दुनिया को देखना : विज्ञान शिक्षण में विभिन्न रूपकों का इस्तेमाल

के. के. मशूद, रोहित मेहता और पुण्य मिश्र

हम जिस ढंग से नई अवधारणाओं और विचारों की संकल्पना करते हैं और समझते हैं, रूपक उसमें निर्णायक भूमिका निभाते हैं। ऊर्जा के अध्यापन को लेकर विज्ञान शिक्षा सम्बन्धी अनुसन्धान से प्राप्त सूझ-बूझ पर आधारित इस लेख में दर्शाया गया है कि कैसे रूखी, अमूर्त व जटिल वैज्ञानिक अवधारणाओं को विद्यार्थियों के लिए जीवन्त, लुभावने और समृद्ध तरीक़े से प्रस्तुत करने में रूपक मददगार होते हैं।

"अवधारणाओं की हमारी साधारण व्यवस्था, जिसके तहत हम सोचते और कार्य करते हैं, मूलतः रूपक आधारित है।"

– जॉर्ज लेकॉफ़ (George Lakoff)

"एक रेत के कण में दुनिया को और एक जंगली फूल में स्वर्ग को देखना, अनन्त को अपनी हथेली में रखना और अनन्त काल को एक घण्टे में।"

– विलियम ब्लेक (William Blake)

हम कोई नई चीज़ कैसे सीखते हैं? यह दलील दी जा सकती है कि हम जो जानते हैं उसी के माध्यम से कुछ नया समझ सकते हैं। रूपकों के मूल में उपस्थित यह तर्क तब और भी अहम हो जाता है जब हम अमूर्त विचारों को समझने की बात कर रहे हों। उदाहरण के लिए ऊर्जा पर ग़ौर करें। यह एक जटिल बुनियादी अवधारणा है, जिसकी विज्ञान के अलग-अलग क्षेत्रों में अलग तरह से चर्चा होती है। अब चुनौती यह है कि इस अमूर्त अवधारणा को आप बच्चों के पूर्व ज्ञान से कैसे जोड़ेंगे। और साथ ही उसे एक आयामी अति सरलीकृत समझ से कैसे बचाएँगे।

जैसा कि शिक्षक जानते हैं, इन्सान को शिक्षित करना; रोबोट या कम्प्यूटर को किसी काम के लिए प्रोग्राम करने जैसा कतई नहीं है। रोबोट-कम्प्यूटर के मामले में हमें केवल सटीक निर्देश देने होते हैं। वहाँ विवेचन, कल्पना या वैकल्पिक संकल्पना या ग़लतफ़हमी की कोई गुंजाइश नहीं है। दूसरे शब्दों में कहें तो जो "बताया जाता है" उसे "वैसे का वैसा ग्रहण किया जाता है", बशर्ते कोई तकनीकी गड़बड़ी न हो।

दूसरी तरफ़ एक इन्सान को पढ़ाना या शिक्षा देना कई गुना पेचीदा मामला है, तब भी जब हम यह काम पूरी स्पष्टता (जिसे हम मानते हैं) से करें। कार्ल वाइमैन, जो नोबेल पुरस्कृत भौतिकशास्त्री हैं और फिर शिक्षा शोध में

रूचि लेने लगे, की इस टिप्पणी पर गौर करें[1]:

"जब मैंने पहली बार एक असिस्टेंट प्रोफ़ेसर के तौर पर भौतिकी पढ़ाना शुरू किया, तो मैंने उसी प्रक्रिया का इस्तेमाल किया जो आमतौर पर की जाती है। प्रथम, जो विषय मुझे पढ़ाना हैं, उसके बारे में मैंने ध्यान से सोचा और उसे अपने दिमाग़ में साफ़ रूप से समझ लिया। फिर मैंने उसे अपने विद्यार्थियों के साथ साझा किया ताकि वे भी इसे उतनी ही स्पष्टता से समझ लें, जैसे मैंने समझा है। कम-से-कम सिद्धान्त तो यही था। ... [लेकिन] जब भी मैंने गम्भीरता से यह आँकने की कोशिश की कि मेरे विद्यार्थियों ने क्या सीखा है, तो मुझे लगा कि यह प्रक्रिया काम नहीं कर रही है। हो सकता है कि कुछ इक्के दुक्के-विद्यार्थी मेरी सुन्दर व चतुर व्याख्याओं को समझ पा रहे थे, पर ज़्यादातर विद्यार्थी कुछ भी नहीं समझ पा रहे थे।"

