

ब्लैक होल की बारहखड़ी

अंतरिक्ष की गहराइयों में और निहारिकाओं के बीचों-बीच कुछ ऐसे दैत्य हैं जो आसपास से गुज़रने वाले हर उस मुसाफिर को निगल लेते हैं जो ज़्यादा नज़दीक आने की ज़ुरत करे। ब्लैक होल्स यानी कृष्ण विवर की प्रचलित छवि तो यही है। मगर लगता है कि ये इससे कहीं ज़्यादा रोचक हैं।

दरअसल ऐसे पिण्डों के अस्तित्व का विचार 1783 में जॉन मिचेल ने दिया था। उन्होंने रॉयल सोसायटी को लिखे एक पत्र में बताया था कि यदि कोई पिण्ड काफी भारी-भरकम हो तो “अनंत दूरी से उसकी ओर गिरने वाली किसी भी वस्तु का वेग उसकी सतह तक पहुंचते-पहुंचते प्रकाश के वेग से ज़्यादा हो जाएगा...ऐसे किसी पिण्ड में से निकलने वाला प्रकाश भी उसके गुरुत्वाकर्षण बल के कारण वापिस उसी पर लौट जाएगा।”

अलबत्ता, इस बात पर काफी समय तक किसी ने ध्यान नहीं दिया था। उस समय कोई यह मानने को तैयार न था कि गुरुत्वाकर्षण की वजह से प्रकाश भी मुड़ सकता है। आगे चलकर 1915 में आइंस्टाइन के सामान्य सापेक्षता सिद्धांत यानी जनरल रिलेटिविटी सिद्धांत के आधार पर यह भविष्यवाणी की गई थी कि ऐसा संभव है। बाद में प्रयोगों से इस बात की पुष्टि हुई। तो यह लगने लगा कि मिचेल द्वारा प्रस्तावित प्रकाश-पकड़ू पिण्ड का अस्तित्व संभव है।

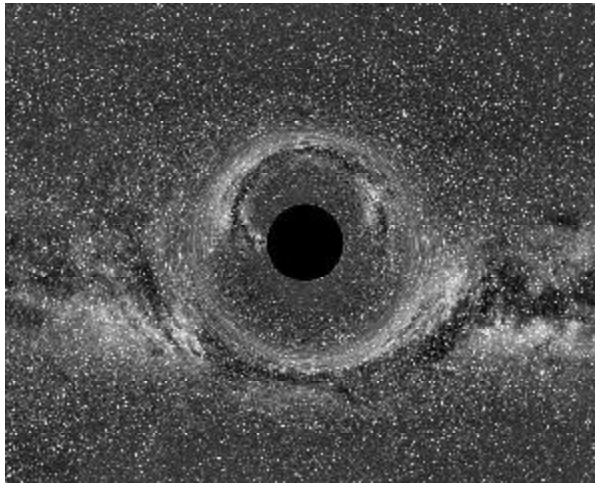
ब्लैक होल शब्द हमें एक भौतिक शास्त्री जॉन व्हीलर ने दिया है। उन्होंने एक और शब्द ‘वर्महोल’ भी दिया है। खुद आइंस्टाइन को बिलकुल यकीन न था कि ऐसे विचित्र पिण्डों का

अस्तित्व होगा मगर भौतिक शास्त्री दशकों तक यह समझने की कोशिश करते रहे कि ये ब्लैक होल आइंस्टाइन के सिद्धांत से बेमेल तो नहीं हैं? और फिर यह समझने का प्रयास करते रहे कि यदि ऐसे पिण्ड होंगे तो उनका व्यवहार कैसा होगा। इसके बाद बारी आई कि ब्लैक होल खोजे जाएं।

अब समस्या तो यह है कि बाकी अंतरिक्ष के समान ब्लैक होल भी काले होते हैं। उनमें से कोई प्रकाश तो बाहर आता नहीं, तो उन्हें खोजें कैसे। मगर खगोल शास्त्रियों ने इनको ‘देखने’ के कई तरीके ढूँढ लिए हैं।

जैसे: जैसा कि ऊपर कहा गया, ब्लैक होल अपने आसपास की वस्तुओं पर ज़बर्दस्त गुरुत्वाकर्षण बल लगाते हैं। यदि आसपास कोई तारा हुआ तो उस पर यह बल लगता है और कभी-कभी देखा गया है कि तारा किसी अदृश्य साथी के इर्द-गिर्द चक्कर काट रहा है। गणनाओं से पता चलता है कि यदि इस अदृश्य साथी का द्रव्यमान एक सौमा से अधिक हो, तो शायद वह कोई ब्लैक होल होगा।

