

Savoir sans Frontieres

VELIKI PRASAK



JEAN-PIERRE PETIT

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

Pustolovine Archibalda Higginsa

U epizodi

VELIKI PRASAK

Autor Jean-Pierre Pettit

Prijevod Tanja Mrkaj



Asocijaciјu, znanost bez granica, oformio je znanstvenik, astrofizičar, Jean-Pierre Petit, u cilju pružanja znanstvenih i tehničkih znanja najvećem broju naroda u što većem broju jezika. Ilustrirani albumi, koji su njegovo autorsko djelo, sada su pristupačni svima i to bez ikakve nadoknade. Formiranjem ove asocijacije svi su slobodni kopirati postojeće fajlove, bilo u digitalnom obliku ili kao printane kopije, mogu ih prosljeđivati školama, knjižnicama, sveučilištima ili asocijacijama čiji su ciljevi bliski ciljevima znanosti bez granica, ukoliko one tim putem ne stiču bilo kakvu materijalnu dobit, niti imaju kakve političke, sektaške ili propovjedačke konotacije. Ovi PDF fajlovi također se mogu učiniti dostupnim i putem kompjutorskih mreža školskih ili sveučilišnih knjižnica.

Jean-Pierre Petit nastoji otic̄i dalje u prosvjećivanju svijeta, i svoja dijela učiniti bližim što široj publici. Čak i nepismeni ljudi imat će mogućnosti uživanja u njegovim stripovima, jer će tekstualni dijelovi crteža „progovarati“ kada čitaoc upotrijebi dvostruki klik na njima. Ostali albumi bit će dvojezični tako što će prelazak s jednog jezika na drugi biti omogućen jednostavnim klikom. Na ovakav način stripovi bit će korisni i prilikom učenja stranih jezika i razvijanja jezičkih sposobnosti, uopće.

Jean-Pierre Petit rođen je 1937.godine. Svoju znanstvenu karijeru izgradio je kao francuski istraživač. Radio je kao plazma fizičar, upravljao centrom za kompjutorske nauke, pravio kompjutorske programe, objavio na stotine članaka u znanstvenim časopisima, radio je na raznim temama, počevši od mehanike fluida pa sve do teoretske kozmologije. Objavio je blizu trideset knjiga koje su prevedene na razne jezike.

Asocijaciju znanost bez granica možete upoznati i kontaktirati putem internet sajta:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

UVOD

Je li nebo oduvijek plavo?

Znaš Sofi, ponekad se pitam odakle sve potiče. Kako je Univerzum napravljen....

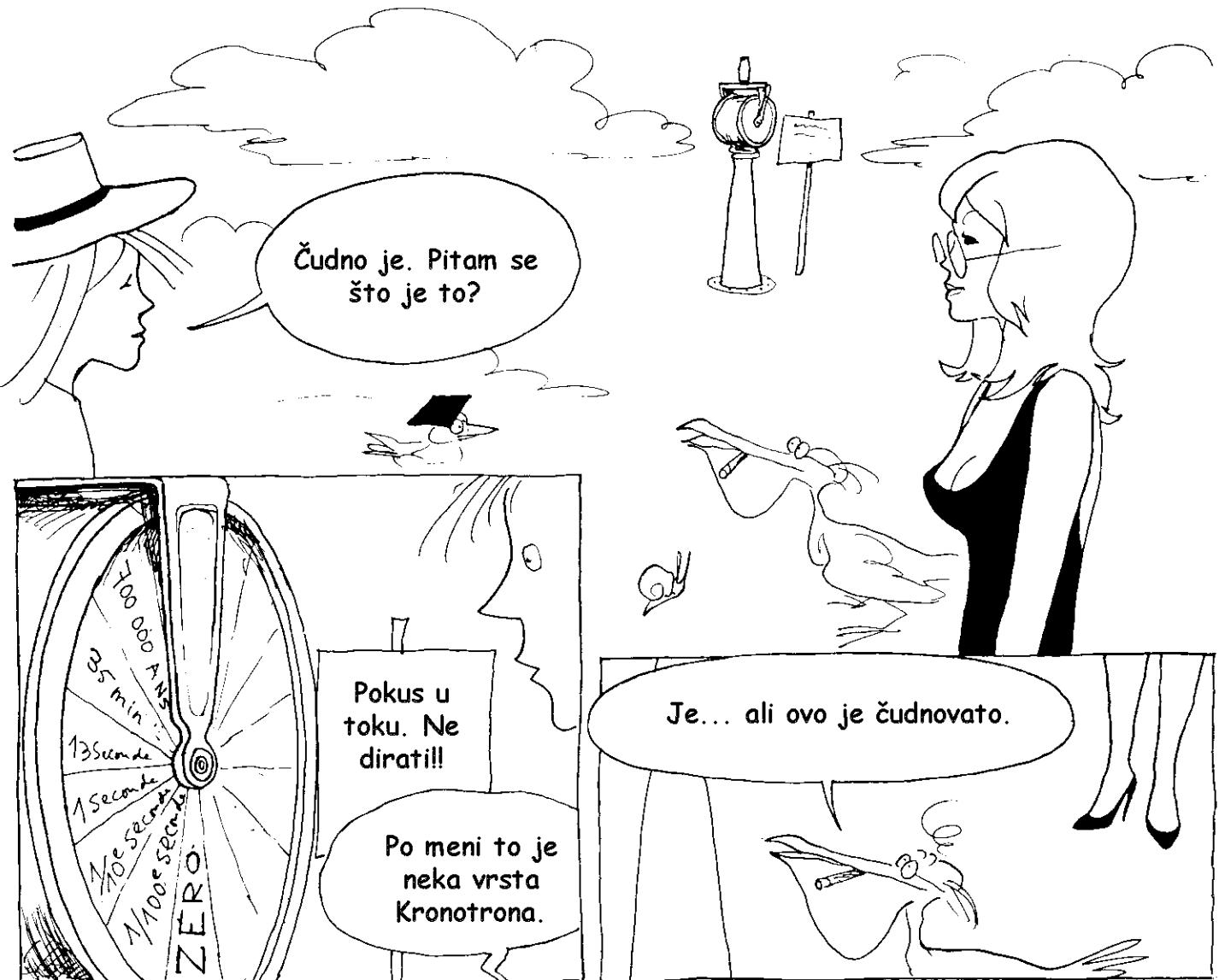
Je li sve oduvijek bilo isto kao i sad?
Zemlja, Sunce?

Na samom početku, naš univerzum je bio jako mali i jako vruć.

I sve se oduhalo?

Da. Ali to je jako dugačka priča.
za započeti je moram početi priču puno, puno godina prije....

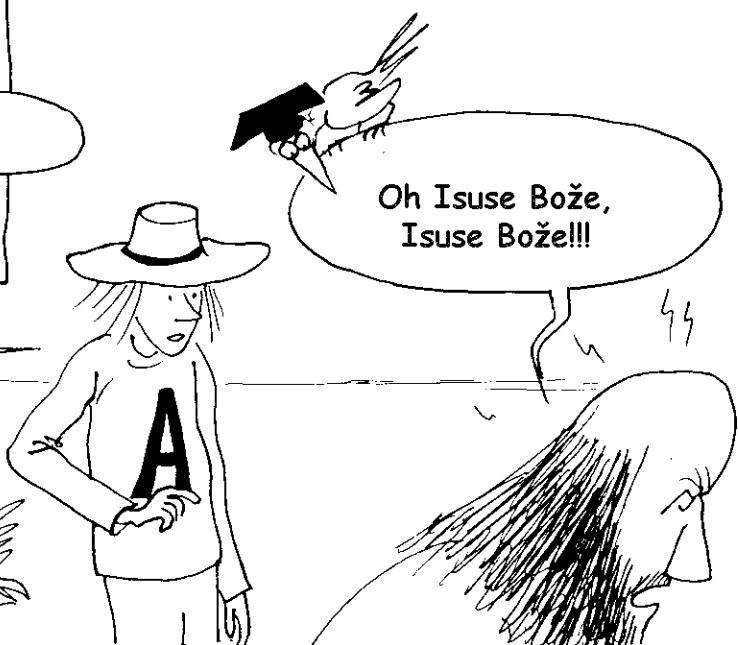
Hej! Dođite, pogledajte što sam pronašao!

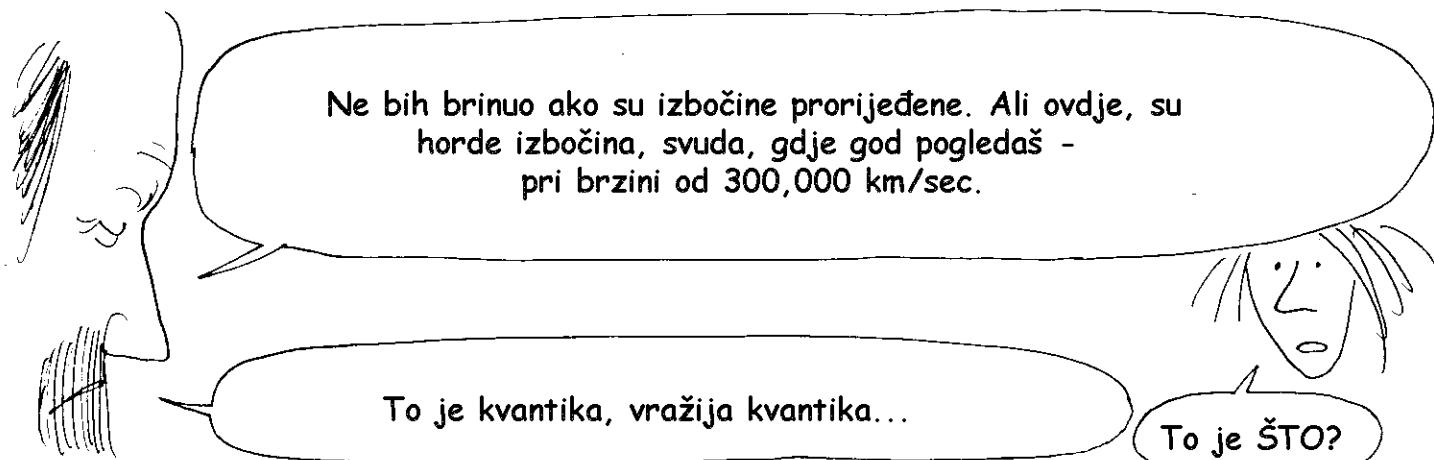


Odjednom....



NA SAMOM POČETKU





Ako je to univerzum, nema
baš puno toga na sebi!

Ali baš ima! Te
stvari su ovi
čudnovati valovi.

Ovaj univerzum ima dvije dimenzije, znači on je površina.
Izbočine na površini suglasne su česticama, masi i zračenju.
Kad bi živjeo u dvo-dimenzionalnom svijetu, ovako bi izgledao.

To uopće nije dobro...
uopće nije.

U našem tro-dimenzionalnom
svijetu, čestice su takođe
lokalne varijacije na zakrivljenost.

Prije je bilo
bolje.

Prije čega?

K vragu... ove čudnovate valove
budem nazvao fotonima.

Isuse Božel! Ovdje ima još tih stvari!!

Još?

Da. Pogledaj to!
Svuda su unaokolo!

To nije samo izbočina, one se rotiraju. Bože pomozi nam.

Oni su kao izgužvana posteljina, ili kao kovitlaci u vodi.

Čudno - jedan ide u jednom smjeru a drugi u drugom.

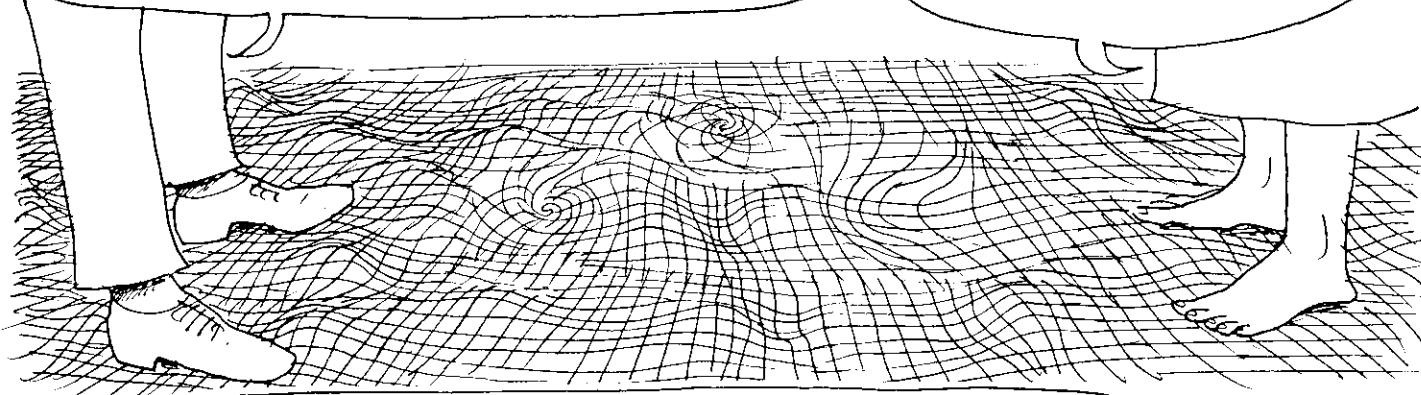
I kao fotoni, gibaju se pri brzini od 300,000 km/sec

Ove kovitlace budem nazvao Neutrioni kad se gibaju ovako:

... i antineutroni kad se gibaju u suprotnom smjeru

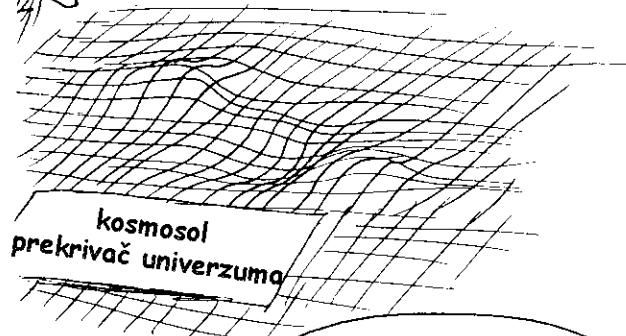
Giba se kao hladetina. Na ovom tepihu nema ni jedne jedine ravne točke. Izbočine su naslagane jedne pored drugih (*).

Ovaj univerzum je jako nepostojan. Totalni neuspjeh!



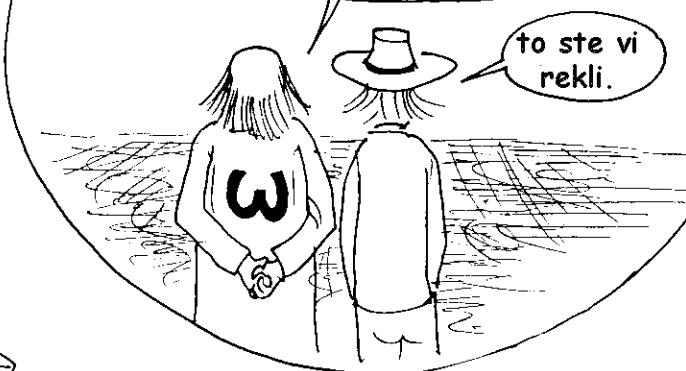
Kad bi tu bio nekakav red. Ali sve je uzalud...
Sve se zbiva nasumično.

A ja mrzim igre na sreću!



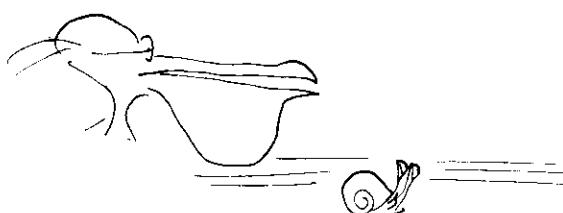
Šansa je frendu moj
vražija stvar.

to ste vi rekli.

