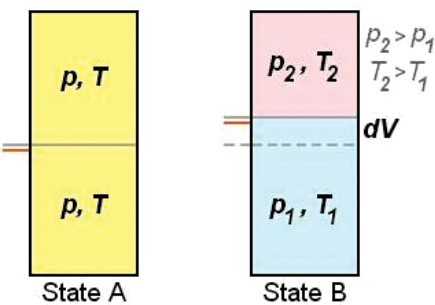




Geçmişte ve gelecek için: Enerjinin ne önemi var?

Sayın Başkan, değerli misafirler: Sözlerime, hepinize "hoşgeldiniz" diyerek başlamak istiyorum. Ve, bana böyle seçkin bir topluluğa hitabetmek onurunu bahsettiğiniz için teşekkür ediyorum. Bugünkü 6 Aralık 2007 tarihinde burada, Dünya'nın 29° doğu boylamı ve 40° kuzey enleminde, entellektüel bir alışveriş için daha bir araya gelmiş bulunuyoruz. Önümüzdeki birkaç gün boyunca, insanlığın düşünce dünyasındaki bitmeyen yolculuğun bir parçası olarak, büyüleyici teknik bilgilerin alışverişinde olacağız. Katılımcı kitlesi böylesine seçkin olunca, ben de kendimi öyleymiş gibi görünmek zorunda hissediyorum. Önce olayın dışında kalmayı düşündüm, fakat sonra, doğrudan konunun özüne girmeye karar verdim. Pardon: "Konunun özüne" değil, "enerjinin özüne..." Öyle yapalım, müsaadenizle...

Yalıtılmış bir silindirin içindeki, bir piston tarafından iki eşit kısma ayrılmış olan bir gazın olası iki halini ele alalım. A ile gösterilen birinci halde gaz, her yerde aynı T sıcaklığına ve buna karşı gelen p basıncına sahip olsun. Sistem termodinamik dengede olduğundan, pistonun kendiliğinden hareket ettiği asla gözlenmez. Gazın iki kısmı arasında net momentum veya enerji aktarımı yoktur. Dolayısıyla, bu yalıtılmış sistemin içerisinde iş yapmak mümkün değildir. Dikkat edilecek olursa, bu tesbit, sistemin sıcaklığı ve dolayısıyla iç enerji içeriği ne kadar yüksek olursa olsun geçerlidir.



Şekil 1. Yalıtılmış bir sistem: $dS \geq 0$

Şimdi, pistonun her nasılsa, yavaşça yukarıya doğru dV diferansiyel hacmi

kadar hareket edip, sistemi B haline taşıdığını varsayalım. Piston bu sırada, üst yarı üzerinde $dW=PdV$ kadar iş yapar ve bu iş kademeli olarak $dQ=dW$ ısıya dönüşür. Sistem yalıtılmış olduğundan, üst yarının kazandığı bu ısının alt yarı tarafından sağlanması lazımdır. Nitekim, alt yarı genişlerken piston üzerinde $dW=PdV$ kadar iş yapar ve bu sırada kendisi $dQ=dW$ kadar ısı kaybeder. Enerji korunmuştur. Momentumun korunumu ise zaten, parçacık kinematığının zamanın tersinmesine göre simetrisinin bir gereğidir. Üst ve alt yarılardan denge durumundaki yeni sıcaklıkları, sırasıyla T_2 ve T_1 olsun. Açıkça, $T_2 > T_1$ olacaktır.

Bu durumda, soğuyan alt yarı için entropi değişimi negatif olup $dS_1 = -dQ/T_1$ 'e eşit iken, alt yarı için positif ve $dS_2 = +dQ/T_2$ 'ye eşittir. Bu ikisinin toplamından oluşan toplam entropi değişimi $dS = dQ(1/T_2 - 1/T_1)$ olur. $T_2 > T_1$ olduğuna göre, bu niceliğin negative olması gerekmektedir. Enerji ve momentum korunduğundan, fizik yasaları pistonun kendiliğinden bu şekilde hareket etmesine karşı değildir.

Fakat yine de, sistemin A halinden B haline kendiliğinden geçiş yaptığı asla gözlenmez. Dolayısıyla, bir genelleme olarak karşımıza Termodinamğin 2. Yasası çıkar: Yalıtılmış bir sistemde entropi azalmaz. $\Delta S > 0$ geçerli olmak ve hatta, tersinmez süreçler sırasında entropi artmak zorundadır.