ब्लैक होल का ज़ोरदार गुरुत्वाकर्षण गैसों और धूल को भी आकर्षित करता है। इसके फलस्वरूप उसके आसपास एक संलग्नता पट्टी (एक्रीशन डिस्क) बन जाती है। इस



पट्टी में घर्षण की वजह से खूब गर्मी पैदा होती है जिसके कारण काफी विकिरण निकलता है। इस विकिरण को दूरबीनें देख पाती हैं। एक्रीशन डिस्क मॉडल्स से पता चलता है कि एक्रीशन डिस्क हमारे सौर मंडल के बराबर आकार की हो सकती है और किसी

अच्छे खासे तारे के बराबर चमक सकती है।

ब्लैक होल की चुगली करने वाली एक परिघटना और है। ऐसे ब्लैक होल के पीछे की तरफ कोई तारा हो और उसे हम पृथ्वी से देखें तो उस तारे का प्रकाश मुड़कर आता प्रतीत होता है। इस प्रक्रिया को गुरुत्वीय लेंस प्रभाव कहते हैं। इसकी मदद से भी ब्लैक होल को 'देखा' जा सकता है।

आप कहेंगे कि ये तो सारे के सारे परिस्थितिजन्य साक्ष्य हैं। मगर आज सारे तो नहीं, अधिकांश खगोल शास्त्री इस बात पर एकमत हैं कि ब्लैक होल्स के वजूद के पक्ष में पर्याप्त प्रमाण हैं। और तो और, खगोल शास्त्री आज लुका-छिपी करते इन दैत्यों को प्रत्यक्ष देखने की दहलीज़ पर हैं। खगोल शास्त्रियों ने एक संदिग्ध ब्लैक होल के क्षेत्र में पदार्थ को गुम होते देखा भी है। इससे संकेत मिलता है कि ब्लैक होल ने इस पदार्थ को गटक लिया है। संभावना तो यह है कि अगले कुछ वर्षों में हमारी शक्तिशाली दूरबीनें ब्लैक होल्स के चिन्हों को प्रत्यक्ष देख पाएंगी।

ब्लैक होल्स को देखने का एक तरीका मशहूर भौतिक शास्त्री स्टीफन हॉकिंग ने भी सुझाया है। यह तरीका सुनने में तो विरोधाभासी लगेगा। सर्वविदित है कि ब्लैक होल में से कुछ भी बाहर नहीं आता, प्रकाश तक नहीं। मगर 30 साल पहले हॉकिंग ने सुझाया था कि ब्लैक होल से ऊष्मा निकलना चाहिए। उनकी दलील निम्नानुसार है। खाली अंतरिक्ष में भी यह संभव है कि दो कण - एक कण पदार्थ का और दूसरा प्रति-पदार्थ का - क्षणिक रूप से अस्तित्व में आएँ और एक-दूसरे को समाप्त करके विलुप्त हो जाएँ। यदि यह घटना किसी ब्लैक होल के इवेंट होराइज़न के आसपास हुई तो इनमें से एक कण तो ब्लैक होल में समा जाएगा और दूसरा पलायन कर जाएगा। बाहर से देखने वालों को तो यही लगेगा कि ब्लैक होल में से कण निकला है। इवेंट होराइज़न से तात्पर्य ब्लैक होल की उस काल्पनिक सरहद से है जिसके अंदर से कुछ भी नहीं निकल सकता।

इस बात को आज तक हकीकत में देखा नहीं गया है मगर शोधकर्ताओं ने इवेंट होराइज़न के जो मॉडल्स विकसित किए हैं, उनसे लगता है कि ऐसा होना चाहिए। यदि

हॉकिंग की बात सही निकलती है, तो इसका मतलब यह भी होगा कि ब्लैक होल, भले जितने दैत्याकार हों, धीरे-धीरे काफूर हो जाएंगे।

