सर्पिल सीढ़ियों की खोज

रोहिणी चिन्ता

मिट्टू उस फ़ोटो को लेकर अभिभूत है जो उसके दादाजी की स्क्रेप बुक में आकृति X सरीखा दिखता है। उसके सवालों की झड़ी के जवाब में दादाजी एक कथा सुनाते हैं – कथा, 'जीवन के अणु' की खोज की। क्या X का रहस्य जानने के अपने अभियान में मिट्टू सफल हो पाता है? चलिए, देखते हैं।

मिट्टू अपनी अटरिया से जी भर जिज्ञासा लिए नीचे उतरा। उसका प्रोजेक्ट शुरू होने को था – 'जब आज जैसे गैजेट्स नहीं होते थे तब ये दादा-नाना लोग अपनी छुट्टियाँ भला कैसे बिताते थे।' मिट्टू को अभी-अभी दादाजी की स्क्रेप बुक से **'X'** जैसी दिखने वाली एक चीज़ के एक रहस्यमयी श्वेत-श्याम फ़ोटो का एक स्क्रेच मिला था। वह दादाजी से इसके बारे में जानने को उत्सुक था।

दादाजी बाहर बग़ीचे में बैठे अपना अख़बार पढ़ रहे थे। मिट्टू दौड़कर दादाजी के पास गया और उन्हें वह **X** दिखाया और कहा, "यहाँ से शुरू करते हैं।"

दादाजी ने तस्वीर को बड़े ध्यान से देखा। "यह प्रसिद्ध फ़ोटोग्राफ़ 51 की एक कॉपी है। यह जीवन के अणु – डीऑक्सीराइबोन्यूक्लिक एसिड या डीएनए की खोज का सबसे महत्त्वपूर्ण प्रमाण है।"

"डीएनए जीवन का अणु है कैसे?"

"अच्छा मुझे यह बताओ कि तुम कोशिकाओं के बारे में क्या जानते हो? कोशिकाएँ जिनसे मिलकर पौधे और प्राणी बनते हैं?" दादाजी ने पूछा।

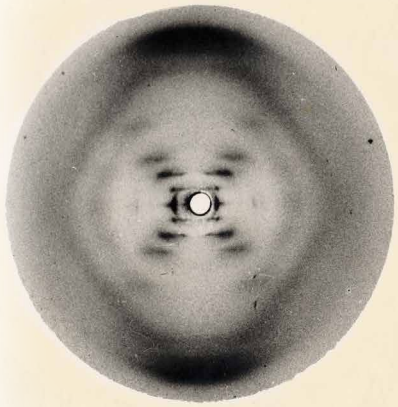
"कोशिका..." मिट्टू ने याद करने की कोशिश की, "जीवन की मूलभूत इकाई होती है। यह प्लाज़्मा झिल्ली नामक एक बाहरी रक्षक आवरण और एक जेली (लूआब) जैसे पदार्थ, कोशिकाद्रव्य (सायटोप्लाज़्मा) से बनी होती है। कोशिकाद्रव्य में अनेक कोशिका अंगक होते हैं जो कोशिका को जीवित रखने में मददगार होते हैं?"

"हाँ-हाँ, बोलते जाओ," दादाजी बोले।

"कोशिका के नाभिक में डीएनए होता है..." मिट्टू की गाड़ी रुक गई।

दादाजी ने मिट्टू की पीठ थपथपाई। "वाह! तुमने तो अपना पाठ अच्छे से समझ लिया है। क्या तुम्हें पता है कि डीएनए, अमीनो अम्लों का कोड होता है?"

"मुझे अमीनो अम्ल पता हैं!" मिट्टू जोश में लग रहा था। "अमीनो अम्लों से प्रोटीन बनते हैं। प्रोटीनों से कोशिका और सम्पूर्ण जीव बनते हैं।"



रहस्यमयी तस्वीर

Credits: From the 'Linus Pauling and the Race for DNA' website, OSU Libraries Special Collections & Archives Research Center, Oregon State University Libraries and Press (scarc@oregonstate.edu). URL: http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/pictures/sci9.001.5.html. License: Used with permission of the rights owner.

दादाजी मुस्करा दिए। "हाँ। और कुछ प्रोटीन ऐसे किण्वकों (एन्ज़ाइमों) की तरह काम करते हैं जो कार्बोहाइड्रेट्स और लिपिड्स के उत्पादन में मदद करते हैं। कार्बोहाइड्रेट्स, लिपिड्स और प्रोटीनों से मिलकर ही जीवन की रचनाएँ बनती हैं। इसी कारण, डीएनए को 'जीवन के अणु' के नाम से जाना जाता है।"

मिट्टू उल्लसित होकर बोला, "डीएनए माता-पिता के गुणधर्मों (~लक्षणों) को सन्तानों तक पहुँचाता है।"

"हाँ! इसीलिए यह 'आनुवंशिकता अणु' – आनुवंशिक तत्व भी है।" दादाजी एक मिनट को तो चुप रहे और फिर तपाक से मिट्टू पर एक सवाल उछाल दिया। "लेकिन मिट्टू क्या तुमने यह कहानी सुनी है कि हमें डीएनए के बारे में यह सब कैसे पता है?" तो मिट्टू ने अपना सिर हिला दिया।

"आनुवंशिकता को समझने की चाह सदियों पहले शुरू हो गई थी," दादाजी ने समझाया। "पायथागोरस, एम्पेडोकल्स, हिप्पॉक्रिटीस, अरस्तू, लियोनार्डो दा विंची और मॉपर्टुइस जैसे लोग इसे लेकर अपनी-अपनी व्याख्याएँ लेकर आए, लेकिन पहली असल क़ामयाबी 1866 में ग्रेगर जोहान मेंडेल के आनुवंशिकता सिद्धान्त से मिली। पादप विविधताओं में रुचि रखने वाले ऑस्ट्रियाई पादरी मेंडेल, खाने योग्य मटर के पौधे में गुणों के संचरण को समझने के लिहाज़ से प्रयोग करते आ रहे थे। अपने इन्हीं प्रयोगों के नतीजों के आधार पर उनकी प्रस्तावना थी कि माता-पिता अपने 'गुणधर्म' अपनी सन्तानों को सौंपते हैं।"

ग्रेगर मेंडेल को आधुनिक जेनेटिक्स / आनुवंशिकी का जनक माना जाता है।

Credits: Uploaded by Dominikmatus, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gregor_Mendel_2.jpg. License: CC-BY.

फ्रेडरिक माइशर ने 'न्यूक्लीन' की खोज की थी।

Credits: Uploaded by MaxSem, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Friedrich_Miescher.jpg. License: CC-BY.

आश्चर्यचकित मिट्टू ने पूछा, "तो क्या 1866 में मेंडेल को डीएनए की जानकारी थी?"