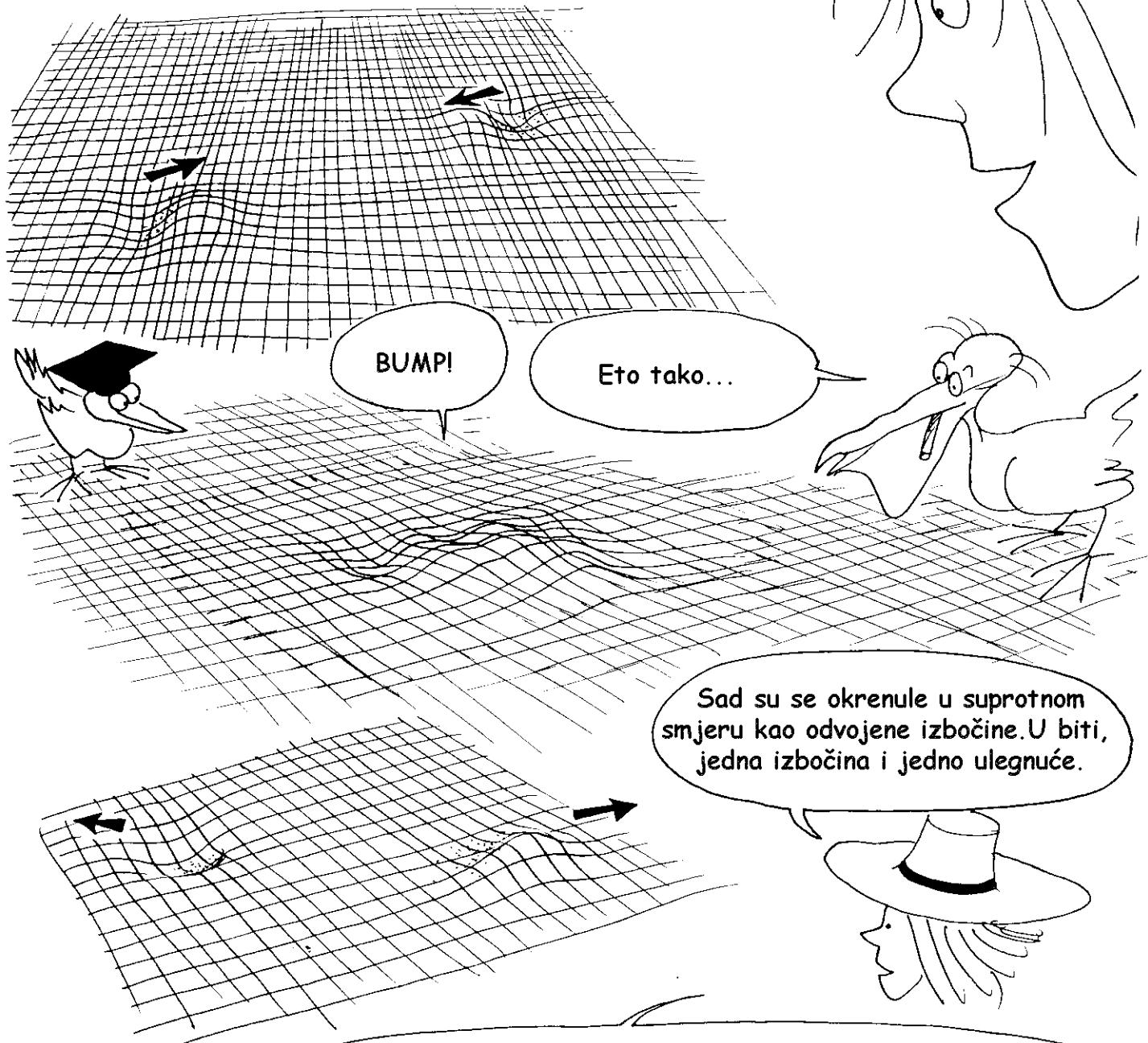


ne volim ni karte,
ni rulet, ni kocku...

Hej, pogledaj!
Nešto se zbiva tamo!



Dvije od tih izbočina se budu sudarile.



Dobro. Budem izbočio materiju i udubio antimateriju.
One imaju zakrivljenost, koja implicira masu.

Foton, izbočina i
ulegnuće u isto vrijeme,
je samo sebi antičestica.

Materija i antimaterija, stvorene od sudara fotona,
pojavljuju se pri relativističkoj brzini.

Izbočina, udubljenje, to su
proizvoljne odlike.

I što s tom tvojom
pametnom primjedborom,
stari moj?
Vide se jasne izbočine i
udubljenja...

To je zato što smo mi na ovoj strani tepiha. Da smo na drugoj
strani, izbočine bi postale udubljenje a udubljenje - izbočine.

Eh... ali ja mogu
vidjeti samo jednu
stranu!

Tiresias!!



(*) Od Epistemologije (teorija znanja) i Kopa (eng. cop) - opasan milicajac

Stvaranje i uništenje čestica, parova fotona, prate jedno drugo u opasnom ritmu.
U ovom kaotičnom svijetu besprekidnih promjena, nema prepoznatljive
strukture. Samo nahrupljena masa fotona, neutrona, antineutrona,
i gomila drugih čestica i antičestica. To je kaos (*)



Nazivam ovu veličinu lutajućih valića - Fotona - njihovom radio duljinom vala λ (lambda)

Pretpostavimo si ovo, tvorim lutajući val tako što prodrmam ovaj kanap. Ako ga polako protresem budem mu dala vrlo malo energije i onda je radio duljina vala λ velika.

A ako ga sad jače protresem dajem mu puno više energije i radio duljina λ je kratka.

Znači, što više energije ima lutajući val - to je kraća njegova radio duljina.

Odlučio sam, energiju koju prenosi foton, čestica svjetlosti, bude bio obrnuto proporcionalna svojoj radio duljini vala λ . Tj. E promjenjivo $\frac{1}{\lambda}$

tako mora biti...

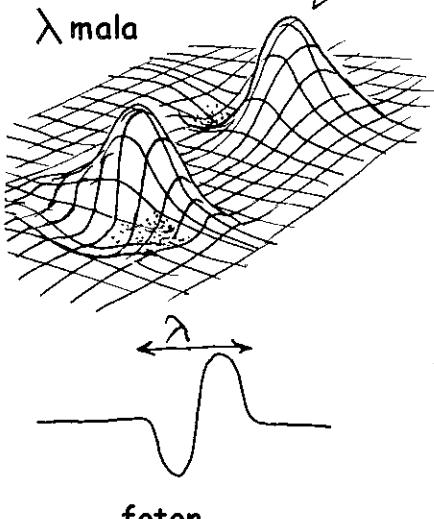
ŠTO SU STVARI MANJE ONE SU TEŽE

To je ok za ove lutajuće valiće koje si nazvao fotonima. Ali kako budeš pravio razliku između ovih visokih i niskih ispupčenja? Ili udubljenja?

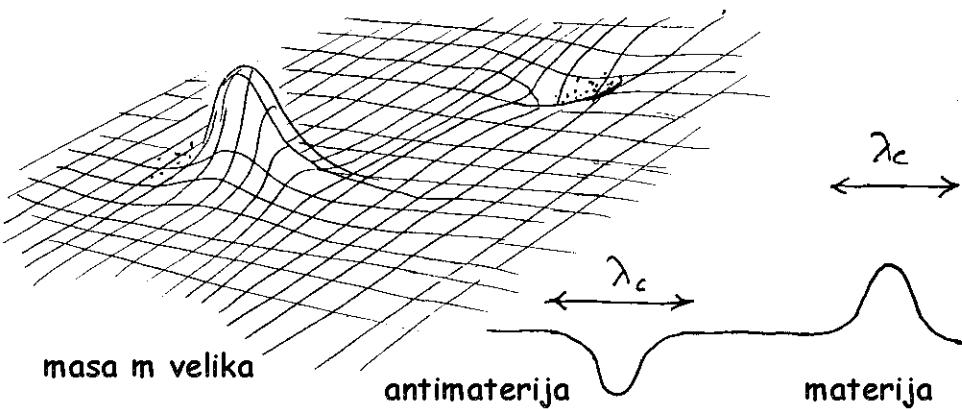
Veličinu udubljenja i ispupčenja budem nazvao njihovim compton radio dužinom vala λ_c . Njihova masa m bude bila suprotno proporcionalna. Tako se m mijenja kao $\frac{1}{\lambda_c}$

Visoko energetski fotoni, imaju kratku radio dužinu vala, oni proizvode čestice i (antičestice) koje su visoke i uske, tj. imaju masu m .

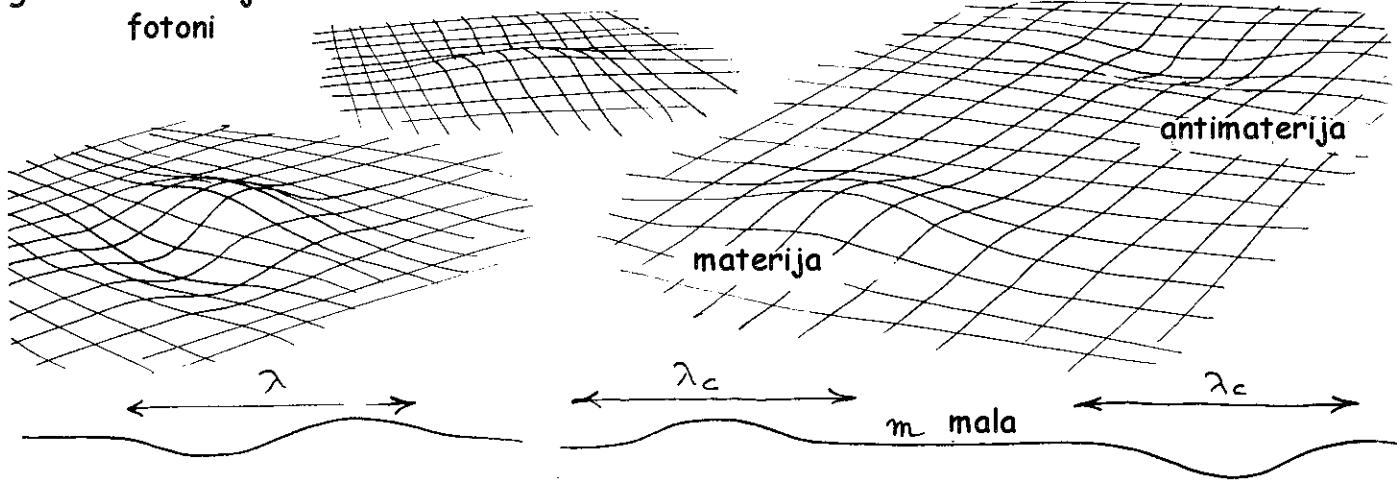
λ mala



λ_c mala: kratka compton radio dužina vala



dugačka radio duljina vala
fotoni



Dugačka radio-duljina vala → čestice sa dugačkom compton radio-duljinom vala. Suprotno, fotoni sa relativno malo energije daju rast pravu četica-antičestica sa dugačkom compton radio-duljinom vala. Tj., mala masa: λ_c velika, m mala.



U biti, to je puno jednostavnije.
Prepostavljam ovo $\lambda = \lambda_c$, drugim rječima
čestice (antičestice) su iste "veličine" kao fotoni
koji ih stvaraju.

To znači - kad jednom znaš masu bilo
koje čestice, možeš odmah utvrditi radio-duljinu
vala zračenja koje ih stvara.



(*) Upamti E (energija) = m (masa)
pogledaj strip "Sve je relativno"



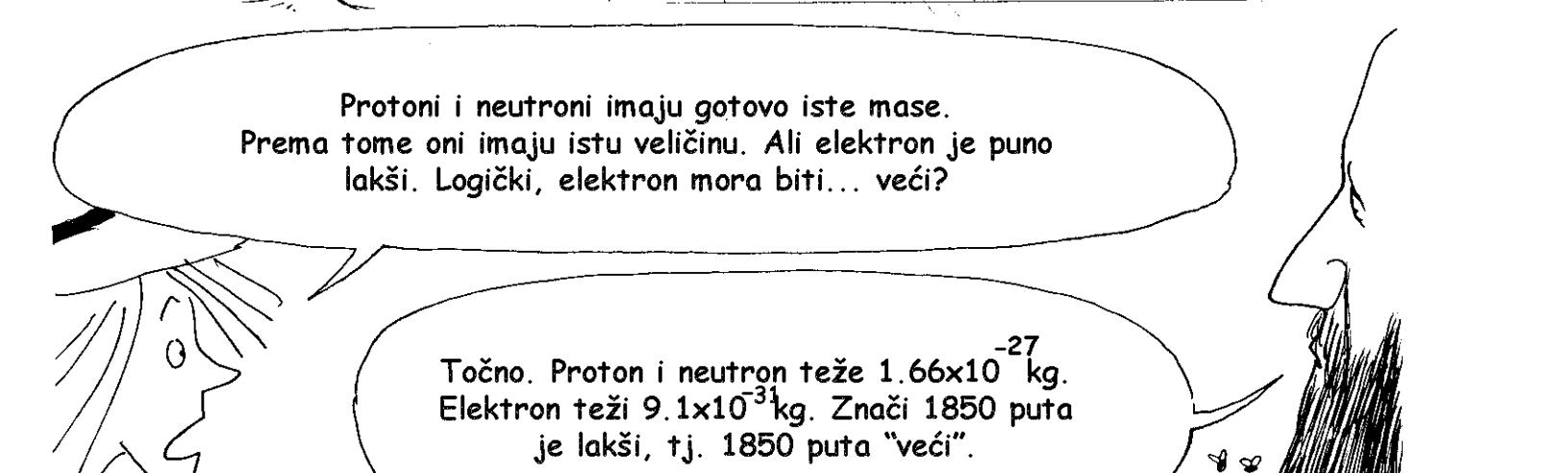
Čekaj, nešto ovdje ne valja!!!

Upsss,
oprosti.

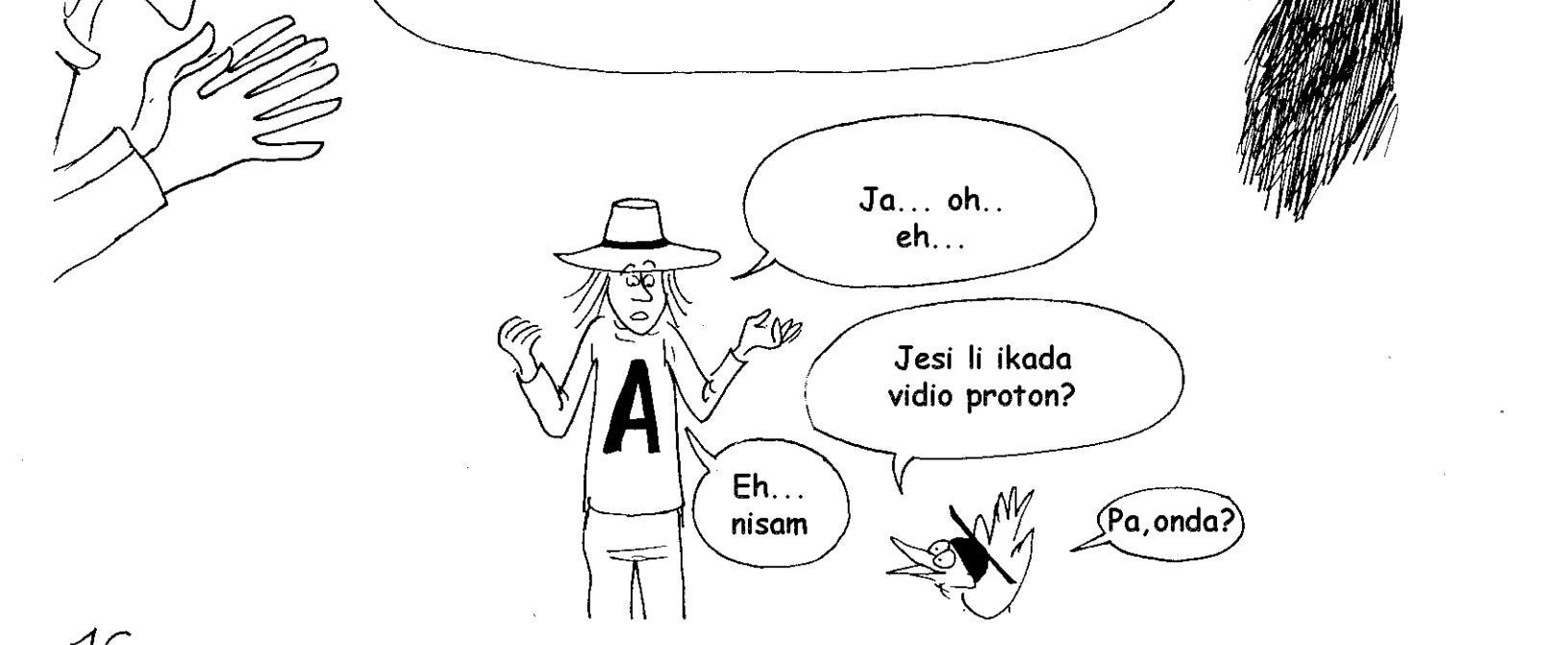
PING

!!!

Protoni i neutroni imaju gotovo iste mase.
Prema tome oni imaju istu veličinu. Ali elektron je puno
lakši. Logički, elektron mora biti... veći?



Točno. Proton i neutron teže 1.66×10^{-27} kg.
Elektron teži 9.1×10^{-31} kg. Znači 1850 puta
je lakši, tj. 1850 puta "veći".



Ja... oh...
eh...

Jesi li ikada
vidio proton?

Eh...
nisam

Pa, onda?

Današnja geneza je sasvim
fascinantna!!

Sofi, što to
praviš?

Atom vodika sa velikim elektronom i malim
protonom koji pravi svoj nukleus.

Oh, moj Bože, Moj Božell!
Kakva kaos!! Pa...
Možete mi pomoći dovesti u red ovaj kaos.

TEMPERATURA ZRAČENJA

T_R



STANJE URAVNOTEŽENOSTI

Mogu li mješavine čestica imati nekoliko temperatura?

PING!!

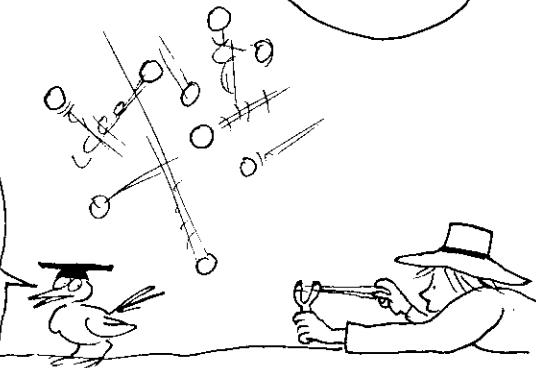
Da, to budemo vidjeli na str. 46. Za sad ostajemo na mješanju energije između čestica, ili sa fotonima, pokušava ih ujednačiti, tako stavlja sustav u stanje termodinamičke uravnoteženosti.

