

SEKULARNA PROMJENA UDALJENOSTI Zemlja-Sunce

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

SAŽETAK

Pokušava se objasniti, analizirajući kozmološke okolnosti u kojima se pojava zbiva, udaljavanje *Zemlje* od *Sunca* od oko 10 metara u 100 godina – otkrića do kojega se došlo sustavnim vrednovanjem prošlih opažanja. Rješenje koje se nudi, bazirano je na pojavi promjene kozmološke akceleracije širenja svemira.

1. UVOD

Sve svjetske novinske agencije prenijele su tijekom 2006. godine vijest:

„Udaljenost između *Zemlje* i *Sunca* svakih se 100 godina poveća za 10 metara', rekao je njemački znanstvenik *Claus Lammerzahl* na 70. godišnjem zasjedanju *Njemačkog fizikalnog društva (DPG)* u *Munchenu*. Do tog rezultata znanstvenici su, po *Lammerzahu*, došli svojim izračunima u kojima su podaci dobiveni promatranjem nebeskih tijela u proteklih 120 godina još jedanput sustavno vrednovani. Razlog za stalno udaljavanje *Sunca* i *Zemlje* ne može se objasniti tradicionalnim metodama i znanjem fizike gravitacije...“

(„*Feral Tribune*“, 29.3.2006.)

Ipak, mi ćemo to pokušati, analizom detalja globalne pojave – širenja svemira - te uklapanjem čitave pojave u taj kontekst.

2. ŠIRENJE SVEMIRA – prvi korak

Prema novim spoznajama, ekspanzija svemira ne odvija se jednoliko, stalnom brzinom – ona se dešava ubrzano. U jednom ranijem radu pokazano je – uz akceptiranje promjene predznaka, s obzirom da smo pojavu tretirali u odnosu na referentni sistem nevezan za *Zemlju* - kako se širenje zbiva s akceleracijom

$$a = -c \cdot H \quad (2.1)$$

c – brzina svjetlosti'

gdje, uz različite vrijednosti *Hubbleove konstante*

$$H = (50 - 100) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} \quad (2.2)$$

dobijamo za nju različite iznose. Naši proračuni baziraju se na slijedećim vrijednostima:

$$a_1 = -4.7 \cdot 10^{-10} \text{ ms}^{-2}; \quad (H_1 = 48.6 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}) \quad - \text{plankonska teorija}$$

$$a_2 = -6.9 \cdot 10^{-10} \text{ ms}^{-2}; \quad (H_2 = 71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}) \quad - \text{WMAP misija}$$

$$a_3 = -7.6 \cdot 10^{-10} \text{ ms}^{-2}; \quad (H_3 = 78 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1})$$

S obzirom da *Hubbleov parametar nije* konstanta, već ovisi o starosti svemira, širenje svemira se može smatrati jednoliko ubrzanim samo u intervalima vremena zanemarivim u odnosu na njegovu starost:

$$t \ll T. \quad (2.3)$$

Ta činjenica utječe na promjenu kozmološke akceleracije

$$da = -c \cdot dH, \quad (2.4)$$

odnosno,

$$da = cH^2 \cdot dt. \quad (2.5)$$

Ubrzanje širenja se, dakle, sve više povećava. S obzirom na vrijednosti *Hubbleova parametra* za koje smo se odlučili, imamo za *promjenu kozmološke akceleracije* u jedinici vremena:

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_1 = 7.5 \cdot 10^{-28} \text{ ms}^{-3}$$

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_2 = 1.6 \cdot 10^{-27} \text{ ms}^{-3}.$$

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_3 = 1.9 \cdot 10^{-27} \text{ ms}^{-3}$$

Napomena

Kad govorimo o *ubrzanom* širenju svemira, pod time podrazumijevamo slijedeće: ekspanzija se - gledano iz našeg referentnog sistema i barem na kozmološki kraće razdoblje - ustvari *usporava*, međutim to *usporavanje* biva *sve manje* (*promjena akceleracije* je veća od nule: $da > 0$, odnosno – *deceleracija se smanjuje*).