Halbuki bu sürecin tersinin kendiliğinden gerçekleşmesi mümkündür ve nitekim, bu tür geçişler daima gözlenir. B haliyle başladığında, üst yarı alt yarıdan daha sıcak olduğundan, oluşan basınç farkı pistonu aşağıya doğru hareket ettirerek, alt yarı üzerinde iş yapılmasını ve böylelikle alt yarının ısıtılmasını sağlar. Genleşmekte olan üst yarı ise, iki yarının sıcaklıkları birbirine eşit hale gelinceye kadar soğur. Dolayısıyla, eğer sistem B halinde ise, sistemin içinde iş yapılabilir. Dikkat edilecek olursa, bu tesbit, T_1 , T_2 sıcaklıkları ve dolayısıyla sistemin iç enerji içeriği ne kadar düşük olursa olsun geçerlidir.

Sistemin B halinden A haline geçişini

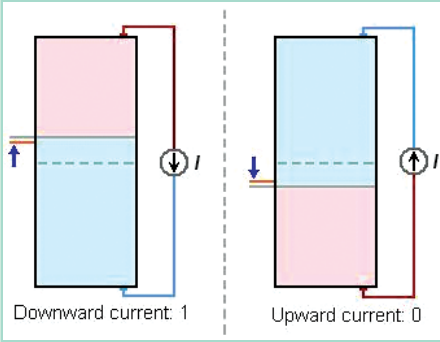


A hali

B hali

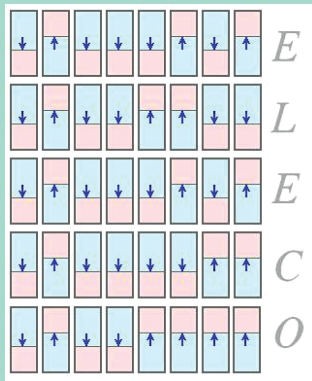
izleyen süreçle o kadar sık karşılaşırız ki, bu bizim için 'zamanın termodinamik oku'nu oluşturur. Çünkü, eğer bize, biri sistemi A halinde ve diğeri B halinde gösteren iki resim gösterilecek olsa; hemen ilk resmin ikincisinden sonra çekilmiş olduğu kanaatine varırız. Daha açık bir örnek, aynı yumurtanın; birisi yumurtayı mutfak tezgahının üzerinde sapasağlam dururken, diğeri ise yerde kırılmış halde gösteren iki resmidir. Algılarımızı bir zaman sıralamasına tabi tutmamızı sağlayan ve böylelikle, aksi halde karmakarışık bir küme oluşturacak olan gözlemlerimizi 'güvenilir bir hafıza'ya dönüştüren 'nedensellik ilkesi'ne vücut veren, termodinamiğin bu ikinci yasasıdır.

Piston, sistem A halinde olduğu süreçte kendiliğinden hareket edememekle beraber, sistem dışı bir etken tarafından bunu yapmaya zorlanabilir. Bu, dışarıdan enerji alınmasını gerektirir. Dış dünya ile sadece enerji alışverişinde bulunabilen bir sistemin 'kapalı' olduğu söylenir. Buraya kadar yalıtılmış olduğunu varsaydığımız sistemimizi, enerji alışverişine imkan tanıyarak kapalı bir sisteme dönüştürdüğümüzü ve pistonun, üzerinde iş yapılarak yukarı doğru hareket ettirildiğini varsayalım. Sistem B haline geçer. Fakat T_1 ve T_2 sıcaklıkları bu sefer, dış unsur tarafından yapılan işin ısıya dönüşerek iç enerji içeriğine ilave edilmiş olmasından dolayı, daha öncekinden biraz daha yüksektir. Bu ilave edilen enerji, sistem tarafından dışarıya geri verilsin ya da verilmesin; dış dünyayı da hesaba katan toplam entropi artışı, önceki durumdakinden daha fazladır. Bu önemli... Çünkü, entropi düzenlilikle ters, yani düzensizlikle doğru orantılı olduğuna göre; düzensizlikteki daha büyük artış, 'iş yapmanın maliyeti' anlamına gelmektedir.



Şekil 2. İkili bir şifreleme yöntemi

Sistem B halinde iken, üst yarı alt yarıdan daha sıcak olduğuna göre; bir ısı çiftin uçları silindirin tabanlarına bağlayarak aşağı yönde bir akım elde edilebilir. Eğer piston aşağıya doğru hareket etmiş olsaydı, akım yukarı doğru olurdu. Dolayısıyla, elimizde ikili sisteme göre kodlamanın bir aracı var demektir. Yukarı yöndeki akım 0, aşağı yöndeki akım 1 olarak alınabilir. Böyle bir dizi sistemin inşa edildiğini ve pistonların, hedeflenen bir dizilime göre aşağı veya yukarı doğru hareket ettirilmiş olduğunu varsayalım. Dış enerji kaynağı olarak, her pistonun üst ya da alt yüzeyine katalizör bir malzeme sürüldüğünü ve çevredeki, bu katalizörle temasa geldikleri takdirde kimyasal tepkimeye girip enerji açığa çıkartan atom veya moleküllerin, kazandıkları kinetik enerjiyle pistonu, kolunun hangi yüzeyinin katalizörlü olduğuna bağlı olarak, aşağı veya yukarıya doğru ittiğini düşünelim. Dış dünyada, ortalığa serpiştirilmiş böyle atom ve moleküller bulunsun. Tıpkı 'Büyük Patlama Çekirdek Sentezi'nde olduğu ve yıldızların yaşam döngülerinde hala yer aldığı gibi...

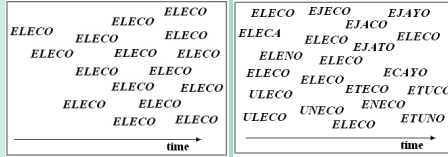


Şekil 3. Bilgi kodlayan bir 'kapalı' sistemler kümesi.

Soldaki şekilde, bu düzeneklerden 40 tanesi bir arada görülüyor. Bu küme, 'ELECO' sözcüğünü ASCII standardına göre şifrelemekte. Tabii, sistem kendi haline bırakıldığı takdirde, sıcaklık farklarıyla birlikte akımlar giderek zayıflarken, pistonlar orta konumlarına geri dönecektir. Dolayısıyla, şifrelenmiş olan bilgiyi muhafaza etmek için, pistonlar üzerinde periyodik olarak iş

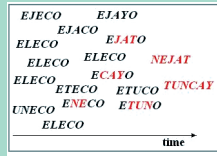
yapılması gerekir. Bu ise dış dünyadan daha fazla enerji alınmasını gerektirmektedir. Tıpkı dinamik RAM belleklerinin periyodik yüklenmesinde olduğu gibi...

Şimdi, bu daha büyük olan sistemin, basit bölünme yoluyla kendisini kopyalayabilme yeteneği kazandığını varsayalım. Bunun mümkün olabilmesi için, alt sistemlerden her birinin, dış dünya ile sadece enerji değil, aynı zamanda madde alışverişinde de bulunabilmesi gerekir. Böyle sistemlerin 'açık' olduğu söylenir. Buna izin verdiğimiz takdirde, zamanla bir 'ELECO'lar nüfusu oluşur. Bir adım daha atıp, her biri şifre karakterlerinden sadece birini değiştirebilen basit 'mutasyon'lara da izin verelim. Madde kendisini örgütleyip, canlı hale gelmiş olur.



Bölünerek çoğalma

Mutasyon



Cinsel çoğalma

Şekil 4.

Zaman ilerledikçe, nüfus çeşni kazanır. Artık bireyler arasında, malzeme ve enerji gereksinimleri açısından farklılıklar oluşmuştur. Dolayısıyla, bazıları çoğalmakta diğerlerinden daha başarılıdır. Büyük olasılıkla, aralarında avcılar belirir. Malzeme temini için bu yöntem, başlangıçta enerji sarfı açısından büyük bir yatırım gerektirmekle birlikte, toplamda daha ekonomiktir. Türlerden bazıları raslantısal olarak etraflarında, belki de yağ moleküllerinden oluşan kalıntılar biriktirmiştir. Bu onların avlanmalarını zorlaştırıp, yaşama şanslarının artmasını sağlamıştır. Hücre yapısı ortaya çıkmaktadır. Avlanma, iri bir avcının küçük bir avı tümüyle yutması ve ondan sonra yararlı bileşenlere parçalaması şeklindeki 'fagositoz'a dönüşür. Bu tür girişimlerin pek çoğu, yutma aşamasından sonra başarısızlığa uğrar ve avcı ile av arasında simbiyotik ilişkilerin doğmasıyla sonuçlanır. Dış dünyaya ulaşımı kesilmiş olan küçük av, 'evsahibi' için yararlı bazı işlevler yerine getirmekte veya malzemeler üretmekte, buna karşılık evsahibinin dış dünyadan sağladığı enerji ve malzemeden pay almaktadır. Hücre yapısı giderek karmaşılaşmış, bir çekirdeğe kavuşmuş; 'prokaryot' hücre

ökaryot' olmuştur. Giderek, şifrelenmiş bilginin birden fazla 'harf'ten oluşan parçalarının değiştirilmesini mümkün kılan cinsel üreme keşfedilir. Nüfusta, Şekil 4'te görüldüğü gibi, daha zengin bir çeşni oluşur. Belki de sevgili arkadaşımızın adı ve soyadından oluşan 'NEJAT' ve 'TUNCAY' ikilisi de dahil olmak üzere...

Böyle bir sistem en kolay, mikro ölçekte moleküllerle inşa edilebilir. Çoğalma için gereken dış malzeme kaynağı, çevredeki atom ve moleküllerdir. Enerji ise, atomlar arasındaki kimyasal ve çekirdekler içindeki nükleer bağlarda 'potansiyel enerji' halinde depolanmıştır ve bu bağların kırılıp yeniden yapılandırılmasıyla açığa çıkartılabilir.

Atomlar ve moleküller bu açıdan, örneğin bir katalizör yüzeyiyle temas gibi uygun şartların oluşması halinde, açığa çıkıp kullanılmayı bekleyen enerji deposu kapsüller gibidir. Enerji ayrıca, fotonların akışı şeklinde de vardır.

Gerçekten de, kendini kopyalayabilen, büyük olasılıkla bir RNA molekülü, yaklaşık 4 'milyar yıl önce' (myö) Dünya'da oluştu. İzleyen yarım milyar yılda, 'en son ortak ata' olan LUCA'ya evrimleşti. Güneş 2 milyarını doğum gününe yaklaşmış da olgunlaşınca, ısıma gücünü %20 kadar arttırdı ve bu durum, 2,5 myö fotosentezin keşfini zorladı. Cinsel üreme 1,5 myö ortaya çıktı. 1,1 myö, çok hücreli yaşamın öncüleri olan alg ('kiyanobakter') kolonileri belirirdi. 900 'milyon yıl önce' (myö), yılda 481 gün ve günde 18 saat var iken; tek hücreli protozoalardan kuyruklu koanoflagellat, süngerlerin doğrudan ve tüm hayvanların dolaylı atası olmak üzere, denizlerde hareket halindeydi. 600 myö, çok hücreli hayvanlarla bitkilerin ilkleri olarak, süngerler ve su yosunları oluştu. 540 myö civarında başlayan Kambriyen devir, yaşam türlerinin zenginliğindeki patlamanın yanında, hayvan türlerini beraberinde getirdi. 505 myö, omurgalıların ilkleri olan 'ostrakoderm' balıklar ortaya çıktı. Bitkiler 475 myö karalara yerleşmeye başlamıştı, 350 myö tohum geliştirdiler. 220 myö ilk dinazorlar, memelilerin atalarıyla birlikte sahneye çıktı. 130 myö tohumlu bitkiler çiçek açmaya başladı. 40 myö primatlar alt sınıflara ayrılmıştı. 22 myö Hindistan Asya'ya çarptı ve Himalayalarla Tibet platosu yükselmeye başladı. 2 milyon yıl sonra bunu, Afrika'nın Asya'ya çarpması izledi. 18 myö, eski dünya maymunları ile 'ape' özelliklerini bir arada taşıyan Prokonsül Afrikanus Kenya'da belirirdi. 15 myö, insanların atalarını oluşturan primatlar, hominoid sınıfına evrimleşti. Yaklaşık 3,7 myö, primatlardan birisi olan 'Australopithecus Afarensis' Kenya'daki bir yanardağın külleri üzerinde

yürüyordu. Bir diğeri, Lucy Etyopya'da öldü. 2,7 myö Australopithecus Afrikanus, Afrika'nın seyrelen savanalarındaki ağaçlardan indi. 2,2 myö 'Homo habilis'e evrildi ve 1,8 myö, 'Homo erectus' olarak ayağa kalktı. 1,0 myö ateşi terbiye etti. Avrupa ve Asya'ya yayılıp, 500 'bin yıl önce' (kyö) 'Homo sapiens'e, 165 myö de Etyopya'da 'homo sapiens sapiens'e, yani bize evrildi. 150 myö civarında Afrika'da 'mitokondriyal Havva' doğmuştu. Bunu 50 kyö, büyük olasılıkla Etyopya veya Kenya'da doğan 'Y-kromozomlu Adem' izledi. Ardılları avcı-toplayıcıları ve tüm canlı organizmalar gibi, bünyelerinde negatif entropi üretip, termodinamiğin ikinci yasasının akışına karşı yürüdüler. En son buzlanma döneminin ardından, 'Holosen Bölüm'ün başlamasıyla birlikte, çapayı keşfetti; Dicle ve Fırat'ın, Nil'in, Ganj'in ve Sarı Nehir'in yakaları boyunca toprağı sürüp ektiler, ürünlerini biçtiler. Tarımsal ürün fazlası sayesinde, bazıları rahatlayıp fikirler geliştirmeye başladı. Bilim ve sanat gelişti. Müzik büyük olasılıkla hep vardı, ardından mitoloji ve şiir geldi. Yazı 6 kyö Sümer'de keşfedildi. Taşma mevsimlerinin öngörülebilmesi için yıldızların izlenmesi gerekti. Belki tarımın kolektifliği aritmetiğin, toprağın özel mülkiyeti geometrinin keşfini gerektirdi, vb...

17. Yüzyıl'ın ikinci yarısında, Newton mekanik ve kütleçekimi yasalarını keşfetmişti. Evrensel kütleçekim sabiti G ölçüldü çıktı. 19. Yüzyıl'ın sonlarına doğru Michelson-Morley deneyi, ışık hızının tüm başvuru sistemlerinde sabit olduğunu ortaya koyarak, Einstein'ın özel görelilik kuramına yol açtı. 1901 yılında Max Planck, siyah cisim ışımasını açıklarken, adıyla anılan ve h ile gösterilen sabiti keşfetti. Einstein, Planck sabitini fotoelektrik etkiyi açıklamakta kullandı. Bu, Niels Bohr'a, atomun kararlılığını açıklamak üzere enerjinin kesikli değerler aldığı fikrini verince, kuantum mekaniği doğdu. Atalet ve kütleçekimsel kütlelerin eşitliği Einstein'ı, genel görelilik kuramını geliştirmeye yöneltti: Madde ve enerji uzayı bükür, uzay da maddeye nasıl hareket edeceğini söyler.

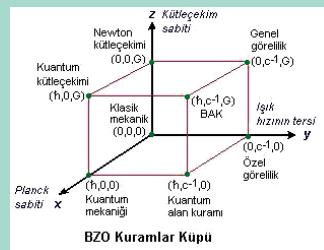
Üç sabit; c, h ve G; evreni büyük oranda şekillendiren evrensel sabitleri oluşturmaktadır. Işık hızı, 1983 yılında benimsenen tamına göre, tam olarak 299.792.458 m/s değerine sahip ve maddenin hızına bir üst sınır getiriyor. Sıkı bir sınır. O kadar ki, evrendeki enerjinin tümü tek bir elektrona yüklenirse, hızının ışık hızına ulaşması mümkün değil. Özel görelilik kuramı c sabit olduğu için var ve eşzamanlılık kavramı genelliğini bu yüzden kaybediyor. Işık hızı eğer sonsuz olsaydı,

klasik mekanik geçerli olurdu. Bu durum sonsuz hızda iletişimi mümkün kılar, fakat evrende iletişimde bulunacak kimse olmazdı. Çünkü, sonsuz hızdaki foton etkileşme fırsatı bulamaz, dolayısıyla asla soğurulamazdı. Gözlemlenebilir evren sonsuza uzanır, fakat şimdiye kadar salınmış olan fotonların hepsi de sonsuza ulaştığından, evrenin kalan kısmını kapkaranlık olurdu. Öte yandan, eğer ışık hızı sıfır olsaydı, şimdiye kadar ışınmış olan tüm fotonlar, ışıdıkları noktalarda duruyor olurdu. Işık hızı bir üst sınır oluşturduğundan, madde de hareket edemezdi. Kısacası, eğer ışık hızı 0 olsaydı, evrende hareket imkansızlaşır, uzay ve zaman ayrırdı.

Planck sabiti h, açısal momentumun quantumunu oluşturur ve enerjinin kesikliliğine yol açar. Örneğin Bohr'un hidrojen atomu modelinde, yörünge elektronunun hızı 1/h, atomun yarıçapı ise h² ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla, h sonsuz değer alacak olsa, atomun yarıçapı da sonsuza gider ve gözlenebilen evren, protondan sonsuz uzaklıkta ve protona göre durağan olan bir elektrona sahip tek bir hidrojen atomundan oluşurdu. Sıkıcı bir evren...

Öte yandan, eğer h'nin değeri 0'a gitseydi, atomun yarıçapı sıfır olur, elektron protonla birleşerek nötrona dönüşürdü. Gerçekten de, h=0, açısal momentumun ve dolayısıyla da enerjinin sürekli değerler alabilmesi anlamına gelirdi. Bu ise, yörünge elektronunun merkezi ivme altında ışıyarak çekirdeğe düşmesine yol açacağından, atom kararlı olamazdı. Aslında, atomun klasik resmindeki temel yetersizliklerden birini oluşturan ve quantum mekaniğinin doğmasını zorlayan ana nedenlerden birisi buydu.

Kütleçekim kuvveti, bilinen dört kuvvetin en zayıfı olmasına ve atomun küçük ölçeğinde tümüyle gözardı edilebilmesine karşın, büyük ölçekte evreni yöneten kuvvettir. Eğer G=0 olsaydı, uzay madde ve enerji tarafından bükülmez ve basit Öklid geometrisine sahip olurdu. Genel görelilik kuramına gerek kalmazdı. Fakat diğer yandan, madde topaklanamaz, galaksiler ve yıldızlar oluşmazdı. Öte yandan, G'nin sonsuza gitmesi halinde, Büyük Patlama kütleçekiminin etkisiyle erken bir aşamada durur, evren bir karadeliğe çökerdi.



Şekil 5. Bronshtein-Zelmanov-Okun'un kuramlar küpü.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$h = h/(2\pi) = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg.s}^2)$$

Bu sabitlerin değerlerinin değişebildiğini varsayarak, eksenleri h, ch¹, G olan bir koordinat sistemi oluşturup, sabitlerin bilinen değerlerini işaretlediğimizde "Bronshtein-Zelmanov-Okun (BZO) Kuramlar Küpü" denilen şekli elde ederiz. Bu küpün yüzeylerinde dolaşırken; (h,c⁻¹,G)h0 limiti bize klasik mekaniği, (ch¹,G)h0 limiti kuantum mekaniğini verir. (h,G)h0 limiti özel görelilik kuramına karşılık gelir. (G)h0 görelilik alanları kuramına, (h)h0 genel göreliliğe, (h,ch¹),0 Newton'un kütleçekim yasasına, (ch¹)h0 kuantum kütleçekimine... Bu kuramların her biri, daha genel bir 'birleşik alanlar kuramı' veya 'herşeyin kuramı'nın (TOE) özel halleridir. Böyle bir 'herşeyin kuramı'; (h,ch¹,G) üçlüsünün halen gözlemlenen değerlerine karşılık gelmektedir. Biz aslında bu köşede yaşıyoruz. Fakat genel kabul gören bir TOE henüz yok. Böyle bir kuram için en güçlü aday, üzerinde halen çalışılmakta olan 'sicism kuramı'...

Konu neydi?... Afedersiniz, ne yapıyorduk? Ne yapıyoruz burada? Kimiz biz, biz neyiz?...

Madde kendini örgütleyip canlı hala gelmiş,...

ayağa kalkıp bilinç olmuş,...

kendini kavramak için...

Hah! Hepimiz buyuz işte! Belki hedefin yakınında bile değiliz, fakat uzun bir yol katettik. İş yapmaya devam, pistonu itmeye devam. Şu da unutulmamalı ki; enerji olmaksızın, enerji gradyantları olmaksızın, bunların hiçbirini yapılamazdı. Gradyentler ne kadar büyük olursa, akış ve iş hızları da o kadar büyük...

İnsanın düşünce zinciri devam ediyor ve bu toplantı onun bir halkası. Verimli olması dileğiyle... Sabrınız için çok teşekkürler. Tanrı hepimizi başarılı kılsın ve varsa eğer; o dantel gibi örülmüş olan ve gözlemlendiğimiz büyüleyici evrene vücut vermiş bulunan muhteşem gizemlerini çözmeye devam etmemize izin versin. O, insanın güçlü bir yaratıcılığa sahip olmakla birlikte akla bazen yaramazca oyunlar oynayan hayal gücünün yardımına hiç ihtiyacı olmayacak kadar muhteşem olan gizemlerini...

Teşekkür ediyorum.