"नहीं!" दादाजी मुस्कराए, "माता-पिता द्वारा अपनी सन्तानों को गुणधर्मों या लक्षणों के हस्तान्तरण की इकाइयों को मेंडेल ने 'फैक्टर्स/ कारक' नाम दिया था। उनके अनुसार कारक दो प्रकार के होते थे। कुछ को उन्होंने 'रिसेसिव/ अप्रभावी' कहा, जिनका नाता ऐसे लक्षणों से था जो हर पीढ़ी में नहीं दिखते थे। अन्य कारकों को उन्होंने 'प्रभावी' की संज्ञा दी जो कि उन लक्षणों से सम्बद्ध थे जो सारी पीढ़ियों में दिखाई पड़ते थे।"

"आपकी सुतवाँ नाक एक अप्रभावी लक्षण है, है ना दादाजी?" उत्सुक हो मिट्टू बोला। "क्योंकि पिताजी (आपकी पहली पीढ़ी की सन्तान) की नाक सुतवाँ नहीं है, पर मेरी (आपकी दूसरी पीढ़ी का बच्चा) तो है?"

"हाँ", दादाजी मुस्कराकर बोले। "लेकिन, यह भी सही है कि सारे-के-सारे लक्षणों को अप्रभावी और प्रभावी के खाँचों में बाँटा नहीं जा सकता। कुछेक तो इनके बीच (मध्यवर्ती) भी होते हैं।"

दादाजी ने अपना चश्मा उतारकर पोंछा। मिट्टू ने दादाजी की स्क्रैप बुक से चिपका मकड़ी का जाला हटाकर दादाजी से पूछा, "तो फिर यह **X** वाला फ़ोटो कहाँ से आ गया?"

"अरे, इतनी जल्दी नहीं," दादाजी ने चेताया। "इसकी बारी तो मेंडेल के कोई सौ साल बाद आती है। हमारी कहानी को आगे बढ़ाएँ तो अगली बड़ी खोज 1869

में हुई। मवाद की श्वेत रक्त कोशिकाओं में मौजूद प्रोटीनों का अध्ययन करने के दौरान फ्रेड्रिक माइशर नामक स्विस जीवविज्ञानी को अचानक एक नया अणु मिल गया। वे यह तो जानते थे कि यह अणु प्रोटीन से अलहदा है क्योंकि अम्लों के साथ यह एक अवक्षेप बनाता था, क्षारीय विलयनों में यह घुल जाता था और प्रोटिएस (प्रोटीनों को हज़म करने वाले एन्ज़ाइम्स) के द्वारा पचाया नहीं जा सकता था। यह मानते हुए कि यह उन कोशिकाओं के नाभिक से आया था, जिनका कि वे अध्ययन कर रहे थे, माइशर ने इस नए अणु को नाम दिया 'न्यूक्लीन'।"

मिट्टू ने जानना चाहा, "इस न्यूक्लीन का मेंडेल के कारक से क्या रिश्ता बनता है?"

दादाजी ने समझाया, "माइशर तो न्यूक्लीन की रासायनिक प्रकृति या संरचना को समझने की कोशिश कर रहे थे; जबकि मेंडेल ने न्यूक्लीन के कामकाज पर नज़र डाली थी यानी माता-पिता के गुणधर्मों को यह उनकी सन्तानों तक कैसे पहुँचाता है।"

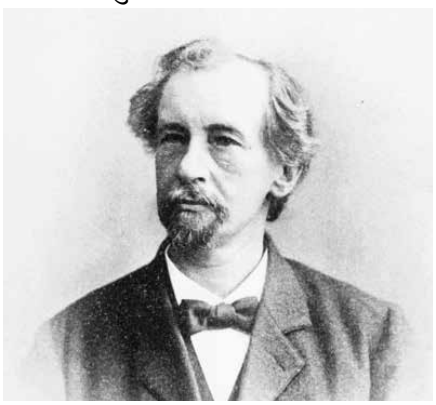
"ओह!" मिट्टू ऐसे बोला जैसे सब समझ गया हो।

दादाजी ने बात आगे बढ़ाई, "इसके कोई एक दशक बाद, जर्मन जैव रसायनज्ञ,

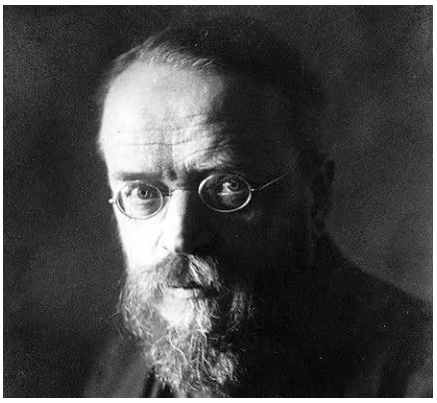
जर्मन जैव-रसायनज्ञ, अलब्रेख़्त कोसल को 1910 में न्यूक्लिओबेसेस की खोज के लिए मेडिसिन का नोबेल पुरस्कार मिला।
Credits: Owned by George Grantham Bain Collection (Library of Congress), and uploaded by Materialscientist, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Friedrich_Miescher.jpg. License: CC-BY.

अलब्रेख़्त कोसल ने खोज निकाला कि माइशर का न्यूक्लीन दरअसल पाँच अणुओं से मिलकर बना था – ऍडेनीन (A), गुआनीन (G), साइटोसीन (C), थाएमीन (T) और यूरेसिल (U)। उन्होंने इन उप-अणुओं को 'न्यूक्लिओबेसेस' (न्यूक्लीय क्षार) का नाम

तीन वैज्ञानिकों ने स्वतंत्र रूप से मेंडल के प्रयोगों की पुष्टि की :

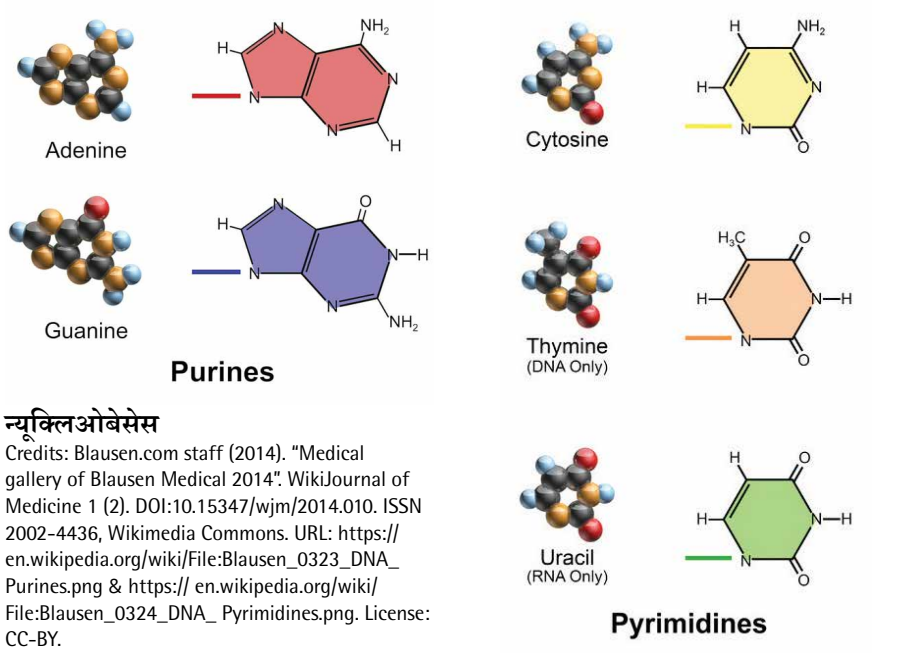


ह्यूगो डी राइस
Credits: Uploaded by Ineuw, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V67_D338_Hugo_de_Vries.png\. License: CC-BY.

