भारत में गणित की उज्ज्वल परम्परा

कक्षा- दशम्

वैदिक गणित

सूत्र-आनुरूप्येण

41^2	=	16	4	1
			4	
	=	16	8	1

उत्तर = 1681

41^3	64	16	4	1
		32	8	
	68	9	2	1

उत्तर = 68921

भारत में गणित की उज्ज्वल परम्परा

कक्षा - दशम्

प्रकाशक :
विद्या भारती संस्कृति शिक्षा संस्थान
संस्कृति भवन, कुरुक्षेत्र- 136118 (हरियाणा)

प्रकाशक :
विद्या भारती संस्कृति शिक्षा संस्थान
संस्कृति भवन, कुरुक्षेत्र-136 118
दूरभाष/फैक्स : 01744-251903, 270515
Website : www.samskritisansthan.com
E-mail : sgp@samskritisansthan.org

© सर्वाधिकार प्रकाशकाधीन

प्रथम संस्करण : विक्रमी संवत् २०७९ युगाब्द ५१२४ (सन् 2022)

ISBN 978-93-85256-98-1

ISBN -

9 789385 256981

मूल्य : ₹ 30.00

मुद्रक : एस०जी० प्रिंट पैक्स प्राइवेट लिमिटेड, नोएडा

प्रस्तावना

गणित के विस्मृत इतिहास को जानें

एक पुराना फिल्मी गीत था – "जब जीरो दिया मेरे भारत ने, तब दुनिया को गिनती आई ...।" बचपन में रेडियो पर कभी-कभी इस गीत को भी गीत की भाँति सुना तो परन्तु कभी इसका अर्थ समझने की चेष्टा नहीं की। बाद में, जब गणित विषय पढ़ना प्रारम्भ किया और रुचि जगी, तब इस गीत का भाव भी ध्यान में आया। जिज्ञासा बढ़ी तो विभिन्न स्रोतों से विश्व के गणित ज्ञान में भारतीय गणिताचार्यों के योगदान के अनेक प्रसंग जानने को मिले। अंग्रेज़ी की एक Proverb का अर्थ भी इसी सन्दर्भ में समझ में आया- "The more I read, the more I know, how less I know." ज्ञान के अथाह सागर में जितनी बार गोता लगायें, कोई न कोई नया रत्न हाथ में आ ही जाता है।

प्यारे भैया-बहनों, यह तो हुई मेरी बात। अपने विषय में सोचिए- क्या हम अपनी पाठ्यपुस्तक में दिए गए विषय से बाहर, अपने पाठ्यक्रम से हट कर अपने किसी भी प्रिय विषय के बारे में कुछ जानने का प्रयास करते हैं? हमने कैरियर को ध्यान में रख कर विषय चुना तो पाठ्यक्रम पूरा कर लो, दोहरा लो, अधिक से अधिक प्रैक्टिस कर लो और अंतिम उद्देश्य – परीक्षा में अच्छे अंक पा जाओ, इतना ही न? सोचिए जरा – पढ़ाई का उद्देश्य जानना, सीखना, ज्ञान प्राप्त करना, या मात्र परीक्षा पास कर लेना? यह परीक्षा देने के बाद हमें कितना स्मरण रह जाता है, स्वयं इसका अनुमान लगाएँ। जो कुछ परीक्षा उत्तीर्ण कर लेने के पाँच-दस वर्ष बाद भी आपको याद है, उतना ही ज्ञान है; जो भूल गए, उसे ज्ञान कह सकते हैं क्या?

पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तक से बाहर जो पढ़ते और सीखते हैं, वह स्वाध्याय है। यह बोर्ड या विश्वविद्यालय की परीक्षा से अधिक जीवन की परीक्षाओं में उपयोगी होता है। इसी विचार को लेकर गणित विषय के आचार्य बन्धु-बहनों, विद्यार्थियों, विद्यालय में पढ़ाई पूरी कर चुके जिज्ञासुओं, अभ्यासियों तथा गणित में रुचि रखने वालों के लिये प्रस्तुत पुस्तक की रचना की गई है। प्राचीन भारतीय गणित ज्ञान की परम्परा, गणित की विभिन्न शाखाओं का विकासक्रम और उनको आगे बढ़ाने वाले भारतीय गणिताचार्य, गणित के सूत्रों-उपसूत्रों की जानकारी, गणित की गणनाओं पर आधारित ज्योतिष शास्त्र और खगोल विज्ञान के आधार-बिन्दु, भारतीय कालगणना पद्धति की वैज्ञानिकता आदि अनेक ऐसी बातों का तथ्यपूर्ण समावेश इस पुस्तक शृंखला में किया

गया है जो हमारी कक्षाओं की पाठ्यपुस्तकों में प्राय: नहीं है, किन्तु हमारे जीवन में उसका उपयोग सामान्य ज्ञान की दृष्टि से अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है।