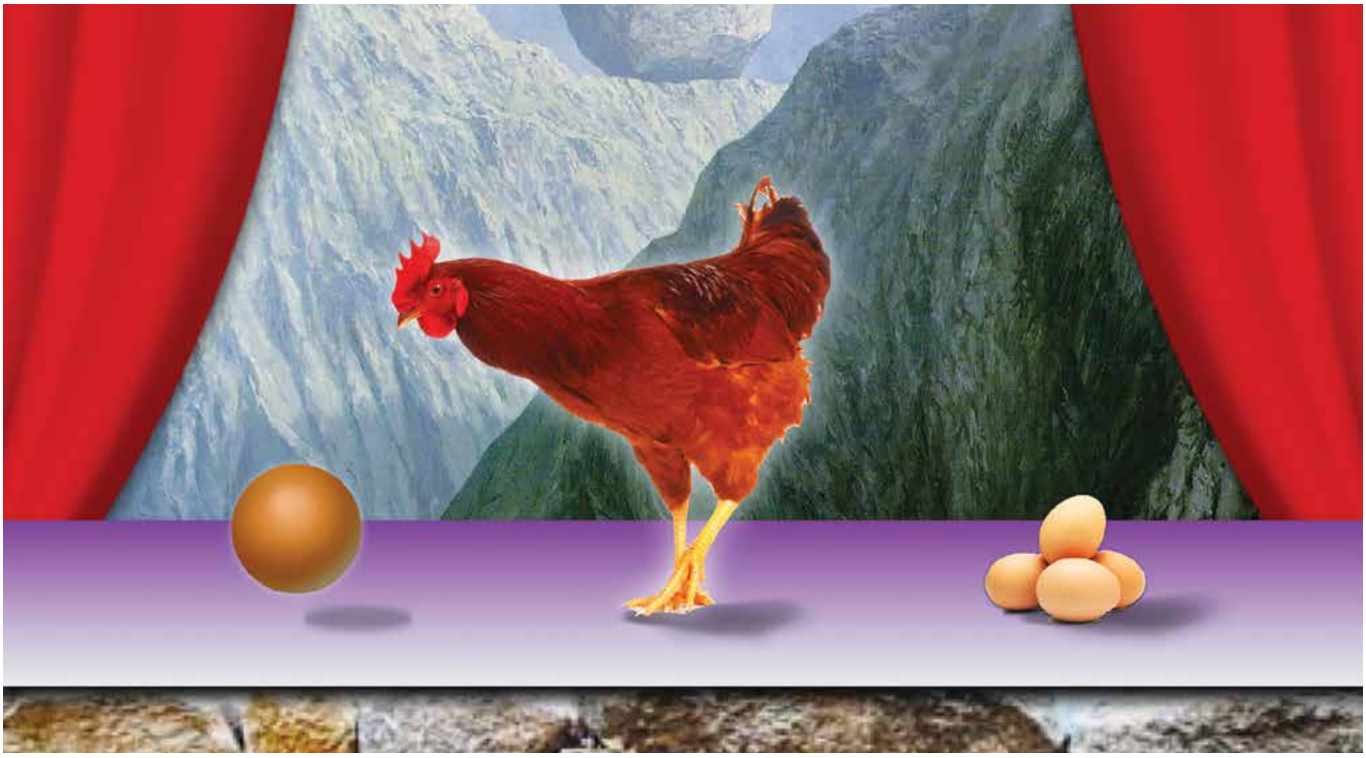
ऐसा क्यों होता है? यह तो सम्भव नहीं है कि वाइमैन जैसे व्यक्ति को, जो भौतिकशास्त्र वे पढ़ा रहे थे, उसका ज्ञान न हो या वे उसे प्रस्तुत न कर पा रहे हों। वास्तविक कारण शायद इन्सानी संज्ञान की जटिलता में छिपा हो। असल में हमें बताए जाने वाले नए ज्ञान को ज्यों-का-त्यों सीखने की बजाय हम उसे अपने मौजूदा ज्ञान के आधार पर सीखते हैं। सीखने वाले ज्ञान के सक्रिय निर्माता होते हैं और कई सारे कारक (जैसे उनका पूर्व अनुभव, सामाजिक परिवेश, भाषागत सामर्थ्य और भावनात्मक गठन) इस बात पर असर डाल सकते हैं कि वे सूचना को कैसे ग्रहण करते हैं, संग्रहित करते हैं, पुनःप्राप्त करते हैं।

