POVRATAK APSOLUTNOG VREMENA?

Ladislav Babić
V.Nazora 2 Čakovec, Hrvatska
e-mail: *lord@net.hr*

SAŽETAK

Objedinjujući kozmološku sa termodinamičkom strijelom vremena, rad – u okviru plankonskog modela svemira (vidjeti [1], [3] i eventualno [2]) – povezuje tzv. kozmološko vrijeme sa promjenom entropije pozadinskog zračenja (svemira) po jedinici kvantnog broja svemira. Na taj način uvodi tzv. apsolutno vrijeme, osnovu kojeg predstavlja prolaženje svemira kroz uzastopna kvantizirana energetska stanja tijekom njegova širenja, praćeno rađanjem tvari i zračenja. Pokazuje se da to vrijeme – definirano u odnosu na entropiju pozadinskog zračenja – zadovoljava osnovne zahtjeve jednosmjernosti, linearnosti, i homogenosti (osim u prvim trenucima nakon „Velikog praska"), pozitivne definitnosti i apsolutnosti (univerzalnosti). Posljednje je osigurano temeljem invarijancije entropije na relativističke, Lorentzove transformacije.

1. UVOD – OSNOVE PLANKONSKOG MODELA SVEMIRA

Zbog lakšeg daljnjeg razumijevanja ukratko ćemo rekapitulirati osnove plankonskog modela svemira izloženog u radovima [1] i [3]. Zamišljamo univerzum kao beskonačnu kontinuiranu sredinu koju tvori bozonski (*spin=0*) idealni fluid ogromne gustoće ($\geq 10^{96}\ kg \cdot m^{-3}$) i temperature $T\ =\ 0K$. Unutar takve sredine pojavila se fluktuacija Planckovih dimenzija ($\lambda\kern-0.5em\raise0.3ex\hbox{-} = 1.61 \cdot 10^{-35} m$) – *PLANKON* – koja nije utrnula već se, uslijed djelovanja plimskih sila i zračenja, nastavila dalje širiti tvoreći entitet kojeg uobičajeno smatramo i nadalje nazivamo (našim) svemirom. Kvantni i relativistički uvjeti postavljeni na širenje svemira daju relacije prema kojima se mijenjaju njegovi osnovni parametri:

$$\textit{radius}\quad R(N) = N \cdot \lambda\kern-0.5em\raise0.3ex\hbox{-}_P \tag{8a/[1]}$$

$$\textit{masa ekvivalentna vlastitoj energiji}\quad M(N) = N \cdot M_P \tag{10/[1]}$$

$$\textit{vlastita energija}\quad E(N) = N \cdot E_P \tag{11/[1]}$$

$$\textit{starost}\quad t(N) = N \cdot t_P \tag{9/[1]}$$

$$\textit{gustoca}\quad \rho = \frac{\rho_P}{N^2} \tag{12/[1]}$$

temperatura

$$T(N) = f^{\frac{1}{4}} T_P N^{-\frac{1}{2}} \quad ; \quad N \leq N_R \quad \textit{prevladava zracenje} \tag{8.7/[3]}$$

$$T(N) = T_R \cdot \left(\frac{N_R}{N}\right)^{\frac{3}{4}} \quad ; \quad N \geq N_R \quad \textit{prevladava tvar} \tag{8.15/[3]}$$

tlak zracenja

$$p(N) = \frac{f\,aT_P^4}{3N^2} \quad ; \quad \textit{prevladava zracenje} \tag{10.27/[3]}$$

$$p(N) = \frac{aT_R^3 N_R^3}{3N^3} \quad ; \quad \textit{prevladava tvar}$$

i slično. Veličine s indeksom - *p* – odnose se na tzv. planckove veličine a one s indeksom - *R* – na čas rekombinacije. Ovdje *N* predstavlja prirodni broj, tzv. kvantni broj kozmosa

$$N = \mathrm{int}\left|\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right| \tag{18/[1]}$$

određen brzinom – *v* – gibanja prednje fronte širećeg svemira. Kao posljedica relativističkog širenja vasione povećavaju se njena masa i vlastita energija, što se manifestira rađanjem *materije = tvar + zračenje* (na račun smanjenja gravitacione energije „okoline“ u kojoj se plankon širi) u vidu jednog plankonskog paketa pri svakom povećanju kozmičkog kvantnog broja za jedinicu. Pritom dio nastale materije koji se pojavljuje u obliku energije zračenja

$$f = \frac{E_z(N)}{E(N)}, \tag{8.1/[3]}$$

ovisi o kvantnom broju svemira

$$f = f_* - \frac{B}{n_B}\cdot \ln N\,. \tag{8.26/[3]}$$

Ukupna energija svemira ostaje pritom sačuvana i jednaka je nuli

$$U(N) = 0 \tag{15/[1]}$$

Uslijed širenja vasione smanjuje se kvant električnog naboja – e – prema relaciji

$$e = \frac{e_*}{1 + e_* \cdot B \cdot \ln N} \tag{7.22/[3]}$$

a time i jačina elektromagnetskih interakcija, što moramo uzeti u obzir prilikom tumačenja kozmološkog crvenog pomaka. Ovim modelom objedinjujemo, u rasponu od Plankonskih (i manjih) do kozmičkih dimenzija, karakteristike elementarne "kvazičestice" – planckona (sjemenke našeg svemira) sa karakteristikama suvremenog svemira, tvoreći poveznicu između astrofizike i fizike elementarnih čestica. Za detaljnije upoznavanje s modelom vidjeti radove [1] i [3]. Vrijednosti pojedinih fizikalnih konstanti navedene su na kraju ovog rada.

2. TEMPERATURA ZRAČENJA

Razlikujući u razvoju vasione dva perioda, onaj prije rekombinacije – kad prevladava zračenje, te period nakon rekombinacije – kad prevladava tvar, koristimo dvije formule za proračun temperature zračenja:

$$T(N) = f^{\frac{1}{4}} T_P N^{-\frac{1}{2}} \quad ; \quad N \le N_R \quad prevladava\ zracenje \tag{2.1}$$

i
$$T(N) = T_R \cdot \left(\frac{N_R}{N}\right)^{\frac{3}{4}} \quad ; \quad N \ge N_R \quad prevladava\ tvar\ . \tag{2.2}$$

Pretpostavimo da i za $N > N_R$ smijemo upotrijebiti formulu (2.1), tj. da su tada formule (2.1) i (2.2) ekvivalentne:

$$f^{\frac{1}{4}} T_P N^{-\frac{1}{2}} = T_R \cdot \left(\frac{N_R}{N}\right)^{\frac{3}{4}} . \tag{2.3}$$

Slijedi:
$$f = \left(\frac{T_R}{T_P}\right)^4 \cdot \frac{N_R^3}{N} . \tag{2.4}$$

Kako za $N = N_R$ važi $f \equiv f_R$, slijedi:

$$f_R = \left(\frac{T_R \sqrt{N_R}}{T_P}\right)^4 , \tag{2.5}$$

tako da formulu (1.4) možemo pisati:

$$f = \frac{f_R N_R}{N} . \tag{2.6}$$

Iz (2.5) slijedi: $\quad f_R = 0.598 \quad za \quad N_R = 1.04 \cdot 10^{57}$, (2.7)

a iz (2.6) $\quad f_0 = 5.27 \cdot 10^{-5} \quad za \quad N_0 = 1.18 \cdot 10^{61}$. (2.8)

Smijemo dakle za temperaturu zračenja upotrebljavati jednu te istu formulu (2.1) gdje je u periodu zračenja $f \approx konst.$ dok za $N > N_R$ moramo upotrijebiti izraz (2.6).

2.1 PLANKONSKI MODEL I ZRAČENJE CRNOG TIJELA

Pokazat ćemo da kozmolško (pozadinsko) zračenje plankonskog modela ima karakteristike *Planckovog* zračenja. Označit ćemo sa

$$\varepsilon = \frac{N}{N_0} \tag{2.7}$$

faktor širenja svemira (omjer radijusa svemira u dva različita trenutka njegove povijesti).

A) Prevladava zračenje

Neka je
$$\overline{E} = k \cdot T \tag{2.7}$$
srednja energija fotona. Kako je

$$T \sim f^{\frac{1}{4}} N^{-\frac{1}{2}} \tag{2.9}$$

i
$$\overline{E} \sim \mathrm{T} \sim \lambda^{-1} \tag{2.10}$$

to slijedi $$\lambda \sim f^{-\frac{1}{4}} N^{\frac{1}{2}}. \qquad (2.11)$$

S obzirom da je gustoća energije zračenja

$$u \sim T^4 \sim fN^{-2} \quad , \qquad (2.12)$$

izlazi: $$du = \frac{f}{f_0}\varepsilon^{-2} \cdot du_0 \qquad (2.13)$$

odakle pak, s obzirom na $$du_0 = \frac{A \cdot d\lambda_0}{\lambda_0^5}\left(e^{\frac{B}{\lambda_0 T_0}} - 1\right)^{-1}, \qquad (2.14)$$

slijedi

$$du = \frac{A \cdot d\lambda}{\lambda^5}\left(e^{\frac{B}{\lambda T}} - 1\right)^{-1}, \qquad (2.15)$$

što je *Planckova* krivulja s temperaturom

$$T = \left(\frac{f}{f_0}\right)^{\frac{1}{4}} \varepsilon^{-\frac{1}{2}} T_0 \qquad (2.16)$$

i valnom duljinom $$\lambda = \left(\frac{f}{f_0}\right)^{-\frac{1}{4}} \varepsilon^{\frac{1}{2}} \lambda_0 . \qquad (2.17)$$

Jasno da vrijedi i *Wienov* zakon pomaka:

$$\lambda T = \lambda_0 T_0 = konst = 2.897 \cdot 10^{-3} m \cdot K \qquad (2.18)$$

uz gore definirane T i λ.

B) <u>Nakon rekombinacije</u>

Sličnim razmatranjem kao gore dolazimo do formula:

$$T = \varepsilon^{-\frac{3}{4}} \cdot T_0 \qquad (2..19)$$

i $$\lambda = \varepsilon^{\frac{3}{4}} \cdot \lambda_0 , \qquad (2.20)$$

odakle odmah slijedi *Wienov* zakon

$$\lambda T = konst . \qquad (2.21)$$

Za diferencijal gustoće energije dobija se

$$du = \frac{du_0}{\varepsilon^3} \qquad (2.22)$$

i nadalje formula (2.15) ali s temperaturom i valnom duljinom danima sa (2.19) i (2.20).

Od rekombinacije $(T_R = 3000 K, \; N_R = 1.04 \cdot 10^{57})$ do danas $(N_0 = 1.18 \cdot 10^{61})$ imamo slijedeće promjene:

promjena radiusa vasione $$\varepsilon = \frac{R(N)}{R(N_R)} = \frac{N}{N_R} = 1.13 \cdot 10^4 , \qquad (2.23)$$

promjena temp. zračenja $\frac{T}{T_R} = \varepsilon^{-\frac{3}{4}} \Rightarrow T = 2.73K$, (2.24)

promjena gustoće en. zračenja

$$\frac{u}{u_R} = \varepsilon^{-3} \Rightarrow u = 6.85 \cdot 10^{-13} \cdot u_R = 4.19 \cdot 10^{-14} J \cdot m^{-3}, \tag{2.25}$$

gdje se u_R dobije iz $u_R = aT_R^4$. (2.26)

Gustoća energije zračenja danas iznosi

$$u = 4.19 \cdot 10^{-14} J \cdot m^{-3}, \tag{2.27}$$

a energija zračenja: $U_Z = 1.22 \cdot 10^{66} J$. (2.28)

C) Standardni model

U standardnom modelu reliktno je zračenje također *Planckovo* zračenje koje se slobodno širi, s temperaturom

$$T = \varepsilon^{-1} \cdot T_0 \tag{2.29}$$

i valnom duljinom $\lambda = \varepsilon \cdot \lambda_0$. (2.30)

Wienov zakon pomaka naravno, vrijedi i ovdje.

3. ENTROPIJA SVEMIRA I ZRAČENJA

Prema plankonskom modelu svemira „naš“ svemir je tek dio beskonačno velikog Megakozmosa. Primjenimo *1. zakon termodinamike* na ovu cjelinu:

1) Megakozmos

$$TdS = \underbrace{dU}_{0} + \underbrace{pdV}_{0} = 0. \tag{3.1}$$

Prvi član jednak je nuli jer je promjena beskonačno velike energije Megakozmosa jednaka nuli. Kako je i promjena njegova volumena jednaka nuli (on je beskonačno velik) to iz relacije (3.1) slijedi zaključak da je entropija Megasvemira konstantna

$$dS = 0 \Rightarrow S = konst. \tag{3.2}$$

U plankonskom modelu je $S = 0$. (3.3)

2) Naš svemir

Kako je unutrašnja energija našeg svemira identična njegovoj vlastitoj energiji

$$U = E(N), \tag{3.4}$$

to možemo pisati $TdS = dE(N) + pdV$, (3.5)

gdje je *p* suma svih tlakova koji djeluju i upravljaju širenjem svemira:

Plimnog tlaka

$$p_{pl} = \alpha \cdot \frac{p_{pl}(1)}{N^2}, \tag{3.6}$$

$$p_{pl}(1) = \frac{u_{pl}(1)}{3} = \frac{G\rho_P M_P}{3\lambda_P} = 3.6 \cdot 10^{112} Pa. \tag{3.7}$$

Gravitacionog tlaka

$$p_g = -\beta \cdot \frac{p_g(1)}{N^2} \tag{3.8}$$

$$p_g(1) = \frac{GM_P^2}{4\pi ƛ_P^2} = \frac{G\rho_P M_P}{3ƛ_P} = 3.6 \cdot 10^{112}\, Pa . \tag{3.9}$$

Napomena: plimni i gravitacioni tlak dani su do na faktore α *i* β reda veličine jedinice.

Tlaka zračenja

$$p_Z = \frac{u_Z}{3} = \frac{\rho_z c^2}{3} = \frac{aT^4}{3}, \tag{3.10}$$

gdje je temperatura dana formulom (2.1). Inače je za *N=1* $(f \equiv f_* = 0.9494)$:

$$p_Z(1) = 3.6 \cdot 10^{112}\, Pa . \tag{3.11}$$

Do rekombinacije važi odnos

$$\frac{p_Z(N)}{p_{pl}(N)} = f \;; \quad N < N_R . \tag{3.12}$$

Tlaka tvari

a) degenerirani bozonski plin

$$p_t = \frac{2}{3} \cdot u = \frac{N_p kT}{V} \cdot \frac{\xi(5/2)}{\xi(3/2)}$$
$$\xi(5/2) = 1.341 \tag{3.13}$$
$$\xi(3/2) = 2.612$$

gdje N_p predstavlja broj čestica u pobuđenom stanju:

$$N_p = N \cdot \left(\frac{T}{T_E} \right)^{\frac{3}{2}} \quad . \tag{3.14}$$
$$T_E = 1.81 \cdot 10^{32}\, K \;; \quad \textit{Einsteinova temperatura}$$

Za *N=1* slijedi

$$T = T_P = 1.1 \cdot 10^{32}\, K$$
$$N_p = 0.4747 \quad . \tag{3.15}$$
$$p_t(1) = 2.1 \cdot 10^{112}\, Pa < p_{pl}(1),\ p_g(1),\ p_Z(1)$$

b) idealni plin

$$p_t = \frac{N_B kT}{V} \;; \quad N_B - \textit{broj bariona} \quad , \tag{3.16}$$

gdje je N_B - broj bariona koji se (u našem modelu) povećava tijekom vremena. Udio tlaka tvari u ukupnom tlaku

$$p = p_{pl} + p_g + p_Z + p_t \tag{3.17}$$

uglavnom ćemo moći zanemariti. Relaciju (3.5) pišemo sada

$$TdS = dE(N) + (p_{pl} + p_g + p_z + p_t)dV\ . \tag{3.18}$$

Uz zanemareni p_t << te $dE(N) = E_P dN$ i $dV = 4\pi\lambda_P^3 N^2 dN$ ona postaje

$$TdS = E_P dN + \left(\frac{\alpha \cdot p_{pl}(1)}{N^2} - \frac{\beta \cdot p_g(1)}{N^2} + \frac{faT_P^4}{3N^2} \right) \cdot 4\pi\lambda_P^3 N^2 dN\ . \tag{3.19}$$

Vodeći računa da je $p_{pl}(1) = p_g(1)$, te da treći član u zagradi možemo na osnovu (3.12) pisati kao $f \cdot p_{pl}$, dobijamo:

$$TdS = E_P dN + 4\pi\lambda_P^3 p_{pl} \cdot (\alpha - \beta + f) = E_P dN + \frac{GM_P^2}{\lambda_P}(\alpha - \beta + f)dN \quad , \tag{3.20}$$

odnosno – kako je $\frac{GM_P^2}{\lambda_P} \equiv E_P$ - konačno:

$$TdS = (1 + \alpha - \beta + f) \cdot E_P dN\ . \tag{3.21}$$

Kako je

$$E(N) = E_t(N) + E_Z(N) = f_{tv} E(N) + f \cdot F(N) = (f_{tv} + f) \cdot E(N), \tag{3.22}$$

tj.

$$f_{tv} + f = 1, \tag{3.23}$$

dobijamo:

$$TdS = (f_{tv} + \alpha - \beta + 2f) \cdot E_P dN\ . \tag{3.24}$$

U plankonskom modelu smatramo da plima nadvladava gravitaciju $(\alpha \geq \beta)$ (mada se u fizici može relativno lako pokazati da plimske sile na fluktuaciju okruženu beskonačnom sredinom odsustvuju, tj. $\alpha = 0$). Udio zračenja u prethodnom izrazu je

$$TdS = 2fE_P dN\ . \tag{3.25}$$

U ovom izrazu S predstavlja entropiju zračenja.

A) Prevladava zračenje

Iz prethodnog izraza, koristeći izraz za temperaturu (2.1) te uz odnos

$$E_P = kT_P' = k\chi T_P, \tag{3.26}$$

$$\chi = \frac{T_P'}{T_P} = \frac{1.42 \cdot 10^{32} K}{1.10 \cdot 10^{32} K} = 1.29, \tag{3.27}$$

dobijamo

$$\frac{dS}{dN} = 2f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{1}{2}}, \tag{3.28}$$

odnosno, (uz pretpostavku *f=konst*):

$$S = \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{2}} + konst\ . \tag{3.29}$$

Iz uvjeta da je za *N=0* entropija *S=0* slijedi vrijednost konstante integracije: *konst=0*.

Dakle, važi

$$S_1 = \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{2}}, \tag{3.30}$$

izraz koji dobijemo i iz općeg izraza za entropiju fotonskog plina

$$S = \frac{4}{3} aVT^3 , \tag{3.31}$$

uz odgovarajuće zamjene *V* i *T*.

B) *<u>Prevladava tvar</u>*

Pišemo li samo za zračenje

$$TdS = dU + p_Z dV \tag{3.32}$$

gdje je tlak zračenja p_Z dan sa (3.10) tada je, nakon rekombinacije, promjena unutarnje energije fotonskog plina jednaka nuli te prethodni izraz postaje jednostavno

$$TdS = p_Z dV \ . \tag{3.33}$$

Ovo se lako transformira na

$$\frac{dS}{dN} = (f_R N_R)^{\frac{3}{4}} k\chi N^{-\frac{1}{4}} \tag{3.34}$$

ili

$$\frac{dS}{dN} = f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{1}{2}} , \tag{3.35}$$

gdje treba voditi računa da *f* ovisi o kvantnom broju svemira

$$f = \frac{f_R N_R}{N} . \tag{3.36}$$

Integracijom dobijamo

$$S = \frac{4}{3} (f_R N_R)^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{4}} + konst \, . \tag{3.37}$$

Nakon određivanja konstante integracije (konst=0) iz zahtjeva da bude

$$S_2 = S_1 \quad za \ N = N_R , \tag{3.38}$$

dobije se

$$S_2 = \frac{4}{3} (f_R N_R)^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{4}} \tag{3.39}$$

ili

$$S_2 = \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{2}} . \tag{3.40}$$

Sada se, za $N = N_R$ formule (3.30) i (3.40) poklapaju; dakle je u času rekombinacije

$$\begin{aligned} T_1 &= T_2 \\ S_1 &= S_2 \\ \frac{dS_1}{dN} &\neq \frac{dS_2}{dN} \end{aligned} \quad . \tag{3.41}$$

Kako su Gibbsova funkcija *G*, odnosno kemijski potencijal fotonskog plina uvijek nula, a u točki rekombinacije važi (3.38), možemo rekombinaciju shvatiti kao *fazni prijelaz drugog reda* – entropija se mijenja kontinuirano dok $\frac{dS}{dN}$ (što je ekvivalentno $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p$) ima u točki rekombinacije skok. Gustoća energije zračenja (a time i tlak zračenja) naglo pada spram gustoće energije tvari; funkcija (8.26/[3]) doživljava nakon $N = N_R$ strmi pad. Grafički su entropija pozadinskog zračenja i njezine promjene po jedinici promjene kvantnog broja svemira prikazane na **SLICI 1.** odnosno **SLICI 2.**

Napomena:

Relaciju (3.25) možemo dobiti tako da direktno napišemo *1. zakon termodinamike* za zračenje:

$$TdS = dE_Z + p_Z dV . \tag{1*}$$

Kako je
$$E_Z = aVT^4 \tag{2*}$$
i
$$p_Z = \frac{aT^4}{3} \tag{3*}$$
to direktnim izračunavanjem volumena i temperature preko kvantnog broja svemira N slijedi
$$E_Z = fE_P N \Rightarrow dE_Z = fE_P dN \tag{4*}$$
i
$$p_Z = \frac{1}{3} aT_P^4 fN^{-2} \Rightarrow p_Z dV = fE_P dN . \tag{5*}$$
Uvrštavanjem (4*) i (5*) u (1*) izlazi relacija (3.35)
$$TdS = 2 fE_P dN . \tag{3.35}$$

3.1 GUSTOĆA ENTROPIJE

Ova veličina definira se kao entropija po jedinici volumena
$$s = \frac{S}{V} . \tag{3.42}$$
S obzirom na klasični izraz za entropiju fotonskog plina (3.31) lako se dolazi do odnosa
$$\frac{s(T)}{k} = \frac{s(T_0)}{k} \cdot \left(\frac{T}{2.73} \right)^3 m^{-3} , \tag{3.43}$$
tj.
$$\frac{s(T)}{k} = 1.49 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{T}{2.73} \right)^3 m^{-3} , \tag{3.44}$$
gdje je
$$\frac{s(T_0)}{k} = \frac{4aT_0^3}{3k} = 1.49 \cdot 10^9 \, m^{-3} \tag{3.45}$$
današnja $(T_0 = 2.73 K)$ gustoća entropije pozadinskog zračenja izražena u jedinicama Boltzmannove konstante. Jednak izraz onom (3.44) dobijamo i na osnovu naših relacija kad prevladava tvar:

<u>*Prevladava tvar*</u>

Kako je
$$\mathrm{S} \sim N^{\frac{3}{4}} \tag{3.46}$$
i
$$\mathrm{V} \sim N^3 \quad , \tag{3.47}$$
to je
$$\mathrm{s} \sim N^{-\frac{9}{4}} \quad , \tag{3.48}$$
što uz
$$\mathrm{T} \sim N^{-\frac{3}{4}} \quad , \tag{3.49}$$
vodi na
$$\mathrm{s} \sim T^3 \tag{3.50}$$

a time i direktno na relaciju (3.43) odnosno (3.44). Vrijednost za $\frac{s(T_0)}{k} \equiv \frac{s(N_0)}{k}$, dobijenu temeljem našeg modela, očitali smo iz **TABLICE 1.** U literaturi se (na pr. [5]) može naći izraz

$$\frac{s(T)}{k} = 2.8892 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{T}{2.725} \right)^3 m^{-3} \tag{3.51}$$

koji daje dva puta veću vrijednost od naših. Autoru je nepoznato je li to zbog uzimanja u obzir dva usmjerenja spina fotona (sumnjam) ili i neutrinske komponente zračenja koja daje doprinos otprilike jednak fotonskom to jest, odnosi li se (3.51) uopće na entropiju pozadinskog zračenja ili kozmosa kao cjeline. Mi ćemo za gustoću entropije pozadinskog zračenja koristiti izraz (3.44) za period poslije rekombinacije $(N > N_R)$.

3.2 OVISNOST FAKTORA f O KVANTNOM BROJU SVEMIRA

Veličina f definirana sa (8.1/[3]) predstavlja omjer energije zračenja $E_Z(N)$ spram ukupne vlastite energije $E(N)$ svemira. Iako se, u periodu do rekombinacije, ova veličina sporo mijenja te je u aproksimaciji možemo smatrati konstantnom (zamjenjenom svojom srednjom vrijednošću), ona ipak ovisi o kvantnom broju svemira sporo se mijenjajući s njime (**SLIKA 3.**). Tako je, na primjer

$$f = \begin{cases} 0.9494 \equiv f_* & za \ N = 1 \\ 0.59 & za \ N = N_R = 1.04 \cdot 10^{57} \end{cases} .$$

U radu [3] je pokazano da vrijedi, uzevši u obzir da je

$$\frac{1}{n_B} \equiv Q_g = 7.66 \cdot 10^{-20} C \tag{3.52}$$

tzv. gravitacioni „naboj“ protona, te

$$f = 1 - \frac{Q_g}{e}, \tag{8.27/[3]}$$

gdje je:

$$e = \frac{e_*}{1 + eB \cdot \ln N} \tag{7.22/[3]}$$

kvant električnog naboja (čija današnja vrijednost iznosi $1.6 \cdot 10^{-19} C$),

$$\begin{aligned} &e_* = 1.5144 \cdot 10^{-18} C && vrijednost \ naboja \ u \ N = 1 \\ &n_B = 1.305 \cdot 10^{19} && "RAM" \ plankona \\ &B = 3.9694 \cdot 10^{16} C^{-1} && \end{aligned} .$$

Uvrštavanjem druge relacije u prvu dobija se

$$f = \left(1 - \frac{1}{e_* B} \right) - Q_g B \cdot \ln N = f_* - Q_g B \cdot \ln N, \tag{3.53}$$

izraz koji vrijedi do rekombinacije. Nakon rekombinacije važi:

$$f = \frac{f_R N_R}{N}; \quad N > N_R. \tag{2.6}$$

Usput, može se pokazati da je srednja vrijednost veličine f u intervalu od $N = 1$ do $N = N_R$:

$$\overline{f} = \frac{1}{N_R - 1}\int_1^{N_R} f dN = f_R - Q_g B. \tag{3.54}$$

Ovisnost faktora f o kvantnom broju svemira prikazana je na **SLICI 3.**

3.3 KOZMOLOŠKI SCENARIJI S OBZIROM NA *1. ZAKON TD.*

Nesumnjivo je da entropija ekspandirajućeg svemira raste. Vodeći računa i o tlaku tvari u svemiru, pod pretpostavkom da ga možemo izraziti u obliku

$$p_t \sim \frac{E_P}{N^2} \quad , \tag{3.55}$$

možemo pisati relaciju (3.21) u proširenom obliku:

$$TdS = (\alpha - \beta + \gamma + f + 1) \cdot E_P dN. \tag{3.56}$$

To je naprosto *1. zakon termodinamike* primjenjen na naš model vasione u kojem koefcijenti u zagradi vode računa o:

$$\begin{aligned} &\alpha - \textit{plimi} \\ &\beta - \textit{gravitaciji} \\ &\gamma - \textit{tlaku tvari} \\ &f - \textit{zracenju} \end{aligned} \tag{3.57}$$

Pritom ne zaboravimo da jedinicu u zagradi možemo izraziti još kao

$$1 = f + f_{tv} \tag{3.58}$$

(koristimo oznaku f_{tv} da bi se razlikovala od veličine f_t koju smo u radu [3] ponešto drugčije definirali). Kako enrtopija širećeg $(dN > 0)$ svemira raste $(dS > 0)$ mora vrijediti:

$$(\alpha - \beta + \gamma + f + 1) > 0. \tag{3.58}$$

Ukratko ćemo, simbolčki, analizirati moguća ponašanja svemira vodeći računa da u realnom svemiru vrijedi:

$dS > 0$ *entropija raste*

$dN > 0$ *svemir se siri*

$\beta \neq 0$ *postoji gravitacija*

$f \neq 0$ *postoji zracenje*

$\gamma \neq 0$ *postoji tlak tvari*

$\alpha \neq 0$ *(iako fizika tvrdi da plimske sile odsustvuju) ili:*

$\alpha = 0$

a) iz relacije (3.58) slijedi da mora biti

$$\alpha + \gamma + f + 1 > \beta, \tag{3.60}$$

tj. *plima+tlak tvari+zračenje > gravitacija.*

b) $\alpha - \beta = 0$ (*gravitacija i plima su uravnotežene*)

$$f + 1 > -\gamma, \tag{3.61}$$

tj. *zračenje > negativnog tlaka tvari.*

c) $\alpha = 0$ (*nema plime*)

$$\gamma + f + 1 > \beta \,, \tag{2.62}$$

tj. *tlak tvari + zračenje > gravitacija*.

d) $\alpha = 0$ *i* $\beta \approx 0$ (*nema plime i tlak tvari je zanemariv*)

$$f + 1 > \beta \,, \tag{3.63}$$

tj. *zračenje > gravitacija*

Ostale mogućnostu nam se ne čine realnima pa ih i ne razmatramo. nismo razmatrali ni utjecaj faktora f_{tv} - koji govori o rađanju tvari u plankonskom svemiru. Čini se da rađanje tvari djeluje kao tlak koji doprinosi širenju svemira. U nastavku rada bavimo se prvenstveno kozmološkim utjecajem elektromagnetskog zračenja.

4. BROJ FOTONA POZADINSKOG ZRAČENJA

Ukupan broj fotona Planckovog zračenja određen je sa

$$\begin{gathered} N_f = a'VT^3 \\ a' = 2.025 \cdot 10^7 K^{-1} m^{-3} \end{gathered} \,, \tag{4.1}$$

dok broj fotona prosječne energije (kT) dobijemo tako da energiju zračenja aVT^4 podijelimo sa prosječnom energijom fotona

$$\begin{gathered} \overline{N_f} = \frac{aVT^4}{kT} = \frac{aVT^3}{k} \\ a = 7.56 \cdot 10^{-16} JK^{-4} m^{-3} \end{gathered} \,. \tag{4.2}$$

Odnos oba dva broja je

$$\frac{\overline{N_f}}{N_f} = \frac{a}{a'k} \approx 2.7 \,. \tag{4.3}$$

Jednostavnom usporedbom izraza (4.2) sa (3.31) dobije se

$$\overline{N_f} = \frac{3}{4k} S \,. \tag{4.4}$$

U našem modelu to je, u slučaju kad:

A) Prevladava zračenje

$$\overline{N_f} = f^{\frac{3}{4}} \chi N^{\frac{3}{2}} \,, \tag{4.5}$$

odnosno, kad:

B) Prevladava tvar

$$\overline{N_f} = f^{\frac{3}{4}} \chi N^{\frac{3}{2}} \; ; \quad f = \frac{f_R N_R}{N} \,. \tag{4.6}$$

Kako je entropija zračenja, izražena brojem fotona, jednaka

$$S = 3.6 \cdot k N_f \,, \tag{4.7}$$

zaključujemo da je ona kvantizirana s iznosom od $3.6 \cdot k$ (entropon) po jednom fotonu.

5. TERMODINAMČKA VJEROJATNOST

Temeljem *Boltzmannove* relacije

$$S = k \cdot \ln W \tag{5.1}$$

koja povezuje termodinamičku vjerojatnost *W* (broj mikrostanja koja realiziraju dano makrostanje) sa entropijom, predstavljajući *W* kao

$$\begin{gathered} W = g^N \\ g - faktor\ degeneracije \end{gathered}, \tag{5.2}$$

gdje je *g* – broj različitih stanja energije *E*, napisat ćemo odgovarajuće veličine za pozadinsko zračenje. Primjetimo da smo (5.2) dobili na temelju činjenice da u visokoenergetskom području kvantna statistika prelazi u klasičnu, *Maxwell-Boltzmannovu* statistiku

$$W = \prod_i \frac{N!}{N_i!} \cdot g_i^{N_i} . \tag{5.3}$$

Uz uvjet $N_1 \equiv N$; $N_2 = N_3 = ... = 0$ i $g_i \equiv g$ dobijamo (5.2).

A) <u>Prevladava zračenje</u>

Usporedba (5.1) sa (3.30) daje

$$W = e^{\frac{4 f^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{3}{2}}} . \tag{5.4}$$

Za faktor degeneracije dobija se:

$$g = e^{\frac{4 f^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{1}{2}}} . \tag{5.5}$$

B) <u>Prevladava tvar</u>

Na način sličan kao ranije dobijamo

$$W = e^{\frac{4 (f_R N_R)^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{3}{4}}} , \tag{5.6}$$

tj. $$W = e^{\frac{4 f^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{3}{2}}} \quad uz\ f = \frac{f_R N_R}{N} , \tag{5.7}$$

odnosno, $$g = e^{\frac{4 (f_R N_R)^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{-\frac{1}{4}}} , \tag{5.8}$$

ili $$g = e^{\frac{4 f^{\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{1}{2}}} \quad uz\ f = \frac{f_R N_R}{N} . \tag{5.9}$$

Populacija nivoa $\frac{N}{g}$, obuhvatimo li formule (5.5) i (5.9) jednom

$$g = e^{\frac{4 f^{\frac{3}{4}}\chi}{3} \cdot N^{\frac{1}{2}}} ; \quad \begin{array}{l} f \approx konst \quad za \ N < N_R \\ f = \dfrac{f_R N_R}{N} \quad za \ N > N_R \, , \end{array} \tag{5.10}$$

iznosi
$$\frac{N}{g} = e^{\ln N - \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} \chi N^{\frac{1}{2}}} . \tag{5.11}$$

Za velike vrijednosti kvantnog broja *N* drugi član u eksponentu mnogo je veći od $\ln N$, tako da je (zbog negativnog eksponenta)

$$\frac{N}{g} << 1 \tag{5.12}$$

napučenost kvantnih stanja mala, što odgovara uvjetima primjene *Maxwell-Boltzmannove* statistike. Kako su *N*, *W* i *g* prirodni (za $N \geq 1$) brojevi dok je *e* iracionalni broj, ne postoji takav prirodni broj (osim cijelog broja *N=0*) koji bi dao cjelobrojne vrijednosti za *g* i *W*. Zračenje (svemir) nešto remeti – ono se širi (poput iteracije čiji rezultat teži prema $\to \infty$) „tražeći“ cjelobrojne vrijednosti *g*-a i *W*-a. U ovoj vizuri, paradoksalno, širenju zračenja (svemira) nije toliko odgovoran *„Big-Bang“* koliko iracionalnost broja *e*.

Poredimo li relacije (4.4) i (4.7) sa *Boltzmannovom* formulom (5.1), dolazimo do još jednog važnog zaključka za našu sliku svemira – termodinamička vjerojatnost i faktor degeneracije povezani su sa brojem fotona:

$$\ln W = \frac{4}{3} \overline{N_f} \, , \tag{5.13}$$

odnosno
$$\ln W = 3.6 \cdot N_f \tag{5.14}$$

i
$$N \ln g = \frac{4}{3} \overline{N_f} \, , \tag{5.15}$$

tj.
$$N \ln g = 3.6 \cdot N_f \, . \tag{5.16}$$

Ovaj važan izraz približio bi nas nalaženju kvantnog broja svemira *N*, a time i ostalih parametara plankonskog svemira, kad bi nam bilo jasno teorijsko značenje (bolje rečeno, vrijednost) faktora degeneracije *g*.

****Napomena**

Temeljem (5.16) i (5.9) dobija se

$$\overline{N_f} = \frac{3}{4} N \ln g \tag{1**}$$

$$2.7 \cdot N_f = \frac{3}{4} N \cdot \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} \chi N^{\frac{3}{2}} \tag{2**}$$

$$2.7 \cdot a' v_P N^3 T^3 = f^{\frac{3}{4}} \chi N^{\frac{3}{2}} \tag{3**}$$

$$N = \left(\frac{f^{\frac{3}{4}} \chi}{2.7 \cdot a' v_P T^3} \right)^{\frac{2}{3}} . \tag{4**}$$

Odatle, na osnovu vrijednosti $f = 5.18 \cdot 10^{-5}$ i $T = 2.725K$ slijedi očekivana vrijednost $N = 1.18 \cdot 10^{61}$. Jednako tako se, uz $f \equiv f_R = 0.55$ i $T \equiv T_R = 3000K$ dobija $N \equiv N_R = 1.00 \cdot 10^{57}$.

6. APSOLUTNO VRIJEME. KOZMOLOŠKA STRIJELA VREMENA

Pretpostavimo da postoji neko (pravilno, koherentno) odbrojavanje (*1,2,3,4,...*) kojeg su, kad obrate pažnju na njega, svijesna sva inteligentna bića. Tada bi, uz proizvoljni odabir početka odbrojavanja (in extremis, mogli bismo taj početak identificirati sa časom „nastanka“ svemira čime bi se, na neki način, izgubila proizvoljnost definiranja početka skale), sva događanja u svemiru mogli dovesti u vezu sa ovim brojanjem: neki događaj se desio na primjer pri 156-om, a drugi pri 10^{17}-om koraku odbrojavanja. Tako bismo uveli „surogat“ vremena – način datiranja (referentnu vremensku skalu) koji međutim ne predstavlja suštinu vremena samog. Čovjek je začet pri α-tom, a umro je pri ω-tom koraku odbrojavanja – u međuvremenu je stario, no za njegovo starenje nije krivo odbrojavanje samo. Ono je tek prikladan okvir za registriranje vremenskog tijeka (skala na kojoj datiramo događaje). Takva „odbrojavanja“ možemo naći u prirodi (periodične vrtnje ili revolucije planeta, titranja unutar atoma i slično) i ona predstavljaju osnovu našeg kalendara. Međutim ona (ta odbrojavanja) *ne prožimaju baš sve što postoji* te kao takva ne mogu biti ni odgovorna, kako za vremensku promjenu *svega* u svemiru, tako niti za smjer proticanja vremena (vremensku strijelu). Postoji međutim univerzalno odbrojavanje kojeg su „svijesni“ (osjećaju ga) baš svaka čestica ili tijelo u univerzumu. To je uzastopni prolaz svemira (pri njegovom širenju) kroz kvantizirana energetska stanja. Uslijed toga, sve živo i neživo podvrgnuto je diktatu („pritisku“) tog inherentnog odbrojavanja. Svakoj promjeni, svemu što se dogodi, neizbrisivo je „utisnut“ njen kozmički „datum“ – nešto poput apsolutnog vremena. Ako se svemir (njegova prednja fronta) širi brzinom svjetlosti (c) tada je, uz

$$R(N) = N \cdot ƛ_P, \tag{6.1}$$

$$t(N) = N \cdot t_P, \tag{6.2}$$

$$ƛ_P = c \cdot t_P, \tag{6.3}$$

$$\Delta R(N) = R(N_2) - R(N_1) = c \cdot (N_2 - N_1)t_P = c\Delta t(N). \tag{6.4}$$

Kako je (zbog širenja) $\Delta R(N) > 0$ to je i

$$\Delta t(N) = (N_2 - N_1)t_P > 0, \tag{6.5}$$

to jest

$$N_2 > N_1, \tag{6.6}$$

čime je i ovom odbrojavanju određen smjer (*kozmološka strijela vremena*). Kako se pri prijelazu vasione iz N_1 u N_2- energetsko stanje, neizostavno mijenja i energija svega što čini tu vasionu, zaključujemo kako po „prirodi stvari“ (zbog ekspanzije svemira) sve postojeće evoluira iz nižeg u više kozmološko energetsko stanje koje je onda superponirano, kao pozadina, svakoj individualnoj (lokalnoj) energetskoj promjeni (na primjer, uslijed kojekakvih lokalnih interakcija). Tu superpoziciju onda nazivamo starenjem stvari – ona „razara“ (jače ili slabije, u zavisnosti od snage individualnih – lokalnih – interakcija) i strukturu same tvari – ona stari, propada, umire, mijenja se,... U svaku individualnu promjenu ugrađena je i opća, univerzalna, kozmološka promjena – sat kojim sve postojeće prati opću evoluciju kozmosa.

Naime, svaka postojeća čestica sem lokalne, individualne brzine, posjeduje i komponentu brzine poteklu od opće ekspanzija svemira, a time i zbog

$$v^2 = c^2\left(1 - \frac{1}{N^2}\right) \tag{6.7}$$

„kvantizirane“ brzine širenja – „ugrađen“ u sebe tekući element kozmičkog odbrojavanja, kvantni broj *N*. (To nije tako bogohulna ideja. Čovjek se prisjeća događanja sve od svog rođenja. Bore na njegovu licu odražavaju njegovu starost. Predmeti stiču patinu koja upućuje na vrijeme njihova nastanka. Prisustvo radioaktivnih atoma indicira starost prirodnih materijala. Vrijeme u sve postojeće stvari utiskuje trag temeljem kojega možemo zaključivati o času njihova postanka ili neke bitne fizikalne transformacije). U radu [3] razmatra se eventualna mogućnost detektiranja starosti pojedinih atoma – slijedom toga i struktura sačinjenih od njih – analizom njihova zračenja). Na taj način svaki, i najmanji dio kozmosa, nosi u sebi imanentnu „svijest“ (kozmološki kvantni broj *N*) o tome kojem periodu evolucije svemira upravo pripada. U našoj vasioni promjenu kozmološkog kvantnog broja (ΔN) zvali bismo (uz $t_P = 1$) starošću objekta, dok bi samo odbrojavanje (*N=1,2,3,...*) predstavljalo (apsolutno?) vrijeme. Sam proces starenja (promjene tvari) bio bi uzrokovan „kvarenjem“ njegove energetske strukture (raspadom, slabljenjem,...) – koju bi mogao uzrokovati (malo vjerojatno, no vidi interesantan primjer u **DODATKU**) pozadinski energetski fon potekao od širenja svemira. Energetski nivoi (*N*) samo bi predstavljali opću skalu na kojoj se te promjene mogu detektirati. Iz (6.7) slijedi:

$$N = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \tag{6.8}$$

što uz kvantni uvjet

$$t(N) = N \cdot t_P \tag{6.9}$$

daje

$$t(N) = \frac{t_P}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \tag{6.10}$$

relativističku transformaciju iz plankonskog sistema na sustav širećeg svemira.

Pretpostavimo li da na svakom energetskom stadiju masa nastaje kao posljedica širenja svemira, na račun smanjenja njegove gravitaciona energije (rad [1]), te da je u svaku česticu (neutron, recimo) „utisnut“ „datum“ njenog postanka (kvantni broj *N*), onda se neutroni potekli iz različitih stadija evolucije vasione (neutroni različite starosti) međusobno razlikuju – što direktno protivuriječi principu nerazlikovanja elementarnih čestica. Kako iz ovog principa slijedi i nemogućnost predviđanja koja će se čestica prije, a koja kasnije raspasti u radioaktivnom raspadu, izlazi (usvojimo li našu tvrdnju) da bi se u smjesi slobodnih neutrona različite starosti, prije raspali oni stariji. Kad bi poznavali kvantne brojeve *N* koji im pripadaju to bi omgućilo predviđanje (za pojedine grupe neutrona) vremena njihova raspada. Obrnuto, znajući redosljed raspada pojedinih grupa neutrona, mogli bismo suditi o vremenu njihova nastanka (o *N*-u, a preko njega i $t(N)$ - starosti svemira u času njihova postanka).

7. TERMODINAMIČKA STRIJELA VREMENA. VRIJEME I ENTROPIJA

Drugi zakon termodinamike može se izraziti činjenicom da se cjelokupna entropija u prirodi (sem kod idealnih reverzibilnih procesa) povećava:

$$dS \geq 0\,. \tag{7.1}$$

Ako je za dva uzastopna stanja svemira

$$S(t_2) > S(t_1)\,, \tag{7.2}$$

odat le slijedi zaključak da je

$$t_2 > t_1\,, \tag{7.3}$$

tj. da stanje *1* prethodi stanju *2*. Time je određena tzv. *termodinamička strijela vremena*. Pokazat ćemo na koji se način preko plankonskog modela svemira mogu povezati kozmološka i termodinamička strijela vremena, te na koji su način povezani vrijeme i entropija. Na tu bi nas vezu moglo prividno uputiti i tzv. *Weber-Fechnerovo psihofizičko pravilo*

$$\begin{aligned} &o = k' \cdot \ln P \\ &o - \textit{osjet} \\ &P - \textit{podrazaj} \\ &k' - \textit{konstanta ovisna o vrsti osjetila} \end{aligned} \quad . \tag{7.4}$$

Kako psihofizika pokazuje, čovjek može relativno dobro procjenjivati vremenske intervale (niti prekratke, niti predugačke). Pretpostavimo da tako procjenjeni interval predstavlja osjet vremena. Identificirajmo taj „osjet“ sa fizikalnim vremenskim intervalom (kao razmakom između dva otkucaja sata – kako bi se Einstein izrazio):

$$o \equiv \Delta t \tag{7.5}$$

dakle,

$$\Delta t = k' \cdot \ln P\,. \tag{7.6}$$

Termodinamička strijela vremena nas upućuje da pokušamo vrijeme povezati sa entropijom

$$t = \vartheta \cdot S = \vartheta \cdot k \ln W\,, \tag{7.7}$$

odakle dobijamo za vremenski interval

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \vartheta \cdot k \ln \frac{W_2}{W_1}\,. \tag{7.8}$$

Sličnost između (7.8) i (7.6) tjera nas da pokušamo staviti

$$\begin{aligned} &\vartheta \cdot k \equiv k' \\ &\frac{W_2}{W_1} \equiv P \end{aligned} \quad . \tag{7.9}$$

Slijedi kako bi fizikalni intenzitet podražaja (P) – ono što izaziva osjet vremena – trebalo identificirati sa relativnom termodinamičkom vjerojatnošću $\left(\frac{W_2}{W_1}\right)$, tj. osjet vremenskog intervala bio bi izazvan promjenom relativnog odnosa dviju termodinamičkih vjerojatnosti. Mi ćemo ipak poći drugim putem.

A) Prevladava zračenje

Pretpostavit ćemo da vrijedi

$$t = \vartheta_1 \cdot \left(\frac{dS}{dN} \right)^2 , \tag{7.10}$$

što je diktirano zahtjevom plankonskog modela

$$t(N) = N \cdot t_P , \tag{9/[1]}$$

da kozmološko vrijeme bude proporcionalno kvantnom broju svemira *N*. Kasnije ćemo vidjeti zašto druge mogućnosti odbacujemo. Na temelju (3.27) odmah slijedi

$$t = 4\vartheta_1 f^{\frac{3}{2}} k^2 \chi^2 \cdot N , \tag{7.11}$$

dok usporedba prethodne relacije sa (9/[1]) daje vrijednost parametra ϑ_1:

$$\vartheta_1 = \frac{t_P}{4 f^{\frac{3}{2}} k^2 \chi^2} , \tag{7.12}$$

što se može transformirati

$$\vartheta_1 = \frac{t_p}{4 f^{\frac{3}{2}} k^2 \chi^2} \cdot \frac{T_P'^2}{T_p'^2} = \frac{T_P'^2}{4 f^{\frac{3}{2}} (kT_P') \left(\frac{kT_P'}{t_P} \right) \chi^2} = zbog\, T_P' = \chi T_P \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= \frac{T_P^2}{4 f^{\frac{3}{2}} E_P P} \\ T_P &= 1.10 \cdot 10^{32} K \\ E_P &= 1.96 \cdot 10^9 J \\ P &= 3.65 \cdot 10^{52} W \end{aligned} \tag{7.13}$$

Vidljivo je da se ϑ_1 izražava u $K^2 W^{-1} J^{-1}$

$$[\vartheta_1] = \frac{K^2}{WJ} . \tag{7.14}$$

Radi se, ne o konstanti već o parametru koji slabo – preko *f* – ovisi o *N* (**SLIKA 3.**). Parametar ϑ_1 smo ustvari podesili prema Planckovom vremenu. Mehanizam njegova podešavanja (ako uopće postoji), da bi uvijek važila relacija (7.11), nije nam poznat. Nužno bi bilo naći mogućnost njegova izračunavanja neovisno o t_P - time bi omogućili i proračun t_P-a neovisno o drugim Planckovim veličinama. Navodimo neke vrijednosti parametra ϑ_1:

N	f	ϑ_1 / $K^2W^{-1}J^{-1}$
1	0.9494	45.7
N_R	0.59	93.3

.

Povezali smo dakle, relacijom (7.10) kozmološko vrijeme (starost svemira) sa kvadratom promjene entropije pozadinskog zračenja po jedinici promjene kozmološkog kvantnog broja. Ovim smo zadovoljili

a) pozitvnu definitnost vremena koju trži relacija (9/[1])
b) linearni odnos između starosti svemira t i kvantnog broja N koji traži ista relacija
c) čak i u slučaju kad bi se za $dN > 0$ entropija svemira smanjila $dS < 0$ (ili obrnuto, kad bi za $dN < 0$ bilo $dS > 0$) sačuvana je pozitivna definitnost vremena.

B) Prevladava tvar

Sa jednakom namjerom da se, u okviru plankonskog modela, sačuva važenje relacije (9/[1]) sada stavljamo

$$t = \vartheta_2 \cdot \left(\frac{dS}{dN} \right)^{-4} . \tag{7.15}$$

Uz upotrebu odnosa (3.34) izlazi

$$t = \vartheta_2 \cdot \frac{N}{(f_R N_R)^3 (k\chi)^4} \tag{7.16}$$

odakle, usporedbom sa (9/[1]) slijedi:

$$\vartheta_2 = (k\chi)^4 (f_R N_R)^3 t_P . \tag{7.17}$$

Za razliku od parametra ϑ_1, veličina ϑ_2 je zaista konstanta čija je vrijednost

$$\vartheta_2 = 1.23 \cdot 10^{36} J^5 W^{-1} K^{-4} . \tag{7.18}$$

Izraz (7.17) možemo transformirati na oblik

$$\vartheta_2 = \frac{E_P (N_R f_R)^3 (k\chi)^4}{P} . \tag{7.19}$$

7.1 PRINCIP KONTINUITETA VREMENA

Starost svemira možemo izraziti pomoću dvije relacije; jedna (7.10) koja vrijedi do rekombinacije, dok se druga (7.159 upotrebljava nakon nje. Princip kontinuiteta vremena zahtijeva da u času rekombinacije važi

$$t_1 = t_2 , \tag{7.20}$$

odnosno

$$\vartheta_1 \cdot \left(\frac{dS}{dN} \right)_1^2 = \vartheta_2 \cdot \left(\frac{dS}{dN} \right)_2^{-4} . \tag{7.21}$$

Odatle, izrazimo li $\left(\frac{dS}{dN} \right)_2$ dobijamo

$$\left(\frac{dS}{dN} \right)_2 = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{dS}{dN} \right)_1^{-\frac{1}{2}} , \tag{7.22}$$

što uz odgovarajuće vrijednosti za ϑ_1, ϑ_2, $\left(\frac{dS}{dN} \right)_1$ dovodi do

$$\left(\frac{dS}{dN}\right)_2 = (N_R f_R)^{\frac{3}{4}} k\chi \cdot N^{-\frac{1}{4}}, \tag{3.34}$$

što nije ništa drugo doli relacija (3.34). Na taj način naše dvije relacije osiguravaju kontinuitet tijeka vremena i u kritičnoj fazi faznog prijelaza (rekombinacije).

7.2 LINEARNOST I HOMOGENOST VREMENA

Relacija (9/[1]) osigurava linearnost $(t \sim N)$ i homogenost vremena (jednakim promjenama ΔN kvantnog broja N odgovaraju jednaki vremenski intervali). Vrijedi li ovaj zaključak i za vrijeme izraženo promjenama entropije? Po načinu izvođenja relacija (7.10) i (7.15) mogli bismo odmah potvrdno odgovoriti. Možemo to pokazati i ovako:

A) Prevladava zračenje

$$t = \vartheta_1 \cdot \left(\frac{dS}{dN}\right)^2, \tag{7.10}$$

$$\frac{dt}{dN} = \left(\frac{dS}{dN}\right)^2 \cdot \frac{d\vartheta_1}{dN} + 2\vartheta_1 \left(\frac{dS}{dN}\right)\left(\frac{d^2S}{dN^2}\right). \tag{7.23}$$

Izračunaju li se odgovarajuće derivacije uz poznate veličine $\vartheta_1, \frac{dS}{dN}, i\ f$ slijedi

$$\frac{dt}{dN} = t_P. \tag{7.24}$$

Dakle, u ovom slučaju vrijeme je linearno i homogeno.

B) Prevladava tvar

$$t = \vartheta_2 \cdot \left(\frac{dS}{dN}\right)^{-4}. \tag{7.15}$$

Kako je $\vartheta_2 = konstanta$, slijedi

$$\frac{dt}{dN} = -4\vartheta_2 \left(\frac{dS}{dN}\right)^{-5}\left(\frac{d^2S}{dN^2}\right), \tag{7.25}$$

odakle nakon kraćeg računa izlazi $$\frac{dt}{dN} = t_P. \tag{7.26}$$

Vrijeme je i u ovom kao i u prethodnom slučaju linearno i homogeno. Time smo samo potvrdili jednu od ishodišnih postavki plankonskog modela svemira. Međutim, kako diferencijalni odnos $\frac{dS}{dN}$ vrijedi samo za $N >>$ (odnosno za $dN << N$) moramo provjeriti linearnost i homogenost vremena i u početnim fazama postanka svemira.

7.3 LINEARNOST I HOMOGENOST VREMENA U RANOJ FAZI VASIONE

Najprije ćemo pokazati da relacija (3.37) vrijedi i za male kvantne brojeve uz uvjet da je $dN << N$.

<u>Dokaz</u>

Kako je
$$S = \frac{4}{3} f^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{3}{2}} \tag{3.29}$$
i
$$f = f_* - Q_g B \cdot \ln N \tag{3.53}$$
to možemo, uvodeći oznake $N_1 = N \ i \ N_2 = N + \Delta N$ pisati:

formula (7.27)

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{4}{3} k\chi \left\{ \left(f_* - \underbrace{Q_g B \ln(N + \Delta N)}_{*} \right)^{\frac{3}{4}} (N + \Delta N)^{\frac{3}{2}} - \left(f_* - \underbrace{Q_g B \ln N}_{*} \right)^{\frac{3}{4}} N^{\frac{3}{2}} \right\}.$$

Kako je $Q_g B = 3.04 \cdot 10^{-3} << f_* = 0.9494$, to za male N-ove možemo zanemariti članove označene sa (*):

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{4}{3} k\chi f_*^{\frac{3}{4}} \left\{ (N + \Delta N)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}} \right\} = \frac{2}{3} k\chi f_*^{\frac{3}{4}} N^{\frac{3}{2}} \left\{ \underbrace{\left(1 + \frac{\Delta N}{N} \right)^{\frac{3}{2}}}_{*} - 1 \right\}. \tag{7.28}$$

Za $\Delta N << N$ razvit ćemo član (*) u red nakon čega, uz zanemarivanje kvadratičnih članova, slijedi:
$$\frac{\Delta S}{\Delta N} = 2 f_*^{\frac{3}{4}} k\chi N^{\frac{1}{2}} \quad za \ N << \ i \ \Delta N << N, \tag{7.29}$$
a to je ustvari (3.28) samo što umjesto diferencijala dolaze konačne diferencije. Ako nije zadovoljen uvjet $N << \ i \ \ \Delta N << N$ uz koji smijemo primjenjivati (7.29) bolje se poslužiti relacijom (7.28) koju, za minimalnu promjenu kvantnog broja $\Delta N = 1$, možemo pisati:

$$\left(\frac{\Delta S}{\Delta N} \right)_{\Delta N = 1} = \frac{4}{3} k\chi f_*^{\frac{3}{4}} \left\{ (N + 1)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}} \right\}. \tag{7.30}$$

U **TABLICI 2.** navodimo vrijednosti omjera $\frac{\Delta S}{\Delta N}$ za nekoliko prvih kvantnih brojeva, računane pomoću (7.30). U zagradama su dane vrijednosti računane sa (7.29). Podatke možemo usporediti sa zadnjim stupcem **TABELE 1.** koji smo dobili pomoću (3.28) primjenjujući (3.53) za računanje *f*-a.
Definiramo li kozmološko vrijeme (za $N << \ \ i \ \ \Delta N = 1$) na standardni način, kao

$$t = \vartheta_1 \cdot \left(\frac{\Delta S}{\Delta N} \right)^2_{\Delta N = 1} \tag{7.31}$$

dobija se (stavljajući $f \cong f_*$ u ϑ_1):

$$t = \frac{4}{9} t_P \left\{ (N+1)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}} \right\}^2 . \tag{7.32}$$

Sada više nije $(t \sim N)$ pa stoga ni vremenski interval

$$\Delta t_{\min} = t(N) - t(N-1) = \frac{4}{9} t_P \left\{ \left[(N+1)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}} \right]^2 - \left[N^{\frac{3}{2}} - (N-1)^{\frac{3}{2}} \right]^2 \right\} \tag{7.33}$$

nije više proporcionalan sa ΔN

$$\Delta \mathrm{t}_{\min} \text{ non} \sim \Delta N . \tag{7.34}$$

Odatle i važan zaključak: u početim stadijima povijesti svemira, u okviru njegova plankonskog modela, vrijeme više nije niti linearni niti homogeno! Može se pokazati, a to zorno ilustriraju podaci iz **TABLICE 3.** (namjerno računani na višak decimala, da se vidi njihov hod) da je

$$\lim_{N \to \infty} \Delta t_{\min} = t_P . \tag{7.35}$$

Isti podaci prikazani su grafički na **SLICI 4.**

7.4 ENTROPIJA, VRIJEME I PLANKONSKI MODEL – REZIME

U plankonskom modelu svemira nastanak mase (tvari+energije) jednake plankonskoj (reći ćemo arbitrarno – nastanak plankona) mijenja termodinamičku vjerojatnost svemira a time i njegovu entropiju

$$\frac{dS}{dN} = \frac{k}{W} \cdot \frac{dW}{dN} , \tag{7.36}$$

što dovodi (sem u ranoj fazi) do porasta starosti svemira za jedan kronon

$$\Delta t \equiv t_P = 5.38 \cdot 10^{-44} s . \tag{7.37}$$

Vrijeme (u okviru plankonskog modela) je dakle:

a) Progresivno ili jednosmjerno (raste jer raste i *W* svemira).
b) Osim u početnim fazama razvoja svemira vrijeme je linearno $(\mathrm{t} \sim \mathrm{N}\ , \Delta\mathrm{t} \sim \Delta\ N)$.
c) Osim u najranijoj fazi povijesti svemira ono je homogeno (istim promjenama ΔN kvantnog broja svemira, bez obzira u kojem dijelu povijesti svemira nastale, odgovara isti vremenski interval).
d) Pozitivno definitno.
e) Ukoliko je termodinamička vjerojatnost svemira *W* podložna fluktuacijama (na pr. trenutnom smanjenju, a ne rastu) vrijeme može teći unazad, ali je to neizmjerno malo vjerojatno.
f) Ovo – *kozmološko vrijeme* – bilo bi (samo donekle) apsolutno, tzv. *Newtonovo* vrijeme (*„Apsolutno, istinito i matematičko vrijeme, po sebi i svojoj vlastitoj naravi, teče jednoliko bez odnosa spram ičega vanjskog, i*

drugim se imenom zove trajanje.") Kako je ono, u *Einsteinovskom* smislu, organski vezano za materiju (iščezavanjem ove iščezlo bi i vrijeme) – ono je tek donekle *Newtonovo* vrijeme.

g) Apsolutnost ovog vremena proističe i iz njegove povezanosti sa entropijom – ona je naime invarijantna na relativističke, *Lorentzove* transformacije,

$$dS = dS_0 , \tag{7.38}$$

ista u sistemu koji je vezan za neko tijelo i u sustavu koji se kreće jednoliko translatorno u odnosu na njega, dakle jednako u čitavom svemiru (univerzalno) bez obzira na stanje kretanja njegovih dijelova.

h) Ono je definirano u odnosu (pomoću) na entropiju pozadinskog elektromagnetskog zračenja. Čini se da ono preuzimajući na sebe (umjesto etera) ulogu apsolutnog koordinatnog sustava u odnosu na prostorne koordinate, pokazuje istu tendenciju i s obzirom na vrijeme – potvrđujući tako još jednom jedinstvo prostorno-vremenskog kontinuuma.

7.5 MINIMALNI MJERLJIVI INTERVAL VREMENA

U plankonskoj teoriji, plankon razmatramo kao strukturu koja se (virtuelno) satoji od virtuelnih protona – *virtona*. Kako energija plankona $(E_P = M_P c^2 = 1.96 \cdot 10^9\, J)$ može prema tome biti poznata s neodređenošću jednakoj vlastitoj energiji jednog protona $(\Delta E_p = m_{pr} c^2 = 1.50 \cdot 10^{-10}\, J)$ to iz *Heissenbergove* relacije neodređenosti

$$\Delta E_P \Delta t \geq \hbar \tag{7.39}$$

slijedi

$$\Delta t \geq \frac{\hbar}{\Delta E_P} = \frac{\hbar}{m_{pr} c^2} \tag{7.40}$$

dakle,

$$\Delta t \geq 7.01 \cdot 10^{-25} s \approx 10^{-24} s \tag{7.41}$$

minimalni vremenski interval koji bi (teorijski) bio pristupačan mjerenju. Pokazuje se da je omjer

$$\frac{\Delta t}{t_P} = \frac{M_P}{m_{pr}} \equiv n_B = 1.305 \cdot 10^{19} \tag{7.42}$$

jednak tzv. *RAM* (*R*elativnoj *A*tomskoj *M*asi) plankona – odnosno, broju virtona n_B od kojih se „sastoji" plankon. (Inače je $t_P = \frac{\lambdabar_P}{c}$, $\lambdabar_P^2 = \frac{G\hbar}{c^3}$, $M_P^2 = \frac{\hbar c}{G}$). Možemo dakle uz pravi kvant vremena – kronon – jednak *Plancovom vremenu*:

$$kronon \equiv t_P = 5.38 \cdot 10^{-44} s \tag{7.34}$$

definirati i:

$$empirijski\ kronon \equiv t_{eP} = \Delta t_{emp} = 7.01 \cdot 10^{-25} s \tag{7.35}$$

kao najmanji interval vremena dostupan mjerenju. U skladu sa ovim razmatranjima, eksperimentalno nam ne bi smjele biti pristupačne strukture manje od

$$\Delta x_{emp} \geq c \cdot \Delta t_{emp} = \frac{\hbar}{m_{pr} c} \equiv \lambdabar_{pr} , \tag{7.45}$$

Comptonove valne duljine (reducirane) protona $\lambdabar_{pr} = 2.1 \cdot 10^{-16} m$. Primjetimo da je iz poznate formule nuklearne fizike

$$R = r_0 A^{\frac{1}{3}} \; ; \quad \begin{array}{l} r_0 = 1.4\, fm - \, za\ raspodjelu\ mase \\ r_0 = 1.2\, fm - \, za\ raspodjelu\ naboja \\ A - atomski\ broj\ jezgre \end{array} \tag{7.46}$$

radius protona (*A=1*) reda veličine jedan femtometar. Stoga je

$$\frac{\Delta x_{emp}}{R_p(masa)} = 0.15 \tag{7.47}$$

odnosno,

$$\frac{\Delta x_{emp}}{R_p(naboj)} = 0.175\,. \tag{7.48}$$

Usporedimo, na kraju, minimalni mjerljivi razmak Δx_{emp} sa nekim značajnim dimenzijama:

$$\frac{\Delta x_{emp}}{r_e} = \frac{2.10 \cdot 10^{-16} m}{2.82 \cdot 10^{-15} m} = 7.4 \cdot 10^{-2} \approx 1/13.4\ klasicnog\ rad.elektrona\,, \tag{7.49}$$

$$\frac{\Delta x_{emp}}{\lambda\!\!\!^{-}_e} = \frac{2.10 \cdot 10^{-16} m}{3.86 \cdot 10^{-13} m} = 5.44 \cdot 10^{-4} \approx 1/1838.1\ Comptonove\ v.d.\ elektrona \tag{7.50}$$

$$\frac{\Delta x_{emp}}{r_B} = \frac{2.10 \cdot 10^{-16} m}{0.529 \cdot 10^{-10} m} = 3.97 \cdot 10^{-6} \approx 1/\,2.52 \cdot 10^{5}\ \ Bohrova\ radiusa\,. \tag{7.51}$$

8. ŠTO BI BILO...

Zamislimo da u razvoju kozmosa nedostaje faza rekombinacije. Tada bi temperatura zračenja bila opisana relacijom (2.1) a proizvodnja entropije sa (3.28) i mi smijemo postaviti pitanje: Kada bi temperatura zračenja pala na apsolutnu nulu – $0K$ (što je ekvivalentno pitanju – kada prestaje daljnja proizvodnaj entropije, tj. kada bi bilo $\frac{dS}{dN} = 0$)? Očito je da je to za:

a) $$N = 0 \quad (svemir\ \ jos\ ne\ postoji) \tag{8.1}$$

b) $$f = f_* - Q_g B \cdot \ln N = 0 \tag{8.2}$$

Rješavanjem posljednje jednakosti dobija se

$$N \equiv N_{0K} = e^{\frac{f_*}{Q_g B}}\,, \tag{8.3}$$

odakle dobijamo

$$N_{0K} = 4.04 \cdot 10^{135} \tag{8.4}$$

čemu odgovara vrijeme od

$$t_{0K} = 6.9 \cdot 10^{84}\, godina\,. \tag{8.5}$$

(Starost svemira u taj čas možemo procijeniti i na temelju relacija neodređenosti (33c/[1]):

$$\underbrace{\Delta E(N)}_{N_{0K} \cdot E_P} \cdot t(N) = \frac{N_{0K}^2 \hbar}{12} \tag{8.6}$$

odakle slijedi, izostavivši faktor *1/12*,

$$\Delta t_{0K} = \frac{N_{0K}\hbar}{E_P} = 6.8\cdot 10^{84}\, godina\ .) \tag{8.7}$$

U taj čas bi temperatura zračenja iznosila $0K$ temeljem čega, na osnovu *3. zakona termodinamike*, zaključujemo da je entropija zračenja (svemira) jednaka nuli:

$$S_{0K} = 0 \tag{8.8}$$

(to ne smijemo zaključiti temeljem (3.29) jer smo taj izraz dobili iz (3.27) na osnovu pretpostavke da je *f=konst*, što u tako kasnoj fazi razvoja svemira nikako nije ispunjeno; dapače, *f* je sa vrijednosti $f_* = 0.9494$ pao na nulu).

Jasno je da između dva slučaja - *a)* i *b)* – proizvodnja entropije mora poprimiti u neki čas svoju maksimalnu vrijednost, koju određujemo izjednačavanjem derivacije relacije (3.28) po *N* sa nulom. Dobija se

$$N_m \equiv N\left[\left(\frac{dS}{dt}\right)_{\max}\right] = \frac{e^{\frac{f_*}{Q_g B}}}{e\frac{3}{2}} = \frac{N_{0K}}{e^{\frac{3}{2}}} \tag{8.9}$$

dakle, $$N_m = 9.0\cdot 10^{134}\,. \tag{8.10}$$

Usporedba ovih dviju vrijednosti ($N_{0K}\ i\ N_m$) pokazuje (što se vidi iz grafa na **SLICI 5.**), da proizvodnje entropije poslije neprekidnog rasta tokom povijesti svemira, doživljava nakon postignutog maksimuma neobično polagani pad na nultu vrijednost. Jasno je da vrijeme u tim kasnim fazama niti je linearni niti je homogeno, dapače – izgleda da nakon N_m ($t_m = 1.5\cdot 10^{84}\, godina$) vremenska strijela mijenja smjer. Vratimo se još jednom trenutku prestanka proizvodnje entropije – činjenica da je temperatura zračenja tada jednaka $0K$ podudara se sa polaznom pretostavkom, nema više zračenja i čitavu vlastitu energiju svemira tvori energija tvari. Električni naboj cijelo vrijeme (od rođenja svemira) opada i u trenutku $t = t_{0K}$ bio bi – prema (7.22/[3]), kad stavimo $N = N_{0K}$

$$e_{\min} = \frac{e_*}{1 + f_* e_* n_B} = e_*\Delta x_* \equiv Q_g\ , \tag{8.11}$$

jednak gravitacionom naboju protona!

S obzirom na iznos entropije ($S_{0K} = 0$) zračenja (svemira), termodinamička vjerojatnost svemira bila bi u taj čas jednaka jedinici (najveća je kad entropija ima maksimum, a onda opada): $$W = 1\,. \tag{8.12}$$

Svemir kao da se vratio u predplankonsko stanje – doduše, sa različitim vrijednostima parametara koji ga opisuju (vidjeti **TABLICU 4.**). Tako bi mu gustoća iznosila svega

$$\rho = \frac{\rho_P}{N_{0K}^2} \approx 7.4\cdot 10^{-176}\, kg\cdot m^{-3}\,. \tag{8.13}$$

Rekombinacija je, međutim, namijenila vasioni sasvim drugčiju sudbinu.

*****Napomena**

Da procijenimo „valjanost“ naše ekstrapolacije *„Što bi bilo...“*, odredimo valnu duljinu na kojoj zračenje, pri $\approx 10^{-36}\,K$, ima maksimum. Iz *Wienova* zakona slijedi za valnu duljinu, frekvenciju, period titranja i energiju fotona pozadinskog zračenja:

$$\lambda_{\max} = 2.87\cdot 10^{33}\,m = 3.3\cdot 10^{17}\,g.s. = 1.5\cdot 10^{7}\,R(danas)\,, \tag{1***}$$

$$\nu_{\max} = 10^{-25}\,Hz\,, \tag{2***}$$

$$t = \frac{1}{\nu_{\max}} = 10^{25}\,s = 3.2\cdot 10^{25}\,god \approx 1.5\cdot 10^{7}\,t(danas) \tag{3***}$$

$$\varepsilon_{\max} = h\nu_{\max} = 4.1\cdot 10^{-40}\,eV\,. \tag{4***}$$

Valna duljina zračenja bila bi *15 milijuna* puta veća od radiusa današnjeg svemira, dok bi jedan puni titraj vala trajao *15 milijuna* puta dulje od današnje starosti svemira!

9. DODATAK

Prema rezultatima iz rada [1], u svemiru koji danas sadrži oko $N_B = 7.3 \cdot 10^{79}$ bariona (protona, neutrona) stvori se, kao posljedica njegova širenja, $\Delta M(N) = 4.1 \cdot 10^{35} kg \cdot s^{-1}$ nove mase u jednoj sekundi. Po jednom protonu to je

$$\frac{\Delta M(N)}{N_B} = 5.6 \cdot 10^{-45} \frac{kg}{s \cdot proton} \tag{9.1}$$

novostvorene mase. Kako čovjek mase $m_c = 70kg$ ima oko $N_c = 4.2 \cdot 10^{28}\, protona$, to se u jednoj sekundi stvori

$$\Delta m_c = N_c \cdot \frac{\Delta M(N)}{N_B} = 2.3 \cdot 10^{-16} \frac{kg}{s} \tag{9.2}$$

nove mase po jednom čovjek, čemu odgovara energija:

$$\Delta E_c = c^2 \Delta m_c = 21.1 Js^{-1} = 1.3 \cdot 10^{20} eV \cdot s^{-1}\,. \tag{9.3}$$

Ova promjena energije ljudskog bića, sračunata na jedan njegov proton iznosi:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta E_c}{N_c} = 3.14 \cdot 10^{-9} \frac{eV}{s \cdot proton}\,. \tag{9.4}$$

Znamo da je energija ionizacije H-atoma $E_H = 13.6eV$. Vrijeme za koje se nakupi (po jednom protonu) kozmička energija jednaka energiji ionizacije H-atoma iznosi

$$t = \frac{E_H}{\Delta\varepsilon} = 4.3 \cdot 10^{9} s = 137.2\ godine \tag{9.5}$$

što je reda veličine duljine ljudskog života. Interesantno, zar ne?

10. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je jedan (poslijednji, što se autora tiče) u nizu radova ([1],[3] i djelomice [2]) posvećenih plankonskom modelu svemira. Obuhvaća neke aspekte – nastojeći ih unificirati – mikro i makrofizike svemira. Po mnijenju autora, *Priroda* je jedinstvena i jednostavna – možda ne u tolikoj mjeri kako, uz svoje ograničeno znanje, naivno zamišlja sam autor – ali čak i tako simplificirani pristup omogućava neka predviđanja. Tako smo pokušali predvidjeti, uz čas nastanka i mase (energije, gustoće, dimenzije,...) nekih elementarnih čestica (gravitona, *a* i *b*-čestice, X-bozona, *Higgsove* čestice,...) gravitacione „naboje“ plankona, protona i gravitona, te povezati jakost gravitacione interakcije sa njima. Također smo, polazeći od ovog modela, tretirali i vrijeme raspada protona. Na suprotnoj krajnosti (koja s prethodnom čini prožimajuće jedinstvo) bavili smo se predviđanjem mase, dimenzije i starosti svemira, njegove gustoće, *Hubbleove* i kozmološke konstante, broja bariona, fotona i gravitona kao i “tempa“ nastanka nove tvari i zračenja. Pokušali smo povezati tijek kozmološkog vremena, do u najranije stadije Vasione, sa promjenom entropije pozadinskog elektromagnetskog zračenja. Ono je (vrijeme) – sem u najranijim fazama – shvaćeno kao pozitivno definitno, jednosmjerno, linearno, homogeno, univerzalno i relativno apsolutno (kako god apsurdno zvučala kombinacija ovih pojmova). Diskutirali smo mogućnost određivanja starosti tvari temeljem „memoriranog“ kvantnog broja svemira u času njenog nastanka, kao i postojanje minimalnog mjerljivog vremenskog intervala dopuštenog kvantnom mehanikom i našim modelom. Nastojali smo dati univerzalnu kvantizaciju mikro i makrosvijeta koja bi omogućila baciti pogled i s onu stranu *Planckovog* zida (prije *„Big-Banga“*), što nas je natjeralo da neke fizikalne veličine u tom protovremenskom stadiju shvatimo kao imaginarne nasuprot drugima, koje su i tada očuvale svoju realnu definitnost. Shvačajući (naš) svemir tek kao razvojnu fluktuaciju Megasvemira – Univerzuma, pretpostavljamo stvaranje materije (tvari + zračenja) prigodom njenog širenja, kojom prilikom svemir prolazi nizom uzastopnih kvantiziranih energetskih stanja. U našem, modelskom svemiru, električni naboj elementarnih čestica – a time i jakost elektromagnetske interakcije – opadajuće su funkcije starosti svemira.

Svako predviđanje, unatoč mogućoj naivnosti i nesavršenosti modela (s mogućnošću usavršavanja kao i totalnog odbacivanja) iz kojeg slijedi, podložno je provjeri strogih sudaca: Znanosti same i još strožeg joj supervizora – Njezina Veličanstva Prirode – lično. Predajući se obektivnom mišljenju oba suda, ne zazirući od podsmjeha, prihvaćamo presudu ma koja bila.

U Čakovcu, 7.3.2004.

Ladislav Babić

LITERATURA

[1] L.Babić, „Prema kvantnoj kozmologiji“, 1999.(neobjavljeno), **Internet:** *http//planckon.nav.to/*

[2] L.Babić, „Ovisi li vrijeme raspada protona o starosti svemira?“, 1999. (neobjavljeno), **Internet:** *http//planckon.nav.to/*

[3] L.Babić, „Pogled preko Planckovog zida“, 2002.(neobjavljeno), **Internet:** *http//planckon.nav.to/*

[4] D.Hothersall, „Povijest psihologije“, Naklada Slap, Jastrebarsko, 2002.

[5] T.Petković, „Uvod u modernu kozmologiju i filozofiju“, Gradska knjžnica 'Juraj Šižgorić', Šibenik-Zagreb, 2002.

[6] V.Simeon, „Termodinamika“, Školska knjiga, Zagreb, 1980.

