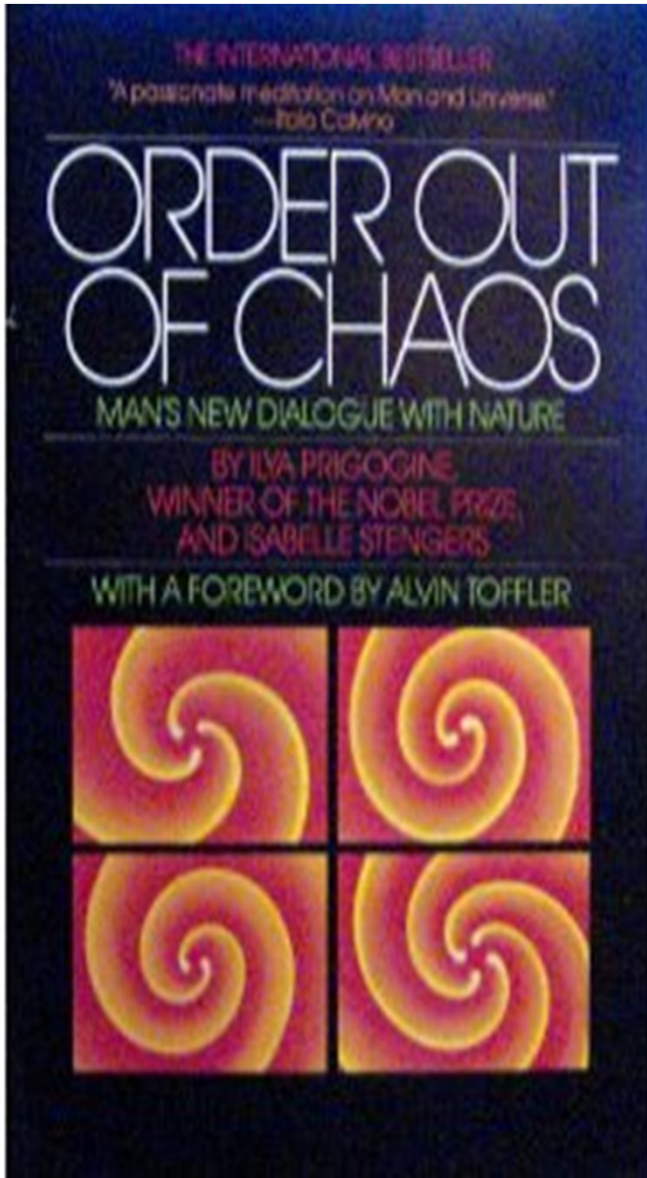


‘Açık’ Dizgelerin Termodinamiği

Ilya Prigogine & Isabelle Stengers

Order Out of Chaos

Flamingo, London, 1985



Nazım Hikmet

Ve kadınlar
bizim kadınlarımız:
korkunç ve mübarek elleri
ince, küçük çeneleri, kocaman gözleriyle
anamız, avradımız, yarımız
ve sanki hiç yaşamamış gibi ölen
ve soframızdaki yeri
öküzümüzden sonra gelen
ve dağlara kaçırıp uğrunda hapis yattığımız
ve ekinde, tütünde, odunda ve pazardaki
ve kara sabana koşulan ve ağıllarda
ışılısında yere saplı bıçakların
oynak, ağır kalçaları ve zilleriyle bizim olan
kadınlar,
bizim kadınlarımız

Son söz

“Denge durumundan uzak koşullarda Boltzmann’ın *düzen ilkesinin* temelini oluşturan olasılık kavramı geçerli değildir. Yaşam, Boltzmann’ın *düzen ilkesi* ile kesinlikle uyuşmamaktadır” (**Ilya Prigogine**).

“Öz örgütlenme gösteren dizgeler, termodinamiğin ikinci yasasının evrensel bir yasa olmadığını gösteriyor”
(**Tüm fizikçiler**)

Evrimin Nicel Ölçütü

$\Phi_m \left(\text{erg s}^{-1} \text{g}^{-1} \right)$ *free energy density*

Astronomy

Luminosity / mass

Physics

power density

Geopyhsics

specific radiant flux

Biology

specific metabolic ratio

Engineering

power / mass

Chaisson, E.J., *International Journal of Astrobiology*, 2(2):91-101, 2003.

<i>System</i>	$\Phi_m \left(\text{erg s}^{-1} \text{g}^{-1} \right)$
<i>Plants</i>	10^3
<i>Stars</i>	1
<i>Planets</i>	10^2
<i>Human</i>	10^4
<i>Human's Brain</i>	10^5
<i>Human Societies</i>	10^6

Chaisson, E.J., *International Journal of Astrobiology*, 2(2):91-101, 2003.

Termodinamiğin II. Yasası Evrensel mi?

<i>Human Societies (X years)</i>	$\Phi_m \left(\text{erg s}^{-1} \text{g}^{-1} \right)$
<i>Hunter / Gatherer (million)</i>	10^4
<i>Agricultural (thousand)</i>	10^5
<i>Early Industrial (200)</i>	5×10^5
<i>USA (Present)</i>	3×10^6

Chaisson, E.J., *International Journal of Astrobiology*, 2(2):91-101, 2003.

‘Time is **illusion**’

Albert Einstein

$$c = 1 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{L}{T} = 1 \quad \Leftrightarrow \quad L = T$$

‘Zaman Oku’nun Yönü?’

- Mekanikçilerin zamanı
- Termodinamikçilerin zamanı
- Dirimbilimcilerin zamanı

‘Termodinamiğin İkinci **ilkesi** dış dünyadan yalıtılmış bir dizgede entropinin daima artacağına işaret eder. Orijinal olarak klasik mekaniğin belli bir uygulama alanından yola çıkılarak türetildiği için ikinci yasanın uygulama alanı kısıtlıdır.

Boltzmann yalnızca atomlar arası çarpışmaları dikkate almış, elektromanyetizm ve çekim kuvveti gibi etkileri boşlamıştır.

Bu nedenle ikinci yasa fiziksel süreçlere ilişkin kısıtlı betimlemeler verir ve ancak buhar kazanları gibi dizgelere uygulanabilir. **İkinci yasa tüm koşullarda geçerli değildir.** Örneğin Brownian devinimler ikinci yasayla çelişir. Klasik biçimiyle evrenin genel yasası olduğu savı doğru değildir’.

(agy)



Kolmogorov



Onsager



Moser



VS.