इस तथ्य को अकसर एक समस्या के रूप में देखा जाता है कि सीखना पूर्व ज्ञान पर आधारित होता है या उसके द्वारा बाधित अथवा सीमित होता है, क्योंकि इसके चलते शिक्षकों को पाठ योजना बनाते समय अतिरिक्त कारकों का ध्यान रखना पड़ता है। अलबत्ता, यहाँ हम कहना चाहते हैं कि बतौर शिक्षक हमें इसे स्वीकार करना चाहिए और इसका फ़ायदा उठाना सीखना चाहिए।

रूपक हमें पूर्व ज्ञान को आधार बनाकर नए विचारों को समझाने का एक रास्ता प्रदान करते हैं। दरअसल, सभी शिक्षकों ने जानते हुए या अनजाने में कभी-न-कभी रूपकों का इस्तेमाल किया ही होगा। अलबत्ता यह भी हो सकता है कि एक अकेला रूपक किसी अन्यथा समृद्ध विचार की जटिलता में ललचाने वाले ढंग से कमी कर दे (**चित्र-1**)। इस लेख में हम एक ऐसी कार्य योजना पर चर्चा करेंगे, जिससे हम एकाधिक रूपकों के इस्तेमाल से जटिल वैज्ञानिक विचारों को स्पष्ट कर सकें। अपनी चर्चा को बुनियाद देने के लिए हम ऊर्जा के शिक्षण को उदाहरण के तौर पर लेंगे।

ऊर्जा की अवधारणा का शिक्षण

ऊर्जा विज्ञान एक मूलभूत और सर्वव्यापी अवधारणा है। स्कूल में विद्यार्थी ऊर्जा के विषय में बहुत अलग-अलग सन्दर्भों में पढ़ते हैं। जीवविज्ञान में ऊर्जा प्रकाश संश्लेषण और पोषण जैसे विषयों को समझने में महत्त्वपूर्ण है। रसायनशास्त्र में यह रासायनिक आबन्ध जैसी अवधारणाओं को समझने के लिए



चित्र-1 : एकल रूपकों का मोह : मात्र एक चित्रण के उपयोग से किसी समृद्ध विचार की पेचीदगी खो जाती है।

Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by *Variante de la tristesse* by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

आवश्यक है। भौतिकशास्त्र में इसकी चर्चा कार्य के सन्दर्भ में होती है या गतिज ऊर्जा या स्थितिज ऊर्जा के सन्दर्भ में होती है। अकसर, बिना इस भेद के कि विज्ञान के किस क्षेत्र में हम ऊर्जा की चर्चा कर रहे हैं, इसका परिचय पाठ्यपुस्तकीय (या घिसी-पिटी) परिभाषाओं द्वारा कराया जाता है, 'ऊर्जा कार्य करने की क्षमता है।'

हमारा मानना है कि ऐसा तरीक़ा इस महत्त्वपूर्ण व जटिल अवधारणा की वैचारिक समृद्धता को ठीक से व्यक्त नहीं कर सकता। और-तो-और विद्यार्थी उसी शब्द को अलग-अलग कक्षाओं और सन्दर्भों में सुनते हैं, पर इसके विभिन्न उपयोगों के बीच सम्बन्ध बनाने का मौक़ा नहीं मिलता। ऐसे में, यह सम्भव है कि विद्यार्थी अवधारणा की अधूरी और खण्डित समझ ही बना पाएँ। ये ग़लतफ़हमियाँ जब विज्ञान की मूलभूत अवधारणाओं (जैसे ऊर्जा) से जुड़ी होती हैं तो ये आगे भी भ्रम और समझने में अड़चनें पैदा करती रहेंगी।