एक सवाल यह उठता है कि ब्लैक होल बनते कैसे हैं। आम तौर पर जब कोई भारी-भरकम तारा अपने आप में सिमट जाता है तो ब्लैक होल का निर्माण होता है। जब किसी भारी तारे का गुरुत्वाकर्षण उसकी बाहरी परतों को अंदर की ओर खींचता है, तो तारे का घनत्व बढ़ता जाता है। अंततः गुरुत्वाकर्षण इतना प्रबल हो जाता है कि तारे से उत्सर्जित प्रकाश पर भी इसका असर होने लगता है। प्रकाश निकलकर सीधा बाहर जाने की बजाय मुड़कर अंदर समा जाता है। तारा यदि एक सीमा से ज़्यादा विशाल रहा हो, तो प्रकाश का एक कतरा भी बाहर नहीं निकल पाता।

प्रायः धंसने का अंतिम चरण बहुत तेज़ी से संपन्न होता है और बहुत अफरा-तफरी से भरा होता है। यह प्रक्रिया इतनी तेज़ी से होती है कि तारे में से खूब विकिरण निकलता है। मगर ऐसा भी हो सकता है कि पूरी प्रक्रिया बगैर किसी आतिशबाज़ी के खामोशी से हो जाए और तारे का नामो निशान न रहे।

अलबत्ता, ब्लैक होल बनने के कई और तरीके होते हैं। कम से कम सिद्धांततः तो कई तरीके हैं। जैसे, छोटे-छोटे ब्लैक होल तब बन सकते हैं जब उच्च-ऊर्जा युक्त ब्रह्मांडीय विकिरण पृथ्वी के ऊपरी वायुमंडल में उपस्थित अणुओं से टकराता है। वैसे ऐसा हुआ भी होगा, तो इसके कारण कोई संकट आज तक तो नहीं आया है।

ब्लैक होल की साइज़ें बहुत अलग-अलग हो सकती हैं। मगर एक बात तय है कि धंसने की प्रक्रिया में मूल तारे के सारे गुणधर्म नष्ट हो जाते हैं। मात्र तीन गुणधर्म बचे रहते हैं - उसका द्रव्यमान, उसका घूर्णन और उसका विद्युत आवेश। इन तीन गुणधर्मों के अलावा ब्लैक होल में अपने मूल तारे का कोई चिन्ह नहीं बचता। यानी ब्लैक होल इन्हीं तीन गुणधर्मों में भिन्न हो सकते हैं।

साइज़ तो बहुत अलग-अलग हो सकती है - वास्तव में ब्लैक होल सूक्ष्म साइज़ से लेकर विशाल तक होते हैं। खगोल शास्त्री ब्लैक होल्स को तीन किस्मों में बांटते हैं:

अति-विशाल ब्लैक होल हमारे सूरज से 1 लाख गुना तक भारी हो सकते हैं। ये आम तौर पर निहारिकाओं के केंद्रों में पाए जाते हैं। आज तक ज्ञात सबसे बड़ा ब्लैक होल सूरज से 18 अरब गुना भारी है। एक विचार यह है कि इनकी एक ऊपरी सीमा होती है और ब्लैक होल अधिक से अधिक 50 अरब सूरज के बराबर हो सकते हैं।

मध्यम ब्लैक होल प्रायः सैकड़ों या हजारों सूरजों के बराबर होते हैं। हाल तक इस बात के ज़्यादा प्रमाण नहीं थे कि इनका अस्तित्व है। बहरहाल, हाल ही में खोजे गए कुछ एकसरे स्रोत तथा तेज़ी से गति करते तारों से इनके अस्तित्व को बल मिला है। ऐसे मध्यम वज़नी ब्लैक होल तब बन सकते हैं जब ऐसे भागते तारे एक के बाद कई तारों से टकराएं और उनका आपस में विलीनीकरण हो जाए।

तारा-वज़न के ब्लैक होल्स का वज़न हमारे सूरज से कुछ ही गुना ज़्यादा होता है। ऐसा सबसे बड़ा ब्लैक होल 33 सूरज के बराबर वज़नी है जबकि सबसे छोटा ब्लैक होल हमारे सूरज से 3.8 गुना अधिक वज़नी है।

सूक्ष्म ब्लैक होल अवधारणा में ही हैं। ये सूरज से काफी छोटे रहे होंगे और 'हॉकिंग वाष्पीकरण' के ज़रिए अब तक भाप बनकर उड़ गए होंगे। हो सकता है ब्रह्मांड के आरंभ में ऐसे ब्लैक होल बने हों, जब पदार्थ काफी घनी अवस्था में था। ऐसे पिण्डों को आदिम ब्लैक होल कहते हैं। इनमें से सबसे बड़े वाले ही आज तक बच पाए होंगे।

