एंटीबॉयोटिक
पदार्थों की उत्पत्ति

रोहिणी करन्दीकर और सुभोजीत सेन

क्या आप जानते हैं कि अलेक्जेन्डर फ्लेमिंग पेनिसिलिन की नोबेल पुरस्कार विजेता खोज में शामिल एकमात्र शोधकर्ता नहीं थे? या कि पेनिसिलिन को मनुष्यों के उपयोग में लाने में 13 साल लग गए थे? हम पेनिसिलिन की खोज की प्रक्रिया में विस्मृत तथा आश्चर्यचकित करने वाले तथ्यों पर प्रकाश डालने के लिए एक संवादात्मक संसाधन प्रस्तुत कर रहे हैं।

स्कूल की पाठ्यपुस्तकों में 'विज्ञान के इतिहास' को सीमित स्थान दिया जाता है। अकसर इसे तारीख़ों, वैज्ञानिकों के नाम, कुछ तस्वीरों, और कुछ पंक्तियों में समेट दिया जाता है। विद्यार्थी विज्ञान की रोमांचक 'प्रक्रिया' और उन खोजों को दिशा देने वाले यूरेका क्षणों से वंचित रह जाते हैं। खोज की कहानियों के साथ प्रयोग से सम्बन्धित विचारों को जोड़ने से विद्यार्थी विज्ञान की प्रकृति से परिचित हो सकते हैं। विद्यार्थियों को न केवल यह पता चलता है कि एक परिकल्पना को कैसे विकसित करके परीक्षण किया जाता है बल्कि वे यह भी समझ पाते हैं कि प्रयोगशालाओं में की गई खोजों को वास्तविक दुनिया में अनुप्रयोगों में, तब्दील करने में सावधानीपूर्वक अवलोकन, धैर्य और सहयोगी कार्य का कितना महत्त्व है। इस प्रकार की कड़ियाँ विद्यार्थियों को आकस्मिक खोजों में लगने वाले समय, प्रयास और गहनता को समझने का अवसर भी प्रदान करती हैं।

बॉक्स-1 : पाठ्यक्रम से जुड़ाव

यह संसाधन कक्षा-9 और इसके बाद की कक्षाओं के लिए उपयुक्त है। इसके पाठ्यक्रम से जुड़ाव निम्नानुसार हैं :

1. एनसीईआरटी की कक्षा-8 की पाठ्यपुस्तक में अध्याय-2 'सूक्ष्मजीव : मित्र और शत्रु'
2. एनसीईआरटी की कक्षा-9 की पाठ्यपुस्तक में अध्याय-13 'हम बीमार क्यों पड़ते हैं?'

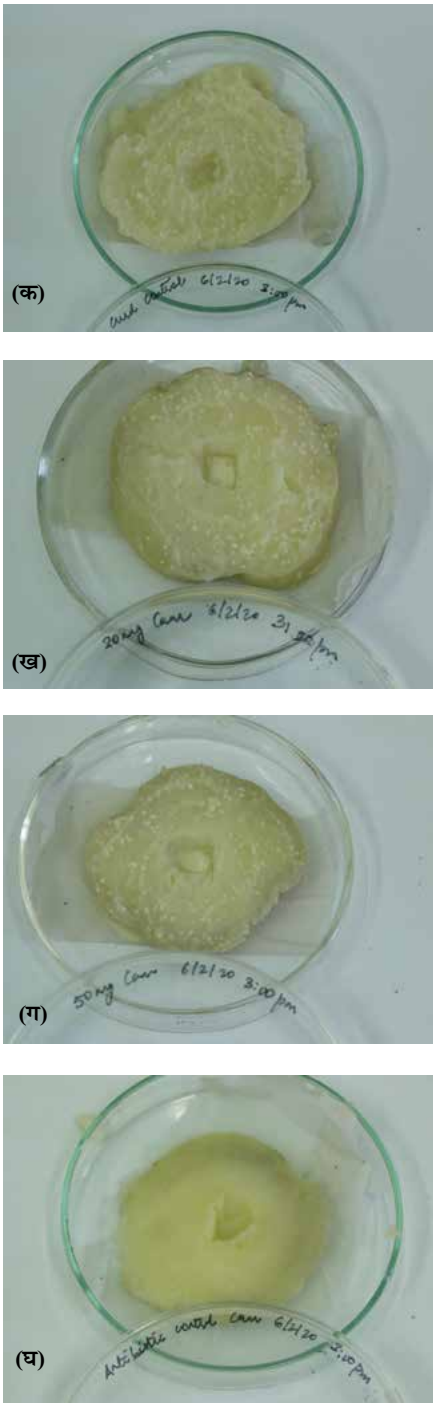
हम अलेक्जेन्डर फ्लेमिंग की पेनिसिलिन की खोज के बारे में एक गतिविधि से जानने का प्रयत्न करेंगे। (**बॉक्स-1** देखें)। विज्ञान प्रतिभा अधिगम इकाई – 'संयोगवश होने वाली खोजें (The Accidental Discovery)' पर आधारित यह दृष्टिकोण एक प्रयोग (**गतिविधि शीट-1**) को एक इन्टरैक्टिव कहानी (**गतिविधि शीट-2**) से जोड़ता है।

गतिविधि-I : एक सूक्ष्म जीवविज्ञानी बनें!

सभी सूक्ष्मजीव हानिकारक नहीं हैं, इस विचार से परिचित कराए जाने के बाद विद्यार्थियों को इस गतिविधि से जुड़ने के लिए प्रोत्साहित करें। दही में लेक्टोबेसिली तथा ब्रेड में यीस्ट को मनुष्यों के लिए फ़ायदेमन्द सूक्ष्मजीवों के सामान्य उदाहरणों के रूप में पेश किया जा सकता है। क्या हम सूक्ष्मदर्शी की सहायता के बिना दही में सूक्ष्मजीवों की उपस्थिति को दर्शा सकते हैं? आपको हैरानी होगी कि ऐसा करने के लिए आपको प्रशिक्षित सूक्ष्म जीवविज्ञानी होने की ज़रूरत नहीं है। यह गतिविधि (देखें **गतिविधि शीट-1**) विद्यार्थियों को पके आलू की आड़ी स्लाइस (~ ठोस सब्सट्रेट) पर दही (~ बैक्टीरिया पदार्थ/बीज) से सूक्ष्मजीवों को पनपने का अवसर देती है; इस प्रकार से मानक सूक्ष्मजीव विज्ञानी तकनीकों (निर्जर्मीकरण, संवर्धन माध्यम बनाना, विशिष्ट उपकरण और कीटाणु नाशक परिस्थितियाँ) से बचा जा सकता है। ऐसा करने के लिए, दही की कुछ मात्रा को पके हुए आलू की स्लाइस पर समान रूप से फैलाया जाता है, और 24-48 घण्टे के लिए ऊष्मायित किया जाता है। यह अवधि पूर्ण होने पर विद्यार्थी आलू की स्लाइस पर कई छोटे-छोटे सफ़ेद बिन्दु देख सकते हैं – जिनमें से प्रत्येक एक लैक्टोबैसिलस कॉलोनी है (**चित्र-1क** देखें)। प्रत्येक कॉलोनी में लाखों बैक्टीरिया ढेरियों के रूप में विकसित होते हैं जो नग्न आँखों से दिखाई देती हैं। विद्यार्थी यह भी देख सकते हैं कि आकार (छोटी/बड़ी), रूप-रंग (कुछ पारभासी तथा कुछ अपारदर्शी) आदि मामलों में कॉलोनियों में काफ़ी विविधता होती है।

