

Klasik Bilimin Son Zaferi

Prof. Dr. Bektaş TEPE

Bilim Tarihi

Bölüm 12

Klasik Bilimin Son Kozu

- 19. yüzyılda radyoaktivitenin keşfi, klasik bilimin görkemli finali oldu.
- Bu keşif, dünyanın iç yapısının neden hâlâ sıcak olduğunu açıklamada kilit rol oynadı.
- Yeni kuramlar (görelilik ve kuantum fiziği), bu temelden doğarak jeolojiyi dönüştürdü.



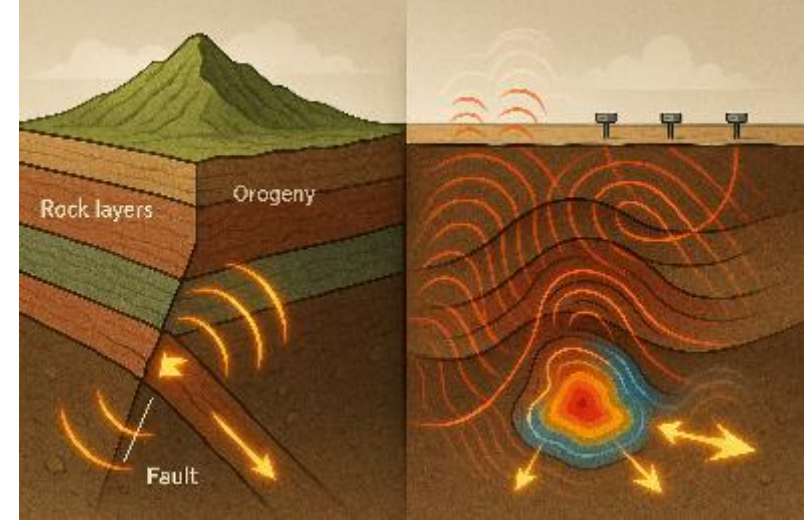
Bilim Galaksiye Göz Kırpıyor

- Kütlenin enerjiye dönüşümünün yıldızları nasıl parlattığı anlaşılmaya başlandı.
- Tıpkı Galileo'nun sarkacı anlaması gibi, jeofizikçiler de enerji kaynağını sezdi.
- Işınım etkinliği, yerin yüzeyini şekillendiren süreçlerin motoruydu.



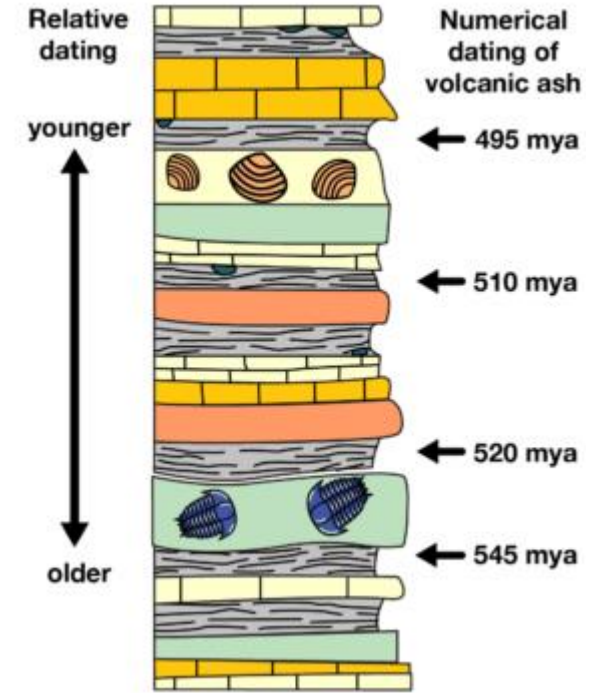
Jeolojiden Jeofiziğe Geçiş

- Jeofizik, depremlerden dağ oluşumuna kadar birçok süreci açıklamada devreye girdi.
- Bu yeni anlayış, klasik bilim kahramanlarının (Newton, Galileo) mantığıyla yürüyordu.
- Enerjinin yer altındaki rolü, yerbiliminde devrim yarattı.



Dönemin Popüler Modelleri

- Lyell'in tekbiçimciliği büyük ilgi gördü, ama tek başına bir zafer değildi.
- 19. yüzyılda birçok farklı model önerildi, ama aralarında fazla diyalog yoktu.
- Öncelik, katmanların yaşını anlamak ve zaman çizelgesini kurmaktı.



Aynı Kuvvetler, Farklı Etkiler

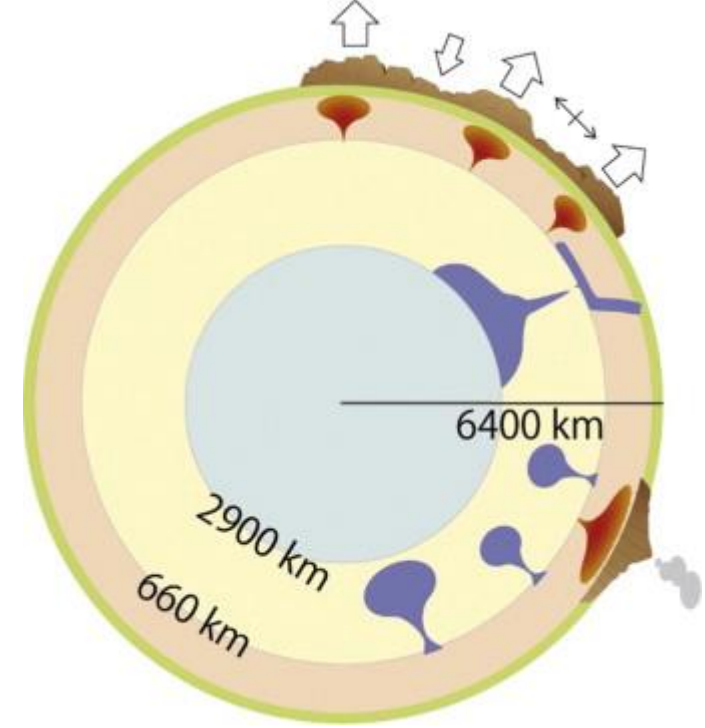
- Bugünkü kuvvetler (deprem, volkan) geçmişte de vardı, ama etkileri daha büyüktü.
- Dünya daha genç ve sıcakken, doğa olayları da daha şiddetliydi.
- Tekbiçimciliğin bir yorumu, denizlerin kara; karaların deniz olabileceğini savundu.

Kıtalar Hiç Yer Değiştirir mi?

- ***Değişmezlik düşüncesi:*** “Kıtalar hep kıtadır, okyanuslar hep okyanus.”
- James Dana bu görüşün Kuzey Amerika’daki öncüsüydü.
- Ona göre dağlar, Dünya’nın soğudukça büzüşmesiyle oluşuyordu.

Gezeganimiz Buruřuyor mu?

- **Büzüşme Kuramı:** Dünya, soğuyarak küçölüyor ve kabuğu kırışıyor.
- Bu fikir o dönem için oldukça mantıklıydı.
- Alpler gibi dağ sıraları da bu büzüşmenin sonucu sayılıyordu.



Suess ve Gondvana Hikâyesi

- Eduard Suess, büzüşme kuramını sistemleştirdi ve sentezledi.
- Suess'e göre dramatik değişiklikler, sakin dönemleri izleyen ani patlamalarla oluşuyordu.
- Gondvana adını, Hindistan'ın bir bölgesinden alarak güneydeki büyük kıtayı tanımladı.



Trias
200 milyon yıl önce

"Bir Yün Tüccarının Oğlu Nasıl Bilim Tarihine Geçti?"

- Eduard Suess, aslında bir Alman yün tüccarının oğluydu.
- Londra doğumlu ama kader onu Viyana'da jeoloji profesörü yaptı.
- Yani bilim insanı olmak için illa doğuştan "bilim hanedanı" olmak gerekmiyor 😊

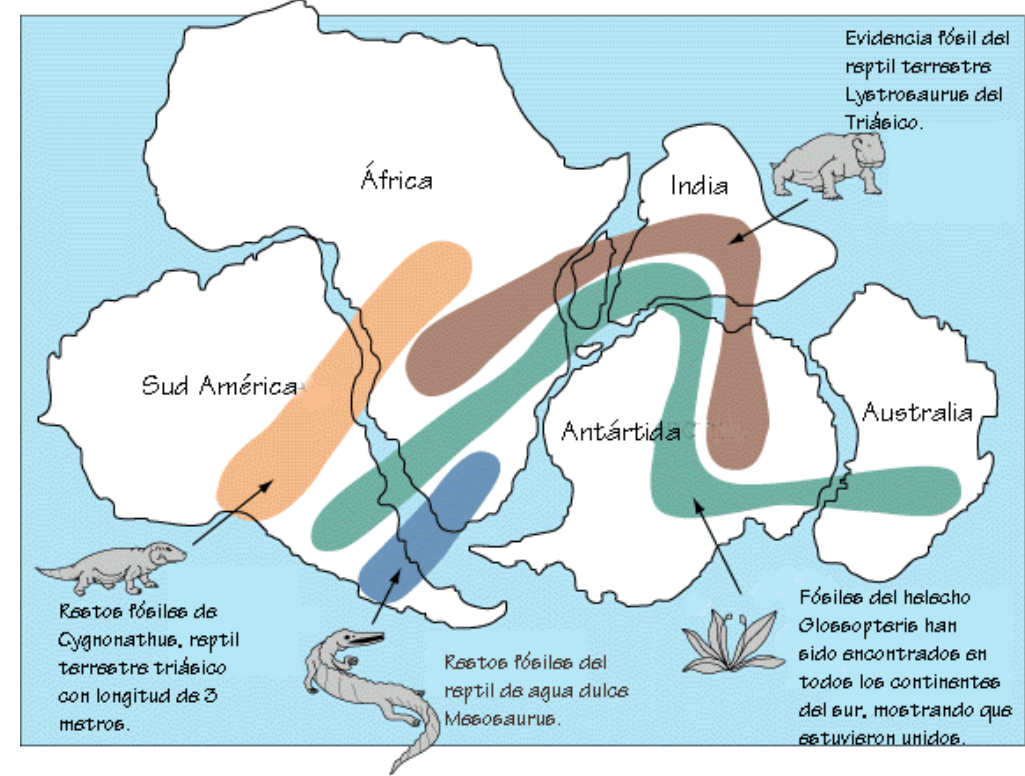


Kıtasal Sürüklenmenin İlk İzleri

- 19. yüzyılda kıtaların kristalimsi, manyetize temeller üzerinde kuzeye doğru kaydığı öne sürülmüştü.
- Bu fikir, Dünya'nın başlangıçta daha küçük ve dörtyüzlü şekilli olduğu varsayımına dayanıyordu.
- Kıtaların ayrılması, Dünya'nın katastrofik bir şekilde genişlemesiyle açıklanıyordu.

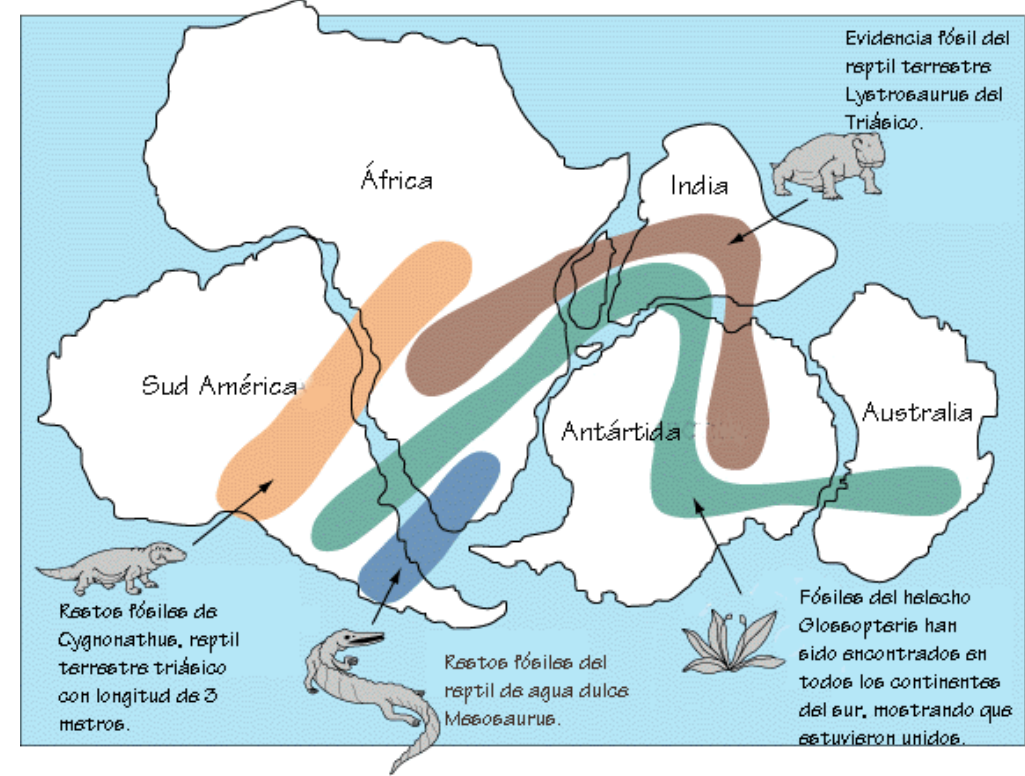
Fantastik Bir Kurgu: Snider-Pellegrini'nin Dünyası

- *Antonio Snider-Pellegrini, 1858'de ilginç bir model önerdi: Dünya küçülürken bir dizi afet yaşandı.*
- Model, Kutsal Kitap yorumlarına dayanıyordu; bilimsel değil ama hayal gücü boldu.
- Bu kitapta ilk kez Atlantik'in iki kıyısındaki kıtalar birlikte bir haritada gösterildi.



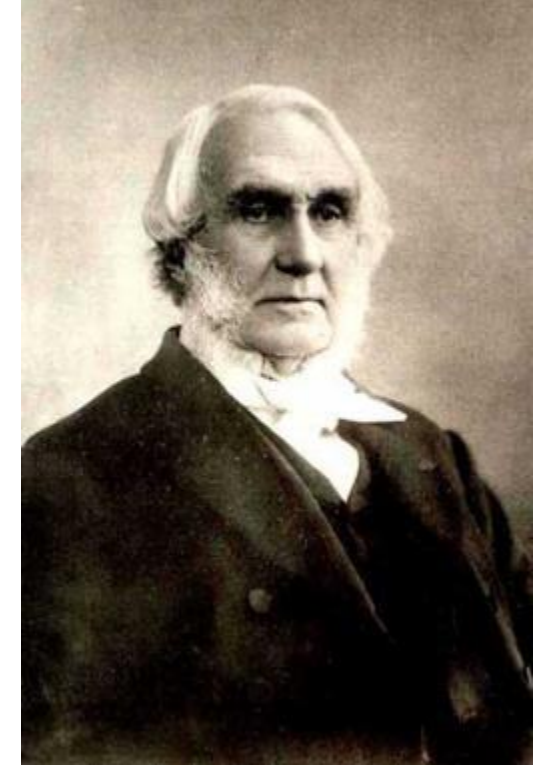
“İlginç Ama Bilimsel Değil”

- Snider-Pellegrini’nin çizdiği harita, sonradan ciddi bir modelmiş gibi tekrar tekrar basıldı.
- ***Ama unutmayalım:*** Haritanın popülerliği, fikrin bilimsel geçerliliğinden değil, meraktan kaynaklanıyordu!



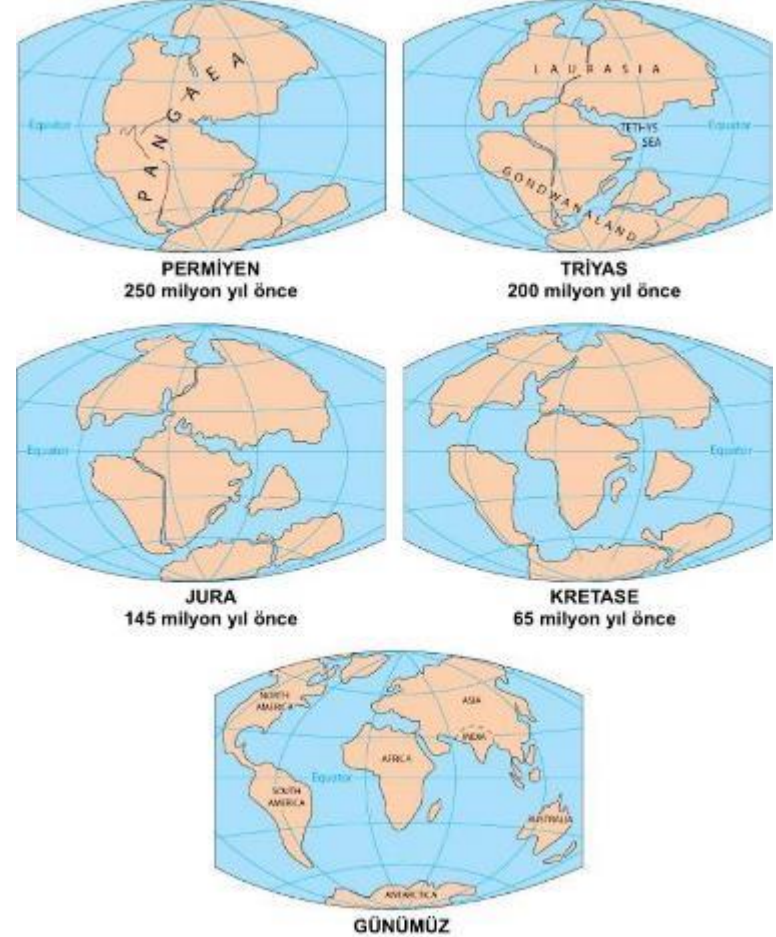
Afetler ve Kıtalar – Fisher'in Yorumu

- 1882'de Osmond Fisher, kıtaların hareketli olabileceğini Nature dergisinde yazdı.
- Fikrine göre, Ay Dünya'dan koparken dev bir boşluk oluşturdu.
- Bu boşluk kapanırken diğer kıtalar çatladı ve birbirinden uzaklaştı.