एक बात और। अपने देश की ज्ञान सम्पदा के बारे में जानना और उस पर गौरव करना, यह भी शिक्षा का ही भाग है। सौरमण्डल के विभिन्न ग्रहों-उपग्रहों की गति-स्थिति, सूर्यग्रहण-चन्द्रग्रहण आदि के प्रारम्भ और पूर्णता का समय, पूर्णिमा-अमावस्या आदि तिथियों की गणना भारत के पंचांग रचना करने वाले गणिताचार्यों ने तब कर दी थी जब आज के विशिष्ट उपकरण, दूरबीन आदि का आविष्कार भी नहीं हुआ था, किन्तु जो गणनाएँ आज भी सटीक हैं। ऐसी अनेक बातें इस पुस्तक में आपको पढ़ने-जानने को मिलेंगी और आपको आनन्द देंगी। आपके कैरियर की दिशा में आपको अनेक प्रतियोगी परीक्षाएँ देनी होंगी और सामान्यत: सभी में गणित का कुछ न कुछ अंश होता ही है। प्रतियोगी परीक्षा में तय समयसीमा में अधिकतम प्रश्नों के सही उत्तर देना बड़ी चुनौती होती है। वैदिक गणित के सूत्रों का प्रयोग करके आप उन गणनाओं को कुछ सेकण्ड्स में, और यहाँ तक कि बिना कागज-पेन्सिल का प्रयोग किए हल कर सकेंगे - यह विशेषता है वैदिक गणित की।

राष्ट्रीय शिक्षा नीति-2020 में भारतीय ज्ञान परम्परा (Indian Knowledge System) तथा भारत केन्द्रित शिक्षा (Indo-Centric Education) का उल्लेख है। अत: हमारे आचार्य बन्धु-बहनों को यह पुस्तक शृंखला पर्याप्त एवं तथ्यपूर्ण जानकारी उपलब्ध कराने में समर्थ होगी, ऐसी अपेक्षा है।

ऐसे सभी सुहृद-विद्वज्जनों जिनसे इन पुस्तकों के लिए विषयवस्तु प्राप्त हुई – डॉ॰ राजेन्द्र गुप्त जी - अधीक्षक, जीवाजी वेधशाला, उज्जैन; डॉ॰ अनुपम जैन - प्राध्यापक, देवी अहिल्या विश्वविद्यालय, इन्दौर तथा श्री उदय रावले - प्राचार्य आदि; तथा जिसके सक्षम मार्गदर्शन में इस पुस्तक शृंखला की रचना हुई - डॉ॰ श्रीराम चौथाईवाले, श्री शिवकुमार जी, श्री देवेन्द्रराव देशमुख आदि सभी महानुभावों के योगदान के लिए सादर नमन करते हुए मैं यह पुस्तक शृंखला भारत के सभी उन स्वनामधन्य गणिताचार्यों-ज्योतिषशास्त्रज्ञों-खगोल वैज्ञानिकों की पुण्यस्मृति को प्रणाम करते हुए आपके हाथों में सौंपते हुए गौरव अनुभव कर रहा हूँ।

– अवनीश भटनागर

राष्ट्रीय महामंत्री,

विद्या भारती अ॰भा॰ शिक्षा संस्थान

आश्विन कृष्ण तृतीया,
विक्रमी संवत् २०७९
कुरुक्षेत्र

भूमिका

प्राचीन काल से ही भारत में गणित को प्रमुख स्थान दिया जाता रहा है। महर्षि लगध ने वेदांग ज्योतिष (लगभग 1000ई॰पू॰) में कहा है कि--

यथा शिखा मयूराणां नागानां मणयो यथा।
तद्वद् वेदांगशास्त्राणां गणितं मूर्धनिस्थितम्॥

अर्थात् जिस प्रकार मोर के सिर पर शिखा तथा नागों के फन पर मणि सुशोभित है। उसी प्रकार सभी वेदांग शास्त्रों के शीर्ष पर गणित सुशोभित है।

गणित की आवश्यकता एवं महत्व को बताते हुए महान गणितज्ञ महावीराचार्य (850ई॰) कहते हैं कि–

बहुभिर्विप्रलापैः किं त्रैलोक्ये सचराचरे।
यत्किञ्चिद्वस्तु तत्सर्वं गणितेन विना न हि॥

अर्थात् गणित के बारे में बहुत क्या कहना, तीनों लोकों में सचराचर (चेतन और जड़) जगत में जो भी वस्तु विद्यमान है वे सभी गणित के बिना सम्भव नहीं है।

ज्ञान-विज्ञान के क्षेत्र में भारत का विश्व को योगदान अद्वितीय है। इसमें गणित की आधारभूत संकल्पनाएँ तो बहुत ही विशिष्ट हैं। शून्य की संकल्पना, संख्या लेखन की दाशमिक (दशमलव) प्रणाली का आविष्कार एवं अंकों के स्थानीय मान का स्वरूप प्राचीन भारत की ऐसी देन है जिसके बिना गणित के क्षेत्र में कोई प्रगति सम्भव नहीं थी।

वैदिककाल से भारत में गणित की उज्ज्वल परम्परा चली आ रही है। इस परम्परा को अनेक गणितज्ञों ने अपने अमूल्य योगदान से आगे बढ़ाया है। भारत के इसी परम्परागत गणित ज्ञान से अवगत कराने हेतु यह पुस्तक कक्षा दशम् के लिए तैयार की गई है। पुस्तक में कुल तीन भाग हैं।