ऊर्जा के विभिन्न रूपक : शोध का दृष्टिकोण

रेचल लेंकर का शोध हमें ऊर्जा की अवधारणा से जुड़ी अवधारणाओं की एक शृंखला से अवगत कराता है और हमें इस विषय को पढ़ाने के बारे अच्छे विचार प्रदान करता है।[2,3] उन्होंने यह देखा कि भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान की पाठ्यपुस्तकों (और विज्ञान शिक्षा के अन्य साहित्य) में ऊर्जा को कैसे संकल्पित किया गया है और इसके आधार पर उन विचारों का एक मानचित्र बनाया, जो ऊर्जा की अवधारणा को समझने के लिए अनिवार्य हैं। इस अध्ययन से पता चलता है कि अपने आप में हर क्षेत्र इस सर्वव्यापी अवधारणा के एक छोटे हिस्से पर ही केन्द्रित होता है। जब हम एक ऐसा समग्र ढाँचा विद्यार्थियों के समक्ष प्रस्तुत करेंगे जिसमें इन अलग-अलग दिखने वाले दृष्टिकोणों का एकीकरण किया गया हो, तभी हम यह उम्मीद कर सकते हैं कि वे अवधारणा को सचमुच समझ पाएँगे।

लेंकर ऊर्जा की अवधारणा से जुड़े पाँच मुख्य गुण बताकर शुरू करती हैं, जिन्हें विद्यार्थियों को समझना होगा। ये अपेक्षाकृत अमूर्त विचार निम्न हैं :

1. ऊर्जा संरक्षित रहती है।
2. किसी भी निकाय से समय के साथ ऊर्जा बिखर सकती है।
3. ऊर्जा एक रूप से दूसरे में बदली जा सकती है।
4. ऊर्जा एक निकाय के अलग-अलग भागों में स्थानान्तरित होती है।
5. ऊर्जा एक निकाय द्वारा किसी अन्य स्रोत से प्राप्त की जा सकती है।

इसके बाद लेंकर विज्ञान की शुरुआती पाठ्यपुस्तकों का विश्लेषण करती हैं (भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान जैसे विभिन्न क्षेत्रों में) ताकि वे समझ सकें कि इनमें यह अमूर्त विचार कैसे समझाए गए हैं। संक्षेप