TEMPERATURA MATERIJE

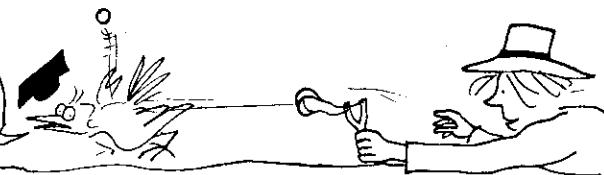
T_m

Sve ove materijalne čestice imaju raznovrsne mase m i brzine V .

Kinetička energija čestice je $\frac{1}{2}mV^2$.
A onda tu je prosječna (toplota) energija agitacije.



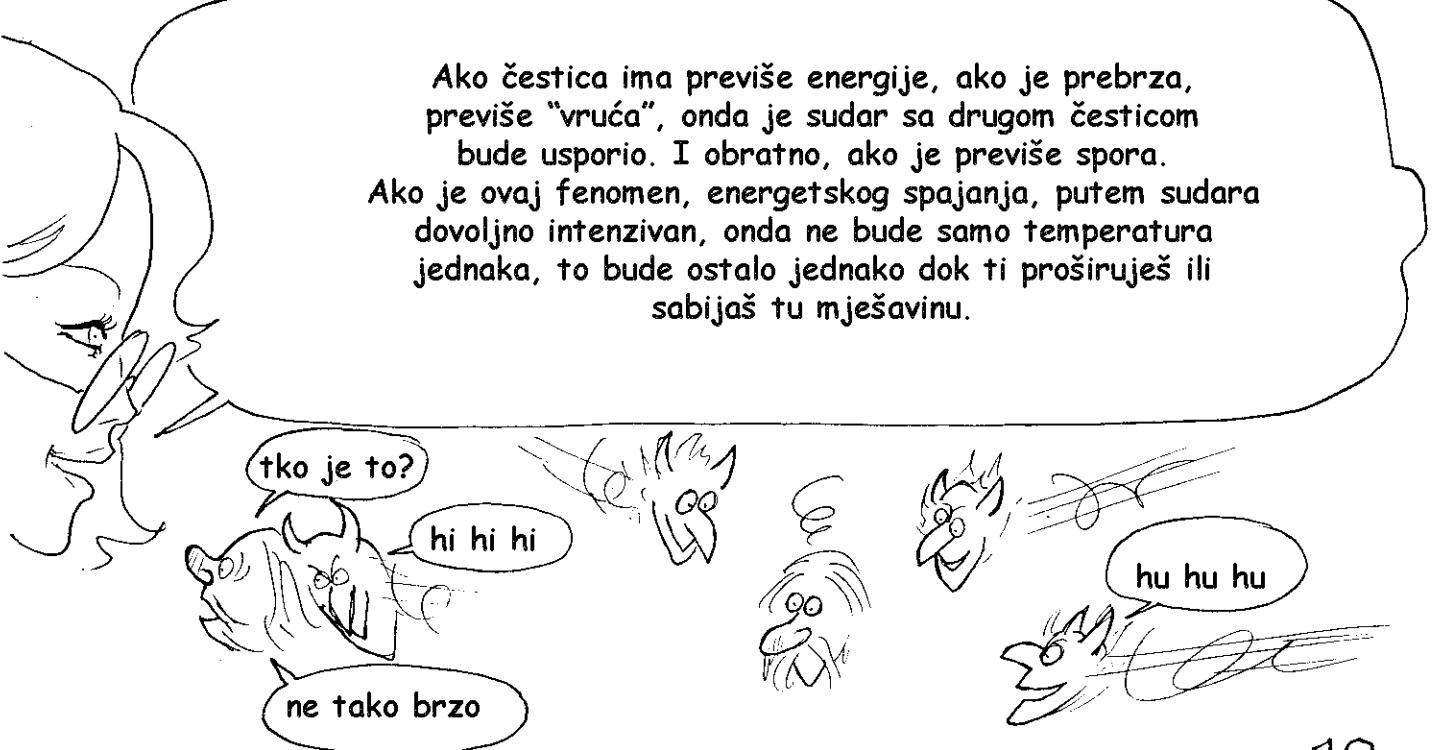
Temperatura materije, T_m , je vrijednost ove prosječne energije toplotne agitacije.



TERMODINAMIKA

Ako čestica ima previše energije, ako je prebrza, previše "vruća", onda će sudar sa drugom česticom bude usporio. I obratno, ako je previše spora.

Ako je ovaj fenomen, energetskog spajanja, putem sudaša dovoljno intenzivan, onda neće biti samo temperatura jednaka, to će ostalo jednako dok ti proširuješ ili sabijaš tu mješavinu.



Kakva zbrka! Čestice i antičestice, stvorene
i uništene u paklenoj brzini.

Što ima kod tebe, stari moj?

TEMPERATURA ULAZA

Za stvoriti par čestica-antičestica čija
je masa m zajednička, treba ti energija $2mc^2$,
koja se možde priskrbjeti parom fotona sa
jednakom ili većom energijom.

Kužim.

Ako je srednja energija fotona manja od
energije ulaza mc^2 , t.j. ako je temperatura zračenja
TR preniska (niža od vrijednosti ulaza), onda
se takve čestice materije ne mogu stvoriti.

EVOLUCIJA VRSTA

Opstanak vrste čestica je uvek problematičan. Može biti osiguran s dovoljno visokom brzinom proizvodnje.

A to znači - temperatura TR je veća od temperature vrsta.

Ako je temperatura TR niža od početka, postoji nekoliko načina kako čestice mogu iščeznuti.

Najočitiji je uništenje od strane antičestice...

PLOP

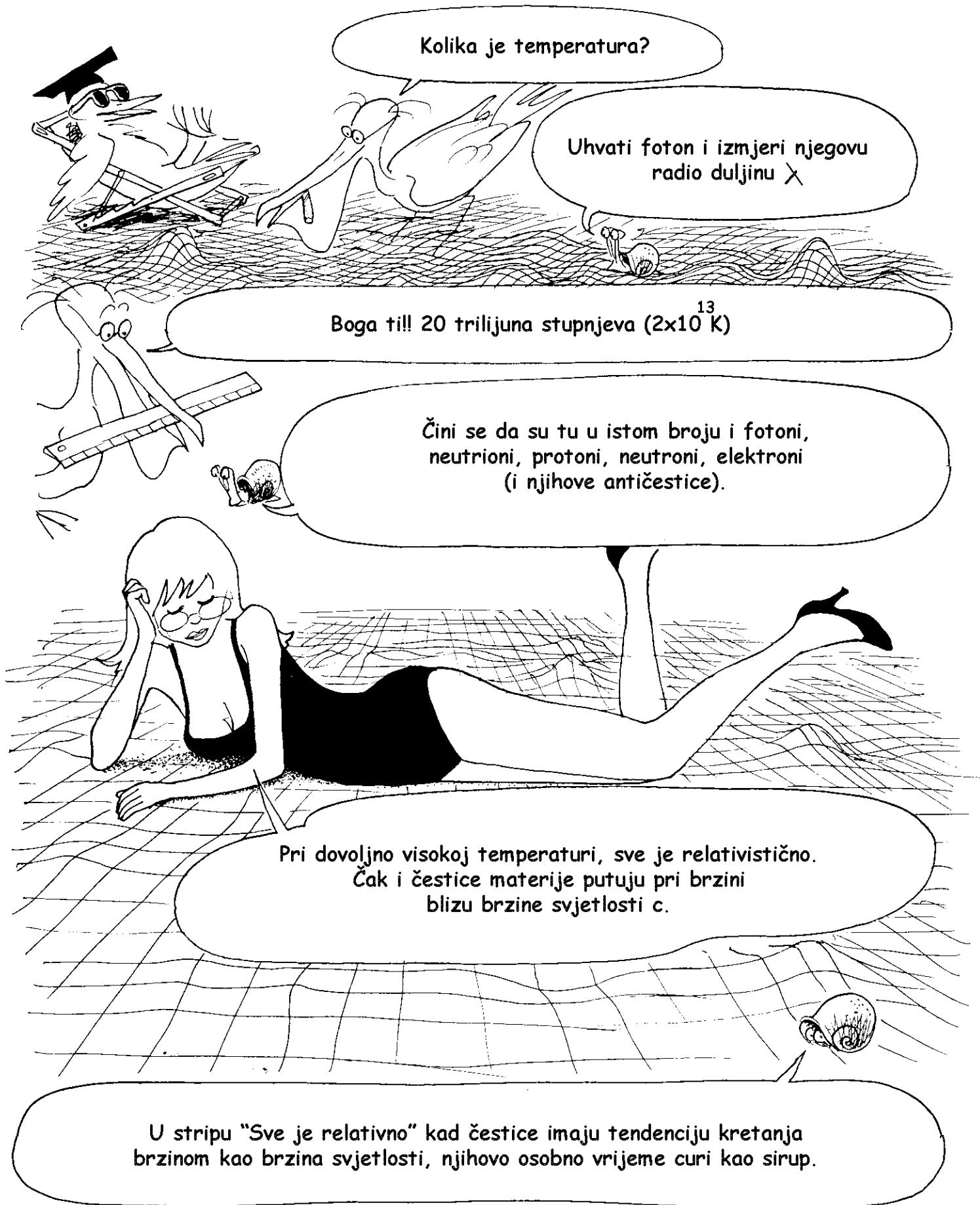
... ili čitava gomila kobnih susreta sa drugim vrstama.

Kosmos je potpuna besmislica!

Čestice imaju svoj životni vijek. Kad on prođe (*) one se same od sebe raščlanjuju u druge čestice, i zračenje.

Problem je u nedostatku vremena.

onola iscure: vidi strip "Sve je relativno"





Kozmičko vrijeme može biti prosječno onom individualnom podesnom vremenu.

OSNOVNE ČESTICE

Hej, ti tamo - umjesto što lepršaš tuda, pomozi mi dovesti u red ove osnovne čestice.

Ove ovdje imaju vrlo malu compton radio duljinu!

Te vrlo masivne čestice su Hiperoni (*).

Onda dolaze Hadroni. Proton i neutron (i naravno njihov antiproton i antineutron) su među njima. Mogu se kombinirati i formirati nuclei.

Za tvoriti ove čestice treba ti temperatura zračenja veća od 10^{13} K, tj. 10 trilijuna stupnjeva.

Vidi ti to

Compton radio duljina protona i neutrона izlazi na 1.35×10^{-12} cm.
Jedan trilijuniti dio centimetra.

Zabranjeno hranjenje neutrona

(*) hipotetičke čestice, u sadašnjem stadiju znanja

Hadron proizilazi od Hadros
to znači "snažan/veliki" na grčkom jeziku.

Huh, spuž zna grčki!!

Očito je - ovdje ima puno antihadrona
kao i hadrona.

Sad nastupaju Leptoni (*).

lepton

antilepton

Za stvoriti ih, treba ti temperatura zračenja od
6 bilijuna stupnjeva, to je njihova početna temperatura.

Najpoznatiji Lepton je elektron, i njegova kopija - antielektron,
ili positron. Početna temperatura za stvaranje elektrona je 1850 puta
niža od one za protone i neutrone.

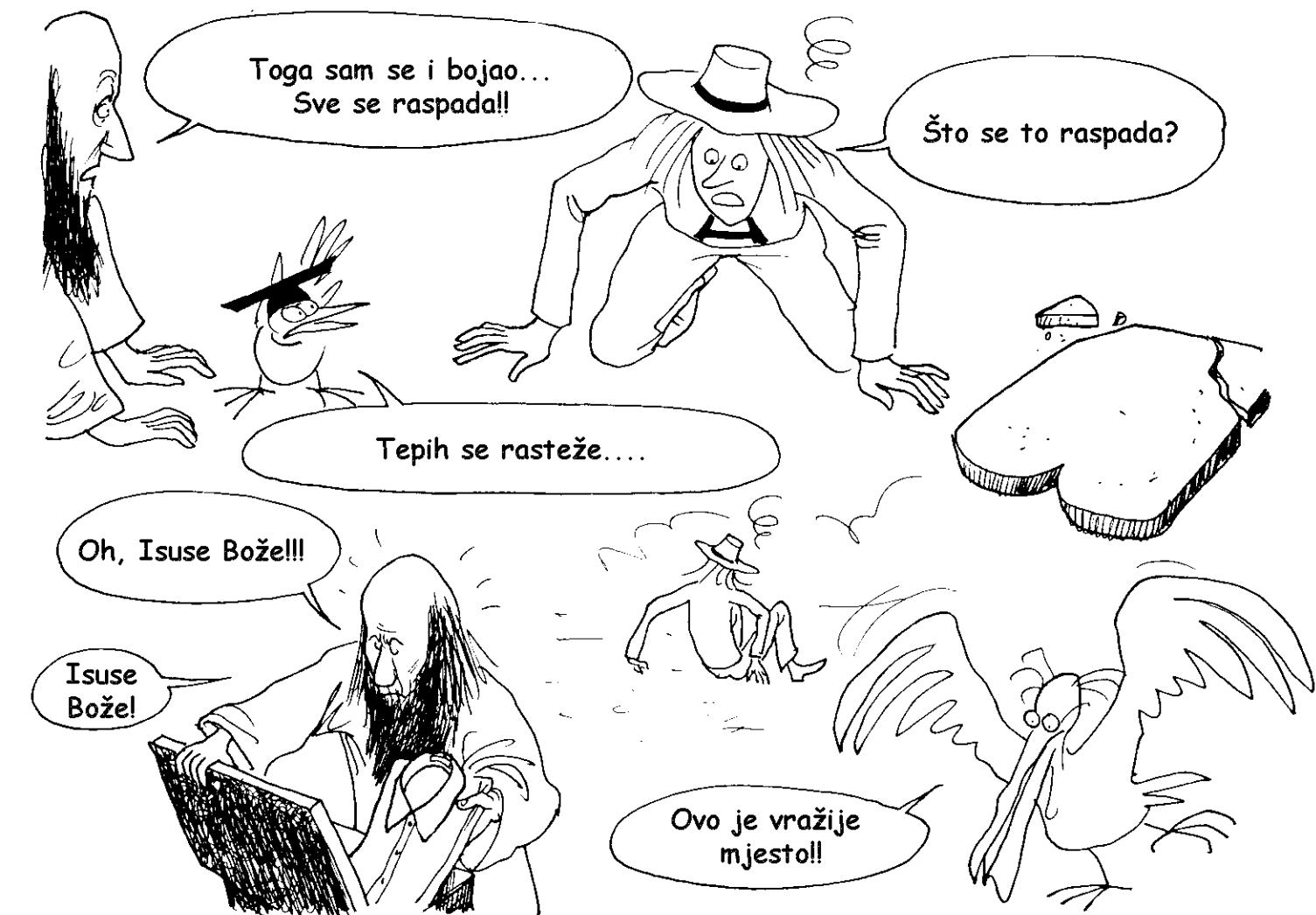
To ima smisla, zato što ti treba
1850 puta manje energije za tvoriti
elektron nego za proton.

(*) Od grčkog Leptos - tanak

SVE SE RASPADA



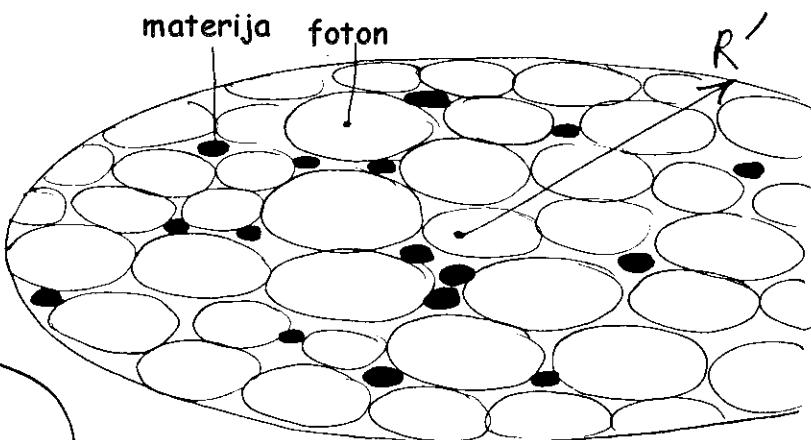
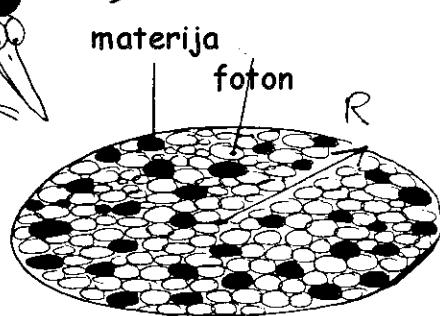
Situacija je bila užasno kronogenička - vrijeme je jedva čekalo za pojaviti se. Kronotron se pokrenuo, i tako proizveo prvi događaj, prvi trenutak.