सूक्ष्मजीवों पर एंटीबॉयोटिक दवाओं के प्रभाव का निरीक्षण करने के लिए, आलू की प्रत्येक स्लाइस के केन्द्र में एक छोटा उथला गड्ढा बनाया जाता है। हर स्लाइस के गड्ढे में अलग सान्द्रता का एंटीबॉयोटिक विलयन डाला जाता है। केवल दही या केवल एंटीबॉयोटिक के साथ आलू की स्लाइसों को तुलना के लिए उपयोग कर सकते हैं। ऊष्मायन अवधि के अन्त तक, विद्यार्थी आलू के गड्ढे वाले हिस्से, जिसमें एंटीबॉयोटिक विलयन उपस्थित है, के चारों ओर एक स्पष्ट निषेधित क्षेत्र की उपस्थिति का अवलोकन कर पाएँगे। दूसरे शब्दों में इस क्षेत्र में बैक्टीरिया की कॉलोनी नहीं होंगी या कम संख्या में होंगी (**चित्र-1ख** देखें)। विद्यार्थी यह भी देख सकते हैं कि एंटीबॉयोटिक की सान्द्रता में वृद्धि के साथ निषेधित क्षेत्र का आकार भी बढ़ता है। निषेधित क्षेत्र के आकार में भिन्नता को प्रभावित करने वाले अन्य कारकों में, आलू की स्लाइस को सम्हालने और स्लाइस को काटने, पिपेट को उपयोग में लेने और बीज डालते समय होने वाली त्रुटियाँ भी शामिल हैं।

इस गतिविधि के माध्यम से, विद्यार्थियों



चित्र-1 : दही लेपित आलू की काटों पर क्लोरैम्फेनिकॉल (कैम) का प्रभाव। (क) दही नियंत्रण **(ख)** 20 मिलीग्राम कैम **(ग)** 40 मिलीग्राम कैम और **(घ)** एंटीबॉयोटिक नियंत्रण (20 मिलीग्राम कैम)। 20 और 50 मिलीग्राम कैम के युक्त आलू की काटों के गड्ढों के आसपास कालोनियों की कम संख्या को देखा जाता है।

Credits: Manohar Dange. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-2 : विस्तारित गतिविधि

विद्यार्थी इस प्रयोग को निम्न बिन्दुओं को जाँचने के लिए भी कर सकते हैं –

1. मिट्टी में सूक्ष्मजीवों की उपस्थिति पता करने के लिए, आलू की स्लाइसों में दही की बजाय मिट्टी के नमूने डालकर, या
2. विभिन्न प्रतिजैविक दवाओं का उपयोग करके सूक्ष्मजैविक निषेध की प्रकृति में अन्तर करना।

बॉक्स-3 : शिक्षकों के लिए

1. शिक्षकों को विद्यार्थियों के सामने इस विचार को पेश करने की आवश्यकता हो सकती है कि मोल्ड कवक हैं जिनके बीजाणु हमारे चारों ओर हवा में मौजूद हैं। अधिकांश मृतोपजीवी सामान्य तापमान पर वृद्धि करते हैं (जैसे मशरूम 25°C पर), जबकि रोग पैदा करने वाले बैक्टीरिया 37°C (मानव शरीर का तापमान) में बेहतर तरीके से पनपते हैं।
2. पेनिसिलिन की खोज के लिए नोबेल पुरस्कार किसको मिलना चाहिए इस विषय के इर्द-गिर्द विद्यार्थियों के साथ एक अच्छी चर्चा की जा सकती है। हालाँकि यह पुरस्कार अलेक्जेन्डर फ्लेमिंग, हॉवर्ड फ्लोरेऔर अर्न्स्ट चैन को दिया गया था, लेकिन विद्यार्थियों का सुझाव हो सकता है कि इस प्रक्रिया में हीटली और 'पेनिसिलिन गर्ल्स' (ये छह महिलाएँ थीं, जिन्हें फ्लोरे ने पेनिसिलीन संग्रह करने के लिए नियुक्त किया था) योग्य थीं, फिर भी उन्हें इसका श्रेय नही मिला।
3. विश्वयुद्धों की वजह से अनुसन्धान के क्षेत्र में धन की कमी हो गई, फलस्वरूप कई वैज्ञानिकों को सीमित संसाधनों के साथ काम करना पड़ा। लेकिन पेनिसिलिन की खोज में शामिल वैज्ञानिक युद्ध में घायल सैनिकों को बचाने के लिए पर्याप्त एंटीबॉयोटिक दवाओं का उत्पादन करने की आवश्यकता से प्रेरित थे। इस प्रकार विद्यार्थी यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि एक तरह से युद्ध ने पेनिसिलिन के ज़्यादा मात्रा में उत्पादन के प्रयासों को प्रोत्साहित किया। यह चर्चा विद्यार्थियों को यह समझने में मदद कर सकती है कि राजनीति वैज्ञानिक खोजों को किस प्रकार प्रभावित करती है।
4. शिक्षकों को एंटीबॉयोटिक दवाओं की भूमिका के बारे में स्पष्टता प्रदान करने की आवश्यकता हो सकती है। पेनिसिलिन घावों को नहीं भरती है। संक्रमण के दौरान, बैक्टीरिया बहुत बड़ी संख्या में वृद्धि करते हैं, जो प्रतिरक्षा तंत्र पर हावी हो सकते हैं। पेनिसिलिन बैक्टीरिया की वृद्धि दर को धीमा कर अप्रत्यक्ष रूप से शरीर के प्रतिरक्षा तंत्र को संक्रमण से लड़ने का बेहतर मौका देती है।

को न केवल सूक्ष्मजीवों की वृद्धि देखने को मिलेगी, बल्कि वे सूक्ष्मजीव की एक कॉलोनी की दृश्य अवधारणा को भी समझ पाएँगे। चूँकि ये कालोनियाँ केवल दही के साथ आलू की स्लाइस पर दिखाई देती हैं, इसलिए विद्यार्थी यह अनुमान लगाने की स्थिति में होंगे कि वे दही के जीवाणु (बैक्टीरिया) से सम्बन्धित हैं। एंटीबॉयोटिक युक्त गड्ढों के आसपास एक स्पष्ट निषेधित क्षेत्र बनना विसरित होते एंटीबॉयोटिक द्वारा जीवाणुओं की वृद्धि में रुकावट का स्पष्ट प्रमाण देगा (**बॉक्स-2** देखें)। यह इस विचार को भी मज़बूती देने में मदद करेगा कि फ्लेमिंग ने पेनिसिलिन का निर्माण करने वाली फंगल कॉलोनी के आसपास सम्भवत: क्या देखा होगा।

गतिविधि-II : पेनिसिलिन की आकस्मिक खोज को दोहराना

यह एक परस्पर संवादात्मक कहानी-आधारित गतिविधि है (देखें **गतिविधि शीट-2**) जो आधुनिक पेनिसिलिन की खोज का वर्णन "समालोचनात्मक/समीक्षात्मक सोच" को बढ़ावा देने वाले सवालों के माध्यम से करती है। कहानी विद्यार्थियों को विज्ञान की प्रक्रिया से परिचित कराती है, जबकि प्रश्न खुली सोच और चर्चा के मार्ग उपलब्ध कराते हैं। विद्यार्थियों की अधिकतम भागीदारी सुनिश्चित करने के लिए, हम अनुशंसा करते हैं कि शिक्षक :

