

कमाल का पदार्थ है ग्रेफीन

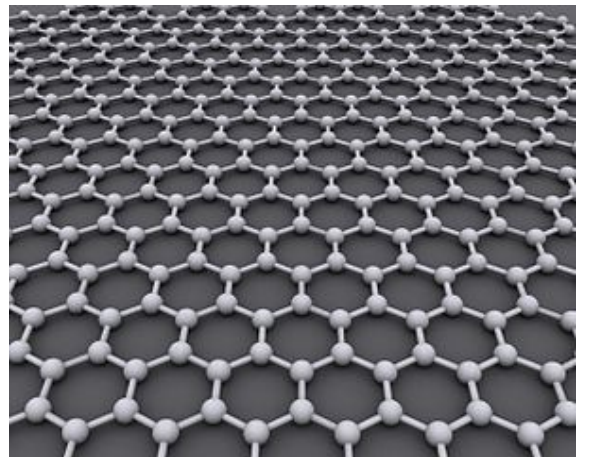
- डॉ. कृष्ण कुमार मिश्र

ग्रेफीन पिछले 8 अक्टूबर 2010 से समाचार माध्यमों में सुर्खियों में बना है। यह सचमुच एक जादुई पदार्थ है। तभी तो इसकी खोज के लिए दो वैज्ञानिकों को सबसे प्रतिष्ठित नोबेल पुरस्कार से सम्मानित करने की घोषणा की गयी। ब्रिटेन के सुप्रसिद्ध मैनचेस्टर विश्वविद्यालय के आंद्रे जीम तथा कांस्टेन्टिन नोवोसेलोव को ग्रेफीन की खोज के लिए वर्ष 2010 का भौतिकी का सर्वोच्च हुई। इस पुरस्कार में एक करोड़ स्वीडिश क्रोनर लाख पाउण्ड। वैज्ञानिकद्वय एक तरह से आपस में हुआ है तथा दोनों ने नीदरलैण्ड में काम किया देखरेख में अपनी पीएच.डी. की। कालान्तर में वे ब्रिटेन के प्रतिष्ठित मैनचेस्टर विश्वविद्यालय आ गए जो भौतिकी में शोध के लिए बहुत विख्यात है। नोवोसेलोव महोदय तो 1973 के बाद नोबेल पुरस्कार पाने वालों की फेहरिस्त में सबसे युवा वैज्ञानिक हैं।



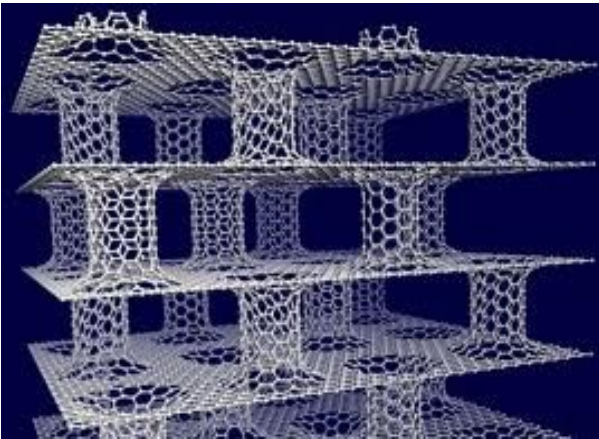
नोबेल सम्मान दिए जाने की घोषणा की धनराशि देय होती है यानी दस गुरु-शिष्य हैं। दोनों का जन्म रूस में जहां नोवोसेलेव ने जीम महोदय की प्रतिष्ठित मैनचेस्टर महोदय की फेहरिस्त में सबसे युवा वैज्ञानिक हैं।