OČUVANJE MASE

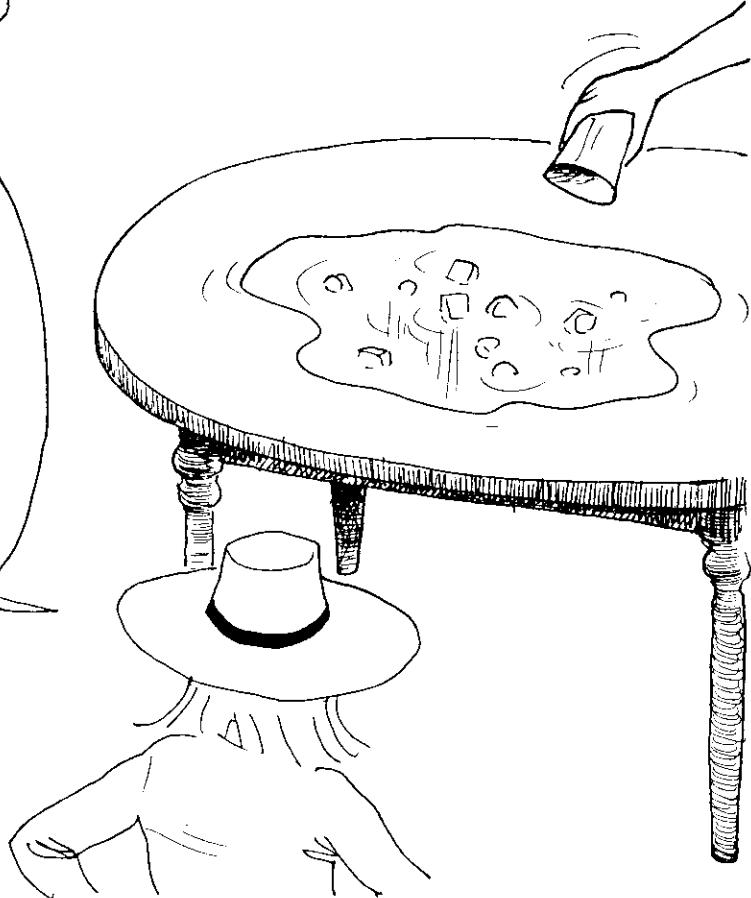
Pogledaj što se zbiva. Fotoni se povećavaju.
Čestice materije ostaju iste veličine.



Materija ne reagira.

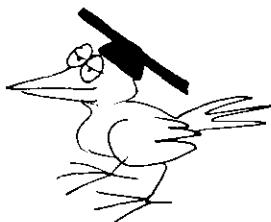
To me podsjetilo na to što se
zbiva ako istrešeš čašu ledenih
kocki na sto.

Voda se raširi, led isto tako ali on
zadržava svoj oblik i veličinu.

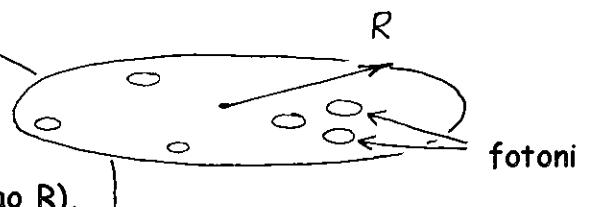


Zato što je veličina čestica materije povezana za njihovu masu,
zaključujem ovo - masa je sačuvana.

S druge strane, fotoni su se raširili,
znači - gube energiju.



Ako je R radijus univerzuma, onda, kako radio
duljina fotona prolazi kroz isto širenje (λ varira kao R),
isto tako zaključujem da je temperatura
zračenja, koja varira kao $\frac{1}{\lambda}$, umanjena za $\frac{1}{R}$



To se zbiva samo ako univerzum
stvara svoj prostor, njegov
Kosmotop (*), uz praznine... rupe...



Materija i svjetlost su dvije različite forme istog jezgra:
energija/materija. Fotoni zadržavaju svoju brzinu od
300,00 km/sec ali gube energiju.

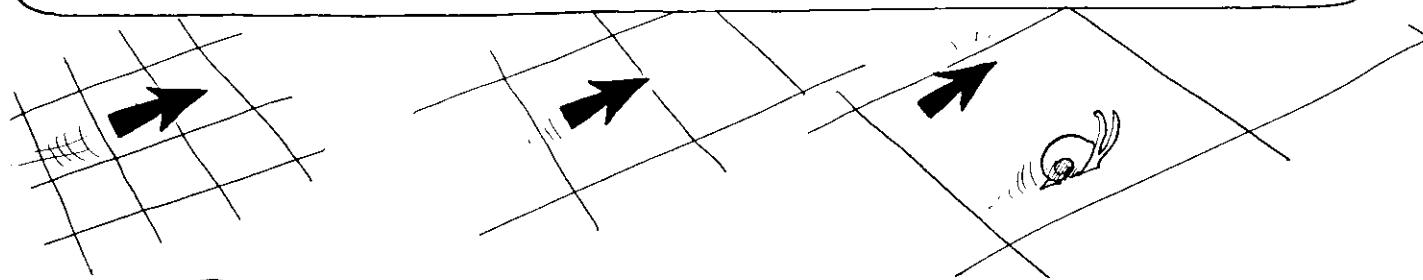
(*) Nastalo od riječi Kozmos i Topos (mjesto). To je mjesto
gdje prebiva univerzum.

Evo dobrog načina za predočiti si način na koji se fotoni prostiru i propratno gube energiju.



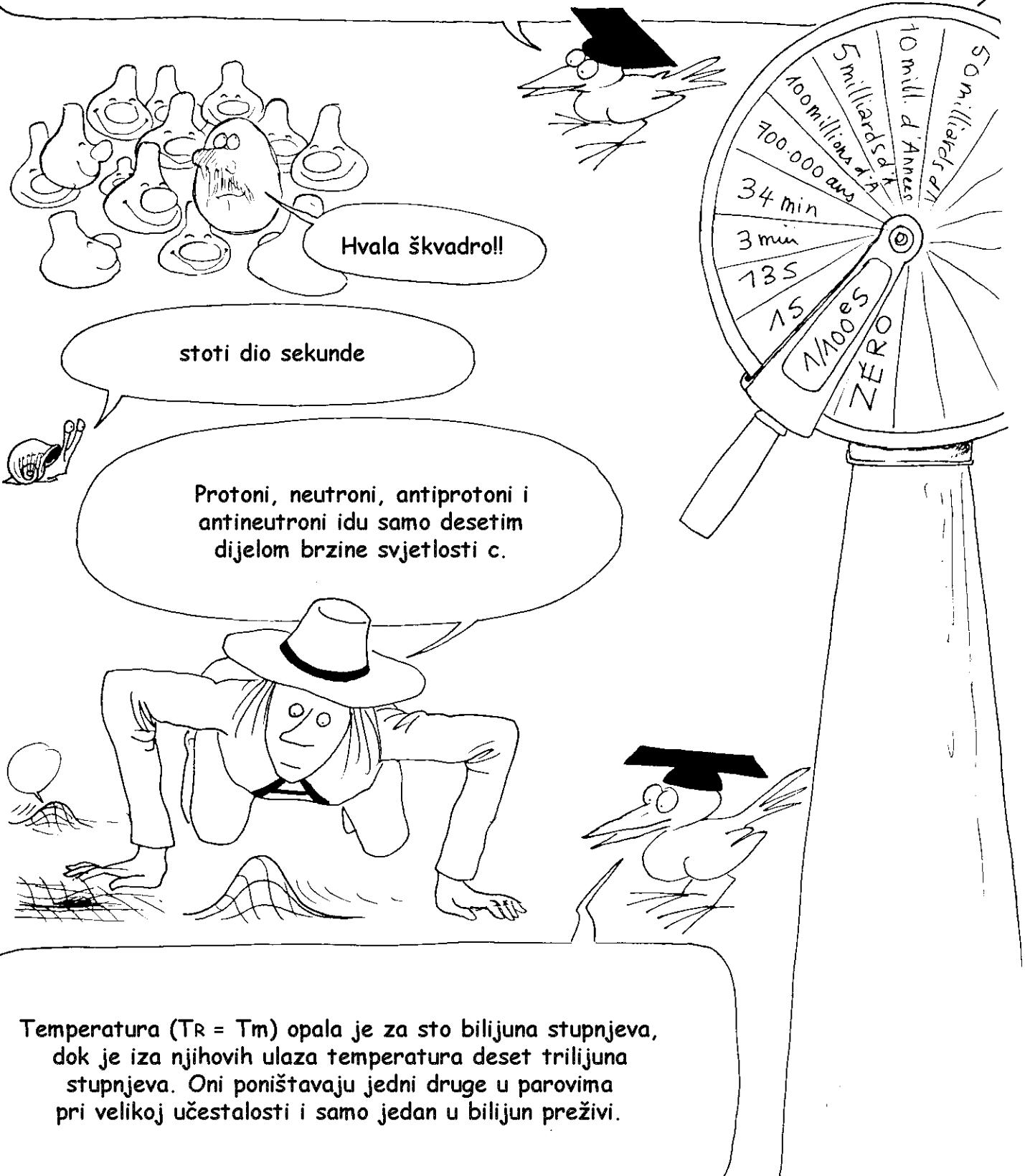
Ali kako se materija ponaša tijekom ovog širenja?

Univerzum luči prostor kao što ovo naše stvorenje podiže svoju kućicu.
Što više vremena prolazi to se više čestica prostora mora gibati po njemu.
Kada se veličina univerzuma udvostruči, brzina agitacije čestica se prepolovi.
Znači kinetička energija je podijeljena sa 4. Brzina agitacije varira $1/s$ obratno
radijusu R univerzuma; međutim temperatura materije mijenja se kao $\frac{1}{R^2}$



Ali... sad smo vidjeli - temperatura zračenja T_R se mijenja kao $\frac{1}{R}$. Znači materija se nastoji brže ohladiti od zračenja?

Efikasno. Ali sudaranje fotona-materije to podgrijava.
To se događa dovoljno često za sačuvati stadij termodinamičke ravnoteže
($T_R = T_m$) u određenom periodu vremena.



Temperatura ($T_R = T_m$) opala je za sto bilijuna stupnjeva,
dok je iza njihovih ulaza temperatura deset trilijuna
stupnjeva. Oni poništavaju jedni druge u parovima
pri velikoj učestalosti i samo jedan u bilijun prezivi.



Sofi - većina protona, neutrona, antiprotona, i antineutrona su iščezli. Ali zašto je tamo toliko elektrona i pozitrona (antielektroni) kao prije?

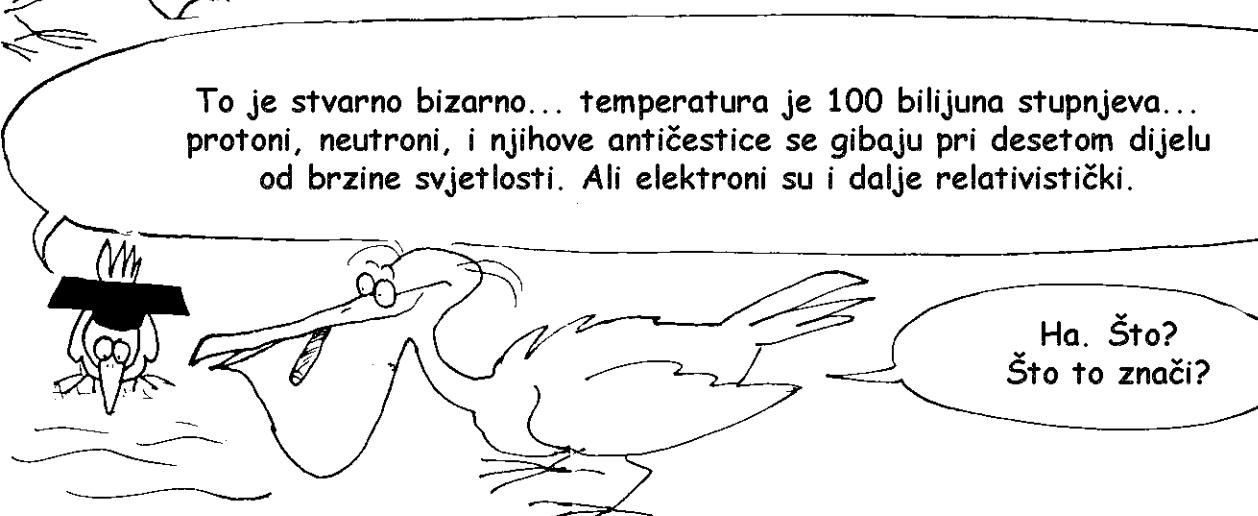
Temperatura ulaza elektrona je samo 6 bilijuna stupnjeva.



Samo 6 bilijuna... Boga ti...!!!

Pa, moraš priznati to je puno hladnije...

To je stvarno bizarno... temperatura je 100 bilijuna stupnjeva... protoni, neutroni, i njihove antičestice se gibaju pri desetom dijelu od brzine svjetlosti. Ali elektroni su i dalje relativistički.



Ha. Što?
Što to znači?

Sustav je i dalje u stadiju termodinamičke ravnoteže: spajanje, između svih vrsta čestica, i zračenje, je i dalje intenzivno.

Kinetička energija čestica materije je, u prosjeku, jednaka:

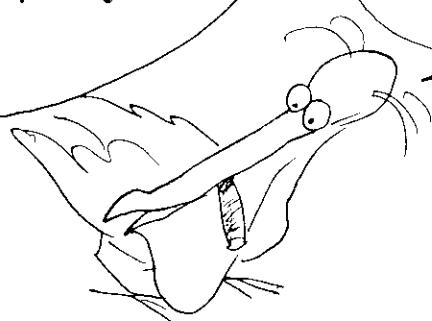
$$\frac{1}{2} m_{\text{PROTON}} (v_{\text{PROTON}})^2 = \frac{1}{2} m_{\text{ELEKTRON}} (v_{\text{ELEKTRON}})^2.$$



Hmmmm... Kako je masa elektrona 1850 puta manja od mase protona, onda u cilju naknade (pri datoj temperaturi), brzina agitacije elektrona mora biti mnogo veća.

U stvari, kako je energija ulaza za kreiranje čestica mase m samo mc^2 , onda čim se sustav ohladi do točke gdje je njegova brzina agitacije V znatno manje od c , kreacija ovih čestica prestaje i njihova populacija dramatično opada.

Drugim riječima: ako populacija čestica materije prestaje biti relativistička ona se raspada!!!



13 sekundi

Temperatura je pala do 3 bilijuna stupnjeva.

Hej, pogledajte elektrone i antielektrone!!
Potpuno ludo!

Naravno, to je ispod njihove temperature ulaza.

To je kozmolоško super-udubljenje!

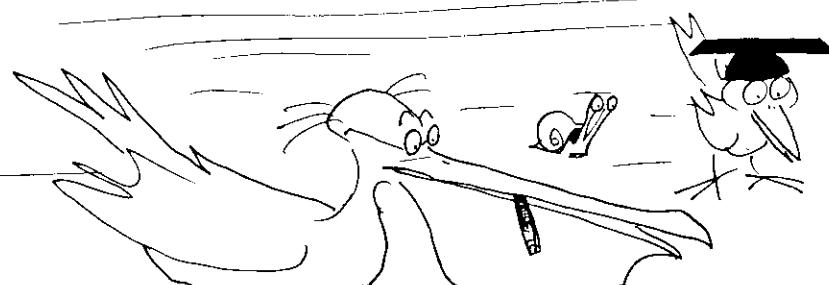
Ponovno, samo jedan u bilijun preživi.

Kakva zbrka...

Za neko vrijeme, niš ne može ostati
osim možda fotona... ima mogućnosti...

... možda je negdje
drugdje univerzum
potpuni promašaj.

Jedna od najvećih misterija kozmologije je -
nemati objašnjenje zašto materije i antimaterije
nisu potpuno uništile jedna drugu.



Na ovoj točki u priči, uvijek je isto... dolaze
momenti kada je problem antimaterije jednostavno
gurnut pod tepih... pih!! Antimaterija je nestala!

Tiresias, podsjećam te na pravila.
Samo FAKTI!!!
Nema mjesta spekulacijama!

Zasitio sam
se ovog čovjekall

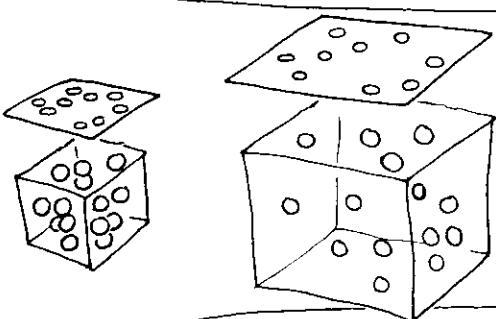
Psssst!

ERA ZRAČENJA

Nema tu u svemiru puno toga trenutno,
osim svjetlosti.

Hmm...
Prerano je
za pecanje.

Energija/materija, koja je podjednako podjeljena u materiju, antimateriju, fotone i neutrione, sad je skoro ekskluzivno u obliku fotona i neutriona - Zračenje. Svaki put radius R univerzuma se duplira, gustoća materije se smanjuje. To je jednostavno stvar razrjeđivanja.



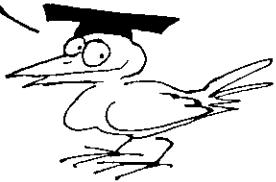
Na dvo-dimenzionalnom tepihu univerzuma, kad se R udvostruči, gustoća je podjeljena sa $2 \times 2 = 4$. U našem trodimenzionalnom univerzumu, ona je u biti podjeljena sa $2 \times 2 \times 2 = 8$

Gustoća materije varira kao suprotna strana "veličine"
radijusa R univerzuma.

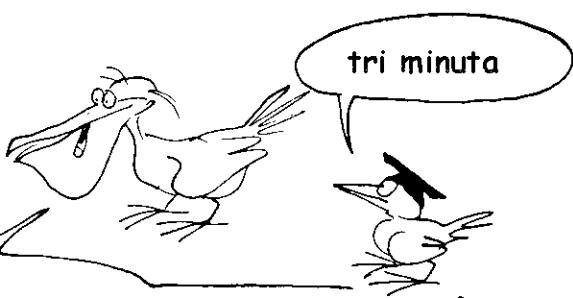
Ali za nas - fotone - to je dramatičnije, širenje uzimna skoro svu našu energiju, dio po dio. Količina energije/materije koju mi nosimo smanjuje se suprotno radiusu R univerzuma.