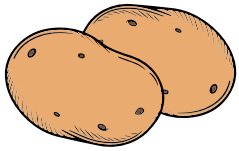
- सीधे जवाब देने से बचें, और इसके बजाय चर्चा को प्रोत्साहित करें।
- सही या गलत के रूप में वर्गीकृत किए बिना सभी विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाओं पर विचार करें। कुछ सवालों का एक सही उत्तर होना आवश्यक नहीं है, विद्यार्थियों के विचारों पर बहुत आलोचनात्मक न होना या उन्हें अस्वीकृत करने से बचना उनकी खुली सोच को प्रोत्साहित करेगा।
- सभी विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाओं/विचारों को बोर्ड पर सूचीबद्ध करें और विद्यार्थियों को उनके इर्द-गिर्द चर्चा करने को प्रोत्साहित करें। ऐसा करने से विद्यार्थियों को प्रत्येक विचार के साथ जुड़ने का और उससे सहमति/असहमति के कारणों पर विचार करने का अवसर मिलेगा।

इस गतिविधि से सम्बन्धित चर्चाओं को कई दिशाओं में ले जाया जा सकता है (**बॉक्स-3** देखें)। गतिविधि के एक प्रश्न पर विचार करें – ब्रेड पर उगने वाली फफून्द (मोल्ड) में ऐसा क्या है जो घावों को ठीक करने में मदद करता है? इस प्रश्न के इर्द-गिर्द विद्यार्थियों की चर्चा में एक और प्रश्न जोड़ा जा सकता है – क्या यह सम्भव है कि फफून्द ब्रेड पर कुछ रसायन छोड़ती है जो घावों में उपस्थित जीवाणुओं को मार सकते हैं या इनके विकास को रोक सकते हैं? एक बार जब विद्यार्थी इस सम्भावना का पता लगा लेंगे, तो शिक्षक यह तथ्य प्रस्तुत कर सकते हैं कि ब्रेड सभी प्रकार के फफून्दों को विकसित करने के लिए पोषक माध्यम के रूप में कार्य करती है। इस तरह से देखें तो अगर प्राचीन मिस्र के लोग घाव को ठीक करने में मदद करने के लिए 'तरीक़े' जानते भी थे, तो भी रोटी पर किस तरह की फफून्द बढ़ेगी, इस पर उनका नियंत्रण कम ही होता होगा। ऐसे में अगर घाव भरने के लिए इस्तेमाल किए जाने वाले ब्रेड के टुकड़े पर कुछ कवक या फफून्द गैर-लाभकारी या विषाक्त होते तो उनकी क्या हालत होती? गतिविधि के इस भाग के बारे में चर्चा से विद्यार्थियों को आधुनिक चिकित्सा में एंटीबॉयोटिक दवाओं तथा पारम्परिक चिकित्सा में उपयोग किए जाने वाले रोगाणुरोधक पदार्थों (एंटीसेप्टिक्स) के बीच अन्तर करने में मदद मिल सकती है। इसे एक उदाहरण के रूप में इस्तेमाल किया जा

इतिहास के झरोखे से
गतिविधि शीट-1 : बनें सूक्ष्म जीवविज्ञानी

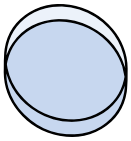
आवश्यक सामग्री (3-4 विद्यार्थियों के समूह के लिए) :

मध्यम आकार के दो आलू

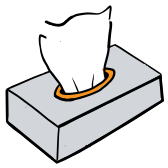


2-3 छोटे चम्मच दही

4 पेट्रीडिश/ वाचग्लास



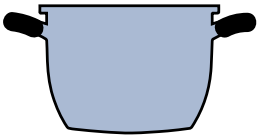
टिश्यू पेपर

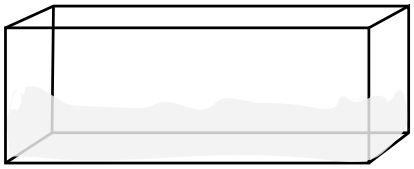


एमोक्सिसिलीन या व्यापक परास वाले एंटीबॉयोटिक पदार्थ (काम नहीं आने वाली दवाओं या किसी दवा की दुकान से प्राप्त किया गया) का विलयन (सान्द्रता 100 मिलीग्राम/मिली)

एक ड्रॉपर या ग्लास पिपेट (माप के निशान के साथ)

उबला हुआ पानी जिसे सामान्य तापमान पर ठण्डा किया गया हो





एक बन्द, नमीयुक्त कक्ष बनाने के लिए एक बड़ा प्लास्टिक का डिब्बा, जिसमें टिश्यू पेपर की परतों पर उबालकर ठण्डा किया हुआ पानी डाला गया हो।

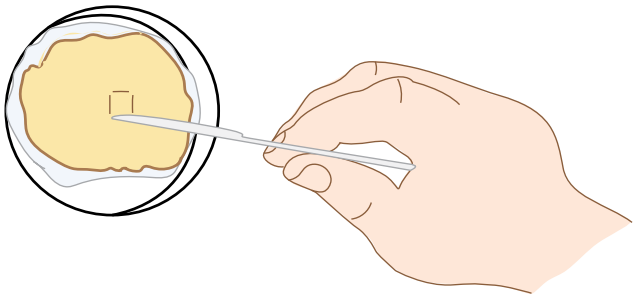
क्या करें :

1. दो मध्यम आकार के आलुओं को लगभग 20 मिनट तक अच्छे से उबालकर ठण्डा होने के लिए छोड़ दीजिए।
2. पेट्रीडिश या वाचग्लास को साफ़ करें और उसकी तली में एक टिश्यू पेपर को तह करके रख दें। टिश्यू पेपर को उबले हुए पानी से गीला कर दें।
3. उबले आलुओं में से एक का छिलका हटाकर लम्बाई में लगभग 0.5-0.5 सेंटीमीटर मोटी स्लाइस लें। ध्यान रखें कि स्लाइस की मोटाई समान हो।
4. एक पेट्री-डिश में गीले टिश्यू पेपर पर आलू की एक स्लाइस रख दें। बाक़ी तीनों पेट्री-डिशों के लिए भी यही प्रक्रिया दोहराएँ।
5. तीनों स्लाइस के केन्द्र में ड्रॉपर या पिपेट की सहायता से एक मिलीलीटर दही/छाछ डालें। एक साफ़ चम्मच की सहायता से दही को पूरी स्लाइस की सतह पर अच्छी तरह से अवशोषित होने तक फैलाएँ। इन स्लाइस को निम्न प्रकार से नामांकित कीजिए-
   - दही कन्ट्रोल या CC
   - 20 मिलीग्राम; और
   - 50 मिलीग्राम
6. आलू की एक अन्य स्लाइस लें। इस पर दही नहीं डालना है। इसे एंटीबॉयोटिक कन्ट्रोल या AC नामांकित करें।
7. आलू की चारों स्लाइस के केन्द्र में चाकू की सहायता से एक उथला गड्ढा बनाएँ। गड्ढा बनाते समय ध्यान रखें कि इसकी तली में आलू की परत बनी रहे।
8. चारों पेट्री-डिशों को नमीयुक्त प्लास्टिक बॉक्स में रख दें।

