# आकाशीय पिण्डों की गति की व्याख्या

## हम क्यों कहते हैं कि पृथ्वी सूर्य के चक्कर लगाती है?

उमा सुधीर

लेखों की इस शृंखला के पिछले दो लेखों में हमने विभिन्न आकाशीय पिण्डों की आभासी गति पर ध्यान दिया था, जो पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूर्णन के कारण दिखती है। हमने यह भी देखा था कि यदि चन्द्रमा पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा हो, तो पृथ्वी से क्या दिखेगा। हमें काफी कम उम्र में यह भी सिखाया जाता है कि पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करती है और उसे एक चक्कर लगाने में एक साल (या 365 और ¼ दिन) लगता है। इस लेख में पहले तो हम यह खोजबीन करेंगे कि यदि, हमारे सारे सहज-ज्ञान के विपरीत, पृथ्वी सूर्य के आसपास चक्कर लगाती है तो आकाश में हम क्या देखने की अपेक्षा कर सकते हैं। जैसा हमने पृथ्वी के इर्द-गिर्द चन्द्रमा की परिक्रमा के सन्दर्भ में किया था, हम यह अन्दाज़ लगाने की कोशिश करेंगे कि हमारे अवलोकन परिक्रमा की दिशा के बारे में क्या बताते हैं। इसके बाद हम रात में आकाश के व्यवस्थित अवलोकन करेंगे ताकि अपनी 'भविष्यवाणियों' की पुष्टि कर सकें। इस लेख के अन्तिम हिस्से में हम कुछ ऐसी गड़बड़ियों की चर्चा करेंगे जो तब सुलझ गईं जब हमने भू-केन्द्रित मॉडल को छोड़कर सूर्य-केन्द्रित मॉडल को अपना लिया। इसके अन्तर्गत आकाश के आवारा नागरिकों – यानी ग्रहों की गतियों को देखना शामिल होगा। इसके लिए हम सूर्य-केन्द्रित मॉडल की मान्यताओं को स्वीकार कर लेंगे और इसका सम्बन्ध अपने अवलोकनों से बैठाने की कोशिश करेंगे – ऐसे अवलोकन जो लगभग दो महीनों की अवधि में किए जा सकें। इसके बाद हम चर्चा करेंगे कि सिर्फ अधिक सरल होने के कारण ही क्यों सूर्य-केन्द्रित मॉडल सौर मण्डल का एक बेहतर प्रस्तुतीकरण हो जाता है।

## सूर्य सौर मण्डल का 'स्टार' है

सौर मण्डल का सूर्य-केन्द्रित मॉडल कहता है कि सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं (हम शुरुआत पृथ्वी की गति से करेंगे), और सौर मण्डल अनगिनत तारों (और निहारिकाओं) से घिरा है, जो बहुत दूर हैं (सबसे पास वाला तारा चार प्रकाश वर्ष की दूरी पर है)। हालाँकि, विभिन्न तारे और निहारिकाएँ भी गति कर रहे हैं लेकिन उनकी सापेक्ष स्थितियों में

परिवर्तन को एक जीवन काल में नहीं देखा जा सकता; लिहाज़ा, इस लेख के सन्दर्भ में हम मान सकते हैं कि वे एक-दूसरे के सापेक्ष और सौर मण्डल के सापेक्ष स्थिर हैं। यही कारण है कि हमें बार-बार वही तारामण्डल दिखते हैं और तारामण्डल के विभिन्न तारों की आपस में सापेक्ष दूरियाँ भी बरकरार रहती हैं।[1]