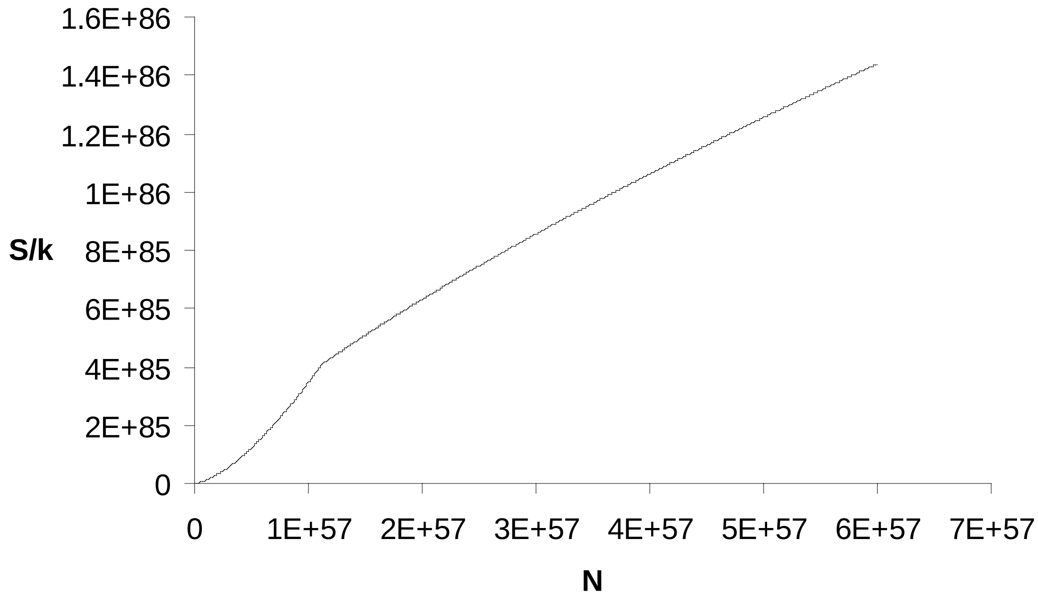
[7] I.Supek, „Teorijska fizika i struktura materije 1“, Školska knjiga, Zagreb, 1992.

[8] I.Supek, „Teorijska fizika i struktura materije 2“, Školska knjiga, Zagreb, 1990.

[9] S.Weinberg, „Prve tri minute svemira“, MISL, Zagreb, 1997.

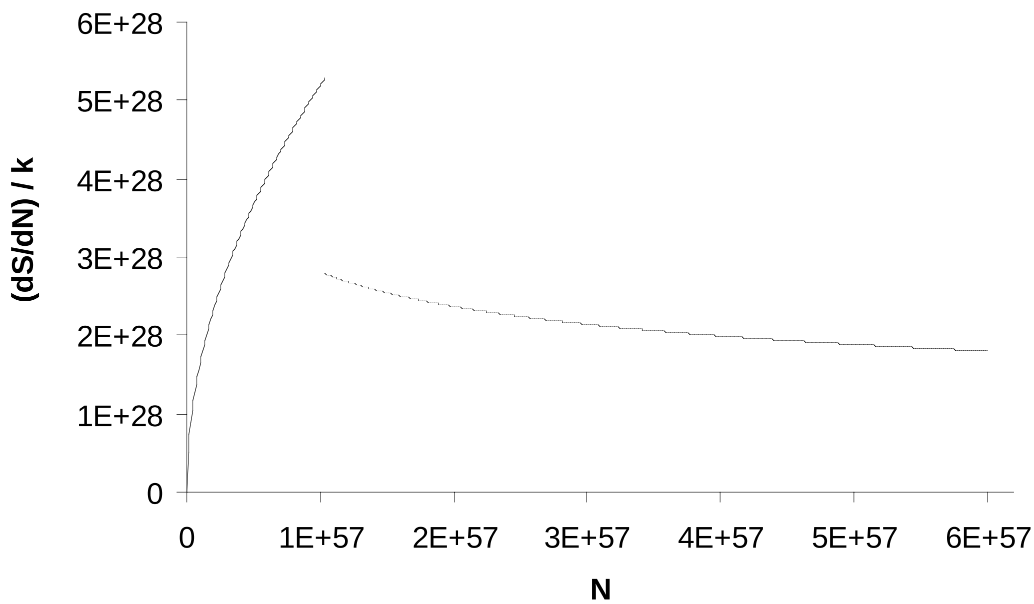
SLIKA 1.

Ovisnost entropije pozadinskog zračenja o kvantnom broju svemira



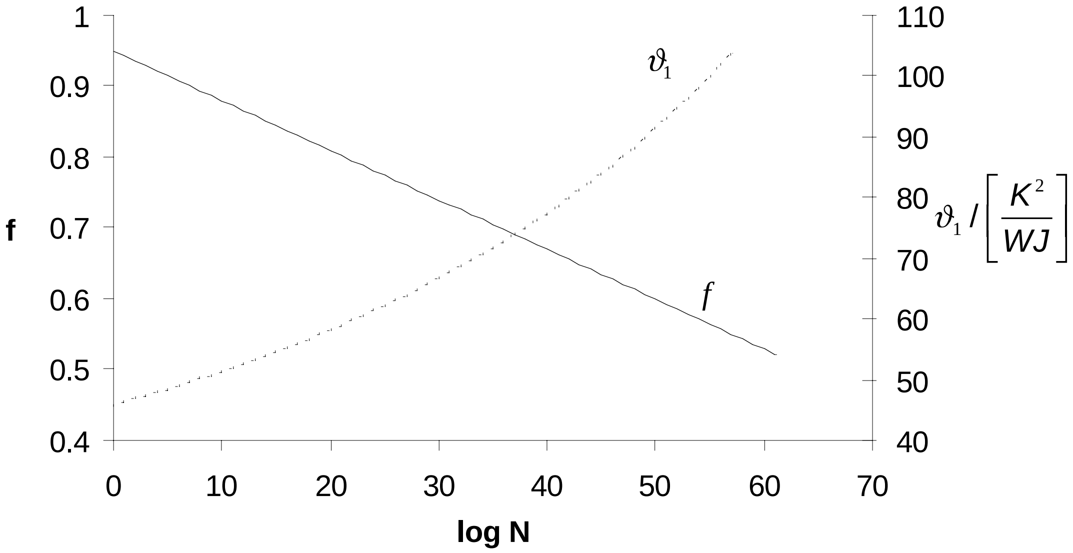
SLIKA 2.

*Ovisnost (**dS/dN**) pozadinskog zračenja o kvantnom broju svemira*



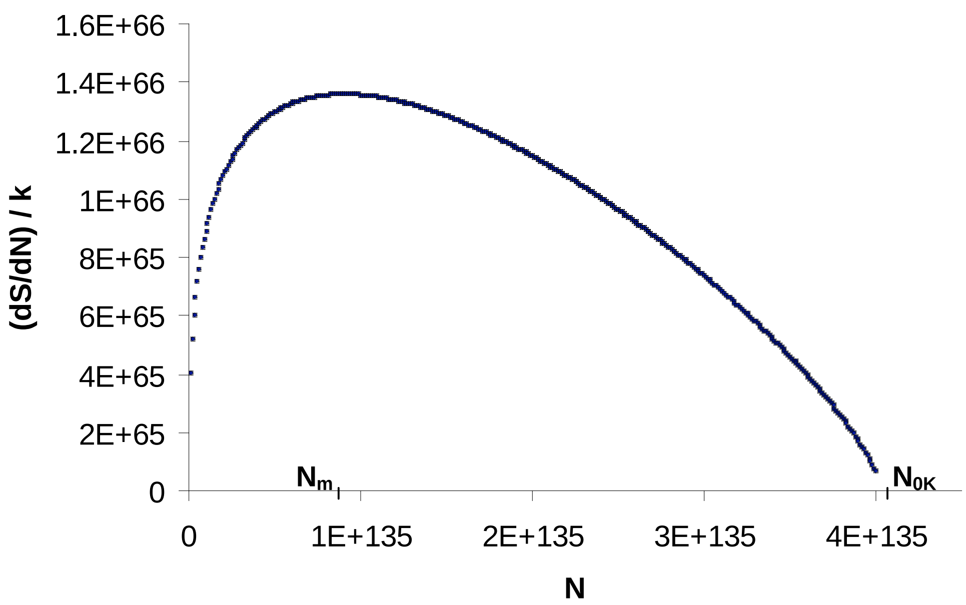
SLIKA 3.

Ovisnost faktora f i ϑ_1 o kvantnom broju svemira



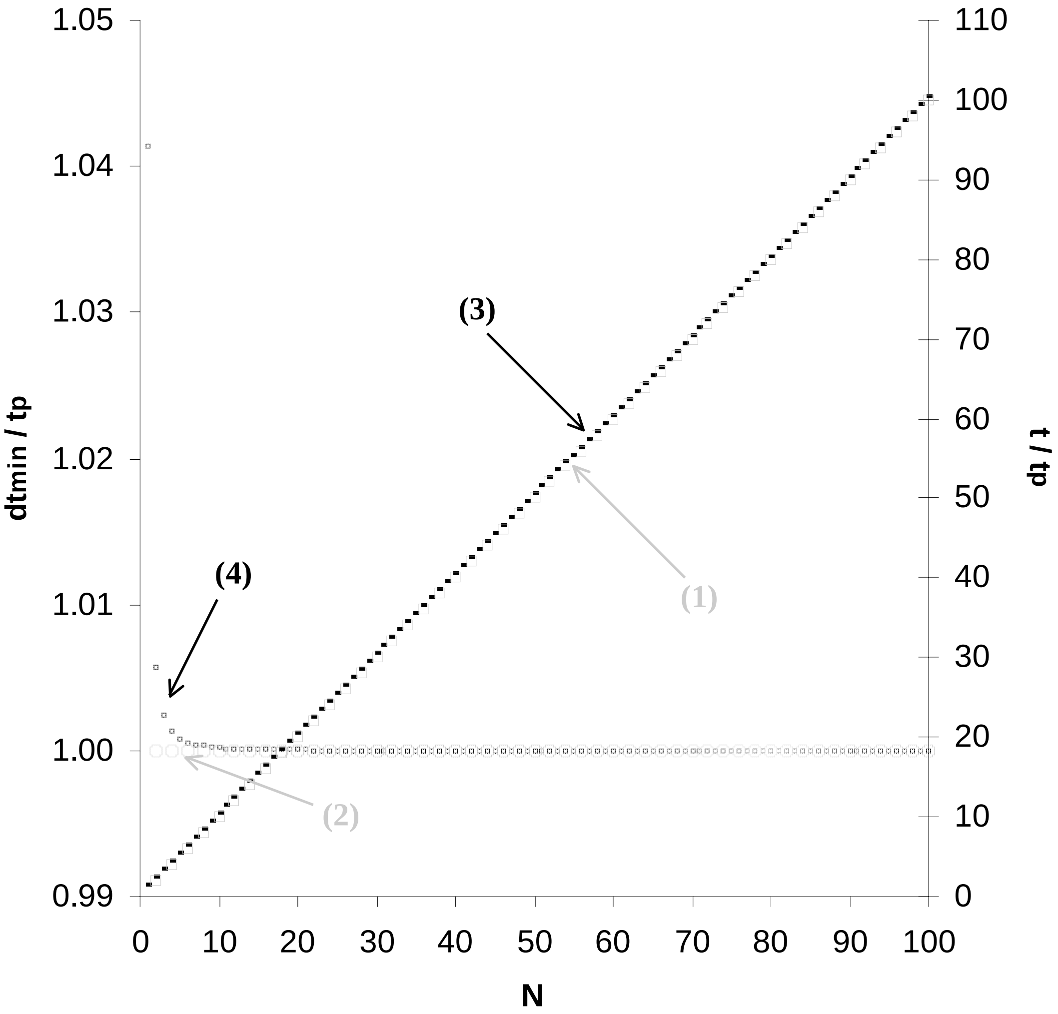
SLIKA 5.

(dS/dN) pozadinskog zračenja pod pretpostavkom odsustva rekombinacije



SLIKA 4.

Vrijeme i minimalni vremenski interval u ranoj vasioni



(1) $$\frac{t}{t_P} = N$$

(2) $$\frac{\Delta t_{\min}}{t_P} = 1$$

(3) $$\frac{t}{t_P} = \frac{4}{9}\left\{(N+1)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}}\right\}^2$$

(4) $$\frac{\Delta t_{\min}}{t_P} = \frac{4}{9}\left\{\left[(N+1)^{\frac{3}{2}} - N^{\frac{3}{2}}\right]^2 - \left[N^{\frac{3}{2}} - (N-1)^{\frac{3}{2}}\right]^2\right\}$$

TABLICA 1.

Entropske karakteristike pozadinskog zračenja u nekim fazama razvoja svemira

N	*g*	*W*	*S/k*	*S / JK^{-1}*	*s/k*	*(dS/dN)/k*
0	1.00	1.00	0	0	0	0
1	2.99	2.99	1.09	$1.51 \cdot 10^{-23}$	$6.26 \cdot 10^{103}$	1.64
2	4.70	22.07	3.09	$4.27 \cdot 10^{-23}$	$2.21 \cdot 10^{103}$	2.32
3	6.65	294.30	5.68	$7.84 \cdot 10^{-23}$	$1.20 \cdot 10^{103}$	2.84
4	8.92	6323.53	8.75	$1.21 \cdot 10^{-22}$	$7.82 \cdot 10^{102}$	3.28
5	11.55	$2.05 \cdot 10^{5}$	12.23	$1.69 \cdot 10^{-22}$	$5.60 \cdot 10^{102}$	3.67
6	14.58	$9.61 \cdot 10^{6}$	16.08	$2.22 \cdot 10^{-22}$	$4.26 \cdot 10^{102}$	4.02
7	18.07	$6.30 \cdot 10^{8}$	20.26	$2.8 \cdot 10^{-22}$	$3.38 \cdot 10^{102}$	4.34
8	22.07	$5.63 \cdot 10^{10}$	24.75	$3.42 \cdot 10^{-22}$	$2.77 \cdot 10^{102}$	4.64
9	26.63	$6.73 \cdot 10^{12}$	29.54	$4.08 \cdot 10^{-22}$	$2.32 \cdot 10^{102}$	4.92
10	31.80	$1.06 \cdot 10^{15}$	34.60	$4.77 \cdot 10^{-22}$	$1.98 \cdot 10^{102}$	5.19
$1.04 \cdot 10^{57}$	$10^{1.53E+28}$	$10^{1.59E+85}$	$3.67 \cdot 10^{85}$	$5.06 \cdot 10^{62}$	$1.87 \cdot 10^{18}$	$(2.79\text{-}5.60) \cdot 10^{28}$
$1.18 \cdot 10^{61}$	$10^{1.57E+27}$	$10^{1.85E+88}$	$4.27 \cdot 10^{88}$	$5.89 \cdot 10^{65}$	$1.49 \cdot 10^{9}$	$2.71 \cdot 10^{27}$

'Napomena:

1) Za $N = 1$ do $\alpha = 0$ i $\beta \approx 0$ veličina f je računana prema

$$f \equiv \overline{f} = f_R - Q_g B = 0.547\,, \tag{1'}$$

$$\overline{f} = \frac{1}{N_R - 1}\int_1^{N_R} f dN = \frac{1}{N_R - 1}\int_1^{N^R}\left(f_* - Q_g B \ln N\right) \cdot dN\,, \tag{2'}$$

$$\overline{f} = f_* - \frac{Q_g B}{N_R - 1}\int_1^{N_R} \ln N \cdot dN \Rightarrow \overline{f} = \underbrace{\left(f_* - Q_g B \ln N_R\right)}_{f_R} - Q_g B\,, \tag{3'}$$

$$\overline{f} = f_R - Q_g B \approx f_R = 0.55\,. \tag{4'}$$

2) Za $N_0 = 1.18 \cdot 10^{61}$ (danas) g je računan prema

$$g = e^{\frac{4 f^{-\frac{3}{4}} \chi}{3} \cdot N^{\frac{1}{2}}}\,; \quad \text{za } N > N_R \quad f = \frac{f_R N_R}{N}\,. \tag{5'}$$

3) Entropija je računana prema

$$S = k \ln W\,. \tag{6'}$$

TABLICA 2.

$\Delta S / \Delta N$ *pozadinskog zračenja u ranim fazama vasione*

N	0	1	2	3	4	5	10	20	100
$(\Delta S / \Delta N)/k$ *(7.30)*	1.65	3.02	3.92	4.64	5.26	5.82	8.04	11.23	24.88
$(\Delta S / \Delta N)/k$ *(7.29)*	0.00	2.48	3.51	4.30	4.96	5.55	7.85	11.10	24.81

TABLICA 3.

Vrijeme i minimalni vremenski interval u ranoj vasioni

N	t/t_P (6.2)	t/t_P (7.32)	dt/t_P (7.24)	$\Delta t_{\min}/t_P$ (7.33)
1	1	1,49	1	1,04
2	2	2,49	1	1,006
3	3	3,49	1	1,002
4	4	4,50	1	1,001
5	5	5,50	1	1,0008
10	10	10,50	1	1,0002
20	20	20,50	1	1,00005
100	100	100,50	1	1,000002
1000	1000	1000,50	1	1,00000007

Podaci iz stupaca 2 i 4 dobijeni su pomoću formula koje leže u osnovi plankonskog modela.

TABLICA 4.

Neki parametri "Što bi bilo..." svemira

	$(dS/dN)_{max}$	$(dS/dN) = 0$
N	$9.0 \cdot 10^{134}$	$4.0 \cdot 10^{135}$
t / god	$1.5 \cdot 10^{84}$	$6.9 \cdot 10^{84}$
R / g.s.	$1.5 \cdot 10^{84}$	$6.9 \cdot 10^{84}$
M / kg	$1.2 \cdot 10^{127}$	$8.7 \cdot 10^{127}$
E / J	$1.8 \cdot 10^{144}$	$7.8 \cdot 10^{144}$
ρ / kg m^{-3}	$1.5 \cdot 10^{-174}$	$7.4 \cdot 10^{-176}$
f	$4.57 \cdot 10^{-3}$	0
S/k	?	0
(dS/dN)/k	$1.4 \cdot 10^{66}$	0
T / K	$9.5 \cdot 10^{-37}$	0
e / C	$7.70 \cdot 10^{-20}$	$7.66 \cdot 10^{-20}$

NEKE (ASTRO) FIZIKALNE VELIČINE

VELIČINA	VRIJEDNOST
Planckova duljina (reducirana)	$\lambda\!\!\!^{-}_P = 1.61 \cdot 10^{-35}\, m$
Planckovo vrijeme	$t_P = 5.38 \cdot 10^{-44}\, s$
Planckova masa	$M_P = 2.18 \cdot 10^{-8}\, kg$
Planckova energija	$E_P = 1.96 \cdot 10^{9}\, J$
Planckova gustoća	$\rho_P = 1.2 \cdot 10^{96}\, kg \cdot m^{-3}$
Planckova tempeatura	$T_P^{'} = 1.42 \cdot 10^{32}\, K$
Planckova temp.(zračenja)	$T_P = 1.10 \cdot 10^{32}\, K$
brzina svjetlosti u vakuumu	$c = 2.99792458 \cdot 10^{8}\, ms^{-1}$
elementarni el. naboj	$e = 1.602176462 \cdot 10^{-19}\, C$
konstanta fine strukture	$\alpha = 1/137.03599976$
masa protona	$m_{pr} = \begin{cases} 1.67262158 \cdot 10^{-27}\, kg \\ 938.271998 MeVc^{-2} \end{cases}$
gravitaciona konstanta	$G = 6.67259 \cdot 10^{-11}\, m^3 kg^{-1} s^2$
Boltzmannova konstanta	$k = 1.3806503 \cdot 10^{-23}\, JK^{-1}$
Planckova (reducirana) konstanta	$\hbar = 1.054571596 \cdot 10^{-34}\, Js$
Stefan-Boltzmannova konstanta	$a = 7.563 \cdot 10^{-16}\, Jm^{-3} K^{-4}$
Wienova konstanta	$b = 2.89782 \cdot 10^{-3}\, mK$
temperatura reliktnog zračenja	$T_0 = 2.725 \pm 0.001 K$
gustoća entropije/Boltz. konstanta	$s/k = 2.8892 \cdot 10^{9}\, m^{-3}$

<u>Daljnje veličine su isključivo rezultat plankonskog modela:</u>

radius svemira	$R_0 = 20.1 \cdot 10^{9}\, g.s.$
starost svemira	$t_0 = 20.1 \cdot 10^{9}\, godina$
masa svemira	$M_0 = 2.57 \cdot 10^{53}\, kg$
vlastita energija svemira	$E_0 = 2.31 \cdot 10^{70}\, J$
gustoća (kritična) svemira	$\rho_0 = 8.62 \cdot 10^{-27}\, kgm^{-3}$
parametar gustoće svemira	$\Omega = \rho / \rho_0 = 1$
„snaga“ svemira	$P = 3.65 \cdot 10^{52} W$
spin svemira	$L = 0$
Hubbleova konstanta	$H_0 = 48.6 kms^{-1} Mpc^{-1}$
kozmološka konstanta	$\Lambda_0 = 2.31 \cdot 10^{-54}\, m^{-2}$
temperatura rekombinacije	$T_R = 3000 K$
$E_Z(1)/E_P$	$f_* = 0.9494$
$E_Z / E(N_R)$	$f_R = 0.59$
$E_Z(N_0)/E(N_0)$	$f_0 = 5.18 \cdot 10^{-5}$
kvantni broj svemira	$N_0 = 1.18 \cdot 10^{61}$

kvantni br. svemira (rekombinacija)	$N_R = 1.04 \cdot 10^{57}$
entropija zračenja	$S_0 = 4.27 \cdot 10^{88} k$
entropija zračenja (rekombinacija)	$S_R = 1.84 \cdot 10^{55} k$
promjena entropije/promjena kv. broja	$(dS / dN)_0 = 2.71 \cdot 10^{27} k$
kao gore (za rekombinaciju)	$(dS / dN)_R = 2.66 \cdot 10^{28} k$
gustoća entropije/Boltzmannova konst.	$(s / k)_0 = 1.49 \cdot 10^{9} m^{-3}$
parametar ϑ_1	$\vartheta_1 = 182.8 \; do \; 373.2 \; K^2 W^{-1} J^{-1}$
parametar ϑ_2	$\vartheta_2 = 1.23 \cdot 10^{36} J^5 W^{-1} K^{-4}$
empirijski kronon	$t_{Pe} = 7.01 \cdot 10^{-25} s$
RAM plankona	$n_B = 1.305 \cdot 10^{19}$
inicijalni električni naboj	$e_* = 1.5144 \cdot 10^{-18} C$
inicijalna vrijednost konst. fine strukture	$\alpha_* = 0.652$
broj gravitona po plankonu	$n_g = 1.7 \cdot 10^{38}$
jakost gravitacione interakcije	$\alpha_g = 5.87 \cdot 10^{-39}$
gravitacioni „naboj“ gravitona	$q_g = 5.87 \cdot 10^{-39} C$
gravitacioni „naboj“ protona	$Q_{gpr} = 7.66 \cdot 10^{-20} C$
gravitacioni „naboj“ plankona	$Q_{gP} = 1C$
specifični „naboj“ gravitona	$q_g / M_g = 4.59 \cdot 10^{7} Ckg^{-1}$
broj neanihiliranih „virtona“	$\Delta n_* = 6.60 \cdot 10^{17}$
parametar B	$B = 3.9694 \cdot 10^{16} C^{-1}$
broj bariona u svemiru	$N_{B0} = 7.3 \cdot 10^{79}$
broj fotona u svemiru	$N_{f0} = 1.6 \cdot 10^{88}$
broj fotona po barionu	$N_{f0} / N_{B0} = 2.2 \cdot 10^{8}$
broj gravitona u svemiru	$N_{g0} = 2 \cdot 10^{99}$
broj gravitona po barionu	$N_{g0} / N_{B0} = 2.7 \cdot 10^{19}$
masa gravitona	$M_g = \begin{cases} 1.28 \cdot 10^{-46} \; kg \\ 7.2 \cdot 10^{-11} \; eVc^{-2} \end{cases}$
masa X-bozona	$M_X \approx 2 \cdot 10^{14} GeVc^{-2}$
masa a-čestice	$M_a \approx 3.4 \cdot 10^{9} GeVc^{-2}$
masa b-čestice	$M_b \approx 5.6 \cdot 10^{4} GeVc^{-2}$
masa Higgsove čestice	$M_H = 160.5 \, GeVc^{-2}$
valna duljina gravitona	$\lambda_g = 1.73 \cdot 10^{4} \; m$
frekvencija gravitona	$\nu_g = 1.74 \cdot 10^{4} \; Hz$

Napomena: *indeks 0 označava sadašnju vrijednost, * se odnosi na plankonski period (N = 1), a R na rekombinaciju (*$N_R = 1.04 \cdot 10^{57}$*).*

SADRŽAJ

THE RETURN OF THE ABSOLUTE TIME?

Uniting cosmological with termodinamical arrow of time, this work is - within planckonian model of Universe (see [1], [3] and possibly [2]) - conecting, so called, cosmological time with entropy change of the background radiation (of the Universe) per unit of quantum number of the Universe. This is how absolute time is introduced. Its basis is represented by consecutive quantized energy states during expansion of Universe, followed by birth of matter and radiation. It appears that this time - defined with respect to entropy of background radiation - is unidirectional, linear and homogenic (except in the first moments after Big Bang), positive-definite and absolute (universal). The last is insured on the ground of invariance of entropy with respect to relativistic (Lorentz) transformations.