ब्लैक होल के वज़न के अलावा उनका घूर्णन और आवेश भी उनके गुणों को प्रभावित करता है। मसलन, घूर्णन की वजह से कुछ ब्लैक होल्स में से पदार्थ के फव्वारे छूट सकते हैं। ये फव्वारे ब्लैक होल्स के अंदरूनी रहस्यों पर से पर्दा उठाने में मदद कर सकते हैं।

ब्लैक होल के अंदर क्या कुछ चलता है, इसका मॉडल बनाने के अथक प्रयासों के बावजूद हम निश्चित रूप से कुछ नहीं कह सकते। ब्लैक होल्स के प्रमुख प्रचलित मॉडल के अनुसार इसके केंद्र में अनंत घनत्व का एक क्षेत्र होता है जिसे *सिंग्युलैरिटी* कहते हैं।

यदि अनंत घनत्व की धारणा आपको थोड़ी रहस्यमय लगे, तो चिंता की कोई बात नहीं क्योंकि यह विरोधाभासी

अवधारणा इस वजह से उत्पन्न होती है क्योंकि भौतिकी के जाने-माने नियम इस अवस्था में आकर नाकाम हो जाते हैं। जब तक हमारे पास भौतिकी की दो अवधारणाओं - क्वांटम यांत्रिकी और गुरुत्वाकर्षण - का एकीकरण करने वाला कारगर सिद्धांत विकसित नहीं होता, तब तक यह विरोधाभासी परिस्थिति बनी रहेगी। मगर कोशिश तो जारी है।

चूंकि *सिंग्युलैरिटी* के स्तर पर भौतिकी के ज्ञात नियम ध्वस्त हो जाते हैं, इसलिए रॉजर पेनरोस और अन्य वैज्ञानिकों ने 'कॉस्मिक सेंसरशिप परिकल्पना' प्रस्तावित की है। परिकल्पना में कहा गया है कि कोई भी *सिंग्युलैरिटी* एक *इवेंट होराइज़न* से घिरी होंगी। यह कोई भौतिक अवरोध नहीं है बल्कि एक बिंदु है जहां से वापसी संभव नहीं होती - पॉइन्ट ऑफ़ नो रिटर्न - जो चीज़ें इस बिंदु के पार जाती हैं वे किसी हालत में ब्लैक होल से पलायन नहीं कर सकतीं। (मगर आगे आप देखेंगे कि क्वांटम यांत्रिकी इस विचार को कमज़ोर कर देती है।) इसका मतलब है कि *सिंग्युलैरिटी* शेष ब्रह्मांड से ओझल रहती है: हम कदापि एक 'नग्न' *सिंग्युलैरिटी* नहीं देख सकते।

'कॉस्मिक सेंसरशिप परिकल्पना' को सिद्ध नहीं किया गया है और पिछले वर्षों में यह दर्शाने के कई प्रयास हुए हैं कि नग्न *सिंग्युलैरिटी* का अस्तित्व संभव है। उदाहरण के लिए, कुछ लोगों ने सुझाया है कि आवेशित, तेज़ी से घूर्णन करते ब्लैक होल की *सिंग्युलैरिटी* को उजागर किया जा सकता है। अन्य लोगों का कहना है कि यह संभव नहीं होगा।

दूसरा सवाल है कि क्या ब्लैक होल नष्ट हो सकते हैं। जब भी कोई ब्लैक होल हॉकिंग विकिरण का कण उत्सर्जित करता है, उसका द्रव्यमान थोड़ा कम हो जाता है। अरबों साल की अवधि में भारी से भारी ब्लैक होल भी घटते-घटते लुप्त हो जाने चाहिए। यह एक बड़ी समस्या को जन्म देता है।

यदि आप किसी ब्लैक होल का द्रव्यमान, विद्युत आवेश और घूर्णन की दर जानते हैं, तो आप उसके बारे में लगभग वह सब कुछ जानते हैं जो जाना जा सकता है। दूसरी ओर, किसी तारे को परिभाषित करने के लिए आपके पास उसके

हरेक कण की जानकारी होनी चाहिए। इसका मतलब हुआ कि जब ब्लैक होल बनता है, तब ढेर सारी जानकारी लुप्त हो जाती है। यह जानकारी उस ब्लैक होल में से निकलकर बाहर तो कदापि नहीं आएगी क्योंकि उसके लिए प्रकाश से तेज़ वेग से गति करनी होगी जो संभव नहीं है।

यदि ब्लैक होल सदा के लिए अस्तित्व में रहे तो यह जानकारी सुरक्षित रूप से 'लॉकर' में बंद मानी जा सकती है। मगर यदि, जैसा कि हॉकिंग का मत है, यह ब्लैक होल वाष्पीकृत हो जाता है, तो जानकारी बुरी तरह से नष्ट हो जाएगी। मगर क्वांटम यांत्रिकी के नियम इसकी अनुमति नहीं देते। इसे 'ब्लैक होल सूचना विरोधाभास' कहते हैं।

इस विरोधाभास से निपटने के लिए कई वैज्ञानिकों का मत है कि ब्लैक होल के बारे में भौतिकी के स्ट्रिंग सिद्धांत के ज़रिए विचार करना चाहिए। मगर इस सिद्धांत के आधार पर आगे बढ़ें तो नए विरोधाभास सामने आते हैं। जैसे यदि किसी वस्तु को ब्लैक होल में फेंका जाए, तो वह एक साथ दो जगह पर मौजूद रहेगी, वगैरह।

'सूचना विरोधाभास' का एक समाधान हो सकता है यदि ब्लैक होल में वास्तविक *सिंग्युलैरिटी* न हो या जैसा कि हॉकिंग का मत है, उसमें से निकलने वाले कण अपने साथ जानकारियां लेकर बाहर निकलें, भले वह जानकारी कितनी ही गड़बड़-मड़बड़ और अपठनीय हालत में हो। यह भी सुझाया गया है कि ब्लैक होल शायद वर्महोल हैं जो एक दूसरे ब्रह्मांड का मार्ग हैं।

और एक समस्या यह भी है कि जब दो ब्लैक होल टकराते हैं तो क्या होता है। कम से कम कुछ ब्लैक होल्स को अंतरिक्ष में तेज़ गति से चलते देखा गया है। तो यह संभावना है ही कि वे आपस में टकरा जाएं। कंप्यूटर अनुकृतियों से पता चलता है कि यदि ऐसा हुआ तो बड़े ब्लैक होल बनेंगे। एक अच्छी बात है कि इस तरह के विलीनीकरण की वजह से उनकी निहारिका की आकृति में परिवर्तन होगा और तब वे देख लिए जाएंगे। अभी तक ऐसी कोई टक्कर देखी नहीं गई है मगर खगोल शास्त्रियों ने ऐसे ब्लैक होल्स की कई जोड़ियां खोजी हैं जो एक-दूसरे के बहुत नज़दीक हैं और कई तो एक-दूसरे का चक्कर काट

रहे हैं। लगता है कि इनमें से कुछ टकराव के रास्ते पर चल रहे हैं।

ज़रा यह सोचें कि ब्लैक होल के माहौल में जीवन कैसा होगा। दरअसल, ब्लैक होल का पड़ोस काफी व्यस्त होता है। जैसा कि पहले ज़िक्र हुआ था, ब्लैक होल अपने आसपास धूल की एक परत (एक्रीशन डिस्क) जमा कर लेता है। बात यहीं खत्म नहीं होती। पदार्थ को घूमते-घूमते ब्लैक होल में समाहित होते देखा गया है। यह भी देखा गया है कि ब्लैक होल के गुरुत्वाकर्षण के चलते फोटॉन्स भी इनका चक्कर काटने लगते हैं। बड़े पैमाने पर देखें तो कई ब्लैक होल्स ऊर्जित पदार्थ के फव्वारे छोड़ते रहते हैं। ये फव्वारे चुंबकीय बल के दम पर निकलते हैं। एक मामले में तो मॉडल दर्शाता है कि इन फव्वारों से बनने वाले ऊर्जावान बुलबुले 3 लाख प्रकाश वर्ष की दूरी में फैले हो सकते हैं।

एक रोचक बात यह है कि मॉडल दर्शाते हैं कि ब्लैक होल के नज़दीक तारों का निर्माण हो सकता है जबकि इनके बहुत पास फटकने वाले तारे नष्ट हो सकते हैं।

और यह तो आपके मन में भी आया होगा कि यदा-कदा ब्लैक होल्स तारों का भक्षण भी कर जाते हैं। कुछ ब्लैक होल्स भक्षण का यह काम काफी दिखावे के साथ करते हैं। जब वे तारा-भोज करते हैं तो गामा विकिरण और एकसरे के विस्फोट निकलते हैं। दूसरी ओर कई ब्लैक होल लंच के समय ज़्यादा शोरगुल नहीं करते।

खगोल शास्त्रियों के बीच आम तौर पर माना जाता है कि अधिकांश निहारिकाओं के केंद्रों में ब्लैक होल विराजमान हैं। कई निहारिकाओं में तो संभावित प्रत्याशियों को पहचान भी लिया गया है। जैसे हमारी पड़ोसी निहारिका एम-32 और हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में ब्लैक होल के उम्मीदवारों की पहचान हुई है। आकाशगंगा के केंद्रीय ब्लैक होल का काफी गहराई से अध्ययन भी किया गया है। ऐसा लगता है कि फिलहाल यह उपवास पर है। पिछले कई दशकों में इसने कोई बड़ी दावत नहीं उड़ाई है। मगर यदि एक अच्छा भोजन मिल गया तो यह फिर से सक्रिय हो उठेगा।

ऐसे भी दावे किए गए हैं कि आकाशगंगा में एक और

छोटा ब्लैक होल है हालांकि इसके प्रमाण एकदम पुख्ता नहीं हैं। यह भी कहते हैं कि बड़ा वाला ब्लैक होल छोटे वाले को चट कर गया है।

जब निहारिकाओं की टक्कर होती है, तब उनके केंद्रों में स्थित ब्लैक होल्स भी आपस में टकरा सकते हैं। ऐसा माना जा रहा है कि इस टक्कर में एक या दोनों ब्लैक होल को बाहर रास्ता दिखा दिया जाएगा और वह खुले अंतरिक्ष में चल पड़ेगा।

एक विचार यह है कि निहारिकाओं के अस्तित्व के लिए ब्लैक होल का होना ज़रूरी है; कुछ खगोल शास्त्री तो मानते हैं कि निहारिका के निर्माण की शुरुआत के लिए ब्लैक होल का होना अनिवार्य है। हालांकि कुछ निहारिकाएं ऐसी हैं जिनमें लगता है कि ब्लैक होल नहीं है। बहरहाल, चाहे निहारिकाओं के अस्तित्व के लिए ब्लैक होल अनिवार्य न हों, मगर समूचे ब्रह्मांड की हमारी समझ के लिए ब्लैक

होल की उपस्थिति महत्वपूर्ण है।

एक विचार है कि ये उन रहस्यमयी ब्रह्मांडीय 'लॉदों' के लिए जवाबदेह हो सकते हैं, जो शुरुआती ब्रह्मांड में बिखरे हुए थे। यह भी हो सकता है कि ब्लैक होल्स ही चमकदार क्वासर्स और अधिकांश उच्च-ऊर्जा ब्रह्मांडीय विकिरण के ऊर्जा-स्रोत हों। वाष्पीकृत होते ब्लैक होल्स अतिरिक्त विमाओं का सुराग भी दे सकते हैं। यह भी कहा जा रहा है कि ये ब्लैक होल प्रयोगों के लिए उम्दा पार्टिकल एक्सलरेटर का काम भी कर सकते हैं। लार्ज हैज़ॉन कोलाइडर इनके सामने बच्चा साबित होगा। सिद्धांतविद तो यहां तक दावा करते हैं कि लंबी-लंबी अंतरिक्ष यात्राओं में ऊर्जा के लिए ब्लैक होल्स के गुरुत्वाकर्षण का इस्तेमाल संभव है। और, यही दैत्याकार ब्लैक होल्स हमें ब्रह्मांड की खोजबीन करने और उसे समझने में मदद कर सकते हैं। (स्रोत फीचर्स)

अगले अंक में

- समुद्री बैक्टीरिया - एक महाजीव
- चलने-दौड़ने का सही तरीका
- वर्षा, सरकारें और मौलिक कर्तव्य
- मिठास सिर्फ शकर से नहीं होती
- राजनैतिक शोरगुल में डूबता मौसम विज्ञान
- घरेलू उपकरणों में ऊर्जा बचत की संभावना

