प्रकाश और जीवन

अहमद ज़ेवेल

1000 साल पहले वैज्ञानिक अल्हाज़न ने बताया कि हमें दिखता है क्योंकि वस्तु से प्रकाश आंखों में पहुंचता है न कि आंखों से निकलकर वस्तु तक जाता है। यह एक क्रांतिकारी विचार था। इसके 1000 साल बाद जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने 1864 में यह स्पष्ट किया कि प्रकाश विद्युत-चुम्बकीय तरंग है। तब से प्रकाश को समझने में लगातार तरक्की हुई है

सूर्य 4.6 अरब सालों से रोशनी देता आ रहा है। खगोलशास्त्री कहते हैं कि 10 अरब सालों में सूर्य सिकुड़ जाएगा और गर्म सफेद हो जाएगा। पहले श्वेत वामन और अंततः श्याम वामन। यह तारा मर जाएगा और इसी के साथ जीवन का भी अंत हो जाएगा। लाखों सालों से प्रकाश ने मनुष्य का जीवन परिभाषित किया है। प्रकाश संश्लेषण के ज़रिए प्रकाश ने हमें भोजन, ऊर्जा और वायुमण्डल दिया है। प्रकाश के इस्तेमाल से हम जानकारी का सम्प्रेषण करते हैं, अंतरिक्ष में बड़े पिण्डों (ग्रह और चन्द्रमा) को देखते हैं और उन सूक्ष्म चीज़ों (कोशिकाओं और बैक्टीरिया) को देख पाते हैं जिन्हें उपकरणों की मदद के बगैर देखा नहीं जा सकता है। प्रकाश के बगैर हमारा जीवन अदृश्य बन जाता है। प्रकाश को यह कमाल की शक्ति कहां से मिलती है?

1000 साल पहले रोशनी के अध्ययन में एक मुख्य वैज्ञानिक तरक्की हुई थी। इसका श्रेय वैज्ञानिक अल्हाज़न (965-1038) को जाता है।

उनके विचार पिन होल कैमरा यानी कैमरा ऑब्सक्यूरा के अवधारणात्मक पूर्वज थे और प्रकाश और दृष्टि के बारे में उनके विचार क्रांतिकारी थे। जैसे, प्रकाश का पथ सीधी रेखा में ही होता है; पिण्डों से प्रकाश परावर्तित होता है और माध्यम बदलने पर मुड़ जाता है; हमें दिखता है क्योंकि वस्तु से प्रकाश आंखों में पहुंचता है न कि आंखों से निकलकर वस्तु तक जाता है।

अल्हाज़न ने प्रकाश के अवलोकन के साथ अपने प्रयोगों की शुरुआत की। फिर वे किसी सिद्धांत की तरफ बढ़े। अल्हाज़न की मास्टरपीस किताब अल-मनाज़िर लगभग पांच सौ सालों तक (केपलर और न्यूटन के समय तक) पश्चिमी यूरोप में ऑप्टिक्स की प्रामाणिक किताब रही।

लगभग 1000 साल बाद जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने 1864 में यह स्पष्ट किया कि प्रकाश क्या है। उन्होंने बताया कि प्रकाश विद्युत-चुम्बकीय तरंग है। इसके बाद मैक्सवेल की समीकरण के आधार पर प्रकाश की सही गति पता लगाई गई (3 लाख कि.मी/सेकण्ड)।

यह दर्शाने के लिए कि प्रकाश एक विद्युत चुम्बकीय तरंग है मैक्सवेल ने माइकल फैराडे (1791-1867) द्वारा विद्युत और चुम्बकत्व पर किए गए महत्वपूर्ण काम और प्रकाश की तरंग प्रकृति पर थॉमस यंग के काम को एकीकृत

किया। तरंग के रूप में प्रकाश की तरंग लम्बाई (λ) और आवृत्ति ($\nu=c/\lambda$) है। सम्पूर्ण विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की सभी तरंगों के लिए यह सूत्र सही है। मैक्सवेल की खोज के बाद वैज्ञानिकों ने सोचा कि प्रकाश की प्रकृति के प्रश्न का समाधान हो गया है, लेकिन असल बात कुछ और ही थी।

