आपका जीवन चलाती समीकरणें

$$\hat{f}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x \xi} dx$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \qquad i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\psi = \hat{H}\psi$$

$$\nabla \cdot E = 0 \qquad \nabla \times E = -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot H = 0 \qquad \nabla \times H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}$$

अपना जीवन सुचारु रूप से जीने के लिए आपको गणित, विज्ञान वगैरह की चिंता करने की ज़रूरत नहीं है मगर सच्चाई यह है कि वैज्ञानिकों ने पिछली सदियों में दुनिया के बारे में जो कुछ सीखा है, उसे चंद समीकरणों के रूप में व्यक्त किया है। एक ओर तो ये समीकरणें हमें दुनिया को समझने में मदद करती हैं, वहीं दूसरी ओर इनकी मदद से हम दुनिया को बदलने के प्रयास भी करते हैं।

हाल ही में **इएन स्टुअर्ट** ने हमारा ध्यान सात ऐसी समीकरणों की ओर आकर्षित किया है, जो हमारे जीवन के कई पहलुओं को संचालित करती हैं। इएन स्टुअर्ट का कहना है कि समीकरणें तो सैकड़ों हैं, पर वे अपनी बात को स्पष्ट करने के लिए सात समीकरणें उदाहरण स्वरूप ले रहे हैं। इएन स्टुअर्ट वार्विक विश्वविद्यालय में गणितज्ञ हैं। प्रस्तुत है उनके दिलचस्प आलेख का संपादित रूप। यह हमें वैज्ञानिक समीकरणों को भी एक अलग ढंग से देखने में मदद करता है; शायद ये समीकरणें जीवन के थोड़े ज़्यादा करीब नज़र आने लगें।

अलार्म बज उठा, आपने घड़ी की ओर देखा। सुबह के साढ़े छः बजे हैं। आप अभी बिस्तर से उठे भी नहीं हैं और कम से कम छः गणितीय समीकरणें आपके जीवन को प्रभावित कर चुकी हैं। आपकी घड़ी में जो मेमोरी चिप वक्त को स्टोर करके रखती है, उसका निर्माण क्वांटम मेकेनिक्स की मूलभूत समीकरणों के बगैर शायद ही संभव होता। और उसके समय को जिन रेडियो सिग्नल की मदद से सेट किया जाता है उनकी बात भी नहीं हो सकती थी यदि जेम्स क्लर्क मेक्सवेल ने विद्युत-चुंबकत्व सम्बंधी चार समीकरणें न खोजी होतीं। और ये सिग्नल अपनी यात्रा तरंग समीकरणों के अनुसार पूरी करती हैं।

हम समीकरणों के समंदर पर तैर रहे हैं। ये समीकरणें यातायात, वित्तीय प्रणालियों, स्वास्थ्य, अपराधों की रोकथाम व शिनाख्त, संचार, भोजन, पानी, ठंडा-गर्म करने और प्रकाश व्यवस्था, गोया हर जगह काम करती हैं।

समीकरणों के बगैर हमारी आजकल की अधिकांश टेक्नॉलॉजी अस्तित्व में ही न आती। यह सही है कि आग और पहिए जैसे महत्त्वपूर्ण आविष्कार तो गणित के बहुत अधिक ज्ञान के बगैर संभव हो गए थे मगर यदि समीकरणें न होतीं तो शायद हम मध्य युग में ही जी रहे होते।

वैसे समीकरणों का प्रभाव क्षेत्र मात्र टेक्नॉलॉजी तक सीमित नहीं है। समीकरणों के बिना हम वह भौतिकी न समझ पाते जो ज्वार-भाटों, समुद्र तट पर पहुंचने वाली लहरों, बदलते मौसम, तारों की नाभिकीय भट्‌टी, निहारिकाओं की आकृति, ब्रह्मांड की विशालता और उसमें अपने स्थान की समझ के लिए ज़रूरी है।

समीकरणें तो हज़ारों हैं और सभी महत्त्वपूर्ण हैं। मैं यहां सात समीकरणों पर ध्यान केंद्रित कर रहा हूं - तरंग समीकरण (वेव इक्वेशन), मेक्सवेल की चार समीकरणें, फुरियर ट्रांसफॉर्म और श्रोडिंजर की समीकरण। इनके माध्यम से मैं यह दर्शाने की कोशिश करूंगा कि प्रत्यक्ष अवलोकनों के आधार पर विकसित समीकरणों का उपयोग विज्ञान और दैनिक जीवन दोनों जगह होता है।