Bilime Gerçekten Damga Vuran: Alfred Wegener

- 1912’de Alfred Wegener, kıtasal sürüklenmeyi ciddi bir modelle açıklayan ilk kişi oldu.
- Diğer fikirleri pek bilmiyordu ama modelini ısrarla savundu, geliştirip kanıt aradı.
- Hataları olsa da yaklaşımı kalıcı oldu; bugün hâlâ “Kıtasal Sürüklenme Kuramı”nın babası sayılır.



Wegener'in Bilimsel Yolculuğu

- 1880'de Berlin'de doğdu, eğitimini astronomi üzerine aldı.
- Grönland'da meteorolog olarak çalıştı, sonrasında akademiye döndü.
- 1911'de yazdığı meteoroloji kitabıyla dikkat çekti; aynı dönemde kıtasal sürüklenme fikrini olgunlaştırdı.



Fikrin Doğuşu – Bir Yapboz Anı

- 1910'da bir dünya atlasını incelerken Afrika ve Güney Amerika'nın kıyılarını fark etti.
- Kıyıların “yapboz gibi” birbirine uyumu dikkatini çekti.
- 1912'de yaptığı konuşmalarla kıtasal sürüklenme fikrini kamuoyuna sundu.



“Yapbozdan Kurama”

- Wegener’in bu "yapboz fark edişı", bazen bilimde en büyük fikirlerin küçük bir merakla başladığını gösterir.
- Atlası açmakla kalmayın, detaylara dikkatle bakın – bilim bazen orada başlar!

Wegener'in Büyük Fikri: Kıtalar Yer Değiştiriyor!

- Wegener'e göre Dünya, dıştan içe yoğunluğu artan katmanlardan oluşur.
- Kıtalar, daha yoğun bazaltik okyanus tabanında yüzen granitik bloklardır.
- Tüm kıtalar bir zamanlar Pangea adlı süper kıtayı oluşturuyordu.
- Bu süper kıta yaklaşık 150 milyon yıl önce parçalanmaya başladı.

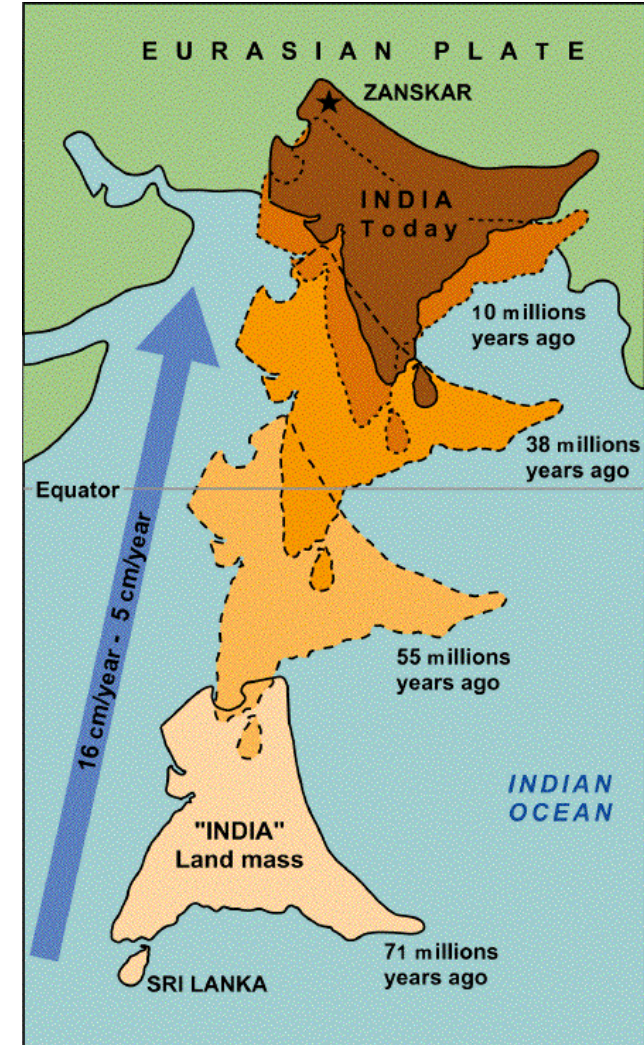


Sürüklenen Kıtalar: Bir Modelin Güçlü ve Zayıf Yanları

- Wegener, kıtaların hâlâ hareket ettiğini ve bu sürecin sürdüğünü öne sürdü.
- Fikrini sabit büyüklükteki bir dünyaya dayandırması dönemi için önemliydi.
- Ancak, kıtaların okyanus tabanında “saban gibi” ilerlediği düşüncesi zayıftı.
- Kıtaların ayrılma nedenine dair net bir açıklaması yoktu (merkezkaç kuvvet vb. yetersizdi).

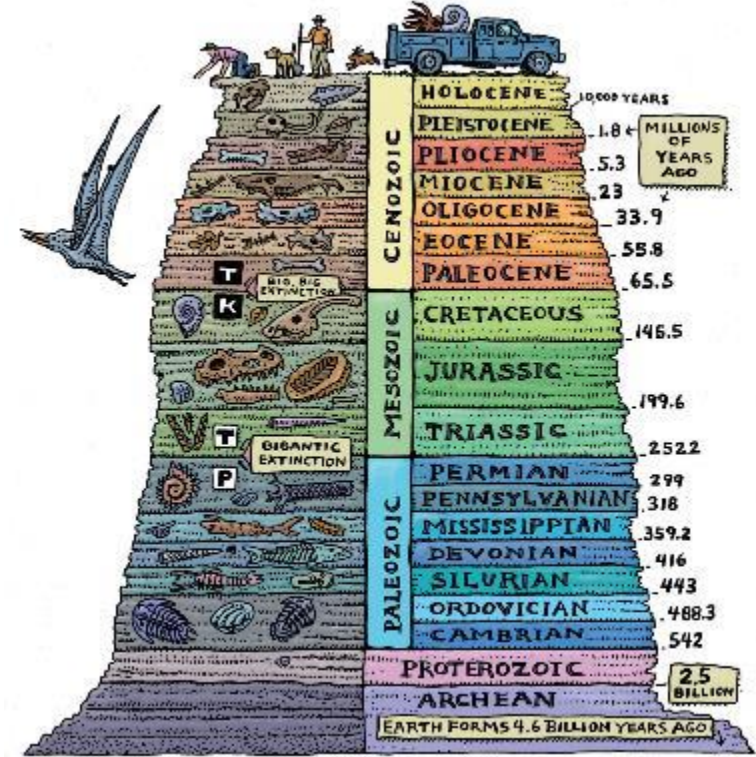
Dağlar ve Kıtalar: Çarpışmanın İzleri

- Kıtalar sürüklenirken çarpışır ve bu çarpışmalar dağ sıralarını oluşturur.
- **Örneğin:** Himalayalar, kara kütlelerinin çarpışmasıyla oluşmuştur.
- Amerika'nın doğu kıyısındaki sıradağlar, Avrupa ve Afrika'dan ayrılmanın izidir.



Kayaçların Yaşını Ölçmek Neden Önemlidir?

- Dünya'nın tarihini anlamak, yeryüzünün geçmişine ışık tutar.
- Jeolojik olayların sıralamasını doğru kurmak, bilimsel analizler için kritiktir.
- Kıtaların hareketi gibi büyük süreçlerin zaman çizelgesi bu teknikle oluşturulur.
- Radyoaktif yaşlandırma, bu anlamda çığır açan bir yöntemdir.



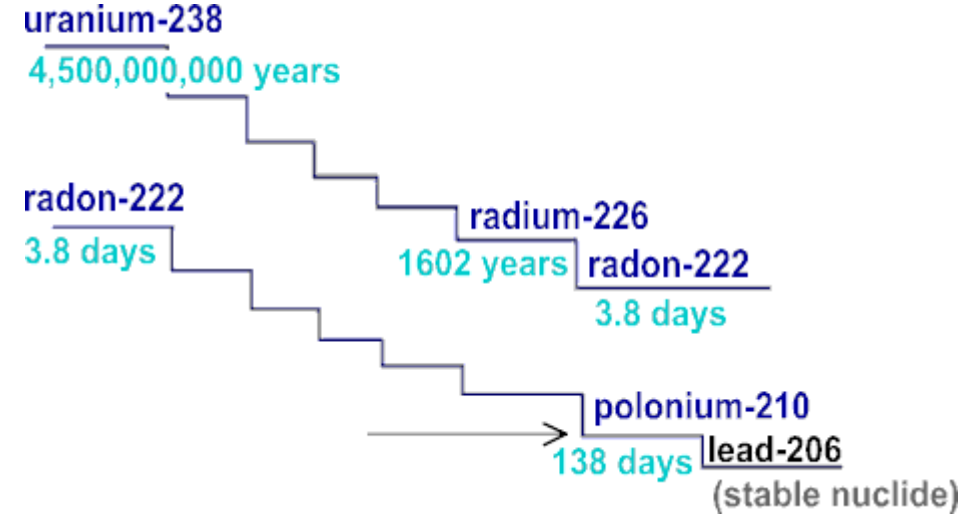
Holmes Sahneye Çıkıyor: Bir Jeoloğun Doğuşu

- Arthur Holmes, radyoaktif yaş tayini alanında öncü bir bilim insanıydı.
- 1920'lerde yaptığı çalışmalarla kıtasal sürüklenme fikrinin desteklenmesine katkı sundu.
- “Dünyanın yaşını ölçen adam” unvanını sonuna kadar hak eden kişidir.
- Çalışmaları, yalnızca yerbiliminin değil, tüm bilim tarihinin seyrini değiştirdi.



Radyoaktif Saat Nasıl Çalışır? (Uranyum'dan Kurşun'a Giden Yol)

- Uranyum zamanla kurşuna dönüşür; bu süreç ölçülebilir bir zaman ölçeğidir.
- Kurşun/uranyum oranı, kayaçların yaşını belirlemek için kullanılır.
- Holmes, bu yöntemi Devoniyen kayaçları üzerinde başarıyla uygulamıştır.
- **Sonuç:** O kayaçların yaşı 370 milyon yıl olarak hesaplandı.



Bir Lisans Öğrencisinin Büyük Başarısı

- Holmes bu devrim niteliğindeki çalışmayı henüz öğrenciyken yaptı.
- O dönem için bu, bilimde sınırların sorgulanmaya başladığının göstergesiydi.
- Sıradan bir laboratuvarda, çok sınırlı imkânlarla büyük işler başardı.
- Bu durum, bilimin azim ve merakla nasıl ilerleyebileceğini gösteriyor.

Zorluklarla Geçen İlk Yıllar (Bilim Yolunda Çekilen Çileler)

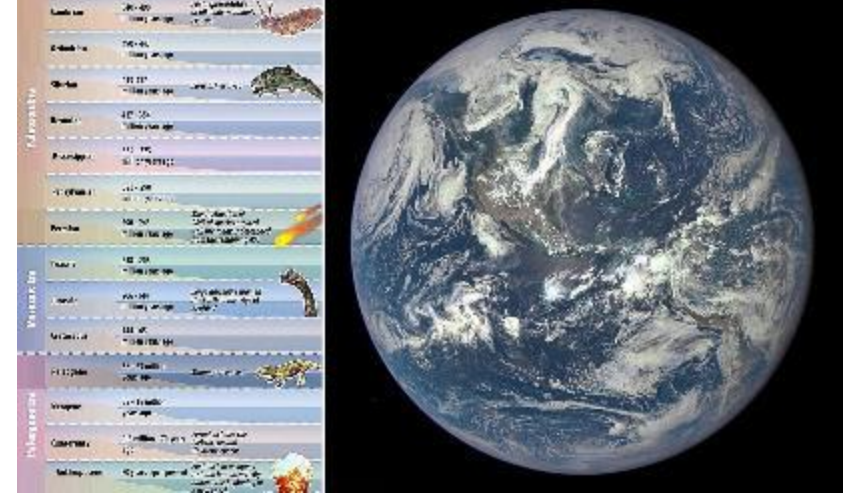
- Holmes maddi zorluklarla boğuşan bir öğrenciydi.
- Eğitim masraflarını karşılamak için sürekli çalışmak zorundaydı.
- Mezuniyetten sonra Afrika'da jeolog olarak görev aldı.
- Karasu humması ve sıtma geçirdi ama yine de yılmadı.

Akademik Yükselişı (Holmes'un Bilim Yolculuğu)

- 1910'da Imperial College'a girdi, doktorasını burada tamamladı.
- Burma'da çalıştıktan sonra, Durham Üniversitesi'nde profesör oldu.
- 1943'te Edinburgh Üniversitesi'ne geçti, 1956'da emekli oldu.
- Jeolojide radyoaktif yaş tayinini yaygınlaştıran isim haline geldi.

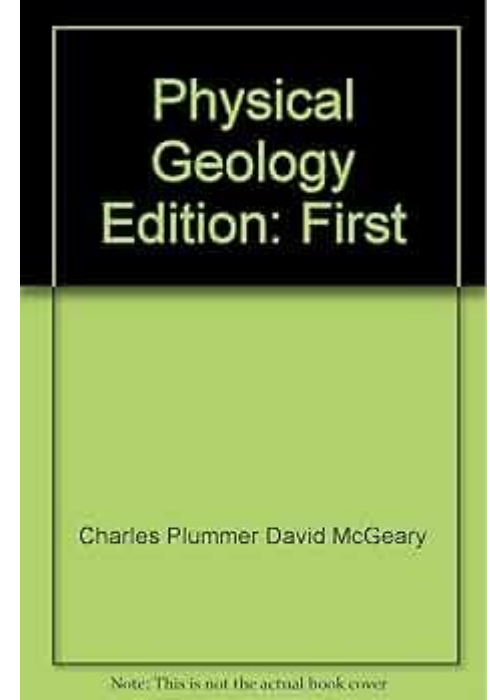
Dünyanın Yaşı Ne Kadardır?

- Holmes, Dünya'nın yaşını 4500 ± 100 milyon yıl olarak hesapladı.
- Bu sonuç, bilim dünyasında büyük yankı uyandırdı.
- O döneme dek birçok bilim insanı bu kadar eski bir tarihi tahmin etmiyordu.
- Radyoaktif tekniklerin güvenilirliği artık kabul görmeye başladı.



Kalıcı Eseri: Bir Ders Kitabı (Jeolojiiyi Herkese Sevdirmek)

- Principles of Physical Geology kitabı 1944'te yayımlandı.
- Bu kitap, hâlâ pek çok jeoloji dersinde başvuru kaynağıdır.
- Kitabın dili sade, anlatımı ise öğreticidir.
- ***Holmes'un amacı:*** En zor konuyu en sade şekilde anlatmak.



“Dünyanın Yaşını Ölçen Adam”ın Öğrencilere Tavsiyesi

- “Bir konuyu anlatırken, şimdiye kadar karşılaştığın en aptal öğrenciyi düşün ve ona nasıl anlatacağını kafanda canlandır.”
- (*Yani aslında diyor ki: Anlatım sadeleştikçe derinleşir!*)

89 Pound 7 Şilin 3 Peni

- Holmes Afrika'dan dönüşte biriktirdiği parayı böyle rapor etmişti.
- Şu detaycılığa bakar mısınız?
- Bilim insanının sadece laboratuvar değil, bütçe hesaplarında da titiz olması gerek galiba :)

Hastalıklar Olmasaydı...