To znači - gustoća energije/materije nastaje u obliku fotona koji varira kao inverzna četvrta sila R .

Za ovo vrijeme materija ostaje spojena za fotone, ona se neprekidno zagrijava. Ovo se zbiva sve dok uobičajena temperatura ($T_R = T_m$) ne padne na 3000 stupnjeva, za to treba, otprilike, 700 000 godina.

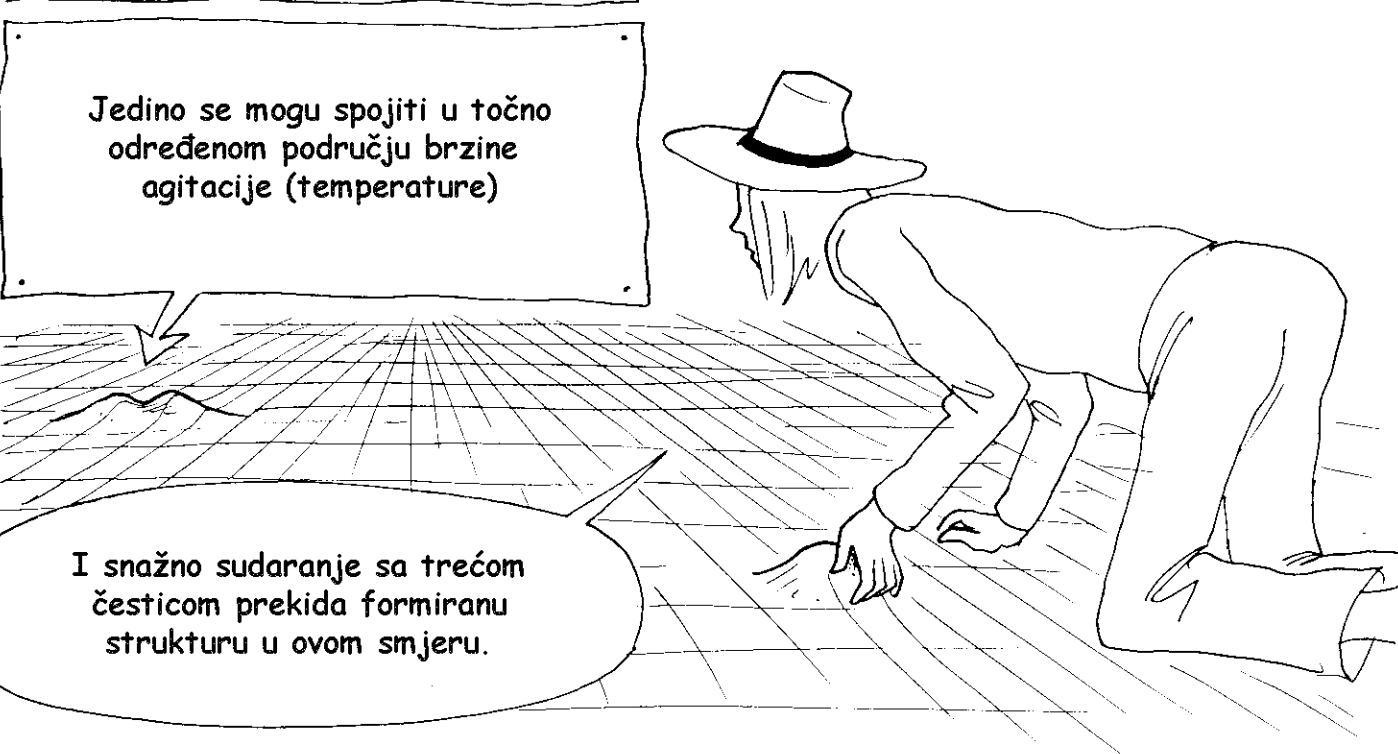
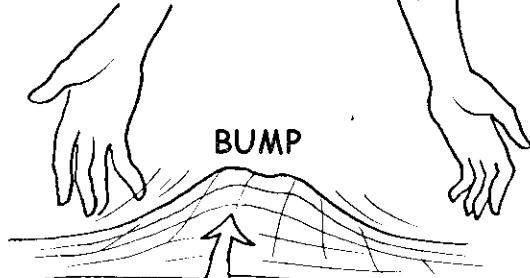


NUKLEOSINTEZA



Huh... u usporedbi sa onim na stranici 31, prva stotinka sekunde, veličina R univerzuma se umnožila mnogostruko a temperatura ($T_R = T_m$) je pala za bilijun stupnjeva.
Tako niš nije ostalo. I što sad?





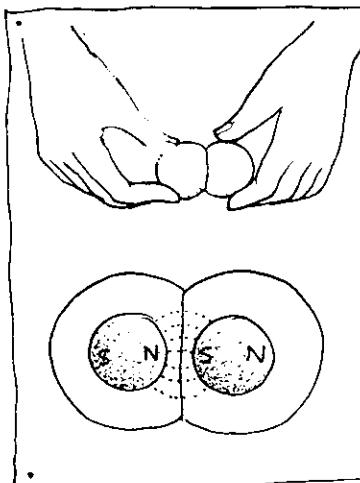


Ove reakcije fuzije proizvode
prvo atomsko jezgro.
Proces morfogeneze vodi do prvih
formi, prvih struktura, univerzuma.

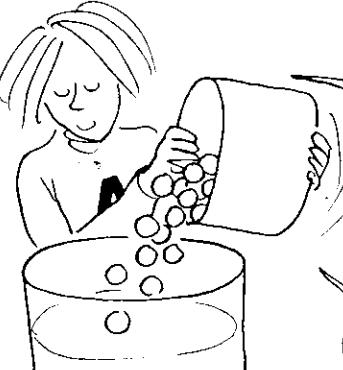
To je zabavan trik. Postoje sile privlačenja i sile odbijanja.
Na velikoj udaljenosti, sile odbijanja pobjeđuju, na malim
razdaljinama događa se suprotno.



Uzeću magnete, budem ih umotao u gume.



Guma lako oblaže magnet,
ako pritisnem ova dva
oblika jedan nasuprot
drugom oni budu ostali skupa
pod dejstvom magnetne sile



Sad ih budem stavio u veliku tubu
sa vodom...

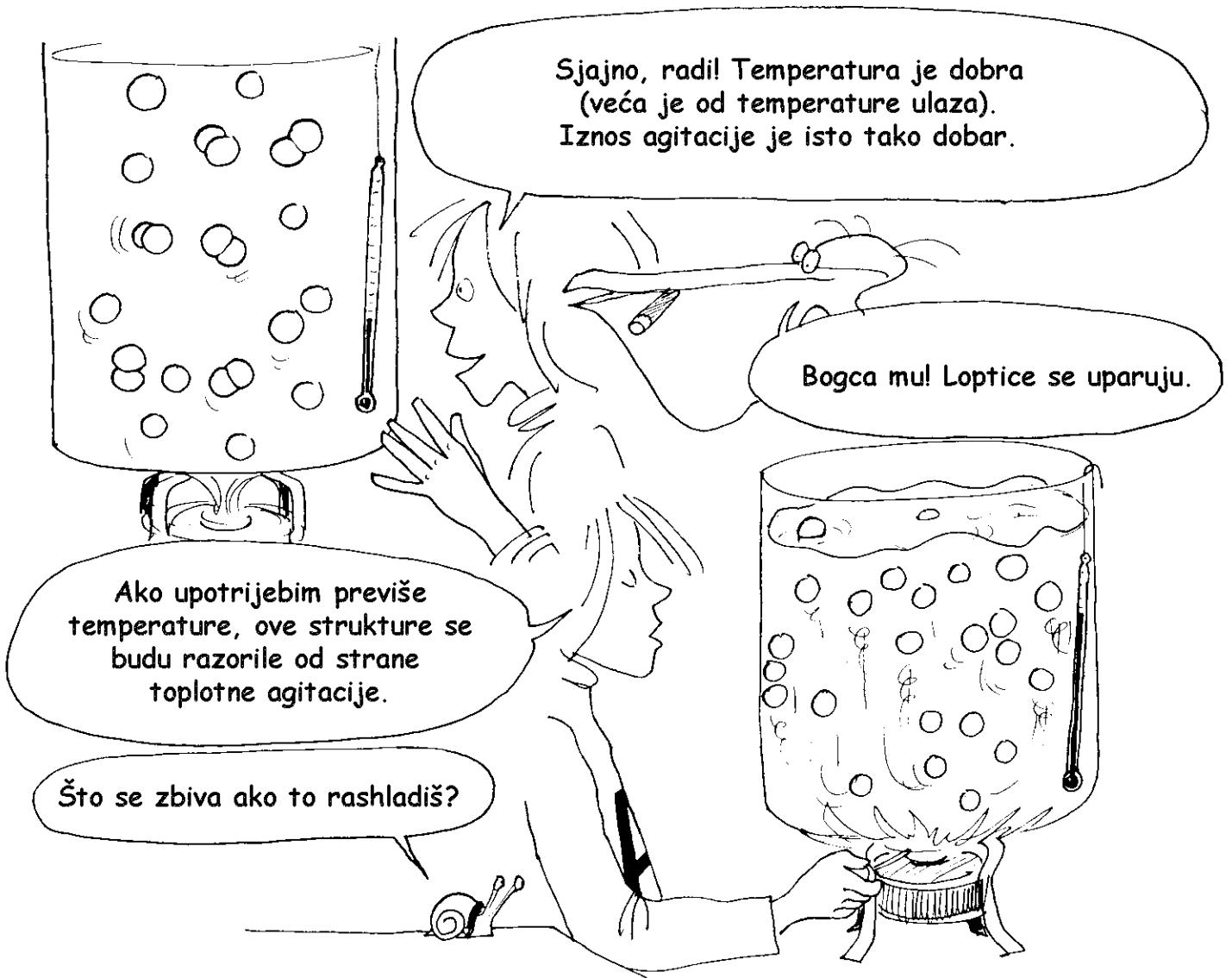
... tako se mogu gibati unaokolo.

Sad u igru ulaze sile. Sile privlačenja: magnetizam.
sile odbijanja: elasticitet gumenog omotača. Kad se
loptice dodirnu sile elasticiteta su u igri. Snaga magnetizma je
uređena ovako - kad se guma dovoljno stisne - ona preuzima.
Tu postoji prijelazna pozicija pri kojoj se lopte odbijaju.

Guma je dovoljno laka za gustinu sfere za biti
u osnovi jednaka onoj od vode.
Sad budem malo sve ovo zagrijao.

Kad je temperatura niska, lopte
se nježno odbijaju jedna o drugu,
i ništa se ne događa.
Kad udaraju jedna o drugu, one
nemaju dovoljno energije za
sabiti gumu toliko da bi u igru
ušle magnetne sile.
Magnetizam može djelovati na
malom dometnu.

OK. Budem pojačao
temperaturu.



Archi je dozvolio vodi da se ohladi.
Turbulencija se smanjila. U izvjesnom trenutku,
neke od loptica su se uparile.
Ali, kako se temperature neprekidno spušta,
ove nukleosinteze prestaju.

To je to. Hladno je. Loptice nisu dovoljno agitovane
za spojiti se jedne sa drugima.

Mi smo ispred ulaza.

Ista stvar se zbiva kada se temperatura univerzuma spusti

za nekoliko biljuna stupnjeva. Tj. poslije nekoliko minuta,

onda se mogu formirati strukture sa dvije, tri ili četri loptice.

(+) proton

(-) neutron

1 proton
1 neutron

1 proton
2 neutrons

2 protona
2 neutrons

DEUTERIJ

TRITIJ

HELIJ

Ali deuterij i tritij tako stvorenii mogu se kombinirati pomoću nukleo-reakcije:

deuterij+tritij daju helij+neutron

Na ovoj točki, univerzum je atomska bomba.

Znači, sve se pretvara u helij?

Nukleus helija je vrlo simetričan, kompaktan i čvrst.

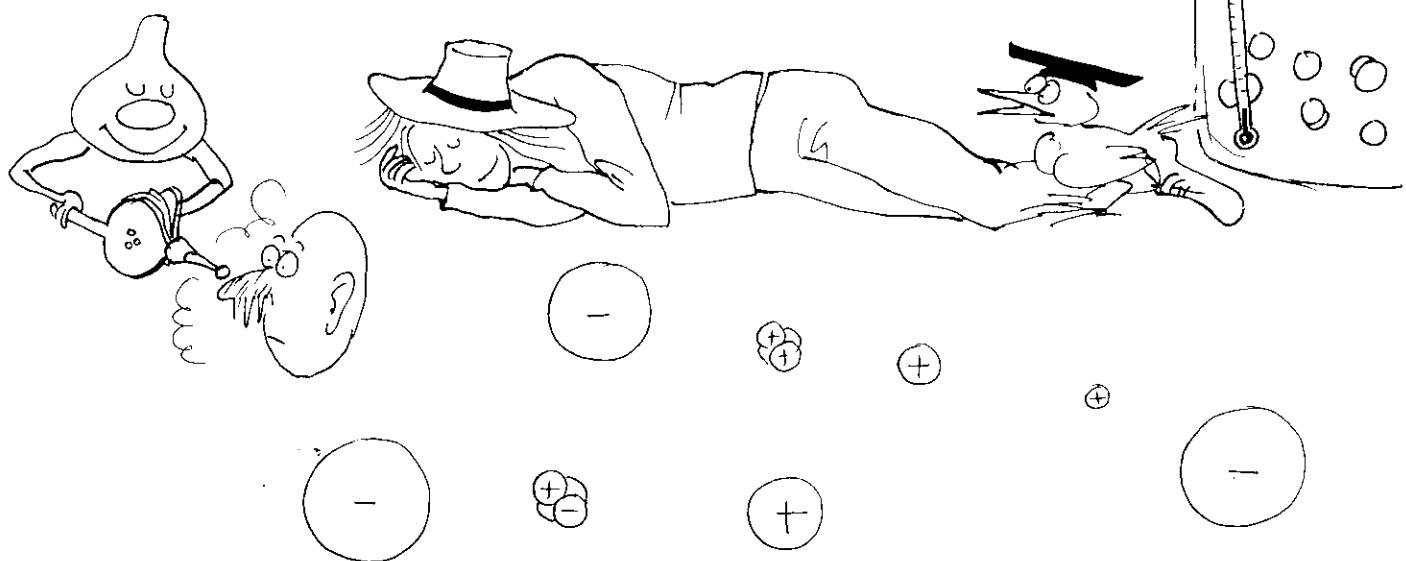
Ako temperatura ostane konstantna, onda se sva materija bude pretvorila u helij.

Ali nakon 34min, temperatura pada za 300 milijuna stupnjeva i nukleosinteza prestaje. Nukleoni (protoni i neutroni) nemaju više dovoljno brzine za prevladati elektrostatičko odbijanje, igra je odigrana.

Ostatak slobodnih neutrona se dezintegrira. Oni su nestabilni i transformiraju se - za 109 sekundi - u par proton-elektron.



Za **700,000** godina ništa se ne zbiva..
Univerzum nastavlja rasti, fotoni rastu zajedno sa njim.
Plin fotona nastavlja zagrijavati materiju, temperatura T_R i T_m ostaju jednake. (termodinamička ravnoteža)



Temperatura je pala za **3000 stupnjeva K**

TRANSPARENTAN UNIVERZUM

Još jedan morfogenetski mehanizam dolazi na scenu. Električne sile nastoje napadati elektrone do jezgra za formirati atome.

Termalna agitacija je dovoljno niska za ne razbiti ove strukture odmah pošto se formiraju, u sudaru sa drugim atomima ili sa drugim sastojcima u sapunici.



Malo po malo, svi slobodni elektroni su zdrobljeni od strane jezgra.

Oh, ovo je smiješno!
Pričaj na Hrvatskom!!!

I univerzum postaje transparentan.

Kako to misliš - postaje transparentan?
Misliš - prije je bio neprovidan?

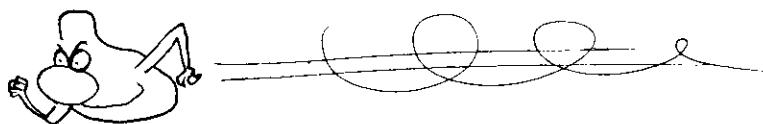


Prije su fotoni bili u konstantnoj interakciji sa materijom. Foton nije mogao putovati brzo bez sudaranja u nešto u toj sapunici.



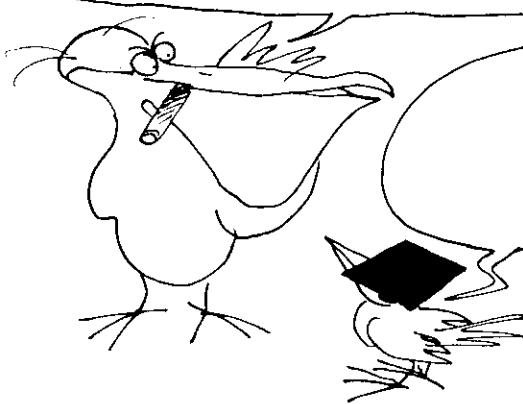
ODVAJANJE

Kad se to jednom završi, fotoni se mogu gibati poprijeko duljinom univerzuma bez primjećivanja postojanja bilo kakve materije. Fotoni i materija su se odvojili. Iz dva razloga. Prvi, bilo je puno prostora. Drugi, fotoni manje međusobno djeluju sa neutralnim materijama (atomi).