सबसे पहले तरंग समीकरण की बात करते हैं। हम तरंगों की दुनिया में रहते हैं। हमारे कान हवा में संपीड़न की तरंगों को ध्वनि के रूप में पहचानते हैं और हमारी आंखें प्रकाश तरंगों को पकड़ती हैं। जब भूकंप किसी शहर पर कहर ढाता है तो जो विनाश होता है वह पृथ्वी में फैलने वाली तरंगों के कारण ही होता है।

यह तो पक्की बात है कि गणितज्ञ और वैज्ञानिक तरंगों के बारे में सोचने से बच नहीं सकते थे मगर इसका शुरुआती बिंदु कला में है। वायलिन का तार ध्वनि कैसे पैदा

करता है? यह सवाल बहुत पहले प्राचीन यूनान में पायथागोरस के अनुयाइयों ने भी पूछा था। उन्होंने पाया था कि एक ही किस्म के दो तारों की लंबाई सरल अनुपात में हो (2:1 या 3:2 वगैरह) और दोनों पर बराबर तनाव लगाया जाए, तो वे एक साथ झंकृत करने पर संगीतमय (हार्मोनियस) ध्वनि पैदा करते हैं। यदि उनकी लंबाइयों का अनुपात सरल न होकर पेचीदा हो, तो जो ध्वनियां पैदा होती हैं वे कर्कश होती हैं।

इन अवलोकनों को समझने की दिशा में पहले प्रयास स्विस गणितज्ञ जोहान बर्नोली ने किए थे। 1727 में बर्नोली ने वायलिन के तार को बड़ी संख्या में बिंदु पिंडों की एक लड़ी के रूप में देखा। उन्होंने माना कि ये बिंदु पिंड परस्पर स्प्रिंग्स से जुड़े हुए हैं। फिर उन्होंने न्यूटन के नियमों का उपयोग करके पूरे तंत्र की गति की समीकरणें लिखीं और उनको हल किया। इन उत्तरों की मदद से वे इस निष्कर्ष पर पहुंचे थे कि एक कंपित तार की सरलतम आकृति एक ज्या (साइन) वक्र जैसी होगी। कंपन की अन्य शैलियां भी हैं - जैसे ऐसे साइन वक्र जिनमें एक से अधिक तरंगें एक ही तार की लंबाई में फिट हो जाती हैं। इन्हें गणितज्ञ हार्मोनिक्स कहते हैं।

तरंगों से बेतार तक

लगभग 20 वर्षों बाद ज्यां ला रोंड डी. एलेम्बर्ट ने भी लगभग यही तरीका अपनाया मगर उन्होंने गति के समीकरणों को हल करने की बजाय उन समीकरणों को सरलीकृत करने पर ध्यान केंद्रित किया। इस तरीके में से जो निकला वह एक नफीस समीकरण थी जो यह दर्शाती थी कि समय के साथ तार की आकृति कैसे बदलती है। इसे तरंग समीकरण कहते हैं और यह दर्शाती है कि तार के किसी भी छोटे से खंड का त्वरण उस पर लग रहे तनाव के समानुपाती होता है। इसका आशय यह होता है कि जिन तरंगों की आवृत्तियां सरल अनुपात में नहीं होतीं वे एक कर्कश ध्वनि पैदा करती हैं जिसे बीट्स कहते हैं। यह एक कारण है कि क्यों सरल गणितीय अनुपात ऐसे सुर पैदा करते हैं जो संगीतमय सुनाई पड़ते हैं।

तरंग समीकरणों में संशोधन करके ऐसा रूप दिया जा सकता है कि वे जटिल घटनाओं को भी संभाल सकें। जैसे भूकंप। तरंग समीकरण के परिष्कृत स्वरूप भूकंप वैज्ञानिकों को यह देख पाने में मदद करते हैं कि धरती में सैकड़ों मील की गहराई पर क्या घट रहा है। इनकी मदद से भूकंप वैज्ञानिक एक-दूसरे पर फिसलती और भूकंप व ज्वालामुखियों को जन्म देती टेक्टोनिक प्लेट्स का नक्शा बना सकते हैं। इस मामले में सबसे बड़ा पारितोषिक यह होगा कि हम भूंकप और ज्वालामुखी फटने की भविष्यवाणी का कोई भरोसेमंद तरीका खोज पाएं। इस संदर्भ में कई तरीकों पर काम चल रहा है और इन सबके मूल में है तरंग समीकरण।