9. मिलाएँ :

- '20 मिलीग्राम' नामांकित स्लाइस के गड्ढे में 0.2 मिलीलीटर एंटीबॉयोटिक विलयन।
- 50 मिलीग्राम या AC से नामांकित स्लाइस के गड्ढे में 0.5 मिलीलीटर एंटीबॉयोटिक विलयन।
- दही कन्ट्रोल या CC से नामांकित स्लाइस के गड्ढे में 0.5 मिलीलीटर उबला हुआ पानी।

10. पेट्री-डिशों को बिना हिलाए-डुलाए प्लास्टिक बॉक्स को बन्द करके इसे 24-48 घण्टे के लिए किसी गर्म जगह पर रख दें।



आलू की स्लाइस में गड्ढा बनाने का तरीक़ा

सावधानी सम्बन्धी नोट :

सड़े हुए आलू के टुकड़ों को छूने के बाद अपने हाथों को साबुन से अच्छी तरह धोएँ और खाने-पीने की चीज़ें उनके पास न लाएँ। प्रयोग पूरा होने के बाद, इस्तेमाल किए गए सभी आलू के टुकड़ों को एक बीकर में 10 मिनट तक उबालें, छान लें और गीले कचरे के रूप में फेंक दें। जिन विद्यार्थियों को पहले कोई एलर्जी हुई है, उन्हें अतिरिक्त सावधानी बरतनी चाहिए।

दर्ज करें : 24 घण्टे के बाद प्रत्येक पेट्रीडिश का निरीक्षण करें और नीचे दी गई तालिका में अपने अवलोकनों को दर्ज करें।

पेट्रीडिश	हमने क्या देखा	अपने अवलोकन से हम क्या निष्कर्ष निकालते हैं
CC		
AC		
20 मिलीग्राम		
50 मिलीग्राम		

चर्चा के बिन्दु :

1. क्या आपको 20 मिलीग्राम और 50 मिलीग्राम एंटीबॉयोटिक विलयन वाली स्लाइस में गड्ढों के आसपास दिखाई देने वाली कालोनियों की संख्या में कोई अन्तर दिखाई देता है? यदि हाँ, तो ऐसा क्यों हैं?

2. संक्रामक बैक्टीरिया का इलाज खोजने के लिए आप इस प्रयोग का उपयोग कैसे करेंगे?

रोहिणी करन्दीकर पूर्व में होमी भाभा सेन्टर फॉर साइंस एजुकेशन (HBCSE), TIFR, मुम्बई में पोस्टडॉक्टरल फेलो थीं। अब वह क्यूरियोसिटी जिम, मुम्बई में एक पाठ्यक्रम और नवाचार प्रबन्धक के रूप में काम करती हैं। रोहिणी से rohinimd25@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

सुभोजीत सेन स्कूल ऑफ़ बॉयोलॉजिकल साइंसेज, UM-DAE सेन्टर फॉर एक्सीलेन्स इन बेसिक साइंसेज, मुम्बई विश्वविद्यालय (कलिना कैम्पस), मुम्बई में डीबीटी रामलिंगस्वामी फेलो हैं। उनसे subhojit.sen@cbs.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

लीना फड़के रामनारायण रुइया कॉलेज, माटुंगा, मुम्बई में एसोसिएट प्रोफ़ेसर रही हैं।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

इतिहास के झरोखे से

गतिविधि शीट-2 : एंटीबॉयोटिक्स की खोज को दोहराएँ

क्या आप जानते हैं कि पहले एंटीबॉयोटिक की खोज एक संयोग से हुई थी? पेनिसिलिन बनाने वाले कवक (*पेनिसिलियम नोटेटम*) की खोज 1928 में की गई थी, लेकिन आम आदमी के लिए पहली बार इसका उपयोग 1941 में ही किया जा सका था। इतनी महत्त्वपूर्ण खोज को आम आदमी तक पहुँचने में इतना लम्बा समय क्यों लगा? आइए पेनिसिलिन की खोज को दोहराते हुए यह समझने का प्रयास करते हैं कि यह किस प्रकार एक जीवन-रक्षक एंटीबॉयोटिक बन गया। यह गतिविधि आपको अपनी सोच और विचारों का उपयोग करते हुए इस कहानी को उजागर करने में मदद करेगी!

यह कहानी कई भागों में है, और हर भाग के अन्त में प्रश्न हैं। अगले भाग पर जाने से पहले भाग के अन्त में दिए गए सभी प्रश्नों के उत्तर देने का प्रयास करें। यदि आप प्रत्येक भाग के अन्त में दिए गए प्रश्नों को छोड़ देते हैं, तो आप सारा मज़ा गँवा देंगे।

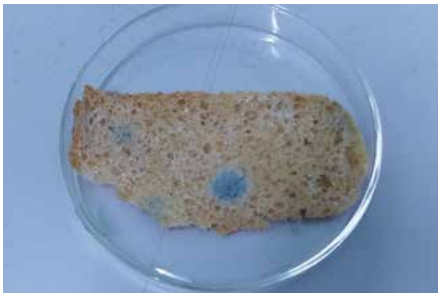
अब कहानी का पहला हिस्सा।

आज अगर किसी को जरा-सी चोट या चीरा लग जाए तो कोई गम्भीर बात नहीं लगती है। कई सारी एंटीसेप्टिक क्रीम, लोशन, और पाउडर की मदद से छोटे-मोटे दर्द या परेशानी की सहजता से देखभाल की जा सकती है। लेकिन क्या आप जानते हैं कि एंटीबॉयोटिक्स की उपलब्धता से पहले, मामूली चीरा लगने, जलने या चोटों से भी लोगों की मृत्यु हो जाती थी? ऐसा इसलिए था क्योंकि उनके घावों में बैक्टीरिया का संक्रमण हो जाता था, जिससे गम्भीर संक्रमण, विषैला आघात या मौत भी हो सकती थी। बहुत सारे लोग घातक संक्रमण का शिकार हो जाते थे। अतः उस समय भारतीय लोगों की औसत आयु मात्र 32 वर्ष हुआ करती थी। दुनिया भर के अस्पतालों, डॉक्टरों और वैज्ञानिकों के लिए ऐसे मरीजों का इलाज करना एक चुनौती थी। वास्तव में, यहाँ तक कि लगभग 90 साल पहले तक, घावों का उपचार एक बड़ी चुनौती थी।

प्रश्न : आप एक एंटीबॉयोटिक को कैसे परिभाषित करेंगे?