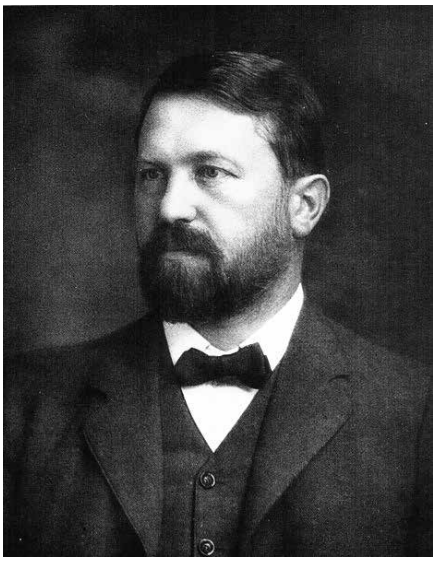


एरिक कोरेंस
Credits: Owned by Mondadori Publishers & uploaded by Materialscientist, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carl_Correns_1910s.jpg. License: CC-BY.

एरिक शेमार्क वॉन साइसेनेग
Credits: Acta horti bergiani bd. III, no.3 (1905), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acta_Horti_berg._-_1905_-_tafl._124._-_Erich_Tschermak.jpg. License: CC-BY.

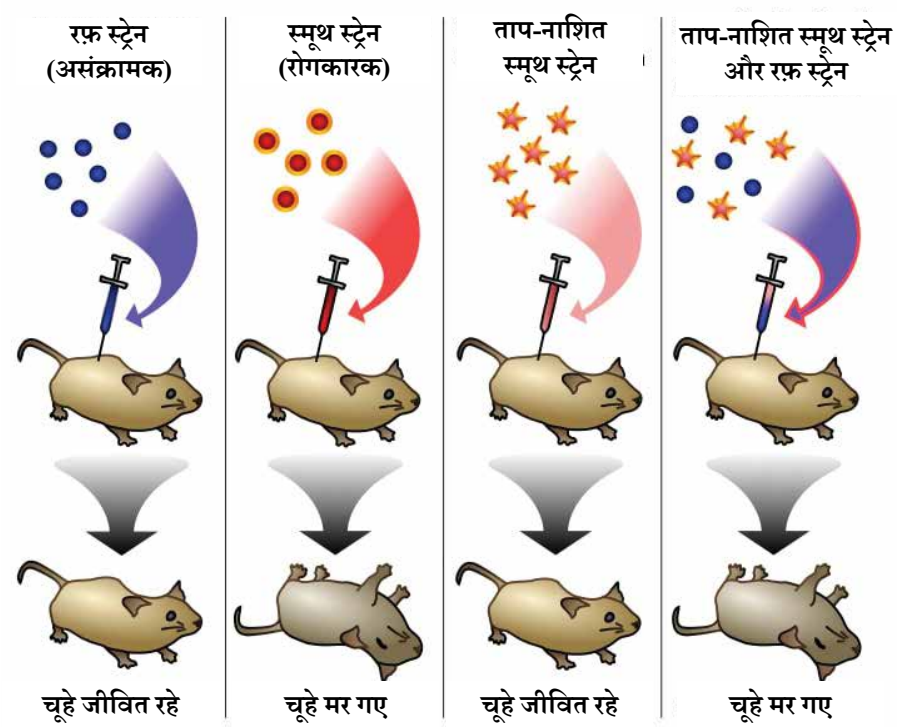


न्यूक्लिओबेसेस
Credits: Blausen.com staff (2014). "Medical gallery of Blausen Medical 2014". WikiJournal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 2002-4436, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blausen_0323_DNA_Purines.png & https:// en.wikipedia.org/wiki/File:Blausen_0324_DNA_ Pyrimidines.png. License: CC-BY.



थिओडोर बॉवेरी ने सुझाया कि क्रोमोसोम या न्यूक्लीन जीन्स के वाहक होते हैं।

Credits: Theodor Boveri. In: Hugo Freund und Alexander Berg (Hrsg.): Geschichte der Mikroskopie. Leben und Werk großer Forscher. Bd. 1, Biologie, Umschau Verlag, Frankfurt am Main 1963, S. 121-132, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theodor_Boveri_high_res-2.jpg. License: CC-BY.



ग्रिफ़िथ ने *स्ट्रेप्टोकॉकस न्यूमोनिए* बैक्टीरिया की दो स्ट्रेन्स को लिया – एक असंक्रामक टाइप II आर (रफ़) स्ट्रेन और दूसरा रोगकारक टाइप III एस (स्मूथ) स्ट्रेन। पैनल 1 : जब ग्रिफिथ ने रफ़ स्ट्रेन चूहों में इंजेक्ट किया, वे ज़िन्दा रहे। पैनल 2 : जब ग्रिफिथ ने स्मूथ स्ट्रेन चूहों में इंजेक्ट किया, वे मर गए। पैनल 3 : जब ग्रिफिथ ने स्मूथ स्ट्रेन की ताप-नाशित कोशिकाओं को चूहों में इंजेक्ट किया, वे ज़िन्दा रहे। पैनल 4 : हैरानी की बात है कि जब उसने स्मूथ स्ट्रेन की ताप-नाशित कोशिकाओं और रफ़ स्ट्रेन की जीवित कोशिकाओं के मिश्रण से चूहों को इंजेक्ट किया तो वे मर गए।
ग्रिफ़िथ ने दावा किया कि रफ़ स्ट्रेन संक्रामक स्ट्रेन में 'रूपान्तरित' हो गया क्योंकि उसने ताप-नाशित स्मूथ स्ट्रेन से न्यूक्लिक एसिड ले लिया।

Credits: Uploaded by Madprime, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Griffith_experiment.svg. License: CC-BY.

दिया। उनकी इस खोज के लिए कोसल को 1910 में मेडिसिन का नोबेल पुरस्कार मिला।"

मिट्टू सब चीज़ों को जोड़ने लगा था, सो बोल उठा, "यानी न्यूक्लीन न्यूक्लिओबेसेस से मिलकर बनता है?"

दादाजी ने सिर हिलाकर जताया कि मिट्टू सही रास्ते पर है और बोलना जारी रखा, "न्यूक्लीन को न्यूक्लीक अम्ल, क्रोमेटिन, क्रोमोसोम या डीएनए भी कहते हैं।"

मिट्टू उत्साह से उछल पड़ा, "आहा! तो डीएनए को सबसे पहले देखने वाले माइशर ही थे!"

दादाजी ने अपनी कथा जारी रखी। "थोड़ा पीछे जाएँ तो 1900 में ह्यूगो डी राइस, कार्ल एरिक कोरेंस तथा एरिक शेमार्क वॉन साइसेनेग ये तीन वैज्ञानिक स्वतंत्र रूप से मेंडेल के प्रयोगों की पुष्टि कर चुके थे। ह्यूगो डी राइस ने मेंडेल के कारकों को पैन्जीन्स नाम दिया था। आज हम पैन्जीन्स को जीन्स के नाम से जानते हैं। सो जीन्स कुछ और नहीं मेंडेल के 'कारक' ही हैं।"

"बढ़िया!"