20वीं सदी की शुरुआत में भौतिकशास्त्र में दो क्रांतिकारी विचार सामने आए - क्वांटम यांत्रिकी (1900) और सापेक्षता (1905)। उनके अनुसार बहुत छोटे (परमाणु) और बहुत बड़े पिंडों व गतियों की दुनिया में न्यूटन के नियम लागू नहीं होते - सदियों के विश्वास पर करारा झटका।

1905 में अल्बर्ट आइंस्टाइन ने प्रकाश की कण प्रकृति (फोटॉन्स) के प्रभावों को पहचाना। उन्होंने कहा कि प्रकाश ऊर्जायुक्त कणों के सैलाब से बनता है और इन कणों की ऊर्जा को $E=h\nu$ से व्यक्त किया जा सकता है। ऊर्जा पुंज की अवधारणा के इस्तेमाल से आइंस्टाइन धातुओं की सतह से इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जन (प्रकाश-विद्युत प्रभाव) की सफल व्याख्या कर पाए। इसके लिए उन्हें भौतिकी का नोबल पुरस्कार भी मिला। प्रकाश कणों की ऊर्जा क्वांटमकृत है, इस आधार पर रामन प्रभाव समेत कई घटनाओं की व्याख्या की जा सकी।

1905 में अल्बर्ट आइंस्टाइन ने कहा कि प्रकाश ऊर्जायुक्त कणों के सैलाब से बनता है और इन कणों की ऊर्जा को $E=h\nu$ से व्यक्त किया जा सकता है। ऊर्जा पुंज की अवधारणा के इस्तेमाल से आइंस्टाइन प्रकाश-विद्युत प्रभाव की सफल व्याख्या कर पाए। इसके लिए उन्हें भौतिकी का नोबल पुरस्कार भी मिला।

मैक्सवेल और आइंस्टाइन द्वारा की गई व्याख्या की रोशनी में हम प्रकाश को आंशिक रूप से तरंग और आंशिक रूप से कणीय प्रकृति वाली चीज़ के रूप में देखते हैं। यानी उसकी प्रकृति में एक दोहरापन है। आज तक हम पूरी तरह इस दोहरेपन के अर्थ को समझ नहीं पाए हैं, न ही हम क्वांटम यांत्रिकी को उसकी अनिश्चितता के साथ सचमुच में आत्मसात कर पाए हैं। लेकिन हम प्रकाश के तरंग-कण की दोहरी प्रकृति को संभालना जानते हैं।

इन नई अवधारणाओं का महत्व क्या है? नए विचार उभरने के साथ-साथ टेक्नॉलॉजी में विकास होता है। क्वांटम यांत्रिकी के बगैर हम ट्रांज़िस्टर न बना पाते, सेमी-कंडक्टर उद्योग और कम्प्यूटर क्रांति न आती। न ही सूचना टेक्नालॉजी का युग आता। कहा जा रहा है कि आधी से ज़्यादा अमरीकी अर्थव्यवस्था क्वांटम यांत्रिकी पर आधारित है। क्वांटम यांत्रिकी के बगैर हम न रेडियो चला पाते, न उपग्रह सम्पर्क स्थापित कर पाते, और न अंतरिक्ष की सैर कर पाते।

देखा जाए तो विज्ञान में तरक्की एकदम नई तरह की अवधारणाओं और नई तकनीकों के ज़रिए हुई है। लेंस और गोलाकार दर्पणों से टकराकर प्रकाश आश्चर्यजनक करतब दिखाता है। इससे हमें बहुत छोटी व बहुत दूर की चीज़ें देखने में मदद मिलती है। सूक्ष्मदर्शी यंत्र मध्य सत्रहवीं शताब्दी में बना था। इसमें पानी की बूंदों में जीवों की गति, शुक्राणु, और कॉर्क के एक हिस्से की कोशिकीय संरचना देखी जा सकीं।

इन सब तरक्कियों के चलते जीव विज्ञान में ज़ोर जंतुओं और वनस्पतियों के वर्णन व वर्गीकरण से हटकर कोशिकाओं के अध्ययन पर आ टिका। नतीजे के रूप में विज्ञान की एक नई शाखा कोशिका विज्ञान का जन्म हुआ। आण्विक जीव विज्ञान और जिनेटिक्स अभी हाल में ख्याति प्राप्त शाखाएं हैं। इनकी प्रगति में अन्य तरक्कियों का भी हाथ रहा है। जैसे विद्युत चुम्बकीय तरंगों का इस्तेमाल, डी.एन.ए. और प्रोटीन के रवों का न्यूक्लियर मैग्नेटिक रिज़ोनेन्स। ऐसे सूक्ष्मदर्शी बन गए हैं जिनकी मदद से हम बहुत छोटी (माइक्रॉन साइज़) की वस्तुओं को देख सकते हैं। इसके परिणामस्वरूप चिकित्सा के क्षेत्र में व्यापक परिवर्तन हुए हैं।

दूरबीन का आविष्कार सूक्ष्मदर्शी से भी पहले हुआ था। कुछ लोगों का मानना है कि दूरबीन सबसे पहले 1550 में बनी थी। हेंस लिपरटो (हॉलैण्ड में रहने वाले एक चश्मासाज़) ने दूरबीन बनाई थी। यह और इसके बाद की दूरबीनें उत्तल और अवतल लेंस के संयोजन से बनाई गई थीं। गैलिलियो

गैलिली (1564-1642) ने पहली बार दूरबीन की मदद से बहुत दूर से आते-जाते जहाज़ों को देखा और फिर अंतरिक्ष में नज़र गड़ाई। 1610 में उन्होंने ब्रहस्पति के चांद देखे। इन अवलोकनों के आधार पर गैलीलियो ने ब्रह्माण्ड के भूकेंद्रित विचार का खण्डन किया। भूकेंद्रित मॉडल की जगह कॉपर्निकस (1473-1543) के सूर्य केंद्रित मॉडल ने ले ली। इसमें सूर्य ब्रह्माण्ड के बीचों बीच स्थिर है और पृथ्वी समेत अन्य ग्रह सूर्य के इर्द-गिर्द गोल कक्षाओं में घूम रहे हैं। केपलर (1571-1630) ने बताया कि खगोलीय पिण्डों की कक्षाएं गोल नहीं वरन अण्डाकार हैं। बिना इन अवधारणाओं और तकनीकों के हम न तो अंतरिक्ष में यान भेज सकते थे, न कृत्रिम उपग्रह।

दूरबीन की मदद से किए गए अवलोकनों और अन्य प्रायोगिक आंकड़ों के साथ गैलीलियो ने चीज़ों के गिरने की घटना को समझा। उन्होंने विज्ञान की प्रयोग आधारित विधि की बुनियाद रखते हुए अरस्तु के इस मत का खण्डन किया कि भारी वस्तुएं हल्की वस्तुओं से जल्दी गिरती हैं। गैलीलियो, देकार्ते और न्यूटन के विचार स्थूल वस्तुओं की गति को समझने का आधार बने।

दूरबीन की मदद से किए गए अवलोकनों और अन्य प्रायोगिक आंकड़ों के साथ गैलीलियो ने चीज़ों के गिरने की घटना को समझा। उन्होंने विज्ञान की प्रयोग आधारित विधि की बुनियाद रखते हुए अरस्तु के इस मत का खण्डन किया कि भारी वस्तुएं हल्की वस्तुओं से जल्दी गिरती हैं।

इसके विपरीत सूक्ष्म विश्व यानी क्वांटम विश्व में गतियों को चलते हुए नहीं देखा गया है। ये गतियां इतनी तेज़ होती हैं कि इंसानी आंख उसे दर्ज़ नहीं कर पातीं। ये सूक्ष्म गतियां अल्पायु भी होती हैं। इसके लिए हमें फेम्टोस्कोप नामक यंत्र की ज़रूरत होती है। इसका भी एक ज़रूरी तत्व प्रकाश है।

कैल्टेक में हमने बेहद तेज़ लेज़र प्रकाश बनाने के उद्यम में रुचि दिखाई ताकि एक ऐसा फेम्टोस्कोप बनाया जा सके जो परमाणु की गतियों का स्थिर चित्र दे सके। इससे एक फेम्टोसेकण्ड में घटी घटना का चलचित्र बनाया जा सकता है। एक फेम्टोसेकण्ड सेकण्ड यानी 10^{-14} सेकण्ड। एक सेकण्ड में प्रकाश 3 लाख कि.मी. की यात्रा करता है। एक फेम्टोसेकण्ड में प्रकाश 300 नैनोमीटर ($3X10^{-8}$ मी.) की दूरी तय करता है। सिद्धांतन फेम्टोसेकण्ड के स्तर पर परमाणुओं की गति दिखाई देती है, लेकिन हम कैसे गति की स्थिर फोटोग्राफी को आगे बढ़ाएं कि परमाणु के पैमाने तक पहुंच जाएं?