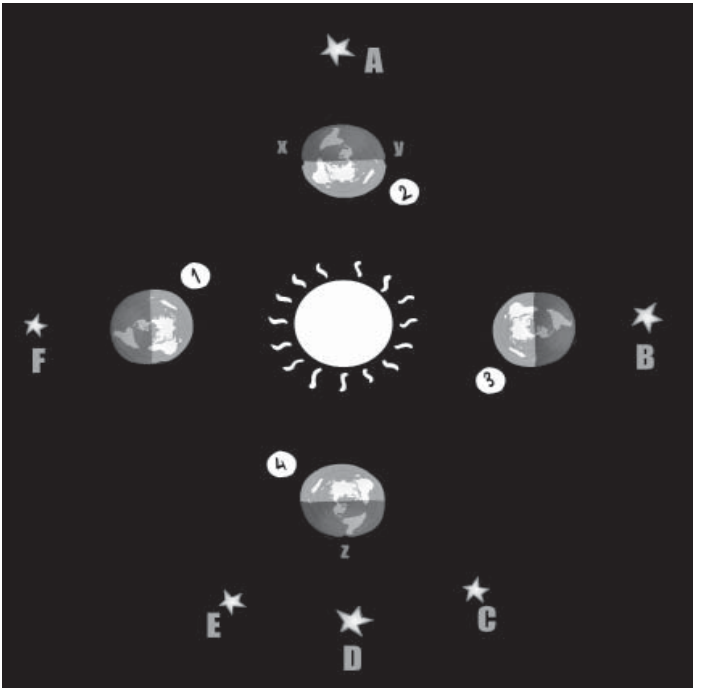
लेकिन जब अँधेरा होता है तो आकाश के एक निश्चित हिस्से में क्या सालभर वही तारामण्डल नज़र आते हैं? यदि आप गर्मियों की रातों में खुले में सोएँ तो क्या आपको वही तारामण्डल नज़र आते हैं जो जाड़ों की रात में दिखे थे? और यदि पृथ्वी तारों (तारामण्डलों), जो एक-दूसरे के सापेक्ष स्थिर हैं, से घिरे एक सौर मण्डल का हिस्सा है तो हम क्या देखने की उम्मीद करते हैं? यहाँ दिया गया चित्र (चित्र-1) देखिए जिसमें पृथ्वी को सूर्य की परिक्रमा की अपनी कक्षा में चार अलग-अलग बिन्दुओं पर दिखाया गया है।

अभी के लिए मान लीजिए कि हम पृथ्वी को ध्रुव तारे की दिशा से देख रहे हैं। सूर्य के इर्द-गिर्द पृथ्वी की कक्षा पूरी तरह वृत्ताकार नहीं है। यह एक दीर्घवृत्त है। अलबत्ता, अगले लेख में हम देखेंगे कि वर्तुलता से यह विचलन इतना कम है कि इसे अनदेखा किया जा सकता है। चित्र को सरल रखने के लिए चन्द्रमा व अन्य ग्रह नहीं दर्शाए गए हैं। ज़ाहिर है, प्रत्येक स्थिति में पृथ्वी के उस हिस्से में रात होगी जो सूर्य के सम्मुख नहीं है और शेष हिस्से में दिन होगा। यकीनन, तारे बहुत-बहुत दूर हैं लेकिन सुविधा के लिए उन्हें पृथ्वी की कक्षा के नज़दीक दर्शाया गया है। जब पृथ्वी स्थिति 1 पर होती है, तब तारा F रात में नज़र आएगा लेकिन तारा B? चूँकि तारा B इस स्थिति में आकाश में सूर्य के पीछे है, इसलिए वह दिखेगा नहीं। इसी प्रकार से जब पृथ्वी अपनी कक्षा में स्थिति 3 पर होगी, तब तारा B तो दिखेगा लेकिन तारा F नहीं।

जब पृथ्वी स्थिति 4 पर होगी, तो आकाश कैसा दिखेगा? Z चिन्हित स्थान पर खड़े किसी व्यक्ति के लिए, समय लगभग मध्य-रात्रि का होगा (सूर्य की स्थिति देखिए, व्यक्ति को मध्यान्ह का सूर्य सिर के ऐन ऊपर देखने में अभी 12 घण्टे शेष हैं)। पिछले लेख से याद कीजिए कि यदि हम पृथ्वी को ध्रुव तारे की दिशा से देखें, तो वह अपनी धुरी पर घड़ी की

---

[1] *ज़ाहिर है, यह एक भ्रम है। ज़रूरी नहीं है कि किसी भी तारामण्डल के तारे वास्तव में एक-दूसरे के ज़्यादा नज़दीक हों, बनिस्बत अन्य तारों के। उनकी आभासी निकटता सिर्फ इसलिए है क्योंकि हम तक उनका प्रकाश अन्तरिक्ष के एक ही क्षेत्र से आता है। वास्तव में, हो सकता है कि वे एक-दूसरे से हज़ारों प्रकाश वर्ष दूर हों। और तो और, हमारे मनपसन्द तारामण्डलों के कुछ तारे तो वास्तव में अत्यन्त दूरस्थ निहारिकाएँ हैं!*




चित्र: मयूश्री

***चित्र-1:*** *पृथ्वी सूर्य के चारों ओर अपनी कक्षा में चार स्थितियों में। प्रत्येक स्थिति से कौन-से तारे दिखाई देंगे? प्रत्येक तारा या नक्षत्र कब उदय या अस्त होगा?*

विपरीत दिशा में घूमती दिखती है। और बिन्दु Z पर मध्य-रात्रि को खड़े इस व्यक्ति के लिए, तारा D सिर के ऊपर होगा जबकि तारा E पश्चिमी आकाश में होगा और जल्दी ही अस्त हो जाएगा जबकि तारा C पूर्वी आकाश में दिखेगा।