प्राचीन भारत में, हल्दी का उपयोग घावों के इलाज के लिए किया जाता था। लेकिन, हल्दी को एक रोगाणुरोधक या आयुर्वेदिक दवा माना जाता है, न कि एंटीबॉयोटिक। आप 'एंटीबॉयोटिक' को कैसे परिभाषित करेंगे? एक सुराग - एक प्रकार के सूक्ष्मजीव इसे अन्य प्रकार के सूक्ष्मजीवों के खिलाफ़ पैदा करते हैं।

दिलचस्प बात यह है कि यद्यपि प्राचीन मिस्र के लोगों को एंटीबॉयोटिक दवाओं के बारे में नहीं पता था, लेकिन वे संक्रमित घावों को जल्दी ठीक करने के लिए उन पर फन्फूद युक्त ब्रेड का एक टुकड़ा रख दिया करते थे।

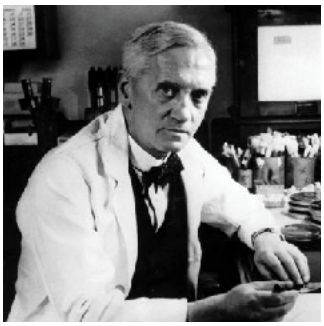


प्राचीन मिस्त्र के लोग संक्रमित घावों को भरने के लिए उन पर पर फन्फूद वाली ब्रेड का एक टुकड़ा रख देते थे।

सोचो फफून्द युक्त ब्रेड में ऐसा क्या होगा जो घावों को भरने में मदद करता होगा?

फ्लेमिंग की नज़र से

हम जानते हैं कि कुछ बैक्टीरिया और कवक ऐसे यौगिकों का उत्पादन करते हैं जो अन्य सूक्ष्मजीवों को मार सकते हैं। ये रसायन प्रतिस्पर्धी वातावरण में बैक्टीरिया और कवक को जीवित रहने में मदद करते हैं। यह खोज सबसे पहले 1928 में वैज्ञानिक सर अलेक्जेंडर फ्लेमिंग ने की थी।

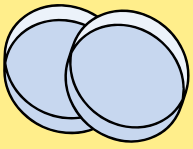


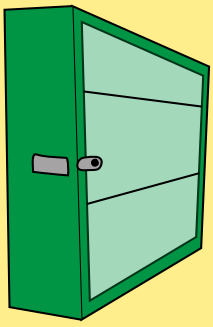
अलेक्जेंडर फ्लेमिंग को एंटीबॉयोटिक दवाओं की खोज का श्रेय दिया जाता है।

फ्लेमिंग लन्दन के एक अस्पताल में *स्टैफिलोकोकस* नामक एक संक्रामक बैक्टीरिया का अध्ययन कर रहे थे (चलो इसे स्टेफ कहते हैं)। स्टेफ कई प्रकार के संक्रमणों का कारक होता है - इनमें मुँहासे, गले में ख़राश से लेकर निमोनिया और मूत्र मार्ग के मुख्य संक्रमण तक शामिल हैं। फ्लेमिंग ने अपनी प्रयोगशाला में पेट्री डिश में स्टेफ का सम्वर्धन किया। एक दिन, फ्लेमिंग ने ग़लती से एक खिड़की के पास पेट्री डिश छोड़ दी। और वह अगले दिन छुट्टी पर चले गए। छुट्टी से लौटने पर, फ्लेमिंग ने देखा कि

क्या आप जानते हैं कि प्रयोगशाला में बैक्टीरिया को कैसे विकसित किया जाता है?

हमारी तरह बैक्टीरिया को भी भोजन की ज़रूरत होती है। वैज्ञानिक पेट्री डिश पर बैक्टीरिया को पोषक माध्यम के रूप में भोजन प्रदान करते हैं। प्रत्येक डिश को बन्द करने के लिए ढक्कन होता है। पोषक माध्यम वाले पेट्री डिश को नियंत्रित तापमान वाले बन्द कक्ष में रखा जाता है, जिसे इनक्यूबेटर कहा जाता है। इनक्यूबेटर में तापमान को इस तरह समायोजित किया जा सकता है कि वह उन विशिष्ट बैक्टीरिया या अन्य सूक्ष्मजीवों के अनुकूल हो, जिनको पनपाने का हम प्रयास कर रहे हैं।





खिड़की में रखी पेट्री डिश पर एक संदूषक हरी फफून्द (स्टेफ के अलावा) उग आई थी। हैरानी की बात थी कि स्टेफ की वे कालोनियाँ आकार में बहुत छोटी थीं जो फफून्द के आसपास थीं। कुछ मरती हुई प्रतीत हुईं, जैसे कि फफून्द ने अपने आसपास के क्षेत्र में कुछ छोड़ा हो!

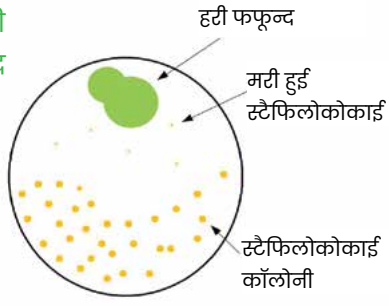
क्या आप एकल बैक्टीरिया कोशिका को नग्न आँखों से देख सकते हैं?

शायद नहीं, है ना? क्या होगा अगर लाखों बैक्टीरिया कोशिकाएँ एक समूह बना लें? हाँ तब आप उन्हें नग्न **आँखों** से देख सकते हैं! जब एक बैक्टीरिया कोशिका लाखों कोशिकाओं में विभाजित होकर एक समूह बना लेती है, तो इस समूह को नग्न आँखों से देखा जा सकता है, और इसे 'कॉलोनी' कहा जाता है। बैक्टीरिया की कॉलोनी का आकार एक पिन के सिरे से लेकर छोटे बटन तक का हो सकता है।

सोचो

प्रश्न : फ्लेमिंग अपनी प्लेटों पर बैक्टीरिया विकसित करने की कोशिश कर रहे थे। लेकिन, अन्त तक आते-आते उन्हें कुछ फफून्द भी मिलीं।

- आपके अनुसार फफून्द प्लेट पर किस प्रकार आई होंगी?



- यह फफून्द है या बैक्टीरिया?

- आपको क्या लगता है कि फफून्द के आस–पास बैक्टीरिया क्यों नहीं पनप पाए?

प्रश्न : संदूषित प्लेट को एक खिड़की के पास छोड़ दिया गया था। क्या होता अगर फ्लेमिंग ने याद से प्लेट को एक इनक्यूबेटर के अन्दर (विकसित होते हुए स्टेफ के लिए चाहे गए तापमान पर) रख दिया होता? आपको क्या लगता है कि तब क्या होने की सम्भावना थी? तब क्या फफून्द धीरे-धीरे विकसित हुई होती (क्योंकि प्लेट में ब्रेड पर फफून्द सामान्य तापमान पर पनपती है)?

प्रश्न : कल्पना कीजिए कि आप फ्लेमिंग होते और प्लेट को अजीब अवान्छित फफून्द के साथ देखते तो आप क्या करते?