Clausius



Carnot

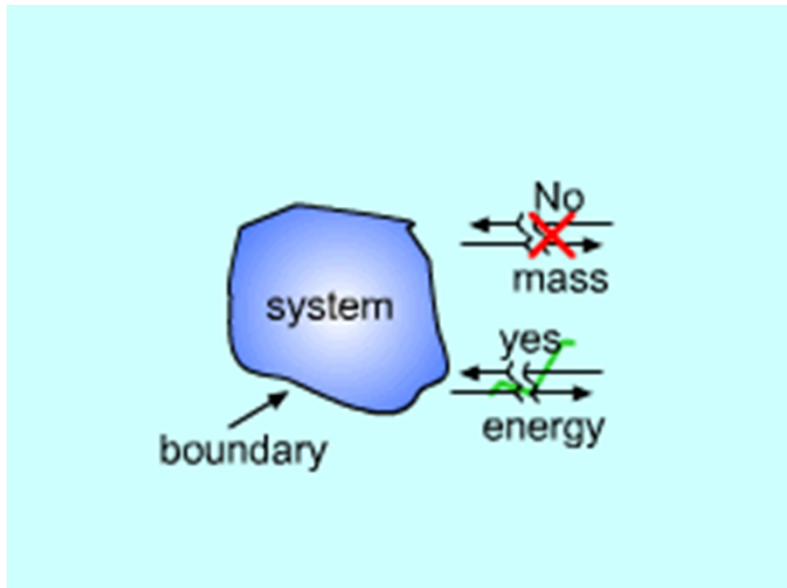


Kelvin

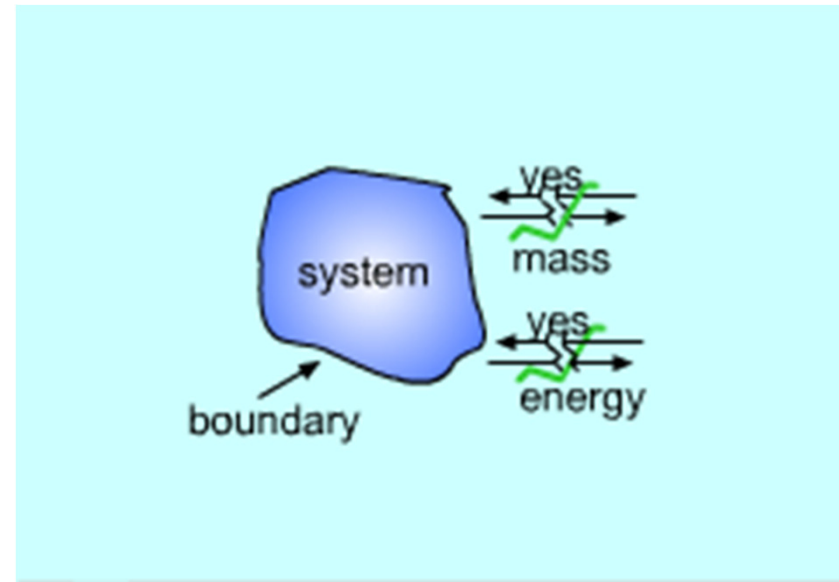
CAN THE 2nd LAW
SURVIVE 10 ROUNDS ?

Key words

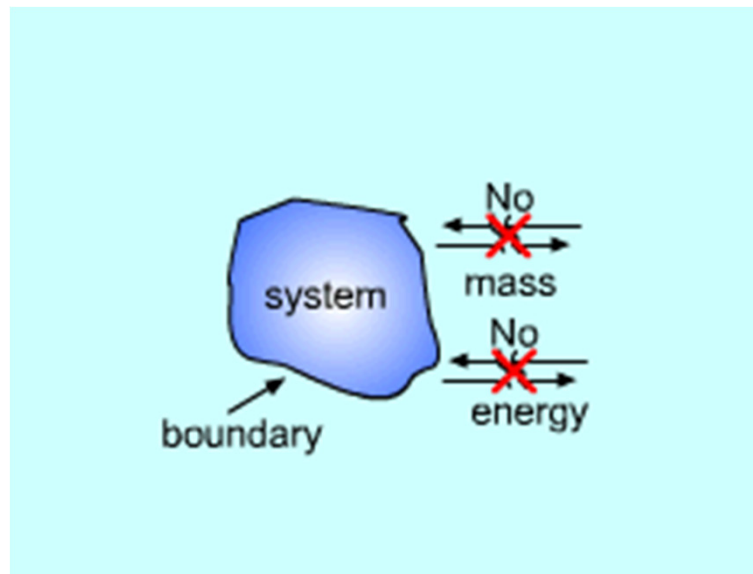
Systems (closed, open, isolated), **Thermodynamics**, (temperature, heat, volume, pressure, mass density, force, flux), **entropy**, **free energy**, randomness, **disorder**, **order**, **stable**, unstable, **equilibrium**, steady state, **phase – space density**, conservation, **homogeneous**, inhomogeneous, **isotropic**, anisotropic, **linear regime**, nonlinear regime, **dissipative structures**, complexions, **probability**, arrow of time, **reversible**, irreversible, **statistical mechanics**, biology, **Benard cells**, heat death, **chance**, necessity, **molecular chaos**, bifurcation, **self-organization**, invariant, **selection principle**,...



Closed system



Open system



Isolated system

Termodinamik Evrim

1. Denge Durumu Termodinamiğindeki Potansiyeller

- S , **entropi** – **yalıtılmış** dizgelerde
- $F = E - TS$, **özgür erke** – sabit sıcaklıktaki **kapalı** dizgelerde

2. Doğrusal Olmayan Durumdaki dizgeyi uygun bir potansiyelle (entropi üretimi) betimleyemeyiz.

Termodinamiğin Üç Aşaması

1. Denge (Equilibrium)

Entropi üretimi = Akılar = Kuvvetler = 0

2. Denge Durumuna Yakın (Close – to – Equilibrium)

- Termodinamik kuvvetler ‘zayıf’
- Akılar kuvvetlerin doğrusal işlevi

3. Denge Durumundan Uzak (Nonlinear)

Akılar kuvvetlerin doğrusal olmayan işlevleri

1. Denge Durumu

ENTROPI

1. (*Symbol S*) For a **closed thermodynamic system**, a quantitative measure of the amount of thermal energy not available to do work.
2. A measure of the **disorder or randomness** in a closed system.
3. A measure of the **loss of information** in a transmitted message.
4. The tendency for all matter and energy in the universe to evolve toward a **state of inert uniformity**.
5. **Inevitable and steady deterioration** of a system or society.