और जब पृथ्वी स्थिति 2 में होगी तब तारा E व C के दिखने के बारे में क्या कहेंगे? एक बार फिर याद कीजिए कि पृथ्वी को ध्रुव तारे की दिशा से देखें, तो वह एंटी-क्लॉकवाइस दिशा में घूमती दिखती है और 24 घण्टे में एक घूर्णन पूरा कर लेती है। तो यदि हम दो लोगों की कल्पना करें, जो पृथ्वी की स्थिति 2 में X तथा Y बिन्दु पर खड़े हैं, तो उनमें से एक लगभग सूर्यास्त के समय के नज़दीक है जबकि दूसरा सूर्योदय के निकट है। मुझे यकीन है कि आपको यह ताड़ने में बिलकुल भी कठिनाई नहीं होगी कि X और Y में

से किसके लिए सुबह जागने का समय हो चुका है। आगे बढ़ने से पहले इस मामले को सुलझा लीजिए ताकि आप बगैर भ्रमित हुए पढ़ते रह सकें।

मैं उम्मीद करती हूँ कि आपने समझ लिया है कि तारा E सूर्योदय से ठीक पहले पूर्वी आकाश में होगा और तारा C सूर्यास्त से ठीक बाद पश्चिमी आकाश में नज़र आएगा (और निश्चित रूप से, ये दोनों व्यक्ति तारा D को नहीं देख पाएँगे क्योंकि वह तो सूरज के एकदम पीछे है और सूरज की चकाचौंध में ओझल रहेगा)। लेकिन जब पृथ्वी सूर्य के इर्द-गिर्द अपनी परिक्रमा-कक्षा में आगे बढ़ेगी तो कुछ दिनों बाद हालात कैसे बदलेंगे? यदि पृथ्वी स्थिति 2 से स्थिति 1 की ओर बढ़ती है, तो तारा C सूर्य के पीछे होगा और तारा D सुबह-सुबह के आकाश में पूर्व में नज़र आने लगेगा; और तारा E और भी पहले उदय हो चुका होगा और सूर्योदय से काफी पहले पूर्वी आकाश में नज़र आएगा। अलबत्ता, यदि पृथ्वी स्थिति 2 से स्थिति 3 की तरफ गति करती है तो तारा D सूर्यास्त के तुरन्त बाद पश्चिमी आकाश में नज़र आएगा जबकि तारा C सूर्यास्त के समय पश्चिमी आकाश में काफी ऊपर होगा। यानी तारा D पहले अस्त होगा और उसके एकाध घण्टे बाद तारा C अस्त होगा। और इस मामले में तारा E होगा जो सूर्य के पीछे रहेगा और आकाश में नज़र नहीं आएगा।

ज़ाहिर है, पृथ्वी की परिक्रमा की दिशा तय करने के लिए हमें यह देखना होगा कि रात के आकाश में किस तरह परिवर्तन होते हैं। इसी के आधार पर तय हो सकेगा कि पृथ्वी स्थिति 2 से स्थिति 1 की ओर जाती है या स्थिति 3 की ओर। पृथ्वी को ध्रुव तारे की ओर से ही देखते हुए, अगर वह स्थिति 2 से स्थिति 1 की ओर जाएगी तो इसे एंटी-क्लॉकवाइस कहेंगे और यदि वह स्थिति 2 से स्थिति 3 की ओर जाएगी तो क्लॉकवाइस कहेंगे। वास्तविक दिशा क्या है और इसे पता करने के लिए हमें कितने दिनों तक आकाश को निहारना होगा?

जैसी कवायद हमने पृथ्वी के इर्द-गिर्द चन्द्रमा की गति की दिशा का पता लगाने के लिए की थी, वैसी ही कवायद यहाँ भी करनी होगी। याद करें कि सूर्य के आसपास पृथ्वी की कक्षा को एक वृत्त माना जा सकता है और पृथ्वी को इस वृत्त को पूरा करने में 365 दिन का समय लगता है। चूँकी एक वृत्त 360 डिग्री का होता है, इसलिए यह माना जा सकता है कि पृथ्वी रोज़ाना करीब 1 डिग्री चलती है। लिहाज़ा, यदि हम रोज़ाना रात में आकाश को एक निश्चित समय पर देखेंगे, तो तारों की स्थिति हर रात एक डिग्री बदल चुकी होगी। अलबत्ता, यह परिवर्तन इतना कम है कि इसे