प्रथम भाग में **''प्राचीन भारतीय गणित की एक झलक''** के अन्तर्गत गणित के क्षेत्र में भारत के विशिष्ट योगदान की जानकारी दी गई है, इस भाग में वेधशाला एवं भारतीय काल गणना - समय की माप जैसे ऐतिहासिक महत्त्व के बिन्दु दिय गये हैं जो वर्तमान में भी प्रासंगिक हैं, यह जानकारी विद्यार्थियों के ज्ञानवर्धन के साथ-साथ अपने देश के प्रति गौरव का भाव पैदा करने वाली है।

द्वितीय भाग में "**वैदिक गणित की विधियाँ**" दी गई हैं जो प्रश्नों को शीघ्रता और शुद्धता से हल करने में उपयोगी हैं साथ ही उत्तर को जाँचने की विधि उपलब्ध होने से विद्यार्थियों का आत्मविश्वास बढ़ाने में सहायक है। इस भाग में वर्ग, वर्गमूल, घनमूल ज्ञात करने की द्रुत विधियाँ तथा घनमूल ज्ञात करने की भाग आधारित विधि दी गई है।

ये विधियाँ जहाँ वर्तमान गणित पाठ्यक्रम के प्रश्नों को हल करने में सहायक हैं वही शीघ्र गणना होने से समय की बचत के कारण प्रतियोगी परीक्षाओं के लिए वरदान हैं।

पुस्तक के तृतीय भाग में **भारत के प्रमुख गणिताचार्य** बिन्दु के अन्तर्गत महान गणितज्ञ ब्रह्मगुप्त एवं श्रीधराचार्य के जीवन परिचय एवं योगदान से अवगत कराया गया है।

"**भारत में गणित की उज्ज्वल परम्परा**" पुस्तक का लेखन विद्या भारती में वैदिक गणित के प्रभारी अधिकारी माननीय शिव कुमार जी, अखिल भारतीय मंत्री, विद्या भारती अखिल भारतीय शिक्षा संस्थान के मार्गदर्शन में विद्या भारती गणित परिषद द्वारा विषय विशेषज्ञों डॉ० राजेन्द्र प्रकाश गुप्त, अधीक्षक शास. जीवाजी वेधशाला, उज्जैन (मध्य प्रदेश), श्री सत्यनारायण चौरसिया (सेवानिवृत्त) सहायक शिक्षा निदेशक शिक्षा निदेशालय उत्तर प्रदेश, प्रयागराज एवं श्री योगेश कुमार गुप्ता प्रधानाचार्य, मथुरा के सहयोग से किया गया है।

यह पुस्तक गागर में सागर है। विद्यार्थियों, शिक्षकों, अभिभावकों हेतु निश्चित रूप से उपयोगी होगी ऐसा विश्वास है। पुस्तक से सम्बन्धित सभी प्रकार के सुझावों का सदैव स्वागत है।

इस सामग्री के संकलन में अनेक ग्रन्थों एवं गणितज्ञों तथा विद्वानों की सहायता प्राप्त हुई है, साथ ही विद्या भारती संस्कृति शिक्षा संस्थान के निदेशक डॉ० रामेन्द्र सिंह एवं उनकी टीम के सक्रीय सहयोग से समय पर प्रकाशन हो सका है। मैं उन सभी के प्रति कृतज्ञता व्यक्त करता हूँ।

तिथि : भाद्रपद कृ.अष्टमी, वि.सं.२०७९
श्रीकृष्ण जन्माष्टमी
दिनाँक : 19.08.2022

– देवेन्द्रराव देशमुख
अ.भा.संयोजक, वैदिक गणित
विद्या भारती अ.भा.शिक्षा संस्थान

पाठ्यक्रम

भाग-1

प्राचीन भारतीय गणित की एक झलक

1. भारत में खगोल शास्त्र की उज्ज्वल परम्परा
2. भारतीय कालगणना -समय की माप

भाग-2

वैदिक गणित

1. वर्ग–
    1. आनुरूप्येण विधि
    2. संकलन-व्यवकलनाभ्याम विधि
    3. यावदूनं तावदनीकृत्य वर्ग च योजयेत विधि
    4. द्वन्द्वयोग विधि
2. वर्गमूल–
    1. विलोकनम्
    2. द्वन्द्व योग विधि
3. घन–
    1. आनुरूप्येण विधि
    2. यावदूनं तावदूनीकृत्य वर्ग च योजयेत् विधि
    3. आनुरूप्येण, यावदूनं तावदूनीकृत्य वर्ग च योजयेत् विधि।
4. घनमूल –
    1. विलोकनम्
    2. भाग आधारित विधि

भाग-3

भारत के प्रमुख गणिताचार्य

1. ब्रह्मगुप्त
2. श्रीधराचार्य

अनुक्रमणिका

अध्याय	अध्याय का नाम	पृष्ठ संख्या
1.	भारत में खगोल शास्त्र की उज्ज्वल परम्परा	9
2.	भारतीय काल गणना - समय की माप	15
3.	वर्ग	19
4.	वर्गमूल	29
5.	घन	39
6.	घनमूल	46
7.	भारत के प्रमुख गणिताचार्य 1. ब्रह्मगुप्त 2. श्रीधराचार्य	57