संदूषित प्लेट ने फ्लेमिंग को सोचने पर मजबूर कर दिया : फफून्द के आस-पास वाले क्षेत्र में बैक्टीरिया पनपने में क्यों असमर्थ थे? उन्होंने पहचाना कि यह फफून्द पेनिसिलियम नोटेटम है, और सोचा कि हो-न-हो, यह फफून्द प्लेट में कोई बैक्टीरिया रोधी रसायन छोड़ रही है। इसकी जाँच के लिए, उन्होंने पोषक तत्वों से भरपूर तरल पदार्थ में फफून्द को विकसित किया। तरल पदार्थ ने भी बैक्टीरियारोधी प्रवृत्ति दर्शाई। फ्लेमिंग ने पोषक तत्व वाले माध्यम में उपस्थित बैक्टीरियारोधी रसायन को 'पेनिसिलिन' नाम दिया।

फ्लेमिंग ने विचार किया कि क्या पेनिसिलिन का इस्तेमाल मनुष्यों में बैक्टीरिया के संक्रमण को नियन्त्रित करने के लिए किया जा सकता है। इसका जवाब पता करने में दो चुनौतियाँ थीं। जिस पोषक तरल माध्यम में फफून्द को विकसित किया गया था, उसकी बैक्टीरियारोधी प्रवृत्ति अल्पकालिक थी। मनुष्यों के लिए उपयोग में लाने हेतु पोषक तरल माध्यम से उस रसायन को अलग करने की आवश्यकता थी। अगले 10 वर्षों तक, फ्लेमिंग ने फफून्द के पोषक माध्यम से पेनिसिलिन के एक सक्रिय रूप को शुद्ध रूप में प्राप्त करने के लिए कई अलग-अलग तरीक़े आजमाए, लेकिन उन्हें सफलता नहीं मिली।

सोचो

यदि आप फ्लेमिंग की जगह होते, तो आप इस समस्या को कैसे हल करते?

पेनिसिलिन का पहला मानव उपयोग

फ्लेमिंग ने 1939 में, ऑक्सफोर्ड विश्वविद्यालय के वैज्ञानिकों, हॉवर्ड फ्लोरे और अर्न्स्ट चैन के साथ इस समस्या को साझा किया। उन दोनों ने एक अन्य वैज्ञानिक - नॉर्मन हेतली के साथ मिलकर इस पर काम किया। उन्होंने फ्लेमिंग द्वारा काम में लिए गए तरीक़ों से इतर अन्य तरीक़े अपनाए और उसी वर्ष पेनिसिलिन के एक 'सक्रिय' रूप को प्राप्त करने में कामयाब रहे।

पेनिसिलिन का यह सक्रिय रूप संक्रमणों के खिलाफ़ कितना प्रभावी था यह जाँचने के लिए तीनों वैज्ञानिकों ने प्रयोगशाला में काम आने वाले कुछ चूहों को एक अत्यधिक संक्रामक बैक्टीरिया से संक्रमित किया और उनमें से आधे चूहों को पेनिसिलिन दिया।

सोचो

प्रश्न : आपके अनुसार वैज्ञानिकों ने संक्रमित चूहों में से केवल आधे चूहों को ही पेनिसिलिन क्यों दिया?

प्रश्न : आपके अनुसार संक्रमित चूहों के साथ क्या हुआ होगा :

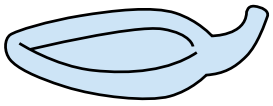
- जिनको पेनिसिलिन दिया गया?
- जिनको पेनिसिलिन नहीं दिया गया?

प्रश्न : आपके अनुसार वैज्ञानिकों ने पहले चूहों पर पेनिसिलिन के सक्रिय रूप की जाँच करने का प्रयास क्यों किया?

सुराग : क्या वे जानते थे कि पेनिसिलिन मनुष्यों के लिए सुरक्षित था?

जिन संक्रमित चूहों को पेनिसिलिन नहीं मिली, उनकी मृत्यु हो गई। शुक्र है कि जिन चूहों को पेनिसिलिन मिली, वे संक्रमण से बच गए। इससे पुष्टि होती है कि पेनिसिलिन का सक्रिय रूप चूहों के लिए न केवल क्रियाशील और हानिरहित रहा, बल्कि बैक्टीरिया के संक्रमण को नियंत्रित करने में भी मददगार रहा।

अगला कार्य मनुष्यों के उपयोग के लिए पर्याप्त मात्रा में पेनिसिलिन का उत्पादन करना था। एक तरफ, फ़्लोरे ने छह महिलाओं को रोज़गार दिया, जो कि 'पेनिसिलिन गर्ल्स' के रूप में प्रसिद्ध हुईं, जिन्होंने फफून्द से 'पेनिसिलिन' प्राप्त करने के लिए प्रति सप्ताह 2पाँउड कमाए। दूसरी ओर, हीटली ने फफून्द विकसित करने के लिए हर खाने के डिब्बे, शय्या मलपात्र (बेड पैन), और बोतलों का इस्तेमाल किया। उन्होंने इस उद्देश्य के लिए 500 ऐसे सिरेमिक बेड पैन भी डिज़ाइन किए जिन्हें थप्पी बनाकर रखा जा सकता था।



हीटली ने स्टेफ को विकसित करने के लिए 500 स्टैकेबल सिरेमिक बेडपैन तैयार किए।

कड़ी मेहनत और फफून्द को विकसित करने के लिए हज़ारों लीटर पोषक माध्यम का उपयोग करने के बावजूद, तीनों वैज्ञानिक पेनिसिलिन के सक्रिय रूप का केवल कुछ मिलीग्राम प्राप्त करने में सफल रहे।

हमने इस कहानी की शुरुआत इतिहास के उस दौर से की थी जब मामूली चोटों के कारण भी मृत्यु हो जाया करती थी। इस तरह का एक उदाहरण 1941 में सामने आया, जब अल्बर्ट नाम के एक व्यक्ति को मुँह पर गुलाब के काँटों से खरोंचें लग गईं। इन खरोंचों ने जल्द

ही भयावह संक्रमण का रूप ले लिया। अल्बर्ट को पेनिसिलिन दिया गया था और उसमें सुधार के कुछ लक्षण दिखाए दिए थे। लेकिन, उसके तुरन्त बाद उसकी मृत्यु हो गई क्योंकि उसे पूरी तरह से ठीक करने के लिए पेनिसिलिन पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध नहीं थी। इससे पता चलता है कि उस समय मामूली घावों के लिए भी पेनिसिलिन की कितनी अधिक ज़रूरत थी।

चमत्कारी दवा

द्वितीय विश्वयुद्ध के कारण ब्रिटिश विश्वविद्यालयों में अनुसन्धान बुरी तरह प्रभावित हुआ था। पेनिसिलिन के पर्याप्त मात्रा में सक्रिय उत्पादन के अपने प्रयासों को जारी रखने के लिए फ्लोरे और हीटली ने अमेरिका का रुख़ किया। यहाँ आकर उन्होंने एक अप्रत्याशित खोज की। उनका एक सहायक एक फल लेकर आया जिस पर एक 'सुनहरी फफून्द' उग रही थी। जाँच करने पर पता चला कि यह फफून्द (पेनिसिलियम क्राइसोजेनम) पेनिसिलियम नोटेटम (फ्लेमिंग की हरी फफून्द) की क़रीबी रिश्तेदार थी। जब फ्लोरे और हीटली ने पाया कि सुनहरी फफून्द फ्लेमिंग की हरी फफून्द की तुलना में 200 गुना अधिक पेनिसिलिन उत्पन्न करती है, तो उनकी ख़ुशी का ठिकाना नहीं था!

क्या आप सुनहरी फफून्दयुक्त फल के नाम का अनुमान लगा सकते हैं?

(सुराग : यह एक गर्मियों का फल है)

ख _ _ जा

आख़िरकार, ये वैज्ञानिक बड़ी मात्रा में सक्रिय पेनिसिलिन का उत्पादन करने में सफल रहे। एंटीबॉयोटिक ने युद्ध के दौरान घायल हुए सैकड़ों सैनिकों को बैक्टीरिया के संक्रमण से होने वाली मौत से बचाया। यह चमत्कारिक दवा तब से हज़ारों वर्षों की सबसे महत्त्वपूर्ण खोजों में से एक बन गई है!