बगैर किसी उपकरण की मदद से खुली आँखों से पकड़ पाना सम्भव नहीं है। लेकिन यदि हम देखें कि किसी दिन एक निश्चित समय पर, पूरा अन्धकार हो जाने के बाद, कोई तारा या तारामण्डल पूर्वी या पश्चिमी क्षितिज से कितना ऊपर है तो हम देख सकेंगे कि 15 दिनों में यह कितना सरकता है। यह परिवर्तन हर 15 दिन में लगभग 15° का होगा जिसे आसानी-से देखा जा सकेगा। ऐसा एक-डेढ़ महीने तक किया जा सकता है। (इस अभ्यास के मकसद से ऐसे तारे देखना बहुत उपयोगी नहीं होगा जो उत्तर या दक्षिण की ओर हैं क्योंकि आपने देखा ही होगा कि ध्रुव तारा अपनी जगह से कदापि हटता नहीं दिखता है।)[2]

उस चित्र पर लौटें जिसकी चर्चा हम पहले कर रहे थे; यदि पृथ्वी सूर्य के आसपास क्लॉकवाइस दिशा में घूम रही हो, तो ऐसा कोई तारा जो किसी दिन पश्चिमी क्षितिज के नज़दीक है, वह 15 दिन बाद क्षितिज से कुछ ऊपर दिखेगा। दूसरी ओर, यदि पृथ्वी एंटी-क्लॉकवाइस दिशा में घूम रही हो, तो 15 दिन बाद पश्चिमी क्षितिज के नज़दीक का कोई तारा सूर्य के साथ अस्त हो जाएगा और पूरा अन्धकार होने के बाद वह दिखाई नहीं देगा। अर्थात्, यदि आप डेढ़-दो महीने तक अवलोकन करें तो पश्चिमी क्षितिज के नज़दीक का कोई भी तारा, अन्धकार होने के बाद, पहले से और पहले अस्त होगा। इसी प्रकार से, यदि आप अगले दो माह तक अवलोकन करें, उस तारे का क्या होगा जो किसी दिन अँधेरा होने के तत्काल बाद उदय हो रहा हो? क्या सूर्यास्त के समय पर क्षितिज से अधिक ऊपर होगा या क्या वह देर से उदय होगा? मैं उम्मीद करती हूँ कि *संदर्भ* में इस शृंखला का अगला लेख प्रकाशित होने तक आपने सारे ज़रूरी अवलोकन करके सूर्य के आसपास पृथ्वी की परिक्रमा की दिशा का अन्दाज़ लगा लिया होगा।

## और आकाश में हमारे निकटस्थ हमसफर

जैसा कि पहले कहा गया था, तारे (यानी, सूरज को छोड़कर) बहुत-बहुत दूर हैं। सबसे नज़दीकी तारा चार प्रकाश वर्ष से ज़्यादा दूर है। लेकिन सौर मण्डल में आठ ग्रह हैं और उनके उपग्रह हैं। इसके अलावा कई अन्य छोटे-मोटे पिण्ड सूर्य का चक्कर लगाते रहते हैं। पृथ्वी पर खड़े-खड़े हम इन आठ ग्रहों में से पाँच को नंगी आँखों से देख सकते हैं। और ये पाँच ग्रह सारी प्राचीन सभ्यताओं को ज्ञात रहे हैं। अन्य दो ग्रह – यूरेनस और नेप्चून – को दूरबीन की मदद से ही देखा जा

[2] *ध्रुव तारे की आभासी अटलता सिर्फ एक रात की नहीं, बल्कि पूरे वर्ष की बात है। इसकी व्याख्या अगले लेख में की जाएगी।*

चित्र: मधुश्री

*चित्र-2: तारे विभिन्न नक्षत्रों में अपनी स्थिति बनाए रखते प्रतीत होते हैं, लेकिन उनकी निकटता केवल आभासी होती है और वे गतिशील भी होते हैं, हालाँकि यह परिवर्तन हमारे जीवनकाल में नहीं देखा जा सकता है।*

सकता है। इसके अलावा, बृहस्पति के चन्द्रमा (उपग्रहों) और शनि की वलय को भी तभी देखा जा सका था, जब हमने दूरबीन को उनकी ओर घुमाया! आकाश निहारने वालों को ग्रहों ने सदा से - जब से लोगों ने रात के आकाश में प्रकाशित बिन्दुओं पर ध्यान देना शुरू किया - आकर्षित किया है। ग्रह दो कारणों से अलग लगते हैं – (i) सारे तारे टिमटिमाते हैं जबकि ग्रह प्रकाश के स्थिर स्रोत होते हैं, चाहे शुक्र की तरह चमकदार या शनि की तरह मद्धिम; और (ii) कि वे टिमटिमाते तारों की स्थिर पृष्ठभूमि के सामने बेतरतीबी से तफरीह करते नज़र आते हैं, कभी-कभी तो उल्टी दिशा में चलते दिखते हैं।[3] अर्थात् एक-दूसरे के सापेक्ष तारों की स्थिति नहीं बदलती जबकि ग्रह एक से दूसरे तारामण्डल में भटकते नज़र आते हैं। उससे भी ज़्यादा विचित्र बात है कि प्रत्येक ग्रह मनमौजी होता है और बाकी ग्रह कुछ भी करते रहें, वह अपनी चाल से चलता रहता है।