<http://www.answers.com/topic/entropy>

Boltzmann'ın Entropi Tanımı

Complexion

Birbirinden farklı 8 bilye
Bir kutu, eşit oylumlara sahip iki bölme.

Sorunsal: N_1 (1,2,vb) parçacığın bir bölmede bulunma olasılığı nedir?

- Tüm bilyeler 1. bölmeye? $P = 1$
- 1. bölmeye **bir**, 2. bölmeye **yedi** bilye? $P = 8!/1!7! = 8$
- Heriki bölmeye eşit sayıda bilye? $P = 8! / 4!4! = 70$
 - $P = N! / N_1!N_2!$

P , **complexion** adı verilen durumların sayısıdır.

(devam→)

Boltzmann'ın Entropi Tanımı

$S \nearrow \equiv \text{Mol. chaos} \quad \text{or} \quad \text{Forgetting Initial Conditions}$

$\text{Asymmetry} \Rightarrow P \searrow$

$N = 10^{23} \quad N_1 = N_2 = N / 2 \quad \text{if} \quad N_1 \neq N_2 \quad \Rightarrow \quad P \ll 1$

$$S = k \log P$$

“Boltzmann’ın yukarıda değindiğimiz sonucu, *tersinemez termodinamik değişikliğin, olasılıkları yüksek durumlara doğru bir değişiklik olduğu ve “çekici” durumun, maksimum olasılığa sahip durum* olduğu anlamına geliyordu.

(agy)

“Boltzmann’ın *düzen ilkesi* dizgenin erişebileceği en olası duruma işaret eder. Bu durumda dizge, birbirinin etkisini istatistiksel olarak ortadan kaldıracak olan ve ters yönde değişimi eşzamanlı sergileyen çalkantılar yumağıdır. Diğer bir deyişle, dizgeyi oluşturan parçacıklar, denge durumu ($N_1 = N_2$) komşuluğunda zamanda kısa ömürlü ve uzayda kısa erimli çalkantılar sergileyecektir.

(agy)

Veeeeery Important! 😊

‘Characteristically, Boltzmann approached the question of physical evolution not at the level of individual trajectories but at the level of a *population of molecules*. This, Boltzmann felt, was virtually tantamount to accomplishing Darwin’s feat, but this time in physics: the driving force behind biological evolution – natural selection – cannot be defined for one individual but only for a large population. **It is therefore a statistical concept’.**

Ilya Prigogine & Isabelle Stengers, *Order Out of Chaos*, Flamingo, London, 1985, p. 241.

‘Hem termodinamikte hem de olasılık bağlamındaki yorumunda *zaman bakışsızlığı* vardır: *entropi geçmişe doğru değil, geleceğe doğru artmaktadır*. Bu son savı, dinamik bağlamında ele aldığımızda, böylesi bir savın olası olmadığını görürüz; çünkü dinamik eşitlikler, $t \rightarrow -t$ dönüşümüne göre *değişmezdir (invariant)*. Termodinamiğin *II. yasası*, dinamik uyum içinde olan, ancak dinamikten türetilemeyen bir *seçim ilkesidir*; *II. yasa*, dinamik dizgenin alabileceği *ilk koşulları* belirler. Bu nedenle *II. yasa*, klasik veya kuantum dinamiğinin mekanik dünya görüşünden kökten ayrılır’. (agy)

☹️ ?Termodinamik açıdan ne söyleyebiliriz? 😊



2. Denge Durumuna Yakın

- Termodinamik kuvvetler ‘zayıf’
- Akılar kuvvetlerin doğrusal işlevi

‘Reciprocity Relations’ – Lars Onsager (1931)

- Katı, sıvı, gazda geçerli
- Küçük ölçekli varsayımlardan bağımsız olarak geçerli

$$\nabla T \rightarrow \text{Difüzyon} \rightarrow \nabla \rho \rightarrow \mathbf{q}$$

2. Denge Durumuna Yakın (devam)

Termodinamik Evrim

1. Denge Durumu Termodinamiğindeki Potansiyeller

- S, **entropi** – **yalıtılmış** dizgelerde
- $F = E - TS$, **özgür enerji** – sabit sıcaklıktaki **kapalı** dizgelerde

2. Doğrusal Durumdaki Potansiyel P, **Entropi üretimi**

2. Denge Durumuna Yakın (devam)

Onsager eşitliklerinin geçerli olduğu ölçeklerde dizge, kendisine dayatılan sınır koşullarıyla ve minimum entropi üretimiyle betimlenen durgun duruma ulaşır.

Örneğin

- Dizgedeki iki nokta farklı sıcaklıklarda tutulur
- Bir tepkimeyi destekleyen ve tepkimede ortaya çıkan ürünleri ortadan kaldıran kütle akısı

Dizge zaman değişimi göstermeyen denge dışı bir duruma doğru evrim geçirirken ısısal erke oranı sıfırdan farklı olan süreçler açığa çıkarır. Bu süreçler zamandan bağımsızdır. Dizgenin entropisi de zamandan bağımsızdır.

$$dS = d_e S + d_i S = 0 \quad \Rightarrow \quad d_e S = -d_i S < 0$$

2. Denge Durumuna Yakın (devam)

$$dS = d_e S + d_i S = 0 \quad \Rightarrow \quad d_e S = -d_i S < 0 \quad \text{implies that}$$

‘The heat or matter flux coming from the environment determines a negative flow of entropy, $d_e S$, which is however matched by the entropy production $d_i S$ due to irreversible processes inside the system.

A negative flux $d_e S$ means that the system transfers entropy to the outside world’.

2. Denge Durumuna Yakın (devam)

‘Doğrusal termodinamik, denge termodinamiğinde olduğu gibi bir potansiyelle, entropi üretimiyle, betimlenebilir.

Denge durumu termodinamiğinde ve zaman değişimi göstermeyen **doğrusal termodinamikte** ilk koşullar unutulmuştur. İlk koşullar ne olursa olsun dizgenin durumu kendisine dayatılan sınır koşullarıyla belirlenebilir. Sonuç olarak , böylesi bir dizgenin sınır koşullarının değişimine göstereceği tepki öngörülebilir’.

Belousov – Zhabotinsky Reaction

<http://www.youtube.com/watch?v=rM2x-Fp3Fig&feature=related>

3. Denge Durumundan Uzak

‘Denge durumundan uzak olan bir dizge de zaman değişimi göstermeyen bir duruma ulaşabilir. Ancak bu durumu, denge durumuna yakın aşamadaki gibi uygun bir potansiyelle (entropi üretimi) betimleyemeyiz. Potansiyel tanımlamakla ‘kararlı bir dünyayı’ betimlemiş oluyoruz. Denge durumundan uzak olan bir dizgenin kararlılığı için ne söyleyebiliriz?