"फिर 1902 में जर्मन जीवविज्ञानी थिओडोर बॉवेरी ने सुझाया कि क्रोमोसोम (गुणसूत्र) या न्यूक्लीन, जीन्स या कारकों के वाहक होते हैं।"

"वाह!" मिट्टू जोश में था। "यानी बॉवेरी ने मेंडेल के आनुवंशिकता के कारकों को माइशर के अणुओं से सम्बन्धित काम से जोड़ा। क्रोमोसोम्स या डीएनए पर सवार जीन्स, माता-पिता के गुणधर्म उनकी सन्तान तक न्यूक्लिओबेसों (केन्द्रिक/ नाभिक क्षारों) A, T, G, C के ज़रिए पहुँचाते हैं!"

"उत्कृष्ट सिद्धान्त!" मिट्टू की पीठ थपथपाते हुए दादाजी बोले।

मिट्टू ख़ुश नज़र आया। "और क्या यह सही है?"

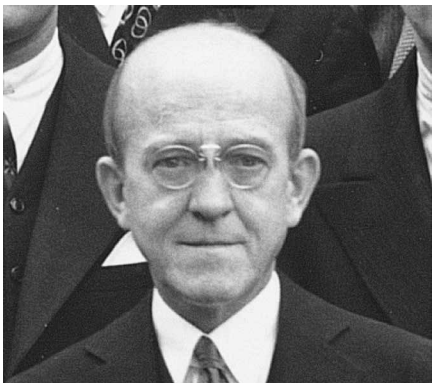
"हाँ यह सही है। और इसकी पुष्टि 1928 में फ्रेड्रिक ग्रिफिथ द्वारा; 1944 में ऍवरी, मॅक्लिऑड व मॅकार्टी द्वारा; तथा 1952 में हर्शी व चेज़ द्वारा की गई।"

मिट्टू ने दादाजी को टोकते हुए कहा, "अरे दादाजी, थोड़ा-सा धीमे, प्लीज़।"

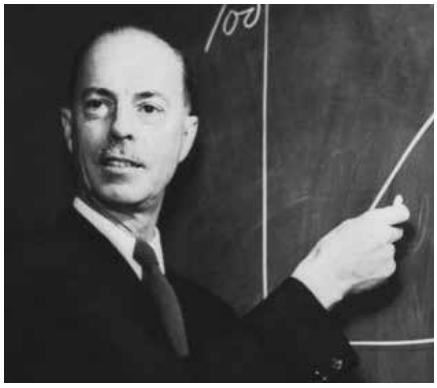
"बिल्कुल। तो चलो 1928 से शुरू करते हैं।"

"पर दादाजी, क्या 1902 और 1928 के

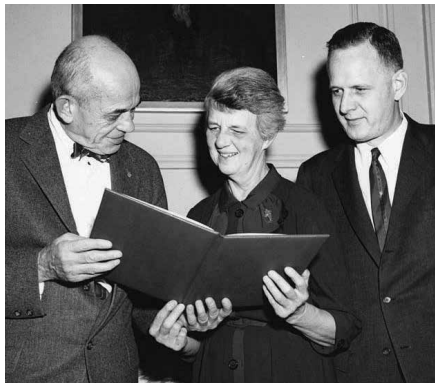
तीन वैज्ञानिकों ने पुष्टि की कि ग्रिफिथ का 'रुपान्तरकारी अणु' दरअसल डीएनए था।



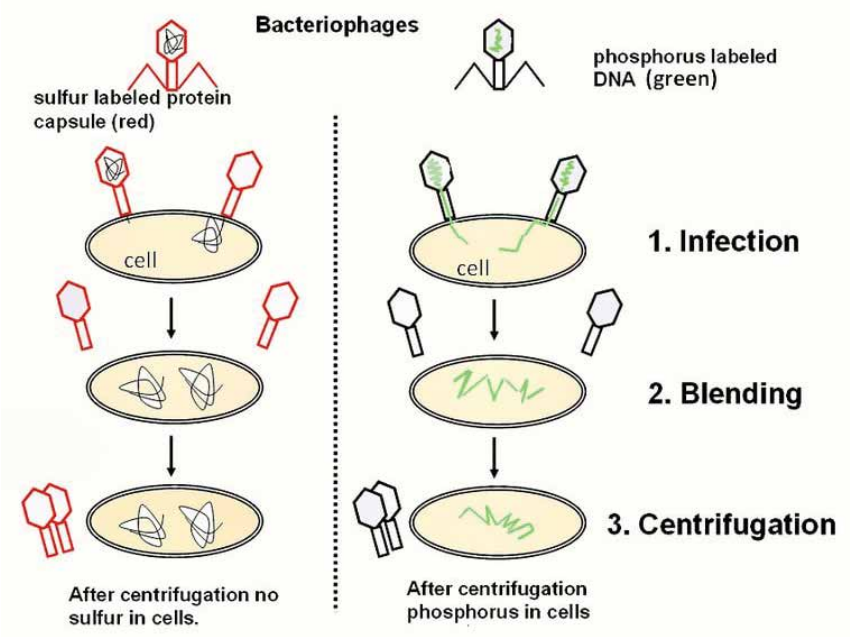
ऑस्वॉल्ड एवरी
Credits: Owned by Rockefeller Archive Center (http://profiles.nlm.nih.gov/CC/A/A/L/P/_/ccaalp_.jpg) and uploaded by Jacopo Werther on Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Oswald_T._Avery_portrait_1937.jpg. License: CC-0.



कॉलिन मॅक्लिऑड
Credits: Owned by National Institute of Health (https://history.nih.gov/exhibits/nirenberg/popup_htm/03_macleod.htm) and uploaded by Giac83 on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ColinMacCleod.jpg. License: CC-0.



मॅक्लिन मॅकार्टी (एकदम दाहिने)
Credits: Owned by Acc. 90-105 - Science Service, Records, 1920s-1970s, Smithsonian Institution Archives, and uploaded by Giac83 on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maclyn_McCarty_(5493933573).jpg. License: CC-0.



हर्शी और चेज़ का पारक्रमण (ट्रांसडक्शन)

टी2 फ़ेग एक वायरस है जो एस्केरिचिया कोली (ई कोली) बैक्टीरिया को संक्रमित करता है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि ग्रिफ़िथ के प्रयोग में डीएनए ही रूपान्तरण अणु था, हर्शी और चेज़ ने भक्षी (वायरस) के डीएनए को रेडियोधर्मी फ़ॉस्फ़ोरस और उसके प्रोटीन कैप्सीड (पेटिका) को रेडियोधर्मी सल्फ़र से लेबल किया। जब रेडियोधर्मी लेबलयुक्त वायरस का इस्तेमाल ई कोली को संक्रमित करने के लिए किया गया, हर्शी और चेज़ ने फ़ॉस्फ़ोरस लेबल वाला डीएनए संक्रमित कोशिकाओं में पाया। इससे यह साबित हो गया कि वह डीएनए था ना कि प्रोटीन, जो 'जीवन का अणु' है।
Credits: Graham Beards, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hershey_Chase_experiment.png. License: CC-BY-SA.