भाग – 1

प्राचीन भारतीय गणित की एक झलक

अध्याय-1

भारत में खगोल शास्त्र की उज्ज्वल परम्परा

'प्रत्यक्षं ज्योतिषं शास्त्रं, चन्द्रार्कौ यत्र साक्षिणौ' अर्थात् ज्योतिष प्रत्यक्ष शास्त्र है, सूर्य, चन्द्र जिसके साक्षी हैं। इस वाक्य की सार्थकता से समस्त विश्व परिचित है। वेद के 6 अंग- छन्द, कल्प, ज्योतिष, निरुक्त, शिक्षा एवं व्याकरण प्रसिद्ध हैं। इन अंगों में ज्योतिष को वेद के नेत्रों की संज्ञा दी गई है। सभी वैदिक कार्यों के आरंभ में सकल्प करने की प्रक्रिया प्रचलित है, जिसमें ब्रह्मादिनारंभ से लेकर संकल्प करने के दिन तक की गणना का समावेश होता है। उक्त गणना ज्योतिष पर ही आधारित होती है।

ज्योतिष शास्त्र के 3 प्रमुख अंग हैं – (1) सिद्धान्त, (2) संहिता एवं (3) होरा। **सिद्धान्त** भाग में उपपत्ति सहित गणित प्रक्रिया का वर्णन है। **संहिता** के अन्तर्गत गणितीय सिद्धान्त के आधार पर समष्टिगत विषयों का समावेश होता है। इसके अन्तर्गत तिथि, वार, नक्षत्र आदि के मान, सूर्य-चन्द्र ग्रहणों के समय आदि विषय प्रतिपाद्य हैं। **होरा** में व्यक्तिगत फल, जन्मपत्र एवं वर्षफल निर्माण, संस्कारों एवं अनेक प्रकार के कार्यारंभ के काल का विवेचन करते हुए पर्व, महापर्व, व्रत-उत्सव आदि का निर्णय किया जाता है।

स्पष्ट है कि संहिता एवं होरा इन दोनों ज्योतिष विभागों का मुख्य आधार सिद्धान्त-गणितीय विभाग ही है। इन्हीं के आधार पर पञ्चांग का निर्माण किया जाता है, जिनमें तिथि, वार, नक्षत्र, मास, पक्ष, योग, करण आदि के मान अंकित होते हैं। भारतीय धर्मप्राण जनता के लिए ग्रहाचार के आधार पर व्रत, पर्व, महापर्व, जयंती, उत्सव आदि निर्णय पञ्चांग के अनुसार ही किए जाते हैं।

सिद्धान्त ज्योतिष में **दृग्गणितैक्य-समन्वय** शब्द प्रसिद्ध तथा बहुचर्चित है। आकाश में नेत्रों द्वारा देखे हुए ग्रह व नक्षत्रादि के

भिन्न-भिन मापदण्ड और करणग्रन्थों द्वारा गणितागत प्राप्त मापदण्डों का परस्पर सामञ्जस्य होना ही इस शब्द का तात्पर्य है।

जिस करण-ग्रन्थ का गणितागत मान, आकाश में वेधोपलब्ध ग्रह व नक्षत्रादि के मान के तुल्य होता है, वह करण-ग्रन्थ शुद्ध माना जाता है। वेधोपलब्धि यन्त्रों द्वारा ही होता है, अतएव वेधशाला में स्थित यन्त्रों को अतिप्राचीन काल से गणितज्ञ विद्वान महत्त्व देते चले आ रहे हैं।

पञ्चांगों की गणितीय प्रक्रिया की शुद्धता की जाँच का कार्य भारतीय परम्परागत ज्योतिष के यंत्रों से वेधशालाओं में की जाती रही है। यदि गणितीय निष्कर्षों के अनुसार ग्रह-नक्षत्रादि की स्थिति आकाश में मिलती है, तभी गणना को शुद्ध माना जाता है। यदि प्रत्यक्ष में वह स्थिति नहीं मिलती, तो शोधपूर्वक उनका निराकरण किया जाना आवश्यक है।

खगोलीय गणनाओं की प्रायोगिक समझ, उनके सत्यापन तथा खगोलीय स्थितियों के अवलोकन के लिए वेधशालाओं का निर्माण किया गया था। इसके अध्ययन हेतु वेधशालाओं को हम दो भागों में विभाजित कर सकते हैं।

(1) प्राचीन वेधशालायें

(2) आधुनिक वेधशालायें

(1) प्राचीन वेधशालायें – इन वेधशालाओं में सतह पर स्थित ढांचे के माध्यम से खगोलीय गणनाओं का कार्य किया जाता है। जयपुर के महाराज सवाई राजा जयसिंह द्वितीय ने भारत में प्राचीन वेधशालाओं का निर्माण करवाया।