Kararlılık fiziğin genel yasalarının bir sonucu değildir!’

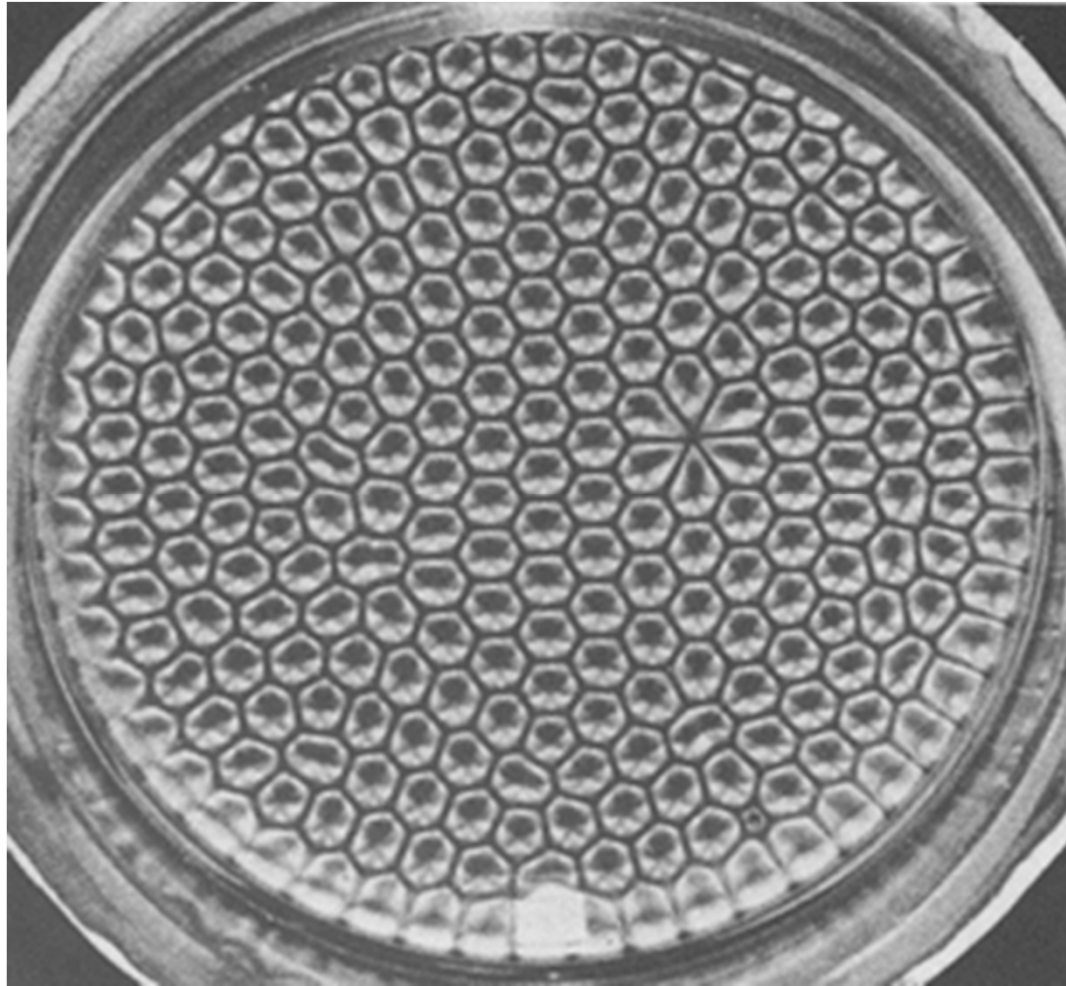
Kendiliğinden öz-örgütlenme

(Spontaneous self-organization)

Isının konveksiyon olmaksızın yalnızca iletkenlik yoluyla iletildiği durgun durumdaki dizge kendiliğinden kararsız duruma geçer.

$$\mathbf{q} = (N / 2)m \langle \mathbf{w}w^2 \rangle \quad \mathbf{w} = \mathbf{u} - \langle \mathbf{u} \rangle$$

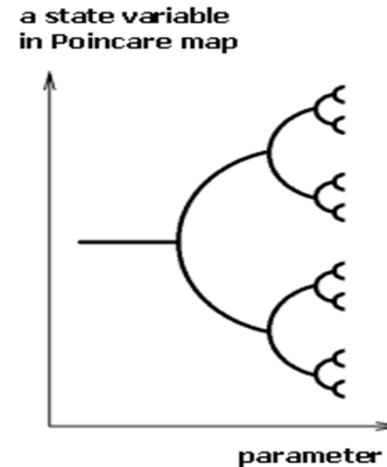
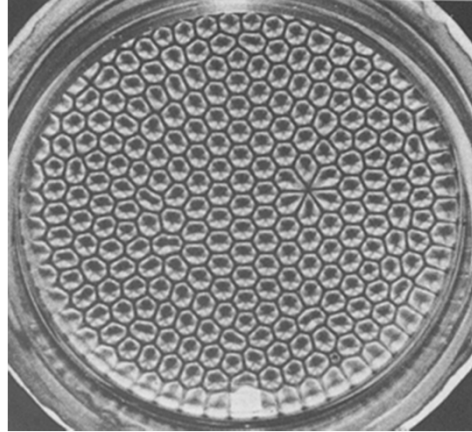
Öz - örgütlenme



Benard Convection at equilibrium

‘order or coherence is sandwiched between *thermal chaos* and *nonequilibrium turbulent chaos*’

Cascade of Bifurcation



<http://www.kitnarf.cz/publications/2003/2003.08.esa/2003.08.esa.html>

‘The interplays among the frequencies produce possibilities of large fluctuations; the ‘region’ in the bifurcation diagram defined by such values of the parameters is often called ‘chaotic’. In cases such as the Benard instability, order or coherence is sandwiched between thermal chaos and nonequilibrium turbulent chaos. Indeed, if we continue to increase the gradient of temperature, the convection patterns become more complex; oscillations set in, and the ordered aspect of the convection is largely destroyed. However we should not confuse ‘equilibrium thermal chaos’ and ‘nonequilibrium turbulent chaos’. **In thermal chaos as realized in equilibrium , all characteristic space and time scales are of molecular range, while in turbulent chaos we have such an abundance of macroscopic time and length scales that the system appears chaotic’.**

3. Denge Durumundan Uzak

“Klasik termodinamik bizi kristal benzeri “*dengeli yapılar*” kavramına götürür. *Benard* hücreleri de bir tür yapıdır, ancak doğası kristal yapıdan oldukça farklıdır. Bu nedenle, ‘erke saçıcı yapılar’ (Dissipative Structures) kavramını sunduk. Bu kavramla, iki olgu arasındaki yakın bir ilişkiyi vurgulamak istiyoruz. Bu ilişki, *yapı ve düzen* ile *erke saçılması* ve *atıklar* arasındaki aykırıkamsal ilişkidir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, klasik termodinamikte ısı aktarımı bir atık veya yitiğin kaynağı iken, *Benard* hücrelerinde düzenin kaynağı olur.