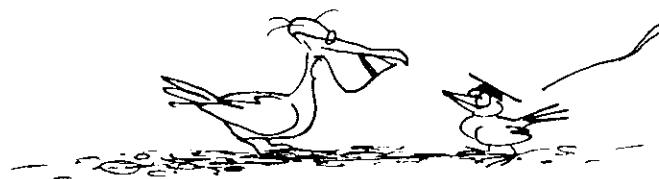
Aha... kad gledaš kroz teleskop, znači gledaš "ravno u povijest", Ha??

Da, ali i sa fantastično snažnim teleskopom, nećeš biti u stanju opaziti fenomen koji se javljao onda kad je univerzum bio star samo 700 000 godina.



Znači, povijest... stara... stara... povijest... kad je univerzum uvijek bio u istom stadiju, ha??

Hmm - nemoguće je psihanalizirati univerzum.



Kad materija i fotoni prekinu međusono djelovanje i razmjenjivanje energije, termodinamička ravnoteža je uništena, i temperatura T_m materije počinje jako opadati (uprotro kvadratu radijusa R univerzuma);

dok se temperatura (T_R) fotona - temperatura zračenja - spušta još sporije, kao $\frac{1}{R}$.

Hej, dečki!

Ovih dana - svako za sebe!!!

Hej, što se zbiva?

Pala je noć?!?

I skroz je hladno, tako odjednom...

Univerzum je ušao u nekakvu "zonu sumraka". Nastavlja sa hlađenjem. Boja neba ide od ljubičaste u tamno crvenu, a noć pada kao ledeni prekrivač. I dalje postoji bilijun fotona za svaki atom helija ili hidrogena. Ali ovi fotoni, rasprostranjeni uslijed širenja, "pate" od neke vrste kozmičke anemije...

Veliki prasak je zvaršen. Za neko vrijeme, praktički ništa nije ostalo (jedna čestica u bilijun), toliko je mračno ne možeš si vidjeti ni prst ispred nosa.



Brrr, prokletstvo!
Hladno je...

Radio duljina vala fotona
je 0.15mm, što odgovara
zračenju temperaturе
 $T_F = -173^\circ C$

Atomi sad putuju
pri brzini od 150 m/sek,
tako je temperatura
materije $T_m = -267^\circ C$.

Sjajno... Mislim... sad sam skužio,
nekako, kako univerzum radi.

Ali ostalo je važno pitanje:
zbog čega sve to?

Sigurno znaš bit
svega, Archi?

Zašto je sve
ovo?



Pa... počeo bih, tamo je bilo
puno nečega u stadiju totalne
konfuzije..

Kaos

I univerzum je to uredio tako
što je napravio strukture, koje su
postale sve više i više
kompleksne... nuclei... atomi...

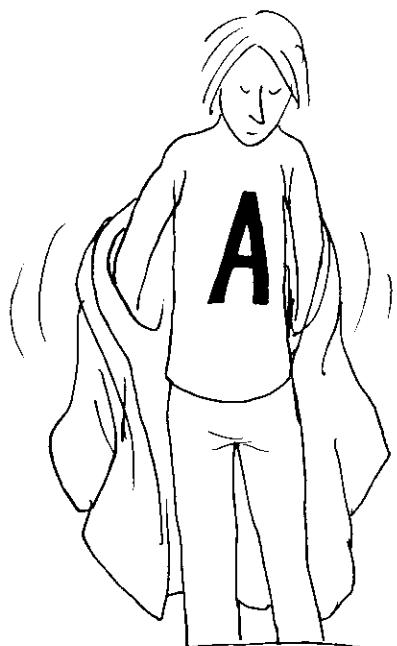
Otkrio sam bazični
princip kozmologije.

I...on je?

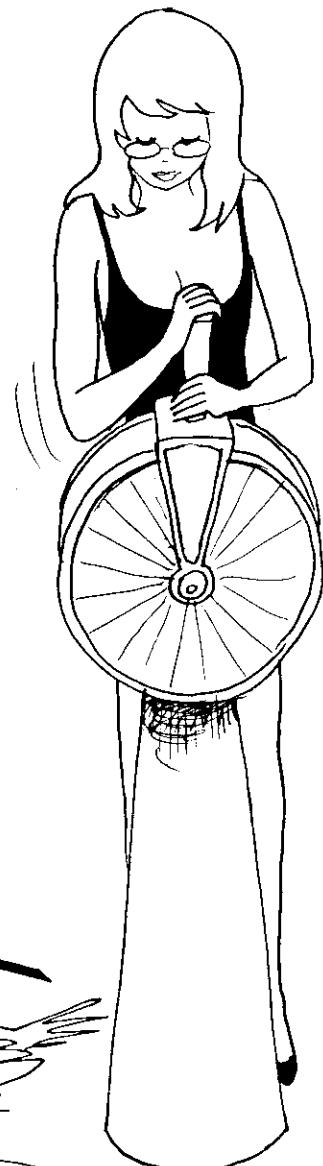
Zašto učiniti stvari
jednostavnim kad mogu
biti komplikirane?

Hmmm... nije loše...
ali to su sve samo spekulacije...
Gdje je ovdje zbilja?

Za odgovoriti na Lenijevo pitanje,
idemo napustiti ovaj tepih univerzuma
i vratiti se u sadašnjost.

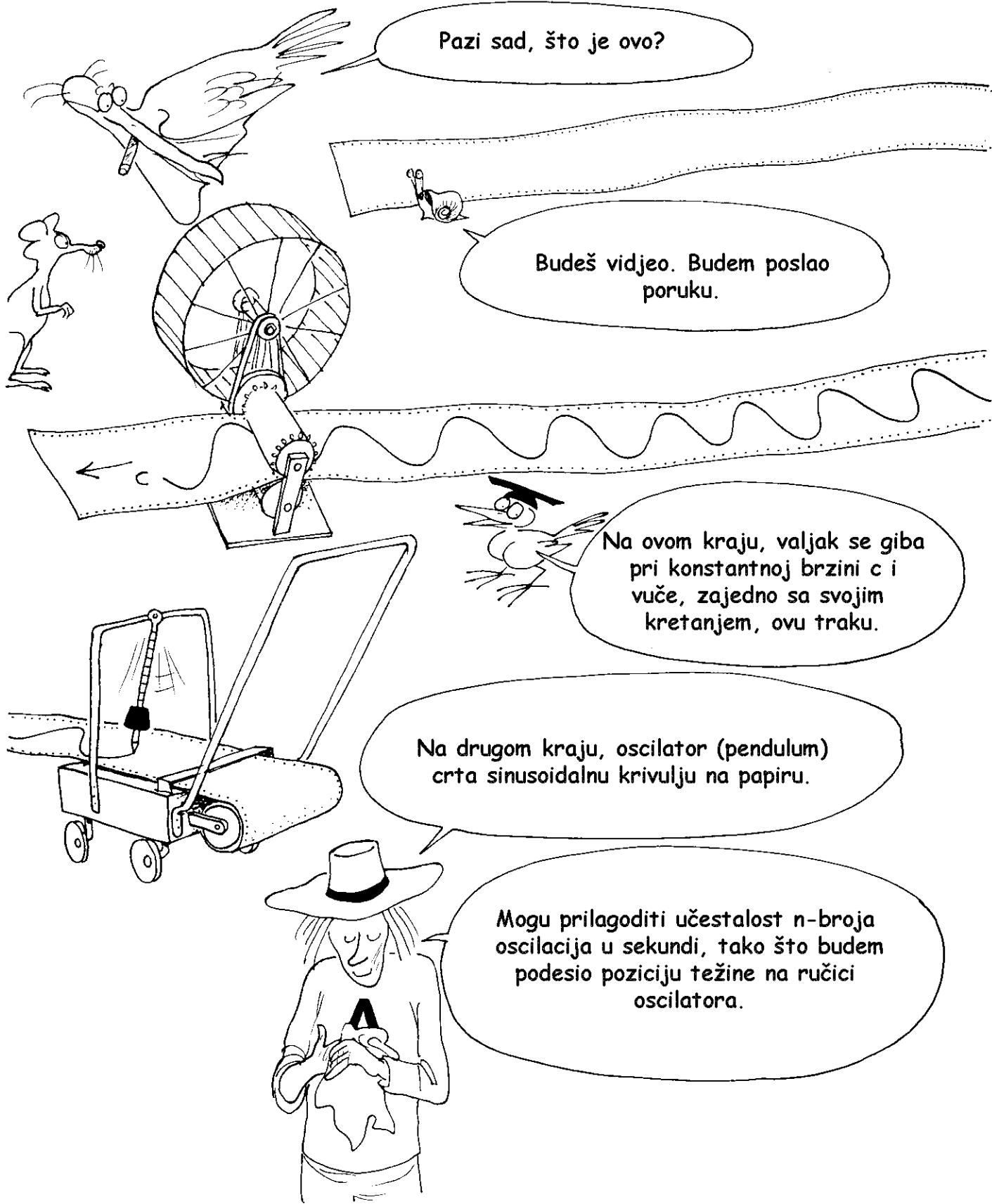


I što sad slijedi?
Formiranje galaksija, zvijezda?

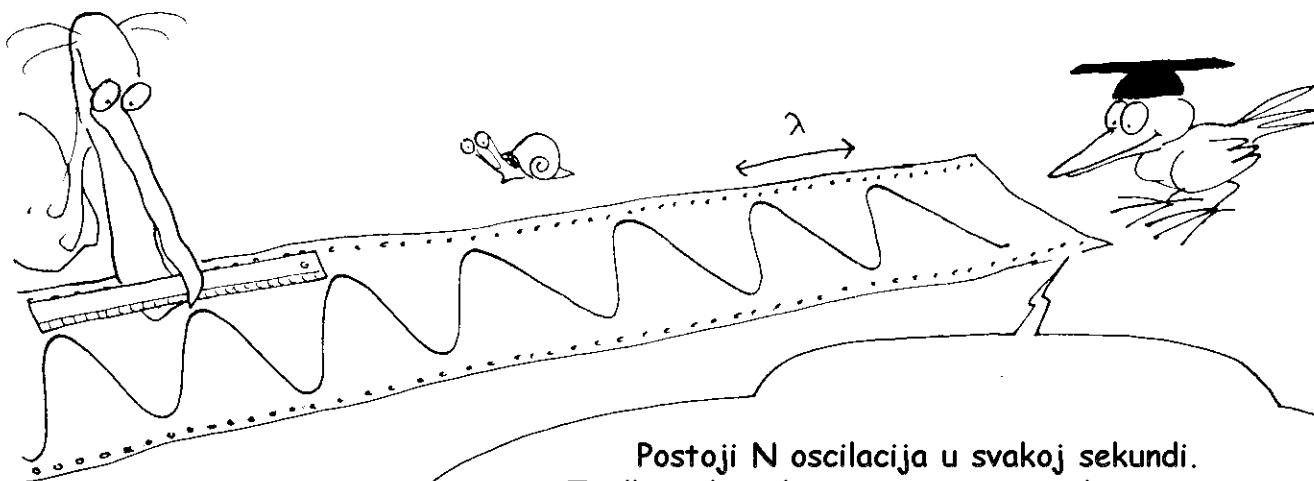


To je sve za sad, Tiresias.
Lenny ne može više izdržati!

DOPLER EFEKT

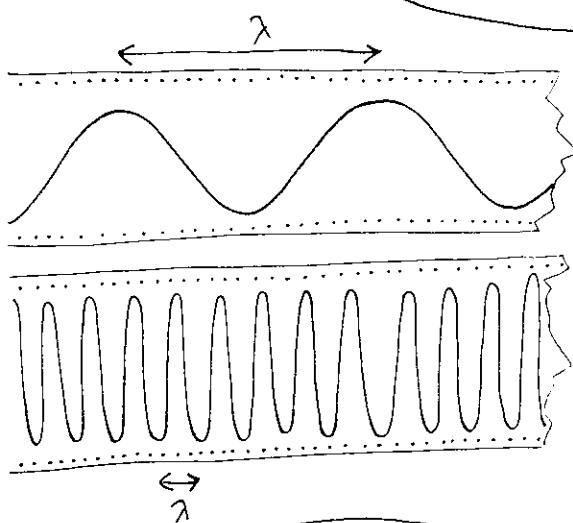


Aha... I ja mogu izmjeriti radio duljinu ovog primljenog signala.



Postoji N oscilacija u svakoj sekundi.
Znači svaki pokret tamo-amo oscilatora uzima jednu N -tu od sekunde: to je period vala.
Tokom tog vremena, traka se giba na razdaljini

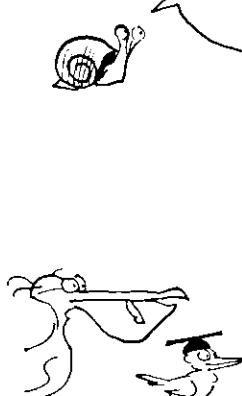
$$\lambda = \frac{c}{N} \quad (\text{radio duljina vala}).$$



Niska frekvencija, veliki period, velika radio duljina;
visoka frekvencija, kratak period, mala radio duljina vala.

Mogu to rabiti za komunicirati.

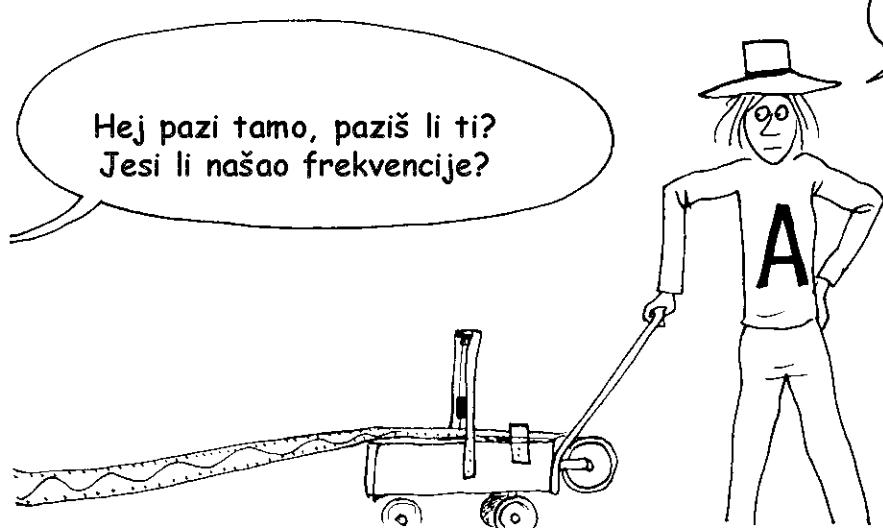
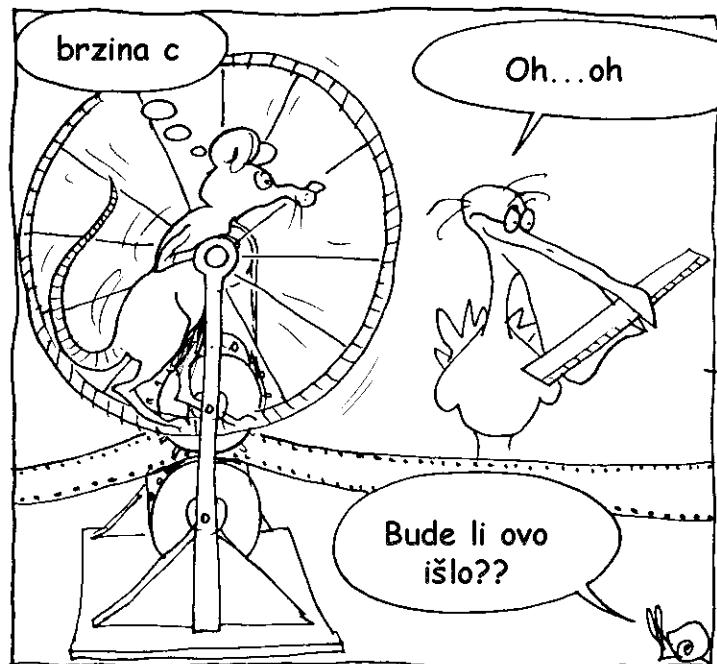
To je važno.



Dobro. Budem probao jedan pokus - transmisija na velikoj razdaljini.