प्रश्न : आपके अनुसार युद्ध ने पेनिसिलिन की खोज की प्रक्रिया को किस प्रकार प्रभावित किया होगा?

प्रश्न : आपके अनुसार क्या पेनिसिलिन ने युद्ध के दौरान लाखों लोगों को बचाने में मदद की? क्या यह घावों को भरने में कारगर रही?

प्रश्न : मान लीजिए कि आप उस कमेटी के सदस्य हैं, जिसे पेनिसिलिन की खोज के लिए नोबेल पुरस्कार विजेताओं का चयन करना है। आप इस पुरस्कार को देने के लिए केवल तीन लोगों को चुन सकते हैं। अब जब आपने पूरी कहानी पढ़ ली है, तो आप किन लोगों को चुनेंगे? क्यों?

प्रश्न : तीर के निशानों का उपयोग करते हुए नीचे दिए गए शब्दों को जोड़िए। प्रत्येक तीर के ऊपर दोनों शब्दों को जोड़ता एक उपयुक्त कथन लिखें। आप निम्न जुमलों में से चयन कर सकते हैं - "अगर छोड़ दिया गया", "अग्रसर हो सकता है", "परिणाम स्वरूप हो सकता हैं", "यदि इलाज किया जाए तो" या आप कोई अन्य कथन चुन सकते हैं जो आपको उपयुक्त लगे। आपके लिए उदाहरण स्वरूप एक कथन चित्र में भर दिया गया है।

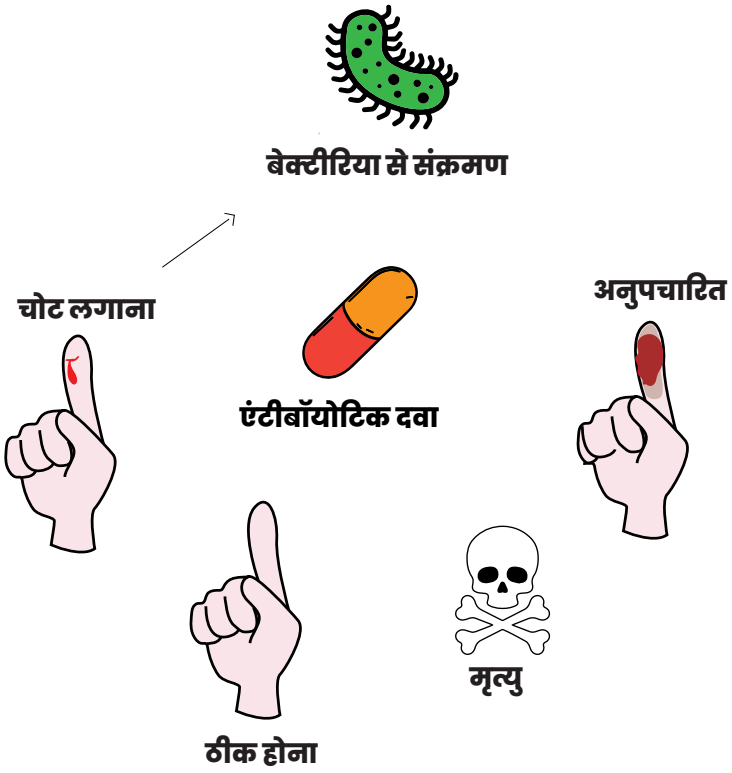


Image credits: for the image of Alexander Fleming on Pg. 2: Calibuon at English Wikibooks, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Fleming_3.jpg. License: Public Domain. All other images have been provided by: Rohini K.

रोहिणी करन्दीकर पूर्व में होमी भाभा सेन्टर फॉर साइंस एजुकेशन (HBCSE), TIFR, मुम्बई में पोस्टडॉक्टरल फेलो थीं। अब वह क्यूरियोसिटी जिम, मुम्बई में एक पाठ्यक्रम और नवाचार प्रबन्धक के रूप में काम करती हैं। रोहिणी से rohinimd25@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

सुभोजीत सेन स्कूल ऑफ़ बॉयोलॉजिकल साइंसेज, UM-DAE सेन्टर फॉर एक्सीलेन्स इन बेसिक साइंसेज, मुम्बई विश्वविद्यालय (कलिना कैम्पस), मुम्बई में डीबीटी रामलिंगस्वामी फेलो हैं। उनसे subhojit.sen@cbs.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

लीना फड़के रामनारायण रुइया कॉलेज, माटुंगा, मुम्बई में एसोसिएट प्रोफ़ेसर रही हैं।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी

सकता है कि आधुनिक वैज्ञानिक सिद्धान्तों द्वारा मिस्र की उपचार तकनीक में शामिल सक्रिय घटक की पहचान हमें किस प्रकार अप्रभावी या जहरीली फफून्दों के उपयोग से होने वाली दुर्घटनाओं को कम करने का अवसर देती है। इसका उपयोग यह बताने के लिए भी किया जा सकता है कि किस प्रकार बड़े पैमाने पर उत्पादन और शोधन तकनीकों ने पेनिसिलिन का उपयोग सबसे प्रभावी खुराक में करना सम्भव बनाया है।

चर्चा का समापन करने से पहले, शिक्षक विद्यार्थियों को निम्न खुले प्रश्नों के बारे में सोचने के लिए प्रोत्साहित करने के लिए कोष्ठक में दी गई थीम्स का उपयोग कर सकते हैं :

- आपने इस अभ्यास से कौन-सी नई चीज़ें सीखीं? (थीम : संयोग की भूमिका, आकस्मिक खोजें, सहयोग, टीमों में काम करने का प्रभाव)।
- वर्तमान समय में 'एंटीबॉयोटिक्स के इतिहास' के बारे में जानना किस प्रकार सार्थक है? (थीम : दवा की खोज को आज भी इसी तरह से जानवरों पर और इंसानों पर परीक्षणों की समय-खपाऊ व गहन प्रक्रियाओं से गुज़रना पड़ता है। उसके बाद ही उनके लाभ रोगियों तक पहुँचते हैं।)
- बैक्टीरिया और कवक पूरे मानव इतिहास में मौजूद रहे हैं। वह क्या था जिसने 1928 में पेनिसिलिन की खोज को गति दी थी? (थीम : एक ही प्लेट पर बैक्टीरिया और कवक की वृद्धि का आकस्मिक अवलोकन जिससे उनका परस्पर विरोध उजागर हुआ।)
- यदि पेनिसिलिन की खोज में इतने सारे वैज्ञानिक और सहायक शामिल थे, तो केवल फ्लेमिंग का नाम ही क्यों लोकप्रिय हुआ है? (थीम : मुख्य खोजकर्ता)।