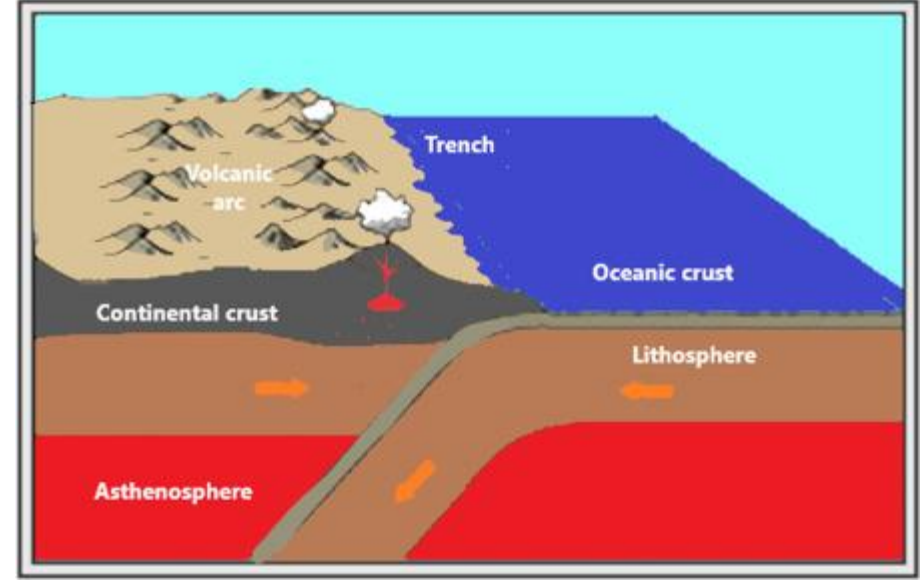
- Holmes'in karasu humması ve sıtma yüzünden savaşa katılamadığı söyleniyor.
- Bu şanssızlık, belki de bilimin büyük bir şansına dönüştü.
- Kimi zaman bir yatak istirahati, bilimin kaderini değiştirebilir...

Kıtasal Sürüklenme Fikrinin Kivılcımı

- Holmes, kıtasal sürüklenme fikriyle daha 1920'ye gelmeden ilgilenmeye başladı.
- Bu ilgide, Almanca bilen meslektaşı John Evans'ın büyük etkisi vardı.
- Evans, Wegener'in kitabının ilk İngilizce baskısının önsözünü yazan kişiydi.
- Holmes, Burma'dan döner dönmez bu fikirle ciddi şekilde ilgilenmeye başladı.

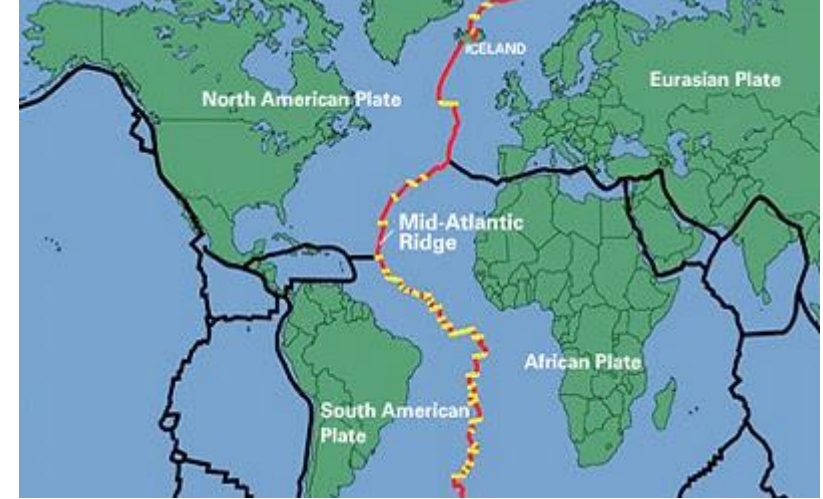
Eski Düşünceler, Yeni Bilgiler

- Başta Dünya'nın büzüşmesi fikrine inansa da, radyoaktivite bilgisi fikrini değiştirdi.
- Yer içi ısının etkisiyle dağ oluşumu ve kıtasal sürüklenme arasında bağ kurmaya başladı.
- 1927'de, A. J. Bull ile yaptığı bir tartışma bu düşünceyi netleştirdi.
- Aynı yıl, bu görüşlerini ilk kez bilimsel bir makaleyle duyurdu.



Konveksiyon Modeli ve Fikir Devrimi

- Holmes'a göre kıtalar, sima içinde yüzmüyor; sima bizzat hareket ediyor!
- Konveksiyon akımları, yer içinde ısı nedeniyle oluşuyor ve kıtaları hareket ettiriyor.
- **Örnek:** Atlantik Okyanusu'nun ortasındaki sırtlar, kıtaları iki yana itiyor.
- Bu hareket, bazı kıtaları çarpıştırıyor, bazılarını uzaklaştırıyor.



“Sihirli Macun” ve Zamanın Rolü

- *Holmes’un modelindeki kilit kavram:* Zaman.
- Katı gibi görünen kayalar, çok uzun zamanlarda "pekmez gibi" akabilir.
- Radyoaktif ısınma, bu yavaş akışa gerekli enerjiyi sağlıyor.
- Bu bakış açısı, dönemin jeologları için devrim niteliğindeydi.

Holmes'un 1930 Modeli

- 1930'da, kıtasal sürüklenmenin ayrıntılı bir açıklamasını sundu.
- Pangea'nın konveksiyon akımlarıyla parçalanıp sürüklendiğini ileri sürdü.
- Yılda 5 cm'lik hareketin 100 milyon yılda Atlantik'i oluşturabileceğini söyledi.
- Bu tahminler, günümüz verileriyle büyük ölçüde uyumluydu.

Wegener'e Saygı, Eleştiriye Açıklık

- 1944'te, Wegener'in fikirlerini hem övdü hem de eleştirdi.
- Wegener'in kanıtlarının bir kısmı ikna ediciydi; bir kısmı spekülatifti.
- **Holmes'a göre:** "Yalnızca Wegener'i çürütmek yetmez, sürecin ne olduğunu anlamak gerekir."
- Bilimde fikirler, bağımsız kanıtlarla desteklenmeden değer kazanmaz.

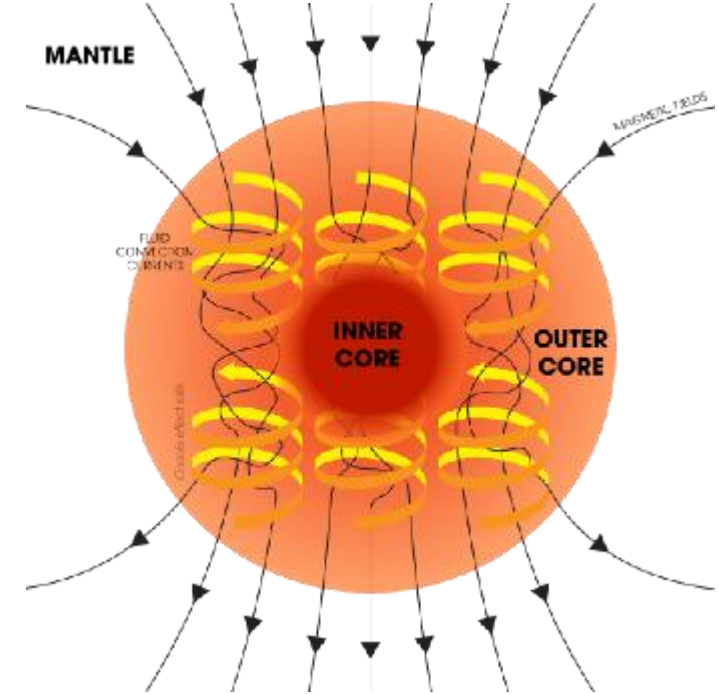


Holmes vs. Doyle?

- Holmes, yazısının sonunda şunu yazıyor:
- “Spekülatif fikirler, kanıtlarla desteklenmeden bilimsel değer taşımaz.”
- ***Ne tesadüf:*** Bu bakış açısı, Arthur Conan Doyle’un Sherlock Holmes’una da çok benziyor!
- Acaba dedektif Holmes, yerbilimci Holmes’un ta kendisi miydi? 😊

Dünyanın Manyetik Kalbi

- Dünya'nın manyetik alanı, iç çekirdekteki eriyik demirin hareketiyle oluşur.
- Bu hareket, "doğal bir dinamo" gibi çalışarak sürekli manyetik alan üretir.
- 1940'lardan itibaren bilim insanları bu mekanizmayı anlamaya başladı.
- Walter Elsasser ve Edward Bullard bu fikri geliştirip sayısal modellere döktüler.



İlk Simölasyonlar, Büyük Sıçramalar

- Edward Bullard, dinamo teorisini elektronik bilgisayarlarla test etti.
- 1950'lerde ilk sayısal manyetik alan simölasyonları yapılmaya başlandı.
- Simölasyonlar, iç çekirdekteki sıcak, iletken sıvıların döngüsünü destekledi.

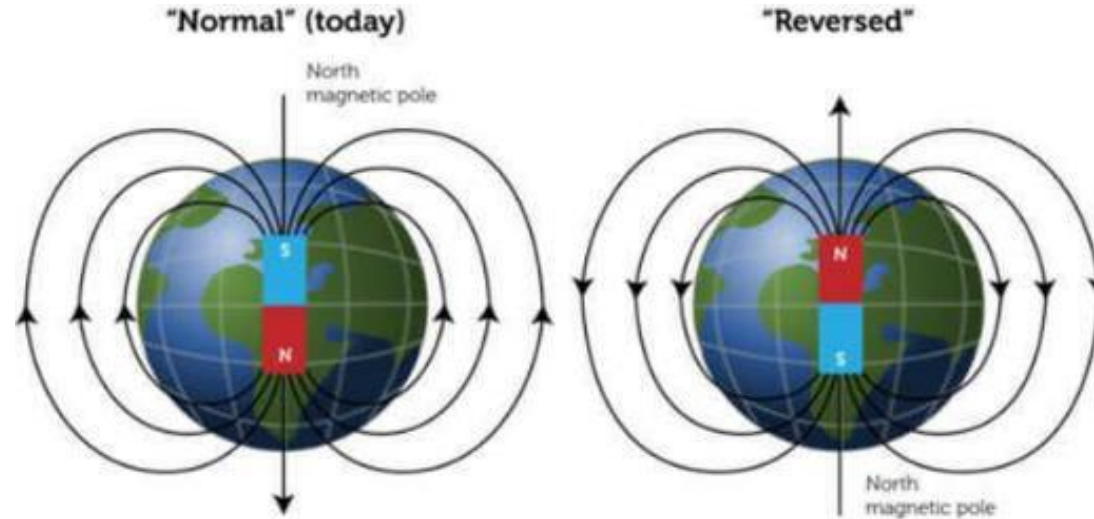


Kayaçlar Bize Ne Anlatır?

- Volkanik kayaçlar, oluşurken içinden geçtikleri manyetik alanı "kaydeder".
- Bu "fosil manyetizma", geçmişteki manyetik alan yönlerini ortaya koyar.
- Genç kayaçlar, bugünkü yönle uyumlu manyetik işaretler taşır.
- Ancak bazı eski kayaçlarda tam tersi yönlenmeler gözlemlendi!

Kutup Değişimi mi? Yok Artık!

- Fosil manyetizma verileri, geçmişte kuzey ve güney kutupların yer değiştirmiş olabileceğini gösteriyor.
- Bu duruma jeomanyetik ters dönme denir.
- Manyetik kutuplar, zaman zaman tersine dönebilir – ama bu, Dünya'nın "alt üst olması" demek değildir.



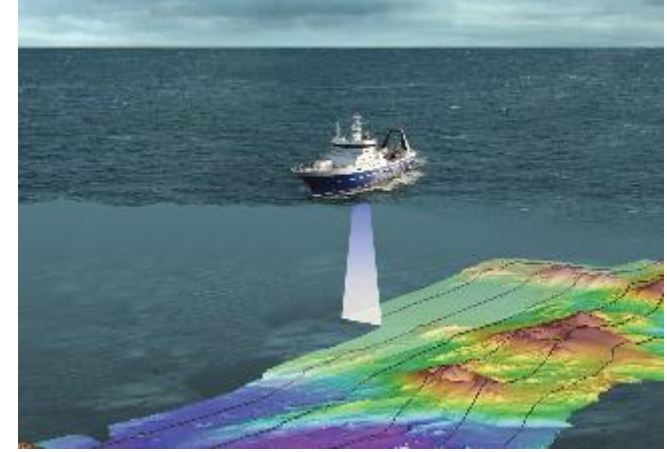
Bilim Göçmenleri ve Hitler'in Bilmeden Katkısı 😊

- Hitler Almanya'da iktidara gelince, birçok bilim insanı ABD'ye göç etti.
- Walter Elsasser de bu göçle ABD'ye gelerek dinamo teorisini geliştirdi.
- **Kısaca:** Hitler, istemedi de olsa manyetik alan teorisine katkı sağladı (!)



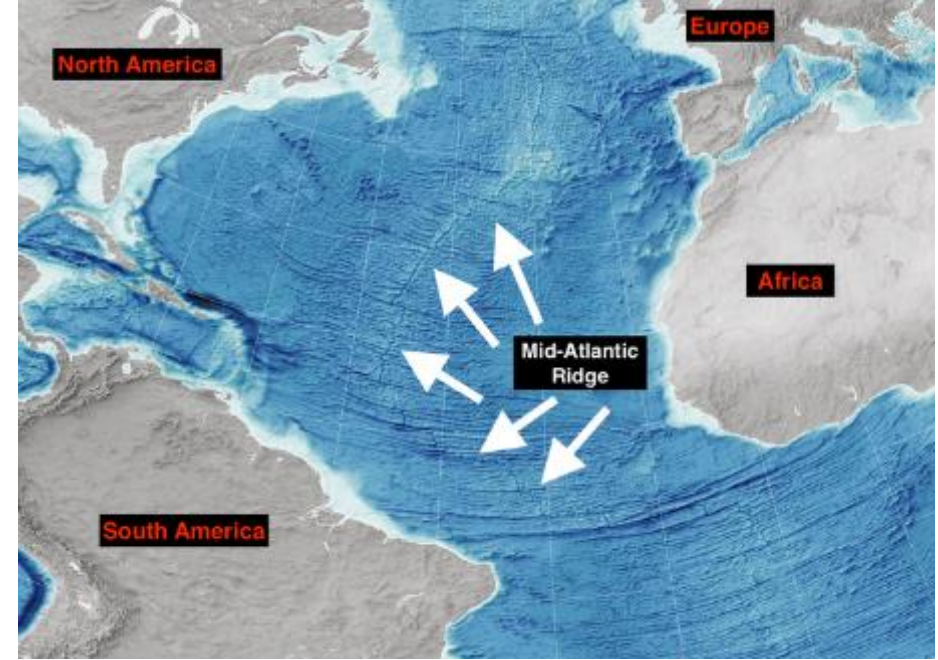
Denizlerin Altındaki Gizemli Dünya

- 1940'lara kadar deniz tabanları neredeyse bilinmiyordu.
- Denizaltı tehdidi ve savaş teknolojisi, sonar sistemlerinin gelişmesini sağladı.
- Bu gelişme, deniz tabanını haritalamayı mümkün kıldı.



Okyanus Ortası Sırtlar ve Büyük Sürpriz

- Atlantik Okyanusu'nun ortasında uzanan dev sırt yapıları keşfedildi.
- Bunlar, Dünya'nın kabuğunun dinamik olduğunu ve yeni kabuk oluşumunu gösteriyordu.
- Deniz tabanı sabit değil, “gençleşen” bir yapıya sahipti!



Bilim İçin Savaş, Savaş İçin Bilim

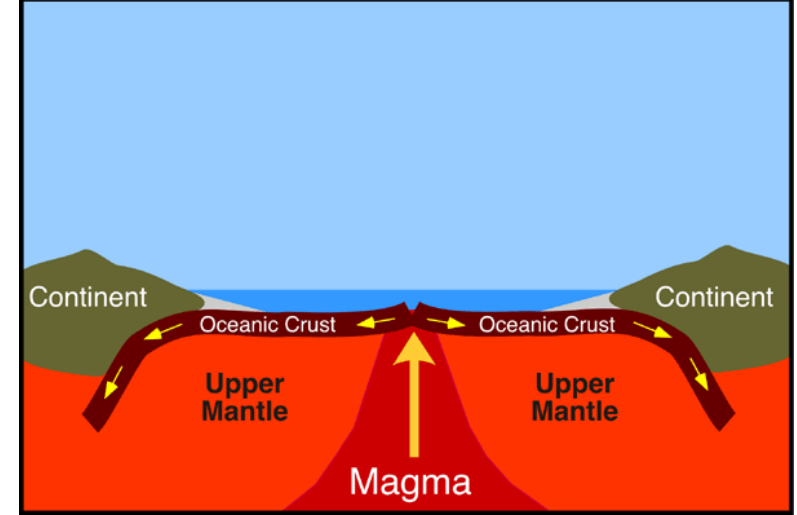
- II. Dünya Savaşı ve ardından gelen Soğuk Savaş, bilimsel bütçeleri katladı.
- Scripps Oceanography Enstitüsü'nün bütçesi 10 katına çıktı.
- Denizaltı haritaları sayesinde deniz tabanının yaşı ve yapısı araştırılabilirdi.

"Okyanus tabanı en eski yerdi" Zannı

- Eskiden bilim insanları, deniz tabanlarının Dünya'nın en eski kısımları olduğunu sanıyordu.
- ***Oysa gerçek, tam tersiydi:*** Deniz tabanı gençti, sürekli yenileniyordu.
- "Kıta sürüklenmesi" fikrini bile sorgulayanlar, bu bulgularla fikir değiştirdi!

Denizlerin Altında Neler Oluyor?

- 1960 yılında Harry Hess, "deniz tabanı yayılması" modelini ortaya koydu.
- Bu modele göre, okyanus sırtları mantodaki sıcak malzeme sayesinde oluşur.
- Sıcak malzeme, ağır ağır akar ve yüzeye çıkarak yeni okyanus kabuğu oluşturur.
- Yeni oluşan bu kabuk, okyanusları genişletir ve kıtaları birbirinden uzaklaştırır.



Kayaçlar Konuşuyor!

- En genç kayaçlar sırtların hemen yanında yer alır; yaşlılar ise daha uzaklardadır.
- Bu düzen, yeni kabuğun sürekli üretildiğini gösterir.
- Kıtalar, tabanın üstünde "sürüklenmez"; taban zaten yeni malzemeyle genişler.
- Atlantik Okyanusu yılda yaklaşık 2 cm genişliyor.

Holmes ve Hess: Aynı Yolda Farklı Ayakkabılar

- Holmes da 1920'lerde konveksiyon akımlarını önermişti.
- ***Ancak Hess'in farkı:*** artık somut kanıtlar ve okyanus ölçümleri vardı.
- Holmes, verisizlikten dolayı okyanusları ihmal etmişti.
- Hess sayesinde okyanuslar artık teorinin merkezindeydi.

Holmes'un Talihsizliđi

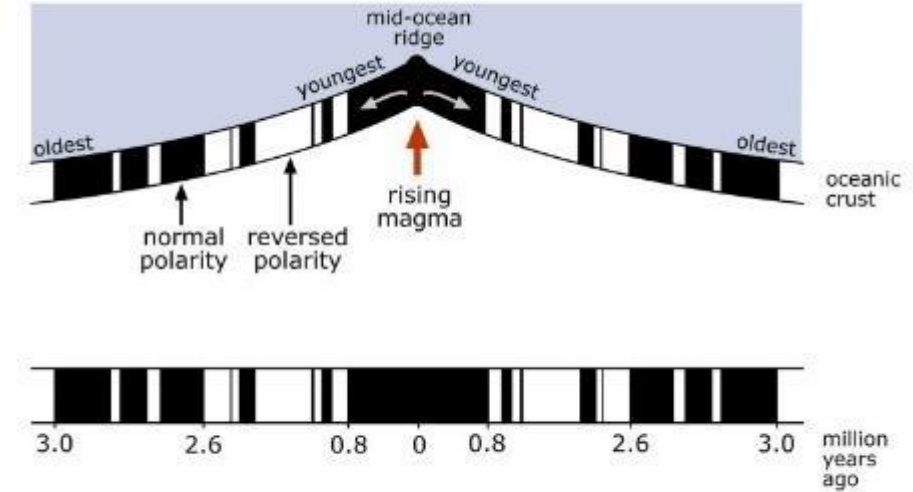
- "Holmes belki de zamanının çok ilerisindeydi.
- Ama ne yazık ki, veri olmadan harika fikirler de rafa kaldırılabililiyor!"

Yeni Nesil Jeofizikçilerin Sahneye Çıkışı

- Hess'in modeli, genç araştırmacılar için ilham kaynağı oldu.
- Dan McKenzie (henüz öğrenciyken!), modeli geliştirme arayışına girdi.
- 1962'deki bir konuşma, McKenzie'yi bu konuda harekete geçirdi.
- Modelin eksiklerini tamamlamak isteyen birçok genç araştırmacı devreye girdi.

Vine & Matthews: Mıknatısların Peşinde

- Frederick Vine ve hocası Drummond Matthews, modeli test etmeye karar verdi.
- Manyetik alanın zamanla yön değiştirdiğini gösteren kanıtlar buldular.
- Bu değişimler, deniz tabanındaki kayalarda iz bırakıyordu.
- Ortaya çıkan desen, siyah-beyaz çizgili bir kod gibi görünüyordu.



© Copyright. University of Waikato. All Rights Reserved | www.sciencelearn.org.nz

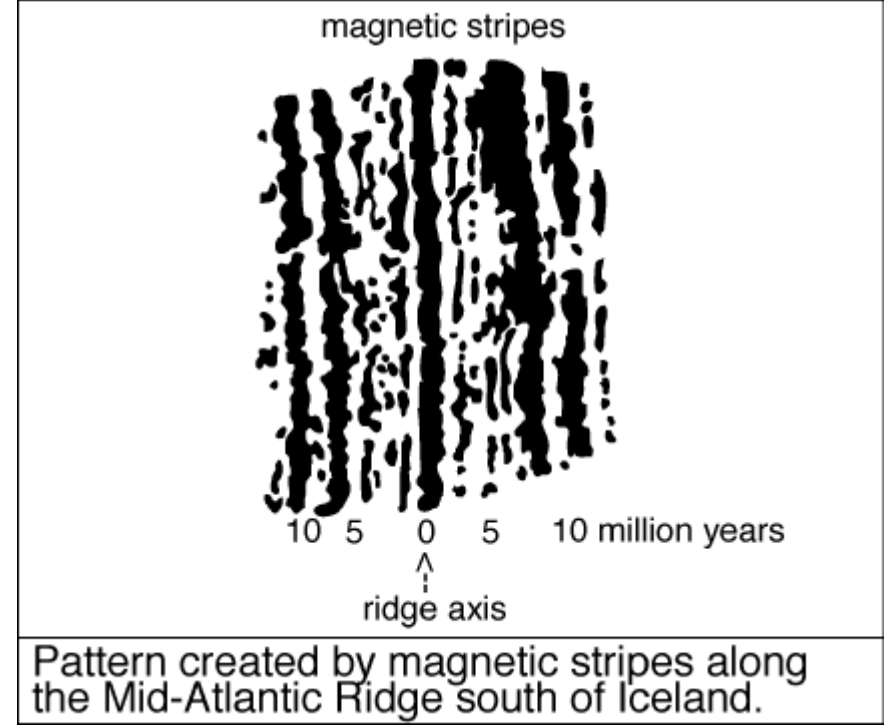
Deniz Tabanında Manyetik Barkodlar!

- Vancouver açıklarında yapılan araştırmalar, düzenli manyetik desenler ortaya çıkardı.
- Bu çizgiler, dünya manyetik alanı değiştikçe ters yönlerde mıknatıslanmış kayaçlardı.
- Vine ve Matthews, bu desenlerin deniz tabanı yayılmasının kanıtı olduğunu savundu.
- Her yeni lav akıntısı, o anki manyetik yönelimle “damgalanıyordu”.



Jeologlar Barkod Okuyucuya Döndü!

- "Jeofizikçiler kayaları okuyor... ama kitap değil, manyetik barkod!"
- "Okyanus tabanı, adeta bir manyetik zaman çizelgesi gibi."



Büyük Resim: Kıtalar, Okyanusların Kenarında Yolculukta

- Deniz tabanı yayılması, kıtaların hareketini açıklamak için güçlü bir model sundu.
- Artık kıtasal sürüklenme, sadece fikir değil, ölçülüp izlenebilen bir gerçektir.
- Jeoloji bilimi, veri temelli ve bütüncül bir modele kavuşmuş oldu.
- Tüm bu gelişmeler, plaka tektoniği kuramının da temelini oluşturdu.

Hess'in Mirası ve Okyanusların Gücü

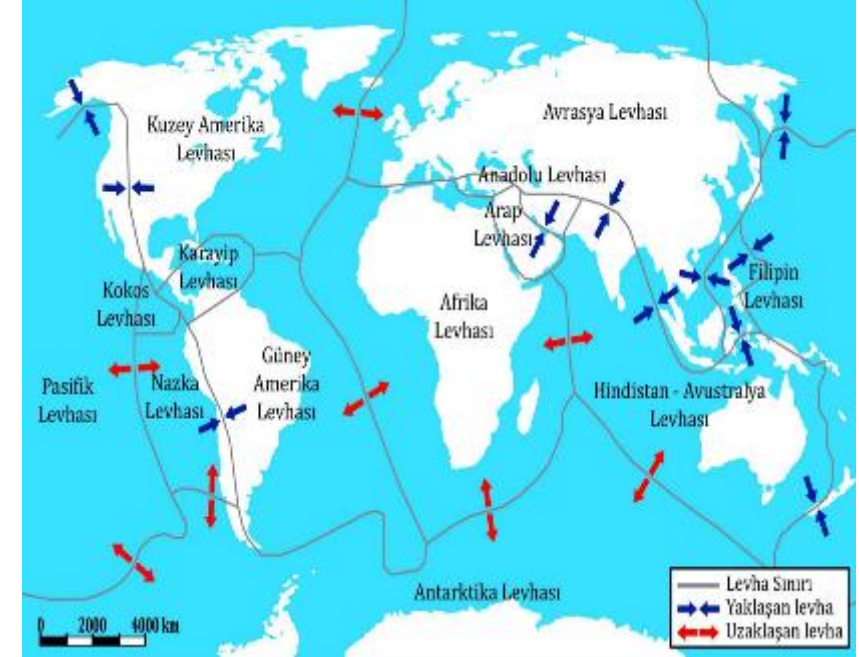
- Hess'in basit ama devrimsel fikri, jeolojide çığır açtı.
- Model, hem kıtaların hem okyanusların geçmişini anlamamıza yardımcı oldu.
- Deniz tabanında sessizce oluşan lavlar, dünya tarihinin izlerini taşır.
- Bugün bildiğimiz yer kabuğu dinamiklerinin temeli bu model sayesinde atıldı.

Manyetik İzlerle Gelen Devrim

- 1963'te Vine ve Matthews, deniz tabanı yayılmasıyla kıtasal sürüklenme arasında ilişki kurdu.
- Ancak o dönemdeki veriler, henüz bu fikri ispatlayacak kadar güçlü değildi.
- ***Kısa süre sonra yeni manyetik verilerle fikir geliştirildi:*** Vine, Hess ve Tuzo Wilson sahneye çıktı.
- Bu verilerle model daha ikna edici bir hale geldi, bilimsel çevrede yankı uyandırdı.

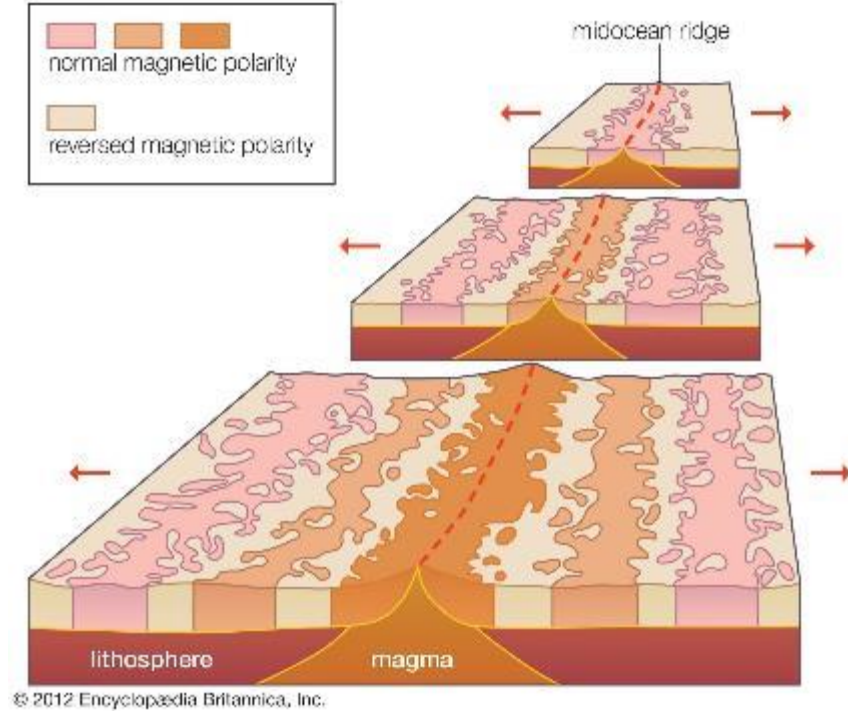
Tuzo Wilson ve Levhaların Doğuşu

- Tuzo Wilson, deniz tabanı sırtlarının sürekli bir "bant" değil, yan yana gelen parçalardan oluşabileceğini fark etti.
- Bu fikir, levha tektoniği modelinin şekillenmesinde çok önemliydi.
- "Levha" (plate) terimini kullanmayı öneren de Wilson'dı.
- Artık kıtalar ve okyanus tabanları birer hareketli parça olarak düşünülüyordu.



Simetrinin Gücü – Doğu Pasifik Yükselimi

- 1965'te Eltanin araştırma gemisi, Doğu Pasifik Yükselimi'nde üç çapraz manyetik ölçüm yaptı.
- Manyetik çizgilerdeki ayna simetrisi, teoriyi destekleyen en güçlü kanıt oldu.
- Haritalar sırttan katlandığında iki taraf tam olarak üst üste geliyordu – tesadüf değil!
- Bu sonuçlar 1966'da büyük yankı uyandırdı; Science dergisinde yayımlandı.



Bilim Ciddiyet İster, Ama Arada Gülümsetebilir

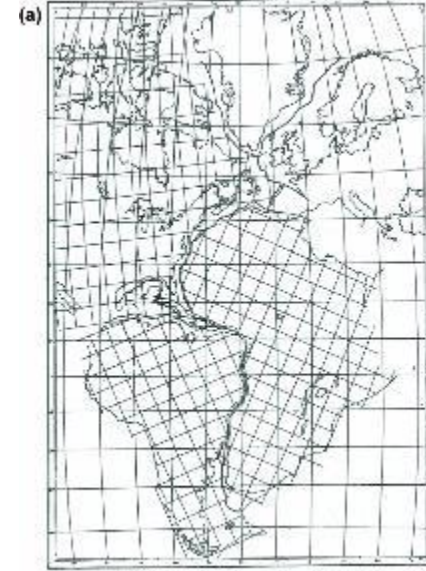
- Tuzo Wilson'un katkısı öyle büyüktü ki, "levha tektoniği" modelinin vaftiz babası sayılır.
- ***Ama Wilson'un asıl zaferi şu olabilir:*** Okyanus sırtlarının "kemer gibi dümdüz" olmadığını anlayan ilk kişi oydu.
- Yani doğa bazen kusursuz simetri yerine yamuk yumuk bir düzeni tercih ediyor.

Bullard ve Yeni Nesil Uyum

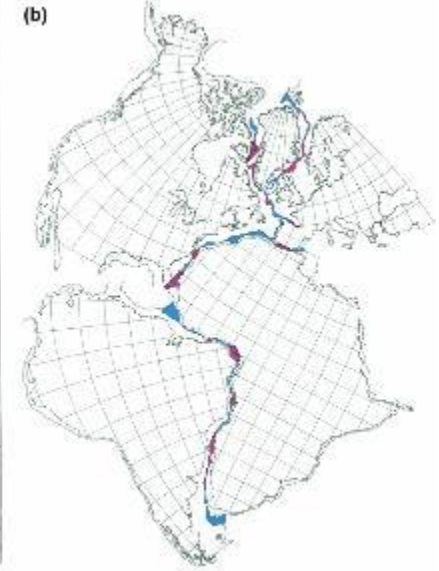
- 1960'ların başında Edward Bullard, kıtasal sürüklenmeye güçlü destek verdi.
- 1963'te Londra Jeoloji Derneği'nde fikirlerini sundu; ardından Kraliyet Derneği'nde sempozyum düzenledi.
- ***En dikkat çeken çalışma:*** Pangea'nın bilgisayar destekli yapboz uyumu.
- Bu simülasyon, Wegener'in fikrini bilimsel temelle yeniden doğruladı.

Bullard Uyum – Yeni Oyun, Eski Kurgu

- Bilgisayarlarla yapılan canlandırmalar, kıtaların bir zamanlar birleşik olduğunu görselleştirdi.
- Euler teoremiyle yapılan hesaplamalar, önyargısız ve matematiksel olarak “en uygun” uyumu sundu.
- Sonuçlar Wegener’in çizimleriyle neredeyse birebirdi!
- 1965’te yayımlanan bu çalışmalar, kıtasal sürüklenme teorisi için dönüm noktası oldu.



'Choubert fit', 1935



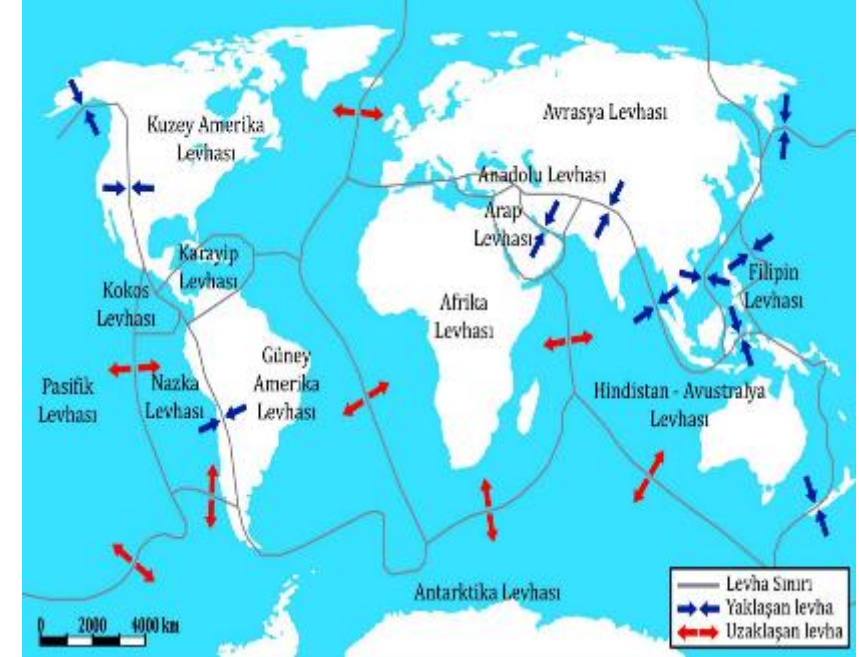
'Bullard fit', 1965

"Yeni" Denen Her Şey Gerçekten Yeni mi?

- 1964'teki bilgisayar canlandırmaları, Wegener'in 40 yıl önce elde çizdiği kıta uyumuna çok benziyordu.
- Ama ne fark eder?
- O zaman "çizilmişti", şimdi ise "hesaplandı".
- Psikolojik etki büyük!

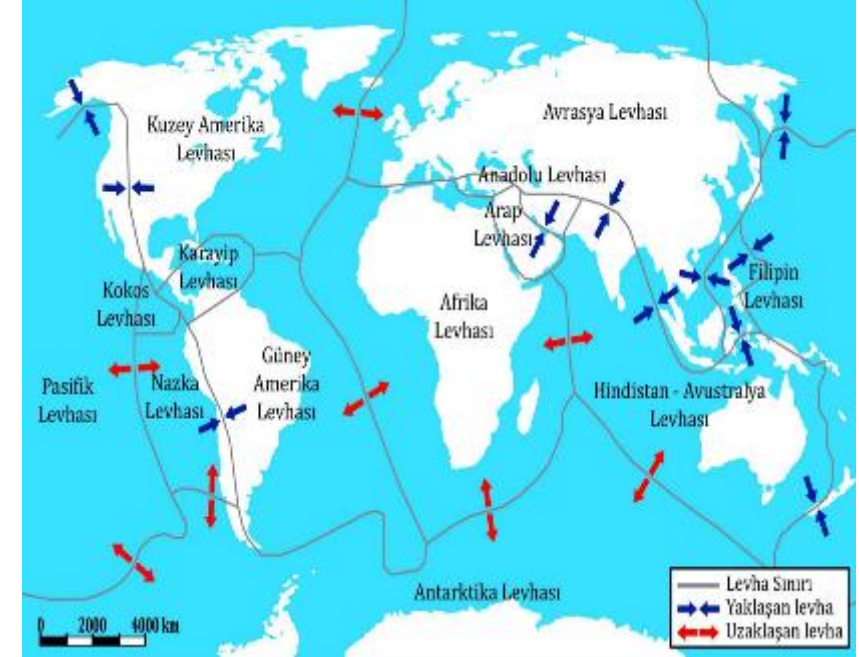
Bilimde Yeni Bir Dönem: Levha Tektoniği'nin Doğuşu

- 1966 yılı sonunda, kıtasal sürüklenme ve deniz tabanı yayılması oldukça güçlü kanıtlarla destekleniyordu.
- Ancak fikirler hâlâ bir bütünlük içinde sunulmuş değildi; birçok bilim insanı bu boşluğu doldurma yarışındaydı.



Bilimde Yeni Bir Dönem: Levha Tektoniği'nin Doğuşu

- 1967'de Dan McKenzie ve Robert Parker, Nature dergisinde levha tektoniği kavramını ilk kez önerdi.
- Aynı yıl Jason Morgan da benzer bir model geliştirerek devrimin tamamlanmasına katkı sundu.

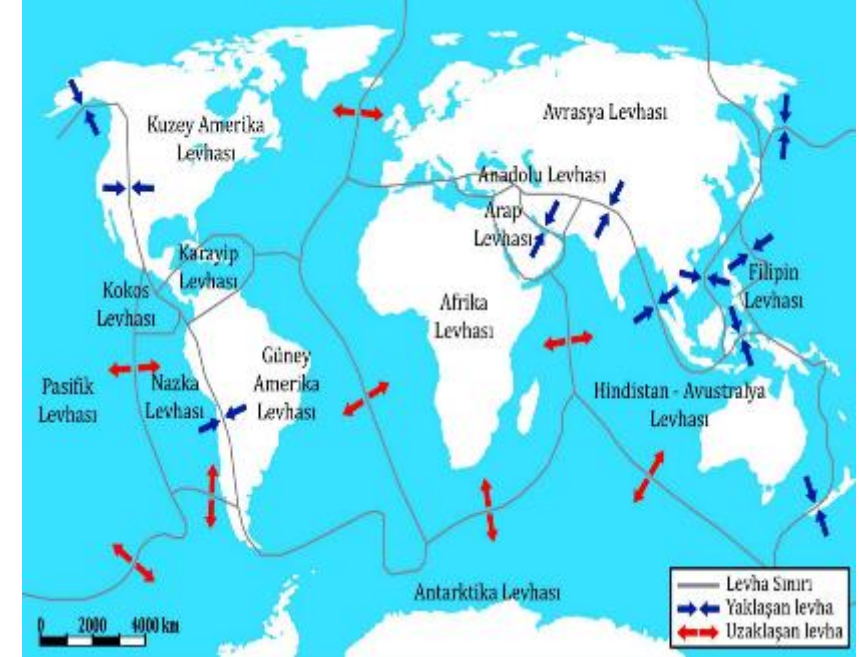


Temel Prensipten: Levhalar ve Hareketleri

- Levha tektoniği, Dünya'nın yüzeyinin büyük katı levhalardan oluştuğu fikrine dayanır.
- Altı büyük ve birçok küçük levha, gezegenin yüzeyini tamamen kaplar.
- Levhalar, sadece okyanussal, sadece kıtasal ya da her ikisinin karışımı olabilir.
- Yer kabuğundaki ilginç jeolojik olayların çoğu, bu levhaların sınırlarında gerçekleşir.

Levha Sınırları: Üçlü Etkileşim

- Yapıcı sınırlar, yeni kabuğun oluştuğu okyanus sırtlarıdır.
- Yıkıcı sınırlar, bir levhanın diğerinin altına daldığı bölgeler olarak tanımlanır.
- Koruyucu (dönüştürücü) sınırlar, levhaların birbirine paralel sürtünerek geçtiği sınırlardır.
- Bu üçlü etkileşim, dağların, depremlerin ve volkanların temel nedenidir.



Jeofiziğin Tatlı Rekabeti ☕

- 1960'larda genç jeofizikçiler adeta "ilk ben açıklayacağım!" yarışına girdiler.
- Dan McKenzie'nin doktora sonrası bu kadar hızlı öne çıkması, birçok kişiye sürpriz oldu.
- Jason Morgan'ın birkaç ay gecikmesi, literatürde "bilimsel talihsizlikler" arasında anılır.
- Ama merak etmeyin, bu yarış sayesinde yer bilimlerinde büyük bir devrim yaşandı!

Bilimin Popülerleşmesi: Açık Üniversite ve Yeni Metinler

- 1969'da İngiltere'de Açık Üniversite kurulduğunda, levha tektoniği henüz ders kitaplarına girmemişti.
- Üniversite ekibi, öğrenciler için bu yeni öğretinin ilk metinlerini hızla kaleme aldı.
- 1970'te yayımlanan Understanding the Earth, levha tektoniğini yeni bir bilimsel gelenek olarak tanımladı.
- Bu, kıtasal sürüklenmenin artık tartışma dışı, kabul görmüş bir gerçek olduğu andı.

Kıtaların Sürüklenmesi: Sadece Jeoloji Değil

- Kıtaların yer değiştirmesi, sadece yer bilimlerini değil, canlı yaşamını da etkiler.
- Türlerin dağılımı ve küresel iklim, kıtaların hareketleriyle doğrudan ilişkilidir.
- Bu bilgi, biyocoğrafya gibi farklı bilim alanlarında da yeni anlayışların kapısını açtı.
- Yani, bir kıtanın kayması sadece taşları değil, evrimi de etkiler!

Wallace Çizgisi: Bilimsel Bir Dedektiflik Hikâyesi

- Alfred Russel Wallace, Malezya'da çalışırken iki fauna arasında net bir sınır keşfetti.
- Borneo'nun güneydoğusu ile Yeni Gine'nin kuzeybatısı arasında belirgin tür farklılıkları vardı.
- Fiziksel bir engel olmamasına rağmen bu geçiş çizgisi (Wallace Hattı) canlılar için aşılmazdı.
- Levha tektoniği sayesinde, bu gizem bugün artık bilimsel olarak açıklanabiliyor.



Wallace'ın Harita Merakı ve Bilimsel Sezgi

- Wallace, adeta Sherlock Holmes gibi haritaya bakıp canlıların “neden geçemediğini” merak etti.
- Dalgıç olmadan okyanus derinliğini hissederek bu vizyoner, bilim dünyasını şaşırttı.
- Günümüzde bile, türlerin dağılımındaki bu çizgiyi ilk fark eden kişi olarak anılır.
- Bazen iyi bir harita, bin makaleden daha fazlasını anlatabilir!



Eratik Bloklar ve İlk Gözlemler

- 18. yüzyılda bazı bilim insanları buzullaşmanın geçmişte daha yaygın olduğunu düşünmeye başlamıştı.
- Büyük taş blokların, bulundukları yere ait olmayan jeolojik tabakalarda bulunması dikkat çekiciydi.
- 1787'de rahip Bernard Kuhn, eratik bloklara dikkat çeken ilk kişilerden biri oldu.
- Dönemin genel kabulü, bu taşların Nuh Tufanı ile geldiği yönündeydi.



Azınlıkta Kalan Sesler

- Buzullaşmayı savunanlar uzun süre bilimsel toplulukta azınlıkta kaldı.
- James Hutton, Jens Esmark ve Reinhard Bernhardt gibi isimler bu fikri destekleyen erken örneklerdi.
- Esmark'ın yazıları, kutup buzullarının Avrupa içlerine kadar uzandığını öne sürüyordu.
- 1833'te Charles Lyell, buzullar yerine buz taşıyıcı olarak gören farklı bir teori sundu.

Buzul Çağı Modelinin Sessiz Başlangıcı

- Asıl çıkış noktası, İsviçreli dağcı Jean-Pierre Perraudin'in sade gözlemleri oldu.
- Perraudin, dağlardaki çizikli kaya yüzeylerinin eski buzullar tarafından oyulmuş olabileceğini düşündü.
- Bu fikirlerini 1815'te doğa bilimci ve maden mühendisi Jean de Charpentier'e yazdı.
- Charpentier başta şüpheliydi ama Perraudin'in gözlemleri aklında yer etti.

Jean de Charpentier Kimdir?

- 1786'da Almanya'da doğdu, 1813'te İsviçre'ye yerleşti.
- Doğaya olan ilgisi sayesinde jeolojiyle yakından ilgilenmeye başladı.
- Hayatının büyük kısmını Aar Vadisi'ndeki Bex'te geçirdi.
- Perraudin'in fikirleriyle tanışması, onu farklı bir düşünsel yola soktu.



Yeni Bir Taraftar: Ignace Venetz

- Perraudin'in fikirlerini ilgiyle dinleyen bir diğerk kişi, yol mühendisi Ignace Venetz oldu.
- Venetz, buzulların taşıdığı molozları ve jeolojik izleri inceledi.
- Flesch buzulunun ötesindeki moloz yığınları önemli bir kanıt sundu.
- 1829'da bir sunum yaptı ve yalnızca Charpentier'i ikna edebildi.



Bilimsel Mücadele Devam Ediyor

- Charpentier 1834'te daha güçlü kanıtlarla yeni bir sunum gerçekleştirdi.
- Ancak bu kez hiç kimse ikna olmadı.
- Lyell'in tufanla açıklanan buz taşıma modeli hâlâ baskın durumdaydı.
- Yine de buzullaşma fikri sahneden silinmedi.

Dikkat Çeken Tepki: Agassiz'in Hırsı

- Sunuma katılan Louis Agassiz, bu iddialardan oldukça rahatsız oldu.
- Bilimin doğasına uygun şekilde, bu fikri bilimsel yollarla çürütmeye karar verdi.
- İronik biçimde, bu kararlılığı onu buzul çağını savunan en önemli isimlerden biri yapacaktı.
- Ama bu, sonraki slaytların konusu...



Dağcı, Rahip ve Doğa Bilimci Bir Araya Gelirse

- Jean-Pierre Perraudin dağcılıkla uğraşıyordu, Bernard Kuhn bir rahipti, Charpentier ise maden mühendisiydi.
- Üçü de bilim insanı değildi ama dikkatli gözlem ve meraklarıyla buzul çağı kuramına katkı sağladılar.
- Bilim bazen laboratuvardan değil, doğa yürüyüşünden doğar.
- **Kısacası:** “Bilim için diploma değil, iyi bir gözlem yetiyor bazen!”

Agassiz Kimdir?

- Louis Agassiz, 1807'de İsviçre'de doğdu ve genç yaşta doğa bilimlerine ilgi duydu.
- Tıp eğitimi aldıktan sonra paleontolojiye yöneldi ve fosil balıklar konusunda ün kazandı.
- 1832'de Neuchâtel'de doğa tarihi profesörü oldu.
- Bu görevi sırasında bölgenin jeolojisini incelemeye ve buzul teorisiyle tanışmaya başladı.



Bilimsel Bir Karşılaşma: Charpentier ile Tanışma

- Agassiz, öğrencilik yıllarında tanıştığı de Charpentier ile tekrar bir araya geldi.
- Charpentier, onu geçmişte büyük bir buzullaşma yaşandığına ikna etmeye çalıştı.
- İlk başta karşı çıktı ama birlikte geçirdikleri bir yaz sonunda fikir değiştirdi.
- Bu değişim, Agassiz'in bilimsel kariyerinde yön değişimine neden oldu.

Yeni Bir Teoriyle Sahneye Çıkış

- 1837'de, İsviçre Doğa Bilimleri Derneği toplantısında buzul çağını savunan bir sunum yaptı.
- O güne dek fosil balıklar beklenirken, buzul modelini coşkuyla anlattı.
- Kavramı, botanikçi arkadaşı Karl Schimper'den almıştı.
- Sunumu dikkat çekti çünkü bu kez fikir değil, fikir sahibinin konumu görmezden gelinemedi.

Buzulları Kanıtlamak

- Agassiz, tereddütlü meslektaşlarını dağlara çıkarıp kanıtları yerinde gösterdi.
- Kayalardaki izleri gösterdiğinde bazıları bunları "tekerlek izleri" sandı.
- Yine de geri adım atmadı; buzul teorisini ispatlamaya kararlıydı.
- Bilimin sahada, doğrudan gözlemle ilerlediğini göstermek istiyordu.

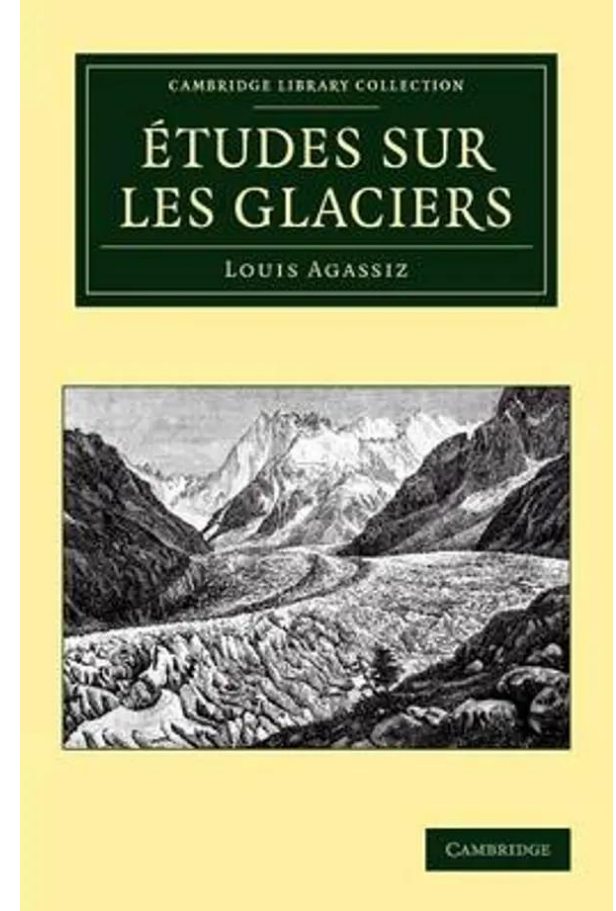
Araştırma Üssü: Aar Buzulu

- Aar buzulu üzerinde gözlem istasyonu kurarak araştırmalarına başladı.
- Buzun içine kazıklar yerleştirerek hareket hızını ölçtü.
- Buzun beklenenden hızlı hareket ettiğini ve dev taş blokları taşıyabildiğini gösterdi.
- Bu ölçümler, buzul modelini somut gözlemlerle destekledi.



Kitap: Études sur les Glaciers

- 1840'ta bu çalışmalarını "Buzul Araştırmaları" adlı kitabında yayımladı.
- Kitap, buzulların yeryüzü üzerindeki etkisini çarpıcı biçimde anlattı.
- Agassiz'in dili hem bilimsel hem edebiyata göz kırpan bir anlatım içeriyordu.
- Bu sayede bilimsel fikirleri halkın ilgisini çekecek şekilde yayabildi.



Dikkat Tazeleyici Bir An: Sürpriz Hitap

✦ *Beklenmedik Bir Sunum*

- Dernek üyeleri Agassiz'den fosil balıklar hakkında konuşmasını bekliyordu.
- O ise buzullar konusunda uzun ve tutkulu bir sunum yaptı.
- Şaşkınlık, yer yer rahatsızlıkla karıştı ama konu artık gündemdeydi.
- Agassiz, bilimsel bir sahne sürprizinin ustasıydı.

Tepkiler ve Eleştiriler

- Agassiz'in anlatımı etkileyiciydi ama abartılı dili bazılarını rahatsız etti.
- Charpentier bile bu “şairane felaket senaryosuna” öfkeleni.
- Lyell gibi tekbiçimci bilim insanları başta şüpheyile yaklaştı.
- Ancak zamanla yeni kanıtlarla model giderek daha kabul edilebilir hale geldi.

Sonuç: Buzul Modeli Kabul Görüyor

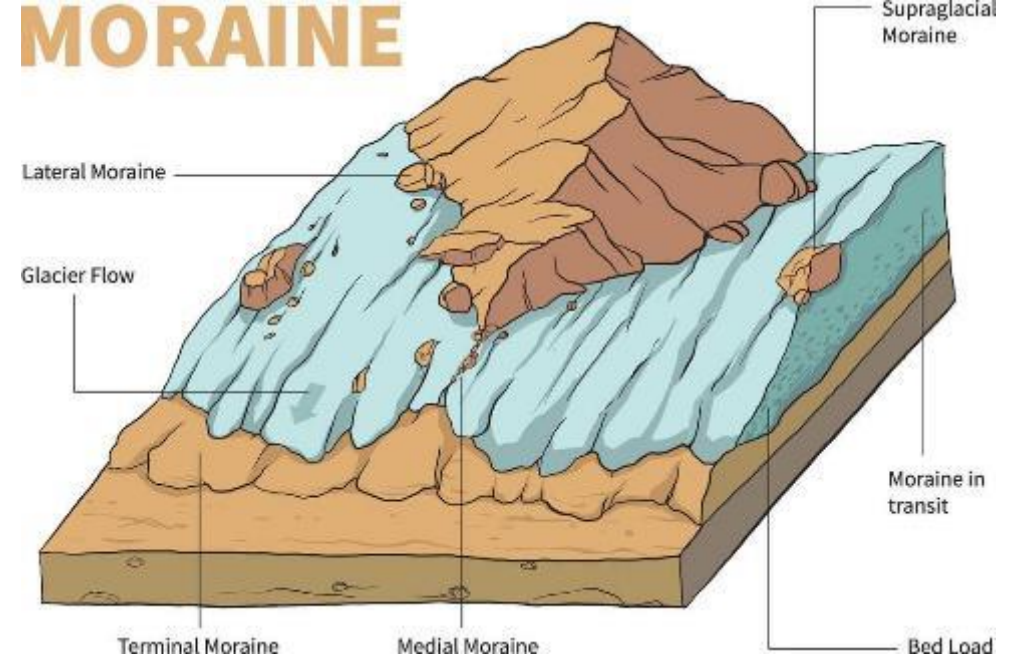
- Agassiz'in önerdiği buzul çağları modeli başlangıçta çokça dirençle karşılaştı.
- Ancak gözlemler ve kanıtlar biriktikçe bilim dünyasında kabul görmeye başladı.
- Lyell bile zamanla bu teoriyi tekbiçimci yorumla uyumlu hale getirerek benimsedi.
- Agassiz'in ısrarı, bilimde cesur fikirlerin zamanla nasıl şekillendiğini gösteriyor.

Agassiz ve İngiltere'de İlk Temaslar

- Agassiz, fosil balıklar üzerine çalışmak için Britanya'ya geldiğinde bir süre Oxford'da Buckland'le kaldı.
- Buckland, o dönemde hâlâ afetçiydi; ancak Agassiz'in fikirleri ilgisini çekti.
- 1840'ta Agassiz, Glasgow'daki bilimsel toplantıda buzul çağı modelini sundu.
- Toplantıdan sonra Buckland ve Murchison'la İskoçya'da saha gezisine çıktı.

Buckland ve Lyell İkna Oluyor

- İskoçya'daki gözlemler Buckland'ı ikna etti; artık Agassiz'in modelini destekliyordu.
- Buckland, Lyell'i de ikna etmek için onunla görüşmeye gitti.
- Evin yakınlarındaki moren oluşumlarını göstermek Lyell'i de etkiledi.
- Lyell, Agassiz'in kuramını benimsediğini 15 Ekim 1840'ta yazdı.



Bilimsel Kabul Süreci Başlıyor

- Jeoloji Derneği toplantılarında Agassiz, Buckland ve Lyell buzul çağı modelini sundular.
- 1840'taki bu toplantılar modelin bilim çevrelerinde yayılmasının başlangıcı oldu.
- Ancak modelin tam kabul görmesi için yaklaşık 20 yıl geçmesi gerekti.
- ***Bundan sonra yanıtlanması gereken büyük soru:*** Buzul çağını ne başlatmıştı?



“Lyell'in Aydınlanma Anı”

Lyell'in morenleri görünce ikna oluşu neredeyse filmlikmiş!

- Evinin 3 km uzağındaki morenleri görünce “sorun çözüldü” demiş.
- Buckland, bu anı büyük bir coşkuyla Agassiz’e yazmış.
- Lyell gibi birinin bu kadar çabuk ikna olması, Agassiz için büyük zaferdi.

Agassiz'in Özel Hayatında Fırtınalar

- Agassiz, Heidelberg'te tanıştığı Cécile Braun'la evlendi, üç çocukları oldu.
- 1845'te maddi sıkıntılar ve evlilik sorunları Cécile'in evi terk etmesine yol açtı.
- Agassiz'in kötü yatırım kararları da bu dönemde ilişkileri sarstı.
- Bu karmaşa içinde 1846'da ABD'ye doğru yola çıktı.

Amerika'ya Açılan Yeni Bir Sayfa

- Agassiz, ABD'de buzullaşma kanıtlarını doğrudan gözlemleme fırsatı buldu.
- Amerikalı yerbilimciler onu benimsedi; kalmasını istediler.
- 1847'de Harvard'da ona özel bir akademik pozisyon açıldı.
- Böylece hem mali hem bilimsel geleceği güvence altına alındı.

Amerika'da Akademik Mirası

- Harvard'da zooloji ve jeoloji profesörü oldu; 1859'da Jeoloji Müzesi'ni kurdu.
- Derslerinde doğrudan gözlem ve araştırmaya vurgu yaptı.
- Bilimsel ilgiyi kampüs dışına da taşıyan popüler dersler verdi.
- Ancak hayatının sonuna doğru doğal seçilimi kabul etmedi.

“Tam Zamanında Gitmiş!”

1848 Avrupa'sı karışırken Agassiz Amerika'da güvenli limandaydı.

- Neuchâtel'deki kolej kapandı, fonlar kesildi.
- Cécile aynı yıl tüberkülozdan vefat etti.
- Louis'in Amerika'ya yerleşmiş olması, ailesi için de yeni bir başlangıç oldu.

Ailenin Yeni Kökleri

- Agassiz, ikinci evliliğini Elizabeth Cary ile yaptı.
- İki kızını Avrupa'dan Amerika'ya getirdi.
- Oğlu Alexander, başarılı bir doğabilimci oldu.
- Agassiz, Amerika'da hem mutlu bir aile hayatı sürdürdü hem bilimsel başarılar elde etti.

Bilimde Kalıcı Etki

- Agassiz'in buzul çağları kuramı kıtalar arası kabul gördü.
- Öğrencileri ve meslektaşları onun yöntemlerinden ilham aldı.
- 1873'te, bilim ve aile hayatı iç içe geçmiş dolu dolu bir yaşamın sonunda öldü.
- Mirası, yalnızca bir kuramla değil, bilimsel yaklaşımıyla da yaşadı.

Göklerden Buzul Çağlarına – Hikâyenin Başlangıcı

- Buzul çağlarının kökenini açıklamak için gökyüzüne, Kepler'in eliptik yörüngelerine uzanmak gerekir.
- 17. yüzyılda Kepler, gezegenlerin çember değil elips yörüngelerde döndüğünü keşfetti.



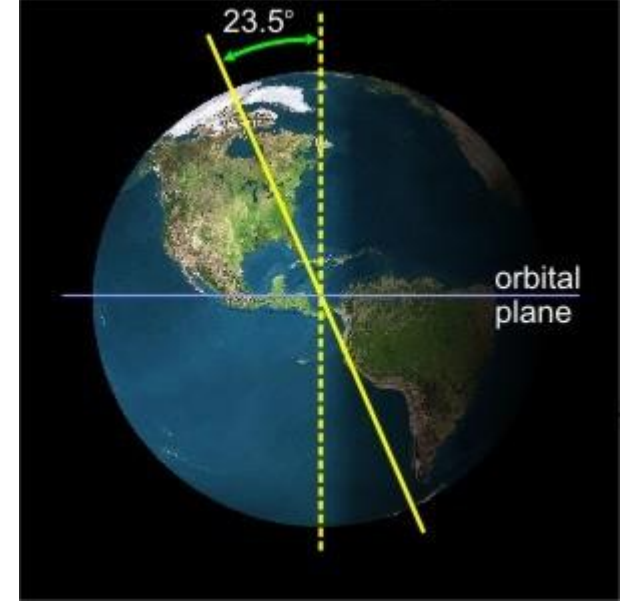
Göklerden Buzul Çağlarına – Hikâyenin Başlangıcı

- Asıl dönüm noktası ise 1842’de Joseph Adhémar’ın “Denizin Devrimleri” adlı kitabını yayımlamasıydı.
- Adhémar, Dünya’nın yörüngesel hareketleriyle buzul çağları arasında bağlantı kurmaya çalıştı.



Dünya Neden Eğik Duruyor?

- Dünya'nın eksenini, Güneş'e göre 23.5 derece eğiktir; mevsimlerin nedeni budur.
- Güneş'e en yakın konumuna ocakta, en uzak konumuna ise temmuzda ulaşır.
- Yani kuzey yazı, Dünya'nın Güneş'ten en uzak olduğu zamana denk gelir.
- Bu uzaklık farkı çok küçük olsa da Adhémar için büyük anlam taşıyordu.

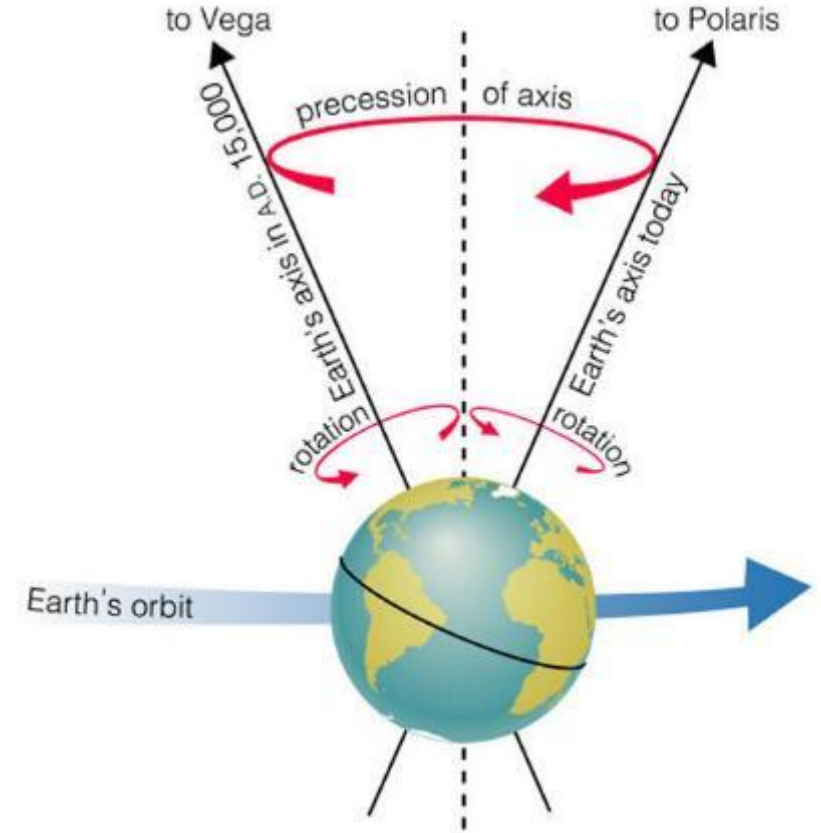


Adhémar'ın Kurgusu – Buz ve Gölge

- Adhémar'a göre, güney yarımküre kışları daha uzun sürüyor, bu da Antarktika'nın buzla kaplanmasına yol açıyordu.
- Ona göre Güney Kutbu'ndaki gece süresi, yazın aldığı ışıktan daha uzundu.
- Antarktika'daki buzullar, bu uzun gecelerin bir kanıtıydı.
- ***Böylece, buzul çağlarının nedeni gökyüzüydü:*** yavaş hareket eden Dünya.

Dönen Dünya ve Tersine Mevsimler

- Dünya bir top gibi dönerken yalpalar; bu yalpalama “ekinoksların devinmesi” olarak bilinir.
- Bu devinim, eksen yönünü çok yavaş değiştirir: bir tam döngü 22.000 yıl sürer.
- **11.000 yıl önce mevsim örüntüleri tersine dönmüştü:** kuzey kışları, Dünya Güneş’ten en uzakken yaşanıyordu.
- Adhémar’a göre buzullar bu şekilde sırayla kuzey ve güney yarımküreyi etkiliyordu.

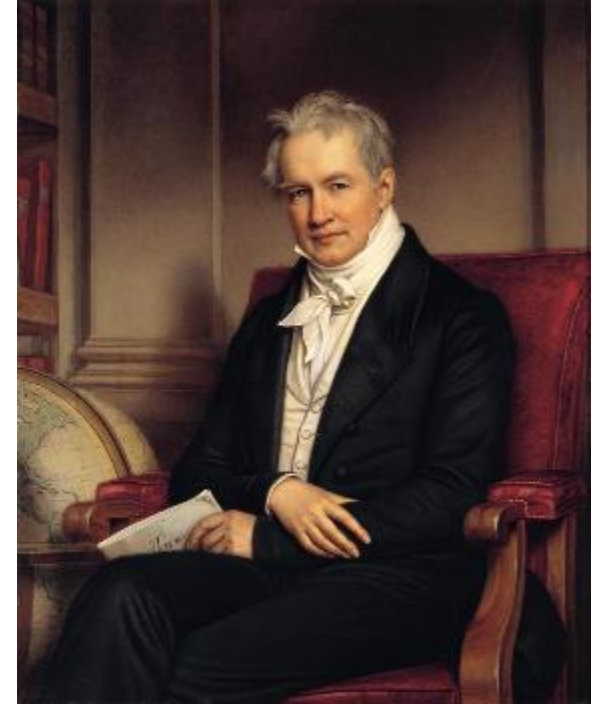


Dalgalı Düşler

- *Adhémar'ın kitabının başlığı oldukça dikkat çekiciydi: “Denizin Devrimleri”.*
- Ona göre, buz çağı bitince eriyen dev buz kütlesi okyanusa gömülüyor, karşı yarımküreye dev bir dalga gönderiyordu!
- Bu fikir neredeyse bilimkurgu gibiydi ama dönemin ciddiyetle okunan modellerindendi.
- Modeli kadar, dili de hayal gücünü kışkırtıyordu – ama ne yazık ki gerçeklerden uzaktı.

Bilimin Eleştirisi – Gerçek Nerede?

- *Alexander von Humboldt, Adh mar'ın varsayımını eleştirdi:* Yıllık toplam ısı her iki yarımkürede de eşittir.
- Bu denge, Adh mar'ın “biri soğurken öbürü ısınıyor” düşüncesini   r t yordu.
- Ayrıca 20. yüzyılda geliştirilen tarihlendirme teknikleri de modelin yanlış olduğunu kanıtladı.
- Kuzey ve güneyde buzullaşmaların 11.000 yıl arayla yaşandığı fikri tutarsızdı.

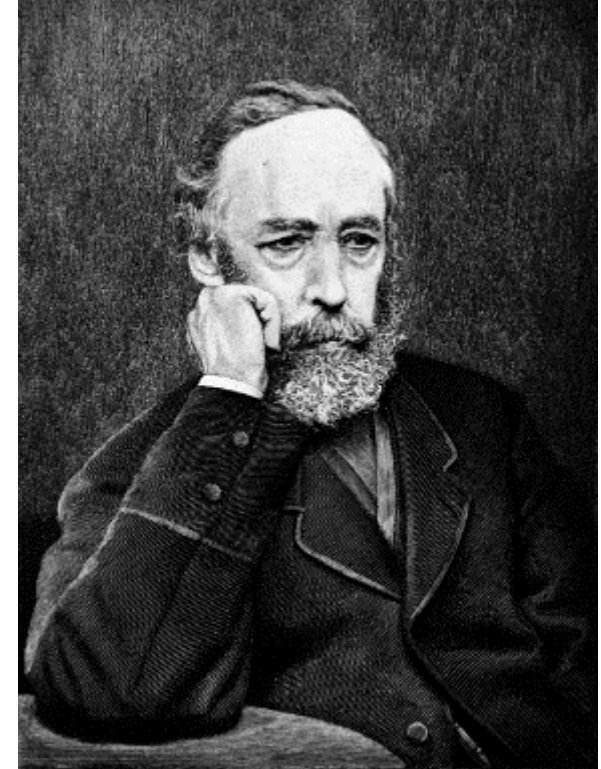


Yanlış Ama İlham Verici

- Adhémar'ın modeli yanlıştı ama önemli bir tartışmayı başlatmıştı.
- Onun sayesinde, yörünge hareketlerinin iklim üzerindeki etkileri yeniden düşünülmeye başlandı.
- Böylece bilimde ilerlemenin bazen yanlışlardan geçtiği bir kez daha görüldü.
- Hikâyemiz burada bitmiyor; Adhémar'ın hayalleri başka bilim insanlarını harekete geçirecekti.

Bir Taş Ustasının Oğlu, Bilimin İzinde

- James Croll, 1821 yılında İskoçya'da, taş ustası bir babanın oğlu olarak dünyaya geldi.
- Sınırlı bir eğitim aldı, ancak büyük bir tutkuyla okuyarak bilimsel bilgiye kendi çabasıyla ulaştı.
- Çeşitli işlerde çalıştı; fakat gündelik işlerin pratiği, onun soyut düşünmeye yatkın zihniyle uyuşmadı.
- Sol kolundaki sakatlık, ona daha çok düşünme ve okuma fırsatı verdi.



Kitaplar Arasında Yeni Bir Yaşam

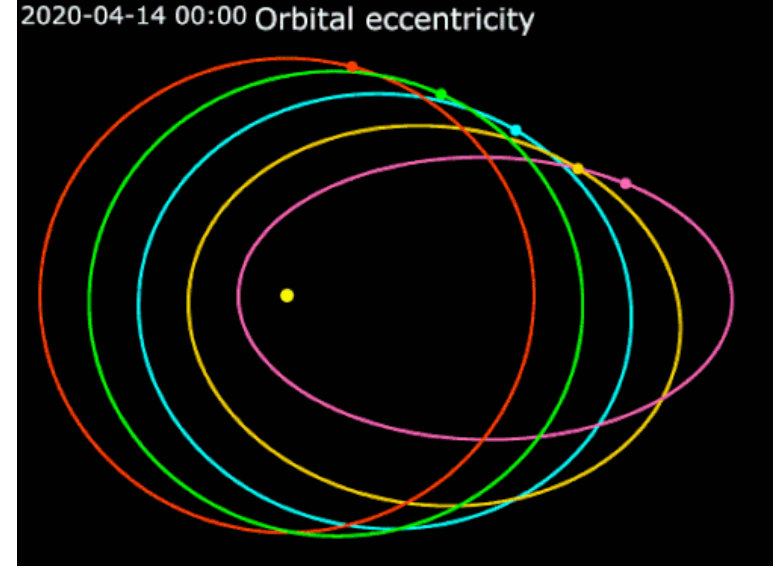
- 1857'de yazdığı The Philosophy of Theism adlı kitapla bilimsel düşünceye adım attı.
- 1859'da Glasgow'daki Andersonian Koleji'ne hizmetli olarak yerleşti.
- Burada sessiz ortam, bolca zaman ve zengin bir kütüphane Croll için adeta bir cennet gibiydi.
- Adhémar'ın kitabını okuyarak iklim değişiklikleri ve yörünge teorileri üzerine düşünmeye başladı.

Küçük Bir Tebessüm – “Tam Bana Göre!”

- Croll, hizmetli olarak başladığı görevini “Daha önce hiç bu kadar bana uygun bir yer bulamamıştım” diyerek tarif etmişti.
- Maaş düşüktü ama kütüphaneye erişim onun için paha biçilemezdi.
- Bilim tutkusu, onu hizmetli üniformasının çok ötesine taşıyacaktı.

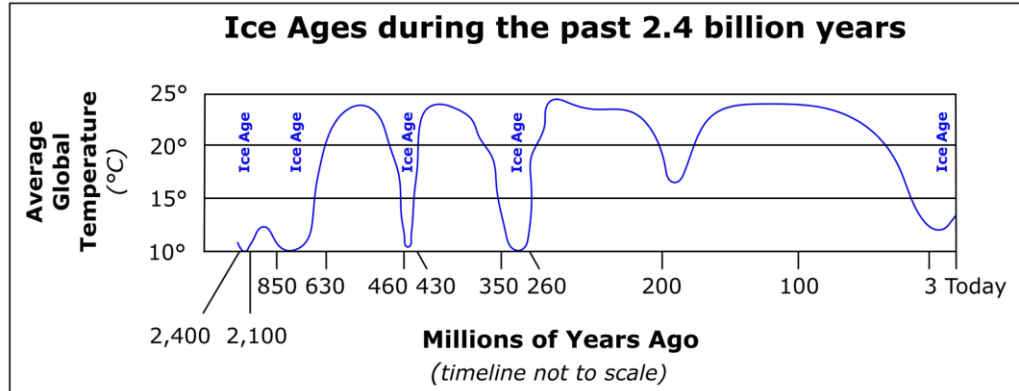
Bir Yörünge Meselesi

- Fransız matematikçi Leverrier, gezegen yörüngelerindeki değişimleri ilk kez ayrıntılı analiz eden kişiydi.
- Neptün'ün keşfi, Newton yasalarının büyük bir zaferi olarak kabul edildi.
- Bu hesaplamalar, gezegenlerin uzun vadeli yörünge değişimlerini anlamamıza olanak sağladı.
- Croll, bu yörüngesel değişimlerin iklim üzerinde etkisi olup olmadığını sorgulamaya başladı.



Buzul Çağları ve Güneşle Dans

- Yörünge şekli eliptikten çembere döndükçe gezegenin yıllık ısı dağılımı değişiyordu.
- Croll, bu değişimlerin buzul çağlarını tetikleyebileceğini düşündü.
- Geliştirdiği modele göre, sert kışlara maruz kalan yarımkürede buzul çağları başlıyordu.
- Ekinoks devinimi ve yörünge eliptikliği birleşince, döngüsel bir buzul çağı modeli ortaya çıktı.



Bir Dönemin Buzları Çözülüyor

- Croll'un modeline göre Dünya, 250.000 yıl önce başlayan bir buzul döneminden geçiyordu.
- 1864'te bu görüşlerini Philosophical Magazine'de yayımlayarak bilim dünyasına sundu.
- Okyanus akıntılarının da iklimde önemli rol oynayabileceğini ileri sürdü.
- Modeli dönemin jeoloji çevrelerinde ciddi ilgi gördü.

“Hizmetliydi ama...”

- Croll, 1876’da Kraliyet Derneği’ne üye seçildi—muhtemelen bu onura erişmiş tek eski hizmetliydi.
- Hayali olan “tam zamanlı bilim insanı” kimliğini sonradan kazandı.
- Bilimsel başarı, bazen çok farklı yollardan da gelebilir...

Eğik Dünya ve Yeni Sorular

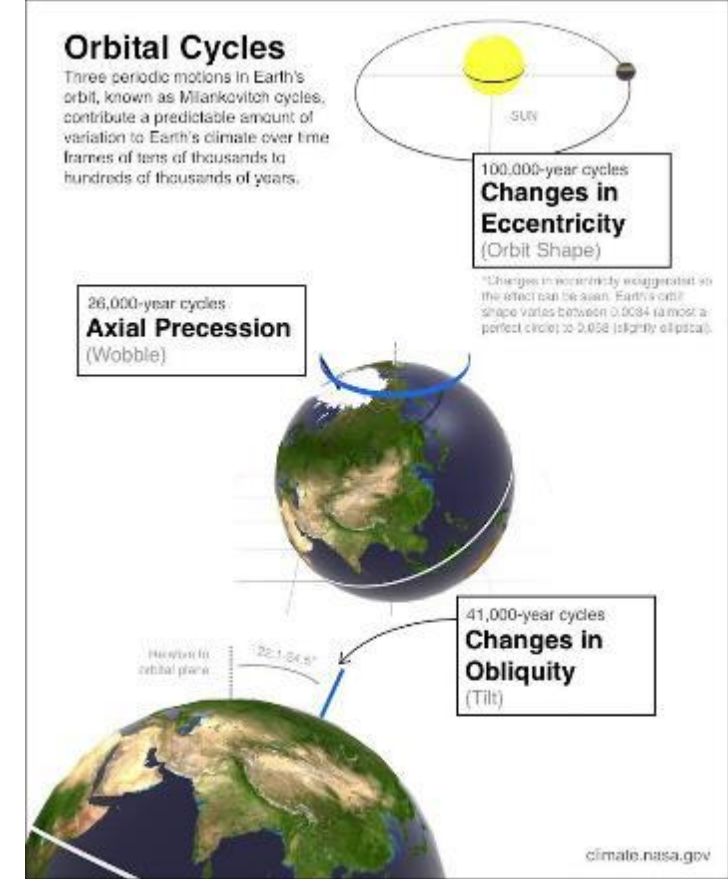
- Croll, Dünya'nın eksen eğikliğindeki (22° – 25°) değişimlerin iklimi etkileyebileceğini öne sürdü.
- Bu eğiklik değişiminin süresi henüz hesaplanmamıştı (gerçekte bir tam döngü 40.000 yıl sürer).
- Dünya daha dik konumdayken kutuplar daha az ısı alır; bu da buzul çağını tetikleyebilir.
- Bu fikir, Croll'un ileriye dönük tahminlerinden biriydi.

Modelin Sonu ve Yeni Ufuklar

- 19. yüzyılın sonunda jeolojik bulgular, Croll'un modelini ciddi biçimde sorgulattı.
- Son buzul çağının 10.000–15.000 yıl önce bittiği anlaşıldı; bu Croll'un öngörüsüne aykırıydı.
- Meteorolojik hesaplar, astronomik etkilerin sıcaklık farklarını açıklamakta yetersiz kaldığını gösterdi.
- Yine de model, buzul çağlarında döngüsel bir düzen olduğunu doğru biçimde öngörmüştü.

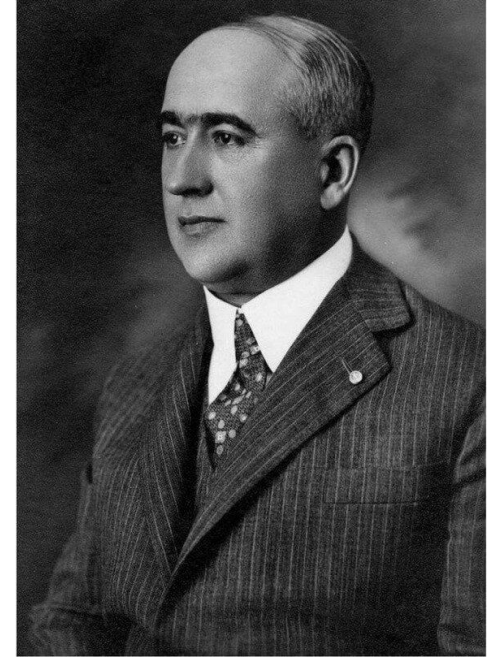
Mirası Devralan İsim – Milankovitch

- Buzul çağlarını astronomik temelde açıklama işini Milutin Milankovitch devraldı.
- 1879'da doğan Milankovitch, Croll'un açtığı yolda çok daha kapsamlı hesaplamalara girişti.
- Jeolojik kanıtlarla astronomik döngüler arasında daha güçlü bağlantılar kurdu.
- Bugün bilinen "Milankovitch döngüleri", Croll'un ilk adımlarının izlerini taşır.



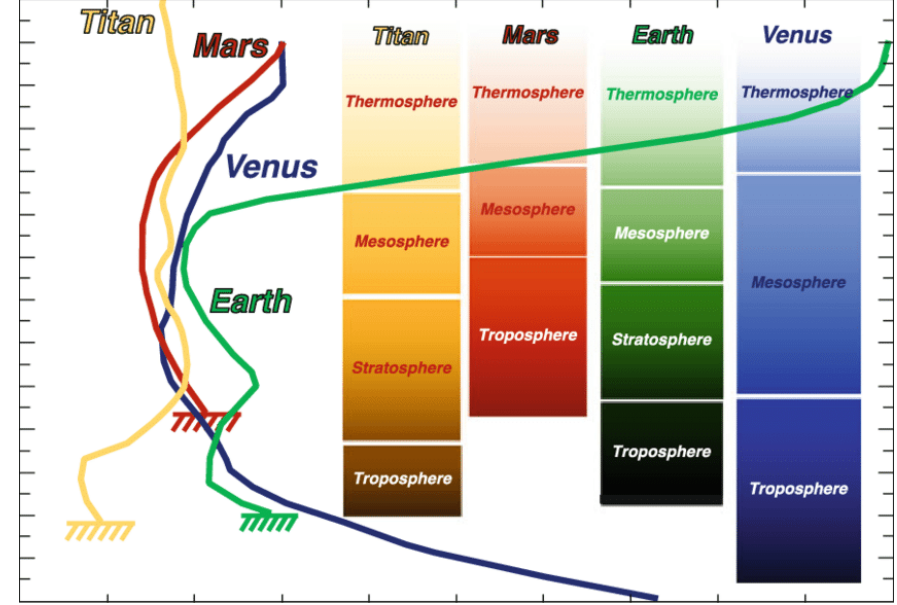
Sırp Taşrasından Kozmik Bir Hikâye

- Milutin Milankovitch, 1904'te Viyana'da mühendislik doktorasını tamamladı.
- 1909'da Belgrad'a dönerek üniversitede uygulamalı matematik profesörü oldu.
- Viyana'daki parlak geleceği bırakıp Sırbistan'a dönmesi bir idealizm göstergesiydi.
- Eğitimli gençlerin yetişmesine katkı sunmayı amaçladı.
- **Görsel önerisi:** Milankovitch'in gençlik fotoğrafı + Belgrad Üniversitesi'nin eski bir fotoğrafı.



Bir Tutku: Gezegenerin İklimi

- Milankovitch, zamanla ilgisini en çok çeken konuya, iklim değişikliğine yöneldi.
- Dünya, Mars ve Venüs'ün farklı enlemlerindeki sıcaklıkları hesapladı.
- Sadece kalem, kâğıt ve beyin gücüyle üç gezegenin iklimini modelledi!
- Bu çalışmalar Croll'un ötesine geçen ciddi bir bilimsel başarıydı.



Bir Sarhoş Muhabbetinde Doğan Fikir

- Milankovitch, modelini geliştirmeye 1911’de karar verdiğini esprili bir şekilde aktarır.
- O anı “bir akşamüstü sarhoş muhabbetinde” diye anlatır.
- Gerçek olup olmadığı bilinmez ama tutkuyu yansıtan bir anlatımdır.

Savaşın Gölgesinde Bir Bilim İnsanı

- 1912-1913 Balkan Savaşları sırasında mühendis olarak görev yaptı.
- Cephede olmaması, hesaplamalarına daha çok zaman ayırmasına imkân tanıdı.
- Yazdığı makaleler dönemin karışıklığı nedeniyle fazla ilgi görmedi.

Savaş Tutsaklığı ve Budapeşte Yılları

- 1914'te Avusturya-Macaristan ordusu tarafından tutuklandı.
- Kısa sürede serbest bırakıldı, Budapeşte'de bilimsel çalışmalarına devam etti.
- 1920'de yayımlanan kitabı ona uluslararası ün kazandırdı.
- **Görsel önerisi:** Kitabının kapağı + Budapeşte'nin eski bir görüntüsü.



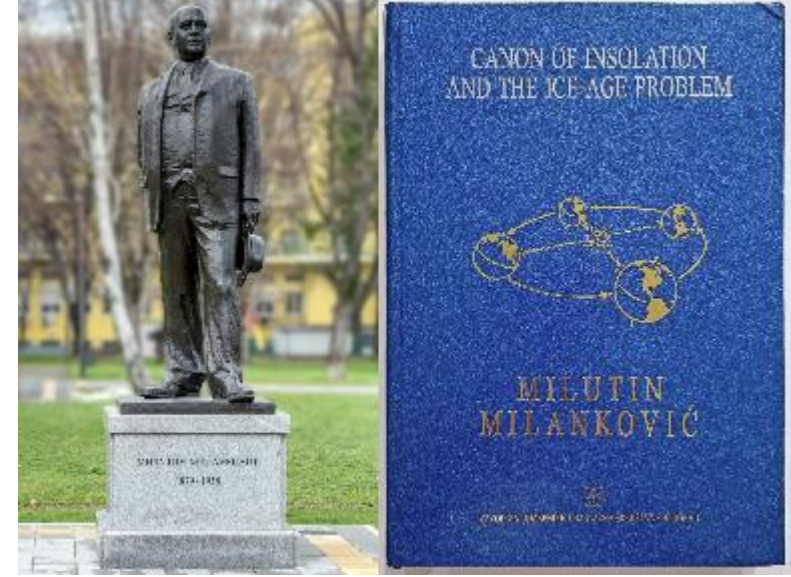
Buzul Çağlarına Giden Yol

- Milankovitch, yaz sıcaklıklarının buzul oluşumunda kilit rol oynadığını gösterdi.
- Yüksek enlemlerde yaz serin geçerse, kar kıştan kalma buz olarak kalır.
- Bu fikir Köppen tarafından hızla benimsendi ve Wegener ile iş birliğine dönüştü.