मगर तरंग समीकरण से जो सबसे असरदार समझ प्राप्त हुई वह मेक्सवेल के विद्युत-चुंबकीय समीकरण के अध्ययन से उभरी थी। 1820 में अधिकांश घरों में मोमबत्तियों और लालटेनों से रोशनी होती थी। यदि आप कोई पैगाम भेजना चाहते तो उसे एक खत में लिखकर घोड़ा गाड़ी से भेजते। पैगाम बहुत अर्जेंट हुआ तो गाड़ी को छोड़कर सिर्फ घोड़े से काम चलाया जाता। एक सदी के अंदर घरों और सड़कों पर बिजली जगमगाने लगी थी, पैगामों को टेलीग्राफी की मदद से समंदर पार भेजा जाने लगा था। और तो और, लोग एक-दूसरे से फोन पर बात भी करने लगे थे। रेडियो संचार को प्रयोगशालाओं में प्रदर्शित कर दिया गया था और एक उद्यमी ने जनता को बेतार बेचने के लिए कारखाना भी खोल दिया था।

यह सामाजिक व तकनीकी क्रांति दो वैज्ञानिकों की खोजों का परिणाम थी। 1830 के आसपास माइकेल फेरेडे ने विद्युत-चुंबकत्व के बुनियादी नियम स्थापित कर दिए थे। इसके 30 साल बाद जेम्स क्लर्क मेक्सवेल ने फेरेडे के प्रयोगों और सिद्धांतों का गणितीय आधार खोजने की मुहिम शुरू की थी।

उस समय विद्युत व चुंबकत्व पर काम कर रहे सारे वैज्ञानिक गुरुत्व की उपमाएं तलाश करते थे। यह तो वे देख ही चुके थे कि गुरुत्व बल दो वस्तुओं के बीच दूरी होने पर भी काम करता है। फेरेडे ने विद्युत व चुंबकत्व पर अपने प्रयोगों की व्याख्या के लिए बिलकुल अलग विचार का

सहारा लिया था। उन्होंने दोनों ही परिघटनाओं को क्षेत्रों के रूप में माना था - ऐसे क्षेत्र जो स्थान में व्याप्त हैं, समय के साथ बदलते हैं और इन्हें इनके द्वारा लगाए गए बल के माध्यम से पहचाना जा सकता है। फेरेडे ने अपने सिद्धांत ज्यामितीय संरचनाओं के रूप में प्रस्तुत किए थे - जैसे चुंबकीय बल रेखाएं।

मेक्सवेल ने इन विचारों को तरल प्रवाह की उपमाओं के आधार पर नए सिरे से निरूपित किया। मेक्सवेल ने तर्क किया कि बल रेखाएं किसी तरल के अणुओं द्वारा अख्तियार किए गए मार्ग के समान हैं और क्षेत्र की प्रबलता लगभग वैसी ही है जैसे तरल का वेग। 1864 तक मेक्सवेल ने विद्युतीय व चुंबकीय क्षेत्रों की बुनियादी परस्पर क्रियाओं के चार समीकरण विकसित कर लिए थे। इनमें से दो समीकरणें बताती है कि विद्युत व चुंबकत्व लीक नहीं हो सकते। दो अन्य समीकरण दर्शाते हैं कि जब विद्युतीय क्षेत्र एक छोटे वृत्त में घूमता है तो वह एक चुंबकीय क्षेत्र को जन्म देता है और चुंबकीय क्षेत्र का घूर्णन विद्युतीय क्षेत्र को जन्म देता है।

मगर ज़्यादा हैरतअंगेज़ कारनामा तो मेक्सवेल ने इसके बाद किया। अपनी समीकरणों के साथ छोटी-मोटी उठापटक करके वे तरंग समीकरण प्रतिपादित करने में सफल रहे और यह निष्कर्ष निकाला कि प्रकाश एक विद्युत-चुंबकीय तरंग होना चाहिए। यह अपने आप में अद्‌भुत निष्कर्ष था क्योंकि किसी ने सपने में भी नहीं सोचा था कि प्रकाश, विद्युत और चुंबकत्व के बीच ऐसी बुनियादी कड़ी होगी। और बात यहीं पूरी नहीं होती।