बीच कुछ भी महत्त्वपूर्ण नहीं हुआ?" मिट्टू ने पूछा।

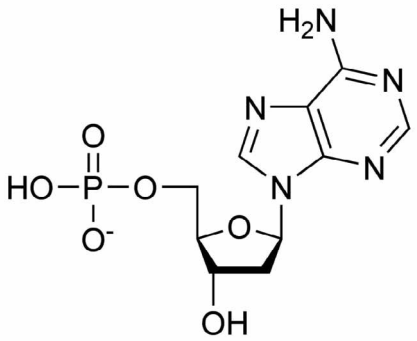
"बिल्कुल, 1902 और 1910 के बीच उत्परिवर्तन पहचाने गए थे। उत्परिवर्तन, ए, टी, जी और सी के अनुपयुक्त संयोजन होते हैं, नतीजा होता है ग़लत अमीनो अम्ल।"

"जैसे कि ग़लत हिज्जे वाले शब्द?" मिट्टू उतावला हुआ जा रहा था।

"हाँ। गैरॉड जान गए थे कि डीएनए में उत्परिवर्तनों के चलते क्रियात्मक दोष और मानव रोग होते हैं। लगभग उसी दौरान, टीएच मॉर्गन ने फल मक्खी ड्रॉसोफिला में पहले उत्परिवर्ती (म्यूटंट) की पहचान की थी। फिर 1928 में एक ब्रिटिश जीवाणु विज्ञानी, फ्रेड्रिक ग्रिफिथ ने प्रायोगिक प्रमाणों के द्वारा दर्शाया कि न्यूक्लिक अम्ल वास्तव में रूपान्तरण की प्रक्रिया के द्वारा एक व्यक्ति के गुणधर्म दूसरे व्यक्ति तक अन्तरित करते हैं।"

"यह उन्होंने कैसे दर्शाया?"

"ग्रिफिथ ने स्ट्रेप्टोकॉकस न्यूमोनिए बैक्टीरिया की दो स्ट्रेन्स (क़िस्मों/ वंश-शृंखलाओं) का उपयोग किया। 'एस स्ट्रेन' नाम की क़िस्म ने चूहों को रोगी बनाया; जबकि 'आर स्ट्रेन' नाम वाली दूसरी क़िस्म ने चूहों में कोई रोग नहीं फैलाया। जब उन्होंने एस स्ट्रेन की ताप-नाशित कोशिकाओं (जिसके बारे में उन्हें पता था कि वे असंक्रामक हैं) और आर स्ट्रेन की जीवित कोशिकाओं के मिश्रण से चूहों को संक्रमित किया तो चूहों में बीमारी के लक्षण दिखे।



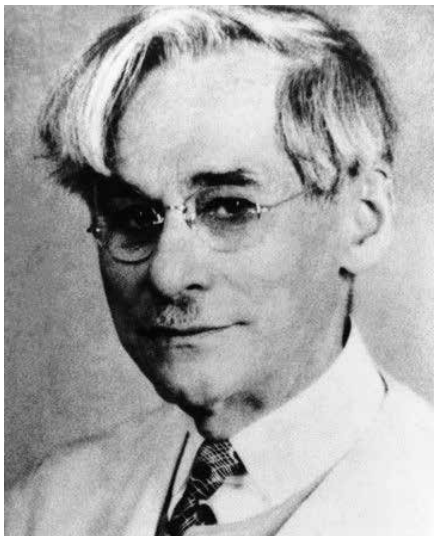
एक न्यूक्लिओटाइड में एक न्यूक्लिओबेस (ऊपर दाहिने), एक शर्करा (बीच में) और एक फ़ॉस्फ़ेट समूह (बाएँ) होते हैं।

Credits: Cacycle, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DAMP_chemical_structure.png. License: CC-0.

नतीजतन, ग्रिफिथ ने माना कि एस स्ट्रेन ने अपने डीएनए के द्वारा अपने रोगकारक गुणधर्म को अविषाक्त आर स्ट्रेन तक पहुँचा दिया।" यह कहकर दादाजी रुके।

"लेकिन हम यह कैसे जानते हैं कि रोगकारी गुणधर्म डीएनए के माध्यम से अन्तरित हुआ था?"

"क्योंकि एवरी-मॅक्लिऑड-मॅकार्टी व हर्शी-चेज़ ने ग्रिफिथ के प्रयोग के किंचित परिवर्तित संस्करण इस्तेमाल किए थे। तीन अमरीकी आनुवंशिक विज्ञानियों – ऑस्वॉल्ड एवरी, कॉलिन मॅक्लिऑड और मॅक्लिन मॅकार्टी – ने दर्शाया कि स्ट्रेप्टोकॉकस न्यूमोनिए के एस स्ट्रेन के डीएनए को आर स्ट्रेन की जीवित कोशिकाओं के साथ मिश्रित करने से आर स्ट्रेन रोगकारक क़िस्म में बदल सकता है।



फीबस लेवीन ने न्यूक्लिओटाइड्स की रासायनिक संरचना को पहचाना।

Credits: Uploaded by Materialscientist, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Levene.jpg. License: CC-0.

लेकिन एस स्ट्रेन के प्रोटीन, आर स्ट्रेन की कोशिकाओं को इस तरह से बदलने में नाक़ामयाब रहे। एल्फ्रेड हर्शी और मार्था चेज़ नामक दो आनुवंशिकी वैज्ञानिकों ने इसी प्रकार के एक प्रयोग के द्वारा यह दिखाया कि रेडियोधर्मी लेबल वाला भक्षी (वायरस) डीएनए बैक्टीरिया कोशिकाओं को संक्रमित करने में सक्षम होता है। इस प्रक्रिया को उन्होंने नाम दिया पारक्रमण (ट्रांसडक्शन)।"

"तो क्या फ़ोटोग्राफ़ 51 अगला सुराग़ था?"

दादाजी हँस पड़े। "नहीं। पहले हम थोड़ा पीछे लौटकर डीएनए की संरचना और प्रकृति के इर्द-गिर्द हुई खोजों को देखेंगे।"

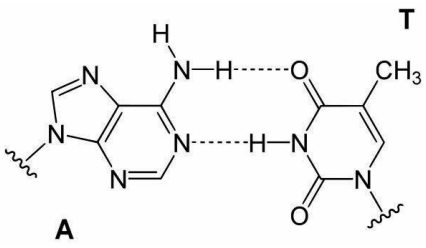
"लेकिन क्यों?" मिट्टू उतावला था।

"क्योंकि फ़ोटोग्राफ़ 51 डीएनए की रासायनिक प्रकृति का एक महत्त्वपूर्ण सुराग़ है। तो आगे बढ़ते हैं। 1929 में अमरीकी जैव रसायनज्ञ, फीबस लेवीन ने दिखाया कि कोसल के न्यूक्लिओबेसेस के अलावा, न्यूक्लीन में एक शर्करा अणु और एक फ़ॉस्फ़ेट समूह भी होता है। एक न्यूक्लिओबेस, एक शर्करा अणु और फ़ॉस्फ़ेट के इस संयोजन को उन्होंने 'न्यूक्लिओटाइड' कहा। लेकिन लेवीन यहीं नहीं रुके। उन्होंने आगे जाकर प्रस्तावित किया कि प्रत्येक डीएनए अणु की एक टेट्रान्यूक्लिओटाइड संरचना होती है यानी वह A, T, G और C के एक समुच्चय से मिलकर बनता है। समझ आया?" दादाजी का सवाल था।