3. ŠIRENJE SVEMIRA – drugi korak (Hubbleov zakon)

Zauzimajući geocentrično stanovište, opažač na *Zemlji* zapaža (barem u kozmološkim razmjerima) kako se svi nebeski objekti, kao posljedica širenja svemira, udaljavaju od *Zemlje* brzinom izraženom *Hubbleovim zakonom*

$$v = H \cdot r$$

r – udaljenost objekta od Zemlje

(3.1)

Izražavajući brzinu kao derivaciju iznosa radius vektora po vremenu,

$$v = \frac{dr}{dt},$$
(3.2)

dolazimo do diferencijalne jednačbe

$$\frac{dr}{r} = H \cdot dt$$
(3.3)

čije rješenje, uz uvjet

$$H = const,$$
(3.4)

koji možemo primjeniti na intervale vremena kratke u usporedbi sa starošću svemira – a upravo u takvim vremenskim razmacima ćemo tretirati pojavu koju nastojimo objasniti - je eksponencijalnog oblika

$$r = r_0 e^{H \cdot t}$$

r_0 – udaljenost objekta od Zemlje u èas $t = 0$

(3.5)

Svemir se, dakle - u kozmološki kraćim vremenskim razmacima - eksponencijalno širi. Učinivši razvoj gornje relacije u red, dolazimo do izraza za vremensku promjenu udaljenosti objekata od Zemlje

$$\Delta r = r - r_0 = (r_0 H) \cdot t + \frac{(r_0 H^2) \cdot t^2}{2} + \frac{(r_0 H^3) \cdot t^3}{6} + \dots$$
(3.6)

Ostale članove reda, zbog svoje neznatne veličine, zanemarujemo. Znajući princip razvoja funkcije u red, možemo pisati

$$\Delta r = r - r_0 = v_0 \cdot t + \frac{a_0 \cdot t^2}{2} + \frac{\left(\frac{da}{dt}\right)_0 \cdot t^3}{6}.$$
(3.7)

Prvi član s desne strane odnosi se na jednoliko širenje, drugi član daje utjecaj kozmološke akceleracije na udaljavanje objekata, dok treći predstavlja doprinos promjene kozmološke akceleracije ekspanziji vasione. Bitni djelovi ovog drugog koraka su u akceptiranju ovog važnog člana, te u prihvaćanju pretpostavke da možemo učiniti slijedeće zamjene:

$$\begin{aligned} \text{umjesto: } a &= r_0 H^2 = v_0 H \\ \text{pisemo: } a &= -cH \end{aligned}$$
(3.8)

$$\begin{aligned}
 & \text{i} \quad \text{umjesto : } \left(\frac{da}{dt} \right)_0 = r_0 H^3 = v_0 H^2, \\
 & \text{pisemo : } \left(\frac{da}{dt} \right)_0 = c H^2,
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

pri čemu nadalje, pod H podrazumijevamo *suvremenu* (današnju) vrijednost *Hubbleova parametra*. Dakle, dobivamo za promjenu kozmološke akceleracije

$$da = c H^2 \cdot dt, \tag{3.10}$$

izraz koji pokazuje kako ona raste sa vremenom – svemir se *sve više ubrzava*, sasvim u skladu sa (2.5). Derivirajući (3.1) po vremenu – uz pretpostavku da i ovisi o njemu – dobija se

$$a \equiv \frac{dv}{dt} = H \frac{dr}{dt} + r \frac{dH}{dt}, \tag{3.11}$$

odakle zaključujemo, vodeći računa o uslovu (3.4), da je širenje svemira ubrzano, s akceleracijom

$$a = H \frac{dr}{dt} = H v = H^2 r \tag{3.12}$$

Uzimajući $v = -c$ dobijamo naš, ranije pretpostavljeni izraz (3.8) za kozmološku akceleraciju.