Entropi Engeli

‘Sonsuz entropi engeli, olası ilk koşulları yasaklanmış olan ilk koşullardan ayırdeder. Bu engel sonsuz olduğu için teknolojik ilerlemeler bu engeli aşamayacaktır. Bir gün zamanda yolculuk yapabileceğimiz beklentisinden vazgeçmeliyiz. Bu durum ışık hızı engeline benzer. Teknolojik ilerlemeler bizi ışık hızına yakın hızlarla devinime yaklaştırabilir ancak günümüz fizik bilgilerine göre ışık hızını asla geçemeyeceğiz’.

(devam)

Entropi Engeli

‘Bu engelin kaynağını anlayabilmek için **Markov zincirleri kuramında** ortaya çıkan \bar{H} niceliğine bakalım. Herbir dağılıma, \bar{H} değerine karşılık gelen bir sayı biçebiliriz. Bu durumda, herbir dağılıma çok iyi tanımlanmış bir *bilgi içeriği* (**information content**) karşılık gelir’

(devam)

Entropi Engeli

‘Bilgi içeriği (**information content**) ne denli yüksekse ona karşılık gelen durumu belirlemek de o denli zordur. Burada göstermeye çalıştığımız şey, ikinci yasanın yasakladığı ilk dağılım sonsuz bilgi içerecektir. Bu nedenle bu durumları ne gerçekleştirebilir ne de doğada bulabiliriz’.

8-9 Mart 2012

Yaşar Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Selçuk Yaşar Kampüsü, Konferans Salonu

Kara Delikler: Bilgi ve Hesaplama Kapasitesine Yeni Bir Bakış Açısı.

* Credit: NASA/Goddard Space Flight Center/CI Lab



YASAR
ÜNİVERSİTESİ



8 Mart Perşembe
8.30 - 18.15
Termodinamiğin Temelleri
Fevzi BÜYÜKKILIÇ

Bilim Felsefesi Açısından Açık Sistemlerin Termodinamiği
Rennan PEKÜNLÜ

Boyut Analizi
Rennan PEKÜNLÜ

Astrofiziksel Karadelikler
Kadri YAKUT

Bilgisayar Bilimlerinde Hesaplama Kuramı
Hüseyin HIŞIL

Shannon Bilgi Kuramı
Çağatay YÜCEL

Hesaplamanın Termodinamiği
Ahmet KOLTUKSUZ

"Rebooting the Cosmos"
Panel Video

9 Mart Cuma
9.00 - 18.00
**Bekenstein Ölçütleri: Bilgi ve Hesaplama Kuramlarına
Kara Delik Perspektifinden Yeni Bir Yaklaşım**
Ahmet KOLTUKSUZ

"Thin Sheet of Reality"
Panel Video

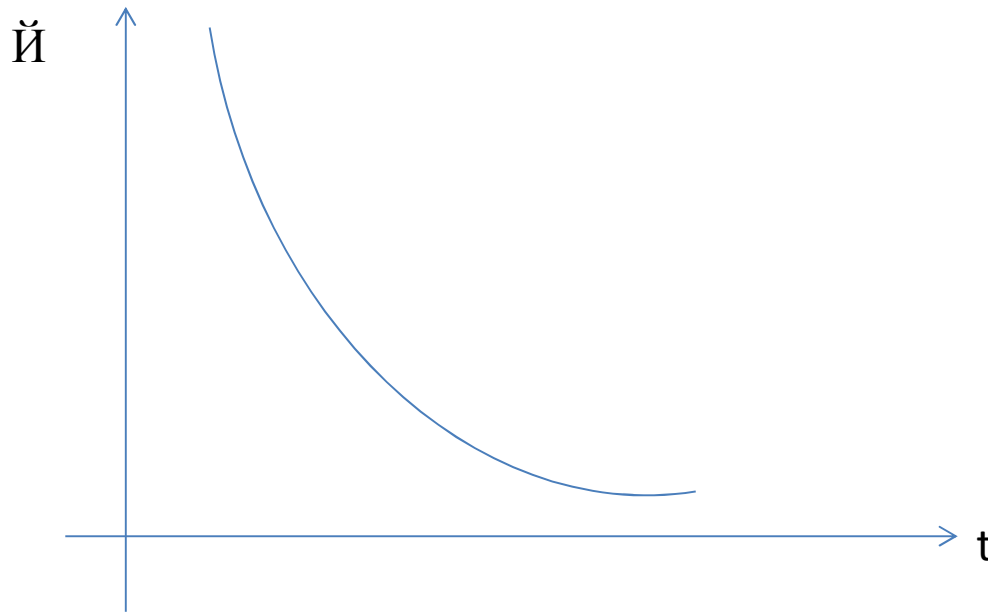
Holografik Prensipte: Evrenin Bilgi ve Hesaplama Kapasitesi
Ahmet KOLTUKSUZ

"Black Holes and Holographic Worlds"
Panel Video

Katılım Ücretsizdir. Katılmak için kayıt yaptırmak zorunludur. Kayıt için: <http://bilmuh.yasar.edu.tr/blackholes>

Й nın Matematiksel Tanımı

$$\dot{Y} = \sum_k P(k, t) \log \frac{P(k, t)}{P_{eqm}(k)}$$



Й, Negatif Entropi rolü üstlenir ‘- S’

Parçacıklar zamanla **evre-uzayda** eşit dağılıma ulaşır.

İ niceliğinin düzgün bir biçimde azalışının kolayca anlaşılabilir bir anlamı vardır: bu nicelik, dizgenin giderek tekdüzelige varışını simgeler.