चित्र-2 : ऊर्जा के छह रूपक।

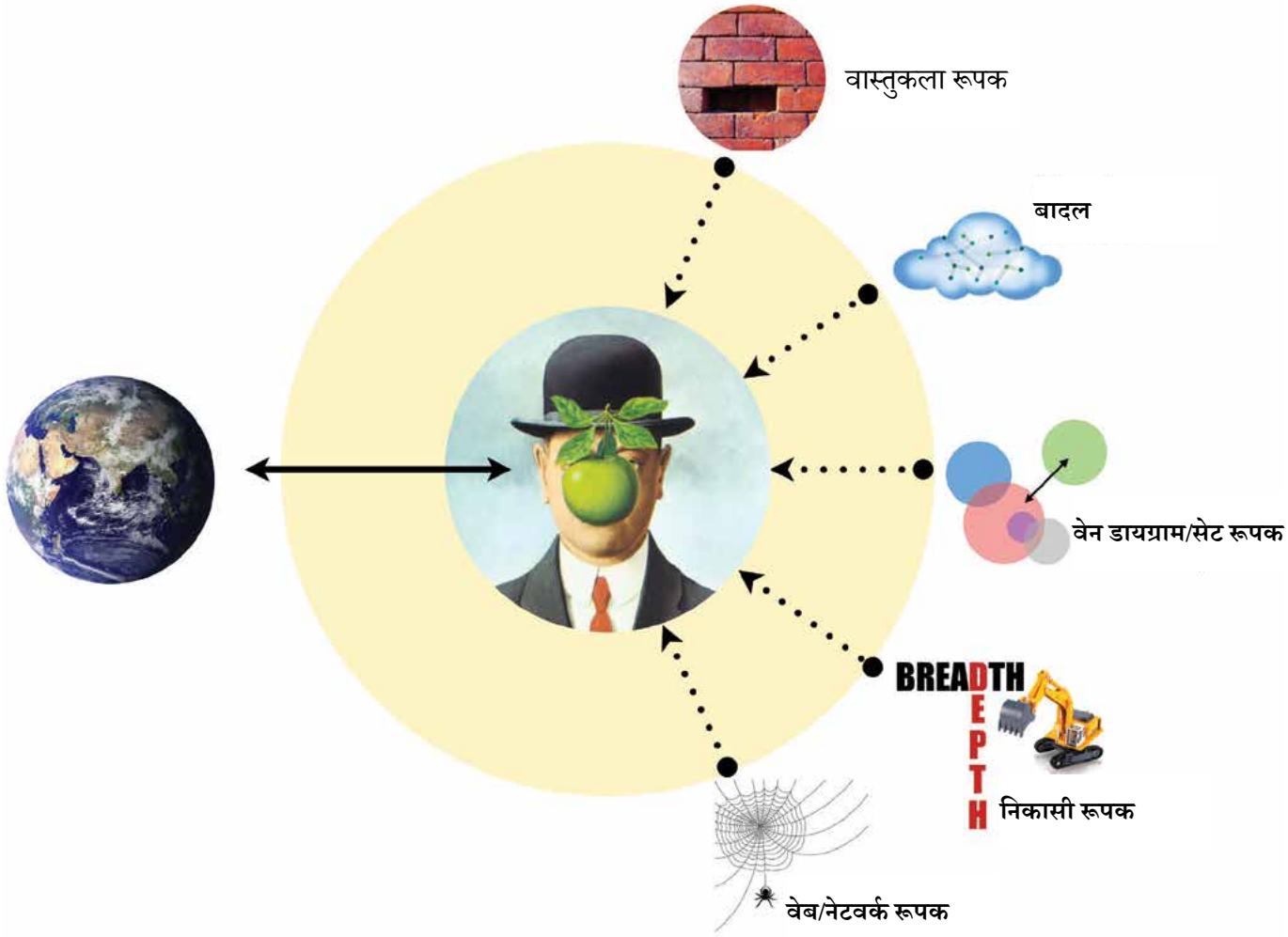
Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by the painting 'The key to dreams' by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

में कहें तो उन्होंने छह अवधारणात्मक रूपक पहचाने जो इन अमूर्त विचारों को ऐसे धरातल पर रखते हैं कि वे विद्यार्थियों के समझने योग्य हो जाते हैं। ये हैं :

1. ऊर्जा का हिसाब और आवाजाही का ब्यौरा पैसे की ही तरह रखा जा सकता है।
2. ऊर्जा अलग-अलग रूप ले सकती है और एक रूप से दूसरे में बदल सकती है।
3. ऊर्जा पानी की तरह किसी पाइप में बह सकती है।
4. ऊर्जा को जीवित प्राणी और इलेक्ट्रॉन जैसी निर्जीव इकाईयाँ एक जगह से दूसरी जगह ले जा सकती हैं।
5. जिस तरह किसी ख़राब मशीन में तेल की हानि होती है उसी तरह ऊर्जा की हनन/ बर्बादी हो सकती है।
6. ऊर्जा को बैटरी या कसी हुई स्प्रिंग जैसे उपकरणों में संग्रहित किया जा सकता है।

निस्सन्देह, यदि इनमें से किसी भी एक रूपक का इस्तेमाल अलग-थलग किया जाए, तो इस बात की काफ़ी सम्भावना है कि विद्यार्थी ऊर्जा की प्रकृति और विभिन्न क्षेत्रों में उसके कामकाज की सीमित समझ ही विकसित कर पाएँ। यहीं पर विभिन्न रूपकों को एक साथ बुनकर प्रस्तुत करने का विचार महत्त्वपूर्ण हो जाता है जिससे अवधारणा को समृद्ध रूप से व्यक्त किया जा सकता है और विद्यार्थी किसी एक रूपक को किसी अवधारणा को समझने का एकमात्र तरीक़ा मानने से बच पाएँगे *(**चित्र-2 देखें**)*।