इन्होंने पाँच वेधशालाओं उज्जैन (1719ई०), दिल्ली (1724ई०), जयपुर (1728ई०), बनारस (1734ई०) तथा मथुरा (1737ई०) का निर्माण करवाया। उज्जैन कर्क रेखा के नजदीक स्थित होने के कारण प्राचीन समय से काल गणना का प्रमुख केन्द्र रहा है। यह प्रसिद्ध गणितज्ञ एवं खगोलशास्त्री वराहमिहिर की जन्म स्थली एवं साधना स्थली है। वर्तमान में यहाँ प्राचीन पाँच यन्त्र (सम्राट यन्त्र, नाड़ी वलय यन्त्र, दिगंश यन्त्र, भित्ती यन्त्र व शंकु यन्त्र)हैं।

प्राचीन यंत्रों की जानकारी–

1. **सम्राट यन्त्र** - सम्राट यन्त्र को धूप घड़ी भी कहते हैं। इस यंत्र के

बीच की सीढ़ी की दीवालों की ऊपरी सतह पृथ्वी के अक्ष के समानान्तर होने के कारण दीवालों के ऊपरी धरातल की सीध में रात्रि को ध्रुवतारा दिखाई देता है। इसके पूर्व तथा पश्चिम की ओर विषुवद वृत्त धरातल में समय बतलाने के लिये एक चौथाई गोल भाग बना हुआ है। जिनके माध्यम से हम प्रात: 6 बजे से शाम 6 बजे तक का उज्जैन का स्थानीय समय ज्ञात कर सकते हैं। गोल भाग पर घण्टे, मिनट एवं मिनट का तीसरा भाग खुदे हुए हैं। जिससे आज भी 20 सेकण्ड तक सही समय ज्ञात कर सकते हैं।

आकाश में ग्रह-नक्षत्र विषुवद् वृत्त से उत्तर तथा दक्षिण में कितनी दूर हैं, यह जानने के लिये भी इस यंत्र का उपयोग किया जाता है। चौथाई गोल के किनारे पर किसी ऐसे स्थान को ज्ञात कीजिये जहाँ से सीढ़ी की दीवाल के किनारे के किसी बिन्दु पर ग्रह-नक्षत्र का केन्द्र दिखाई दे, दीवाल के उस बिन्दु पर जो अंक है, वह उस देखे गये ग्रह-नक्षत्र की दूरी होती है, जिसे क्रांति कहते हैं।

2. **नाड़ी वलय यन्त्र** - विषुवद वृत्त के धरातल में निर्मित यह अत्यन्त अद्भुत यंत्र है। इस यंत्र से हम सूर्य, पृथ्वी के किस गोलार्द्ध में हैं यह प्रत्यक्ष रूप से देख सकते हैं। विषुवद् वृत्त के धरातल में निर्मित इस यंत्र के उत्तर-दक्षिण दो भाग हैं छः मास (22 मार्च से 22 सिम्बर तक) जब सूर्य उत्तरी गोलार्द्ध में रहता है, तो यंत्र का उत्तरी गोल भाग प्रकाशित रहता हे तथा दूसरे छः मास (24 सितम्बर से 20 मार्च तक) जब सूर्य दक्षिणी गोलार्द्ध में रहता है, तब दक्षिणी गोल भाग प्रकाशित रहता है। 21 मार्च एवं 23 सितम्बर को सूर्य जब भू-मध्य रेखा या विषुवत रेखा पर होता है, तो यंत्र के उत्तरी तथा दक्षिणी दोनों गोल भाग पर छाया रहती है।

यंत्र के दोनों गोल भाग पर एक-एक घड़ी बनाई गई है। इन दोनों भागों के बीच में पृथ्वी की अक्ष के समान्तर लगी कीलों की छाया से उज्जैन का स्पष्ट समय ज्ञात होता है। पृथ्वी के समान्तर लगी कीलों की छाया से छः माह उत्तरी तथा छः माह दक्षिणी घड़ी से उज्जैन का समय ज्ञात किया जा सकता है। इस प्राप्त समय में भी

सम्राट यंत्र के तरह अन्तर जोड़ा जाये तो भारतीय मानक समय प्राप्त कर सकते हैं। ग्रह, नक्षत्र अथवा तारों को वे उत्तरी आधे गोलार्द्ध में हैं या दक्षिणी आधे गोलार्द्ध में हैं उन्हें भी इस यंत्र के माध्यम से प्रत्यक्ष देख सकते हैं।

3. **दिगंश यंत्र** - इस यंत्र के बीच में बने गोल चबूतरे पर लगे हो के दण्ड में तुरीय यंत्र लगाकर ग्रह-नक्षत्रों के उन्नतांश (क्षितिज से ऊँचाई) और दिगंश (पूर्व-पश्चिम दिशा के बिन्दु से क्षितिज वृत्त में कोणात्मक दूरी) ज्ञात करते हैं।

4. **भित्ति यंत्र** - दीवार पर बना होने के कारण यह भित्ति यंत्र कहालता है। 180 अंशों के रूप में निर्मित अर्धवृत्त के दो भाग हैं। जिसके केन्द्र में लोहे की कील लगी हुई है। मध्याह्न काल में कील की छाया से सूर्य के उन्नतांश, नतांश एवं दिनमान का वेध किया जाता है।

