खण्ड–5, अंक–1, वर्ष–2017, मु0पृ0 193–195, D.O.I. : 10.22445/avsp.v5i01.9882 वैज्ञानिक लेख

प्राचीन व वर्तमान काल में सूर्य ग्रहण की गणना का तुलनात्मक अध्ययन

प्रीति बाजपेयी
प्रोफेसर, गणित विभाग एवं डीन, स्टूडेन्ट वेलफेयर
बिट्स पिलानी, दुबई कैम्पस, दुबई, यू0ए0ई0
dr.priti.bajpai@gmail.com

प्राप्त तिथि–01.06.2017, स्वीकृत तिथि–12.08.2017

सार– सूर्य ग्रहण व चन्द्र ग्रहण सदियों से कौतूहल का विषय रहे हैं। 21 अगस्त, 2017 को होने वाले सूर्य ग्रहण जो कि, अमेरिका में देखा जा सकेगा, ने इस अद्भुद नजारे को देखने और समझने के लिये पूरी दुनिया में जिज्ञासा बढ़ा दी है। आज के युग के ग्रहण का समय, स्थान, ग्रहण की अवधि इत्यादि उच्च श्रेणी के आधुनिक टेलिस्कोप और गणितीय सॉफ्टवेयर के द्वारा बड़ी आसानी से सही–सही बताया जा सकता है। तो यह जिज्ञासा का विषय है कि, प्राचीन भारत में हजारों वर्ष पहले ग्रहण को किस रूप में देखा जाता था और ग्रहण की भविष्यवाणी कैसे की जाती थी।

बीज शब्द– सूर्य ग्रहण, चन्द्र ग्रहण, प्राचीन काल, वर्तमान काल, तुलनात्मक अध्ययन।

A comparative study of calculation of Solar Eclipse in ancient and present period

Priti Bajpai
Professor, Department of Mathematics and Dean, Student Welfare
BITS Pilani, Dubai Campus, Dubai, U.A.E.
dr.priti.bajpai@gmail.com

Abstract- The phenomenon of eclipses has been of tremendous interest to mankind. The solar eclipse, which will take place on 21st August, 2017 has kindled the curiosity towards this celestial occurrence once again. In modern times all the observations are gathered through highly sensitive telescopes. For calculations the most advance mathematical software's and programs are used. It is of interest then, that in Ancient India, what the formulae which were used were and how were the calculations and predictions done by observing the positions of planets through naked eye and in the absence of the modern day equipments. This paper is a modest attempt to give a comparative study of the method given by Aryabhatta for calculations of Stars, Solar Eclipses and the methods used now.

Key words- Solar eclipse, lunar eclipse, ancient period, present period, comparative study.

1. **प्रस्तावना**– प्राचीन भारत में सबसे पहले सूर्य ग्रहण का विवरण ऋग्वेद में एक कहानी के रूप में देखा गया है। जहाँ एक राक्षस सवरभानु सूर्य की रोशनी को निगल जाता है और चारो तरफ अंधेरा हो जाता है। कहा जाता है कि देवताओं के विनती करने पर ऋषि अत्रि ने चार मंत्रों के उच्चारण से अंधकार को दूर कर दिया था। श्रीमद्भागवद पुराण में भी ग्रहण की बड़ी दिलचस्प कथा है। कहते हैं कि एक बार देवों और राक्षसों के बीच घमासान युद्ध हुआ, तब भगवान् विष्णु मोहिनी का रूप धारण कर समुद्र मंथन से निकले अमृत को देवताओं में बाँटने लगे। पर एक असुर राहु, विष्णु भगवान की इस चाल को समझ गया और रूप बदल कर सूर्य और चंद्र के बीच बैठ गया। जब सूर्य व चंद्र को इसका आभास हुआ तो उन्होंने भगवान विष्णु को सचेत किया पर तब तक राहु अमृत का पान कर चुका था। भगवान विष्णु ने राहु की गर्दन उड़ा दी, परन्तु वह अमृत पान करने के कारण जीवित रहा। कहते हैं तभी से राहु सूर्य और चंद्रमा से बदला लेने के लिये उन्हें समय–समय पर खा जाता है। उस राक्षस के सिर को राहू और धड़ को केतु कहा गया।

2. **प्राचीन काल की अवधारणायें व तथ्य**– जब खगोल शास्त्र का विकास हुआ तब ग्रहण को वैज्ञानिक रूप से समझा गया। वराहमिहिर ने पंच सिद्धांतिका में ग्रहण का समय, अवधि तथा स्थान को पता लगाने का विवरण दिया है। पर आर्यभट्ट की गणनायें अपना ही महत्व रखती हैं। आर्यभट्ट जिनका समय 476AD बतलाया जाता है, ने आर्यभट्टीय में ग्रहण की गणना का विस्तार पूर्वक विवरण दिया है। आर्यभट्टीय के चौथे भाग में पद 37 से पद 48 में सूर्य ग्रहण निकलने की पद्धति दी है। ऐसा वालटेट यूजीन क्लार्क के अनुवाद में देखा जा सकता है।[1] आर्यभट्ट के अनुसार चंद्रमा पर पानी है, सूर्य में अंधेरा है। चंद्रमा सूर्य