Zamana Karşı Yarış

- 1930'dan itibaren sekiz ayrı enlem için hesaplamalar yaptı.
- Sonraki sekiz yıl boyunca bu sıcaklık değişimlerinin buz örtülerine etkisini çalıştı.
- **1941'de savaş patlak vermeden hemen önce başyapıtını yayımladı: Canon of Insolation and the Ice Age Problem**



Gözden Düşen Bir Dâhi

- 1958'de hayatını kaybettiğinde modeli geçici olarak gözden düşmüştü.
- Yeni jeolojik kanıtlar modelle tam örtüşmüyordu.
- Ancak yıllar sonra modeli yeniden değerlendirildi ve değeri anlaşıldı.

Bilgisayarlar ve Buzullar: Modern Dönemin Başlangıcı

- Buzul çağlarının anlaşılması, bilgisayar destekli analizlerle 1970'lerde yepyeni bir boyuta taşındı.
- Milankovitch modelinin öngöruları artık deniz tabanından alınan örneklerle test edilebiliyordu.
- Bu örneklerde, minik deniz canlılarının kireçli kabukları sayesinde geçmiş iklimler incelenebildi.
- Oksijen izotopları, bu canlıların yaşadığı dönemdeki sıcaklıklar hakkında doğrudan bilgi veriyordu.



Okyanus Tabanında Saklı Zaman Makinesi

- Deniz tabanındaki çekirdeklerde astronomik ritimler açıkça görünüyordu.
- Bu ritimler, iklim değişimlerinin düzenli bir döngü içinde gerçekleştiğini gösterdi.
- 1976'da Science dergisinde yayımlanan bir makale, modelin bilim dünyasında kabulünü pekiştirdi.
- Böylece iklimin geçmişine dair daha önce görülmemiş bir netlik kazanıldı.

Dünya Neden Bu Kadar Hassas?

- Güneş ışığındaki küçük değişimlere dünya neden bu kadar büyük tepkiler veriyor?
- ***Yanıt, kıtaların hareketinde gizli:*** kıtasal sürüklenme iklimi derinden etkiliyor.
- Geçmişte, okyanus akıntılarının kutuplara ulaşması buz oluşumunu engelliyordu.
- Ancak bazı dönemlerde kıtalar, bu düzeni bozarak büyük buz örtülerine zemin hazırladı.

Permien'den Bugüne: Buzul Günlükleri

- Permien çağında (yaklaşık 250 milyon yıl önce) 20 milyon yıl süren bir buzul dönemi yaşandı.
- Daha sonra dünya uzun süre sıcak kaldı; bu dönemde dinozorlar gelişti.
- Yaklaşık 55 milyon yıl önce başlayan soğuma, 10 milyon yıl önce buzulların geri dönüşüyle hızlandı.
- 5 milyon yıl önce Antarktika'daki buz örtüsü, bugünkünden daha geniştir.



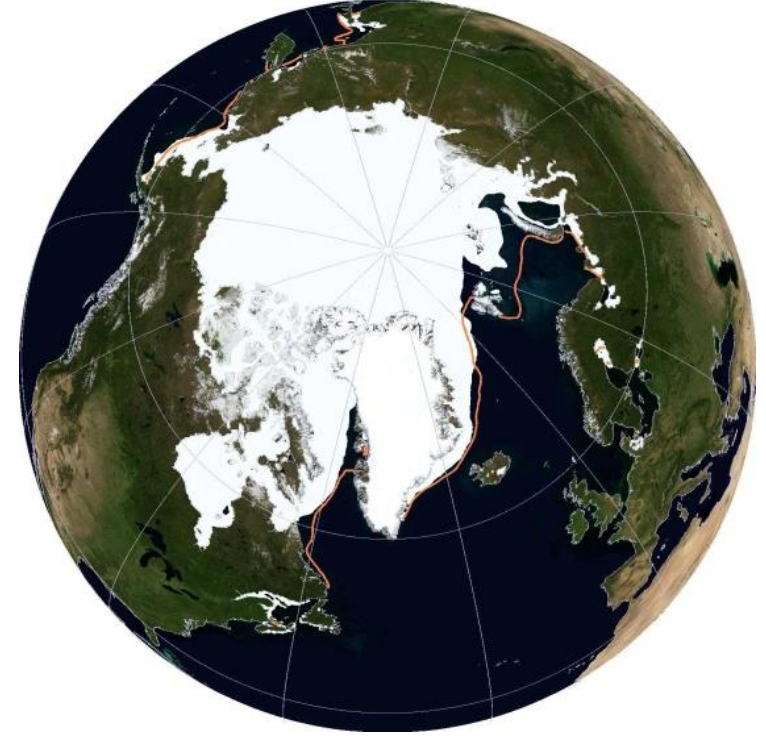
Buzullar Kuzeyde de Yükseliyor

- Buzulların hem kuzey hem de güney yarımkürede aynı anda gelişmesi büyük bir keşifti.
- Antarktika'da buz oluşumu, kıtasal yapı nedeniyle kalıcı oldu.
- Kuzeyde ise, kara ile çevrili bir kutup denizi zamanla dondu.
- Grönland'ın Gulf Stream'i doğuya yönlendirmesi, Avrupa'nın ılıman kalmasına neden oldu.



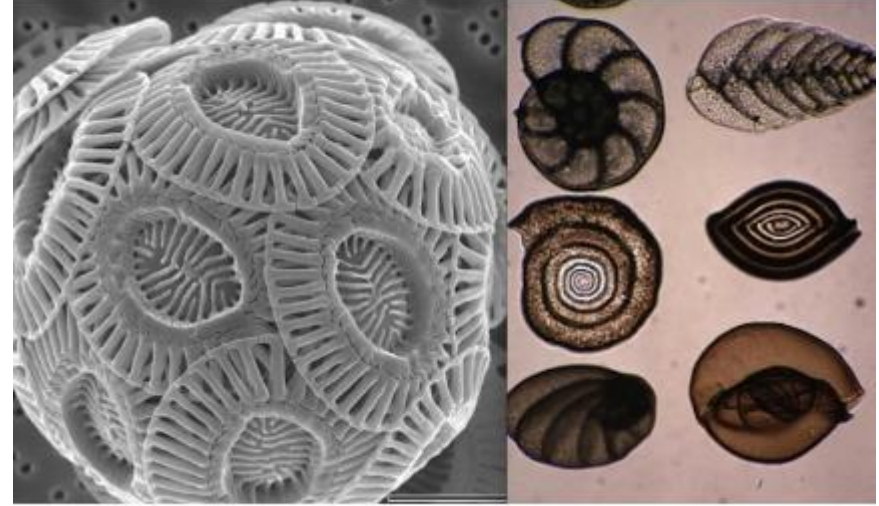
Kutup Dairelerinin Coğrafi Mucizesi

- Son 5 milyon yıldır dünya, hem kuzey hem güneyde buz kütleleri taşıyan özel bir coğrafyada yaşıyor.
- Kuzey kutbunun karayla çevrilmiş olması, kar yağışı ve kalıcı buzlanmayı mümkün kılıyor.
- Bu yapı, dünya iklimini astronomik ritimlere karşı daha duyarlı hâle getirdi.
- **Sonuç:** Dünya, tarihinin en özgün buzul düzenlerinden birinde yaşıyor.



“Minik Kabuklular, Büyük Sırlar”

- Bilim insanları ilk kez minik deniz canlılarının kabuklarını mikroskop altında incelerken, birçoğu bunu “pek de önemli olmayan bir detay” sanmıştı.
- Oysa bu kabuklar, milyonlarca yıl öncesinin sıcaklıklarını ortaya çıkardı.
- Kimi jeologlar bu keşif için espriyle “Koca kıtaları kaydırmak kolaydı, ama kabukları anlamak zor oldu” demiştir.



Buzullar Arasında Yaşamak

- İçinde bulunduğumuz dönem, bir buzul arası dönemdir ve yaklaşık 10.000 yıldır sürmektedir.
- Bu dönem doğal olarak birkaç bin yıl içinde sona erecek.
- Buzul çağları yaklaşık 100.000 yıl sürer ve birbirini takip eder.
- İklimdeki bu döngüsel yapı, Milankovitch döngüleriyle açıklanır.

Zamanın İzleri: 3,6 Milyon Yıl Öncesine Yolculuk

- İlk buzul çağları yaklaşık 3,6 milyon yıl önce başladı.
- Bu sırada hominidler Doğu Afrika'da yaşıyorlardı.
- Dikey yürüme davranışına dair ilk kanıtlar bu döneme aittir.
- Ayak izleri ve fosiller, bu geçişin izlerini taşır.



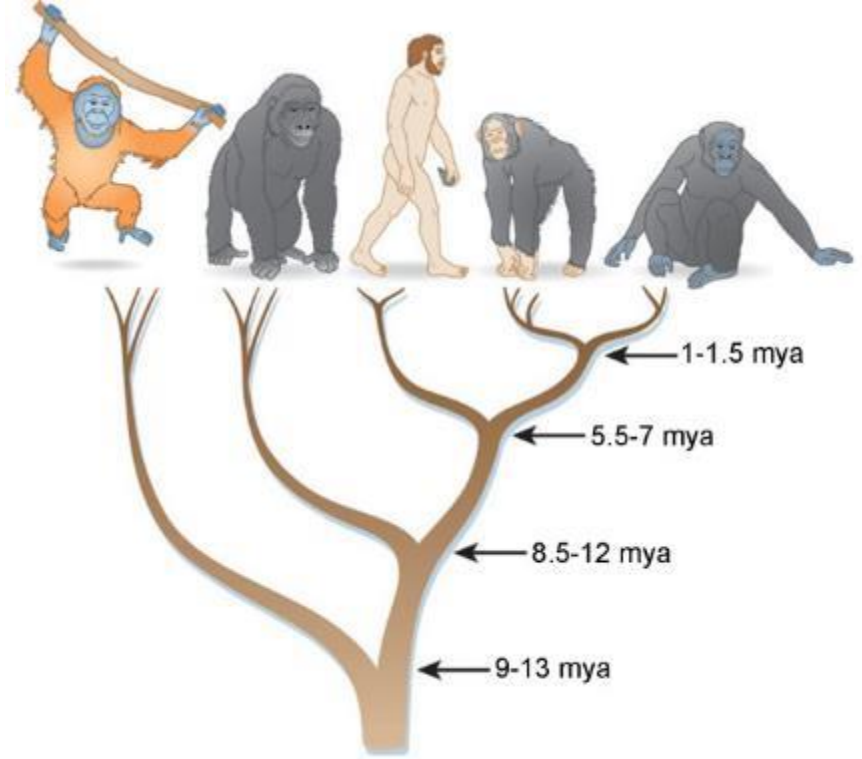
İklim, Evrimi Nasıl Şekillendirdi?

- Doğu Afrika'da buzul çağlarında yağışlar azaldı, ormanlar küçüldü.
- Bu durum, ormanda yaşayan türler arasında rekabeti artırdı.
- Bazı hominidler açık arazilere geçmek zorunda kaldı.
- Yeni çevreye uyum sağlayanlar hayatta kaldı; doğal seçim iş başındaydı.



Evrimde Ritmin Gücü

- Buzullar geri çekildiğinde hayatta kalanlar ormanlara geri döndü.
- Bu geçişler 10–20 kez tekrarlandı ve evrimi şekillendirdi.
- Uyum sağlama yeteneği ve zeka avantaj haline geldi.
- Şempanze ve goriller, ağaç yaşamına uyum sağlayarak evrimleşti.



“Ayak İzi”nden Evrime

- Tanzanya’daki Laetoli’de bulunan 3,6 milyon yıllık ayak izleri, dik yürüyen hominidlerin en eski kanıtıdır.
- Yumuşak küle basan ayaklar, zamanla fosilleşmiş ve günümüze ulaşmıştır.
- “Hollywood Bulvarı” benzetmesi tesadüf değil — bu izler de bir dönemin yıldızlarını temsil ediyor!

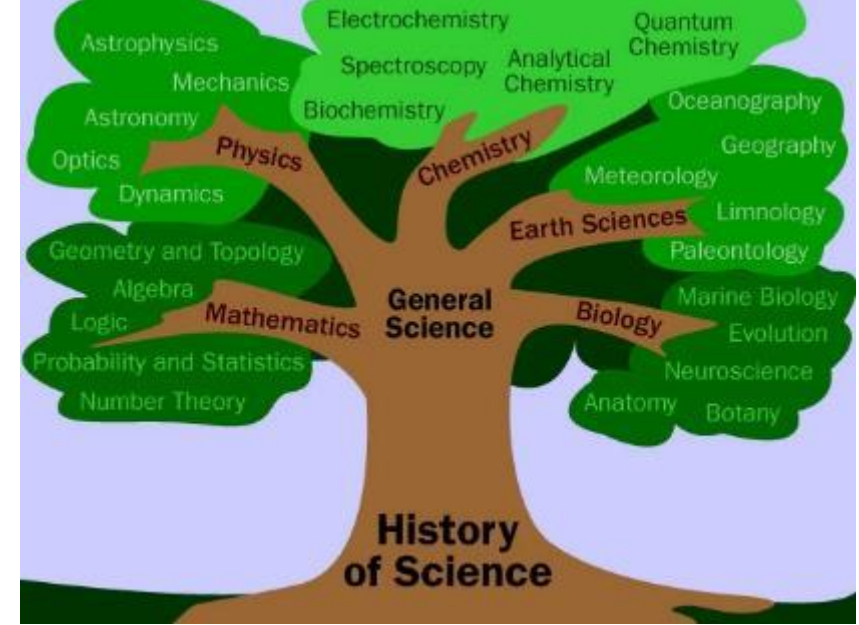


Evrimin Kozmik Arka Planı

- Evrimsel hikâyemiz, kıtasal sürüklenme ve astronomik döngülerin bir birleşimidir.
- Kıtasal konumlar, iklim üzerinde büyük rol oynar.
- Bu koşullar, evrimsel süreci tetiklemiştir.
- Bu örtüşme bir tesadüf değil; bir etkileşim ağıdır.

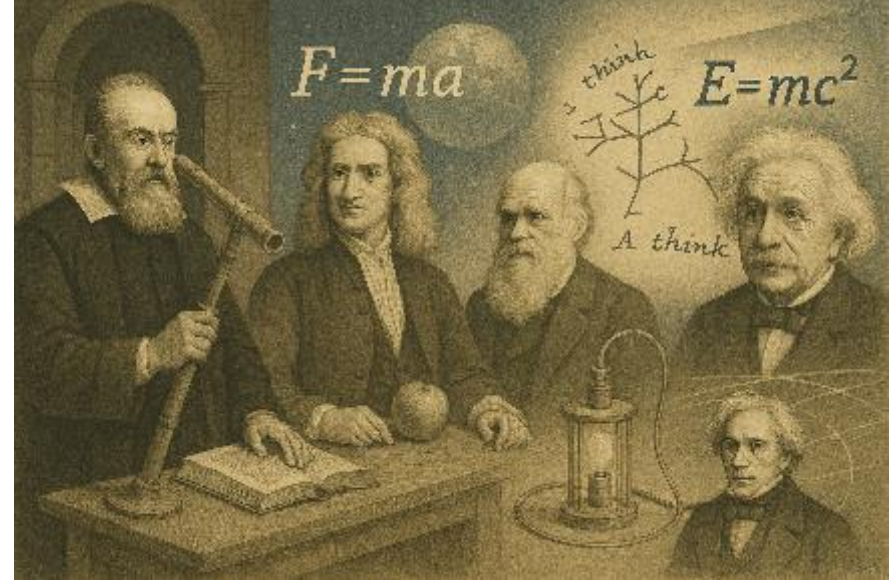
Bilimsel Bir Senfoni

- Evrimsel anlayış, birçok bilimsel alanın katkısıyla oluştu:
 - Fizik → Konveksiyon, kütleçekim
 - Kimya → Numune analizi
 - Jeoloji → Katmanların okunması
 - Biyoloji → Doğal seçim
- Tüm bu alanlar birlikte, insanın evrimini anlamamıza yardımcı olur.



Galileo'dan Kuantuma

- Galileo ve Newton'la başlayan klasik bilim, evrim kavrayışına yön verdi.
- 20. yüzyıla gelindiğinde bu yaklaşımın sınırları belirginleşti.
- Kuantum devrimi, klasik görüşleri kökten değiştirdi.
- Bilim, büyükten küçüğe tüm ölçekte doğayı anlamaya çalışıyor.



Teşekkür ederim

Prof. Dr. Bektaş TEPE