चलते-चलते

विद्यार्थियों को वास्तव में कभी भी वैज्ञानिक प्रक्रिया का अनुभव नहीं दिया जाता है। प्राकृतिक विश्व के अवलोकनों से विचार कैसे प्रभावित होते हैं? प्रेक्षित परिघटनाओं की वैज्ञानिक व्याख्याओं के लिए किस प्रकार हम तुलना (कन्ट्रोल) और तर्कसंगत सोच के वैज्ञानिक सिद्धान्तों का उपयोग करते हैं? इन गतिविधियों का उद्देश्य विद्यार्थियों को वर्णनात्मक और प्रायोगिक साक्ष्य दोनों प्रकार के अनुभव से रूबरू करवाना है। ये गतिविधियाँ सूक्ष्मजीवों की दुनिया से परिचय भी प्रदान करती हैं और विद्यार्थियों को यह समझने में मदद करती हैं कि कुछ सूक्ष्मजीव उपयोगी होते हैं और कुछ हानिकारक। अन्त में, ये गतिविधियाँ विद्यार्थियों को यह समझने में मदद करती हैं कि विज्ञान में किसी भी विचार के फलने-फूलने में कई लोग शामिल होते हैं, हालाँकि केवल कुछ ही भाग्यशाली लोगों को मान्यता मिलती है या उनके योगदान के लिए उन्हें नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया जाता है।

मुख्य बिन्दु

- फ्लेमिंग द्वारा पेनिसिलिन की आकस्मिक खोज को फिर दोहराना विद्यार्थियों को विज्ञान में पैने अवलोकनों और आकस्मिक खोजों में इसकी भूमिका को समझने के अवसर प्रदान करेगा।
- मानव उपयोग के लिए आवश्यक मात्रा में पेनिसिलिन उत्पन्न करने के संघर्ष की समझ विद्यार्थियों को यह समझने में मदद करेगी कि आकस्मिक अवलोकन एक जटिल (वैज्ञानिक) प्रक्रिया की शुरुआत भर है जो समय, धैर्य और गहनता की माँग करती है।
- हावर्ड फ्लोरे, अर्नस्ट चैन, नॉर्मन हीटली और 'पेनिसिलिन गर्ल्स' के द्वारा पेनिसिलिन को प्रयोगशाला से लोगों के लिए उपलब्ध करवाने की प्रक्रिया के बारे में बातचीत विद्यार्थियों को आधुनिक विज्ञान की अत्यधिक सहयोगी प्रकृति से परिचित कराने में मदद करेगी।
- युद्ध की भूमिका और पेनिसिलिन की कहानी में शामिल कई लोगों के अनसुने योगदान पर चिन्तन, विद्यार्थियों को विज्ञान के राजनीतिक और मानवीय आयामों की बेहतर समझ प्रदान करने का अवसर देंगे।
- एंटीबॉयोटिक दवाओं की उपस्थिति में सचमुच सूक्ष्मजीवों का संवर्धन करने से, विद्यार्थी फ्लेमिंग के प्रारम्भिक अवलोकन की सराहना करने में सक्षम होंगे। वे रसोई में मिलने वाली सामान्य चीज़ों का उपयोग करके उनके आसपास के सूक्ष्मजीवों की दुनिया की जाँच-पड़ताल करने का एक नया तरीक़ा सीखेंगे।

आभार :

लेखकगण लीना फड़के, एसोसिएट प्रोफ़ेसर (सेवानिवृत्त) रामनारायण रुइया कॉलेज, मुम्बई को आलू की स्लाइस प्रयोग और पेनिसिलिन की खोज पर वर्णन के विकास के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं। हम भारत सरकार के, परमाणु ऊर्जा विभाग के तहत, विज्ञान प्रतिभा परियोजना (सं. R & D-TFR-0650) के आभारी हैं। हम डीबीटी रामलिंगस्वामी फैलोशिप; इन गतिविधियों के लिए क्षेत्र परीक्षण का हिस्सा रहे सभी विद्यार्थियों और इन गतिविधियों के विकास के दौरान अपने सुझाव प्रदान करने के लिए विज्ञान प्रतिभा के सभी सदस्यों का भी धन्यवाद करते हैं।

टिप्पणियाँ :

1. यह लेख विज्ञान शिक्षा के लिए वर्तमान में होमी भाभा केन्द्र द्वारा, TIFR, मुम्बई, विज्ञान प्रतिभा परियोजना (https://vigyanpratibha.in/index.php/the-accidental-discovery/) की अधिगम इकाई 'द एक्सीडेन्टल डिस्कवरी' पर आधारित है। विज्ञान प्रतिभा केन्द्रीय विद्यालय, जवाहर नवोदय विद्यालय और परमाणु ऊर्जा केन्द्रीय विद्यालयों के आठवीं-बारहवीं कक्षा के विद्यार्थियों के लिए केन्द्र सरकार की एक पहल है। इस विज्ञान पोषण कार्यक्रम का उद्देश्य विविध पृष्ठभूमि के विद्यार्थियों को स्कूली विज्ञान और गणित सीखने के लिए गतिविधि आधारित दृष्टिकोण में संलग्न कर उनमें समीक्षात्मक/समालोचनात्मक कौशल विकसित करना है।
2. Source for the image used in the background of the article title: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three_tubes_of_penicillin_powder,_two_of_International_Stand_Wellcome_L0059014.jpg. Credits: Wellcome Images (https://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0059014.html), a website operated by Wellcome Trust, Wikimedia Commons. License: CC-BY

References:

1. Douglas Allchin (2002) Scientific Myth-Conceptions, Fourth International Seminar on the History of Science and Science Education: Issues and Trends, Stephen Norris (Section Ed.) URL: http://douglasallchin.net/papers/myth.pdf.
2. Alexander Fleming biography: https://www.biography.com/people/alexander-fleming. Last updated: Jun 26, 2019.
3. Discovery and Development of Penicillin. International Historic Chemical Landmark. URL: https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/flemingpenicillin.html.
4. Howard Markel. The Real Story Behind Penicillin. PBS Newshour. URL: https://www.pbs.org/newshour/health/the-real-story-behind-the-worlds-first-antibiotic.
5. Alexander Fleming (1929). On the bacterial action of a culture of Penicillium with special reference to their use in the isolation of B. influenzae. British Journal of Experimental Pathology, 10(3): 226–236.
6. Kelly Swain (2017). The Penicillin girls (and guys). The Lancet, Vol 389, pp.1507.

रोहिणी करन्दीकर पूर्व में होमी भाभा सेन्टर फॉर साइंस एजुकेशन (HBCSE), TIFR, मुम्बई में पोस्टडॉक्टरल फेलो थीं। अब वह क्यूरियोसिटी जिम, मुम्बई में एक पाठ्यक्रम और नवाचार प्रबन्धक के रूप में काम करती हैं। रोहिणी से rohinimd25@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

सुभोजीत सेन स्कूल ऑफ़ बॉयोलॉजिकल साइंसेज, UM-DAE सेन्टर फॉर एक्सीलेन्स इन बेसिक साइंसेज, मुम्बई विश्वविद्यालय (कलिना कैम्पस), मुम्बई में डीबीटी रामलिंगस्वामी फेलो हैं। उनसे subhojit.sen@cbs.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी

अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन फॉर डेवलपमेंट की ओर से मनोज पी. द्वारा मुद्रित और प्रकाशित।

सुप्रभा कलरग्राफ़िक्स (प्रा.) लिमिटेड, नम्बर 10, 11, 11-ए, जे.सी. औद्योगिक क्षेत्र, येलाचेनहल्ली, कनकपुरा रोड, बेंगलूरु 560062 में मुद्रित।

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, पिक्सेल बी ब्लॉक, पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस, इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु 560100 से प्रकाशित। सम्पादक : रामगोपाल वल्लत और चित्रा रवि