5. **शंकु यंत्र** – शंकु यंत्र के माध्यम से हम सूर्य की स्थिति को प्रत्यक्ष रूप से देख सकते हैं। क्षितिज वृत्त के धरातल में निर्मित इस यंत्र में 360 अंश के वृत्तकार चबूतरे पर एक स्तंभ में शंकु लगा हुआ है। शंकु की परछाई से सूर्य की स्थिति का प्रत्यक्ष अवलोकन किया जा सकता है। शंकु की छाया से वृत्ताकार सतह पर 7 रेखाएँ खींची गई है।। जो 12 राशियों में सूर्य की स्थिति को प्रदर्शित करती हैं। बीच वाली सीधी रेखा भू-मध्य रेखा या विषुवत रेखा कहलाती है। 21 मार्च व 23 सितम्बर को जब सूर्य भू-मध्य रेखा या विषुवत रेखा पर लम्बवत् होता है, तो शंकु की छाया पूरे दिन इस रेखा पर गमन करती हुई दृष्टिगोचर होती है। इस दिन सूर्य की क्रांति शून्य अंश होती है। इस दिन, दिन व रात बराबर होते हैं अर्थात् 12 घण्टे का दिन और 12 घण्टे की रात होती है।

2. **आधुनिक वेधशालायें** - इन वेधशालाओं में नवीन उपकरण व आधुनिक तकनीक के प्रयोग द्वारा अवलोकन कर गणना, नवीन खोज व शोध का कार्य किया जाता है। इन वेधाशलाओं में आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक टेलीस्कोप, कम्प्यूटर, उपग्रह आदि यन्त्रों के द्वारा खगोलीय आंकड़े चित्र

प्राप्त कर शोध किया जा रहा हैं भारत की प्रमुख आधुनिक वेधशालाओं में कोडाईकनाल (तमिलनाडु), निज़ाम महल और जापाल रंगापुर (तेलंगाना, उत्तराखण्ड राज्य वेधशाला नैनीताल, वेनुबापु (तमिलनाडु), उदयपुर सोलर वेधशाला (राजस्थान), गुरुशिखर इन्फ्रारेड (माउण्टआबू) एवं उज्जैन में प्राचीन के साथ-साथ आधुनिक भी वेधशालायें हैं।

आधुनिक यन्त्रों की जानकारी –

1. **टेलिस्कोप** – रात्रि में आकाशीय अवलोकन एवं ग्रहीय स्थितियों की समझ हेतु टेलिस्कोप का उपयोग किया जाता है। टेलिस्कोप के माध्यम से रात्रि में चन्द्रमा की सतह, उसके गढ्ढे व पहाड़, शुक्र की कलाएँ, बृहस्पति की सतह, बैण्ड व उपग्रह, शनि की वलय, चन्द्र ग्रहण एवं अन्य ग्रह व तारों को स्पष्ट रूप से देख सकते हैं। जब भी ग्रह या उपग्रह शाम के समय आकाश में दृष्टि गोचर होते हैं, तो वेधशाला में टेलिस्कोप के माध्यम से उन्हें दिखाया जाता है।
2. **सी.डी.शो** - वेधशाला में निर्मित 'हमारा सौर परिवार' नामक 40 मिनट का सीडी शो दिखाया जाता है। जिसमें आकाश गंगा में हमारे सौर परिवार की स्थिति, सूर्य का जीवन चक्र, सौर परिवार के आठों ग्रहों की जानकारी को चित्र सहित समाहित किया गया है।
3. **कार्यशील मॉडल** - वेधशाला में ग्रहण, सौर परिवार एवं स्टार ग्लोब के कार्यशील मॉडल द्वारा विषय को समझा जाता है।
4. **ग्रहण मॉडल** - इसके द्वारा सूर्यग्रहण, चन्द्रग्रहण, ऋतु परिवर्तन, अमावस्या या पूर्णिमा की स्थिति तथा चन्द्रमा की कलाओं को स्पष्ट रूप से समझा जा सकता है।
5. **सौर परिवार मॉडल** - इस मॉडल में सूर्य एवं आठों ग्रहों को सूर्य से दूरी के क्रम में प्रदर्शित किया गया है। इस मॉडल की सहायता से ग्रहों की सूर्य से दूरी, उनके आकार एवं रंग, ग्रहों का परिभ्रमण एवं पारगमन आदि की जानकारी प्रदान की जाती है।
6. **स्टार ग्लोब** - आकाशीय स्थिति की समझ हेतु स्टार ग्लोब अत्यन्त उपयोगी होता है। स्टार ग्लोब के माध्यम से हम खगोलीय विषुवत वृत्त, क्रांति वृत्तय, कर्क एवं मकर रेखा, राशियां, नक्षत्र, सप्तऋषि, कालपुरुष आदि प्रमुख तारा समूह, उत्तरी तथा दक्षिणी