ग़ौर करने की बात यह है कि इन छह रूपकों में से प्रत्येक ऊर्जा के पाँच मुख्य गुणों में से कुछ को उभारता है और कुछ ओझल रह जाते हैं। उदाहरण के तौर पर, जब ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ की तरह देखा जाता है, जिसके आवागमन पर नज़र रखी जा सकती है या उसका हिसाब रख सकते हैं, तब हम उसके संरक्षित होने के गुण को तो इंगित कर रहे हैं लेकिन उसके एक रूप से दूसरे में बदल सकने के गुण को छोड़ दे रहे हैं। दूसरी तरफ़ जब हम ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखते हैं, जिसे गँवाया जा सकता है, तब हम उसके क्षय



चित्र-3 : दुनिया को समझने में ज्ञान के अनेक रूपक।

Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by paintings by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

(dissipate) होने के गुण को तो बता रहे हैं, लेकिन उसके संरक्षण के गुण को छिपा रहे हैं। ऐसे में कोई एक या दो रूपकों को चर्चा का आधार बनाने से अन्धों का हाथी वाली स्थिति बन जाएगी – जहाँ हर कोई एक हिस्से को ही समझ पाता है और कभी एक समग्र वर्णन पर सहमत नहीं हो पाते। ऊर्जा की एक सुसंगत समझ बनाने के लिए ज़रूरी है कि अवधारणा से जुड़े सभी गुणों पर ध्यान दिया जाए। ऐसे में यह आवश्यक हो जाता है कि कई रूपकों को एक साथ रखकर अवधारणा का एक समग्र और समृद्ध चित्रण किया जाए।

शिक्षण के लिए निहितार्थ

स्कूली कक्षाओं में ऊर्जा का परिचय आमतौर पर "यह काम करने की क्षमता है"[2,3] जैसी संक्षिप्त परिभाषाओं के माध्यम से दिया जाता है। ऐसा करना निष्प्रभावी होने के अलावा, विद्यार्थियों को एक समृद्ध और मूलभूत वैज्ञानिक अवधारणा की अधूरी समझ देता है। विद्यार्थी ऐसी घिसी-पिटी परिभाषाओं को महज रट लेते हैं और परीक्षाओं में उगल देते हैं। इस पद्धति में निहित ख़तरा यह भी है कि विद्यार्थियों के साथ-साथ शिक्षकों को भी यह भ्रम हो जाता है कि वे इसके बारे में सब कुछ जानते हैं। ऊर्जा के बारे में एकाधिक रूपकों के साथ की गई चर्चा ऐसे कुछ मुद्दों का समाधान करने में मददगार होगी। विद्यार्थियों की समझ को गहराई देने के साथ-साथ यह उन्हें विभिन्न क्षेत्रों और विचारों को जोड़ने की क्षमता निर्मित करने में भी मदद करेगी। इस रणनीति को विज्ञान की कक्षा में कार्यान्वित करने के लिए यहाँ कुछ निर्देश दिए गए हैं :

(क) वैज्ञानिकों के समान सोचने की क्षमता

वैज्ञानिकों और विशेषज्ञों के विपरीत, विद्यार्थी भाषा सम्बन्धी बारीकियों में उतने पारंगत नहीं होते। हो सकता है कि उनके पास समझ की उतनी गहराई न हो कि वे आसानी से रूपकों का सटीक विवेचन कर सकें और ऐसे में सम्भव है कि वे बातों को अक्षरशः स्वीकार कर लें। हम जिन्हें आमतौर पर ऊर्जा को लेकर ग़लतफ़हमी या वैकल्पिक अवधारणा कहते हैं वे ज़्यादातर ऐसे रूपकों की थोड़ी ग़लत व्याख्या का परिणाम होते हैं। इन रूपकों को समझने के लिए समझ की ज़रूरी गहराई और दक्षता रातों-रात विकसित नहीं हो सकती। इसके लिए विचारों के साथ लम्बे समय तक जूझने की ज़रूरत होती है। इसलिए, वैज्ञानिक पद्धति में पुनरावृत्ति के तत्व से विद्यार्थियों को अवगत कराना भी आवश्यक है।