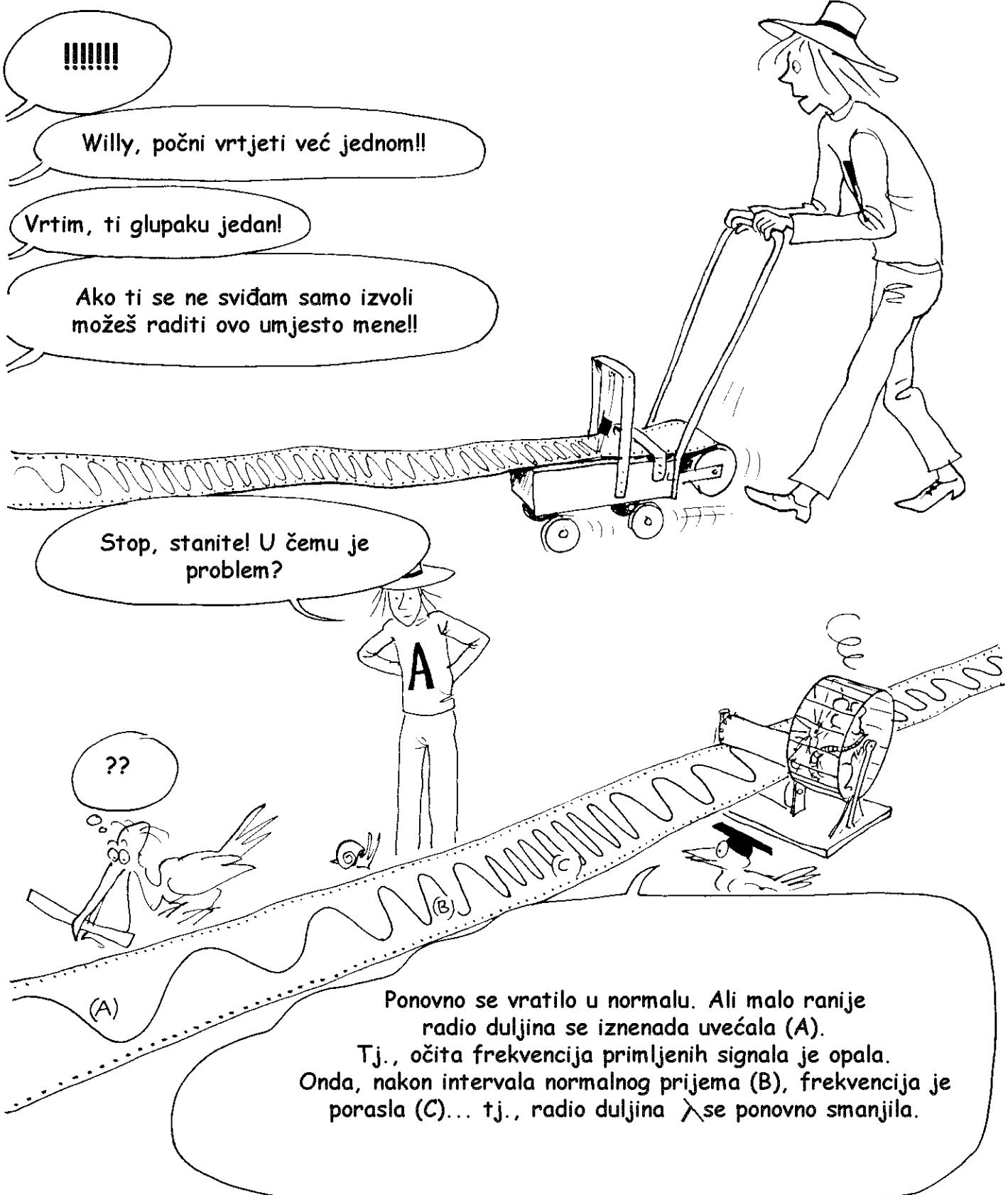


Spremni?



Ne, nisam





Hej dečki...
mogu li stati
sad??

Da, Willy. Stan!!

Willy kaže - on je držao okretanje
odmjereni cijelo vrijeme.

Možda se papir
rastegnuo ili skupio?

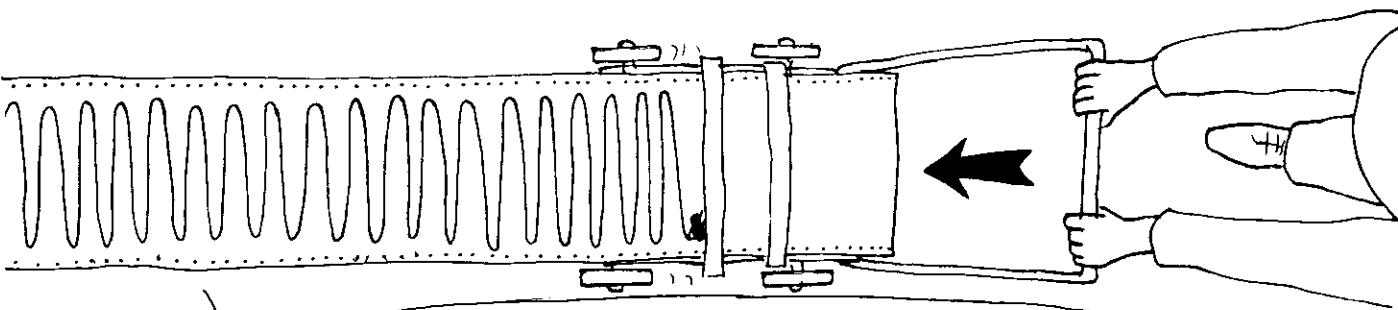
Ne, Archi.
To je Doppler-Fizeau efekt.

Dopler-Fiz...što??

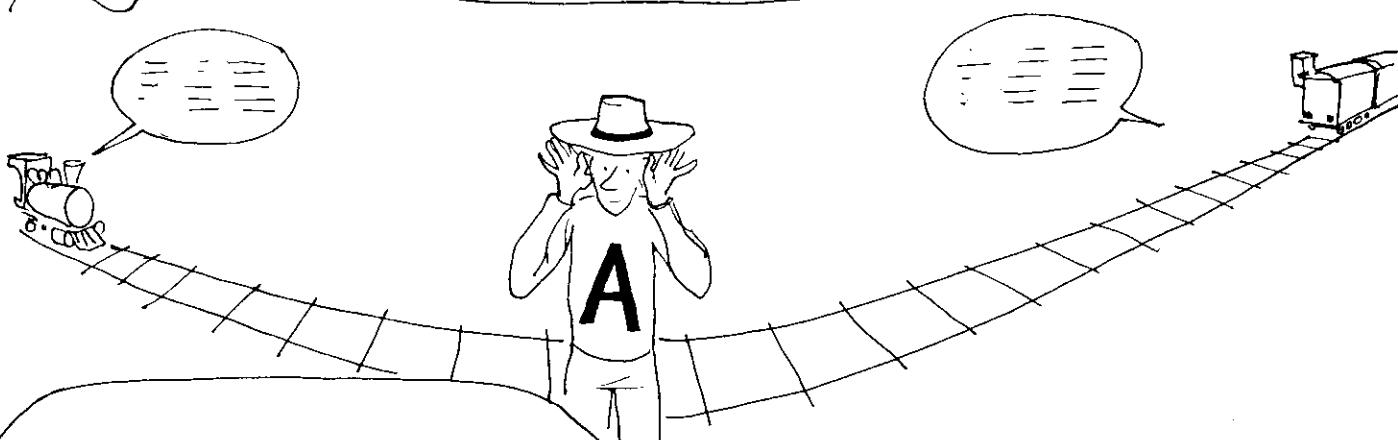
Kad pokrećeš kolica ti mijenjaš
očitu frekvenciju.

Kad se kolica gibaju dalje, sinusoid
se rasteže a frekvencija je niža.

Kad se kolica vrati unaprijed duž trake, sinusoid je zgnječen, a frekvencija je viša.



To je točno ono što se dogodi kad slušaš žvižduk vlaka dok prolazi pri velikoj brzini. Kad prilazi, zvuk se čini višim; kad je prošao zvuk pada.



To je interesantno... sa takvim sustavom, kada bi unaprijed znao vrijeme radio-duljine signala koji se bude emitovao pomoću nepomičnog izvora, mogu izračunati brzinu prilaženja ili povlačenja od izvora.

I ono što važi za zvuk isto tako važi i za svjetlost. Objekti koji se udaljavaju izgledaju crveno a oni koji se približavaju - plavo.

Dobro - pokušajmo ponovno.

Willy idi na
mjesto i pripremi se.

Ili je promijenjena frekvencija?

Ili se on udaljava.

Ponovo se događa.
Kao prošli put.

Hej, možda je nepomičan!

Ne, vi smiješni stvorovi!!
Nisam nepomičan, ovdje sam!!

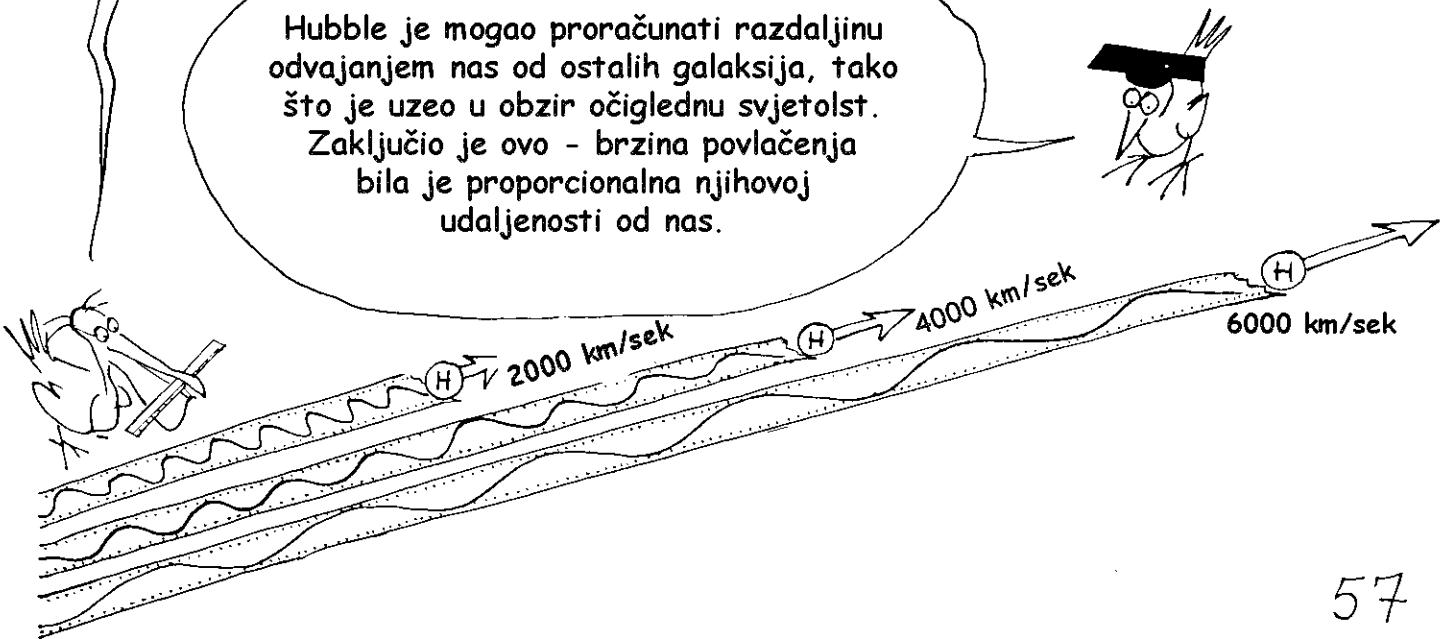
A oscilator je i dalje tamo...

LET GALAKSIJA



Ovi hidrogen atomi emitiraju duljinu radio vala. Dopler efekt pokazuje brzinu povlačenja od 2000, 4000 i 6000 km/sek.

Hubble je mogao proračunati razdaljinu odvajanjem nas od ostalih galaksija, tako što je uzeo u obzir očiglednu svjetlost. Zaključio je ovo - brzina povlačenja bila je proporcionalna njihovoj udaljenosti od nas.





Humph! Što to znači?
Stvari se ubrzavaju kada su udaljene od nas?

Ne baš. Tepih se proširuje u svim smjerovima. Zamisli točku A, koja je, pri vremenu $t=0$, 1m udaljena. Nakon 1sek, ona je na 1.2m. To znači njena brzina povlačenja je 20cm/sek.

U istom periodu vremena, točka B, početno smještena 2 metra dalje, završava na razdaljini od 2.4m (na B'). I njena brzina povlačenja je, za tebe relativna, 40cm/sek.

Dopler efekt govori o relatinim brzinama.

Nema variranja u radio duljinama ako se i odašiljač i prijemnik gibaju pri istoj brzini na paralelnim putanjama.



NEBESKA OSNOVICA JE HLADNA



Maloprije, rekli smo - samo se jedan foton u bilijun,
transformirao u materiju.

i antimateriju!

Znači, treba tu biti još uvijek veliki broj tih primitivnih fotona,
oko 500 po kubičnom centimetru. (kao i puno
neutriona, ali njih je
teže otkriti).

Njihova radio duljina trebala bi biti
oko 5mm, što odgovara temperaturi
zračenja TR od 3 stupnja (-270°C).

Ovi fotoni, vrlo male energije, otkriveni
su od strane PENZIAS i WILSONA 1964.
Oni su pepeo velikog praska; opipljivi
dokaz tog velikog događaja.

Eik!

Oh, Bogca mul!

KOZMOLOŠKI HORIZONT

Sofi, po hubleovo zakonu, brzina povlačenja objekta raste sa njihovom udaljenošću...

Znači, logički, tamo trebaju postojati objekti koji se odmiču od nas brzinom jednakom, ili većom od, brzine svjetlosti.

Ali... mi ne možemo primati svjetlost od njih!

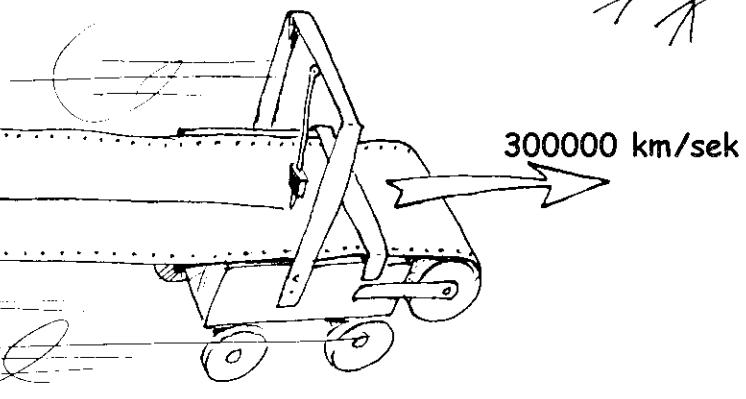
Zašto ne? Ako me preleti avion pri supersoničnoj brzini, ja i dalje mogu čuti probijanje zvučnog zida.

Frendovi, morate gledati na stvari iz drugog ugla.

Fenomen gibanja ima jedan efekt u vremenu (*). Jedan objekt koji se giba pri brzini koja je približna brzini svjetlosti - 300,000 km/sek - nama se čini relativnim, ali opažač mora biti u drugčijem "vremenskom mješavini" za opaziti tu poruku kao jedan vid usporenog filma.



Ako se ovaj objekt udaljava od nas pri brzini svjetlosti, onda nepovezanost vremena postaje totalna. Čini se - njegovo vrijeme prolazi kao melasa.



Zbog ovog skloništa ovo klizanje vremena je relativno jedno drugom, frekvencija valova prijemnika je niža. I ovaj fenomen, relativistički efekt, djeluje u prilog dopler efektu. Kad brzina povlačenja odašiljača, koja je za nas relativna, dostigne c , onda frekvencija primljenih valova pada do nule. Isto važi i za energiju, valove i poruku!



Valovi nulte frekvencije su odlazeći valovi!

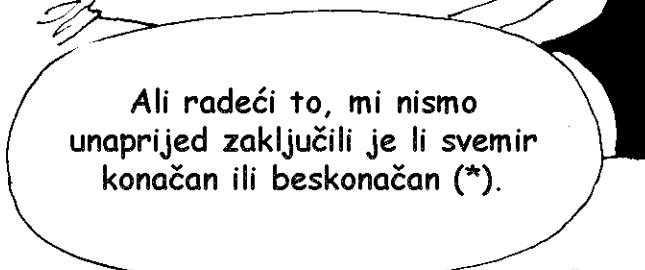
Za objekte koji nas okruju, relativna brzina jednaka 300000 km/sek doseže sferu koja se zove horizont. To nije granica stvari koje postoje; ali je granica stvari za koje mi znamo. Dostupan univerzum je samo mali dio velikog univerzuma. Ovaj horizont je na udaljenosti od nekih desetina bilijuna svjetlosnih godina. Domet najsnažnijeg teleskopa na Zemlji, danas, PALOMAR teleskop, je oko 1 bilijun svjetlosnih godina.

The Boss

I što sad, koje je značenje radijusa R univerzuma?



Naša priča je započela kad je univerzum bio star jednu stotinu sekunde. Zamisli ovo - u tom trenutku mi smo nacrtali krug, ili sferu, radiusa R . Onda pratili širenje te sfere kako je vrijeme prolazilo. I to je sve.



Ali radeći to, mi nismo unaprijed zaključili je li svemir konačan ili beskonačan (*).



Hej, vas dvoje!

Ima krasne oči.

Ovaj strip
još nije gotov!!

Još nam trebate!

hi, hi, hi

(*) Pogledajte "Geometrikon"

FRIEDMANOVI MODELI

Sofi - što prouzrokuje širenje univerzuma?

To su sile tlaka. To se zbiva zato što je univerzum eksplodirao kao bomba.

A zar ništa nije ometalo to širenje?

Sile teže imaju tendenciju za učiniti univerzum bližim ponovnom zgušnjavanju.

Znači, ne možeš misliti o univerzumu gdje su ove sile, tlak i gravitacija, izbalansirane?

Može se prikazati kao da je balans nemoguć. Najmanje ometanje balansa dovodi do zgušnjavanja ili eksplodiranja "statičkog" univerzuma.

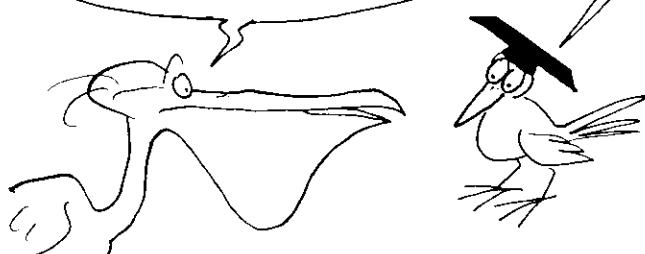
eksplozija

zgušnjavanje

Reci mi onda bez uvijanja -
može li se naš univerzum
zgusnuti?

U neku ruku,
to je mogućno.

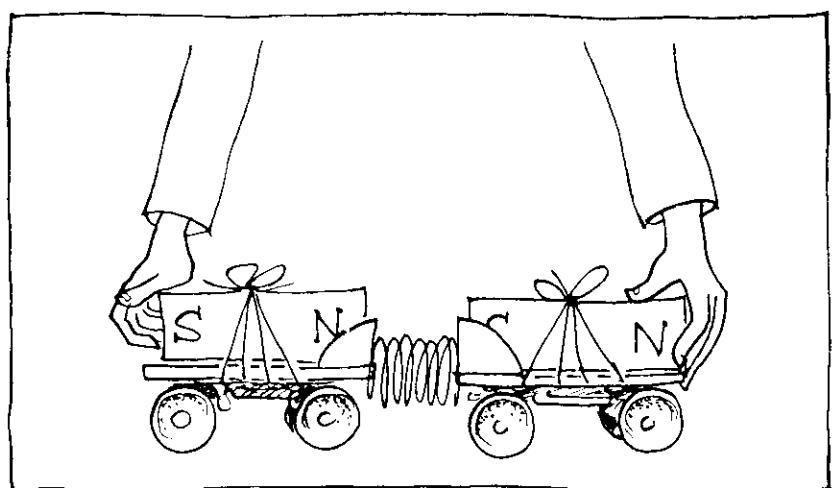
U stvari, mogućno je
vrijeme si može
odlučiti zaći unatrag.



Psssst!!



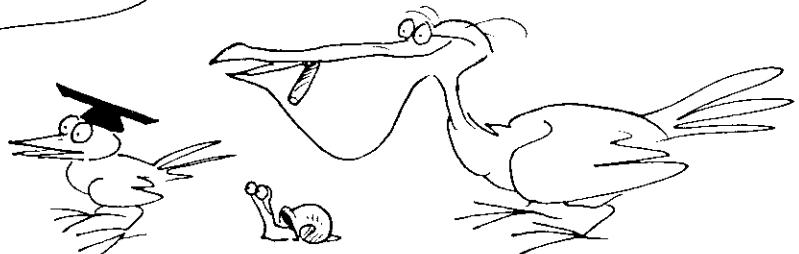
Još jedna naprava,
Archi?



Archi je privukao dva magneta stavivši
ih na rolšule, tako što ih je učinio
privlačnim jedan za drugi.
Ali sabijena žica pokušava ih
odvojiti .

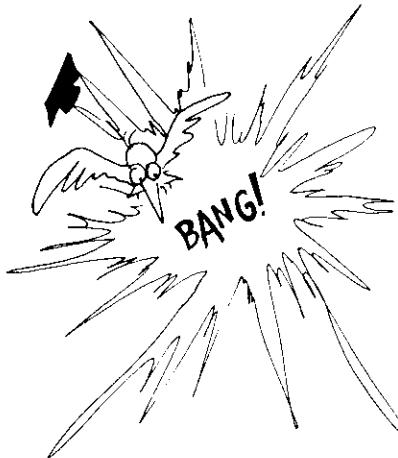


vidi, magneti predstavljaju
silu gravitacije,
približuju stvari jedno ka
drugom. Žica je sila tlaka.

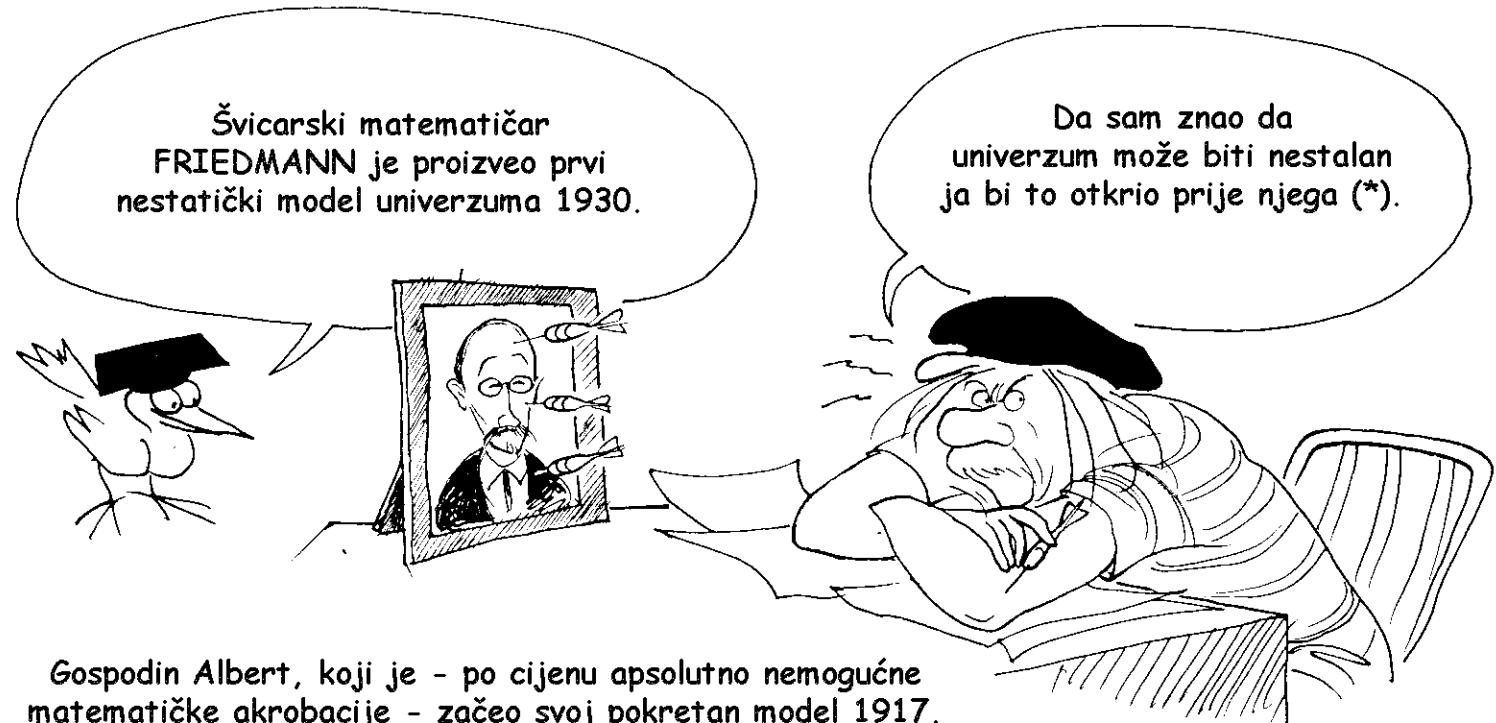




Ovo sugerira dva mogućna tipa univerzuma:
Prvi - širenje se nastavlja neodređeno. Kad se posljednja zvijezda ugasi,
onda bude nastala vječna noć, apsolutna hladnoća, topotna smrt.



Drugi scenario: sile gravitacije su na kraju pobijedile. Nakon doseganja svog maksimalnog proširenja, univerzum "pada sam na svoju zadnjicu". Sve strukture - galaksije, zvijezde - sve je zgnječeno. Početni atomi su potrgani. I veliki prasak se ponovno otkočuje... Spreman za novo odskakanje univerzuma, i za nove faze širenja.



Gospodin Albert, koji je - po cijenu absolutno nemogućne matematičke akrobacije - začeo svoj pokretan model 1917, nešto je ozlojeđen. Friedmann je ukrao njegovu pobjedu. On je zlovoljno pricao o relativnosti još puno...puno...godina.



Po Friedmann-ovom modelu, univerzum se izlaže beskonačnom širenju ako je (sadašnja) gustoća tvari manja od 5×10^{-30} grama po kubičnom centimetru. Onda univerzum bude imao beskrajan volumen, i beskrajnu prostornu veličinu.

(*) Autentična Einstein-ova primjedba

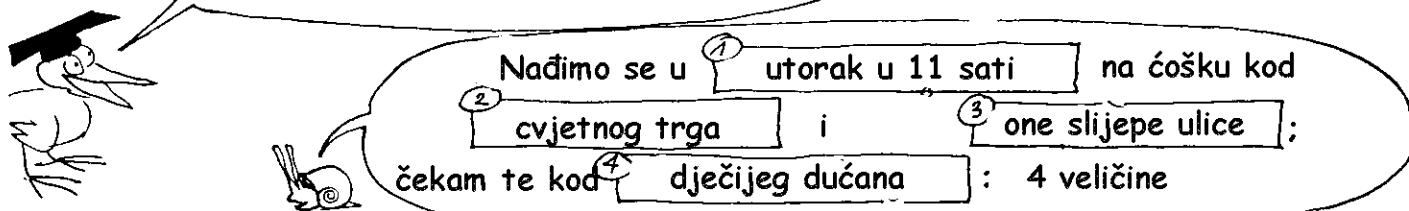
GEOMETRIJA UNIVERZUMA

Univerzum je, za nas, 4-dimenzionalna hiper-površina, u kojoj je izmiješan prostor i vrijeme. Razne ideje raspravljaju iznad odgovaranja različitim prezentacijama ovog univerzalnog entiteta koje je prostor i vrijeme.

Kog oblika je univerzum?

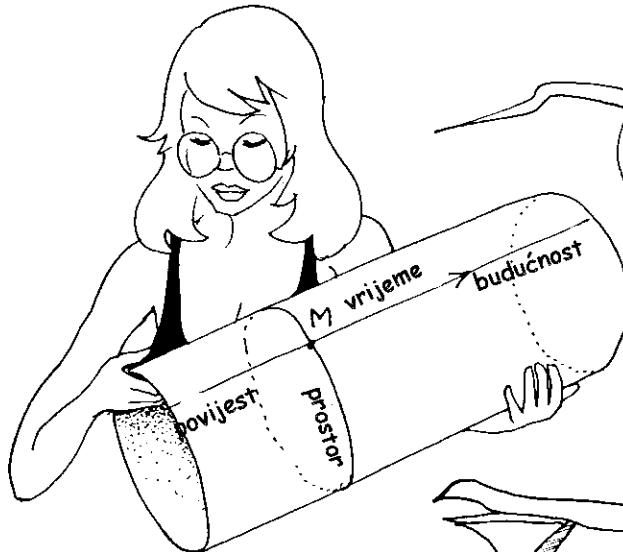


Sjećamo se - broj dimenzija prostora je broj veličina koje su neophodne za definirati poziciju točke unutar njega.



Na papiru - mi prostor možemo predstaviti samo pomoću dvije dimenzije, površine. Možemo izučavati prostor i vrijeme sa svije dimenzije, jednu za vrijeme a jednu za prostor.



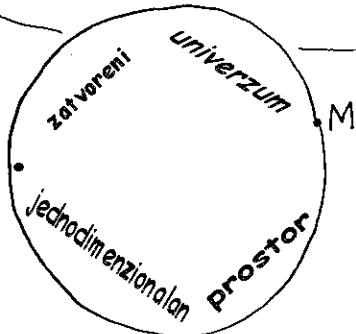


Na ovaj način prvi model zatvorenog univerzuma, Einstein-ov model, predstavljen je kao valjak.

Hmmm... Što je unutar valjka?

Ne unutar,
na valjku.

U datom trenutku, objekt predstavljen sa točkom M na površini i univerzumom u tom trenutku se redukuje u krug.

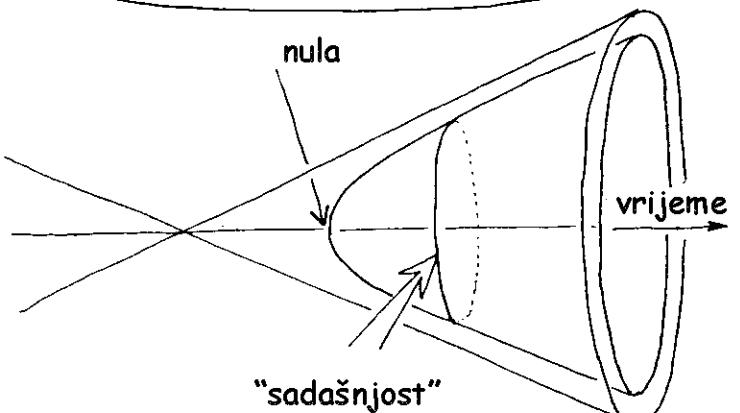


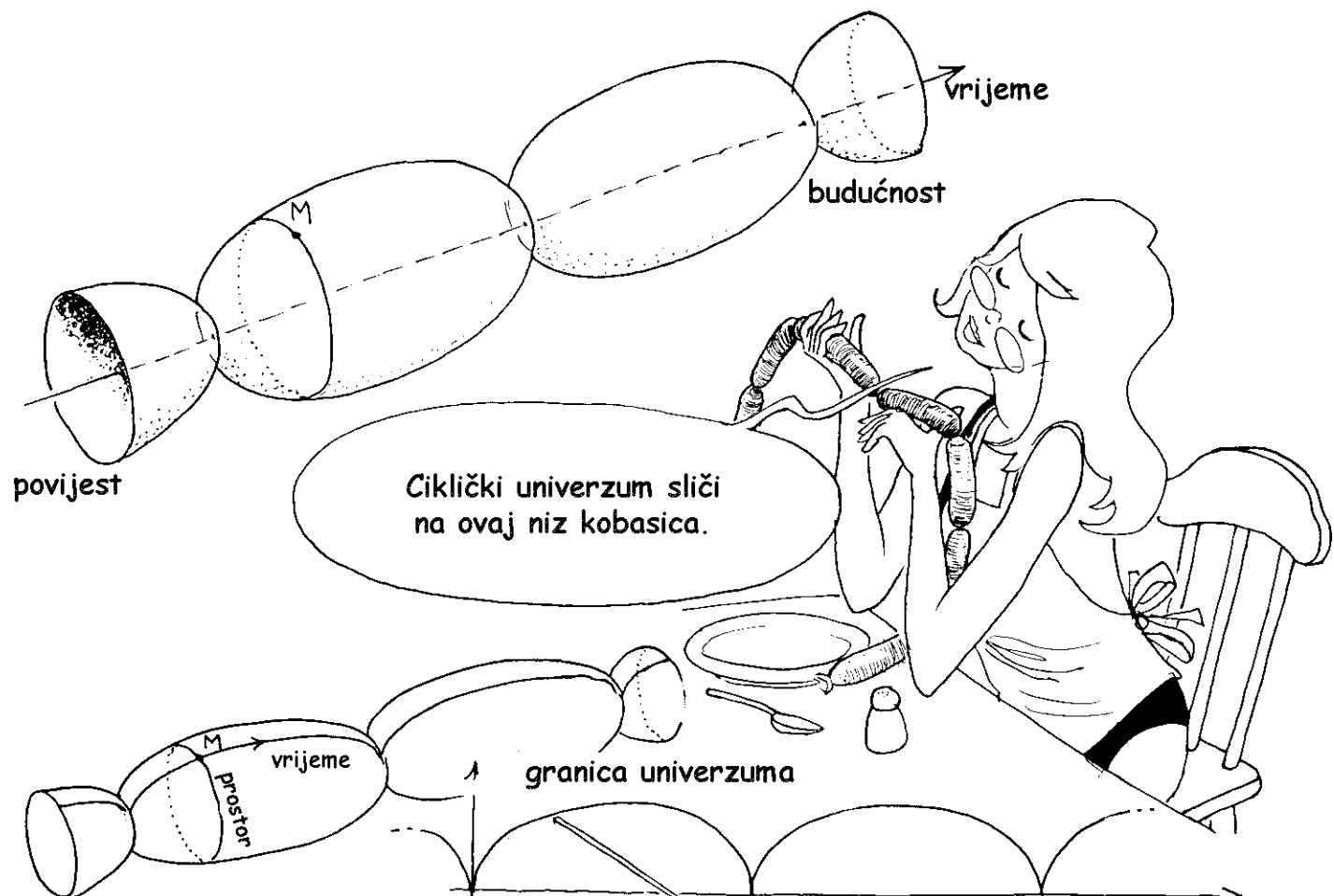
Ako je objekt nepomičan on opisuje generator valjka (crti duž njegove duljine) kako vrijeme protiče.



Lako je predstaviti širenje ovog zatvorenog univerzuma kao funkciju vremena, datu nepokretnim modelom univerzuma.

Na primjer, evo dvo-dimenzionalne slike neodređenog širenja prostore i vremena.





Ali kad se vratimo tome, zašto vrijeme mora biti "otvoreno", tj. ili beskonačno se prostirati i u budućnosti i u povijest?

Mi smo ovdje.



Nema problema... ako samo zatvoriš Einstein-ov model dobijaš ... Torus

evo nas ponovno

vrijeme

U ovom totalno zatvorenom prostoru i vremenu, isti događaji se ponavljaju, ponovno i ponovno, nakon vremena t koje je period ovog čudnog univerzuma.

singularitet velikog praska

Isto tako možeš napraviti ciklički univerzum koji se obrušava sam u sebe.

stadij maksimalnog širenja

sadašnjost

To je niz kobasicica, koje su samo-zatvorene, sa samo jednom kobasicom!

Oh, pogledajte Lenny-ja!!!

Potpuno je kolabirao.
Ne može više izdržati.