"हाँ।"

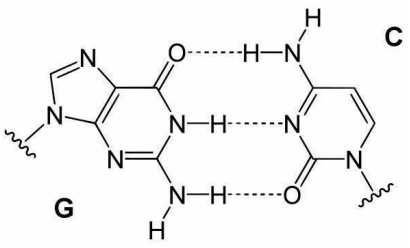
1934 में टॉरब्योर्न कैस्पर्सन और आइनार हैमरस्टेन नामक दो स्विस वैज्ञानिकों ने दिखाया कि डीएनए एक ऐसा बहुलक अणु है जिसमें न्यूक्लिओटाइड्स की लम्बी लड़ियाँ होती हैं और ज़रूरी नहीं कि ये न्यूक्लिओटाइड्स चार के गुणकों में हों। सो, इस तरह टेट्रान्यूक्लिओटाइड संरचना

इरविन चार्गफ की बेस जोड़ी।



(a) Adenine-Thymine.

URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Base_pair_AT.svg. Credits: Yikrazuul, Wikimedia Commons. License: CC-0.

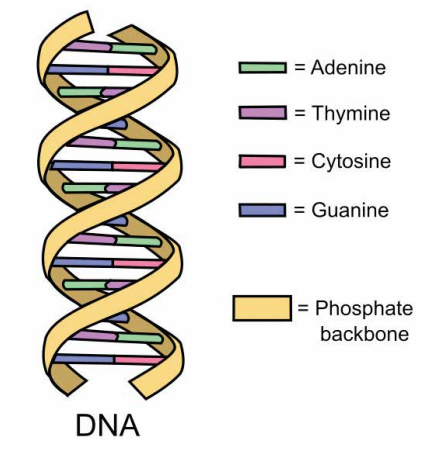


(b) Guanine-Cytosine.

URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Base_pair_GC.svg.

रोजालिंड फ्रैंकलिन ने एक्स-रे की मदद से डीएनए की फोटो खींची।

Credits: National Portrait Gallery, London. URL: https://www.flickr.com/photos/retusj/29075235396. License: CC-BY-NC-ND.



दोहरी कुण्डली।
Credits: Forluvoft, Wikimedia Commons. URL: https://pa.wikipedia.org/wiki/%E0%A8%A4%E0%A8%B8%E0%A8%B5%E0%A9%80%E0%A8%B0:DNA_simple2.svg. License: CC-0.

खारिज की गई। फिर 1937 में, कैस्पर्सन द्वारा भेजे गए सैम्पल पर विलियम ऍस्टबरी ने एक्स-रे क्रिस्टलोग्राफ़ी से डीएनए का पहला फ़ोटोग्राफ़ लिया।"

मिट्टू ने आह भरी, "क्या अब तस्वीर 51 की बारी है?"

दादाजी ने उसकी इस टोक को अनदेखा करके अपनी बात जारी रखी, "1950 में, अर्विन शर्जाफ़ ने पाया कि समस्त जीवों की कोशिकाओं में प्यूरिन (ऍडनीन व गुआनिन) और पाइरिमिडीन (थाइमिन और साइटोसीन) क्षारों का 1:1 अनुपात दिखता है। उन्होंने यह भी प्रमाणित किया कि A हमेशा T के साथ जोड़ी बनाता है और G हमेशा C के साथ जुड़ता है।"

"लेकिन A-T ही क्यों, A-C क्यों नहीं?"

"मज़बूत हायड्रोजन आबन्ध सिर्फ़ A-T और G-C और के बीच ही बन सकता है, अन्यथा नहीं। 1951 में एड्वर्ड रोनिन का सुझाव था कि सम्भवतः फ़ॉस्फ़ेट समूह डीएनए के केन्द्र में होते हैं और न्यूक्लिओबेसेस बाहर की ओर उभरे होते हैं। इसके बाद आई 1952 की खोज।"

"इतनी सारी बातें! क्या हम इन सब ब्योरों को छोड़ सकते हैं?" मिट्टू ने टोका।

"बिल्कुल," दादाजी मन्द-मन्द मुस्कराते हुए बोले, "फ़ोटोग्राफ़ 51 साल 1952 में लिया गया था, लेकिन छोड़ो यह बात।"

मिट्टू भुनभुनाया।

दादाजी मुस्कराकर बोले, "यह फ़ोटोग्राफ़ रोज़ालिंड फ़्रैंकलिन ने एक्स-रे से लिया था।"

"1952 में एक महिला वैज्ञानिक?"

"हाँ। अत्यन्त निपुण पर उतनी ही कम प्रतिष्ठित वैज्ञानिक।"

"कम प्रतिष्ठित?"

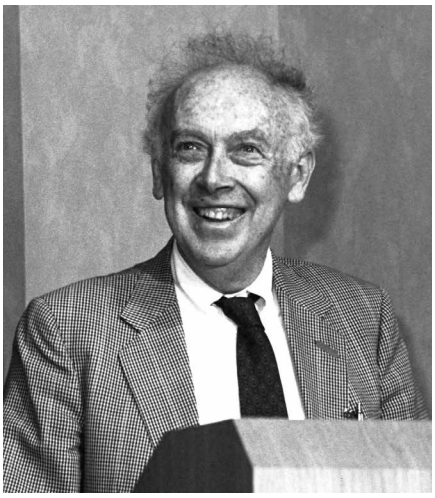
"हाँ। तुम अगर अपनी पाठ्यपुस्तक देखोगे तो काफ़ी सम्भावना है कि उसमें तुम्हें फ़ोटोग्राफ़ 51 की एक प्रति तो मिले, लेकिन बिना इस तथ्य के कि यह चित्र फ़्रैंकलिन ने लिया था।"

"लेकिन क्यों?"

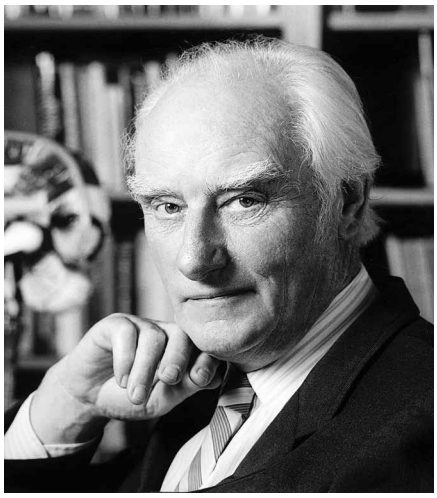
"क्योंकि उस समय डीएनए की रचना जानने के लिए वैज्ञानिकों में एक होड़ लगी थी। फ़्रैंकलिन तो महज़ उनमें एक थीं। देखा जाए तो, सम्भव है कि उन्होंने इस फ़ोटोग्राफ़ के द्वारा डीएनए की संरचना को लगभग तोड़ ही लिया था। इसे देखते ही उन्होंने पहचान लिया था कि डीएनए एक दोहरी कुण्डली है – वही है तुम्हारा रहस्यमयी **X**," दादाजी ने बताया।

"तो क्या यह डीएनए अणु का चित्र है?!" मिट्टू ने दोबारा उस चित्र को देखा और फिर पूछा, "डबल हेलिक्स क्या चीज़ है, दादाजी?"