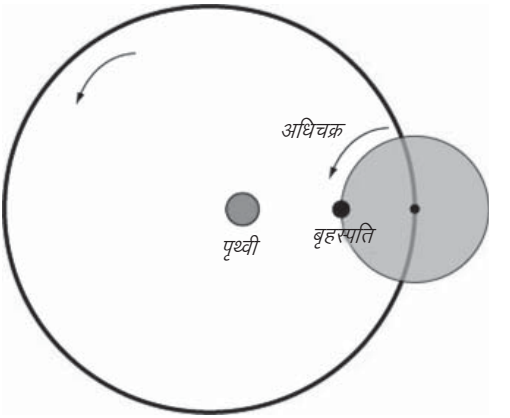
कई सदियों तक सारे आकाशीय पिण्डों के सावधानीपूर्वक किए गए अवलोकनों से लोगों ने प्रत्येक ग्रह की गति में कुछ पैटर्न खोज निकाले

[3] *ग्रहों की इस उल्टी या 'पश्चगामी' चाल की व्याख्या भू-केन्द्रित मॉडल द्वारा करना अत्यन्त कठिन था। लेख में आगे इस पर और चर्चा करेंगे।*

और यह देखा गया कि शुक्र और बुध कभी भी पूरी रात नहीं दिखते। वास्तव में, बुध तो एक-एक बार में कुछ दिनों के लिए सूर्यास्त के फौरन बाद या सूर्योदय से फौरन पहले अत्यन्त थोड़े समय के लिए दिखता है। अधिकांश दिन तो वह देखा ही नहीं जा सकता। सूर्य और चन्द्रमा के बाद शुक्र आकाश में सबसे चमकीला पिण्ड है। इसे या तो सूर्यास्त के बाद पश्चिमी आकाश में लगभग दो घण्टे के लिए देखा जा सकता है (जब इसे गलती से सांध्य तारा कह दिया जाता है) या पूर्वी आकाश में सूर्योदय से पहले लगभग दो घण्टे के लिए देखा जा सकता है (जब इसे भोर का तारा नाम दे दिया जाता है!)।

मंगल, बृहस्पति और शनि को साल की अलग-अलग अवधियों में पूरी रात में देखा जा सकता है। लेकिन ये अलग-अलग चाल से गति करते हैं और अधिकांश समय तारों की पृष्ठभूमि में एक दिशा में चलते नज़र आते हैं और फिर थोड़ी अवधि के लिए उल्टी दिशा में चलने लगते हैं। बाद में ये एक बार फिर सीधे चलने लगते हैं। यह भविष्यवाणी करने के लिए काफी जटिल गणनाएँ करनी होती थीं कि इनमें से प्रत्येक कब अपनी गति की दिशा बदल लेगा। इस गति की व्याख्या करना भी काफी जटिल गणनाओं की माँग करता था (चित्र-3)।

सूर्य केन्द्रित मॉडल प्रस्तावित करते हुए कॉपरनिकस युरोप के शक्तिशाली चर्च के विरोध में गए थे। चर्च का फतवा था कि पृथ्वी ईश्वर द्वारा रचित ब्रह्माण्ड के केन्द्र में है। तो उन्होंने सुरक्षित रास्ता अपनाते हुए यह कहा कि यह मॉडल मात्र इस उद्देश्य से प्रस्तावित किया गया है कि तारों की, और खासकर ग्रहों की, वर्तमान स्थिति (तथा भावी स्थितियाँ) पता करने हेतु ज़रूरी गणनाओं को सरल बनाया जा सके।