प्रकाश अलग-अलग रंगों का होता है जो उसकी तरंग लंबाई से निर्धारित होता है। हम कुछ ही तरंग लंबाइयों को देख सकते हैं और यह हमारी आंखों में उपस्थित प्रकाश संवेदी रंजकों से तय होता है। मेक्सवेल के समीकरणों के आधार पर एक नाटकीय भविष्यवाणी की गई थी - हर तरंग लंबाई की विद्युत-चुंबकीय तरंगें अस्तित्व में होनी चाहिए। इनमें से कुछ ऐसी होंगी जिनकी तरंग लंबाई हमारी देखने की क्षमता से कहीं अधिक होगी। ये तरंगें रेडियो तरंगें हैं जिन्होंने हमारी दुनिया का हुलिया ही बदलकर रख दिया है।

1887 में हाइनरिश हट्‌ज़ ने प्रायोगिक रूप से रेडियो तरंगों की उपस्थिति का प्रदर्शन किया। मगर वे इन तरंगों के क्रांतिकारी उपयोग को देख पाने में असमर्थ रहे। यदि आप किसी संकेत (सिग्नल) को इन तरंगों से जोड़ दें (आरोपित कर दें) तो आप घर बैठे दुनिया से बातें कर सकते हैं। इस सपने को साकार किया निकोला टेस्ला, गुग्लिएमो मार्कोनी और अन्य वैज्ञानिकों ने। इसके साथ ही आधुनिक संचार का पूरा ज़खीरा सामने आया - रेडियो, टेलीविज़न, राडार और मोबाइल फोन के लिए माइक्रोवेव कड़ियां। और यह सब संभव हुआ मेक्सवेल की चार समीकरणों और एकाध छोटी-मोटी गणनाओं की बदौलत। मेक्सवेल की समीकरणों ने सिर्फ दुनिया को बदला नहीं, उन्होंने तो एक नई दुनिया ही खोल दी।

मेक्सवेल की समीकरणें जिन चीज़ों का विवरण प्रस्तुत करती हैं, वह तो महत्त्वपूर्ण है ही, मगर उतना ही महत्त्वपूर्ण वह भी है जिसका विवरण वे नहीं करतीं। हालांकि समीकरणों ने यह उजागर किया कि प्रकाश तरंगनुमा है, मगर भौतिक शास्त्रियों ने जल्दी ही यह भी देखा कि कभी-कभी प्रकाश इसके विपरीत व्यवहार करता है। किसी धातु पर रोशनी चमकाइए और विद्युत पैदा हो जाती है। इसे प्रकाश-विद्युत प्रभाव कहते हैं। इसे समझने के लिए यह मानना ज़रूरी हो जाता है कि प्रकाश एक कण के समान व्यवहार करता है। तो प्रकाश तरंग है या कण है?

वास्तव में प्रकाश थोड़ा-थोड़ा दोनों है। पदार्थ क्वांटम तरंगों से मिलकर बना होता है, और इन तरंगों का अच्छे से गूंथा हुआ पुंज एक कण के समान व्यवहार करता है।

ज़िंदा या मुर्दा

1927 में एर्विन श्रोडिंजर ने उपरोक्त क्वांटम तरंगों की समीकरण लिखी थी। यह समीकरण प्रयोगों के परिणामों से पूरी तरह मेल खाती थी मगर एक अजनबी दुनिया का नज़ारा पेश करती थी। इस दुनिया में इलेक्ट्रॉन जैसे मूलभूत कण सुपरिभाषित वस्तुएं नहीं, बल्कि संभाविता के बादल हैं। इलेक्ट्रॉन का स्पिन ठीक वैसा ही है जैसे कोई सिक्का जो फर्श पर गिरने तक आधा चित और आधा पट होता है।

जल्दी ही सिद्धांतकार तरह-तरह की क्वांटम विचित्रताओं को लेकर नींद हराम कर रहे थे - जैसे वे बिल्लियां जो एक ही समय पर ज़िंदा भी हैं और मुर्दा भी या ऐसे समांतर ब्रह्मांड जिनमें एडोल्फ हिटलर ने द्वितीय विश्व युद्ध जीत लिया था।