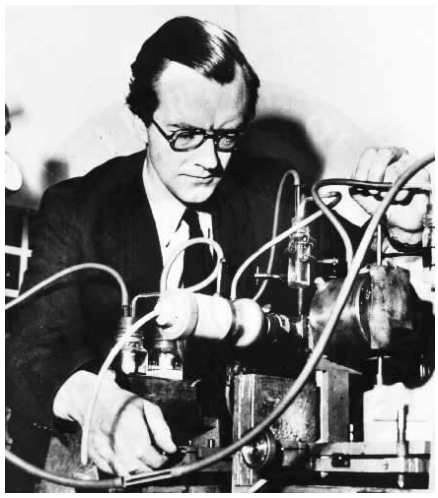
डीएनए की संरचना की खोज के लिए तीन वैज्ञानिकों को मेडिसिन का नोबेल संयुक्त रूप से दिया गया था।



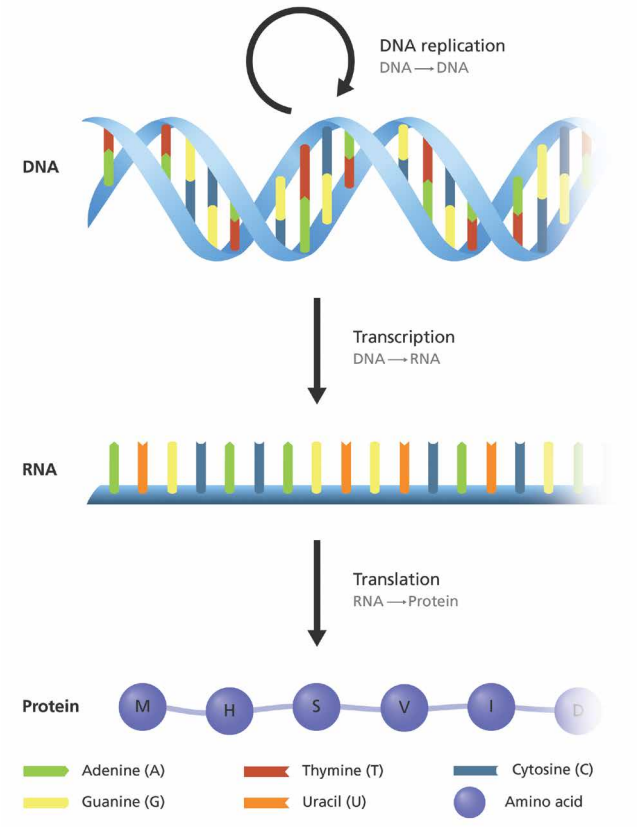
जेम्स वॉट्सन
Credits: Owned by National Cancer Institute (NCI) & uploaded by Jan Arkesteijn, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Dewey_Watson.jpg. License: CC-0.



फ़्रांसिस क्रिक
Credits: Photo by Marc Lieberman, uploaded by Materialscientist on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francis_Crick_crop.jpg. License: CC-BY.



मॉरिस विल्किंस
Credits: Owned by the National Institutes of Health and uploaded on Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maurice_H_F_Wilkins.jpg. License: CC-0.



केन्द्रीय सिद्धान्त

Credits: Owned by Genome Research Limited & uploaded on Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/yourgenome/26344048984. License: CC-BY-NC-SA.

"देखो, डीएनए का हर अणु न्यूक्लिओटाइड्स (क्षार-शर्करा-फ़ॉस्फ़ेट) की दो लड़ियों से मिलकर बना होता है जो एक-दूसरे के परस्पर प्रतिसमान्तर होती हैं। फ्रैंकलिन, शार्गफ़ का नियम जानती थीं। इस फ़ोटो में **X** के आधार पर उन्होंने एकदम सही-सही अनुमान लगा लिया था कि न्यूक्लिओबेसेस हेलिक्स के भीतर और फ़ॉस्फ़ेट समूह (पहले वाले मॉडल के विपरीत) बाहर की ओर थे। और इन लड़ियों के न्यूक्लिओबेसेस हाइड्रोजन आबन्धों द्वारा जोड़ों में रखे जाते हैं। यह भी माना जाता है कि उन्होंने यह निष्कर्ष भी निकाल लिया था कि प्रत्येक क्षार जोड़ा 3.4 आन्गास्ट्रॉम दूरी पर बना रहता है।"

"क्या उन्होंने इसके बारे में लिखा था?" मिट्टू का सवाल था।

"वह लिखना तो चाहती थीं, लेकिन उन्हें कुछ और प्रमाणों की प्रतीक्षा थी। इसी बीच, उन्होंने यह फ़ोटो अपने एक सहकर्मी मॉरिस विल्किंस को दिखाया। विल्किंस डीएनए की संरचना पता करने को बहुत उत्सुक थे। इस क़दर उत्सुक कि उनकी शिकायतों ने कैम्ब्रिज की आणविक जैविकी प्रयोगशाला के प्रमुख सर ब्रैग्स को इतना आश्वस्त कर दिया था कि उन्होंने अपने यहाँ कार्यरत दो अन्य वैज्ञानिकों – जेम्स वॉट्सन और फ्रांसिस क्रिक – को डीएनए संरचना पर उनका शोध रोक देने को कहा। लायनस पॉलिंग फ़ोटोग्राफ़ 51 को एक नज़र देखना चाहते थे लेकिन विल्किंस ने तो उनके इस अनुरोध को भी अस्वीकार कर दिया। प्रोटीन केमिस्ट्री में नोबेल पुरस्कार प्राप्त, पॉलिंग को अपने द्वारा प्रस्तावित डीएनए की 'तिहरी कुण्डली संरचना' की पुष्टि के लिए इस प्रमाण की ज़रूरत थी। अब चूँकि विल्किंस ने उनके इस अनुरोध को अस्वीकार कर दिया था, सो पॉलिंग ने अपने मॉडल का आधार ऍस्टबरी की तस्वीरों को बनाया। बहरहाल, प्रतिस्पर्धा और कड़ी हुई। सर ब्रैग्स ने वॉट्सन और क्रिक को फिर से इस होड़ में शामिल होने को कहा। किंग्स कॉलेज में हुई भेंट के दौरान, वॉट्सन ने विल्किंस को फोटाग्राफ़ 51 दिखाने के लिए फुसला लिया। विल्किंस ने बिना फ्रैंकलिन की जानकारी या सहमति के वॉट्सन को वह फ़ोटो दिखा दिया। देखते ही, वॉट्सन को उस चित्र की महत्ता समझ में आ गई। पॉलिंग की प्रोटीन संरचना और उस फ़ोटोग्राफ़ से मिली जानकारी को मिलाकर वॉट्सन और क्रिक ने 1953 में डीएनए का पहला सही मॉडल बनाया। वॉट्सन, क्रिक और विल्किंस को इस उपलब्धि के लिए 1962 में चिकित्सा/ मेडिसिन का नोबेल पुरस्कार संयुक्त रूप से दिया गया।"

"और, रोज़ालिंड फ्रैंकलिन?"