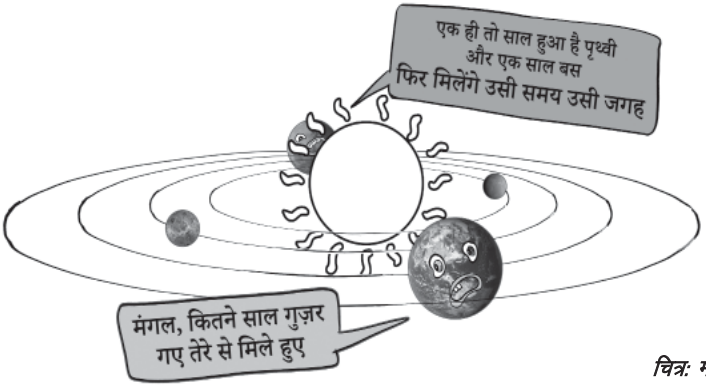



***चित्र-3:*** *भूकेन्द्रित प्रणाली में बृहस्पति की पश्चगामी चाल की व्याख्या। ऐसा माना जाता था कि बृहस्पति सूर्य, चन्द्रमा, अन्य ग्रहों एवं तारों सहित अन्य सभी खगोलीय पिण्डों के साथ पृथ्वी की परिक्रमा करता है। यहाँ सरलता के लिए केवल बृहस्पति को दिखाया गया है - पृथ्वी के चारों ओर अपनी कक्षा में, बड़े वृत्त में घूमने के बाद, यह छोटे वृत्त पर जाता है जिसका केन्द्र बड़े वृत्त की कक्षा पर होता है। और जब यह वृत्त के उस भाग पर होता है जो बड़े वृत्त के अन्दर है, तब बृहस्पति तारों की पृष्ठभूमि के विरुद्ध पीछे की ओर जाता हुआ प्रतीत होगा।*

कॉपरनिकस के इस मॉडल में पृथ्वी समेत सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। इसमें बुध और शुक्र की कक्षाएँ पृथ्वी की तुलना में छोटी हैं और वे सूर्य के अधिक नज़दीक हैं जबकि मंगल, बृहस्पति और शनि की कक्षाएँ पृथ्वी की कक्षा के बाहर हैं। अपनी पाठ्यपुस्तकों और अन्य सामग्रियों में हम इस व्यवस्था के चित्र देखने के इतने आदी हैं कि यह देख पाना आसान नहीं होता कि यह विचार कितना क्रान्तिकारी था। इसका सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा शायद इस बात की व्याख्या रही होगी कि क्यों शुक्र और बुध कभी भी मध्यरात्रि को नहीं दिखते – क्योंकि वे पृथ्वी के मुकाबले सूर्य के अधिक नज़दीक हैं, इसलिए वे सूर्योदय से बहुत पहले और सूर्यास्त के बहुत देर बाद उदय या अस्त नहीं होंगे; ऐसा कभी नहीं होगा कि पृथ्वी सूर्य और इन ग्रहों के बीच आ जाए ताकि वे देर रात दिख सकें।

सूर्य-केन्द्रित मॉडल की दूसरी बढ़िया बात थी कि इसमें मंगल, बृहस्पति और शनि की पश्च (retrograde) गति की व्याख्या कहीं अधिक सरलता से हो जाती थी। इससे पहले कि हम उस व्याख्या की चर्चा करें, थोड़ा अलग हटकर देखें कि यह पूरा मामला हमें वैज्ञानिक व्याख्या के बारे में क्या बताता है। वैज्ञानिक सिद्धान्त मूलत: वे कहानियाँ होती हैं जो हम किसी परिघटना की व्याख्या के लिए बनाते हैं। किसी भी परिघटना की व्याख्या के लिए कई कहानियाँ हो सकती हैं। वैज्ञानिक सिद्धान्त एक तो इस मायने में विशिष्ट होते हैं कि वे यह भविष्यवाणी कर सकते हैं कि यदि वह सिद्धान्त सही है तो भविष्य में क्या होगा। उनकी दूसरी विशेषता यह होती है कि उनमें न्यूनतम होने की प्रवृत्ति होती है। इसका मतलब यह है कि अनगिनत व्याख्याएँ हों, तो वैज्ञानिक उस व्याख्या को वरीयता देते हैं जो सरलतम मान्यताओं पर आधारित हों और कई अन्य परिघटनाओं पर भी लागू होती हों। कहने का मतलब यह है कि यदि हमारे पास हरेक परिघटना के लिए एक-एक कहानी हो, और कोई ऐसी कहानी प्रस्तुत कर दे जो मात्र एक सर्वव्यापी सिद्धान्त की मदद से उन सारी परिघटनाओं की व्याख्या कर सके तो वैज्ञानिक हमेशा ऐसा इकलौता सिद्धान्त ज़्यादा पसन्द करते हैं (शायद इसलिए कि वे इतने अलग-अलग सिद्धान्त सीखने को लेकर आलसी होते हैं!!)।

