



Sem. St. “Acad. Mihai Dragănescu”, A.R., 30 mai 2012

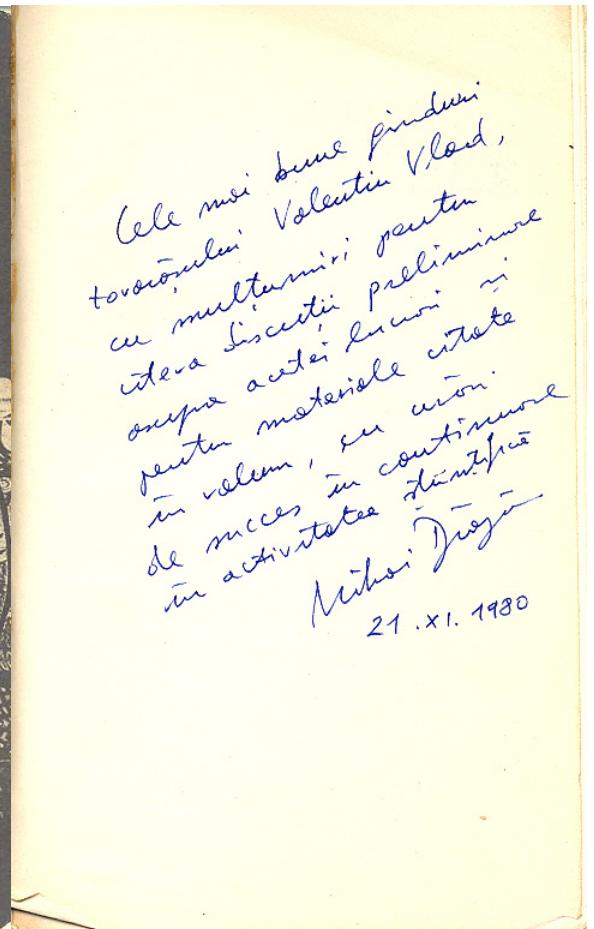
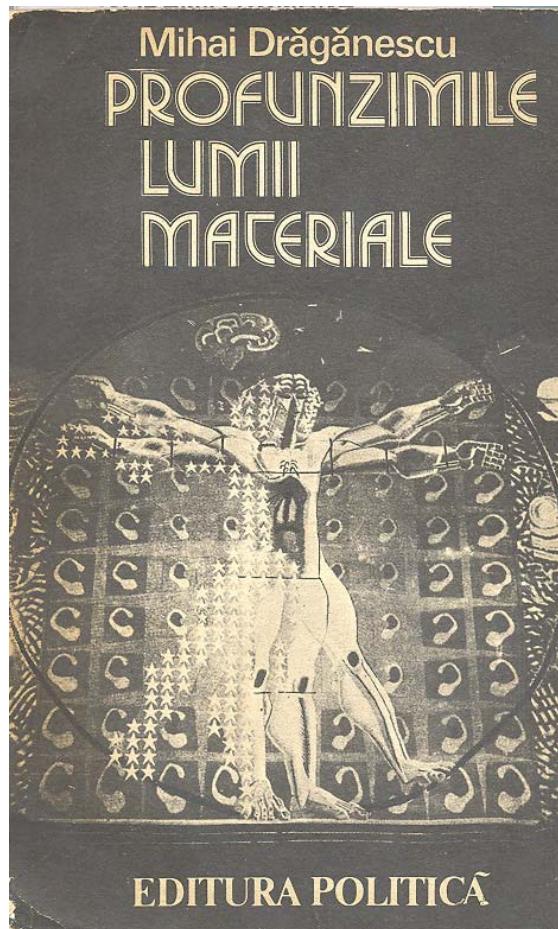
LUMINA si INFORMATIE

Valentin I. Vlad

*Academia Romana, Institutul National de Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei
si Universitatea din Bucuresti – Facultatea de Fizica*

E-mail: v_i_vlad@yahoo.com; v_i_vlad@acad.ro

Academicianului Mihai Drăganescu – Profesor, Om de Stiinta, Ctitor, Președinte al Academiei Romane și Benefactor, recunoștinta noastră!