"वे 'डीएनए की बेनाम महिला' रह गईं।"

मिट्टू ने फ़ोटोग्राफ़ को देख एक लम्बी साँस भरते हुए कहा, "बहुत नाइंसाफ़ी है ये!"

दोनों जन कुछ देर मौन रहे। फिर, मिट्टू ने पूछा, "इस सारी खोज का मतलब क्या है आख़िर?"

"यह हमें डीएनए प्रतिलिपिकरण, डीएनए से प्रोटीन संश्लेषण, बीमारी में डीएनए की भूमिका, रोगोपचार में डीएनए के उपयोग और साथ ही अपराधों की गुत्थी सुलझाने में भी मददगार होता है।"

मिट्टू दादाजी को सवाली निगाहों से देखने लगा।

"1957 में फ्रांसिस क्रिक ने 'केन्द्रीय सिद्धान्त' प्रस्तावित किया। मूल सिद्धान्त आरएनए के ज़रिए डीएनए से प्रोटीन तक सूचना के प्रवाह की व्याख्या करता है। इस सिद्धान्त के अनुसार, डीएनए पहले सूचना को एक मध्यवर्ती अणु, आरएनए को देता है। इसके बाद, आरएनए का अनुवाद अमीनो अम्लों में हो जाता है जिसके नतीजतन प्रोटीन बनते हैं। क्रिक ने यह भी प्रस्तावित किया कि हरेक अमीनो अम्ल की जानकारी डीएनए के प्रत्येक तन्तु पर स्थित तीन क्रमिक क्षारों के अनुक्रम में कूटबद्ध होती है। और इसे ही 'जेनेटिक कोड/ आनुवंशिक कूट' कहते हैं।"

"और क्या उनकी यह प्रस्तावना सही थी?"

"हाँ" दादाजी ने कहा। "आनुवंशिक कोड डीएनए के शब्दों का द्योतक है, जो न्यूक्लिओटाइड्स की तिकड़ियों (जैसे ATC, GAG, GTT, CCC…) से मिलकर बने होते हैं, जो एक-एक अमीनो अम्ल का कोड

होते हैं। इसकी खोज 1953 में गॅमाफ़ ने और 1965-68 में निरेनबर्ग, खुराना, हॉली और लेडर ने की थी। देखा किस तरह से डीएनए को समझने के उपक्रम ने विज्ञान की दुनिया में क्रान्ति ला दी," दादाजी मुस्कराए।

"कैसे?"

"1973 में हर्बर्ट बॉयर ने पुन:संयोजी डीएनए टेक्नॉलॉजी (री-कॉम्बिनंट डीएनए टेक्नॉलॉजी - rDNA) विकसित की। rDNA का इस्तेमाल करते हुए हम पौधों व बैक्टीरिया, मानव व बैक्टीरिया या बैक्टीरिया व वायरस आदि जैसी अलग-अलग प्रजातियों के डीएनए एक-दूसरे में मिला सकते हैं ताकि हमारी पसन्द का संश्लिष्ट/ कृत्रिम डीएनए बन सके।"

"जैसे कि यूनानी शिमेरा (मिश्रित जीव)?" मिट्टू सोच में पड़ गया।

"कुछ-कुछ ऐसा ही। rDNA से अनेक नई दवाएँ और वैक्सीनें बनाई जाती हैं और मधुमेह जैसी बीमारियों को नियंत्रित किया जाता है। मसलन, मानव इंसुलिन का जीन बैक्टीरिया में प्रविष्ट करवाकर डाइबिटीज़ के इलाज के लिए बड़ी मात्रा में 'ह्यूमूलिन' बनाई जा सकती है। बैक्टीरिया को विकसित करना आसान होता है और उनके उत्पाद आसानी से प्राप्त भी किए जा सकते हैं।"

"डीएनए की मदद से अपराधों की गुत्थियाँ कैसे सुलझाई जाती हैं?" मिट्टू ने कौतुकवश पूछा।

"1977 में, सैंगर मैक्सम और गिल्बर्ट ने डीएनए का अनुक्रम पता करने का एक तरीक़ा विकसित किया। डीएनए अनुक्रमण से हम डीएनए के प्रत्येक तन्तु में न्यूक्लिओटाइड्स का क्रम पता कर सकते हैं। उसी साल, ऍलेक जेफ़्री ने 'डीएनए फिंगरप्रिंटिंग' नाम की एक तकनीक विकसित की जिसके द्वारा अपराधों की गुत्थियाँ सुलझाई जाने लगीं। यह तकनीक इस सिद्धान्त पर काम करती है कि प्रत्येक व्यक्ति का अपना एक अनन्य न्यूक्लिओटाइड-अनुक्रम होता है। इसीलिए हमारे डीएनए के अनुक्रमण के द्वारा हमारी शिनाख़्त की जा सकती है," दादाजी ने समझाया।

"यानी एलेक जेफ़्री डीएनए विज्ञान के शरलॉक होम्स हैं?"

दादाजी ने मुस्कराकर अपना सिर हिलाया।

"तो डीएनए ज्ञान के चलते हमारा जीवन बेहतर हुआ?" मिट्टू ने अपनी विशेष टिप्पणी दी।

"उह-हुह!"

"ठीक है!" कहकर मिट्टू एक पल को तो अपने ख़्यालों में खो गया, लेकिन अगले ही पल फिर चिहुँक उठा। "यानी आप अपनी छुट्टियाँ चीज़ें जमा करके बिताते थे, है ना?"

"ऐसा किसने कहा?" दादाजी ने पूछा।

"मुझे लगा आपकी स्क्रैप बुक इस बात का सबूत है!" मिट्टू कुछ हैरान नज़र आया।

"नहीं", कहकर दादाजी हँस दिए। "मैं तो केवल कुछ पुरानी तस्वीरें खोज रहा था। बहरहाल, मेरी स्क्रैप बुक ऊपर टांड से उतार लाने के लिए शुक्रिया। और अब अगर तुम चाहो तो 'उन दिनों जब गैजेट्स नहीं होते थे तब मैं अपनी छुट्टियाँ किस तरह बिताता था,' इस विषय पर बात करते हैं।"

मिट्टू का मुँह खुला-का-खुला ही रहा आया। "गरर ..." गोया वह दादाजी को काटने दौड़ रहा हो।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: DNA, Max Pixel. URL: https://www.maxpixel.net/Microbiology-Biology-Gene-Dna-Analysis-Medicine-163466. License: CC-0.

रोहिणी चिन्ता हैदराबाद के यूनिवर्सिटी कॉलेज ऑफ़ वीमेन के जेनेटिक्स व बायोटेक्नॉलॉजी विभाग में असिस्टेंट प्रोफ़ेसर हैं। बच्चों के लिए लिखने में उन्हें बहुत मज़ा आता है और वे मानती हैं कि 'प्रसन्न बचपन यानी प्रसन्न समाज'। विभिन्न पत्रिकाओं में अब तक उनकी कोई 85 बाल-कहानियाँ छप चुकी हैं।

अनुवाद : मनोहर नोतानी **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय