

PREMA KVANTNOJ KOZMOLOGIJI

*Babić Ladislav
V.Nazora 2, 40000 Čakovec
Hrvatska*

SAŽETAK

U radu se predlaže jednostavni model svemira koji, temeljem kvantno-relativističkih principa, objedinjuje mikro i makrokozmičku skalu prirode u jedinstveni evolutivni proces razvoja; od sjemena - kvazielementarne čestice PLANKONA kao najranijeg stadija evolucije kozmosa, do ploda - svemira suvremenih karakteristika koji nas okružuje. Model nije inkompatibilan sa standardnim modelom svemira.

1. UVOD

Zamisao o jedinstvu makro i mikrosvijeta danas je sasvim uobičajena kako među kozmolozima tako i među suvremenim kvantnim fizičarima. U času "postanka" (štogod pod time podrazumijevali) koji se dešava na subatomske dimenzijama susreću se teorija relativnosti (c) i gravitacija (G) sa kvantnim pojavama (\hbar). Postoji ideja da na tim ili manjim, tzv. Planckovim dimenzijama, prestaju važiti poznati nam fizikalni zakoni. S druge strane, današnje kozmološke teorije počinju razmatrati razvoj svemira iz singulariteta – stanja beskonačne gustoće i infinitezimalnih dimenzija. Smatrajući kako beskonačnosti u teoriji treba eliminirati bilo tehničkim (teorijskim) bilo opažajkim sredstvima (recimo c =konstantno) svoja razmatranja započeo sam iz stanja određenog Planckovim parametrima ($\lambda_p, T_p, M_p, \rho_p, E_p, c$). Sem ideje o jedinstvu prirode vodila me zamisao i o njenoj suštinskoj jednostavnosti, samim time i shvatljivosti.

2. PLANKON

Poznato je kako se iz fundamentalnih fizikalnih konstanti (G, c, \hbar) koje karakteriziraju ne samo pojedine važne prirodne pojave već i zaokružena područja fizike (teorija gravitacije, odnosno OTR, specijalna teorija relativnosti, kvantna teorija), mogu konstruirati izvjesne fizikalne veličine čije brojčane vrijednosti predstavljaju (kako smatramo) međaše odnosno točke konvergencije gore spomenutih teorija – šire gledano točke susreta makro i mikrosvijeta. To su (navodimo samo neke):

$$\lambda_p^2 = \frac{G\hbar}{c^3} \quad ; \quad \lambda_p = 1.61 \cdot 10^{-35} m \quad \text{Planckova dužina} \quad (1a)$$

$$T_p = \frac{\tilde{\lambda}_p}{c} ; T_p = 5.38 \cdot 10^{-44} s \quad \text{Planckovo vrijeme} \quad (1b)$$

$$M_p^2 = \frac{\hbar c}{G} ; M_p = 2.18 \cdot 10^{-8} kg \quad \text{Planckova masa} \quad (1c)$$

kao i izvedene veličine:

$$\rho_p = \frac{M_p}{\tilde{\lambda}_p^3} ; \rho_p = 5.2 \cdot 10^{96} \frac{kg}{m^3} \quad \text{Planckova gustoća} \quad (1d)$$

$$(\text{mi ćemo je definirati kao } \rho_p = \frac{M_p}{\frac{4\pi}{3}\tilde{\lambda}_p^3} ; \rho_p = 1.2 \cdot 10^{96} \frac{kg}{m^3}) \quad (1e)$$

$$\rho_{pE} = \rho_p c^2 \quad \text{Planckova gustoća energije} \quad (1f)$$

$$\omega_p = \frac{1}{T_p} ; \omega_p = 1.86 \cdot 10^{43} Hz \quad \text{Planckova kružna frekvencija} \quad (1g)$$

$$E_p = M_p c^2 = \hbar \omega_p ; E_p = 1.96 \cdot 10^9 J \quad \text{Planckova energija} \quad (1h)$$

$$\tau_p = \frac{M_p c^2}{k} ; \tau_p = 1.4 \cdot 10^{32} K \quad \text{Planckova temperatura} \quad (1i)$$

Definirat ćemo hipotetičku elementarnu česticu, imenom PLANKON, koju karakteriziraju navedene (i nenavedene) vrijednosti fizičkih veličina. Za naša daljnja razmatranja, važna su neka karakteristična svojstva plankona.

a) Radius plankona ne može biti manji od $\tilde{\lambda}$.

Pretpostavimo da su respektivno, neodređenosti položaja i impulsa plankona dane sa:

$$\Delta x = \tilde{\lambda} = \left(\frac{G\hbar}{c^3} \right)^{1/2},$$

$$\Delta p = M_p v = v \left(\frac{\hbar c}{G} \right)^{1/2}.$$

Primjenimo li približne relacije neodređenosti

$$\Delta x \Delta p \approx \hbar,$$

slijedi:

$$\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{c} v,$$

dakle,

$$v \approx c.$$

Ispada da plankon ne može biti “smješten” (ne može biti manji) na manjim dimenzijama od λ , jer bi u protivnom kretanje unutar tog volumena bila nadsjvetlosne brzine.

b) Gravitacijska energija plankona jednaka je po iznosu njegovoj vlastitoj energiji (dokazujemo lako pomoću relacija (1)).

$$\frac{E_{gp}}{E_p} = \frac{-\frac{GM_p^2}{\lambda_p}}{M_p c^2} = -1.$$

c) Plankon je mini crna rupa.

Iz prethodnog svojstva slijedi $\lambda_p = \frac{GM_p}{c^2}$, što je manje od Schwarzschildova radijusa $R_{SCH} = \frac{2GM_p}{c^2}$ za jednaku masu.

d) Ukupna energija plankona, kao zbroj gravitacione i vlastite energije jednaka je nuli (svojsto slijedi iz b)

$$U = E_{gp} + E_p = 0. \quad (2)$$

Na osnovu toga smatrat ćemo kako su svi ostali oblici energije (sem gravitacione) “zatvoreni” unutar dimenzija plankona čineći njegovu (dio) unutrašnju energiju.

3. ŠIRENJE SVEMIRA (standardni model)

Posmatranja galaksija još od Hubbleovih vremena (Dopplerov efekt) utemeljena teorijski Općom teorijom relativnosti (OTR), pokazuju jednostanu činjenicu – galaksije se udaljavaju jedna od druge relativnim brzinama proporcionalnim njihovoj međusobnoj udaljenosti:

$$v = Hr \quad (3)$$

Parametar H uobičajeno je zvati Hubbleovom konstantom (iako se pokazuje da mu vrijednost opada tokom širenja svemira) a mjerene rijednosti kreću se u intervalu:

$$H = (40 - 80) \frac{km}{s \cdot Mpc}.$$

Recipročna vrijednost ovog parametra (za $H=80 \text{ km/sMpc}$)

$$T_H = \frac{1}{H} \approx 3.9 \cdot 10^{17} s = 12.2 \cdot 10^9 \text{ god},$$

naziva se Hubbleovo vrijeme i predstavlja karakteristično vrijeme širenja svemira. Starost svemira nešto je manja i iznosi:

$$T_S = \alpha T_H \quad \alpha = \begin{cases} 1/2 & \text{prevladava energija} \\ 2/3 & \text{prevladava materija} \end{cases}$$

Pišemo jednostavno:

$$HT_S = \alpha. \quad (4)$$

Kako brzine veće od brzine svjetlosti nisu dozvoljene to iz (3) dobivamo

$$T_H = \frac{R_S}{c}, \quad (5)$$

gdje R_S predstavlja veličinu uobičajeno zvanom radius svemira. Odatle je jasno zašto se T_H naziva karakterističnim vremenom. Bila bi to starost svemira kad bi se on oduvijek jednoliko širio brzinom svjetlosti. Budućnost svemira (neograničeno širenje – otvoreni svemir, granični slučaj - ravni svemir, prelazak u ponovno sažimanje - zatvoreni svemir) ovisi o odnosu njegove srednje gustoće spram takozvane kritične gustoće ρ_K . Ova je u izravnoj vezi sa Hubbleovim parametrom

$$H = \sqrt{\frac{8\pi G\rho_K}{3}}. \quad (6)$$

Izraz je relativistički valjan ako ρ_K interpretiramo kao ukupnu ekvivalentnu gustoću energije. Rezultati suvremenih mjerenja kreću se oko:

$$\rho = 3 \cdot 10^{-28} \frac{kg}{m^3}$$

za srednju i.:

$$\rho_K = 1.2 \cdot 10^{-26} \frac{kg}{m^3},$$

za kritičnu gustoću vasiona.

Moguće su tri alternative koje proizlaze iz pitanja je li ukupna energija univerzuma $U < 0$, $U = 0$ ili $U > 0$. To su:

- a) $\rho < \rho_K$ svemir se neograničeno širi ($U > 0$)
- b) $\rho > \rho_K$ širenje će zamijeniti kontrakcija ($U < 0$)
- c) $\rho = \rho_K$ granični slučaj ($U = 0$)

Suvremena opažanja pokazuju tendenciju izbora modela a) dok sve veći broj teoretičara naginje slučaju c). Teorija “velikog praska” (nadalje - standardni model) daje slijedeći red veličina za osnovne karakteristike svemira:

$$\begin{aligned} \text{starost } T_S &\approx 20 \cdot 10^9 \text{ god} \\ \text{radius } R_S &\approx 20 \cdot 10^9 \text{ g.s.} \\ \text{masa } M_S &\approx 10^{53} \text{ kg} \end{aligned}$$

Detalje standardnog (i inflatornog) modela nećemo razmatrati.

4. ZAPAZANJA

Označimo sa $\tilde{\lambda}_p, T_p, M_p, \rho_p$ radius, karakteristično vrijeme, masu i gustoću plankona i sa R_S, T_H, M_S, ρ_K odgovarajuće veličine koje karakteriziraju univerzum. Načinimo slijedeće odnose:

$$\frac{R_S}{\tilde{\lambda}_p} \approx 10^{61}, \quad (7a)$$

$$\frac{T_S}{T_p} \approx 10^{61}, \quad (7b)$$

$$\frac{M_S}{M_p} \approx 10^{61}, \quad (7c)$$

$$\frac{\rho_p}{\rho_K} \approx 10^{122} = (10^{61})^2. \quad (7d)$$

To je dovoljno da svojstva hipotetične elementarne čestice - PLANKONA, povežemo sa svojstvima realnog svemira, tjerajući nas da izgradimo slijedeći jednostavni model:

5. PLANKONSKI MODEL SVEMIRA

Na osnovi jednostavnih prethodnih zapažanja, pretpostavljenog jedinstva prirode koje se realizira u jedinstvu mikro i makrokozmosa, te potrebe da svaka objedinjujuća teorija (model) zadovolji kako relativističke tako i kvantne principe, činimo slijedeće pretpostavke:

5.1 KVANTNI UVJETI

a) Duž opsega svemira moguće je rasporediti samo cijeli broj Comptonovih valnih duljina koje odgovaraju masi plankona:

$$2\pi R_S = N\lambda_p \quad ; \quad \lambda_p = \frac{h}{M_p c}.$$

Odatle,

$$R_S = N\tilde{\lambda}_p \quad \begin{array}{l} N = 1,2,\dots \\ N - \text{prirodan broj} \end{array} \quad (8)$$

Ubuduće, reduciranu valnu duljinu $\tilde{\lambda}_p = \frac{\lambda_p}{2\pi}$ zovemo radiusom plankona ili Planckovom dužinom. Privremeno i aproksimativno, koristit ćemo vrijednost

$$N = 10^{61}$$

kao današnju vrijednost kvantnog broja N. Nadalje ćemo sve karakteristične veličine kojima opisujemo vasionu označavati indeksom N - s eventualnim izuzecima u području kontinuuma ($N \gg 1$) kad se one mijenjaju gotovo neprekidno. Tako na primjer umjesto R_S, T_H, M_S, ρ_K pišemo R_N, T_N, M_N, ρ_N itd. Veličine pripadajuće osnovnom stanju svemira ($N=1$) alternativno ćemo - u zavisnosti od prilike - označavati $\tilde{\lambda}_p, T_p, M_p, \rho_p$ odnosno R_1, T_1, M_1, ρ_1 i slično. Dakle, relaciju (8) pisat ćemo u obliku:

$$R_N = N\tilde{\lambda}_p. \quad (8a)$$

b) Dijeleći relaciju (8a) sa brzinom svjetlosti dobija se:

$$\frac{R_N}{c} = N \frac{\tilde{\lambda}_p}{c}.$$

Kako je R_N / c ustvari Hubbleovo vrijeme a $\tilde{\lambda}_p / c$ Planckovo vrijeme, pišemo:

$$T_N = NT_p. \quad (9)$$

Ustvari, ispravnije je definirati:

$$T_N = \frac{R_N - R_{N_0}}{c}$$

odakle je

$$T_N = (N - N_0)T_p. \quad (9a)$$

Elementarni kvant vremena T_p zvat ćemo kronon.

Suvremeno Hubbleovo vrijeme (po plankonskoj teoriji) od $T_N = 17 \cdot 10^9 \text{ god.}$ odgovara Hubbleovoj konstanti $H_N = 57.3 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}.$

c) Postuliramo

$$M_N = NM_p. \quad (10)$$

d) Množeći (10) sa c^2 dobijamo za odnos vlastitih energija svemira i plankona:

$$E_N = NE_p. \quad (11)$$

e) Iz (10) slijedi:

$$\frac{M_N}{M_p} = \frac{R_N^3 \rho_N}{\tilde{\lambda}_p^3 \rho_p}.$$

Primjenom kvantnog uvjeta za radius svemira izlazi:

$$\rho_N = \frac{\rho_p}{N^2}. \quad (12)$$

Spomenimo da uvodeći kvantne uvjete u relaciju (6) standardnog modela, dobijamo sličan izraz za kritičnu gustoću svemira:

$$\rho_N = \frac{\rho_p}{2N^2}.$$

Izraz (12) izlazi iz zakona očuvanja energije svemira (vidi dalje) odakle odmah vidimo da se ovdje zaista radi o kritičnoj gustoći. Brojčano,

$$\rho_N = \rho_K = 1.2 \cdot 10^{-26} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

f) Odnos gravitacionih energija svemira i plankona

$$\frac{E_{gN}}{E_{gp}} = \frac{-\frac{GM_N^2}{R_N}}{-\frac{GM_p^2}{\tilde{\lambda}_p}} = \frac{\rho_N^2 R_N^5}{\rho_p^2 \tilde{\lambda}_p^5} = N,$$

$$E_{gN} = NE_{gp}. \quad (13)$$

g) Uz pretpostavku neovisnosti konstante gravitacije o vremenu (vidi dalje) odredimo kako se transformira jačina gravitacionog polja svemira.

Na osnovi $E_N = -\frac{GM_N}{R_N}$ slijedi:

$$G = \frac{|E_N| R_N^2}{M_N} = \frac{|E_N| N \tilde{\lambda}_p^2}{M_p}.$$

Da G ne bi ovisilo o N, mora biti:

$$E_N = \frac{E_p}{N} \quad (14)$$

Iz svih ovih kvantnih uvjeta izlazi kako plankon možemo shvatiti kao početni stadij - osnovno stanje (N=1) u diskretnom i kvantiziranom razvoju svemira.

5.2 ZAKON OČUVANJA ENERGIJE

U skladu sa prethodnim zaključcima kao i relacijom (2) za ukupnu energiju plankona, pišemo za ukupnu energiju svemira:

$$U_N = E_{gN} + E_N = E_{gp} + E_p = U_p = 0 \quad (15)$$

Time, a i ranijim izborom za srednju gustoću svemira $\rho_N = \rho_K$ (što upravo proizlazi iz prethodne relacije) vidi se da naš svemir pripada geaničnom slučaju c).

Promatramo li svemir u dva stanja (karakterizirana kvantnim brojevima N_1 i N_2) možemo pisati:

$$U_{N_2} - U_{N_1} = (E_{gN_2} - E_{gN_1}) + (E_{N_2} - E_{N_1}) = 0.$$

Odatle,

$$\underbrace{(N_2 - N_1)M_p c^2}_{\text{promjena vlastite energije svemira}} = \underbrace{\frac{GM_p^2}{\lambda_p}(N_2 - N_1)}_{\text{promjena gravitacijske energije svemira}}. \quad (15a)$$

Svemir je "zadužen" kod svoje gravitacione energije - njegova vlastita energija povećava se na račun smanjenja ove posljednje. Ukupna energija uvijek je nula tako da nema kontradikcije sa zakonom održanja energije.

5.3 ELEKTRIČNI NABOJ SVEMIRA - PLANKONA

Iz zaključka kako je plankonska faza samo početna faza razvoja univerzuma, te činjenice kako je ukupni naboj svemira nula, slijedi

$$Q_p = 0 \quad (16)$$

Električni naboj plankona je nula.

5.4 BRZINA SVJETLOSTI I KONSTANTA GRAVITACIJE

a) Brzina svjetlosti

$$c = \frac{R_N}{T_N} = \frac{N\lambda_p}{NT_p} = \frac{\lambda_p}{T_p}.$$

b) Gravitaciona konstanta

$$G = \frac{|E_{gN}|R_N}{M_N^2} = \frac{(|E_{gp}|N)(N\tilde{\lambda}_p)}{(NM_p)^2} = \frac{|E_{gp}|\tilde{\lambda}_p}{M_p^2}.$$

Kao c i G ne ovise o N , zaključit ćemo kako se ove konstante ne mijenjaju sa širenjem svemira. Doduše, pri izvodu relacije (13) implicitno smo pretpostavili neovisnost gravitacione konstante o vremenu. No, ako vrijedi (11), tada iz zakona očuvanja energije (15) neposredno slijedi zaključak (13).

5.5 RELATIVISTIČKO ŠIRENJE

Preko kvantnih uvjeta u naš model je neposredno ugrađena kvantna mehanika. Što je međutim sa relativnošću? Kako se svemir nalazi u stanju ekspanzije, postaviti ćemo stvari ovako. S obzirom da sami učestvujemo u njegovu širenju promatrat ćemo pojave iz sustava s "rubu" svemira koji se giba brzinom v .

a) Promjena radiusa svemira

Pretpostavimo da gledamo iz središta kako se plankon širi. Ako izmjerimo radius $\tilde{\lambda}_p$, za promatrača s periferije to mora biti više (jer su za centralnog posmatrača dužine kontrahirane):

$$R_s = \frac{\tilde{\lambda}_p}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (17)$$

Kako se prednja fronta svemira giba brzinom bliskom brzini svjetlosti, to je izraz

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

svakako golem. Postuliramo:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = N. \quad (18)$$

Na taj način relacija (17) i formalno poprima oblik kvantnog uvjeta (8). Kako je iz (18)

$$v_N^2 = c^2 \left(1 - \frac{1}{N^2} \right), \quad (19)$$

to je za golemo $N \approx 10^{61}$ brzina širenja praktički svjetlosna ($v \approx c$).

Brzina širenja, kako vidimo, mijenja se diskontinuirano te je nadalje (s eventualnim izuzecima u području kontinuuma) označavamo sa v_N .

b) Promatrač sa periferije vidi svemir volumena

$$V_S = \frac{4\pi}{3} R_S^3 = \frac{4\pi}{3} \frac{\tilde{\lambda}_p^3}{\left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right)^{3/2}} = \frac{V_p}{\left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right)^{3/2}} = N^3 V_p,$$

dakle,

$$V_N = N^3 V_p. \quad (20)$$

c) Karakteristično (Hubbleovo) vrijeme širenja

Hubbleovo vrijeme za opažača s "ruba" svemira je

$$T_H = \frac{R_S}{c} = \frac{1}{c} \frac{\tilde{\lambda}_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}} = \frac{T_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}},$$

$$T_H = \frac{T_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}}, \quad (21)$$

dakle,

$$T_N = N T_p$$

Starost svemira ovisi dakle o tome koliko je njegova brzina širenja manja od svjetlosne. Brzine širenja svemira za $N=1,2,3,4,10,100$ prikazane su u **TABLICI 1**. Svemir se iz početnog stadija ($T_H = 0$, "postanak" svemira) širi brzinom koja poprima diskretne vrijednosti brzine svjetlosti. U kasnijim fazama evolucije kozmosa ($N \gg 1$) brzina se praktički kontinuirano mijenja. Već nakon devetostrukog plankonskog vremena ($T_N = 9T_p$) brzina širenja iznosi 99,5% brzine svjetlosti. Zbog inercije materije, ovo je fizikalno uvjerljivije od onoga što kao da impliciraju kvantni uvjeti bez reletivističkog tretiranja - naime, da je od samog početka brzina širenja jednaka svjetlosnoj (mada je u članu vlastite energije - relacija (15) - sadržana brzina širenja v). Svemir u njegovoj početnoj fazi možemo usporediti sa "nabildanim" mikroprocesorom visoke frekvencije

$$\omega_p = 1.86 \cdot 10^{34} \text{ GHz},$$

koja se tijekom povećanja njegove kompleksnosti; kao rezultat njegova razvoja, postepeno smanjuje:

$$\omega_N = \frac{\omega_p}{N}$$

d) Masa svemira

Periferni promatrač vidi kako se svi dijelovi širećeg plankona udaljavaju od njega te konstatira povećan masu

$$M_S = \frac{M_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}}, \quad (22)$$

odnosno:

$$M_N = NM_p.$$

e) Gustoća tvari u svemiru

Isti gledatelj vidi svemir gustoće:

$$\rho_S = \frac{M_S}{V_S} = \frac{\frac{M_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}}}{\frac{V_p}{\sqrt{\left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right)^3}}},$$

odnosno,

$$\rho_S = \rho_p \left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right), \quad (23)$$

tj.

$$\rho_N = \frac{\rho_p}{N^2}.$$

f) Vlastita energija svemira

Promatrač s prednje fronte šireće vasionne konstatira njenu vlastitu energiju

$$E_S = M_S c^2, \quad (24)$$

$$E_S = \frac{M_p c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}} = \frac{E_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}},$$

dakle,

$$E_N = NE_p.$$

g) Temperatura pretvorbe (praga)

Izrazimo li vlastitu energiju plankona u obliku ekvivalentne toplinske energije

$$M_p c^2 = k\tau_p,$$

tome odgovara temperatura

$$\tau_p = 1.4 \cdot 10^{32} \text{ K}.$$

Pri temperaturama bliskim (većim) od ove "temperature praga" moguće je stvaranje plankona iz termalnog zračenja, odnosno, pri njegovoj anihilaciji (smijemo li tako nazvati "raspad" plankona) temperatura zračenja bila bi upravo ovalika. Periferni posmatrač, na sličan način, može povezati vlastitu energiju svemira sa toplinskom energijom:

$$M_s c^2 = k\tau_s,$$

odakle, primjenjujući formulu za relativističku transformaciju mase dobijamo:

$$\tau_s = \frac{\tau_p}{\sqrt{1 - \frac{v_N^2}{c^2}}}, \quad (25)$$

odnosno,

$$\tau_N = N\tau_p. \quad (25a)$$

To iznosi, $\tau_N = 1.4 \cdot 10^{93} \text{ K}$. Ovaj rezultat treba ovako tumačiti; kad bi se kojim slučajem sva masa današnje vasione pretvorila u energiju, nastalo zračenje imalo bi temperaturu od $1.4 \cdot 10^{93} \text{ K}$. Zaista, iz

$$M_s c^2 = k\tau_s,$$

proizlazi upravo ova temperatura (uzeli smo $M_s = 2.18 \cdot 10^{53} \text{ kg}$).

h) Snaga

Promjenu vlastite energije svemira (koja se dešava na račun gravitacione energije) u jedinici vremena, zvat ćemo snagom:

$$P_N = \frac{\Delta E_N}{\Delta T_N} = \frac{(N_2 - N_1)E_p}{(N_2 - N_1)T_p}.$$

Slijedi,

$$P = \frac{E_p}{T_p} = 3.65 \cdot 10^{52} \text{ W}. \quad (26)$$

Snaga ne ovisi o starosti svemira (stoga smo izostavili indeks N). Svake se sekunde $3.65 \cdot 10^{52} \text{ J}$ smanjene gravitacione energije pretoči u povećanu vlastitu energiju kozmosa. Drugim riječima, svake se sekunde stvori (zaboravimo li na trenutak energiju gibanja) - iz gravitacione energije - dodatna masa

$$\Delta M_N = \frac{P}{c^2} = 4.1 \cdot 10^{35} \frac{\text{kg}}{\text{s}}. \quad (27)$$

Danas, to iznosi

$$\frac{\Delta M_N}{M_N} = 1.9 \cdot 10^{-18}.$$

$1.9 \cdot 10^{-18}$ - ti dio mase naše vasione. Po kubičnom metru prostora stvara se u sekundi,

$$\frac{\Delta M_N}{V_N} = 1.4 \cdot 10^{-44} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}},$$

"nove tvari" (uz $R_N = 17 \cdot 10^9 \text{ g.s.}$) što možemo slikovitije i ovako prikazati:

- svake sekunde, u kocki s bridom 418 km, stvori se jedan proton
($m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)
- u jednom kubnom metru prostora stvori se jedan proton svakih $2.3 \cdot 10^9$ godina
- u jednoj sekundi nastane oko 24 protona po jednom paketu plankonske mase
(M_p)

(jasno je da ovdje pod protonom podrazumijevamo njemu ekvivalentnu masu). Dok snaga transformacije vlastite energije ne ovisi o vremenu, drugi je slučaj sa snagom koja otpada na jedinicu mase svemira:

$$P_N^* = \frac{1}{M_N} \frac{\Delta E_N}{\Delta T_N} = \frac{E_p}{M_p N T_p} = \frac{E_p}{M_p T_N}. \quad (28)$$

Ona je obrnuto proporcionalna Hubbleovom vremenu.

"Nekad" ($N=1$) je iznosila $P_N^* = 1.7 \cdot 10^{60} \frac{\text{W}}{\text{kg}}$.

Danas ($N = 10^{61}$) iznosi $P_N^* = 0.17 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$.

Razlika rječito govori koliko su evolucijski procesi u "mladosti" svemira bili nesrazmjerno burniji no u njegovo zrelo doba.

Razmatrajući snagu i vlastitu energiju svemira, naš model pokazuje kako je kvantno generiranje tvari ekvivalentno sa porastom mase, uslijed njenog relativističkog gibanja. Vidimo kako se veza između plankonskih karakteristika i odgovarajućih karakteristika svemira uspostavlja jednostavnim relativističkim transformacijama.

Vjerujemo da dosadašnja razmatranja bjelodano pokazuju kako naš model zadovoljava osnovne postavke kvantne i relativističke teorije. Ilustracija nekih do sada rečenih stvari, te usporedba standardnog i plankonskog modela, prikazana je u

TABLICI 2. Parametri plankonskog svemira pregledno su navedeni na kraju rada (TABLICA 5).

6. DALJNJA RAZMATRANJA

a) Spin svemira

Temeljem osnovnih relacija (1a)-(1c) možemo izraziti Planckovu konstantu na slijedeći način:

$$\hbar = \frac{\tilde{\lambda}_p^2 M_p}{T_p} = \frac{1}{N^2} \frac{R_N^2 M_N}{T_N}.$$

Slijedi:

$$L_{MN} = N^2 L_p = N^2 \hbar. \quad (29)$$

Kako je brzina u osnovnom stanju (N=1) svemira jednaka nuli, iz tog razloga isto je i sa impulsom, odnosno momentom impulsa svemira (plankona). Ta se činjenica ne mijenja niti u kasnijoj fazi jer se - zbog simetričnog, radijalnog širenja - impulsi dijametralno suprotnih dijelova međusobno poništavaju. Stoga, pretpostavljamo da izraz (29) predstavlja vlastitu kutnu količinu gibanja - zvat ćemo je spin mase svemira. Naime, za spin svemira moramo uzeti u obzir i spin povezan sa gravitacionim poljem. Iz strukture izraza očito je da "goli" plankon (bez uzimanja u obzir gravitacionog polja) spada među bozone.

Poslužimo li se klasičnom relacijom:

$$L_{MN} = I_N \omega_N = M_N R_N^2 \omega_N = \frac{R_N^2 M_N}{T_N},$$

slijedi:

$$\omega_N = \frac{1}{T_N}.$$

Dakle, kao što je spin strukturno svojstvo elementarne čestice, tako je i spin mase vasiona karakteristična veličina povezana s njegovom ekspanzijom a ne rotacijom oko neke osi. Vidimo da se spin mase svemira ne održava.

$$\text{Na "početku" (N=1)} \quad L_{M1} = L_p = \hbar.$$

$$\text{Danas (} N = 10^{61} \text{)} \quad L_{MN} = (10^{61})^2 \hbar.$$

Pogledajmo (pomalo nezgrapno) spin povezan sa gravitacionim poljem svemira.

$$\frac{\Delta L_{gN}}{\Delta t} = F_N R_N = -\frac{GM_N^2}{R_N^2} R_N.$$

Odatle:

$$\Delta L_{gN} = -\frac{GM_N^2}{R_N} \Delta t = -\frac{NGM_p^2}{\tilde{\lambda}_p} \Delta N.$$

Za spin polja izlazi:

$$L_{gN} = -\frac{N^2 GM_p^2}{\frac{\tilde{\lambda}_p}{T_p}}.$$

Kako je $GM_p^2 = \hbar c$ i $\frac{\tilde{\lambda}_p}{T_p} = c$ dobijamo:

$$L_{gN} = -N^2 \hbar. \quad (29a)$$

Dakle, spin gravitacionog polja svemira u svakom je trenutku po iznosu jednak a po smjeru suprotan spinu mase svemira. Spin univerzuma je dakle suma ova dva spina:

$$L_N = L_{MN} + L_{gN} = N^2 \hbar - N^2 \hbar = 0,$$

$$L_N = 0 \quad (29b)$$

Vlastita kutna količina gibanja kozmosa je prema tome veličina koja se održava - u svakom trenutku je dnaka je nuli. I "obučeni" plankon prema tome spada u bozone (spina jednakog nuli). Kako, ipak, objasniti da spin mase raste proporcionalno sa N^2 ? Pretpostavit ćemo da je plankon spina \hbar (goli plankon) na N -tom nivou "razbijen" na N^2 dijelova svaki sa spinom također \hbar . Kako mas (i vlastita energija) svemira nije N^2 već samo N puta povećana, treba li (?) zaključiti kako od N^2 čestica N ima, dok $N^2 - N$ nema masu mirovanja, još i više - da su to virtualne čestice. Na primjer, u stanju s kvantnim brojem $N=10$, postoji 90 *virtua lnih + 10 masenih = 100 cestica*. Kako se za niske kvantne brojeve svemir nalazi u stanju gdje svaka Čestica interreagira sa svima ostalima, to zahtijeva da na svaku masenu česticu (konglomerat plankonske mase) imamo $N-1$ prijenosnika međudjelovanja - ukupno $N(N-1) = N^2 - N$ čestica. Spomenimo kako su svi prijenosnici interakcije bozoni, te na visokim temperaturama ($> 3 \cdot 10^{15} K$) ujedno i čestice bez mase mirovanja (vidi **TABLICU 3**). Ove naše pretpostavljene virtualne čestice kao takve ne možemo neposredno raspoznati u eksperimentu, međutim one daju svoj doprinos masi plankona (svemira). Očigledno je slijedeće pitanje: kako onda nastaju fermioni - čestice polovičnog spina (protoni, neutroni, elektroni, kvarkovi, ...)? "Erupcijom" plankona (na $\approx 10^{32} K$), s obzirom da on u svom osnovnom stanju predstavlja skladište enormne gustoće energije od $6.75 \cdot 10^{131} \frac{eV}{m^3}$

(dvaput toliko računajući i gravitaciju), prvo se oslobađaju ovi nosioci interakcije i vjerojatno(?) X-bozoni. Hlađenjem svemira, dolazi do raspada prvobitno jedinstvene interakcije. Iznad temperature praga - karakteristične za pojedinu česticu (neutron $10.903 \cdot 10^{12} K$, proton $10.888 \cdot 10^{12} K$, elektron $5.930 \cdot 10^9 K$, ...) - iznad koje ona može biti stvorena iz termalnog zračenja - dolazi do obilnog stvaranja fermiona i bozona - čestica i antičestica (u parovima, radi zakona očuvanja elektičnog naboja) - koje se naknadno anihiliraju, dok ne ostane izvjestan suvišak neanihilirane tvari - građevnog elementa našeg svemira. U fazi nukleosinteze trebao je nastati današnji odnos nuklearnih čestica (bariona) i fotona, značajan za daljnju evoluciju svemira:

$$S = \frac{\text{broj fotona}}{\text{broj bariona}} \approx 10^9.$$

Smatra se da je danas broj bariona u svemiru reda veličine:

$$\text{broj bariona} = \frac{M_N}{m_p} = N \frac{M_p}{m_p} \approx 10^{80}.$$

Primjer: Nakon koliko vremena se spin mase svemira promijeni za 1%?

Iz (29) slijedi:

$$\frac{dL_{MN}}{L_{MN}} = \frac{2dN}{N} = 0,01.$$

Odatle je $\frac{dN}{N} = 0,005$. Ova promjena N-a podrazumijeva promjenu starosti svemira,

$$\frac{dT_N}{T_N} = \frac{dN}{N} = 0,005,$$

odnosno $dT_N = 8,5 \cdot 10^7$ godina (za $T_N = 17 \cdot 10^9$ godina).

Napomena: Nalazeći dL_{MN} i dT_N koristili smo se aproksimacijom kontinuuma. Diferencije, naime, uvijek možemo zamijeniti diferencijalima ako je $dN \ll N$, odnosno $N \gg 1$.

b) Pokažimo da relacija

$$v_N^2 = c^2 \left(1 - \frac{1}{N^2} \right),$$

uz naše kvantne uvjete, zaista ima oblik Hubbleovog zakona širenja. Ovu relaciju, vodeći računa da je $c = \frac{\tilde{\lambda}_p}{T_p}$, možemo preobraziti u:

$$v_N^2 = \left(R_N^2 - \tilde{\lambda}_p^2 \right) H_N^2, \quad (30)$$

što ima:

1) za $R_N \gg \tilde{\lambda}_p$

$$v_N = H_N R_N \equiv c,$$

oblik zakona širenja kozmosa.

2) U početnim stadijima evolucije, kada je R_N po veličini usporediv sa $\tilde{\lambda}_p$, prednja fronta svemira širi se brzinom koja nema oblik Hubbleova zakona.

c) Prosječna (srednja) brzina širenja

$$v_N^2 = c^2 \left(1 - \frac{1}{N^2} \right).$$

U aproksimaciji kontinuuma ($N \gg 1$) imamo,

$$\overline{v_N} = \frac{c}{N-1} \int_1^N \frac{\sqrt{N^2-1}}{N} dN.$$

Radi $\sqrt{N^2-1} \approx N$ slijedi:

$$\overline{v_N} = \frac{c}{N-1} \int_1^N dN \approx c,$$

$$\overline{v_N} \approx c. \quad (31)$$

Prosječna brzina širenja svemira (u njegovoj podmakloj dobi) zanemarivo je manja od brzine svjetlost.

d) Ukupna trenutačna akceleracija širenja,

$$a_N = a_{gN} + a_{SN},$$

je rezultanta suprotno usmjerenih vektora - deceleracije izazvane gravitacijom i akceleracije izazvane ekspanzijom svemira iz stanja "mirovanja". U aproksimaciji kontinuuma ona iznosi:

$$a_N = \frac{dv_N}{dT_N} \approx \frac{c}{N^3 T_p}. \quad (32)$$

Danas je ona reda veličine

$$a_N \approx 10^{-131} \frac{m}{s^2}$$

dakle, totalno zanemariva. Za $N \rightarrow \infty$ ona teži nuli.

Gravitaciono usporenje (vidi 5.1 g)) ekspanzije dano je sa

$$a_{gN} = -\frac{GM_p}{N\lambda_p^2} = -\frac{c}{NT_p}. \quad (32a)$$

Današnja vrijednost ($N = 10^{61}$) iznosi $a_{gN} = -5.6 \cdot 10^{-10} \frac{m}{s^2}$ dok je početna vrijednost ($N=1, v_N = 0$) bila

$$a_{g1} = a_{gp} = -5.6 \cdot 10^{51} \frac{m}{s^2}.$$

Ukupno ubrzanje širenja možemo dobiti derivacijom relacije (3):

$$a_s = \frac{dv}{dt} = H \frac{dr}{dt} + r \frac{dH}{dt}.$$

Uz pomoć (4) izlazi:

$$a_s = \frac{v^2}{r} \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right). \quad (32b)$$

Kako to nije ništa drugo nego (32) ako stavimo $r = R_N$ i $v \approx c$, dobija se

$$\frac{c}{R_N} \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) = \frac{c}{N^3 T_p}.$$

Odatle izlazi,

$$\alpha_N = \frac{N^2}{N^2 - 1}. \quad (32c)$$

U našem modelu je $\alpha_N > 1$, dok je danas $\alpha_N \approx 1$. Za ubrzanje širenja bez utjecaja gravitacije slijedi:

$$a_{SN} = a_N - a_{gN},$$

$$a_{SN} = \frac{c}{N^3 T_p} + \frac{c}{N T_p},$$

$$a_{SN} \approx \frac{c}{N T_p}, \quad (32d)$$

tek nešto malo više od iznosa gravitacione deceleracije.

Prosječne vrijednosti ubrzanja iznose:

za ubrzanje bez utjecaja gravitacije

$$\overline{a_{SN}} = \frac{1}{N-1} \int_1^N \frac{c}{N T_p} dN = \frac{c}{N T_p} \ln N,$$

$$\overline{a_{SN}} \approx \frac{c}{T_p} \frac{\ln N}{N}. \quad (32e)$$

Danas je $\overline{a_{SN}} \approx 7.9 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s^2}$.

za gravitaciono usporenje

$$\overline{a_{gN}} = -\frac{c}{T_p} \frac{\ln N}{N}. \quad (32f)$$

Danas je $\overline{a_{gN}} = -7.9 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s^2}$.

prosječno ukupno ubrzanje

$$a_N = 0. \quad (32g)$$

Pogledajmo detaljnije prva dva "takta" širenja (N=1 i N=2).

Za N=1 ($v_N = 0$) ubrzanje širenja je nula.

Za N=2:

$$a_N = \frac{\Delta v_N}{\Delta T_N} = \frac{c\sqrt{1-\frac{1}{2^2}} - c\sqrt{1-\frac{1}{1^2}}}{2T_p - T_p} = \frac{c\sqrt{\frac{3}{4}}}{T_p},$$

$$a_N(1 \rightarrow 2) = 4.8 \cdot 10^{51} \frac{m}{s^2}.$$

Pregledno je to prikazano kratkom **TABLICOM 4**. U "početku" (N=1) nema širenja. Gravitacija svojim enormnim poljem drži plankon na okupu. Ukupna akceleracija širenja je nula. Kad počne širenje (uslijed izvanredno narasle fluktuacije vakuuma unutar plankona?) početno ubrzanje širenja nadmašuje po iznosu gravitacionu deceleraciju. Ukupno ubrzanje širenja je veće od nula ($a_N > 0$) što je, jasno, i nužno da bi ekspanzija uopće počela. U daljnjem, gravitaciono ubrzanje opada (po iznosu) brže od ekspanzione akceleracije tako da je rezultatna akceleracija uvijek pozitivna.

e) Dimenzije i budućnost svemira

Znajući ubrzanje širenja možemo odrediti radius vasiona. Recimo, iz gravitacione deceleracije

$$|a_{gN}| = \frac{c}{NT_p} = \frac{c^2}{NR_N} = 5.6 \cdot 10^{-10} \frac{m}{s^2},$$

dobije se za suvremeni "polumjer" svemira vrijednost:

$$R_N = 17 \cdot 10^9 \text{ g.s.},$$

(jasno, ovo se odmah direktno dobije iz (8)).

Kako je ukupno ubrzanje širenja tek nešto malo veće od nule, izlazi da će se vasiona u budućnosti neograničeno širiti što smo, naravno, već ranije zaključili iz energetskih razmatranja. Primjetimo da sve brojčane veličine dobijamo iz, svakako približne, dogovorno prihvaćene vrijednosti kvantnog broja N.

f) Kada je masa svemira iznosila 1%₀ današnje mase?

Neka je današnja masa svemira $M_N = NM_p$ dok je neka ranija masa $M_{N_0} = N_0M_p$

$$\frac{M_{N_0}}{M_N} = \frac{N_0}{N} = \frac{1}{1000}.$$

Odatle slijedi $N_0 = \frac{N}{1000} = 10^{58}$. Tada je svemir bio

$$\frac{T_{N_0}}{T_N} = \frac{N_0}{N} = \frac{1}{1000},$$

dakle,

$$T_{N_0} = \frac{T_N}{1000},$$

tisuću puta mlađi no danas. Uzmemo li za današnju starost svemira (približno) $T_N = 17 \cdot 10^9$ godina, tada je bio star samo $T_{N_0} = 17 \cdot 10^6$ godina.

7. RELACIJE NEODREĐENOSTI

Neka su $\Delta R_1 = \lambda_p$ i $\Delta p_1 = 0$ (jer je $v_1 = 0$) neodređenosti radiusa i impulsa svemira u njegovom osnovnom stanju ($N=1$). Prema tome,

$$\Delta R_1 \Delta p_1 = 0, \quad (33)$$

za svemir kao cjelinu u osnovnom stanju (u plankonskoj fazi) ne važe relacije neodređenosti za radius i impuls kao konjugirane varijable. Za vlastitu energiju, međutim, imamo $\Delta E_1 = \hbar \omega_p$, dok je neodređenost karakterističnog vremena $\Delta T_1 = T_p$, tako da

$$\Delta E_1 \Delta T_1 = \hbar \omega_p T_p = \hbar, \quad (33a)$$

za ove dvije varijable važe relacije neodređenosti kako u osnovnom ($N=1$) tako i u pobuđenim stanjima. Kako je ukupna energija svemira $U_N = 0$, to je

$$\Delta U_N \Delta T_N = 0. \quad (33b)$$

Za ukupnu energiju kozmosa i njegovo karakteristično vrijeme širenja ne važe relacije neodređenosti. Energetsku i temporalnu evoluciju univerzuma možemo proučavati koristeći determinističke relativističke zakone. Neodređenosti vlastite energije i Hubbleovog vremena u kasnijoj fazi razvoja (koristeći aproksimaciju kontinuuma) su:

$$\Delta E_N = \sqrt{E_N^2 - \overline{E_N^2}},$$

odnosno,

$$\Delta T_N = \sqrt{T_N^2 - \overline{T_N^2}}.$$

Kako je,

$$\overline{E_N^2} = \frac{1}{N-1} \int_1^N (NE_p)^2 dN \approx \frac{1}{3} N^2 E_p^2,$$

odnosno,

$$\overline{E_N} = \frac{1}{N-1} \int_1^N (NE_p) dN \approx \frac{1}{2} NE_p,$$

to slijedi,

$$\Delta E_N = \frac{\sqrt{3}}{6} N E_p.$$

Slično i za neodređenost karakterističnog vremena širenja izlazi:

$$\Delta T_N = \frac{\sqrt{3}}{6} N T_p.$$

Odatle izlazi:

$$\Delta E_N \Delta T_N = \frac{N^2}{12} \hbar. \quad (33c)$$

Najmanju moguću vrijednost ima ovaj produkt neodređenosti u osnovnom stanju (N=1)

$$\Delta E_N \Delta T_N = \frac{\hbar}{12},$$

što doduše nije korektno (jer za to područje ne vrijedi aproksimacija kontinuuma) ali je zato točnije prikazano relacijom (33a).

Kako je "početni" impuls svemira (za $v_1 = 0$) jednak nuli, te kako on - zbog simetričnog radijalnog širenja - takvim ostaje i nadalje, to i u kasnijim fazama evolucije važi:

$$\Delta R_N \Delta p_N = 0. \quad (33d)$$

Tako ispada kako je u našem modelu, svemir relativistički, semikvantni "objekt" čiju evoluciju možemo proučavati koristeći klasične (relativističke) i kvantne metode.

8. STAROST SVEMIRA

S obzirom da brzina širenja ipak nije svjetlosna (ma kako malo se od nje razlikovala) postavlja se pitanje je li opravdano identificirati karakteristično vrijeme širenja (T_N) sa starošću svemira (T_S). Pogledajmo:

$$\left(\frac{dR_N}{dt} \right)^2 = v_N^2 = c^2 \left(1 - \frac{1}{N^2} \right).$$

Odatle je (u aproksimaciji kontinuuma; $N \gg 1$):

$$T_S = T_p \int_1^N \frac{dN}{\sqrt{1 - \frac{1}{N^2}}},$$

što daje

$$T_S \approx (N - 1) T_p \approx T_N \quad (34)$$

dakle, identifikacija je opravdana; posve u skladu sa $\alpha_N \approx 1$ i relacijom (4).

9. SINTEZA

Vodeći se zamislama o jedinstvu i jednostavnosti prirode te uzajamnoj konvergenciji teorije relativnosti (c), OTR (teorije gravitacije, G) te kvantne teorije (\hbar) u trnucima rađanja makrosvijeta iz mikrosvijeta, naznačili smo jedan jednostavni

(polu?)kvantno-relativistički model kozmosa. Veličine koje leže u osnovi ovog modela, iz kojih bi trebalo izvesti sve fizikalne veličine (jasno, u jednoj mnogo kompleksnijoj teoriji od naše) su Planckovske dimenzije - prvenstveno λ_p , T_p , M_p . Kako naša zamisao shvaća, ne bi trebalo u svemiru tražiti elementarnu česticu nazvanu PLANKON, s obzirom da ona kao takva, zasebno ne postoji. Plankon predstavlja ustvari najraniju fazu u evoluciji vasiona; dakle prvasvemir ili protosvemir. On je minijaturna crna rupa koju od raspada čuvaju izvanredno jake gravitacione sile. Uslijed toga, svi oblici energije (osim gravitacione) zarobljeni su unutar njegova volumena i (vjerojatno?) jednaki energiji vakuumske fluktuacije - koja i tvori vlastitu energiju plankona. Ukupni naboj ranog svemira (plankona) je nula dok mu spin iznosi također nula. Prema kvantnoj statistici plankon spada u bozone. Nepoznat uzrok (iznenadno ekstremno porasle vakuumske fluktuacije?) dovodi do rušenja njegove stabilne strukture te služi kao detonator za nastanak kozmosa - inicijalizira neograničeno širenje vakuumske fluktuacije - Hubbleovo širenje svemira, oslobađajući pritom dotad zapretene energije u mini crnoj jami. Relativistička ekspanzija brzinom bliskoj svjetlosnoj (za $4.4 \cdot 10^{-43}$ s brzina širenja iznosi već 99.5% svjetlosne) uzrokuje (na račun zaduženja kod gravitacione energije) porast mase i vlastite energije svemira. U času dezintegracije plankona temperatura je reda veličine 10^{32} K i nadalje opada u skladu sa zakonima zračenja te interakcije zračenja i materije. Sve fizikalne veličine mijenjaju se diskontinuirano, u skladu sa kvantnim uvjetima (sličnima Bohr-de Broglievima) no ubrzo taj diskontinuirani razvoj (za male vrijednosti kvantnog broja N) prelazi u praktički kontinuiranu promjenu (za velike vrijednosti N-a; $N \gg 1$). Današnja starost, radius i masa svemira (kao i ostale fizikalne veličine) ovise prvenstveno o tome koliko se trenutačna brzina ekspanzije razlikuje od brzine svjetlosti. U slučaju da gravitacija ne zaustavi širenje, ove veličine teže postati beskonačnima dok gustoća svemira - od prvotne plankonske ($\rho_p = 1.2 \cdot 10^{96} \frac{kg}{m^3}$), teži prema nuli. U našem modelu, ukupna trenutna akceleracija širenja neznatno je veća od nule - svemir se, iako usporavan djelovanjem gravitacionih sila, širi prosječnom brzinom praktički jednakom svjetlosnoj, tako da se u budućnosti širenje neće premetnuti u kontrakciju. Naglasimo još jednom; vrijednosti svih fizikalnih karakteristika univerzuma ovise upravo o toj neznatnoj razlici - između stvarne brzine širenja i brzine svjetlosti.

Ovaj kratki rad ima po autorovom sudu dva ograničenja. Prvo je ograničenje naniže - ništa ne govori (niti autor zna kako bi tome pristupio) o predplankonskoj fazi svemira. Tako su sve spekulacije o tome je li to uopće moguće, pa do toga da jest, no tada ne važe poznati fizikalni zakoni, i dalje aktuelne. Prema drugom ograničenju moguć je optimističan odnos. Svo bogatstvo postplankonskih interakcija, uključivo objašnjenje cijelog spektra elementarnih čestica, raspad jedinstvenog međudjelovanja na četiri danas poznata (slabo, jako, elektromagnetsko i gravitaciono), sinteza vodika i deuterija, stvaranje i razvoj galaksija,... nije razmatrano u ovom radu. No današnji nivo znanja i kreativni ljudski potencijali neosporno su sposobni s time izaći na kraj.

U radu smo manje pažnje obraćali striktnim vrijednostima najnovijih opažajkih podataka no nekim principijelnim pitanjima. Čitatelj to, svakako, može samostalno nadoknaditi.

LITERATURA

- 1) S.Hawking, "A brief History of time", Bantam Press, London 1988.
- 2) C.W.Misner, K.S.Thorne, J.A.Wheeler, "Gravitation", W.H.Freeman&Co., San Francisko 1973.
- 3) I.Supek, "Teorijska fizika i struktura materije", Školska knjiga, Zagreb , 1992.
- 4) S.Weinberg, "Prve tri minute svemira", MISL, Zagreb, 1997.

TABLICA 1.*Brzina širenja svemira*

N	T_H/T_P	v^2/c^2	v/c
1	0	0	0
2	1	3/4	0.8660
3	2	9/10	0.9487
4	3	15/16	0.9682
10	9	99/100	0.9950
100	99	9999/10000	0.99995

TABLICA 2.*Karakteristično vrijeme širenja svemira*

PO WEINBERGU	STANDARDNI MODEL	STANDARDNI MODEL +KVANTNI UVJETI		PLANKONSKI MODEL	
$\rho/(kg/m^3)$	T_H/s	N	$T_N = N \cdot T_P/s$	N	$T_N = N \cdot T_P/s$
$3.8 \cdot 10^{12}$	0.022	$2.8 \cdot 10^{41}$	0.015	$5.6 \cdot 10^{41}$	0.03
$3.1 \cdot 10^{10}$	0.2	$3.1 \cdot 10^{42}$	0.17	$6.2 \cdot 10^{42}$	0.33
$3.8 \cdot 10^8$	2	$2.8 \cdot 10^{43}$	1.5	$5.6 \cdot 10^{43}$	3
99	$1^h 15^m$	$5.5 \cdot 10^{46}$	49.3^m	$1.1 \cdot 10^{47}$	$1^h 39^m$

Podaci za gustoću svemira i T_H uzeti su iz djela [4].**TABLICA 3.***Prijenosnici međudjelovanja*

SILA	PRIJENOSNIK INTERAKCIJE	SPIN / h	MASA MIROVANJA (u masama protona)	ELEKTRIČNI NABOJ
elektromagnetska	foton	1	0	0
gravitacija	graviton	2	0	0
slaba sila	W^+, W^-, Z^0	1	0 iznad $3 \cdot 10^{15} K$ 80 -90 ispod $3 \cdot 10^{15} K$	+, -, 0
jaka sila	gluon	1	0	0

TABLICA 4.*Ubrzanje širenja svemira*

N	$a_{gN} / m/s^2$	$a_{SN} / m/s^2$	$a_N = a_{gN} + a_{SN} / m/s^2$
1	$-5.6 \cdot 10^{51}$	$+5.6 \cdot 10^{51}$	0
2	$-2.8 \cdot 10^{51}$	$+7.6 \cdot 10^{51}$	$+4.8 \cdot 10^{51}$

TABLICA 5.*Parametri plankonskog modela svemira*

IME	OZNAKA	JEDINICA	RANI SVEMIR	SUVREMENI SVEMIR
KVANTNI BROJ	N		2	10^{61}
RADIUS SVEMIRA	R_N	$m, g.s.$	$3.22 \cdot 10^{-35} m$	$17 \cdot 10^9 g.s.$
HUBBLEOVA KONSTANTA	H_N	$km/sMpc$	$5.74 \cdot 10^{62}$	57,3
HUBBLEOVO VRIJEME	T_N	s, god	$5.38 \cdot 10^{-44} s$	$17 \cdot 10^9 god$
STAROST SVEMIRA	T_S	s, god	$5.38 \cdot 10^{-44} s$	$17 \cdot 10^9 god$
MASA SVEMIRA	M_N	kg	$4.36 \cdot 10^{-8}$	$2.18 \cdot 10^{53}$
KRITIČNA GUSTOĆA	ρ_N	kg/m^3	$3 \cdot 10^{95}$	$1.2 \cdot 10^{-26}$
BRZINA ŠIRENJA	V_N	c	$0.866 \cdot c$	c
GRAV. DECELERAC.	a_{gN}	m/s^2	$- 2.8 \cdot 10^{51}$	$- 5.6 \cdot 10^{-10}$
UBRZANJE ŠIRENJA	a_{SN}	m/s^2	$7.6 \cdot 10^{51}$	$5.6 \cdot 10^{-10}$
UKUPNO UBRZANJE ŠIRENJA	a_N	m/s^2	$4.8 \cdot 10^{51}$	10^{-131}
VLASTITA ENERGIJA	E_N	J	$3.92 \cdot 10^9$	$1.96 \cdot 10^{70}$
ENERG. GRAV. POLJA SV.	E_{gN}	J	$- 3.92 \cdot 10^9$	$- 1.96 \cdot 10^{70}$
UKUPNA ENERGIJA SV.	U_N	J	0	0
SNAGA	P_N	W	$3.65 \cdot 10^{52}$	$3.65 \cdot 10^{52}$
SNAGA PO JEDINICI MASE	P_N^*	W/kg	$1.7 \cdot 10^{60}$	0.17
SPIN MASE SVEMIRA	L_{MN}	\hbar	4	N^2
SPIN GRAV. POLJA SV.	L_{gN}	\hbar	- 4	$- N^2$
UKUPNI SPIN SVEMIRA	L_N	\hbar	0	0

Vrijednosti parametara današnjeg svemira su većinom približne zbog nedovoljnog poznavanja suvremene vrijednosti kvantnog broja N.

SADRŽAJ

Sažetak	1
1. UVOD	1
2. PLANKON	1
3. ŠIRENJE SVEMIRA	3
4. ZAPAŽANJA	5
5. PLANKONSKI MODEL SVEMIRA	5
- 5.1 KVANTNI UVJETI	5
- 5.2 ZAKON OČUVANJA ENERGIJE	8
- 5.3 ELEKTRIČNI NABOJ SVEMIRA-PLANKONA	8
- 5.4 BRZINA SVJETLOSTI I KONSTANTA GRAVITACIJE	8
- 5.5 RELATIVISTIČKO ŠIRENJE	9
6. DALJNJA RAZMATRANJA	14
7. RELACIJE NEODREĐENOSTI	20
8. STAROST SVEMIRA	21
9. SINTEZA	21
Literatura	23
Tablice	24