“Eu nu strivesc corola de minuni a lumii...
/eu cu lumina mea sporesc a lumii taina”(L. Blaga)

Cuprins

1. Lumina si informatia in lumea cuantica

- 1.1. Planck – Discretul Lumii Cuantice (LC)
- 1.2. Einstein – Interactiunea radiatiei (cuantizate) cu materia (cuantizata)
- 1.3. Heisenberg – Principiul “masurare-sens” - Principiu epistemologic
- 1.4. “Realismul” Lumii Cuantice – Postulatul “colapsului” - von Neumann
- 1.5. Paradoxul EPR – Realismul si completitudinea Lumii Cuantice
- 1.6. Bell – Non-localitatea (holismul) Lumii Cuantice
Aspect – Experimente cu fotoni polarizati “entanglati” (“ingemanati” cuantic). Criptografie cuantica.
- 1.7. Informatia cuantica – Masurare fara demolare

2. Lumina si informatia in Univers

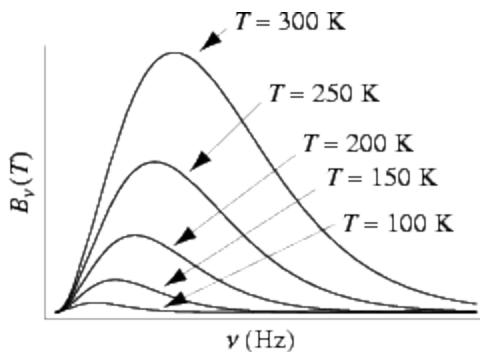
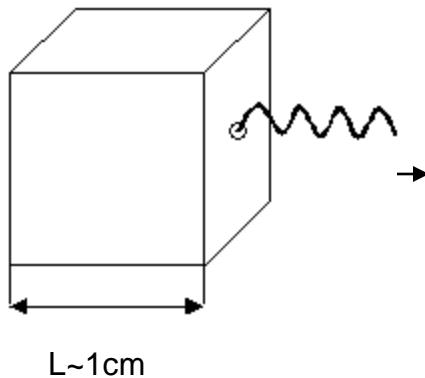
- 2.1. Expanziunea Universului — Dark energy (fanicul si cripticul)
- 2.2. Big Bang - Big Crunch

3. Cunoasterea (umana) prin informatia purtata de lumina. Incadrarea experientei intr-o viziune mai larga decat ea. Principiul antropic.

1. Lumina si informatia in lumea cuantica

1.1. Planck – Discretul Lumii Cuantice (LC)

black-body radiation



$$u(\nu, T) = \left(\frac{4\pi h\nu^3}{c^3} \right) + \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} [\text{J} * \text{s}]$$

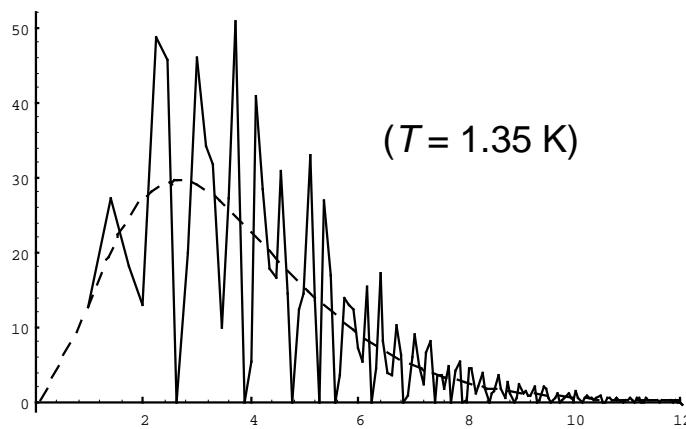
Planck: In cavitati “largi”, **emisia (si absorbtia) atomilor cavitatii se face in cuante discrete de energie (radiatie/lumina)**, pentru a se atinge echilibrul termodinamic.

Primul termen al densitatii spectrale de energie caracterizeaza “**fluctuatiile vidului cuantic** (“zero-point energy”, structura a vidului)

$$n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = N$$

$$N(p, l) = 4^p (8l + 7),$$

(p and l positive integers)
* “dark states”



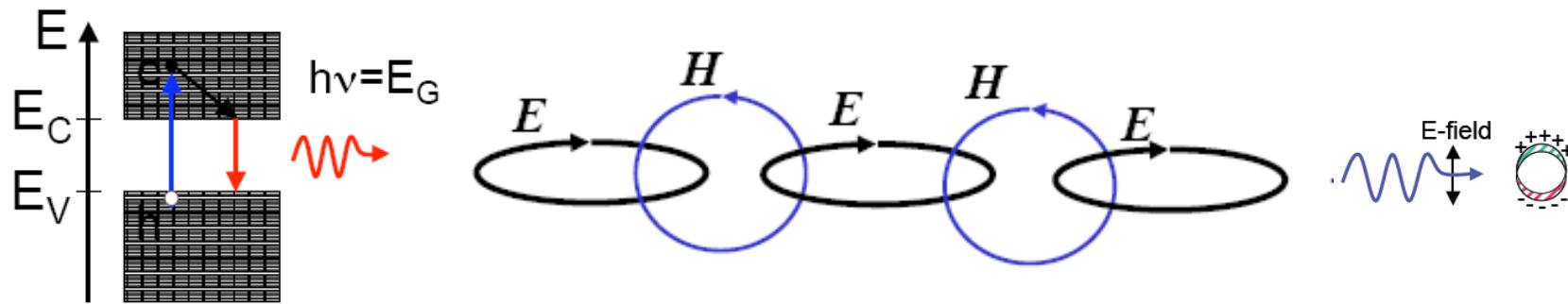
[Vlad and Ionescu-Pallas,
Fortschr. Phys., 2000
Cavitatele doublu cuantizate]

1.2. Einstein – Interactiunea luminii (radiatiei) cuantizate cu materia cuantizata

1905 - Einstein explica **interactiunea cuantelor (particulelor) de lumina cu materia in efectul fotoelectric** (premiul Nobel).

1915 - Einstein creeaza **teoria cuantica a absorptiei, emisiei si emisiei stimulate a luminii (radiatiei) in sisteme atomice cu doua niveluri**. Aceasta teorie sta la baza operarii LASER-ului (Maiman, 1960; Agarbiceanu, Blanaru s.a.- laseri cu gaz , 1962) si a multor alte dispozitive moderne.

“LUMINA se naste ca particula, se propaga ca unda si moare ca particula”
(continuu/discret)



1.3. Heisenberg –Principiul “masurare-sens” Principiu epistemologic

- **1927, Heisenberg:** Principiul “masurare = sens” : termeni ca ‘pozitia unei particule’ au sens numai daca se specifica un experiment adevarat pentru masurarea lor
- Totusi, experimentele nu sunt complet precise. Heisenberg considera masurarea pozitiei unui electron cu un microscop si a ajuns la prima formulare a Principiului de nedeterminare: **Cu cat se determina mai precis pozitia, cu atat mai putin precis este cunoscut momentul si invers.**
- In aceasta forma, el este un **principiu epistemologic**, deoarece el limiteaza ceea ce noi putem cunoaste despre particula masurata. Din " formule elementare ale efectului Compton", Heisenberg estimeaza ‘inacuratetea’ de ordinul:
 $\delta p * \delta q \sim h$.
- Similar, $\delta t * \delta E \sim h$. (Kennard-1927, Hilgevoord-2002)
- Observatie: **Principiul de nedeterminare Heisenberg** nu afirma “totul este nedeterminat”. El ne spune exact unde se gasesc **limitele nedeterminarii, cand facem masuratori simultane asupra unor marimi “necomutative”, in evenimente atomice.**

Heisenberg – Prințipiu “masurare-sens/creație”

Prințipiu ontologic

- **Ipoteza de baza a Fizicii de la Newton:**
există o “lume reală”, independentă de noi
(independentă, dacă noi o măsurăm sau nu)
- **Heisenberg:**
“a measurement does not only serve to give meaning to a quantity, it creates a particular value for this quantity”.
This is **the ‘measurement =creation’ principle**, an ontological principle,
for it states what is physically real.
- **Prințipiu de nedeterminare limitează și cauzalitatea:** dacă nu putem cunoaște simultan poziția precisă și momentul precis ale unei particule (în prezent), **viitorul ei nu poate fi calculat (Heisenberg, 1927).**



Cartoon by John Richardson
for *Physics World*, March 1998

1.4. Realismul Lumii Cuantice

Postulatul “colapsului”- von Neumann

- Masurarea are rol foarte special in teoria cuantica.

Postulatul realismului in teoria cuantica implica faptul ca marimile fizice nu au valori pana cand nu sunt masurate si deci, observatorul trebuie sa fie intrinsic legat de Fizica pe care o observa. Aceasta sugereaza ca s-ar putea sa nu existe o lume “reală” in absenta unui observator! (vezi si auto-observarea Universului propusa de J.A. Wheeler)

- J. von Neumann a definit Postulatul “colapsului”: daca resultatul ($+\hbar/2$) se obtine intr-o masurare cuantica (de ex. a spinului unui electron), atunci vectorul care ii descrie starea colapseaza instantaneu in valoarea proprie corespunzatoare si o alta masurare a aceleiasi marimi va produce din nou acelasi rezultat ($+\hbar/2$). Schema lucreaza pragmatic bine, dar colapsul este matematic diferit de evolutia normala (continua) a starii, asa cum trebuie sa fie descrisa de ecuatia Schrödinger (paradox greu de explicat!).
- Einstein a considerat postulatul “colapsului” chiar mai periculos decat postulatul realismului.

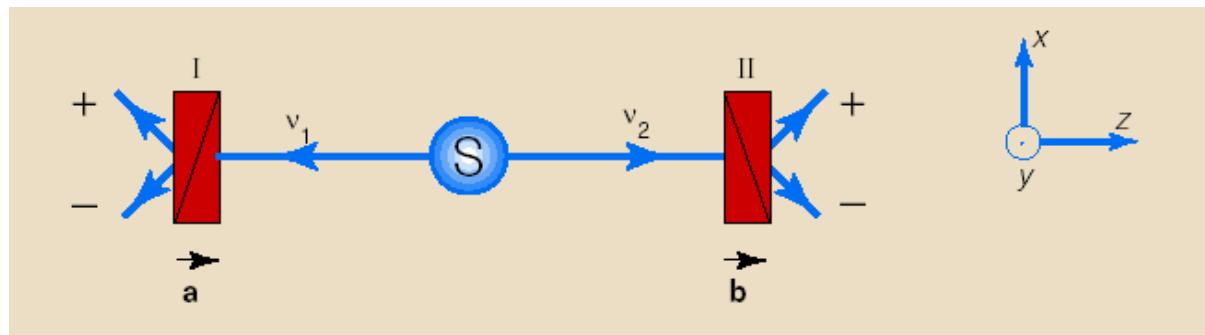
1.5.Paradoxul EPR – Bell – Completitudinea si non-localizarea (holismul) LC

- A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen (EPR), "Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?", *Physical Review* 41, May 15, 777(1935))
- Einstein face remarca patrunzatoare:
"Quantum theory yields much, but it hardly brings us close **the Old One's secrets**. I, in any case, am convinced He does not play dice" (letter to Born, 1926)
- EPR “gedanken” experiment : teoria cuantica este incompleta, de aceea posibil non-realista
- In 1964, J. S. Bell incerca sa dovedeasca corectitudinea teoriei EPR. Conditia la care ajunge - inegalitatea Bell - nu este satisfacuta chiar in cazuri simple, deci arata contrariul:
teoria cuantica este completa si non-locala (permite schimbari instantanee).

Aspect – experimente EPR cu lumina: fotoni polarizati “entanglati”

1982: A. Aspect, Dalibard and Roger, au utilizat in experimente EPR cu fotoni ‘entanglati’ (“mixati” in starea cuantica a sistemului compus, “ingemanati cuantic”) si au dovedit ca teoria cuantica este completa si ca realismul local trebuie abandonat .

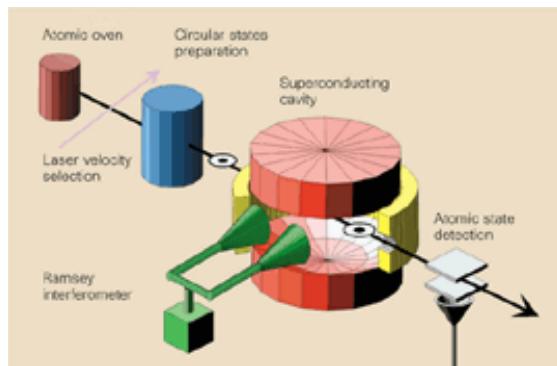
Experimentul a utilizat fotoni polarizati ‘entanglati’ (“ingemanati”, produsi de un laser si un cristal neliniar parametric) si a produs rezultate care **violau inegalitatatile Bell fara ambiguitate, cu zeci de deviatii standard si un acord impresionant cu teoria cuantica.**



Experimente mai recente au imbunatatit substantial acuratetea rezultatelor si au demonstrat ca **masurarea polarizarii particulei 1 are un efect instantaneu asupra polarizarii particulei 2, chiar daca particulele sunt separate spatial (~10 Km, Geneva, Viena s.a.) (Non-localizare).**
Majoritatea fizicienilor accepta acum ca teoria cuantica este corecta si ca realismul local trebuie abandonat. Utilizare in comunicatii cuantica si calcul.

1.7. Informatia cuantica - detectia luminii fara demolare (Quantum Non-demolition Detection)

- Experimentele QND se utilizeaza pentru a explora **limitele ultime in extractia non-destructiva a informatiei codate intr-un fascicul laser**. Relatia Heisenberg relevanta este **inegalitatea number de fotoni - dispersia fazei** :
 $\Delta N \cdot \Delta \Phi > 1/2$.
- Experimentele QND necesita un cuplaj extrem de puternic intre campul **'signal' (LUMINA)** masurat si un alt **sistem cuantic, numit uzual 'metru' (FASC. ATOMI)**, care citeste numarul de fotoni fara perturbarea semnalului (de ex, prin deplasarea nivelurilor de energie si interferometrie).



Cum sa detectezi un singur foton repetat fara sa-l distrugi (Ph. Grangier et al, Nature, 1999)

- Obs.** H. Walther (MPQ-Garching) and Ph. Grangier et al (ENS-Paris) used the experimental techniques of cavity quantum electrodynamics (QED). (Nature, 1998-99)
- S. Haroche et al. (IOTA-Paris) observed for the first time **a single photon (trapped in a cavity) in a sequence of about 100 consecutive measurements**, recording it from the instant of its birth to the moment of its death by QND interaction with a stream of passing atoms (Nature, 2007).
 - With the same setup, it's possible to entangle the quantum states of many atoms and to detect quantum superposition of two distinct, classical states of the photon electric field ("Schrödinger's cat"), **a possible tool for quantum computing**.

Lumea Cuantica si Informatia

- 1976, J.A. Wheeler: “Everything is fields” / “Everything is information” (“It from bit”)
- 1998: Steane – utilizarea unui set de principii ca de ex. conservarea energiei si momentului care, fiind conectate la informatie, pot conduce la o teorie cuantica mai realista.
- 2003: Clifton, Bub and Halvorson au aratat ca elementele de baza ale unei descrieri cuantice a sistemelor fizice se pot deduce din trei conditii fundamentale informationale:
 - “the impossibility of superluminal information transfer between two physical systems by performing measurements on one of them;
 - the impossibility of perfectly transmission of information contained in an unknown physical state (which, for pure states, amounts to ‘no cloning’);
 - the impossibility of communicating information so as to implement a bit commitment protocol with unconditional security”.
- Teoremele lui Shannon – Exista coduri pentru transmisiunea corecta a informatiei cu limite pentru lungimea mesajului si viteza de transmisiune (criptologia). Prelucrarea unui bit de informatie necesita cel putin o cuanta de energie
- Sir Roger Penrose, “The Legacy of Schroedinger’s Cat”, Conf. 14 “Schrödinger”, Imperial College, Londra, Nov.2001 – **Informatia ar putea fundamenta consistent teoria cuantica**
“The Emperor’s New Mind – Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics, Oxford, 1989 (Buc. 1996), Cap. 6, “Magie cuantica si mister cuantic

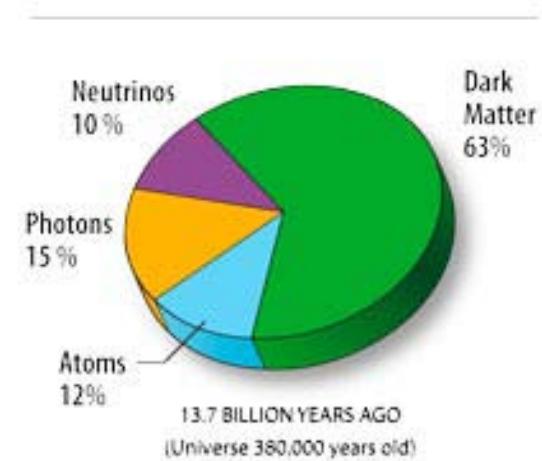
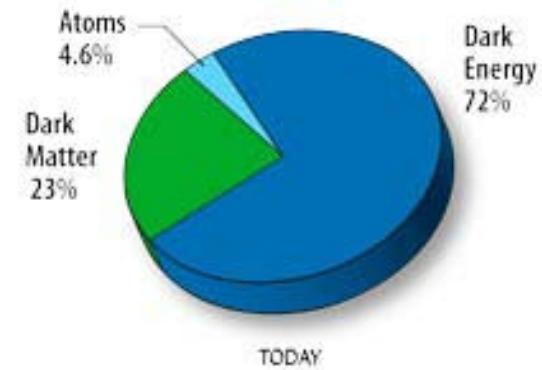
2. Lumina si informatia in Univers

Expanziunea Universului - Dark energy si Big Bang

- 1929: Hubble – Observa cu telescopul (Lumina) ca Universul este in expansiune accelerata.

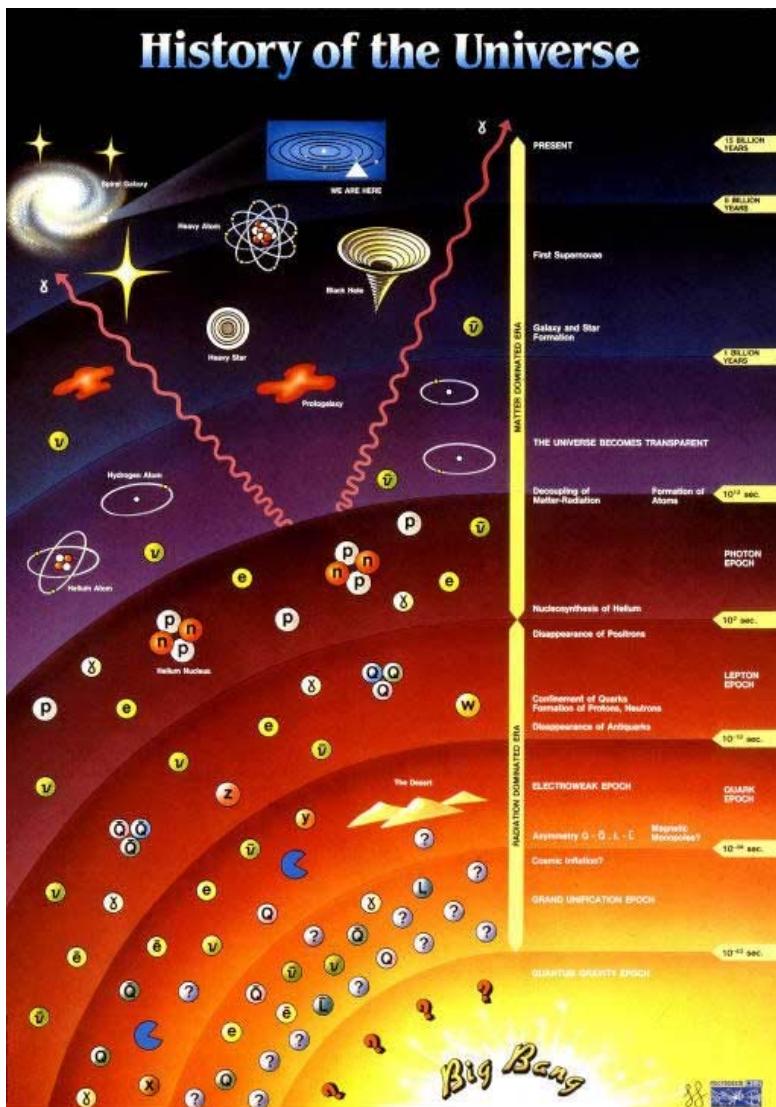
Pentru ca modelul teoretic al expansiunii sa fie in acord cu datele astronomice ale expansiunii, trebuie introdusa **“Dark energy”** (? un volum al spatiului (vidului) are o energie intrinseca, fundamentala; reprezinta 72% din energia din Univers - **Criptic**).

- Modelul Friedmann conduce la:
 - **posibila existenta a unui Big Bang**
 - **inflatie pana la sfarsitul atomilor si particulelor elementare (Criptic)** sau la:
 - o posibila inflatie/compresie (Big Crunch)



According Penrose and Hawking

Big Bang - Universe formation (approx. 13.7 Mld. years ago)



(According St. Hawking)

- **10⁻⁴³ second (Planck time) after the Big Bang**

Before this time all four fundamental forces (fields) - gravity, electromagnetism, and the strong and weak nuclear forces **were unified**, but physicists have yet to develop a workable theory that can describe these conditions (quantum gravity).

- **During the first second of the universe,**

The four forces split into their separate identities (including **photons**). **The protons, neutrons, and electrons - the building blocks of atoms were formed when photons collided and converted their energy into mass**. The temperature of the universe also cooled during this time, from about 10^{32} degrees to 10^{10} degrees.

- Approx. **three minutes after the Big Bang**,

when the temperature fell to a cool one billion degrees, protons and neutrons combined to form the nuclei of a few heavier elements, most notably helium (25% total mass of the universe).

- Roughly **300,000 years after the Big Bang**,

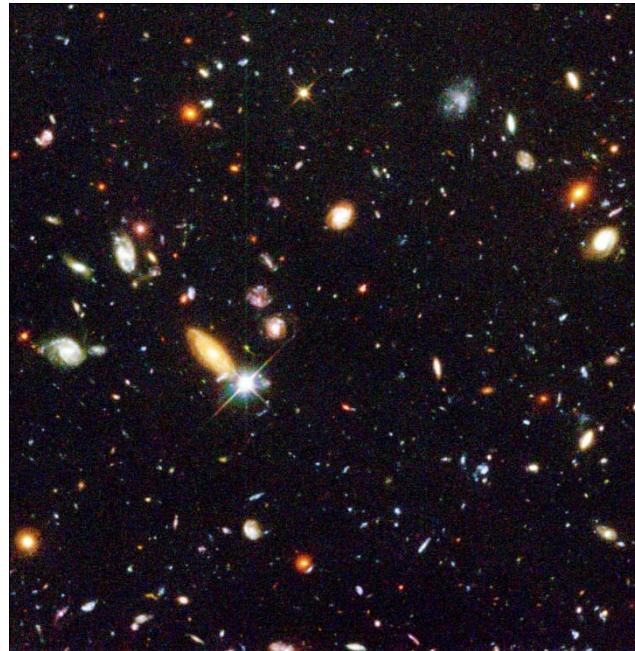
when the universe had cooled to 3000 degrees, electrons could combine with atomic nuclei to form neutral atoms. With no free electrons left to scatter photons of light, **the universe became transparent to radiation – FIAT LUX!**. (It is this light that we see today as the **cosmic background radiation, T~3K**).

- About **one milliard years following the Big Bang**,

stars and galaxies began to form and since then, the universe has simply continued to grow larger and cooler, creating conditions conducive to life.

Lumina și Cunoasterea Universului

- Telescopul Hubble poate observa spațiul ultra-îndepărtat legat de era formării stelelor și galaxiilor, la cca. 200 milioane de ani de la “Big Bang” (când Sistemul Solar și Pământul nu existau încă).
- Prin observarea “găurilor negre”, a “energiei negre” și a “materiei negre”, Hubble permite “străpungeri” științifice în astrofizică ca de exemplu, determinarea mai precisa a ratei de expansiune a Universului.
- Lumina pe care o detectează este la limitele actuale (1 foton/min). Zona de observație (de forma unui ac) este atât de îngustă încât, pentru explorarea întregului spațiu, i-ar trebui cca. 1 milion de ani (mult mai mult decât vîrsta lui Homo sapiens pe Terra), o durată cvasi-infinită pe scara noastră de timp.



Spațiul ultra-îndepărtat, formarea stelelor și galaxiilor (la cca. 200 milioane de ani de la “Big Bang”) observate cu ajutorul Telescopului Spatial Hubble (Sursa: NASA)

3. Cunoasterea (umana) prin informatia purtata de lumina. Incadrarea experientei intr-o viziune mai larga decat ea. Principiul antropic

Fizicienii Barrow si Tipler considera ca o concluzie a teoriei cuantice:

“Observatorii sunt necesari pentru a aduce Universul in fiinta.”

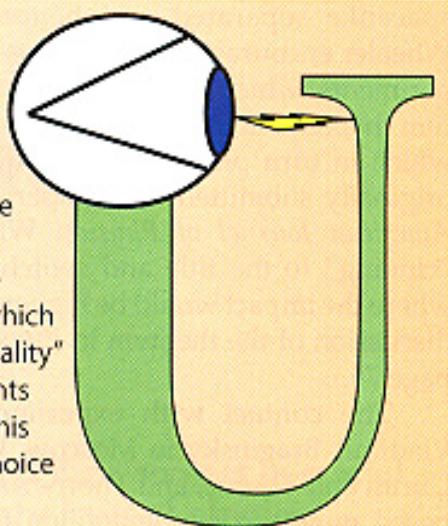
J.A. Wheeler reprezinta cunoasterea Universului ca un sistem “self-excited”

(Fig.3, *Phys. Today*, 2009, p.45) – Universul participant si prin **Principiul Antropic**

Participant (PAP).



Figure 3. John Wheeler's diagram of the universe as a self-excited circuit: Starting small (thin part of "U" at upper right), the universe grows (loop of "U") and in time gives rise to observer-participancy (upper left), which in turn imparts "tangible reality" to even the earliest moments of the universe. Compare this notion with the delayed-choice experiment of figure 2.



B.Carter si R. Dicke – “epoca noastra coincide cu timpul de viata al asa numitelor stele din secenta principală, cum este Soarele. In orice alta epoca, pe Pamant nu ar exista viata inteligenta care sa poata masura constantele fizice principale. Aceasta coincidenta trebuia sa existe tocmai pentru ca viata inteligenta sa fie aici doar pe durata particulara in care are loc coincidenta!” (v. Penrose, 1996)

R. Dicke: "Universul are proprietăile pe care le are și pe care omul le poate observa, deoarece, dacă ar fi avut alte proprietăți, omul nu ar fi existat".

Cea mai mare parte a **INFORMATIEI** din micro- si macro-cosmos o receptionam prin **LUMINA (~85%)**.

Lumina si prelucarea intelligentă a informației

Principiul antropic cosmologic este definit de J.D. Barrow și F.J. Tipler ca o generalizare a principiului antropic:

“Prelucrarea intelligentă a informației trebuie să apară în existență Universului și, odată ce a apărut, nu va muri niciodată.” (*The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford Univ. Press, 1986, pref. J.A. Wheeler).

Barrow și Tipler: deși principiul antropic final este o declarație pur fizică, valabilitatea acestui principiu este o precondiție fizică pentru ca valorile morale să apară și să continue să existe în Univers: nu pot exista valori morale de orice tip într-o cosmologie fără viață. Mai mult, Principiul antropic final pare să implice un cosmos în care îmbunătățirea societății depinde de efortul uman.

LUMINA - “singurul element material care prin funcția sa, prin vocația sa, este un element spiritual”. (Al. Safran)

Suntem creati de Lumina (copiii Luminii) – prin energia ei și informația purtatata de ea (E. Schrödinger - “ordine din ordine” și “ordine din dezordine”)

Blaga, Trilogia cunoasterii : “Aratarea sau relevarea unui mister existential, atunci cand are loc, e intotdeauna **revelare cenzurata** - cenzurata prin insasi structura aparatului cognitiv, destinat receptarii misterului existential”.

Concluzii

1. Lumina poarta informatia fizica la toate nivelurile spatio-temporale, din micro-cosmos pana in cosmos
2. Prelucrarea intelligentă a informației trebuie să apară în existența Universului
3. Suntem creati de Lumina (copiii Luminii) – prin energia ei si informatia purtatata de ea (E. Schrödinger -“ordine din ordine” si “ordine din dezordine”), – “singurul element material care prin funcția sa, prin vocația sa, este un element spiritual”.
4. “Cand experienta nu permite sa fie incadrata de o viziune metafizica, vizunea insasi e caduca si nu experienta” . “Aratarea sau relevarea unui mister existential, atunci cand are loc, e intotdeauna **revelare cenzurata** - cenzurata prin insasi structura aparatului cognitiv, destinat receptarii misterului existential”.(Blaga, Trilogia cunoasterii).
5. Fericitul Ioan Paul II: “Science can clean religion of errors and superstitions; religion can clean the science of idolatry and absolute truths. Each of them can lead the other to a more open world, in which both can flourish”.

“La fel cum se poate face trecerea de la mecanica cuantica la mecanica clasica este de astepat o trecere de la **fizica informationala a profunzimilor** la mecanica cuantica” (Mihai Dragănescu, Profunzimile Lumii Materiale”, 1979)



Dumnezeu sa-l odihneasca in Pace si Lumina cea fara de sfarsit sa-i straluceasca!