्ट कर देती है इसलिए उन्हें सुरक्षित रखने के लिए बड़े-बड़े भवनों में ताम्बें का एक मोटा तार छत पर लगा दिया जाता है जिसे तड़ित कहते हैं, इस तार या छड़ का दूसरा भाग भुसम्पर्कित कर दिया जाता है, जिससे वायुमंडलीय बिजली से प्राप्त आवेश सीधे ही तड़ित से होता हुआ जमीन में चला जाता जाता है। इस प्रकार विशालकाय भवनों, जिन्हें कॉम्प्लेक्स कहा जाता है, की आसमानी बिजली से रक्षा की जा सकती है।

4. निष्कर्ष

यह पाया गया है कि वायुमंडलीय बिजली में कई लाख वोल्ट तक का विभवान्तर होता है, जिसकी स्पष्ट झलक वर्षा के दिनों में देखी जा सकती है। बारिश के दिनों में आसमान में दिखाई देनी वाली बिजली की आवाज़ इतनी भयावह होती है कि एक नवजात बच्चे को ही नहीं बल्कि एक युवा व्यक्ति तक को आतंकित कर देती है तथा वह अपने दोनों कानों पर सहज ही हाथ रख देता है। इस बिजली के कई दुष्परिणाम सर्वविदित हैं तथा आये दिन पत्र-पत्रिकाओं में पढ़ने को मिल जाते हैं। कभी यह बिजली किसी के घर पर गिरकर उसका सब कुछ छीन लेती है उसकी जिंदगी भर कि मेहनत से कमाई हुई संपत्ति हड़प लेती है, तो कभी किसी के खेत खलिहान को नष्ट कर देती है,

कभी किसी पेट्रोल पंप पर गिर कर उसके इधर-उधर रहने वालों को सहज ही अपने लपेटे में ले लेती है। कहने का तात्पर्य यह है कि यदि इस आसमानी बिजली का सही ढंग से उपयोग किया जाये तो इसमें इतनी अधिक क्षमता है कि कई घरों को इससे रोशन किया जा सकता है, परन्तु कभी तक कहीं भी इसका सही ढंग से उपयोग नहीं किया जा सका है। अतः इस और प्रयाश किया जाये तो कई फलदायी परिणाम देखने को मिलेंगे।

संदर्भ सूची

[1] Chalmers, J. A. "Atmospheric Electricity", Pergamon Press, 1967.

[2] Harrison, R. G., "Fair weather atmospheric electricity", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 301, No. 1, 012001, 2011. Doi: 10.1088/1742-6596/301/1/012001.

[3] Ronalds, B. F., "Sir Francis Ronalds: Father of the Electric Telegraph", London: Imperial College Press, 2016. ISBN: 9781783269174.

[4] Ronalds, B. F., "Sir Francis Ronalds and the Early Years of the Kew Observatory" *Weather*, Vol. 71, No. 6, pp. 131-134, 2016. Doi: 10.1002/wea.2739.

[5] Hoffert, H. H., "Intermittent Lightning-Flashes", *Proceedings of the Physical Society*, Institute of Physics and the Physical Society, Physical Society (Great Britain), Vol. 9-10., pp. 176, 1888.

[6] Fricke, R. G. A., and K. Schlegel, "Julius Elster and Hans Geitel – Dioscuri of physics and pioneer investigators in atmospheric electricity" *History of Geo- and Space Sciences*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-7, 2017. Doi: 10.5194/hgss-8-1-2017. 2017

[7] Rakov, V. A., and M. A. Uman, "Lightning: Physics and Effects", Cambridge University Press, 2003.

[8] Cox, A., Anomalous Remanent Magnetization of Basalt, Experimental and Theoretical Geophysics Geological survey Bulletin, https://pubs.usgs.gov/bul/1083e/report.pdf.

[9] Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism, Edited by David Gubbins, Emilio Herrero-Bervera, Springer, Netherland, pp. 359, 2007. ISBN 978-1-4020-4866-1

[10] Harrison, G., "The cloud chamber and CTR Wilson's legacy to atmospheric science", *Weather*, Vol. 66, No. 10, pp. 276–279, 2011. Doi: 10.1002/wea.830.

[11] Valone, T., " Harnessing the wheelwork of nature: Tesla's science of energy", Adventures Unlimited Press, 2002.

[12] Harrison, R. G., "The Carnegie Curve", *Surveys in Geophysics*, Vol. 34, No. 2, pp. 209-232, 2012. Doi: 10.1007/s10712-012-9210-2

[13] Atmospheric electricity affects cloud height http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/mar/06/atmospheric-electricity-affects-cloud-height.

[14] Rakov, V. A., and M. A. Uman, "Lightning: physics and effects", Cambridge University Press, 2003.