को छिपाता है और धरती की छाया चंद्रमा को। चंद्रमा मास के अंत मे सूर्य की ओर बढ़ता है, या आधे मास में धरती की परछाई की तरफ बढ़ता है। आर्यभट्ट परछाई की लम्बाई उसका व्यास और समय निकालने का यह तरीका बतलाते हैं–

यदि

l	=	परछाई की लम्बाई है
d	=	परछाई का व्यास
x	=	सूर्य व चंद्रमा के केन्द्रों के बीच की दूरी
y	=	चंद्रमा व पृथ्वी के केन्द्रों के बीच की दूरी
r	=	पृथ्वी का व्यास
s	=	सूर्य का व्यास
m	=	चंद्रमा का व्यास
n	=	चंद्रमा का लैटिट्यूड
t	=	स्थितवरघा (1/2 ग्रहण का समय)
k	=	विमरदरघा(1/2 ग्रहण की अवधि), तब

$$l = \frac{(x+y)r}{(s-r)} \qquad (1)$$

यानि सूर्य व पृथ्वी के बीच की दूरी को पृथ्वी के व्यास से गुणा कर, सूर्य व पृथ्वी के व्यास के अंतर से भाग देने पर परछाई की लम्बाई *'l'* मिलते हैं, और तब

$$d = \frac{(l-y)r}{l} \qquad (2)$$

अर्थात्, पहले परछाई की लम्बाई और पृथ्वी व चंद्रमा के बीच की दूरी का अंतर ले। इस अंतर को पृथ्वी के व्यास से गुणा कर, परछाई की लम्बाई से भाग देने पर परछाई का व्यास मिलता है। पुनः

$$t = \sqrt{\left\{\frac{(s+m)}{2}\right\}^2 - n^2} \qquad (3)$$

यानि सूर्य व चंद्रमा के व्यास के जोड़ के आधे के वर्ग से चंद्रमा के लैटिट्यूड के वर्ग का अंतर लें। इस संख्या का वर्गमूल, स्थितवरघा देता है। अब ग्रहण की अवधि निकालने के लिये

$$x = \sqrt{\frac{(d-m)^2 - n^2}{2}} \qquad (4)$$

जिसका अर्थ है कि परछाई और चंद्रमा की त्रिज्या के अंतर का वर्ग लें। इस संख्या से चंद्रमा के लैटिट्यूड के वर्ग का अंतर का वर्गमूल ले तब हमें विमरदरघा मिलता है।

3. **वर्तमान गणनायें**– आज गणनायें स्थलीय समय(Terrestrial Time या Terrestrial Dynamical Time(TD)) की सहायता से की जाती हैं। TD को हमें समझाने के लिये उसे सार्वभौमिक समय(Universal Time(UT)) में बदलना पड़ता है। TD वह समय है जो कि धरती की सतह से ग्रहों की गणनायें जैसे अपने पथ पर चंद्रमा की स्थिति आदि जानने के लिये प्रयोग में लाया जाता है। यह अंतर्राष्ट्रीय खगोलीय संघ(International Astronomical Union(IAU)) के द्वारा परिभाषित है। इसकी इकाई सेकण्ड है। UT वह समय है जो पूरी दुनिया मे एक समान है। यह जगह–जगह नहीं बदलता है।

तो $$\Delta T = (TD\text{-}UT) \text{ सेकण्ड} \qquad (5)$$

ΔT को निकालने के लिये बहुपद का प्रयोग करते हैं। यह बहुपद पुराने अवलोकनों से पहले बनाया जाता है फिर अंतर्वेशन(इण्टरपोलेशन) या अतिवेशन(एक्स्ट्रापोलेशन) से जिस वर्ष के लिये हमें ΔT चाहिये, निकाला जा सकता है। ग्रहण किस माह में पड़ेगा उसके लिये चंद्रमा की अपने पथ पर स्थिति ज्ञात होना आवश्यक है। बहुत से ग्रंथों और पांडुलिपियों की सहायता से पिछले ग्रहणों की जानकारी है। इनकी सहायता से अलग–अलग बहुपद बनाये जाते हैं। जैसे 500 BC के पहले के लिये ΔT इस प्रकार निकालते हैं।[2]

$$\Delta T = -20 + 32\, u^2 \qquad (6)$$

जहाँ $u = \dfrac{\text{साल}-1820}{100}$

अगर वर्ष 2005 से 2050 के लिये DT निकालना है, तो

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217\, t + 0.005589\, t^2$$

जहाँ $y = \text{साल} + \dfrac{\text{महीना} - 0.5}{12}$ (7)

और $t = y - 2000$

बहुपद बनाने के लिये संख्याओं के बीच क्यूबिक स्प्लाइन फिट किया जाता है, जिसके द्वारा एक अनुमानित बहुपद तैयार हो जाता है।

4. **निष्कर्ष**– यह देखा जा सकता है कि जो टेलिस्कोप के अविष्कार के बाद की असली गणनायें हैं, उन्हें यदि बहुपद से अंतर्वेश(इण्टरपोलेट) कर के निकाला जाये तो त्रुटि बहुत कम मिलती है।

आभार– लेखिका श्री टी0 एन0 मिश्र व श्री अखिलेश वर्मा की आभारी है।

संदर्भ

1 क्लार्क, वालटर यूजीन(1930) दी आर्य भटिया ऑफ आर्यभट्ट, यूनीवर्सिटी ऑफ शिकागो प्रेस।
2. http://eclipse:gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltapoly.html