कैसे क्रियान्वित करें? फ़ाइनमैन के भौतिकी के व्याख्यान ऊर्जा संरक्षण[4] के तर्क को निर्मित करने का उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। वे शरारती डेनिस द मेनेस के काल्पनिक पात्र से शुरू करते हैं, जो ब्लॉक्स से खेल रहा है। हर एक ब्लॉक के साथ, रूपकों से परिपूर्ण कहानी और पेचीदा होती जा रही है और अन्त में उसमें गणितीय समीकरण भी शामिल हो जाते हैं। इसी प्रकार से ऊर्जा की अवधारणा के साथ ख़ूब सारे रूपकों के साथ जद्दोजहद की आवश्यकता है। एक बार जब यह पक्का हो जाए कि रूपक भरी भाषा और ऊर्जा से जुड़ी चर्चा पर विद्यार्थियों की पकड़ बन गई है तो शिक्षक औपचारिक परिभाषा, समीकरण और आंकिक सवालों से विद्यार्थियों को परिचित करा सकती हैं। विद्यार्थियों को गणितीय और ग़ैर-गणितीय अवधारणाओं के बीच सम्बन्ध बनाने को प्रेरित करने से सुसंगति और गहनता आएगी। इसके लिए हमें ऐसे रूपकों पर बार-बार लौटना होगा और अवधारणाओं को सुदृढ़ करते रहना पड़ेगा। यह छोटे समूहों में भी किया जा सकता है।

(ख) अन्तरविषयी सोच

ऊर्जा जैसी अवधारणाएँ अलग-अलग विषय क्षेत्रों में मौजूद होती हैं। अलबत्ता, ऊर्जा की अवधारणा पर भौतिकी में जैसे चर्चा की जाती है वह जीवविज्ञान या रसायनविज्ञान से फ़र्क़ होती है (कम-से-कम सतही तौर पर)। किसी विषय क्षेत्र में किसी टॉपिक की चर्चा के लिए कोई ख़ास रूपक ज़्यादा उपयुक्त होता है[2]। किसी अवधारणा को समग्र रूप से और गहराई से समझने के लिए आवश्यक है कि विभिन्न विषयों में उसके अलग-अलग प्रतीत होते प्रकट रूपों को समझा जाए और उनमें सामंजस्य स्थापित किया जाए। दुर्भाग्य से, यह अवधारणात्मक चुनौती पूर्णतया विद्यार्थियों के ज़िम्मे छोड़ दी जाती है। कक्षा में ऐसी चर्चा जिसमें इन विभिन्न रूपकों के बीच सामंजस्य हो, वह एक ओर भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान जैसे भिन्न विषयों में ऊर्जा के बीच सामंजस्य स्थापित करने में मदद करेगी, वहीं दूसरी ओर, इससे इन विचारों के बारे में चर्चा और तर्क करने के लिए समृद्ध भाषा और अवधारणात्मक संरचना भी प्राप्त होगी।

कैसे क्रियान्वित करें? ऊर्जा के किसी ख़ास वर्णन से जुड़े रूपकों की पहचान करें। उदाहरण के तौर पर, जीवविज्ञान में परितंत्रों के बीच ऊर्जा के बहाव के बारे में चर्चा होती है। ऐसे में ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखना, जो पानी की तरह पाइप में बहता है, उपयोगी हो सकता है। दूसरी तरफ़ भौतिकी में पहाड़ से लुढ़कते पत्थर की बात होती है। यहाँ ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखना ज़्यादा उपयुक्त होगा, जो एक रूप से दूसरे में परिवर्तित होता है, क्योंकि ऊर्जा यहाँ स्थितिज रूप से गतिज रूप में परिवर्तित हो रही है। इस बात पर ज़ोर दें कि भले ही अलग-अलग रूपकों का इस्तेमाल हो रहा है, पर इनमें बुनियादी जुड़ाव हैं। जब हम इन अलग-अलग रूपकों को सुसंगत ढंग से एक साथ रखते हैं तभी एक अवधारणा के तौर पर ऊर्जा का सम्पूर्ण चित्रण कर सकते हैं। अपने विद्यालय के अन्य विज्ञान शिक्षकों से भी बात करके भौतिकी, जीवविज्ञान और रसायन में से सम्पूरक रूपकों की एक लिस्ट बनाएँ।