ग्रेफीन, प्रकृति में प्रचुर मात्रा में मिलने वाले कार्बन तत्व का ही एक रूप है। दरअसल धरती पर जीवन कार्बन पर आधारित है। समस्त सजीव कार्बन से बने हैं। मानव शरीर में तकरीबन 18 प्रतिशत कार्बन है। जीवन की उत्पत्ति ही नहीं, वरन जैविक प्रक्रियाओं के संचालन में भी कार्बन की अप्रतिम भूमिका है। इस जादुई पदार्थ की खोज भी एक बड़ी रोचक घटना है। वर्ष 2004 में ये दोनों ग्रेफाइट के ब्लॉक से टेप चिपकाकर बार-बार उसके जरिए परतें उतारते। इसी प्रक्रिया में उन्हें कुछ ऐसी परतें मिलीं तो मोटाई में महज एक परमाणु की थीं। अध्ययन से पाया गया कि इन पतली परतों के गुण बहुत ही अद्भुत हैं। ये खिंचावदार, तकरीबन पारदर्शी, तथा मजबूती में तो फौलाद को भी मात देने वाली थीं। ये इलेक्ट्रॉनिक सामग्रियों के निर्माण के लिए



उत्तम सामग्री बनने की काबिलियत रखती हैं। ग्रेफीन कार्बन परमाणुओं से बनी एक समतल तथा सपाट परत है। देखने में यह परत मधुमक्खी के छत्ते जैसी नज़र आती है। ग्रेफीन रासायनिक तौर पर बहुत सरल, लेकिन गुणधर्मों में अविश्वसनीय तौर पर बहुत ही मजबूत है। यह स्टील से करीब 200 गुना ताकतवर, हीरे से भी ज्यादा कठोर, तथा ताँबे से भी बेहतर विद्युत चालक है।

जैसा कि हम जानते हैं, प्रकृति में कार्बन के तीन अपररूप (Allotropic forms) पाए जाते हैं। ये हैं- हीरा, ग्रेफाइट तथा फुलरीन। हीरा को सृष्टि का सबसे कठोर पदार्थ माना जाता है। यह ऊष्मा का सुचालक तथा विद्युत का कुचालक होता है। ग्रेफाइट, कार्बन का दूसरा शुद्ध रूप है जो मुलायम होता है तथा विद्युत का सुचालक होता है। पेंसिल की लेड वास्तव में ग्रेफाइट है। जब हम कागज पर लिखते हैं तो कागज की सतह पर घर्षण के कारण ग्रेफाइट की परत उतरती है। इससे कागज पर लकीर बन जाती है और हम लिख पाते हैं। यह परत वास्तव में हज़ारों परमाणुओं की मोटाई वाली परत होती है। लेकिन यदि किसी तरह से हम एक परमाणु की मोटाई वाली परत पा जाएं तो वही ग्रेफीन होगी। फिसलनदार होने के कारण ग्रेफाइट का इस्तेमाल स्नेहक (ल्यूब्रिकेन्ट) के तौर पर भी होता है। हीरा तथा ग्रेफाइट, ये दोनों हमें काफ़ी दिनों से ज्ञात थे। वर्ष 1985 में शोधकर्ताओं को कार्बन की गेंदनुमा संरचनाओं का पता चला जिसे उन्होंने बकीबॉल कहा। इसके खोजकर्ता थे माननीय बकमिंस्टर फुलर। ये फुटबाल की तरह खोखली रचनायें होती हैं जिनमें कार्बन षट्कोणीय तथा पंचकोणीय ज्यामितियों में आपसे में जुड़े होते हैं। नब्बे के दशक के शुरू में विज्ञानियों को कार्बन की बहुत ही छोटी-छोटी नलिकाओं का पता चला जिन्हें कार्बन नैनोट्यूब कहा गया।



ग्रेफीन एकल परमाणु की मोटाई वाली सपाट चादर है। ग्रेफीन का नामकरण भी ग्रेफाइट से ही निकला है। इस प्रकार कह सकते हैं कि ग्रेफाइट कई ग्रेफीन परतों के एक के ऊपर एक तह किए जाने से बना है। किसी 1 मिलीमीटर मोटी ग्रेफाइट की शीट में करीब तीस लाख ग्रेफीन की परतें होंगी। ग्रेफीन एक सेमीमेटल तथा अर्द्धचालक (सेमीकंडक्टर) है। ग्रेफीन ने

इलेक्ट्रॉनिकी के क्षेत्र में अनन्त संभावनाओं के द्वार खोल दिए हैं। कंप्यूटर में इस्तेमाल होने वाली सिलिकॉन चिप्स का प्रयोग आज तकरीबन उनकी सामर्थ्य की चरम सीमा पर पहुंच चुका है। ऐसे में उनकी रफ्तार बढ़ाने की गुंजाइश कम बची है। जैसा कि इलेक्ट्रॉनिकी का सिद्धान्त है कि, "युक्ति का आकार चाहे जो हो, उसे छोटा कीजिए, स्पीड चाहे जो हो, उसे और बढ़ाइए, तथा दाम चाहे जो हो, उसे और कम कीजिए"। इस कसौटी पर ग्रेफीन की खोज ने इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों के करिश्माई विकास का मार्ग

प्रशस्त कर दिया है। ग्रेफीन के इलेक्ट्रान, सिलिकान की तुलना में 100 से 1000 गुना ज्यादा रफ्तार से गतिमान होते हैं। इससे भविष्य में बनने वाले कंप्यूटर कई गुना क्षमता तथा स्पीड के होंगे। ऐसा माना जा रहा है कि ग्रेफीन के आगमन से आने वाले कई दशकों के लिए कंप्यूटर प्रौद्योगिकी में विकास का रास्ता साफ हो गया है। इससे कंप्यूटर आकार प्रकार में छोटे होते जाएंगे तथा उनकी क्षमता बढ़ती जाएगी। आई.बी.एम. तथा इण्टेल जैसी बड़ी कंपनियों ने अभी से इस दिशा में निवेश करना शुरू कर दिया है। ग्रेफीन के ट्रांजिस्टर बहुत ज्यादा स्पीड पर चलेंगे, तथा कहीं अधिक तापमान पर भी काम करते रह सकेंगे। सौर बैटरियों, लाइट पैनलों तथा टच स्क्रीन के लिए ग्रेफीन ज्यादा युक्तिसंगत होंगे। उपग्रहों, हवाई जहाजों तथा कारों में कंपोजिट मैटीरियल के तौर पर ग्रेफीन का उपयोग हो सकेगा। चूंकि ग्रेफीन द्विआयामी संरचना है इसलिए सिलिकान की तुलना में इससे कहीं ज्यादा सूक्ष्म चिप बनाना संभव हो सकेगा।

विज्ञानी नानशिलन ताओ के अनुसार ग्रेफीन आधारित केमिकल सेंसरों का प्रयोग लगेज में छिपाकर रखे गए विस्फोटकों का पता लगाने में बखूबी किया जा सकता है। इससे एयरपोर्ट, रेलवे स्टेशनों जैसी जगहों पर सुरक्षा को बेहतर बनाने में मदद मिल सकती है। सन् 2008 में अमेरिका स्थित कोलंबिया विश्वविद्यालय के वैज्ञानिकों ने अभियांत्रिक प्रयोगों से यह साबित कर दिया है कि ग्रेफीन दुनिया का सबसे मजबूत पदार्थ है। इसकी मजबूती का अंदाजा इस बात से लगाया जा सकता है कि महज एक सेलोफिन पेपर के टुकड़े जितनी मोटी ग्रेफीन की चादर से डेढ़ टन वज़नी कार उठायी जा सकती है। इसकी मजबूती का प्रयोग कम्पोजिट पदार्थ बनाने में किया जा सकता है जिससे हवाई जहाज से लेकर खेलकूद के सामान बनाये जा सकते हैं। वाकई कम्पोजिट पदार्थों के प्रयोग से हवाई जहाज का वजन घटाकर आधा किया जा सकता है। इससे वह किफायती साबित होगा तथा ईंधन की बचत की जा सकेगी। इस प्रकार वायुमंडल में कार्बन का उत्सर्जन कम होगा तथा ग्रीनहाउस प्रभाव के रोकथाम में सहायता मिलेगी क्योंकि दुनिया भर में हवाई यात्रा का प्रसार तथा चलन तेजी से बढ़ रहा है।

विज्ञानियों को ग्रेफीन के कई दूसरे इस्तेमाल की संभावनायें भी नजर आ रही हैं। टेक्सस विश्वविद्यालय की ग्रेफीन एनर्जी, ग्रेफीनों से बनी अल्ट्राकैपिसिटर का प्रयोग विद्युत संग्रह तथा प्रेषण के लिए कर रही है। यह ऐसी युक्ति है जो कम अवधि में विद्युत की काफी मात्रा की आपूर्ति कर सकती है। इसका इस्तेमाल विद्युत ग्रिडों को स्थायित्व प्रदान करने के लिए भी किया जा सकता है। अकसर देखा जाता है कि दिन में बिजली की मांग ज्यादा रहती है जिससे बिजलीघरों को उच्च क्षमता पर काम करना पड़ता है। लेकिन रात में मांग गिर जाती है जिससे बिजली का



पूरा इस्तेमाल नहीं हो पाता। इन अल्ट्राकैपिसिटर्स से अतिरिक्त बिजली को संग्रहीत किया जा सकता है तथा दिन में उसका समुचित पारेषण किया जा सकता है। ग्रेफीन का इस्तेमाल कारों की बैटरियों की ताकत बढ़ाने तथा उनका जीवनकाल बढ़ाने में किया जा सकता है। केंब्रिज विश्वविद्यालय के अनुसंधानकर्ताओं का मानना है कि ग्रेफीन की असली खूबी यह है कि वह बिजली का सुचालक है। यह सौर बैटरियों, एल.ई.डी. की क्षमताओं के सुधार में प्रयोग में लाया जा सकेगा। इससे नयी पीढ़ी के टचस्क्रीन, फोटोडिटेक्टर, तथा अल्ट्राफास्ट लेजर के निर्माण में मदद मिलेगी। सबसे बढ़िया बात यह होगी कि प्लैटिनम तथा इरीडियम जैसी महंगी धातुओं का एक अच्छा विकल्प मिल जाएगा जिससे इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों तथा युक्तियों की कीमतों में कमी आ सकेगी।

ग्रेफीन में कम्प्यूटर उपयोग के लिये प्रयुक्त होने के सारे गुण मौजूद हैं। लेकिन सबसे बड़ी चुनौती यह है कि इसे पूर्ण अर्द्धचालक की तरह व्यवहार करना चाहिए। जबकि ग्रेफीन में इस गुण की कमी है। वह स्विच की तरह काम नहीं कर सकता। इससे यह विद्युत का प्रवाह लगातार करता रहता है और कभी बंद नहीं होता। रोडरॉफ का मानना है कि ग्रेफीन से बनने वाले अल्ट्राकैपिसिटर की क्षमता वर्तमान में इस्तेमाल होने वाली स्टोरेज डिवाइस की दुगुनी हो जायेगी।

टेक्सस विश्वविद्यालय के प्रोफेसर रॉडनी रुओफ ने ग्रेफीन के बड़े टुकड़े तैयार करने के लिए केमिकल पेपर विधि विकसित की है। वे मीथेन (जिसमें कार्बन का एक ही परमाणु होता है) को हाइड्रोजन के साथ 1040 °C पर गर्म करते हैं और उनके रसायनों को एक कॉपर शीट के साथ अभिक्रिया करने के लिए छोड़ देते हैं। इस तरीके से ग्रेफीन की परत बनती है। ग्रेफीन के औद्योगिक उत्पादन के लिये फिलहाल यही तरीका सबसे अच्छा लगता है। ग्रेफीन पर आधारित उत्पादों के लिए हमें करीब दस बरस इंतजार करना पड़ेगा क्योंकि इसके तमाम तकनीकी पहलू हैं जिनमें दक्षता हासिल करने में, जाहिर है, अभी समय लगेगा। लेकिन ऐसा प्रतीत होता है कि आने वाला इलेक्ट्रॉनिकी का युग, वास्तव में ग्रेफीन का होगा।

प्रेषक :

डॉ. कृष्ण कुमार मिश्र

रीडर (एफ़)

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान

वी. एन. पुरव मार्ग

मुंबई-400088