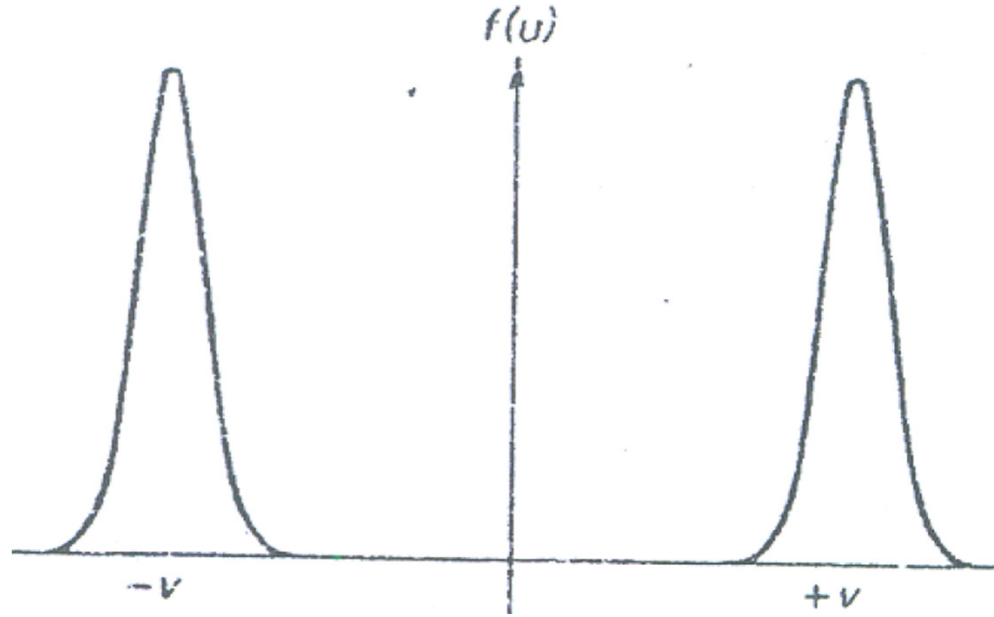
İlk bilgiler yitirilmiş ve dizge 'düzen'den 'düzensiz'liğe doğru evrim geçirmiştir.

**‘İlk Koşulları’
nasıl anımsayabiliriz?**

Soru: Adam OMO'yla yıkanmış ve maymuna dönüşmüş Neden?

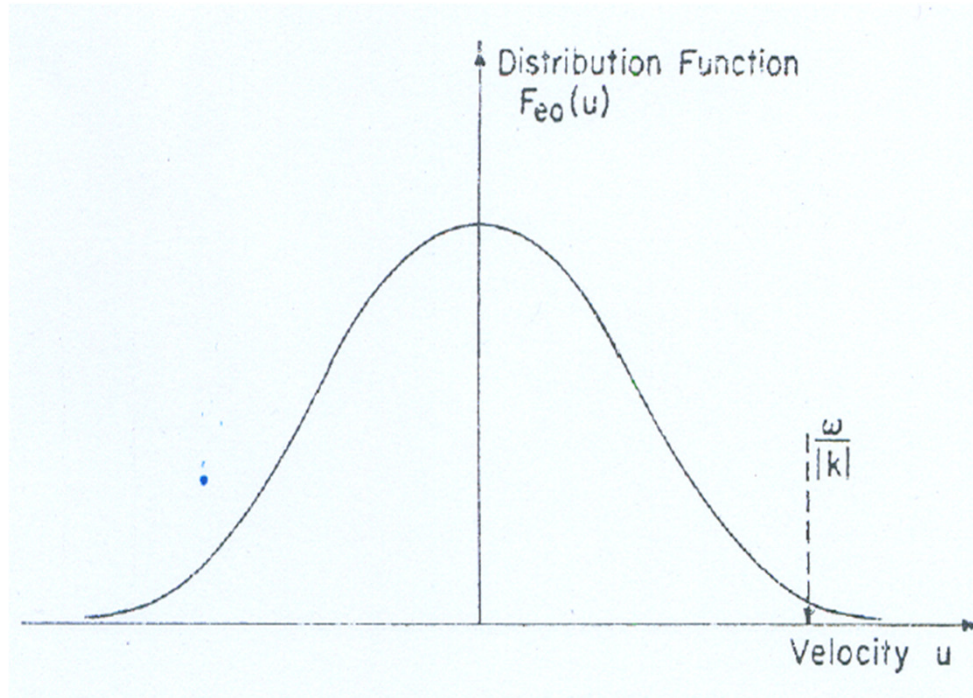
Yanıt: Çünkü 'OMO'yla yıkanan herşey ilk günkü gibi olur'.

Birbirine doğru yönlendirilmiş elektron demetleri



$$F_{e0}(u) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m_e}{2\pi kT_e}} \left\{ \exp\left[-\frac{m_e (v - v_0)^2}{2kT_e}\right] + \exp\left[-\frac{m_e (v + v_0)^2}{2kT_e}\right] \right\}$$