उपसंहार

ज्ञान के विचार के बारे में हमारी समझ भी रूपक आश्रित है (**चित्र-3 देखें**)। उदाहरण के तौर पर, ज्ञान को एक परस्पर सम्बन्धित जाल या नेटवर्क के रूप में देखना उसे वास्तु-आधारित रूपक के सहारे से देखने से बहुत अलग है। इन रूपकों को गहराई से समझना इस लेख के दायरे के परे की बात है, पर शिक्षा से जुड़े लोगों को इसे ध्यान रखना आवश्यक है।

विचारों और विषयों के बीच सम्बन्ध बनाने

की क्षमता कई कारणों से महत्त्वपूर्ण है। एक ही चीज़ को अलग-अलग परिप्रेक्ष्यों से देख पाना और प्रकट रूप से भिन्न प्रतीत होते विचारों में निहित समानता देख पाना एक अद्भुत अनुभव है। हम अपने विद्यार्थियों को एक ऐसे मुक़ाम तक पहुँचने में मदद कर सकते हैं, जहाँ से वे ऊर्जा जैसी अवधारणाओं को उनकी पाठ्यपुस्तकीय परिभाषाओं और समीकरणों से आगे जाकर समझ सकें। अन्तरविषयी सोच की नींव स्कूली समय में ही बनाई जा सकती है। और जैसा कि यहाँ ऊर्जा की अवधारणा के साथ दिखाया गया है, विज्ञान शिक्षण में विभिन्न रूपकों के इस्तेमाल से विषयों के बीच के सम्बन्ध बना सकने की सम्भावना प्रबल होती है।

Note:

1. All the illustrations in this article were created by Punya Mishra, inspired by the Belgian surrealist artist René Magritte. Magritte's art often points to the limitations and arbitrariness of using language to understand the world and thus provided a rich source of images to explore the idea of using multiple metaphors in science education.
2. Credits for the image used in the background of the article title: John Sheehan (@dogstar7tweets on twitter). License: CC-BY-NC-ND (used with permission).

References

1. Wieman, C. (2007). Why not try a scientific approach to science education? Change: The Magazine of Higher Learning, 39(5), 9-15.
2. Lancor, R. A. (2013). The many metaphors of energy: Using analogies as a formative assessment tool. Journal of College Science Teaching, 42(3), 38-45.
3. Lancor, R. (2014). Using metaphor theory to examine conceptions of energy in biology, chemistry, and physics. Science & Education, 23(6), 1245-1267.
4. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2015). The Feynman lectures on physics, Vol. I: The new millennium edition: mainly mechanics, radiation, and heat (Vol. 1). Basic Books.
5. Ledford, H. (2015). How to solve the world's biggest problems. Nature, 525, 308-311.

Recommended Articles to Learn More

1. Close, H. G., & Scherr, R. E. (2015). Enacting conceptual metaphor through blending: Learning activities embodying the substance metaphor for energy. International Journal of Science Education, 37(5-6), 839-866.
2. Lakoff, G., & Johnson, M. (2008). Metaphors we live by. University of Chicago press.

डॉ. के.के. मशूद मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी में फिजिक्स एजुकेशन रिसर्च लैब में एक शोध सहयोगी हैं। मशूद का वर्तमान शोध प्राकृतिक विज्ञान में स्नातक स्तर पर अन्त:विषयक सोच का आकलन करने के लिए एक रूपरेखा विकसित करने पर है। उनसे mashoodk@msu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

डॉ. रोहित मेहता (वेब : mehtarohit.com) आयोवा स्टेट यूनिवर्सिटी में स्कूल ऑफ़ एजुकेशन में पोस्ट-डॉक्टरल रिसर्च एसोसिएट हैं। उनका शोध नए मीडिया युग में वैज्ञानिक साक्षरता और समावेशी साक्षरता प्रथाओं पर है।
उनसे rmehta@iastate.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

डॉ. पुण्य मिश्र (वेब : punyamishra.com) एरिज़ोना स्टेट यूनिवर्सिटी में एसोसिएट डीन ऑफ़ स्कॉलरशिप और इनोवेशन के प्रोफ़ेसर हैं। उनसे punya.mishra@asu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय