# पृथ्वी के विकास की प्रमुख घटनाएँ

एस.मोहन कुमार

**इस ब्रह्माण्ड में अचर कुछ नहीं है। परिवर्तन एक पल में हो सकता है या इसमें लाखों-करोड़ों वर्ष लग सकते हैं। पृथ्वी के इतिहास के सन्दर्भ में 'विकास' शब्द का उपयोग हम उन प्रमुख घटनाओं के क्रम के तौर पर करते हैं जिन्होंने हमारे ग्रह को ढाला है। इसके तहत हम यह देखते हैं कि ग्रह का क्रमिक विकास होते-होते वह वर्तमान जटिल रूप तक कैसे पहुँचा।**

हमारा छोटा-सा ग्रह सौर मण्डल के अन्य ग्रहों के साथ-साथ क़रीब 4.6 अरब वर्ष पहले बना था (1 अरब का मतलब है $10^9$ वर्ष)। पृथ्वी वैज्ञानिक इस लम्बी अवधि को खण्डों में बाँटते हैं जो पृथ्वी के वैकासिक इतिहास के लिए समयगत सन्दर्भ उपलब्ध कराते हैं। इस समयगत विभाजन में बड़ी-बड़ी अवधियों को कल्प (eons) कहते हैं। प्रत्येक कल्प को छोटी-छोटी अवधियों में बाँटा जाता है जिन्हें युग (eras) कहते हैं और उससे भी छोटी अवधियों को काल (periods) वग़ैरह में विभाजित किया जाता है (**तालिका-1 देखें**)।

| कल्प | युग | आज से कितना पहले (समयावधि) |
|---|---|---|
| प्रिकैम्ब्रियन | हैडियन | 400 करोड़ वर्ष से 460 करोड़ वर्ष (60 करोड़ वर्ष) |
| | आर्कियन | 250 करोड़ वर्ष से 400 करोड़ वर्ष (150 करोड़ वर्ष) |
| | प्रोटेरोज़ोइक | 54 करोड़ वर्ष से 250 करोड़ वर्ष (196 करोड़ वर्ष) |
| फेनेरोज़ोइक | पैलियोज़ोइक | 25.2 करोड़ से 54 करोड़ वर्ष (28.8 करोड़ वर्ष |
| | मीसोज़ोइक | 6.6 करोड़ वर्ष से 25.2 करोड़ वर्ष (18.6 करोड़ वर्ष) |
| | सीनोज़ोइक | वर्तमान से 6.6 करोड़ वर्ष (6.6 करोड़ वर्ष) |

**तालिका-1** भूगर्भीय समय रेखा (यह ध्यान रखें कि यहाँ दिए गए आँकड़े भविष्य में बदल भी सकते हैं)।

## प्रीकैम्ब्रियन कल्प

यह कल्प भूगर्भीय समय का सबसे पहला खण्ड है और पृथ्वी के इतिहास के 88 प्रतिशत भाग में फैला है। यह ग्रह के निर्माण (लगभग 4.6 अरब वर्ष पूर्व) के साथ शुरू हुआ था और लगभग 54 करोड़ वर्ष पूर्व बहु-कोशिकीय जीवों के विविधीकरण तक चला था। इस घटना को कैम्ब्रियन विस्फोट कहते हैं जो फेनेरोज़ोइक कल्प की शुरुआत में कैम्ब्रियन काल में हुआ था।

सौर मण्डल के सारे ग्रह एक बादल (nebula) से बने थे – यह नेबुला धूल, हाइड्रोजन, हीलियम तथा अन्य आयनीकृत गैसों का एक अन्तरतारकीय बादल था। इस बादल का व्यास चन्द प्रकाश वर्ष के बराबर था और यह नव-निर्मित युवा सूरज के इर्द-गिर्द घूर्णन कर रहा था। बादल में उपस्थित छोटे-छोटे कण साथ आते गए और बड़े पिण्डों का निर्माण होने लगा जिन्हें प्लेनेटॉइड (planetoids) कहते हैं। प्लेनेटॉइड्स कंकड़, पत्थर, चट्टानों और गिट्टी से बने थे। धीरे-धीरे ये इतने बड़े हो गए कि ये गुरुत्व बल से ज़्यादा-से-ज़्यादा पदार्थ को अपनी ओर खींच सकते थे। विशाल टक्कर परिकल्पना (**The Giant Impact Hypothesis**) के मुताबिक़ हमारा चन्द्रमा लगभग 4.5 अरब वर्ष पूर्व बना था जब पृथ्वी को अस्तित्व में आए देर नहीं हुई थी। तक़रीबन मंगल के बराबर का कोई पिण्ड (जिसे थीया नाम दिया गया है) पृथ्वी से टकराया था और टक्कर के फलस्वरूप मलबे का एक विशाल ग़ुबार उड़ा था। इस मलबे के कण पास आते गए और यह पिण्ड बड़ा होते-होते चाँद बन गया।

**(क) हैडियन युग :** प्रीकैम्ब्रियन कल्प का सबसे प्रारम्भिक युग है जो लगभग 60 करोड़ वर्षों में फैला था। हैडियन युग को बहुत अच्छे से समझा नहीं जा सका है क्योंकि अध्ययन के लिए इस अवधि की कोई चट्टान बची नहीं है। सम्भवतः हैडियन युग जीवन के लिहाज़ से काफ़ी भयानक रहा होगा। उस समय अन्तरिक्ष में कहीं ज़्यादा तादाद में धूमकेतु, उल्काएँ और क्षुद्र ग्रह थे। ये अकसर पृथ्वी से

**चित्र-1 :** चन्द्रमा के निर्माण की व्याख्या के लिए महाटकराव परिकल्पना।

Credits: NASA/JPL-Caltech, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Artist%27s_concept_of_collision_at_HD_172555.jpg. License: CC-BY.

टकरा जाते थे और काफ़ी गर्मी उत्पन्न करते थे। चन्द्रमा और अन्य ग्रहों पर पाए जाने वाले असंख्य गड्ढे सौर मण्डल के शैशव काल की परिस्थितियों के गवाह हैं। विकास के इस चरण में पृथ्वी तथा अन्य ग्रह पिघली अवस्था में रहे होंगे (**देखें चित्र-2**)।

**बॉक्स-1 : केन्द्रक-पूर्व बनाम सत्यकेन्द्रकीय**

केन्द्रक-पूर्व और सत्यकेन्द्रकीय जीवों के बीच बुनियादी अन्तर है। सत्यकेन्द्रकीय जीवों की कोशिकाओं में जहाँ एक केन्द्रक और अन्य झिल्लीबन्द रचनाएँ होती हैं जिन्हें कोशिकांग कहते हैं, वहीं केन्द्रक-पूर्व कोशिकाओं में इनका अभाव होता है। केन्द्रक-पूर्व जीव पृथ्वी पर प्रथम जीव थे। ये 390 करोड़ पूर्व से 250 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच प्रकट हुए थे। कई करोड़ वर्षों तक यही पृथ्वी पर जीवन के एकमात्र रूप रहे। जटिल संरचना और बड़े आकार वाले सत्यकेन्द्रकीय जीव इसके बहुत बाद में अस्तित्व में आए थे।

इस युग का वायुमण्डल आजकल के वायुमण्डल, जिसमें हम साँस लेते हैं, से काफ़ी भिन्न रहा होगा। मीथेन, अमोनिया तथा अन्य गैसों से निर्मित यह अवकारक वायुमण्डल आजकल के लगभग समस्त जीवन के लिए विषैला रहा होगा। समय के साथ, धरती धीरे-धीरे ठण्डी हुई। भारी पिघला हुआ लोहा ग्रह के केन्द्र में बैठ गया जो ग्रह का कोर बना। दूसरी ओर हल्के पदार्थ उठकर सतह पर आ गए और ठण्डे होकर पर्पटी बने। पूरे हैडियन युग में पृथ्वी और चन्द्रमा दोनों पर बाहरी पिण्डों की बमबारी होती रही।

**(ख) आर्कियन युग :** यह युग 400 करोड़ पूर्व से 250 करोड़ वर्ष पूर्व तक चला था। इस युग में पृथ्वी के वायुमण्डल में मुक्त ऑक्सीजन की मात्रा बहुत कम थी। उस समय के उच्च तापमान के चलते पृथ्वी के वायुमण्डल का सारा पानी वाष्प के रूप में था। इस युग के उत्तरार्ध में कुछ बैक्टीरिया ने कार्बन डाईऑक्साइड और पानी से शर्करा के अणु बनाने के लिए सूर्य के प्रकाश के दोहन के तरीक़े विकसित कर लिए थे, ठीक उसी तरह जैसे आजकल के हरे पौधे करते हैं। ये बैक्टीरिया इस क्रिया के अपशिष्ट पदार्थ के रूप में ऑक्सीजन को वायुमण्डल में छोड़ने लगे थे। इसका परिणाम यह हुआ कि वायुमण्डल में धीरे-धीरे ऑक्सीजन की मात्रा बढ़ने लगी। जैसे-जैसे पृथ्वी ठण्डी होती गई, वायुमण्डल की जलवाष्प संघनित होकर मूसलाधार बारिश के रूप में बरसने लगी। इस बारिश ने धरती पर मौजूद गड्ढों को भरकर शुरुआती समुद्रों का निर्माण किया। हालाँकि यह काफ़ी तीखी बहस का विषय रहा है लेकिन अधिकांश वैज्ञानिक जीवन की उत्पत्ति को पृथ्वी के विकास की एक स्वाभाविक घटना मानते हैं। सबसे पुराने जीवाश्म स्ट्रोमेटोलाइट नामक चट्टानों में मिले हैं और ये 3.8 अरब वर्ष पूर्व के एक-कोशिकीय केन्द्रक-पूर्व (प्रोकैरियोट्स) जीवों की कॉलोनियों के हैं। सायनोबैक्टीरिया कहलाने वाले ये जीव प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से ऊर्जा प्राप्त करते हैं (**देखें चित्र-3**)। ये एक-कोशिकीय जीव लगभग आजकल के बैक्टीरिया जैसे ही थे और माना जाता है कि जैव-मण्डल का आरम्भ और विकास इन्हीं के साथ शुरू हुआ था।

**(ग) प्रोटेरोज़ोइक युग :** यह युग लगभग 250 करोड़ वर्ष पूर्व से लेकर 54 करोड़ वर्ष

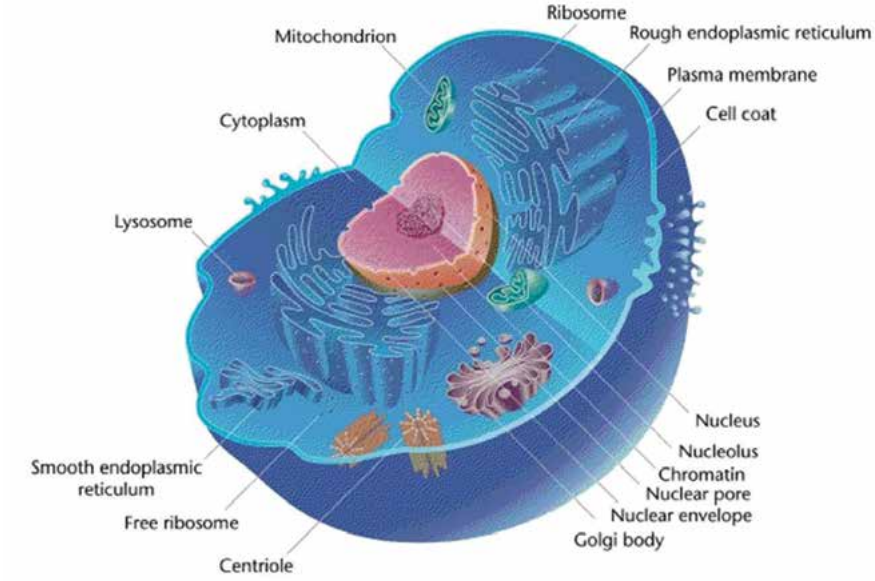
**चित्र-2 :** हैडियनकालीन पृथ्वी पर लगातार धूमकेतुओं, उल्काओं और क्षुद्र ग्रहों की बौछार होती रहती थी।

Credits: Tim Bertelink, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hadean#/media/File:Hadean.png. License: CC-BY-SA.

**चित्र-3 :** आधुनिक स्ट्रोमेटोलाइट्स।

Credits: Happy Little Nomad, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stromatolites_in_Shark_Bay.jpg. License: CC-BY-SA.

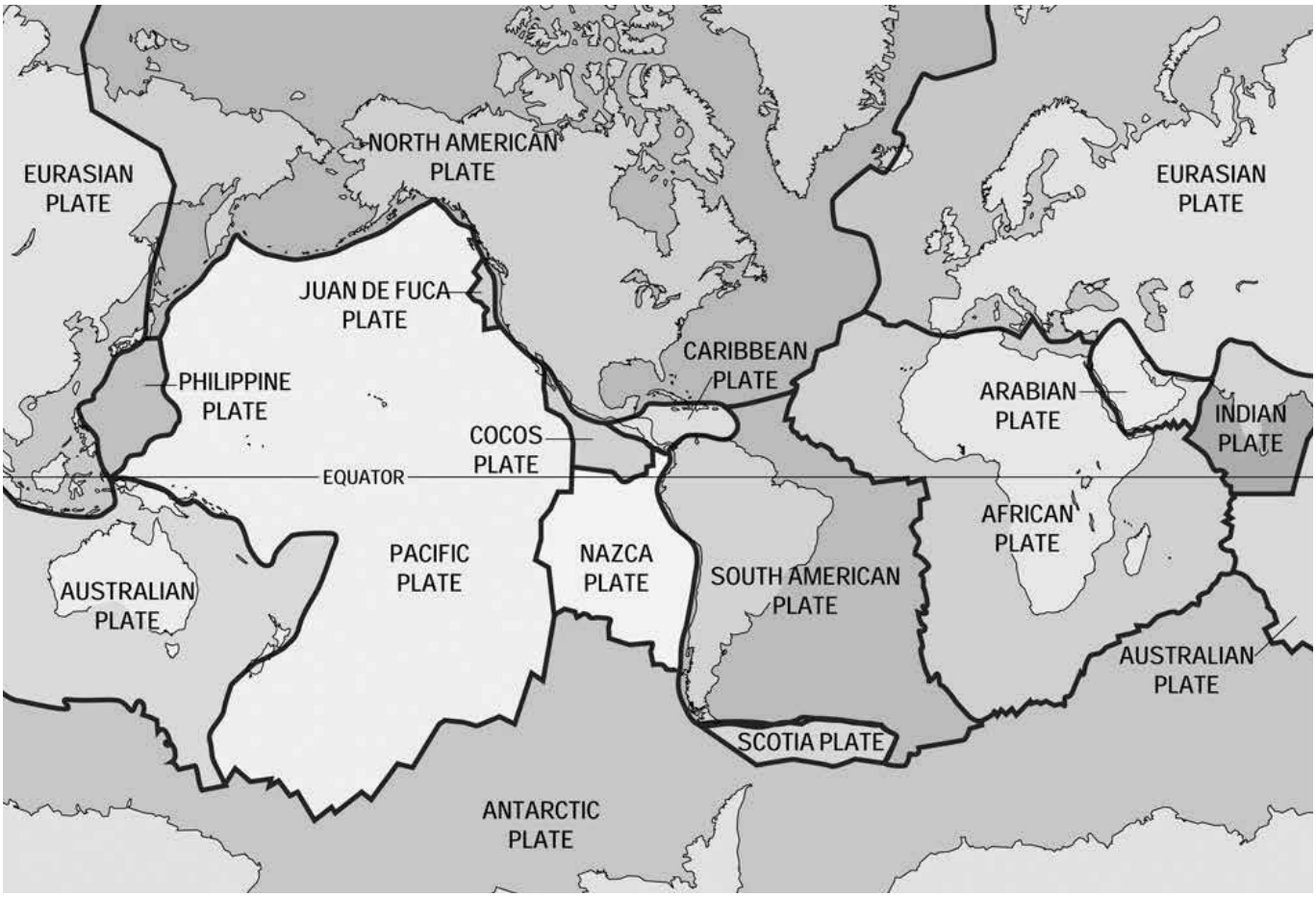
पूर्व तक रहा। इस युग में दो हिमयुग हुए – एक 240 करोड़ से 210 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच और दूसरा 72 करोड़ से 63.5 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच। लगभग 200 करोड़ वर्ष पूर्व स्पष्ट सत्यकेन्द्री जीव (यूकैरियोट्स) प्रकट हुए थे (**देखें चित्र-4**)। तक़रीबन 180 करोड़ वर्ष पूर्व वायुमण्डल ऑक्सीकारक हो गया था। ऐसा माना जाता है कि समुद्री सायनोबैक्टीरिया, जो 2.3 अरब वर्ष पूर्व से भी पहले बहु-कोशिकीय जीवों में विकसित हो गए थे, वे पहले सूक्ष्मजीव थे जो प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से ऑक्सीजन पैदा करने लगे थे। यह ऑक्सीजन वायुमण्डल में पहुँचने लगी थी। निरन्तर हो रहे जैविक विकास तथा उसके परिणामस्वरूप बढ़ती जैविक गतिविधियों के फलस्वरूप वायुमण्डल में ऑक्सीजन की मात्रा जो 1 प्रतिशत से भी कम थी, बढ़ते-बढ़ते लगभग 50 करोड़ वर्ष पूर्व 21 प्रतिशत हो गई। उपलब्ध जीवाश्म प्रमाणों से पता चलता है कि इस युग के अन्तिम 10 करोड़ वर्षों में जटिल, मुलायम शरीर वाले बहु-कोशिकीय जीव यानी मेटाज़ोअन्स पहली बार प्रकट हुए थे। प्रीकैम्ब्रियन कल्प की समाप्ति तक ये काफ़ी आम हो गए थे। चूँकि उस समय कोई शिकारी नहीं थे, इसलिए इन मेटाज़ोअन्स के शरीर में कोई सख़्त हिस्से नहीं थे और इसलिए इन्होंने बढ़िया जीवाश्म नहीं छोड़े हैं। सजीवों के इस समूह को एडियाकारा जन्तुसमूह (**Ediacara fauna**) कहते हैं क्योंकि इनकी खोज सबसे पहले ऑस्ट्रेलिया के एडियाकारा पर्वतों में हुई थी।




**चित्र-4 :** आधुनिक सत्यकेन्द्रकीय जीव अपने वंशजों से आज से क़रीब 185 करोड़ वर्ष पूर्व विकसित हुए थे।

Credits: Mediran, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eukaryotic_Cell_(animal).jpg. License: CC-BY-SA.

प्लेट टेक्टोनिक्स (**Plate tectonics**) यानी प्लेट हलचल बीसवीं सदी की सबसे




**चित्र-5 :** प्लेट टेक्टोनिक्स के अनुसार पृथ्वी का स्थलमण्डल सात विशाल तथा अनगिनत छोटी-छोटी प्लेट्स में बँटा है।

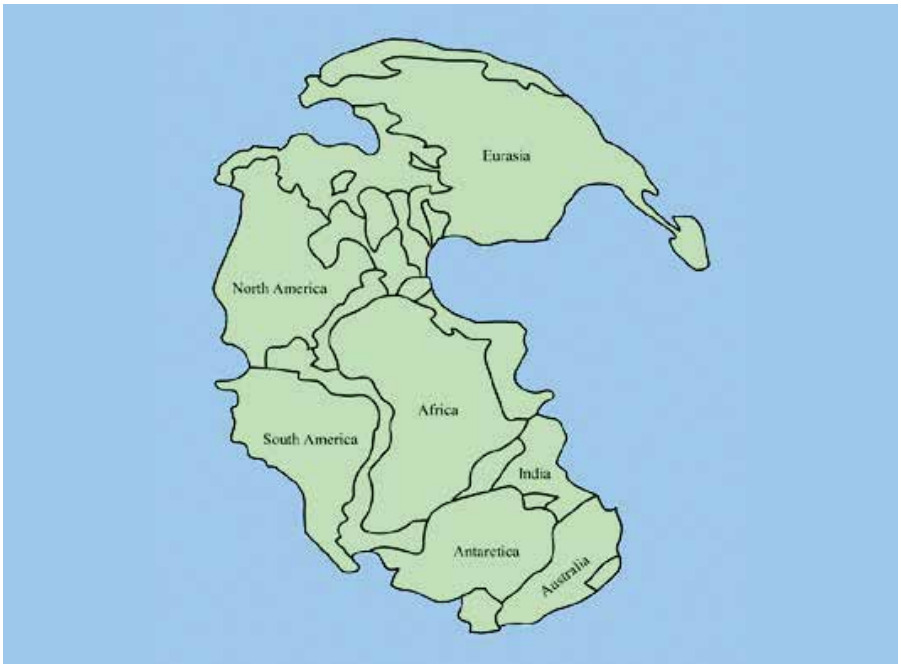
Credits: IMeowbot~commonswiki, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_tectonic_plate_map_large.png. License: CC-BY.

महत्त्वपूर्ण खोजों में से एक थी। यह एक आधुनिक सिद्धान्त है जिसका विकास एक पूर्ववर्ती अवधारणा [महाद्वीपीय सरकाव या प्रवाह (**continental drift**)] – के आधार पर हुआ है। आज यह सिद्धान्त व्यापक रूप से स्वीकार किया जाता है और इसने लगभग पूरी तरह महाद्वीपीय सरकाव की पूर्व अवधारणा का स्थान ले लिया है। प्लेट हलचल सिद्धान्त के मुताबिक़ पृथ्वी का अपेक्षाकृत सख़्त लिथोस्फ़ीयर सात बड़ी-बड़ी और कई सारी छोटी-छोटी स्वतंत्र प्लेट्स में बँटा है जो नीचे स्थित आंशिक रूप से पिघले हुए मैंटल पर स्वतंत्र रूप से तैरती हैं और अलग-अलग दिशाओं में गति करती हैं। यह गति बहुत धीमी रफ्तार से होती है – लगभग आपके नाखुनों की बढ़ने की रफ्तार से (**देखें चित्र-5**)।

इन लिथोस्फ़ेरिक प्लेट्स की गति (महाद्वीपों की गति नहीं, जैसा कि पहले माना जाता था) के परिणामस्वरूप करोड़ों वर्षों में धरती के भूगोल में उल्लेखनीय परिवर्तन आते हैं। धरती की अधिकांश गतिविधियाँ (भूकम्प, ज्वालामुखी, पर्वतों का उभरना वग़ैरह) मूलतः इन प्लेट्स की सरहदों पर घटती हैं। पृथ्वी वैज्ञानिक (भूगर्भ वैज्ञानिक) मानते हैं कि पृथ्वी के बाहरी कवच में प्लेट्स की यह हलचल 300 करोड़ वर्ष पूर्व से भी पहले शुरू हुई थी।

प्लेट टेक्टोनिक्स की खोज के बाद भूविज्ञान में सबसे महत्त्वपूर्ण बात यह सामने आई है कि पृथ्वी के इतिहास में समय-समय पर सुपर-महाद्वीपों का विकास हुआ है। सुपरमहाद्वीप तब बनता है जब पृथ्वी के सारे या अधिकांश महाद्वीपीय खण्ड जुड़कर एक बड़ा भूभाग बना लेते हैं। पृथ्वी के इतिहास में ये सुपरमहाद्वीप खण्डित हुए और ये नए महाद्वीपीय खण्ड बहकर दूर-दूर निकल गए और एक नए भूगोल का निर्माण हुआ। हम जानते हैं कि आज महाद्वीपों की जो भौगोलिक जमावट दिख रही है, वह लिथोस्फ़ीयर की प्लेट्स की हलचल के लम्बे इतिहास में एक अस्थाई जमावट ही है।

प्रीकैम्ब्रियन कल्प में क़रीब 310 करोड़ वर्ष पूर्व उर (**Ur**) एक सुपरमहाद्वीप था। कोलम्बिया एक और सुपरमहाद्वीप था जो 250 से 160 करोड़ वर्ष पूर्व निर्मित हुआ था। एक अन्य सुपरमहाद्वीप रोडिनिया 100 करोड़ से 75 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच अस्तित्व में रहा था। पैनोशिया एक सुपरमहाद्वीप था जो प्रीकैम्ब्रियन कल्प के अन्त में लगभग 65 करोड़ वर्ष पूर्व विद्यमान रहा था। पैंजिया एक और सुपरमहाद्वीप था जो 30 करोड़ वर्ष पूर्व अस्तित्व में था और 23 करोड़ वर्ष पूर्व टूटने लगा था (**देखें चित्र-6**)।




**चित्र-6 :** पैंजिया – पृथ्वी के बदलते भूगोल के दौरान बने कई सुपरमहाद्वीपों में से एक।

Credits: Paul Sherman, WPClipart. URL: http://www.wpclipart.com/geography/plate_teutonics/Pangea_USGS.png.html. License: Public Domain.

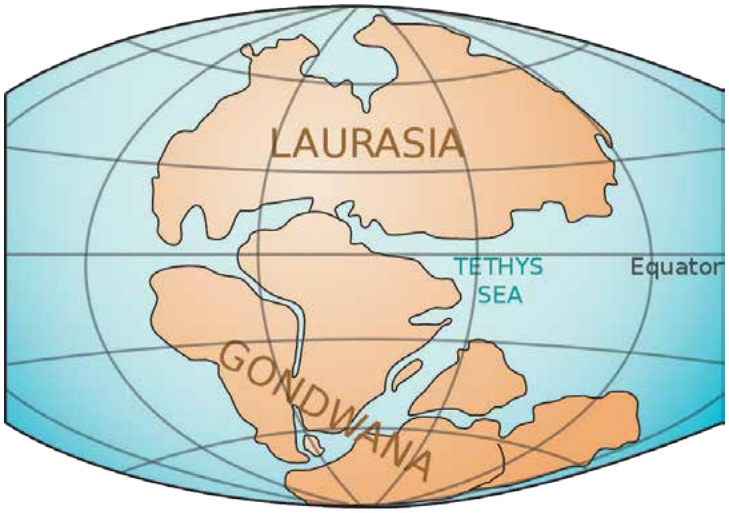
अन्तिम ज्ञात सुपरमहाद्वीप गोण्डवाना था जो आजकल के अफ़्रीका, भारत, मैडागास्कर, ऑस्ट्रेलिया और अंटार्कटिका से मिलकर बना था (**देखें चित्र-7**)। पृथ्वी के इतिहास के अलग-अलग कालखण्डों में सुपरमहाद्वीप बने और टूटे हैं। इसे सुपरमहाद्वीप चक्र कहते हैं और अनगिनत अध्ययनों से पता चला है कि इसने लिथोस्फ़ीयर, जलमण्डल, वायुमण्डल और जैवमण्डल के विकास को प्रभावित किया है।

## फेनेरोज़ोइक (Phanerozoic) कल्प

फेनेरोज़ोइक नाम प्राचीन यूनानी शब्दों फेनेरोस (phanerós) और ज़ो (zoe) से मिलकर बना है जिसका अर्थ होता है दृश्य जीवन। यह किसी समय की इस समझ पर आधारित है कि जीवन इस कल्प के कैम्ब्रियन युग में शुरू हुआ था। इस कल्प का लक्षण है सख़्त भागों वाले जीवों का प्रकट होना (ऐसे भाग जिनका जीवाश्म के रूप में परिरक्षण हो सकता है, जबकि इसके पहले के युगों के जीवों के मात्र रासायनिक अवशेष और जीवाश्म ही बच पाते हैं)। फेनेरोज़ोइक कल्प को तीन युगों में बाँटा गया है।

**(क) पैलियोज़ोइक (Paleozoic) युग** : यह फेनेरोज़ोइक कल्प का सबसे पुराना और सबसे लम्बा युग है। यह लगभग 28.8 करोड़ वर्षों में फैला है। इस युग को छह भूगर्भीय अवधियों में बाँटा गया है : कालक्रम में ये हैं कैम्ब्रियन, ओर्डोविशियन, सायलुरियन, डोवोनियन, कार्बोनिफ़ेरस और पर्मियन। पैलियोज़ोइक युग की शुरुआत प्रथम कंकालयुक्त या कवचयुक्त जन्तुओं (सख़्त भागों वाले प्रथम जीव) के अवतरण के साथ मानी जाती है। प्रारम्भिक पैलियोज़ोइक में वायुमण्डलीय $CO_2$ का स्तर दस गुना ज़्यादा था। समुद्र तल आज की तुलना में कहीं अधिक ऊँचा था और इस युग के अन्त तक वह आजकल के स्तर पर पहुँच चुका था। 45 करोड़ से 42 करोड़ वर्ष पूर्व की अवधि में पृथ्वी तीसरे हिमयुग की गिरफ़्त में रही – यह बात चट्टानों में विभिन्न कालखण्डों के ग्लेशियल डिपॉज़िट्स से पता चली है।

इस काल के बाद उथले समुद्रों ने महाद्वीपों के अन्दरूनी भागों में प्रवेश किया। इससे पहले के जंगलों में लायकोप्सिड वनस्पति समूह की बहुतायत थी; काष्ठीय वनस्पति का विकास क़रीब 42 करोड़ वर्ष पूर्व हुआ था। इन पौधों के संग्रह और आगे चलकर इनके रूपान्तरणों से ही दुनिया के विभिन्न इलाकों में पाए जाने वाले कोयले के भण्डार बने हैं (**देखें चित्र-8**)। जीवाश्म रिकॉर्ड बताते हैं कि इस युग में समुद्रों में वे जीव सर्वप्रथम प्रकट हुए थे जिनके सख़्त खनिजीकृत अंग थे, जिन्हें चट्टानों में जीवाश्म के रूप में परिरक्षित किया जा सकता था। इसके बाद अचानक इनकी संख्या बढ़ी। इस युग के अधिकांश जीवाश्म ट्रायलोबाइट्स, ब्रेकियोपोड्स, चट्टान बनाने




**चित्र-7 :** गोण्डवाना – पृथ्वी के इतिहास में बना आख़िरी ज्ञात सुपर महाद्वीप।

Credits: LennyWikidata, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laurasia-Gondwana.svg. License: CC-BY.

**चित्र-8 :** लायकोपोड्स (जैसे क्लब मॉस) सबसे पुराने जीवित संवहनी पौधे हैं।

Credits: Mokkie, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Club_Moss_(Lycopodium_carinatum)_1.jpg. License: CC-BY-SA.

वाले आर्कियोसायथिड्स और छोटे-छोटे समुद्री कवचधारी जीवों के हैं (**देखें चित्र-9**)। जैसा कि पहले कहा गया था, कैम्ब्रियन कालखण्ड में 54-52 करोड़ वर्ष पूर्व के दौरान सम्भवतः एक ही पूर्वज से, जीव-रूपों का प्रसार और विविधीकरण कैम्ब्रियन विस्फोट के नाम से जाना जाता है। उस समय तक सारे ज्ञात फायलम (संघ) प्रकट हो चुके थे। इस विस्फोट ने अधिकांश आधुनिक समुद्री अकशेरुकी जन्तु समूहों के प्रतिनिधियों को जन्म दिया। इस समय कोई वनस्पति नहीं थी, इसलिए अधिकांश भूभाग, जो उस समय दक्षिणी गोलार्ध में सिमटा था, सूखी चट्टानों या सूक्ष्मजीवी भूपर्पटी से ढँका था। 44 करोड़ वर्ष पूर्व का समय एक महाविलोप का गवाह था, जब कुछ जीव-समूहों की समस्त प्रजातियों में से 86 प्रतिशत पृथ्वी से गायब हो गई थीं। इसे ओर्डोविशियन-सायलुरियन विलोप कहते हैं।

इसी युग के दौरान लिथोस्फ़ेरिक प्लेट्स की टक्कर के परिणामस्वरूप एपालेचियन, उराल और मंगोलिया के पर्वतों का निर्माण हुआ था। इस युग के अन्तिम दौर में पृथ्वी पर पहली आधुनिक वनस्पति (शंकुधारी या कोनीफर्स) प्रकट हुई थी तथा समुद्रों में मोलस्क (सीप, घोंघा वग़ैरह) व आर्थ्रोपोड्स (सन्धिपाद जन्तु) का बोलबाला था। कशेरुकी जन्तुओं का प्रादुर्भाव इस युग की एक उल्लेखनीय घटना थी।

41.5 करोड़ से लेकर 35.5 करोड़ वर्ष पूर्व की अवधि में समुद्रों में विभिन्न क़िस्म की मछलियाँ अस्तित्व में आई थीं। लोब पंख वाली मछलियाँ (जो उभयचर जीवों और शुरुआती साँपों की पूर्वज मानी जाती हैं) इसी युग में अस्तित्व में आई थीं। इसी वजह से धरती के इतिहास के इस युग को मत्स्य युग कहते हैं। मछलियों के प्रादुर्भाव का एक असर यह हुआ कि ट्रायलोबाइट समेत समुद्री जीवों के कुछ आदिम समूहों की 75 प्रतिशत प्रजातियाँ विलुप्त हो गईं।

36 से 26 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच पृथ्वी चौथे हिम युग की गवाह रही थी। लगभग 25 करोड़ वर्ष पूर्व एक बड़ा महा-विलोप हुआ था जिसने उस समय जीवित लगभग 95 प्रतिशत प्रजातियों को गम्भीर रूप से प्रभावित किया था। इनमें टेबुलेट कोरल्स

**चित्र-9 :** पैलियोज़ोइक युग के जीवाश्म - ट्राइलोबाइट्स (क), ब्रैकियोपोड्स (ख) और आर्कियोसाएनेथिड्स (ग)

(क) Tim Evanson, Smithsonian Museum of Natural History - 2012-05-17, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/timevanson/7282110704. License: CC-BY-SA.

(ख) Didier Descouens, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Liospiriferina_rostrata_Noir.jpg. License: CC-BY-SA.

(ग) James St. John, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/33735733981. License: CC-BY.

**चित्र-10 :** डायनासौर मीसोज़ोइक युग में प्रकट हुए थे।

Credits: Gerhard Boeggemann, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europasaurus_holgeri_Scene_2.jpg. License: CC-BY-SA.

और उस समय के अधिकांश वृक्ष शामिल थे। महामृत्यु (**Great Dying**) कहलाने वाली इस घटना में पृथ्वी पर से जन्तुओं और वनस्पतियों के कई शुरुआती रूप गायब हो गए थे।

**(ख) मीसोज़ोइक युग :** इस युग में एक के बाद एक तीन काल थे – ट्रायएसिक, जुरासिक और क्रिटेशियस। मीसोज़ोइक युग 25.22 करोड़ वर्ष पहले शुरू हुआ था और लगभग 18.62 करोड़ वर्ष चला। आजकल जो महाद्वीप हम देखते हैं, वे इस युग के अन्त में अपनी वर्तमान स्थितियों की ओर गति करने लगे थे। वर्तमान में वनस्पतियों और जन्तुओं के जो प्रमुख समूह अस्तित्व में हैं, वे पृथ्वी के इतिहास के इसी दौर में विकसित हुए थे। इसे सरिसृपों का काल (**age of reptiles**) भी कहते हैं। इसी युग में डायनासौर भी प्रकट होने लगे थे। यह 25 करोड़ वर्ष पहले हुए महाविलोप की घटना के क़रीब 2 करोड़ वर्ष बाद हुआ था। ज़मीनी जीवन में तेज़ी से विविधता पैदा हुई और युग के अन्त में धरती पर विशालकाय सरिसृप, डायनासौर और अन्य महाकाय जन्तु विचरते थे। एक और महाविलोप क़रीब 20 करोड़ वर्ष पूर्व हुआ था, जब 20 प्रतिशत समुद्री प्रजातियाँ और कई ज़मीनी कशेरुकी जीव धरती पर से समाप्त हो गए थे। ऐसा माना जाता है कि इस युग के अन्त में 10 कि.मी. व्यास का एक क्षुद्र ग्रह पृथ्वी से टकराया था तथा एक और महाविलोप हुआ था। इस दौरान डायनासौर तथा कई अन्य ज़मीनी जन्तु समूह विलुप्त हो गए थे (**देखें चित्र-10**)। समुद्री जगत में, सारे एमोनाइट्स, रीफ़ बनाने वाले बाई-वाल्व्स और समुद्री सरिसृप भी मारे गए थे।

**(ग) सीनोज़ोइक युग :** नवजीवन का युग : यह युग पिछले 6.6 करोड़ वर्ष में फैला रहा है। इस युग में, सूखने और शीतलन के रुझान के चलते अन्तिम हिम युग अस्तित्व में आया था – इसे क्वार्टनरी ग्लेसिएशन कहते हैं। यह 25.8 लाख वर्ष पूर्व शुरू हुआ था। ध्रुवीय हिम टोपियाँ (ice caps) और उत्तरी गोलार्ध के महाद्वीपीय बर्फ़ीले आवरण फैलकर 40 डिग्री अक्षांश तक फैल गए। इसके अलावा उत्तर व दक्षिण अमेरिका, यूरोप, एशिया और अंटार्कटिका में यह बर्फ़ीला आवरण बार-बार

मोटा होता रहा। इस हिम युग के चरमोत्कर्ष पर पृथ्वी की 30 प्रतिशत सतह ग्लेशियल बर्फ़ से ढँकी हुई थी। ग्लेसिएशन का एक मुख्य परिणाम यह हुआ था कि दुनिया भर में औसत समुद्र तल में गिरावट आई थी। मीसोज़ोइक युग के अन्तिम दौर में डायनासौर के विलोप ने स्तनधारियों के विविधीकरण का मार्ग प्रशस्त किया और सीनोज़ोइक युग में कई स्तनधारी काफ़ी बड़े हो गए थे। पृथ्वी की जो सतह बर्फ़ से नहीं ढँकी थी, वहाँ बड़े-बड़े स्तनधारियों (जैसे मैमथ, मैस्टोडोन्स वग़ैरह), पक्षियों (बड़े उड़ानविहीन पक्षियों समेत) और फूलधारी पेड़-पौधों के प्रमुख समूह सामने आए थे। इस वजह से इस युग को स्तनधारी युग या पक्षी युग भी कहते हैं (**देखें चित्र-11**)।

इनमें से अधिकांश जन्तु ग्लेशियल अवधि के समाप्त होने के बाद क्वार्टनरी विलोप घटना के दौरान तक़रीबन 11,700 वर्ष पूर्व विलुप्त हो गए थे। अधिकांश वैज्ञानिक मानते हैं कि सारे आधुनिक मानव अफ़्रीका में डेढ़ से दो लाख वर्ष पूर्व रहने वाली एक छोटी-सी आबादी के वंशज हैं। आगे चलकर, क़रीब एक लाख वर्ष पूर्व आधुनिक मानव ने यूरोप व एशिया में प्रवास किया। भारतीय महाद्वीप यूरेशिया से टकराया, जिसके फलस्वरूप हिमालय का निर्माण हुआ था। अफ़्रीका और यूरोप की टक्कर के परिणामस्वरूप आल्प्स पर्वत अस्तित्व में आया था।

शुरुआती मानव सबसे पहले सम्भवतः 20 लाख से 18 लाख वर्ष पूर्व के बीच अफ़्रीका में प्रकट होकर यूरोप व एशिया में फैले थे। आधुनिक मानव की प्रजातियाँ विश्व के अन्य हिस्सों में काफ़ी समय बाद पहुँची थीं। खेती और पहली-पहली सभ्यताओं की शुरुआत पिछले 12,000 वर्षों में हुई। जिस भूगर्भीय काल में हम फिलहाल जी रहे हैं, उसे अनौपचारिक रूप से **एँथ्रोपोसीन** कहते हैं। इस नाम का महत्त्व यह है कि ग्रह के इतिहास में पहली बार मानवीय क्रियाकलाप ग्रह की परिस्थितियों पर असर डाल रहे हैं – इसे हम जलवायु परिवर्तन, समुद्र तल में वृद्धि, बढ़ते पर्यावरणीय ह्रास और वायु एवं जल प्रदूषण के रूप में महसूस कर रहे हैं।

पृथ्वी के इस संक्षिप्त विवरण के आधार पर हम जानते हैं कि हमारे ग्रह के स्थलमण्डल, वायुमण्डल, जलमण्डल और जैवमण्डल सतत परिवर्तनशील हैं और इन परिवर्तनों के असर लम्बे समय (करोड़ों सालों) में नज़र आते हैं। ये प्रक्रियाएँ निश्चित रूप से हमारे भविष्य और पृथ्वी पर सारे जीवन के भविष्य को प्रभावित करती रहेंगी।

**चित्र-11 :** सीनोज़ोइक युग की पहचान स्तनधारी थे (वुली मैमथ, एक्विड्स, वुली रायनोसिरस, युरोपियन केव लायन्स और रैनडीयर वग़ैरह)। इनमें विविधता बढ़ती गई और साइज़ बढ़ता गया।

Credits: The Public Library of Science, uploaded by FunkMonk, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ice_age_fauna_of_northern_Spain_-_Mauricio_Ant%C3%B3n.jpg. License: CC-BY-SA.

**Note:** Credits for the image used in the background of the article title: The Earth seen from Apollo 17.NASA/Apollo 17 crew; taken by Harrison Schmitt or Ron Evans, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg. License: CC-BY.

**एस. मोहन कुमार** तिरुवनन्तपुरम, केरल के मूल निवासी हैं। 1965 में भूगर्भ विज्ञान में एमएससी हासिल करने के बाद उन्होंने 1969-2001 तक केरल महाविद्यालयीन शिक्षा के विभिन्न महाविद्यालयों में अध्यापक के रूप में काम किया और शासकीय महाविद्यालय, नेदुमनगाड़ के प्राचार्य के रूप में सेवानिवृत्त हुए। उनसे one234ten@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

**अनुवाद :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

EarthViewer
A Free App for iPad and Android

Explore changes in the atmosphere, climate, biosphere, and lithosphere over billions of years!

BioInteractive.org/EarthViewer

CHANGING PLANET
Past, Present, Future

Series available online and on DVD at BioInteractive.org/changing-planet-past-present-future

# EARTH EVOLUTION

## The Intersection of Geology and Biology

The Earth is approximately 4.6 billion years old. Over this vast span of time, the planet has changed dramatically from an inhospitable sphere of molten rock to a diverse world rich with life. The world we live in today is the product of complex interactions between life and the environment.

Eons | Eras | Periods

PHANEROZOIC
- Cenozoic
  - Paleogene
  - Cretaceous
- Mesozoic
  - Jurassic
  - Triassic
- Paleozoic
  - Permian
  - Carboniferous
  - Devonian
  - Silurian
  - Ordovician
  - Cambrian

PROTEROZOIC
- Ediacaran
- Cryogenian

Ice Age
Snowball Earth
Snowball Earth
Rodinia breakup
Supercontinent Rodinia forms
Early supercontinent (Nuna)
Snowball Earth

At the beginning and end of the Proterozoic Eon, glaciers extended all the way to the equator. The ice eventually receded as greenhouse gases ejected by volcanoes accumulated in the atmosphere, warming the planet.

ARCHEAN
HADEAN

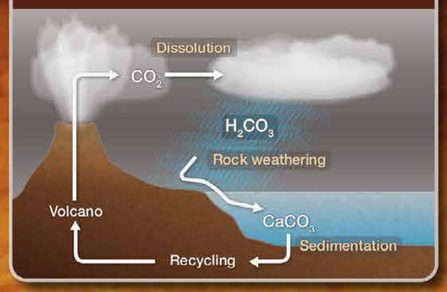
Earliest evidence for plate tectonic movements
Oldest rock
Earliest date for liquid water on Earth
Earth forms by accretion from solar dust cloud

### Mass Extinctions

There have been multiple mass extinctions during the course of Earth's history in which dominant organisms were wiped out, opening up new evolutionary possibilities for survivors. The mass extinction at the end of the Cretaceous Period 65 million years ago is thought to have been caused by the impact of a large (11 km) meteorite. Other mass extinctions, however, appear to reflect environmental perturbation caused by Earth processes such as volcanism and climate change.

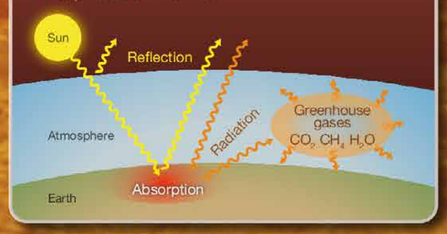
### Geologic Carbon Cycle

Volcanoes release carbon dioxide—a greenhouse gas—from the lithosphere into the atmosphere. Warmer temperatures accelerate rock weathering reactions, which remove carbon dioxide from the atmosphere. This cycle acts as a global thermostat.




### Greenhouse Effect

As sunlight warms the Earth, it re-radiates energy back to space. Greenhouse gases absorb this energy, resulting in further warming. Without the greenhouse effect, Earth would be too cold for life, but too much of it can create an inhospitable environment.




### Plate Tectonics

Earth's crust is composed of large plates that move in response to forces generated by convection of material in the underlying mantle. Plate movements have resulted in the formation of supercontinents such as Nuna, Rodinia, and Pangea, at different times in Earth's history.