आइए, सूर्य-केन्द्रित मॉडल की मदद से तारों की पृष्ठभूमि के रूबरू मंगल की गति की व्याख्या करने की कोशिश करते हैं। हम जानते हैं कि पृथ्वी को सूर्य की परिक्रमा करने में एक वर्ष लगता है। चूँकि मंगल कहीं अधिक दूरी पर है[4], उसे सूर्य की एक परिक्रमा करने में दो साल लगते हैं। तो कल्पना करने की कोशिश कीजिए




*चित्र: मधुश्री*

***चित्र-4:*** *चूँकि ग्रहों की परिक्रमा करने की अलग-अलग अवधि होती है, हम उन्हें तारों की अपरिवर्तित पृष्ठभूमि के विरुद्ध चलते हुए देखते हैं। यदि हम बृहस्पति को एक वर्ष अक्टूबर में वृश्चिक राशि में देखते हैं, तो अगले अक्टूबर में वह किसी अन्य राशि में होगा और लगभग 12 वर्षों के बाद ही वृश्चिक राशि में वापस आएगा। इसी तरह, यदि हम आज मंगल को एक नक्षत्र में देखते हैं, तो हम उसे दो साल बाद ही उसी स्थान पर देखेंगे।*

कि अगर हम कुछ समयावधि के लिए मंगल का अवलोकन करें तो हमें क्या दिखेगा। यदि आज मंगल मध्यरात्रि के समय सिर के ठीक ऊपर हो (अर्थात् यदि हम उसकी स्थिति को किसी तारामण्डल के सापेक्ष चिन्हित कर दें), तो जब एक वर्ष बाद पृथ्वी अपनी कक्षा के उसी स्थान पर होगी (अर्थात् जब मध्यरात्रि के समय वही तारे ठीक सिर के ऊपर होंगे), तब तक मंगल ने अपनी आधी कक्षा ही पार की होगी और वह सूर्य के पीछे होगा और इस बिन्दु पर वह हमें नज़र नहीं आएगा। लेकिन यदि हम दो साल बाद उसे खोजेंगे, तो वह आकाश में उसी स्थान पर होगा (चित्र-4)।

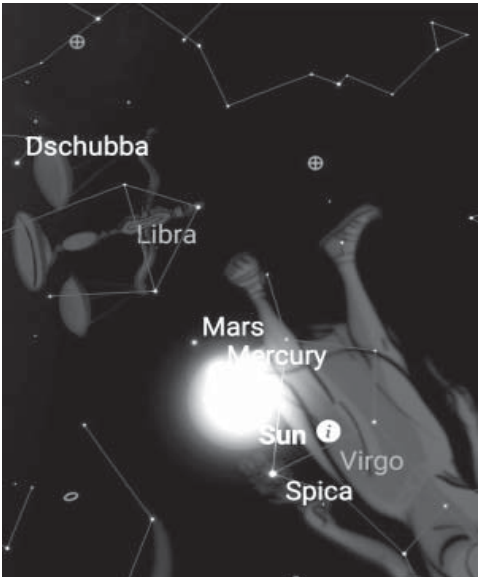
तो, इनमें से प्रत्येक ग्रह को सूर्य की एक परिक्रमा पूरी करने में लगने वाले समय के आधार पर, उन्हें तारों की पृष्ठभूमि में एक बार फिर उसी स्थान पर दिखाई देने में उतना ही अधिक समय लगेगा। इतना ही नहीं, चूँकि सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा अपनी-अपनी चाल से करते हैं, इसलिए प्रत्येक अन्दरूनी ग्रह अपनी परिक्रमा के दौरान कभी-न-कभी बाहरी ग्रह के आगे निकल जाएगा। पृथ्वी पर विराजमान हम लोग जब मंगल के आगे निकलते हैं तो वस्तुत:

[4] *और वह अपेक्षाकृत धीमी गति से भी चलता है; गुरुत्वाकर्षण का सिद्धान्त इस बात की व्याख्या करता है कि क्यों सूर्य के नज़दीक के ग्रह दूरस्थ ग्रहों की अपेक्षा तेज़ी-से चलते हैं। बुध एक फर्राटा धावक है जबकि नेप्चून घोंघा चाल से आगे बढ़ता है।*

हम मंगल को तारों की स्थिर पृष्ठभूमि के सापेक्ष देख रहे होते हैं और ऐसा लगता है कि मंगल की स्थिति रोज़-ब-रोज़ इस तरह बदलती है कि वह उल्टी दिशा में चलता प्रतीत होता है। इसी को पश्च गति या उल्टी चाल कहते हैं। मंगल, बृहस्पति और शनि की स्थिति को तारों की पृष्ठभूमि के सापेक्ष देखिए और पता लगाइए कि उनकी स्थितियाँ समय के साथ कैसे बदलती हैं। बृहस्पति को सूर्य की परिक्रमा करने में 12 साल का समय लगता है, तो तारों की पृष्ठभूमि के सापेक्ष उसकी चाल मंगल की अपेक्षा कहीं ज़्यादा धीमी होगी, और शनि तो और भी धीमे चलता दिखेगा क्योंकि उसे सूर्य का एक चक्कर लगाने में 29 साल लगते हैं।