Isısal Dengede atomların Maxwell Hız Dağılımı

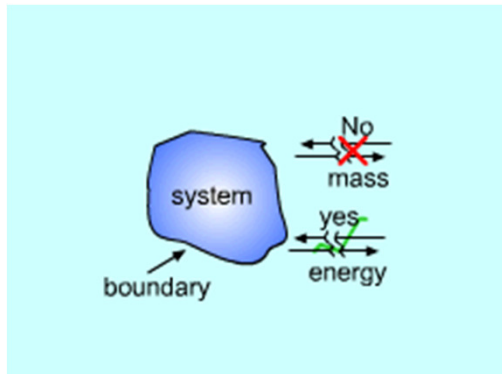


$$F_{i0} = \left(\frac{m_i}{2\pi kT_i} \right)^{1/2} e^{-m_i u^2 / 2kT_i}$$

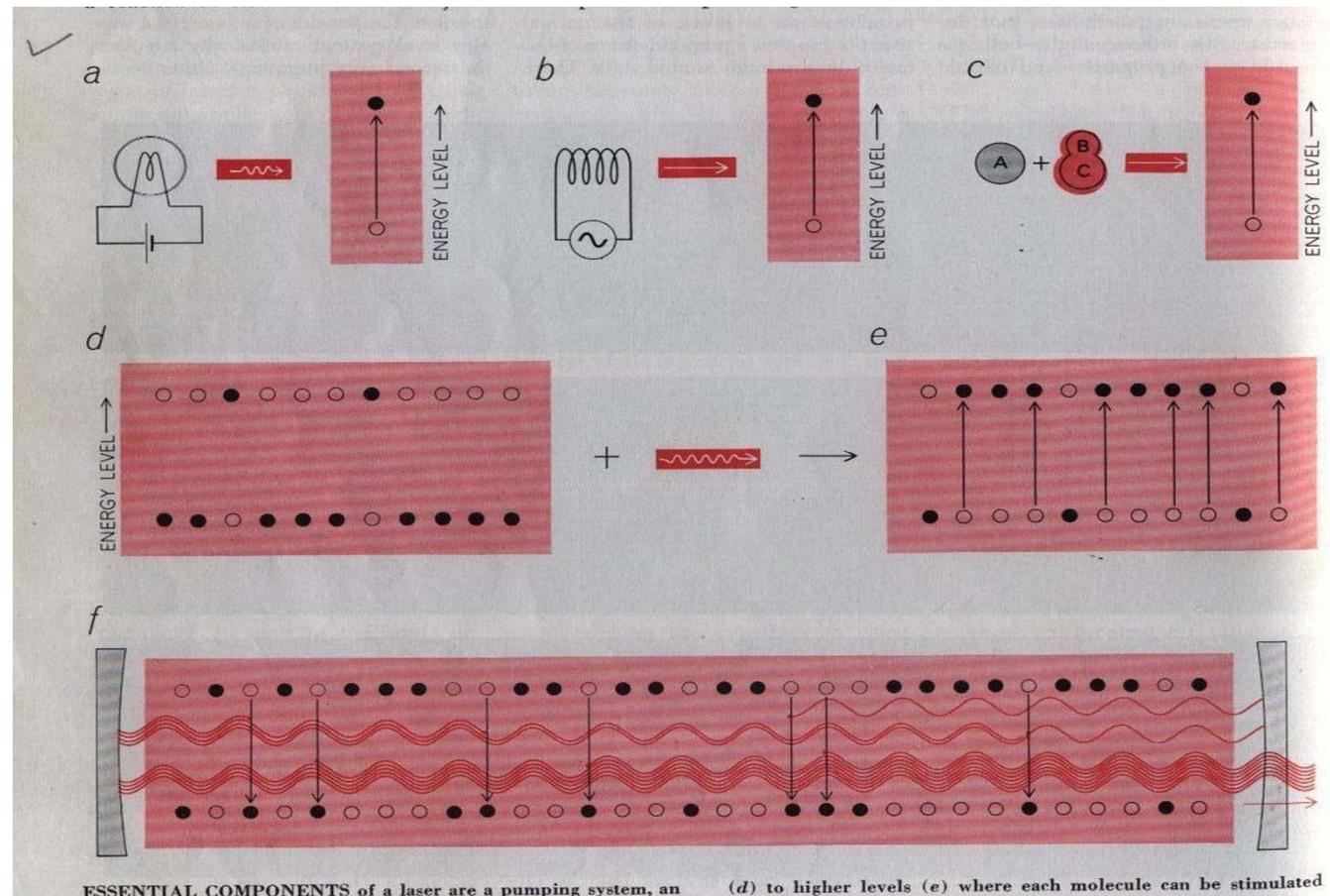
Öz – örgütlenme LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

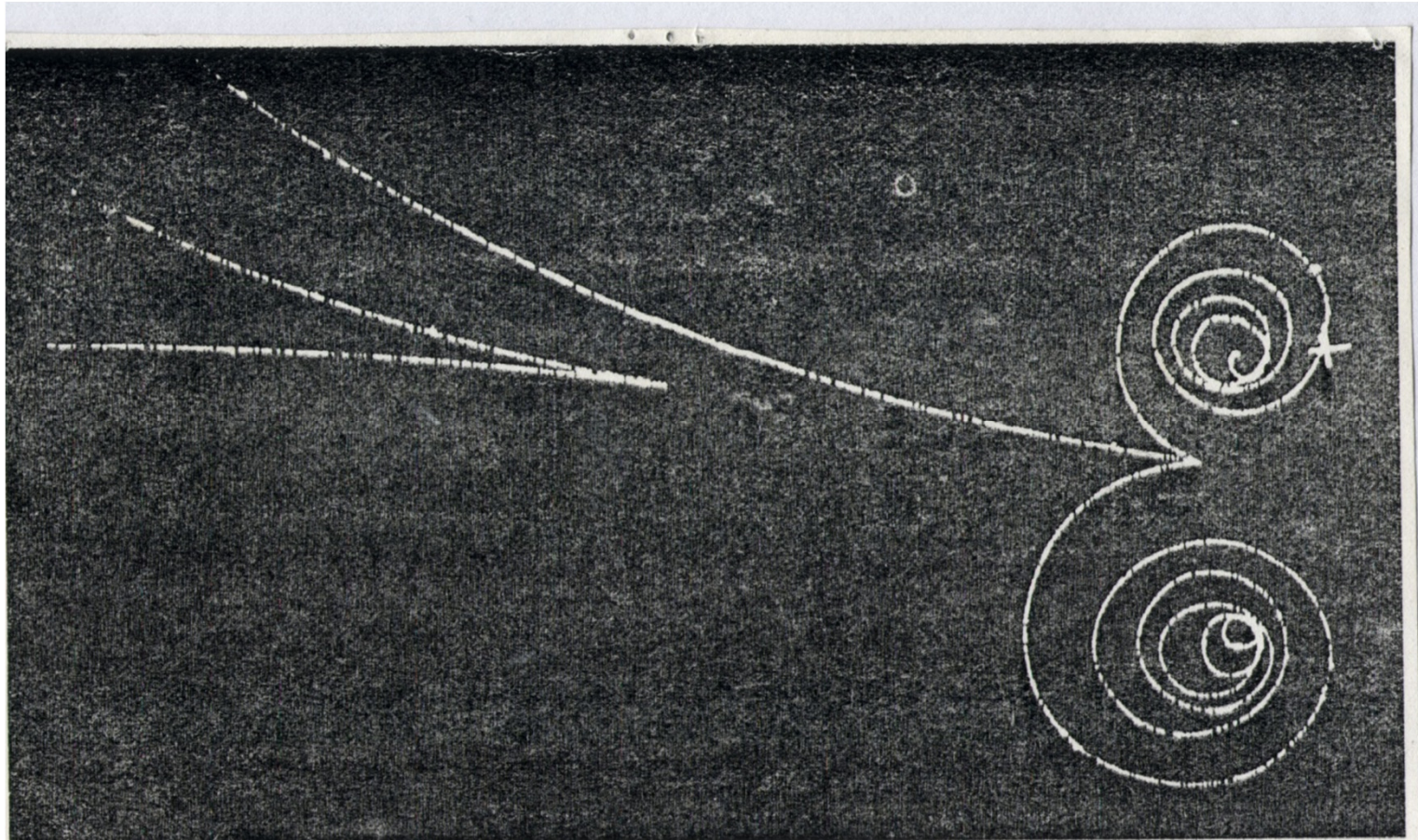
COHERENCE – Order out of Chaos



Closed system



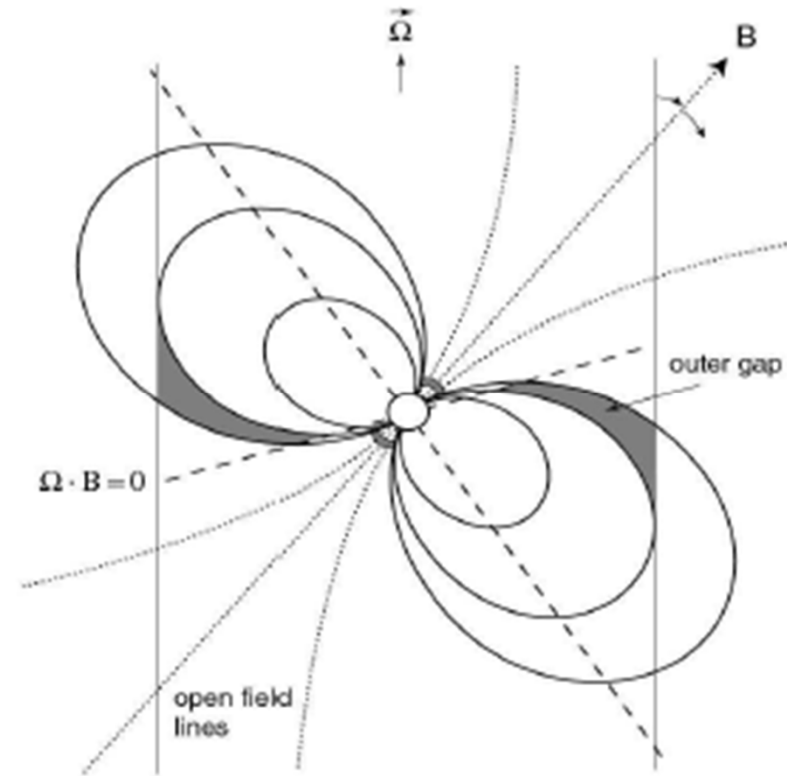
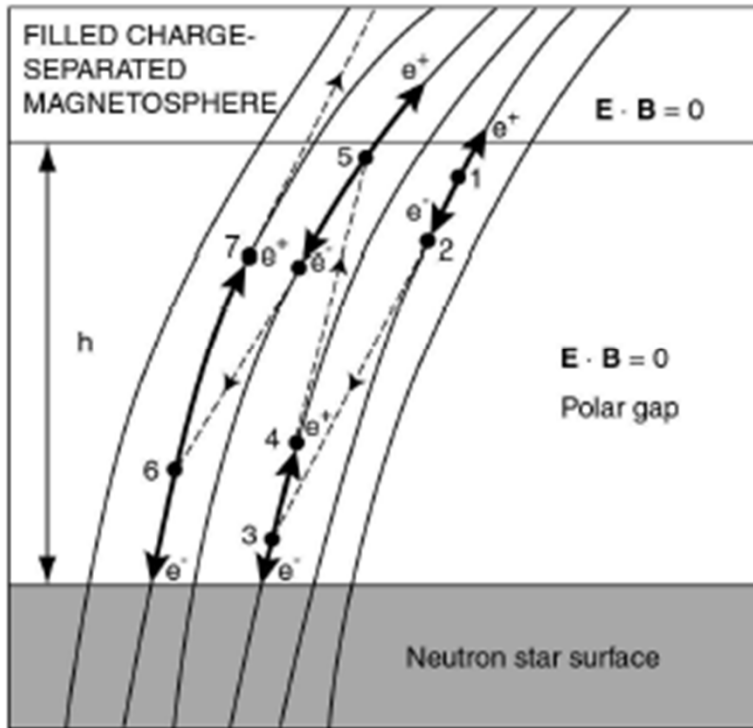
ESSENTIAL COMPONENTS of a laser are a pumping system, an (d) to higher levels (e) where each molecule can be stimulated



Hydrogen bubble chamber photograph

C. Kittel, W.D. Knight, & M.A. Ruderman, *Mechanics, Berkeley Physics Course – Vol. 1*,
p. 107, NY.

Coherence in Pulsar radio Emission



arXiv:astro-ph/0208356 v1 19 Aug 2002

$$\mathbf{E} = -\frac{\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}}{c} \times \mathbf{B}$$

Kötümser Varoluşçuluk

- R. Clausius ve W. Thomson
- Lady Chatterley's Lover, D.H. Lawrence
 - Hermann Zanstra
 - 'Big Bang' Supporters
- Creationists (*a priori* probability)

“Bu arada, olasılık kuramının bilime getirdiği olumsuz *subjektif* yoruma değinmeden geçemeyiz.

Amino asit kombinasyonlarının oluşma olasılığının oldukça küçük olduğundan yola çıkılarak evrenin bir ilahi g tarafından “tasarlandığı” savunulur. **Denge durumundan uzak koşullarda Boltzmann’ın *düzen ilkesinin* temelini oluşturan değerleri önceden belirlenmiş olasılık kavramı (*a priori probability*) geçerli değerdir.**

Kararsız dizgenin alabileceği durumlara *nceden* eşit olasılılıklar bien hipotezi kullanarak *complexion* sayısını hesaplamak bizi yanlış sonulara gtrr.

(agy)

Hannes Alfven – ‘Evrende kapalı dizge var mı?’
BBS - Var...evrenin kendisi! (**Einstein's sin!**)

Enters Hubble

‘This is the story of the explorations. They were made with measuring rods, and they enlarged the body of factual knowledge. **They were always preceded by speculations. Speculations once ranged through the entire field, but they have been pushed steadily back by the explorations until now they lay undisputed claim only to the territory beyond telescopes, to the dark unexplored regions of the universe at large**’.

Edwin Hubble, *The Realm of the Nebulae*, New Haven, Yale Univ. Press, 1936

Einstein'ın Bilimsel Yöntem açısından “Günahı”

- “I have not succeeded formulating boundary conditions for spatial infinity”
- “The curvature of space is variable in time and place, according to the distribution of matter, but we may roughly approximate to it by means of a spherical space. At any rate, this view is logically consistent, and from the standpoint of the general theory of relativity lies nearest at hand; **whether, from the standpoint of present astronomical knowledge, it is tenable, will not here be discussed**”

Albert Einstein, *Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity*,
Dover Pub., 1923, p. 183&188