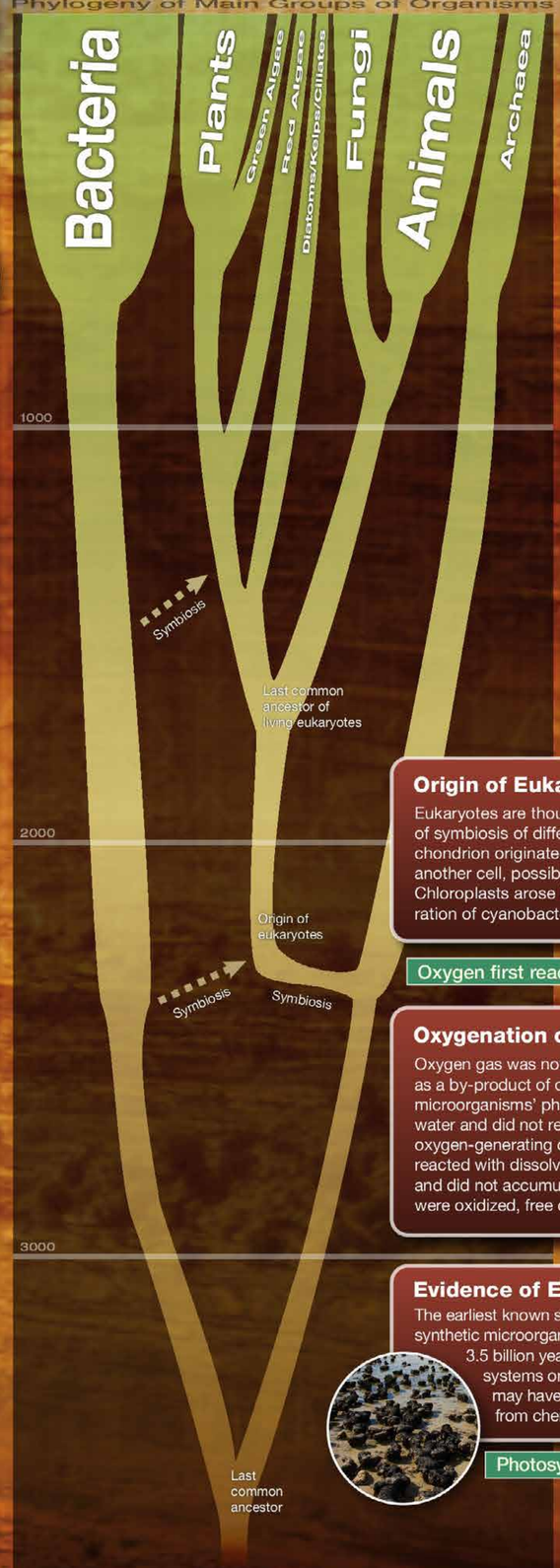
### Rock Types 101

**Igneous:** Form when molten materials cool and harden, either beneath the Earth's surface or in a volcanic eruption.

**Sedimentary:** Form at the Earth's surface when particles eroded from older rocks accumulate or when minerals from lake, river, or ocean water precipitate.

**Metamorphic:** Form when existing rocks are changed by heat and pressure.

Phylogeny of Main Groups of Organisms




Genus *Homo*
Dinosaur extinction; Mammalian dominance
Permian extinction
First land vertebrates
First land plants
Cambrian explosion
Ediacaran diversification of large animals

### Oxygen and Animal Size

Large active animals require high levels of oxygen. They did not evolve until the Ediacaran and Cambrian Periods, when oxygen rose to near-modern levels.

Origin of chloroplast by symbiosis
Oldest eukaryotic fossil

### Origin of Eukaryotes

Eukaryotes are thought to have arisen as a result of symbiosis of different prokaryotes. The mitochondrion originated as a bacterium captured by another cell, possibly a member of the Archaea. Chloroplasts arose later by the symbiotic incorporation of cyanobacteria into a eukaryotic host.

Oxygen first reaches significant (about 1% of current) levels

### Oxygenation of the Planet

Oxygen gas was not present in Earth's early atmosphere; it arose as a by-product of oxygenic photosynthesis. Initially, early microorganisms' photosynthetic reactions did not use water and did not release oxygen. Once oxygen-generating organisms evolved, oxygen reacted with dissolved iron and sulfide in the ocean and did not accumulate. After these compounds were oxidized, free oxygen started to accumulate.

### Evidence of Early Photosynthesis

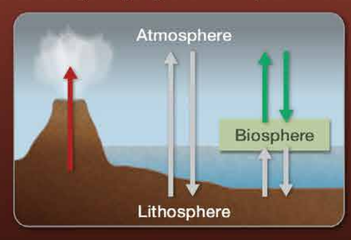
The earliest known stromatolites—layered deposits made by photosynthetic microorganisms—suggest that photosynthesis arose at least 3.5 billion years ago. Today, photosynthesis fuels most ecosystems on Earth, but Earth's earliest biological communities may have been driven by chemosynthesis, gaining energy from chemical reactions to form organic compounds.



Photosynthesis; Oldest fossils on Earth; Stromatolites
Oldest chemical signature of life

### Life and Chemical Cycling

All life depends on carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, sulfur, and phosphorous. These elements are abundant in the lithosphere and/or atmosphere and cycle between the two. Naturally occurring forms of sulfur and nitrogen cannot be used by living organisms. Early in Earth's history, microorganisms evolved mechanisms to extract these elements from the environment, allowing rapid growth of Earth's ecosystems (biosphere). These microbial mechanisms remain essential to life on Earth—billions of years later.




0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200 3400 3600 3800 4000 4200 4400 4600

Time Before Present (millions of years)

HHMI HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE
BioInteractive

Tell us how you use the poster: bitly.com/EarthPosterSurvey

**Photo Credits**

Acasta Gneiss: Chip Clark, Smithsonian Institution
Earth: NASA, The Visible Earth
Grand Canyon NP: iStockphoto/Thinkstock
Gryphania Spiralis: James St. John, Ohio State University at Newark
Mass Extinction: Hemera/Thinkstock
Oxygen and Animal Size: iStockphoto/Thinkstock
Photosynthesis: iStockphoto/Thinkstock
Rocks 101: Marble and Sandstone, iStockphoto/Thinkstock
Stromatolites: iStockphoto/Thinkstock
Temperature Map: NASA/JPL
Tree: iStockphoto/Thinkstock, Jupiterimages/Photos.com/Thinkstock, Hemera/Thinkstock

© 2012, 2014 Howard Hughes Medical Institute. This poster is provided free of charge by HHMI for educational purposes; the poster may not be sold or resold. All other rights reserved.