गोलार्द्ध के तारों की स्थिति को स्पष्ट रूप से समझ सकते हैं।

7. **तारामंडल** - वेधशाला में ग्लोब के अंदर तारामण्डल दिखाया जाता है। इस तारा मण्डल में डिजिटल प्रोजैक्अर के माध्म से डोम मे अर्द्ध गोलाकार स्थिति में खगोलीय फिल्में दिखाई जाती हैं।

8. **मौसम के यंत्र** - भारत मौसम विज्ञान विभाग द्वारा वेधशला में मौसम के आधुनिक उपकरण स्थापित किए गए हैं। इन यंत्रों में वर्षामापी, तापमापी, आद्रतामापी, हवा की गति व दिशा के लिए एनिमोमीटर व विण्ड वेन, वायुदाब ज्ञात करने के लिए इलेक्ट्रानिक बैरोमीटर स्थापित किए गए हैं। जिनके माध्यम से निर्बाध रूप से प्रतिदिन मौसम के आंकड़े संग्रहण कर मौसम केन्द्र व स्थानीय मीडिया को उपलब्ध करवाये जाते हैं।

9. **नक्षत्र वाटिका** - सूर्य एवं ग्रहों के तुलनात्मक आकार, उनके परिभ्रमण पथ, राशियों एवं नक्षत्रों की स्थिति, राशियों तथा नक्षत्रों में सम्बन्ध, तारा समूहों की स्थिति, विश्व मानक समय आदि की जानकारी हेतु नक्षत्र वाटिका का निर्माण किया गया है। नक्षत्र वाटिका के मध्य में सूर्य तथा आठ ग्रहों के प्रतिरूप बनाए गए हैं। इनकी सूर्य से दूरी का क्रम, तुलनात्मक आकार, मूल रंग तथा परिभ्रमण को दर्शाया गया है। प्रथम वृत्ताकार पथ में 30-30 अंश के आधार पर 12 राशियों, उनके तारा समूह व आकार को दर्शाया गया है तथा प्रत्येक राशि से संबंधित वनस्पति को लगाया गया है। द्वितीय वृत्ताकार पथ में $13^{0}\ 20'$ के आधार पर 27 नक्षत्रों को दर्शाया गया है। चार रंग के ग्रेनाइट के द्वारा प्रत्येक नक्षत्र के $3^{0}\ 20'$ के चारों चरणों को दर्शाया गया है। नक्षत्र वाटिका के वृत्ताकार पथ में राशियों व नक्षत्रों का समन्वय इस प्रकार से किया गया है, कि प्रत्येक राशि से संबंधित नक्षत्रों तथा उसके चरणों का संबंध प्रत्यक्ष रूप से देख सकते हैं।

वेधशाला में यंत्रों का निर्माण एवं खगोलीय गणनाओं की समझ, उच्च स्तर के गणितीय ज्ञान के बिना संभव नहीं है। अतः हम सहज ही अनुमान लगा सकते हैं कि, प्राचीन समय में हमारा गणितीय ज्ञान कितने उच्च स्तर का था।

अध्याय – 2

भारतीय काल गणना - समय की माप

लोक व्यवहार, संगीत तथा साहित्य में हमें पल दो पल, घड़ी दो घड़ी, युगों-युगों तक निमेष, कल्प-आदि शब्द सुनने तथा पढ़ने में आते रहते हैं। ये शब्द **भारतीय काल गणना** की इकाईयाँ हैं। **पर्वों, पंचांग तथा खगोलीय घटनाओं** के अध्ययन में भारतीय काल गणना की जानकारी होना आवश्यक एवं उपयोगी है।

इस अध्याय में हम भारतीय काल गणना की सूक्ष्म तथा दीर्घ इकाईयों की जानकारी प्राप्त करेंगे।

समय की माप

समय की सबसे छोटी माप है परमाणु

2 परमाणु	=	1 अणु
3 अणु	=	1 त्रसरेणु
3 त्रसरेणु	=	1 त्रुटि

कमल की पंखुड़ी को सुई से छेद करने में जितना समय लगता है, उतने समय को त्रुटि कहते हैं।

100 त्रुटि	=	1 वेध
3 वेध	=	1 लव
3 लव	=	1 निमेष
3 निमेष	=	1 क्षण

पलक झपकने को निमेष और उन्मेष कहते हैं। आँख बन्द करके खोलने को पलक झपकना कहते हैं। निमेष का अर्थ है आँख बन्द होना और उन्मेष का अर्थ है आँख खुलना।

पलक झपकने में आँख बन्द होने में जितना समय लगता है, उतने समय को निमेष कहते हैं। तीन निमेष का एक क्षण होता है। 'क्षण' शब्द से हम परिचित हैं।

5 क्षण	=	1 काष्ठा
15 काष्ठा	=	1 लघु
15 लघु	=	1 घटी

एक घनाकार तांबे का बर्तन जिसमें 1 सेर पानी आ सके लें। बीस गुंजा भार की चार अंगुल लम्बी सोने की सींक से उस पात्र में छेद करें। एक बड़े पात्र में पानी भर कर उसमें यह छेद वाला पात्र रखें। जितने समय में यह पात्र पानी से भरकर डूब जायेगा उतने समय को 1 घटी या घटिका कहते हैं।