4. ŠIRENJE SVEMIRA I VELIČINA ASTRONOMSKE JEDINICE

Jasno je da izraze (3.6) i (3.7) ne možemo primjeniti na kozmološko udaljavanje *unutar gravitaciono vezanih sustava* kao što su *Sunčev sistem* ili galaksije. U protivnom bi se svaki takav sistem već odavno disipirao – raspao – čemu svakako nije tako. Čini se da gravitacija, unutar ograničenog područja, u velikoj mjeri sprečava širenje prostora. Nas međutim zanima treći član relacije (3.7) – član, koji pokazuje da na kozmološko širenje svemira utječe i *promjena kozmološke akceleracije*.

Kako je kozmološka akceleracija (2.1) jednaka za sve objekte svemira, odnosno, ne ovisi o međusobnoj udaljenosti *Zemlje* i *Sunca*, to oba tijela, kao *gravitaciono vezani sustav* – dobijajući isto ubrzanje – čuvaju svoju međusobnu distancu nepromijenjenu. Ovaj sustav giba se kao cjelina, ne mijenjajući međusobnu udaljenost, (približno) jednoliko ubrzano, prevaljujući pritom put

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2}. \tag{4.1}$$

Usljed, kako smo pokazali, nestalnosti ubrzanja širenja kozmosa, taj je put – u danom trenutku - *veći* za veličinu

$$ds = \frac{t^2 \cdot da}{2}, \tag{4.2}$$

odnosno

$$ds = \frac{cH^2 t^2 dt}{2}, \quad (4.3)$$

odakle integracijom dobivamo za konačni interval vremena ($\Delta t \equiv t$)

$$\Delta s = \frac{cH^2 t^3}{6}. \quad (4.4)$$

Promjena kozmološkog ubrzanja (2.5), odnosno (3.10), se međutim ne reflektira istovremeno na *Zemlju* i *Sunce*. Naime, zbog konačne brzine širenja bilo koje promjene (brzinom svjetlosti) ona se odražava na *Sunce* sa izvjesnim kašnjenjem ($\Delta t \equiv t$) u odnosu na *Zemlju* (ili obrnuto). Kašnjenje – u slučaju sustava *Zemlja-Sunce* – iznosi 498.7 sekundi. To i dovodi do promjene njihove relativne udaljenosti, a ona iznosi upravo Δs . Naime, *lokalne kozmološke prilike* na položajima *Zemlje*, odnosno *Sunca* – izražene *trenutnom vrijednošću* kozmološke akceleracije na njihovim položajima – međusobno se razlikuju. Relativno ubrzanje ova dva tijela *nije jednako nuli*. U svakom intervalu od 498.7 sekundi – potrebnom da se promjena proširi duž tog sistema – *Zemlja* se ponešto *odmakne* od *Sunca* („povučena“ kozmološkim širenjem prostora). Smijemo, dakle, staviti

$$\Delta r_z \equiv \Delta s, \quad (4.5)$$

odnosno,

$$r_z = r_{z0} + \Delta s, \quad (4.6)$$

tj.

$$r_z = r_{z0} + \frac{cH^2 t^3}{6}. \quad (4.7)$$

Udaljenost *Zemlje* od *Sunca* (astronomska jedinica) se *povećava* sa vremenom. Sekularno *povećanje* astronomske jedinice je *stvarno* - *Zemlja* se *udaljava* od *Sunca*, kao što se i interpretiraju dobijeni rezultati mjerenja.

U stotinu godina

$$t = 100 \text{ god} = 3.16 \cdot 10^9 \text{ s},$$

njeno odstupanje od suvremene vrijednosti iznosi:

$$(\Delta r_z)_1 = 3.9 \text{ m}$$

$$(\Delta r_z)_2 = 8.3 \text{ m},$$

$$(\Delta r_z)_3 = 10.1 \text{ m}$$

sasvim u skladu s podacima iz [2] ($\Delta r_z = (7 \pm 2) \text{ m}$ u 100 godina).