क्वांटम मेकेनिक्स का सरोकार सिर्फ ऐसी दार्शनिक पहेलियों से नहीं है। लगभग सारे आधुनिक उपकरणों - कंप्यूटर्स, मोबाइल फोन्स, वीडियो गेम्स, कारें, रेफ्रिजरेटर्स, ओवन्स - में मेमोरी चिप्स होती हैं जिनका कामकाज अर्धचालकों की क्वांटम मेकेनिक्स पर निर्भर है। हर हफ्ते क्वांटम मेकेनिक्स के नए-नए उपयोग प्रकट होते हैं।

क्वांटम डॉट्स (अर्धचालकों के सूक्ष्म लोंदे) किसी भी रंग का प्रकाश उत्सर्जित कर सकते हैं और ये जीव वैज्ञानिक इमेजिंग में बहुत उपयोगी हैं। ये पारंपरिक रंजकों का स्थान ले रहे हैं जो प्रायः विषैले हुआ करते थे। इंजीनियर और भौतिक शास्त्री क्वांटम कंप्यूटर्स का आविष्कार करने की कोशिश में लगे हुए हैं। ये ऐसे कंप्यूटर होंगे जो एक साथ समानांतर रूप से कई अलग-अलग गणनाएं कर सकेंगे; ठीक उसी तरह जैसे श्रोडिंजर की बिल्ली एक ही समय पर जिंदा भी हो सकती है और मुर्दा भी।

लेज़र क्वांटम मेकेनिक्स का एक और उपयोग है। हम सीडी, डीवीडी और ब्लू-रे डिस्क पर सूक्ष्म चिन्हों को पढ़ने के लिए लेज़र का ही उपयोग करते हैं। खगोल शास्त्री लेज़र्स की मदद से धरती से चांद की दूरी निकालते हैं। हो सकता है कि जल्दी ही शक्तिशाली लेज़र पुंज की पीठ पर सवार होकर अंतरिक्ष यान छोड़े जाएं।

इस कहानी का अंतिम अध्याय एक ऐसी समीकरण पर आधारित है जो हमें तरंगों को समझने में मदद करती है। यह अध्याय 1807 में शुरू होता है, जब जोसेफ फुरियर ने ऊष्मा के प्रवाह की एक समीकरण विकसित की थी। उन्होंने इससे सम्बंधित एक पर्चा फ्रेंच एकेडमी ऑफ साइन्सेज़ के समक्ष प्रस्तुत किया था मगर एकेडमी ने इसे अस्वीकार कर दिया था। 1812 में एकेडमी ने अपने वार्षिक पुरस्कार का विषय 'ऊष्मा' को बनाया था। फुरियर ने इसके लिए एक संशोधित व विस्तृत पर्चा प्रस्तुत किया और विजेता रहे।

फुरियर के इस पुरस्कृत पर्चे का सबसे उलझाने वाला पहलू वह समीकरण नहीं थी, बल्कि उसे हल करने का तरीका था। एक आम समस्या यह पता करने की थी कि यदि किसी छड़ का शुरुआती तापमान चित्र दिया गया हो तो समय के साथ उसके विभिन्न बिंदुओं पर तापमान कैसे बदलेगा। फुरियर इस समीकरण को आसानी से सुलझा सकते थे यदि छड़ लंबाई में तापमान एक साइन तरंग के अनुसार बदलता। लिहाज़ा उन्होंने एक अपेक्षाकृत जटिल चित्र लिया जो विभिन्न तरंग लंबाइयों वाली साइन तरंगों के मेल से बना था। इस समीकरण को उन्होंने हर घटक साइन तरंग के लिए हल किया और फिर इन उत्तरों को जोड़ दिया। फुरियर का दावा था कि यह तरीका किसी भी प्रोफाइल के लिए काम करता है। यहां तक कि यह उस प्रोफाइल के लिए भी काम करता है जिसमें तापमान अचानक बदलता हो। आपको करना इतना ही होगा कि विभिन्न साइन वक्रों के योगदान को जोड़ दें, अंतर सिर्फ यह होगा कि उनमें अपेक्षाकृत ज़्यादा उतार-चढ़ाव होंगे।

इसके बावजूद फुरियर के पर्चे की आलोचना इस आधार पर हुई कि उसमें पर्याप्त गहनता नहीं है। एक बार फिर फ्रेंच एकेडमी ने इसे प्रकाशित करने से इंकार कर दिया। 1822 में फुरियर ने सारी आपत्तियों को अनदेखा करते हुए अपना सिद्धांत एक पुस्तक के रूप में प्रकाशित कर दिया। दो वर्ष बाद उन्होंने स्वयं को एकेडमी के सचिव पद पर नियुक्त करवा लिया और आलोचकों को ठेंगा दिखाते हुए अपना पर्चा एकेडमी की पत्रिका में प्रकाशित करवाया। अलबत्ता, आलोचक बेमतलब की आलोचना नहीं कर रहे थे। गणितज्ञ यह समझने लगे थे कि अनंत शृंखला एक खतरनाक चीज़ है। ये सदैव सीधे-सच्चे सीमित सवालों की तरह व्यवहार नहीं करती। इन मुद्दों को सुलझाना काफी मुश्किल साबित हुआ मगर अंतिम फैसला यह रहा कि फुरियर के विचार को गहनता प्रदान की जा सकती है यदि अत्यंत अनियमित प्रोफाइल्स को हटा दिया जाए। परिणाम था फुरियर परिवर्तन। यानी एक ऐसी समीकरण जो समय के साथ बदलते सिग्नल को उसके घटक साइन वक्रों के जोड़ के रूप में प्रस्तुत कर सकती है और उनकी आवृत्ति व

आयाम की गणना कर सकती है।

आज यह फुरियर परिवर्तन हमारे जीवन को कई तरह से प्रभावित करता है। उदाहरण के लिए, हम किसी भूकंप द्वारा जनित कंपन सिग्नल का विश्लेषण कर सकते हैं और यह पता कर सकते हैं कि हिलती धरती द्वारा सबसे ज़्यादा ऊर्जा किस आवृत्ति पर दी जाती है। इमारतों को भूकंप-रोधी बनाने की दिशा में एक अच्छा कदम यह होगा कि इमारत की स्वाभाविक आवृत्तियों को भूकंप की स्वाभाविक आवृत्ति से भिन्न रखा जाए।

अन्य उपयोगों में हैं पुरानी ध्वनि रिकॉर्डिंग से शोर को हटाना, एक्सरे प्रतिबिंबों की मदद से डीएनए की संरचना पता करना, रेडियो संप्रेषण को बेहतर बनाना और कारों में अवांछित कंपनों की रोकथाम। और जब भी हम डिजिटल फोटोग्राफ खींचते हैं तो अनजाने में इसी फुरियर परिवर्तन का सहारा लेते हैं।

यदि आप यह गणना करें कि किसी डिजिटल प्रतिबिंब के हर पिक्सल में रंग व चमकीलापन प्रदर्शित करने के लिए कितनी सूचना की ज़रूरत है, तो आप पाएंगे कि किसी भी डिजिटल कैमरा में उसके मेमरी कार्ड की क्षमता से 10 गुना ज़्यादा सूचना भरी होती है। कैमरों में यह काम जेपीइजी डैटा कम्प्रेशन की मदद से होता है। इसमें कम्प्रेशन के पांच अलग-अलग चरण होते हैं। इनमें से एक फुरियर परिवर्तन का डिजिटल रूप है। यह समय के साथ बदलते सिग्नल पर नहीं बल्कि प्रतिबिंब के बिंदुओं के अनुसार बदलने वाले सिग्नल पर काम करता है। दोनों का गणित लगभग एक-सा ही है। शेष चार चरण डैटा को और संकुचित कर देते हैं; मूल डैटा का दस गुना तक कम कर देते हैं।

ये मात्र सात ऐसी समीकरणें थीं जिनसे हमारा संपर्क रोज़ाना होता है, हालांकि हम यह नहीं जान पाते कि ये समीकरणें वहां मौजूद हैं। मगर इतिहास पर समीकरणों का असर और भी गहरा है। एक क्रांतिकारी समीकरण मानव अस्तित्व पर किसी भी राजा या रानी से कहीं ज़्यादा असर डाल सकती है हालांकि इतिहास की किताबें राजा-रानियों की ही बातें करती हैं।

एक ऐसी समीकरण है (या शायद है) जिसे हासिल करना भौतिक शास्त्रियों और ब्रह्मांडवेत्ताओं का सपना है: हर चीज़ का एक सिद्धांत जो क्वांटम मेकेनिक्स और सापेक्षता का मेल करवा दे, उनका एकीकरण कर दे।

ऐसे सिद्धांत के कई दावेदार हैं। इनमें से एक है सुपस्ट्रिंग का सिद्धांत। मगर यह भी हो सकता है कि भौतिक विश्व की हमारी समीकरणें सरलीकृत मॉडल्स हैं जो यथार्थ की गहरी संरचना को पकड़ने में असमर्थ हैं। भले ही प्रकृति सार्वभौमिक नियमों का पालन करती है, मगर ज़रूरी नहीं कि ये नियम समीकरणों के रूप में व्यक्त किए ही जा सकें।

कुछ वैज्ञानिकों को लगता है कि हमें पारंपरिक समीकरणों को पूरी तरह त्याग देना चाहिए और एल्गोरिद्म (सूत्रविधियां) अपना लेना चाहिए। ये एक तरह से सामान्य रेसिपी होती हैं जिनकी मदद से गणनाएं की जा सकती हैं। मगर वह दिन आने तक प्रकृति के नियमों को लेकर हमें सबसे बढ़िया समझ समीकरणों के रूप में ही मिलती है। हमें इन समीकरणों को समझना चाहिए, इनकी सराहना करनी चाहिए। समीकरणों का ट्रेक रिकॉर्ड अच्छा रहा है। इन्होंने दुनिया को बदला है और आगे भी बदलेंगी।

समीकरणों की उत्पत्ति

प्राचीन बेबीलोन व यूनान वासी समीकरणों के बारे में जानते थे हालांकि वे इन्हें शब्दों और चित्रों की मदद से लिखते थे। पिछले 500 वर्षों से वैज्ञानिक और गणितज्ञ संकेतों का उपयोग कर रहे हैं। इनमें से सबसे महत्त्वपूर्ण संकेत बराबर का चिंह है। अजीब बात है कि हम जानते हैं कि इसका आविष्कार किसने किया था। इसके आविष्कारक रॉबर्ट रेकॉर्डे थे जिन्होंने 1557 में अपने ग्रंथ *दी व्हेटस्टोन ऑफ विटे* में लिखा था: "के बराबर है शब्दों को बार-बार दोहराने की मेहनत से बचने के लिए मैं एक ही लंबाई की दो समांतर रेखाओं, जुड़वां रेखाओं का उपयोग करूंगा क्योंकि कोई और चीज़ इतनी बराबर नहीं हो सकती।"

प्रमेय और सिद्धांत

कुछ समीकरणें गणितीय राशियों के बीच तार्किक सम्बंध

को व्यक्त करती हैं और गणितज्ञों का काम होता है कि वे सिद्ध करें कि यह समीकरण वैध है। अन्य समीकरणें किसी अज्ञात राशि के बारे में जानकारी देती हैं; इनमें करना यह होता है कि समीकरण को सुलझाकर अज्ञात राशि का मान ज्ञात किया जाए।

विशुद्ध गणित की समीकरणें अक्सर प्रथम किस्म की होती हैं। ये गणित के ढांचे के अंदर ही पैटर्न और नियमितताओं को उजागर करती हैं। पायथागोरस की प्रसिद्ध प्रमेय इसका एक उदाहरण है जो ज्यामिती की भाषा में प्रस्तुत की गई एक समीकरण है। यूक्लिड की ज्यामितीय मान्यताओं के अंतर्गत पायथागोरस की प्रमेय सत्य है।

प्रयुक्त गणित और गणितीय भौतिकी की समीकरणें प्रायः दूसरे किस्म की होती हैं। ये ब्रह्मांड के गुणधर्म व्यक्त करती हैं जो सिद्धांततः कुछ और भी हो सकते थे। मसलन, न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम हमें बताता है कि दो वस्तुओं के बीच लगने वाले आकर्षण बल की गणना कैसे करें। इसकी समीकरणों को हल करके हमें पता चलता है कि ग्रह सूर्य की परिक्रमा कैसे करते हैं या किसी अंतरिक्ष यान के पथ का चित्र कैसा दिखेगा। मगर न्यूटन का नियम कोई गणितीय प्रमेय नहीं है। गुरुत्वाकर्षण का नियम कुछ अलग भी हो सकता था। दरअसल यह अलग है भी। आइंस्टाइन का सामान्य सापेक्षता का सिद्धांत न्यूटन के नियम से बेहतर है। और यह भी ज़रूरी नहीं कि सामान्य सापेक्षता अंतिम शब्द हो। ***(स्रोत फीचर्स)***