## राशिचक्र

जब हम रात के आकाश में चाँद और अन्य ग्रहों की गति का अवलोकन करते हैं, तो पाते हैं कि ये कभी भी बहुत अधिक उत्तर या दक्षिण में नज़र नहीं आते। दरअसल, ये सब पूर्व से पश्चिम में फैले एक निहायत संकरे रास्ते में दिखते हैं। दूसरे शब्दों में, ये रात में दिखाई देने वाले सारे तारों की पृष्ठभूमि के एक संकरे पट्टे में चलते नज़र आते हैं। इस अवलोकन की व्याख्या इस आधार पर हो जाती है कि सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा एक ही तल में करते हैं और चन्द्रमा की कक्षा भी इस तल से बहुत अलग नहीं है।[5] इस मार्ग पर उपस्थित तारों की पहचान बहुत पहले कर ली गई थी




फोटो - संकेत

*चित्र-5: सूर्य राशिचक्र की पृष्ठभूमि पर चलता है और यहाँ तुला व कन्या राशि के बीच (कन्या तारामण्डल के करीब) दिखाई दे रहा है। जब सूर्य कन्या राशि में होगा, तो यह तारामण्डल दिखाई नहीं देगा क्योंकि वह सूर्य के साथ उदय और अस्त होगा और रात के आकाश में मौजूद नहीं होगा। (यह फोटो* sky safari *एप के द्वारा लिया गया है।)*

[5] *पृथ्वी की कक्षा के सापेक्ष चन्द्रमा की कक्षा के तल की ज़्यादा विस्तृत चर्चा अन्तिम लेख के उस हिस्से में करेंगे जहाँ ग्रहणों की व्याख्या की जाएगी।*

और उन्हें तारामण्डलों के रूप में समूहीकृत भी कर लिया गया था। इन्हें विभिन्न राशियाँ कहा गया। अर्थात् सूर्य, चन्द्रमा और विभिन्न ग्रह इस राशिचक्र में गति करते हैं। ज़ाहिर है, जब किसी राशि से सम्बन्धित तारामण्डल सूर्य के पीछे होता है, तो वह दिखाई नहीं देता और तब कहा जाता है कि सूर्य उस राशि में है। वर्ष को बारह राशियों के आधार पर 12 महीनों में बाँटा गया है। इसी प्रकार से, जब हम तारों की पृष्ठभूमि के सापेक्ष प्रतिदिन चन्द्रमा की स्थिति को देखें तो चन्द्रमा को हर रोज़ एक तारामण्डल की ज़रूरत होगी। भारतीय खगोल शास्त्र में ये 27 तारामण्डल नक्षत्र कहलाते हैं। स्थितियों के सटीक निर्धारण के लिए परिष्कृत उपकरण न होने की वजह से रात के आकाश को विभिन्न राशियों और नक्षत्रों में विभाजित करने से चाँद और अन्य ग्रहों की बदलती स्थितियों के मानचित्रण में मदद मिली थी। इसके आधार पर उनकी गतियों को समझा गया और यह भविष्यवाणि की जा सकी कि निश्चित समय के बाद वे कहाँ होंगे।

अर्थात्, यह सूर्य-केन्द्रित मॉडल, जिसमें सूर्य केन्द्र में स्थिर है और पृथ्वी तथा अन्य ग्रह अलग-अलग दूरियों पर और अलग-अलग परिक्रमा अवधियों से उसके चक्कर लगा रहे हैं, इस बात की व्याख्या कर सकता है कि हमें साल के अलग-अलग समयों पर आकाश में क्या दिखता है और क्या नहीं दिखता।

---

**उमा सुधीर:** *एकलव्य* के साथ जुड़ी हैं। विज्ञान शिक्षण के क्षेत्र में काम कर रही हैं।

**अँग्रेज़ी से अनुवाद: सुशील जोशी:** *एकलव्य* द्वारा संचालित स्रोत फीचर सेवा से जुड़े हैं। विज्ञान शिक्षण व लेखन में गहरी रुचि।

**सभी चित्र: मधुश्री:** फ्रीलांस चित्रकार व परफॉर्मर। बच्चों व वयस्कों, दोनों के लिए कहानियाँ कहने की विभिन्न कथात्मक, चित्रात्मक व अभिनय की शैलियों में रुचि।