Zemlja je, dakle, prije 100 godina bila 10 metara bliža *Suncu* negoli je danas. Zašto do sada nismo zapazili ovu razliku od 10 metara u 100 godina? Očito zato što je presitna da bismo je detektirali direktnim mjerenjima.

5. MJERENJE UDALJENOSTI Zemlja-Sunce

Kao što je *Einstein* svojedobno rekao: „*Tek teorija odlučuje što ćemo mjeriti*“. Primjenjeno na astronomiju – recimo, na mjerenje udaljenosti objekata metodom radarskog odraza – to znači da moramo imati bar najjednostavniju „teoriju“: teoriju jednolikog pravocrtnog gibanja, uz koncept (činjenicu) konstantnosti – vremenske neovisnosti – brzine svjetlosti (c). Dakle, tek iz relacije

$$r_Z = c \cdot t \quad (5.1)$$

možemo odrediti udaljenost r_Z – *Sunca* od *Zemlje*, mjerenjem vremena t – potrebnog da registriramo radarski odraz sa *Sunca* (ustvari – *pola* tog vremena).

Zamislimo li da se iz nekog (bilo kojeg) razloga, promijeni udaljenost *Zemlja-Sunce*

$$\Delta r_Z = c \cdot \Delta t, \quad (5.2)$$

to će utjecati na nešto raniji ili kasniji prijem radarskog odraza. Podijelimo li (5.2) sa (5.1) dobiva se

$$\Delta r_Z = r_Z \cdot \frac{\Delta t}{t}. \quad (5.3)$$

Uz standardnu vrijednost za daljinu *Sunca* od *Zemlje*

$$r_{Z0} = 149.6 \cdot 10^9 \text{ m} = 1 \text{ AJ},$$

odraz elektromagnetskog impulsa putuje od *Sunca* ka *Zemlji*

$$t = 498.7 \text{ s}.$$

Kako najkraće – radarsko - mjerenje udaljenosti *Sunca* traje (barem u principu) tek oko 2×500 sekundi, to u tom kratkom intervalu ($t_* = 997.4 \text{ s}$) prema (5.3)

$$\Delta t = \frac{t_*}{2} \cdot \frac{\Delta r_Z}{r_Z}, \quad (5.4)$$

primamo signal neznatno (zanemarivo) *ranije/kasnije* no što bismo ga očekivali prema (5.1). Pošto se tokom 498.7 s radius *Zemljine putanje*, prema (4.4), *poveća* za

$$(\Delta r_Z)_2 = 3.3 \cdot 10^{-20} \text{ m}, \quad (5.5)$$

to tijekom trajanja mjerenja *kašnjenje* signala iznosi

$$(\Delta t)_2 = 1.1 \cdot 10^{-28} \text{ s}. \quad (5.6)$$

Veličina sasvim izvan mogućnosti direktne detekcije i najpreciznijim satovima.

6. UDALJAVANJE PLANETA OD Sunca

Prihvaćajući ranije rečeno, možemo predvidjeti podjednako (isto) *udaljavanje* i ostalih planeta *Sunčeva sistema* u odnosu na „glavu“ porodice, što ilustrira slijedeća tabela:

TABELA

	$\Delta r / m$ u 100 god.	$\Delta r / m$ u 100 rev.	$\frac{\Delta r}{r} \cdot 100\%$ u 100 rev.	$\Delta r / m$ tokom odraza	$\Delta t / s$ tokom odraza
<i>Merkur</i>	8.3	0.12	$2.1 \cdot 10^{-10}$	$1.9 \cdot 10^{-21}$	$6.3 \cdot 10^{-30}$
<i>Venera</i>	8.3	1.9	$1.8 \cdot 10^{-9}$	$1.2 \cdot 10^{-20}$	$4.1 \cdot 10^{-29}$
<i>Zemlja</i>	8.3	8.3	$5.5 \cdot 10^{-9}$	$3.3 \cdot 10^{-20}$	$1.1 \cdot 10^{-28}$
<i>Mars</i>	8.3	55.3	$2.4 \cdot 10^{-8}$	$1.2 \cdot 10^{-19}$	$3.9 \cdot 10^{-28}$
<i>Jupiter</i>	8.3	$13.9 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^{-6}$	$4.6 \cdot 10^{-18}$	$1.5 \cdot 10^{-26}$
<i>Saturn</i>	8.3	$217.3 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$2.9 \cdot 10^{-17}$	$9.6 \cdot 10^{-26}$
<i>Uran</i>	8.3	$4.9 \cdot 10^6$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-16}$	$7.7 \cdot 10^{-25}$
<i>Neptun</i>	8.3	$36.7 \cdot 10^6$	$8.2 \cdot 10^{-4}$	$8.8 \cdot 10^{-16}$	$2.9 \cdot 10^{-24}$
<i>(Pluton)</i>	8.3	$124.1 \cdot 10^6$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$2.0 \cdot 10^{-15}$	$6.6 \cdot 10^{-24}$

Vrijednosti u tabeli računane su temeljem vrijednosti H_2 *Hubbleove konstante*.

(*drugi stupac daje promjenu radiusa orbite u 100 godina; treći – u 100 revolucija odgovarajuće planete; četvrti – relativnu promjenu iz prethodnog stupca u postocima; peti – promjenu radiusa orbite tijekom odraza radarskog snopa od Sunca do planete; šesti – vremensko kašnjenje impulsa tom prilikom*)

Uzmu li se u obzir približne vrijednosti 3. i 4. stupca, možemo zaključiti da planete *Sunčeva sustava* pokazuju tendenciju „*razrjeđivanja*“ – u skladu sa prihvaćenom interpretacijom podataka.

7. ZAKLJUČAK

Objašnjenje udaljavanja *Zemlje* od *Sunca* u iznosu *10 metara* u *100 godina*, javlja se kao posljedica promjenljivosti kozmološke akceleracije širenja svemira. Kako svakoj promjeni treba vremena da se proširi (od *Zemlje* do *Sunca*) to se u svakom intervalu od *498.7 sekundi* – potrebnom da se promjena proširi duž tog sistema – *Zemlja* ponešto *odmakne* od *Sunca* („*povučena*“ kozmološkim širenjem prostora), što u zbiru od *100 godina* dostiže do *10 metara*. Ovo je moguće objasniti, vodeći računa o kontekstu prevladavajućih kozmoloških okolnosti u kojima se pojava zbiva.

LITERATURA

- [1] L.Babić, „Anomalija kretanja 'Pioneera 10' i širenje svemira“, 2006.(neobjavljeno),
Internet: <http://planckon.nav.to/>
- [2] C.Lammerzahl, O.Preuss, H.Dittus, „Is the physics within the Solar system really understood?“, <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0604052>
- [3] „Feral Tribune“ (29.3.2006.), Split

U Čakovcu, 25.1.2007.

Ladislav Babić

SADRŽAJ

Sažetak	1
1. UVOD	1
2. ŠIRENJE SVEMIRA – <i>prvi korak</i>	1
3. ŠIRENJE SVEMIRA – <i>drugi korak (Hubbleov zakon)</i>	2
4. ŠIRENJE SVEMIRA I VELIČINA ASTRONOMSKE JEDINICE	4
5. MJERENJE UDALJENOSTI Zemlja-Sunce	6
6. UDALJAVANJE PLANETA OD Sunca	7
7. ZAKLJUČAK	7
Literatura	8
Sadržaj	9

SECULAR CHANGE OF THE DISTANCE Earth-Sun

Systematic valuation of previous data has led to the discovery of an increase of the Earth's distance from the Sun, around 10 meters in 100 years. In this work we try to explain this phenomenon by analyzing cosmological circumstances in which it occurs. The offered solution is based on the phenomenon of cosmological acceleration of the Universe expansion.