विशेष ध्यान दें : 1 घटी = 24 मिनट

2 घटी	=	1 मुहूर्त
7½ घटी	=	1 प्रहर
1 प्रहर	=	3 घण्टे
8 प्रहर	=	1 दिन-रात
1 प्रहर	=	2 चौघड़िये
16 चौघड़िये	=	1 दिन-रात

1 घटी	=	24 मिनट	
60 घटी	=	24 घण्टे	
1 चौघड़िया	=	96 मिनट = 1½ घण्टा (औसत से)	
1 पल	=	24 सैकण्ड	= 2½ विपल = 1 सैकण्ड
1 सैकण्ड	=	33,750 त्रुटि	4 सैकण्ड = 1 असु
24 घण्टा	=	1 दिन	
15 दिन	=	1 पखवाड़ा	2 पखवाड़े = 1 मास
2 मास	=	1 ऋतु	3 ऋतु = 1 अयन
2 अयन	=	1 वर्ष	

वर्ष को **संवत्सर** भी कहते हैं।

1 मास के 30 दिन और 1 वर्ष के 12 मास भी कह सकते हैं।

दो पखवाड़ों के नाम	-	कृष्ण पक्ष, शुक्ल पक्ष
बारह मास के नाम	-	चैत्र, वैशाख, ज्येष्ठ, आषाढ़, श्रावण, भाद्रपद, आश्विन, कार्तिक, मार्गशीर्ष, पौष, माघ और फाल्गुन।
छह ऋतुओं के नाम	-	ग्रीष्म, वर्षा, शरद, हेमंत, शिशिर और बसंत
दो अयनों के नाम	-	उत्तरायण और दक्षिणायन

- (चार लाख बत्तीस हजार) 4,32,000 वर्ष = 1 कलियुग
- (आठ लाख चौसठ हजार) 8,64,000 वर्ष = 1 द्वापरयुग
  (2 कलियुग = 1 द्वापरयुग)
- (बारह लाख छियानबे हजार) 12,96,000 वर्ष = 1 त्रेतायुग
  (3 कलियुग = 1 त्रेतायुग)
- (सत्रह लाख अट्ठाईस हजार) 17,28,000 वर्ष = 1 सत्ययुग
  (4 कलियुग = 1 सत्ययुग)
- 432 सहस्राब्दी = 1 कलियुग 2 कलियुग = 1 द्वापरयुग
  3 कलियुग = 1 त्रेतायुग 4 कलियुग = 1 सत्ययुग

सत्ययुग + त्रेतायुग + द्वापरयुग + कलियुग = महायुग = 43,20,000 वर्ष

महायुग को चतुर्युगी भी कहते हैं।

71 महायुग अथवा चतुर्युगी	=	1 मन्वन्तर
मन्वन्तर	=	मनु + अन्तर

एक मनु से दूसरे मनु के बीच समय की जो अवधि है उसे मन्वन्तर कहते हैं।

1 मन्वन्तर	=	43,20,000 × 71
	=	30,67,20,000 वर्ष (तीस करोड़ सड़सठ लाख बीस हजार) वर्ष

कुल 14 मन्वन्तर हैं। इनके नाम इस प्रकार हैं।

1. स्वायम्भुव	2. स्वारोचिष	3. औषमि (औत्तमि)
4. तामस	5. रैवत	6. चाक्षुष
7. वैवस्वत	8. सावर्णिक	9. दक्षसावर्णिक
10. ब्रह्मसावर्णिक	11. धर्मसावर्णिक	12. रुद्रसावर्णिक
13. देवसावर्णिक	14. इन्द्रसावर्णिक	

वर्तमान में वैवस्वत मन्वन्तर चल रहा है।

14 मन्वन्तरों का 1 कल्प होता है।

30 कल्पों के नाम

1. श्वेत	2. नीललोहित	3. वामदेव
4. रथंतर	5. रौरव	6. देव
7. बृहत्	8. कंदर्प	9. पद्म
10. ईशान	11. तम	12. सारस्वत
13. उदान	14. गरुड़	15. कौर्म
16. नारसिंह	17. समान	18. आग्नेय
19. सोम	20. मानव	21. तत्पुरुष
22. वैकुंठ	23. लक्ष्मी	24. सावित्री
25. घोर	26. श्वेतवारह	27. वैराज
28. गौरी	29. माहेश्वर	30. पितृ

वर्तमान में श्वेतवाराह कल्प चल रहा है।

एक कल्प अर्थात् ब्रह्मा का एक दिन उतनी ही बड़ी उनकी रात्रि, 360 महाकल्प का ब्रह्मा का एक वर्ष होता है। इस प्रकार 100 वर्ष तक एक ब्रह्मा की आयु और यह काल तो भगवान विष्णु का एक निमेष (आँख की पलक झपकने के काल को निमेष कहते हैं) होता है और विष्णु के बाद रूद्र का काल आरंभ होता है, जो स्वयं कालरूप हैं और अनंत हैं, इसीलिए कहा जाता है कि काल अनंत है।