19वीं शताब्दी में जानवरों की गतियों को शटर और फ्लैश की मदद से रिकॉर्ड किया गया था। फ्रांस में कॉलेज डी फ्रांस की प्रोफेसर इटिन-जूल्स मैरी 1894 में क्रोनोफोटोग्राफी की मदद से एक्शन फोटोग्राफी की समस्या पर काम कर रही थीं। क्रोनोफोटोग्राफी एक निश्चित अंतराल से लिए गए चित्रों की शृंखला होती है। मैरी का आइडिया एक अकेले कैमरे और खांचेदार शटर का इस्तेमाल करना था। इसमें फोटो एक फिल्म की प्लेट पर या पट्टी पर आते थे। जैसे आधुनिक चलित फोटोग्राफी में होता है।

मैरी ने क्रोनोफोटोग्राफिक उपकरण को मुख्यतः इंसानों और जानवरों की गतियों पर इस्तेमाल किया। इसके अलावा सालों से इंसानों को असमंजस में डालने वाले सवालों को भी उन्होंने चित्रों में उतारा है। जैसे, बिल्ली चाहे कितनी भी ऊंचाई से क्यों न कूदे, ज़मीन पर सीधी अपने पैरों पर गिरती है। कैसे ?

कूद के दौरान थोड़े-थोड़े अंतराल पर चित्र लेकर मैरी इन सवालों के जवाब दे पाईं। पहला यह है कि बिल्ली अपने अग्र भाग को घड़ी की दिशा में घुमाती है और पिछले भाग को घड़ी की दिशा के विपरीत घुमाती है। इससे ऊर्जा का संरक्षण होता है। वह फिर अपनी टांगों को अंदर की ओर खींचकर विपरीत दिशा में मुड़ जाती है और टांगों को थोड़ा लम्बा करके अंतिम लैंडिंग के लिए तैयारी करती है। बिल्ली को सहज ही मालूम होता है कि कैसे आगे बढ़े। गोताखोर, नर्तक और एथलीट भी इस तकनीक का उपयोग करते हैं।

अणुओं में मौजूद परमाणुओं के संसार में अगर स्टॉप-मोशन फोटोग्राफी के विचार को लागू किया जा सके तो अणुओं की गति का अध्ययन किया जा सकेगा। मगर जहां

बिल्ली की गति को समझने के लिए 0.005 सेकण्ड का अंतराल काफी है, वहीं अणु-परमाणु की गति को समझने के लिए 10^{-14} सेकण्ड यानी 1 फेम्टोसेकण्ड का अंतराल ज़रूरी होगा। इसका यह भी मतलब है कि ये गतियां न्यूटन के नियमों से नहीं, क्वांटम यांत्रिकी के नियमों से संचालित होंगी। क्वांटम यांत्रिकी में किसी कण की स्थिति और उसके संवेग तथा समय और ऊर्जा के बीच अनिश्चितता के कारण शुरू-शुरू में यह मत बना था कि फेम्टोसेकण्ड का अंतराल शायद उपयोगी नहीं रहेगा। यह भी अनुमान था कि किसी स्थान पर परमाणुओं को सीमित करना (तरंग को लम्बे समय टिकाए रखना) संभव नहीं होगा। फेम्टोसेकण्ड की अवधि तक में यह संभव नहीं होगा।

वैसे परमाणु की फेम्टोस्कोपी और बिल्ली की फोटोग्राफी में एक बुनियादी भेद होगा। फेम्टोकैमिस्ट्री में हम या तो लाखों-करोड़ों अणुओं की छानबीन करते हैं या प्रयोगों को बार-बार दोहराया जाता है ताकि कुछ शक्तिशाली संकेत मिल जाएं। परिणामस्वरूप यह चित्र काफी धुंधला होगा।

अवधारणात्मक स्तर पर सत्तर और अस्सी के दशक में किए गए अनुसंधान से उपरोक्त मुद्दों के बारे में सोचने का आधार प्राप्त हुआ। यह साफ हो गया है कि अणुओं को समन्वित रूप से कंपित कराया जा सकता है और कई सारे अणुओं को एक सुर में व्यवहार कराया जा सकता है। इसके लिए एक सर्वथा नए उपकरण की ज़रूरत थी।

1987 में हम अपने लक्ष्य तक पहुंचे। पहली बार हमने परमाणु को गति करते देखा। फेम्टोसेकण्ड समय पर हम किसी भी सामान्य चीज़ की तरह इसकी व्याख्या कर पाए।

शुरू-शुरू में अणुओं के बीच समन्वय की बात को ठीक से समझा नहीं गया। इस काम में अग्रणी रहे चार्ल्स टाउन्स के मत को शुरू में बहुत विरोधों का सामना करना पड़ा। उनका विचार था कि विद्युत चुम्बकीय तरंगों को 'विशुद्ध' एकरंगी बनाया जा सकता है। विरोध अनिश्चितता के सिद्धांत पर आधारित था। दावा था कि चूंकि अणु मेसर की खोह में एक सेकण्ड का केवल दस-हज़ारवां हिस्सा ही गुजारते हैं, इसलिए विकिरण की आवृत्ति को एकदम सीमाबद्ध करना असंभव होगा। मगर वास्तविक प्रयोग ने इन चिन्ताओं को निर्मूल साबित किया और पहले मेसर और फिर लेज़र विकसित हुई।

फेम्टोस्कोप का उपयोग बहुत छोटे से बहुत जटिल आण्विक तंत्रों और पदार्थ की सभी अवस्थाओं पर किया गया है। एक उदाहरण से पता चलता है कि छोटे और बड़े आण्विक तंत्रों में एक समरूपता है। यह अध्ययन कैल्टेक में नमक के एक दाने (यानी मात्र 2 परमाणुओं) पर और बर्कले में प्रोटीन के एक विशाल अणु पर किया गया। यह प्रोटीन दृष्टि से सम्बंधित था। अब हम दृष्टि को आण्विक स्तर पर ज़्यादा बेहतर ढंग से समझ पाए हैं।

फेम्टोविज्ञान की काफी सम्भावनाएं जीव विज्ञान में है। हाल में इस विषय के कई अध्ययन प्रकाशित हुए हैं। जैसे, जिनेटिक सामग्री में इलेक्ट्रॉन प्रवाह, ऑक्सीजन का हीमोग्लोबिन से जुड़ना, दवाइयों द्वारा प्रोटीन की आण्विक पहचान, कैंसर रोधी दवाओं की विषाक्तता का आण्विक आधार और पाचन।

फेम्टोविज्ञान की काफी सम्भावनाएं जीव विज्ञान में है। हाल में इस विषय के कई अध्ययन प्रकाशित हुए हैं। जैसे, जिनेटिक सामग्री में इलेक्ट्रॉन प्रवाह, ऑक्सीजन का हीमोग्लोबिन से जुड़ना, दवाइयों द्वारा प्रोटीन की आण्विक पहचान, कैंसर रोधी दवाओं की विषाक्तता का आण्विक आधार और पाचन। हम इन जटिल अणुओं के व्यवहार और संरचना जानने के लिए डिफ्रेक्शन प्रतिबिंब का इस्तेमाल कर रहे हैं। इससे सभी परमाणुओं की त्रि-आयामी स्थिति एक साथ पता चल जाती है। जीव विज्ञान और चिकित्सा में इसका महत्व स्पष्ट है। फेम्टो टेक्नॉलॉजी को देखें तो माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स (फेम्टो मशीन), फेम्टो दंत चिकित्सा और कोशिकाओं और ट्यूमर्स की फेम्टो छवि में बेहद विकास हो रहा है।

10^{15} चक्र प्रति सेकण्ड से भी ज़्यादा प्रकाशीय दोलन गिन पाने की क्षमता से पूर्णतः ऑप्टिकल परमाणु घड़ियां बनाने का मार्ग प्रशस्त होगा। इनका प्रदर्शन आज की सीज़ियम घड़ियों से कहीं बेहतर होगा। सम्भावना इसकी

भी बनती है कि 10^{20} वॉट्स प्रति वर्ग से.मी. की ऊर्जा के इस्तेमाल से नाभिकीय संलयन शुरू किया जा सके। और इस बात की संभावना भी है कि पदार्थ को फेम्टोसेकण्ड तक नियंत्रित करके हम रासायनिक क्रियाओं को एक विशिष्ट या नए उत्पाद की ओर धकेल सकते हैं।

इस लेख में मैंने प्रकाश के इतिहास के ज़रिए वैज्ञानिक शोध की ताकत बताने का प्रयास किया है। एक ऐसी ताकत जो स्वयं जीवन को प्रभावित करती है। वह हमें अपने उद्भव को समझने में सहायक बनती है। इस संदर्भ में मैं नेचर में छपी एक रिपोर्ट को लेकर चिंतित हूं जिसमें भारतीय शोध पत्रों के प्रकाशन की दर में कमी का ज़िक्र है - पिछले 20 सालों में वैज्ञानिक पर्चों की संख्या 15000 से गिरकर 12000 हो गई है जबकि चीन के पर्चों की संख्या 1000 से बढ़कर 21000 हो गई है।

इसी समयावधि में द. कोरिया के पर्चों में दिख रही बढ़ोतरी भी प्रभावशाली है। विज्ञान और वैज्ञानिक शिक्षा के ज़रिए भारत अपना लोकतंत्र बनाए रख सकता है और समृद्धि की राह में लगातार आगे बढ़ सकता है। दशकों पहले नेहरू ने कहा था - 'विज्ञान को कौन नज़रअंदाज़ करने की हिम्मत कर सकता है? हर कदम में हमें इसकी मदद दरकार होगी....।'

मेरे इस लेख से शायद कई चीज़ें सीखी जा सकती है। पहली यह कि कौतूहल-जनित अनुसंधान में हम नहीं जानते कि हम क्या खोजने वाले हैं। अवधारणाएं और नई तकनीकें विकसित हो सकती हैं। इनमें से कुछ हमारी दुनिया बदल देंगी। विज्ञान का प्रबंधन नहीं किया जा सकता। इसकी बजाए इसे एक उत्साहवर्धक और सहायक वातावरण दरकार है। अगर यह मिल गया तो सफलता निश्चित है। दूसरा, बुनियादी शोध तकनीकी विकास का आधार है। आज समाज से प्राप्त इनपुट से प्रगति का त्रिकोण बनता है। इसका एक अच्छा उदाहरण है क्लोनिंग। यह कई प्रयोगशालाओं में शोध के रूप में शुरू हुआ, फिर नई टेक्नॉलॉजी में परिवर्तित हुआ और अब समाज को इसके नैतिक और धार्मिक पक्ष की और ध्यान देना होगा। तीसरा बिन्दु है वैश्विकरण में विज्ञान की प्रासंगिकता। विज्ञान अंतर्राष्ट्रीय चीज़ है और टेक्नॉलॉजी में सफलता दुनिया भर में हो रहे शोध पर निर्भर करती है। विज्ञान में दुनिया भर के लोगों का योगदान रहा है। अगर विज्ञान और टेक्नॉलॉजी राष्ट्रीय नीति का आधार बन जाए तो वैश्विकरण ज़्यादा कारगर होगा और समृद्धि ज़्यादा व्यापक और फलदायक। अंत में विज्ञान शिक्षा और प्राथमिक कक्षाओं में शुरू होने वाली विज्ञान की संस्कृति विकास के लिए अत्यावश्यक है। विज्ञान दुनिया के प्रति एक विवेकपूर्ण तार्किक नज़रिया रखने हेतु प्रेरित करता है जो प्रश्न उठाने, खोजबीन करने और समूह में काम करने को उकसाता है।

(स्रोत विशेष फीचर्स)

स्रोत के ग्राहक बनें, बनाएं

सदस्यता शुल्क कृपया एकलव्य, भोपाल के नाम बने ड्राफ्ट या मनीऑर्डर से
एकलव्य, ई-7/ एच.आई.जी. 453, अरेरा कॉलोनी,
भोपाल (म.प्र.) 462 016
के पते पर भेजें।