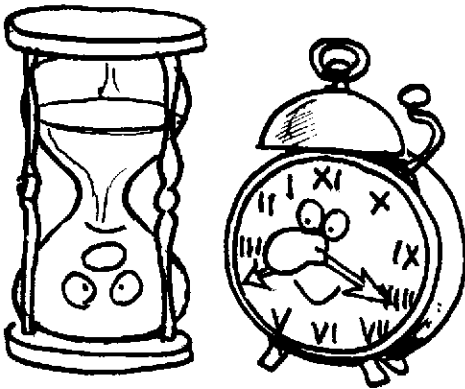


Savoir sans Frontières

LA KRONOLOGiUMO

Jean-Pierre Petit

Traduit par :
Esperantigis Roland Platteau
kaj Pierre Chibleur

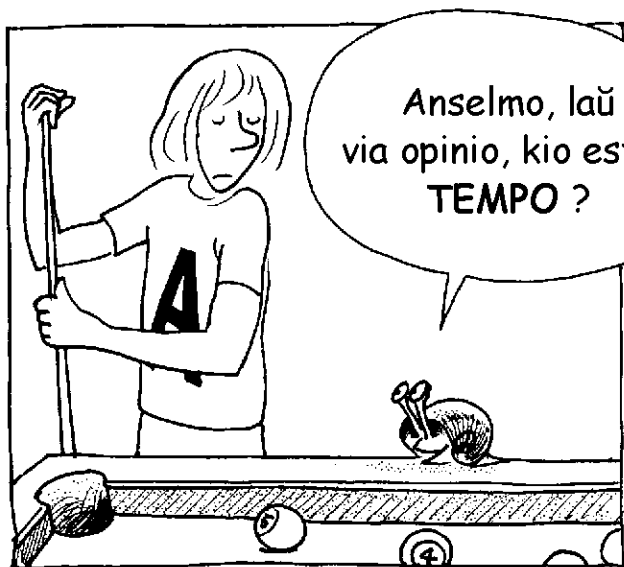


<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

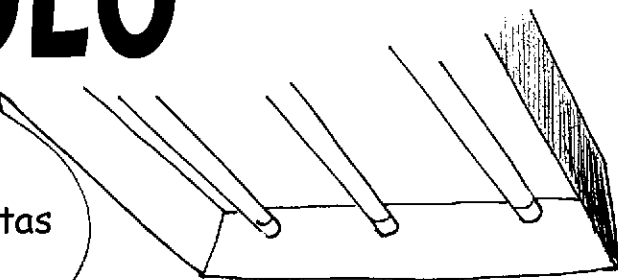
Lanterno rimas kun konsterno... Tiel estu ! Sed ĉu Keplero, Neŭtono,
kaj Ejnŝtejno ne estis ankaŭ, iel konsternantoj ? Se la scienco
antaŭenirus nur sur kutimaj vojoj, ĝi malmulte paŝus !

~~Ueli~~
Jean-Claude Pecker

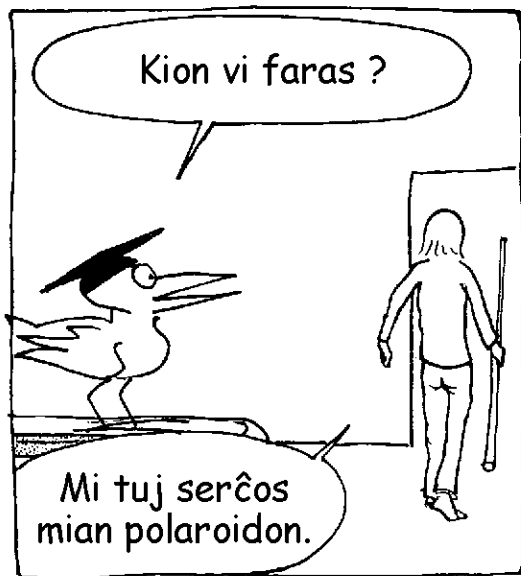
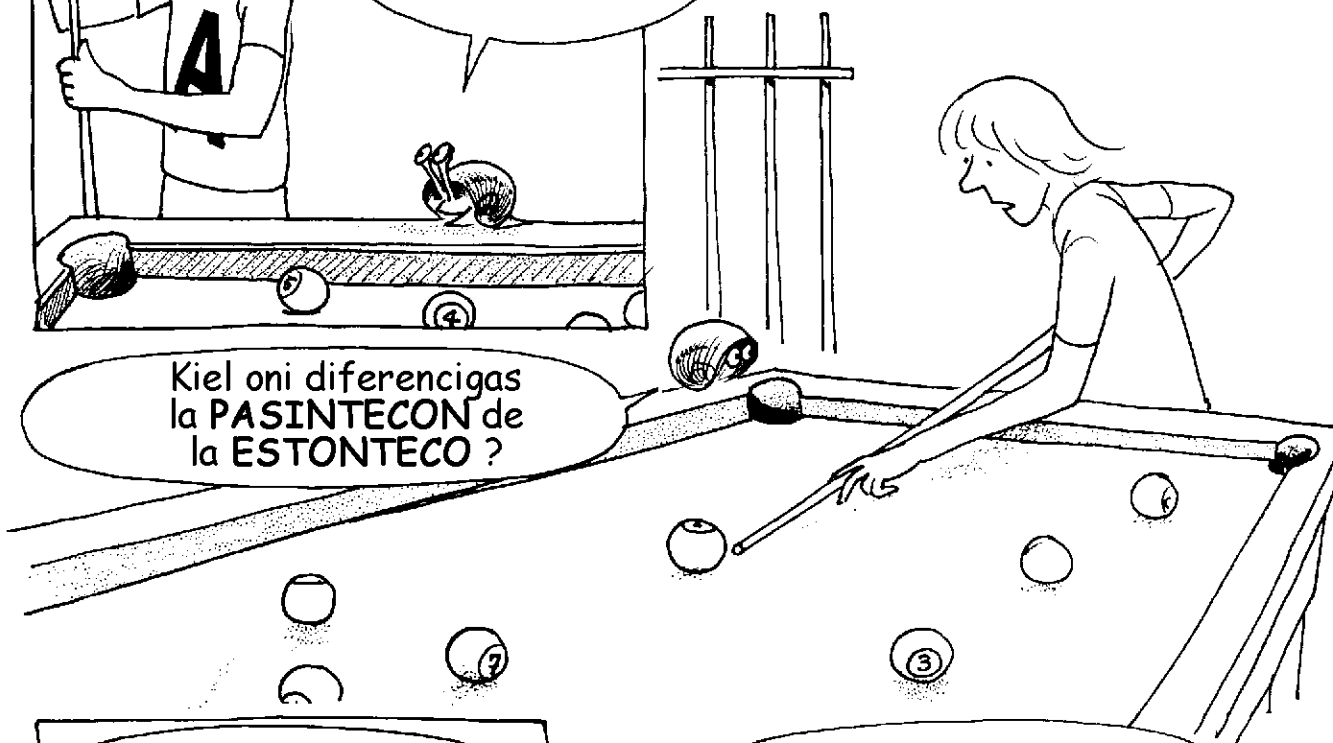
ATAŬPAROLO



Anselmo, laŭ
via opinio, kio estas
TEMPO ?



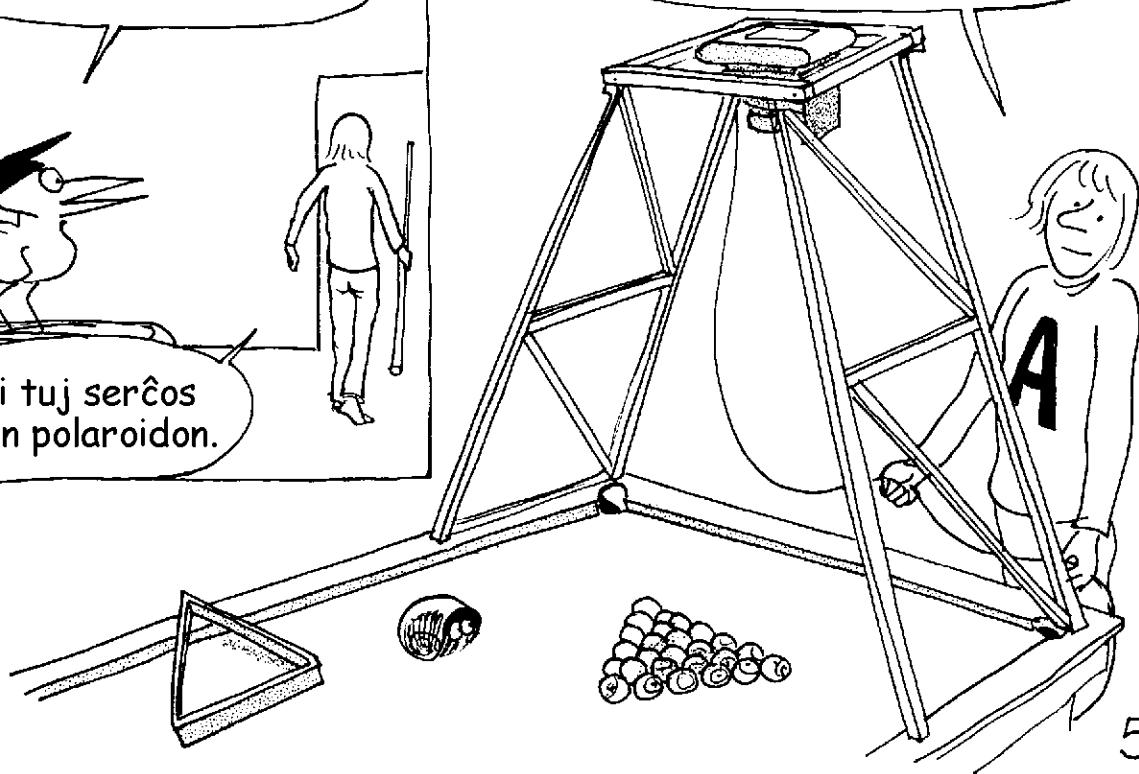
Kiel oni diferencigas
la **PASINTECON** de
la **ESTONTECO** ?



Kion vi faras ?

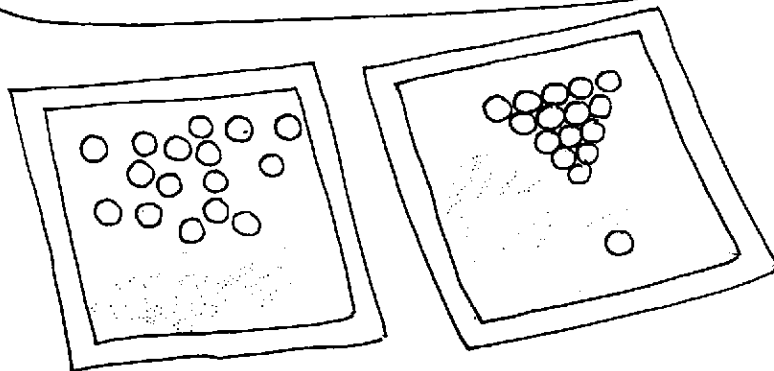
Mi tuj serĉos
mian polaroidon.

Jen tio devas taŭgi...

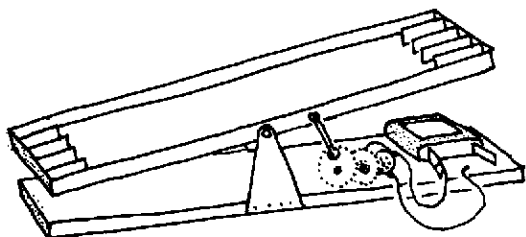


Sofio!

Rigardu tiujn du kliŝojn. Unu estas **POSTA** rilate al la alia. Devas ekzisti rimedo por ordigi tiujn du fotaĵojn en la tempo, por akiri ilian **KRONOLOGION**.



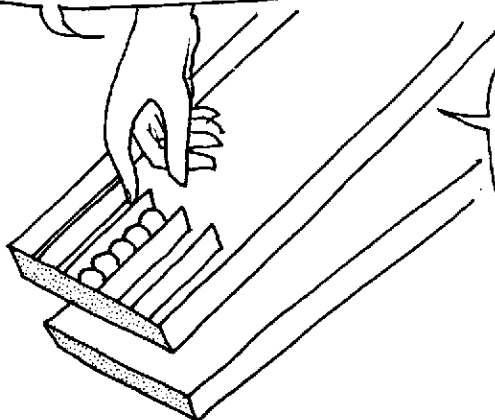
PROBABLECO



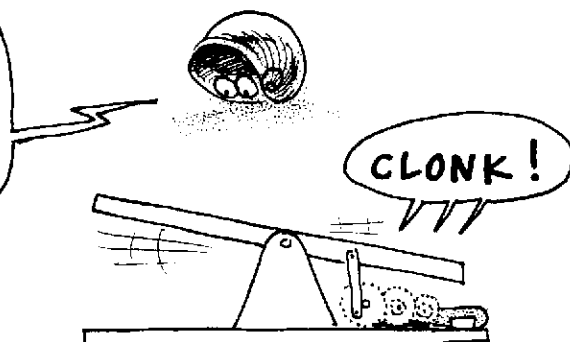
L'ideo estas bona, sed jen maŝino, kiu ebligos bildigi tion ĉi pli klare.

Temas pri pleto oscilanta laŭ akso, kiu portas fakojn simetrie aranĝitaj.

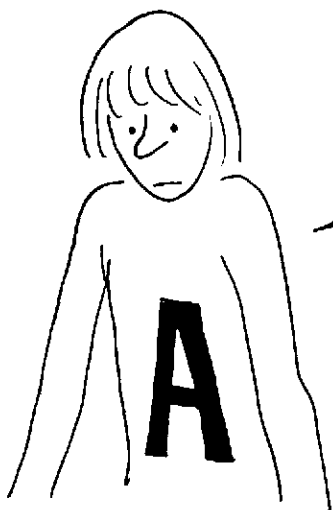
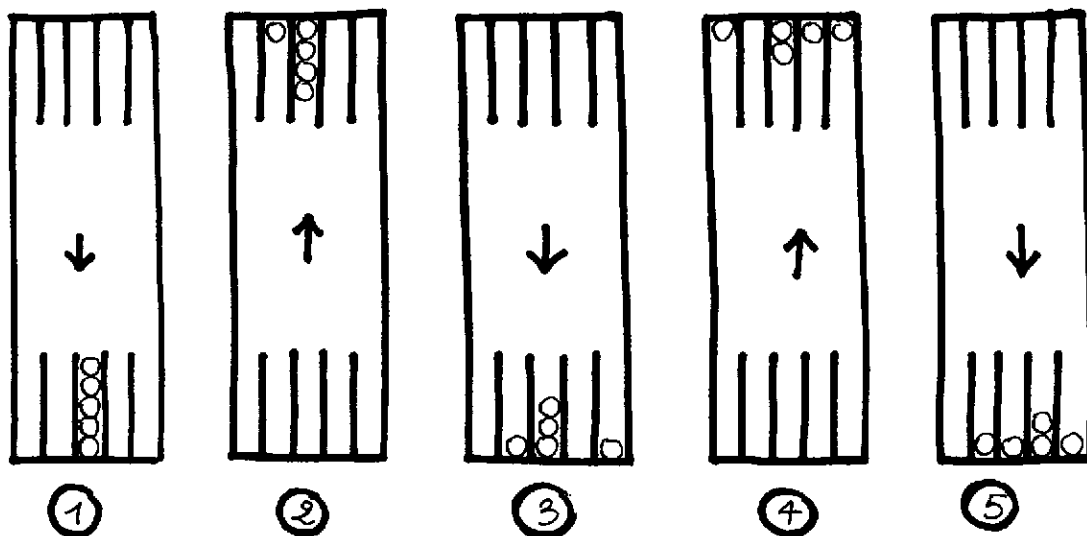
Antaŭ ol funkciigi tiun maŝinon, mi lokis kvin globetojn en unu el la fakoj, ekzemple tiu, kiu troviĝas sur la centro.



Jen ekas, la pleto, kies akso bone horizontalas, milde oscilas, kio rezultigas ir-reiran movon je la globetoj de rando al l'alia.



Rigardu : la etetaj malglataĵoj de la maŝino kaj la aerturbuloj kaŭzas ke la globetoj ne restas al la komenca fako, sed emas drivi al la apudaj.



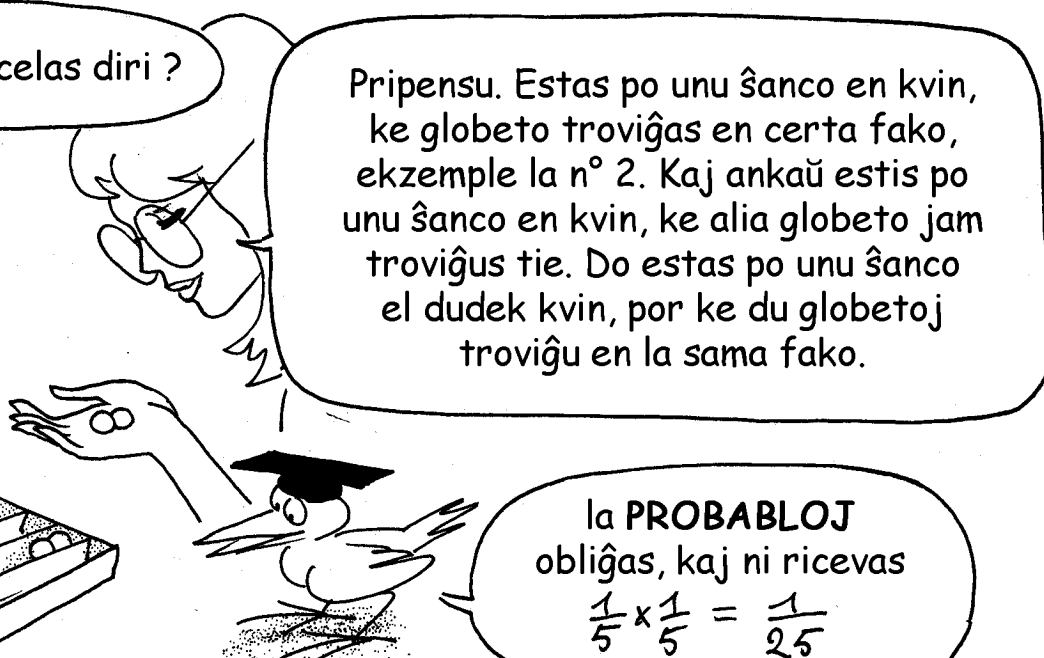
La globetoj iras kaj reiras, sed ne ŝajnas havi deziron por troviĝi en la sama fako.

Ĉar tiu situacio estas tro multe **MALPROBABLE**.







Kion vi celas diri ?




Pripensu. Estas po unu ŝanco en kvin, ke globeto troviĝas en certa fako, ekzemple la n° 2. Kaj ankaŭ estis po unu ŝanco en kvin, ke alia globeto jam troviĝus tie. Do estas po unu ŝanco el dudek kvin, por ke du globetoj troviĝu en la sama fako.




la **PROBABLOJ** obligas, kaj ni ricevas
 $\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{25}$



Same kiam ni hazarde ĵetas tri globetojn, estos $(\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{125})$, t.e. Unu ŝanco el cent dudek kvin trovi ilin ĉiujn en donita fako.



Ĉi tio respondas al unu ŝanco el $5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$ kaj tio al unu ŝanco el $5^5 = 3125$, do probableco de $\frac{1}{3125} = 0,00032$



Se oni rigardas ĉiujn fakojn ekvivalentaj, la probablo trovi la kvin globetojn en unu sama fako estos :
 $P = 5 \times 0,00032 = 0,0016$

Se oni neniel diferencigas inter la fakoj, jen la probabloj ligitaj al ĉiu el la dislokiĝoj :

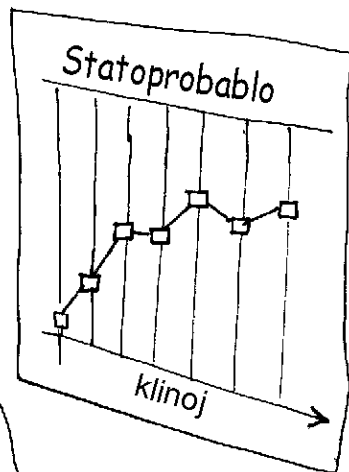
○○○○	→	$P = 0,0016$
○○○ + ○	→	$P = 0,032$
○ + ○ + ○ + ○ + ○	→	$P = 0,0384$
○○ + ○○	→	$P = 0,064$
○○ + ○ + ○	→	$P = 0,192$
○○ + ○○ + ○	→	$P = 0,288$
○○ + ○ + ○ + ○	→	$P = 0,384$

Strange : la kazo, kie troviĝas unu globeto en ĉiu fako, ne estas la plej probabla.

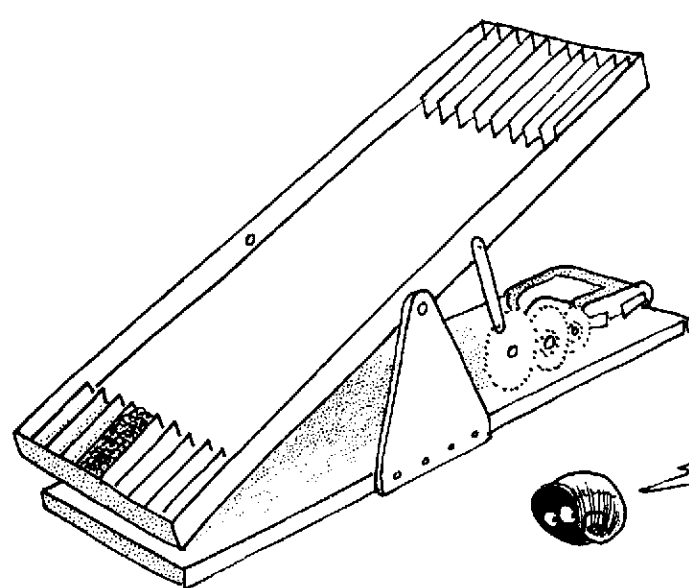
Ni notu la probablojn ligitajn al la sinsekvaj dislokiĝoj en nia eksperimento.

DUA PRINCIPŬO

Sofio, estas ege klara. La probablo de stato kreskas komence tre rapide, poste sinsekvas statoj kun la probabloj la plej fortaj.



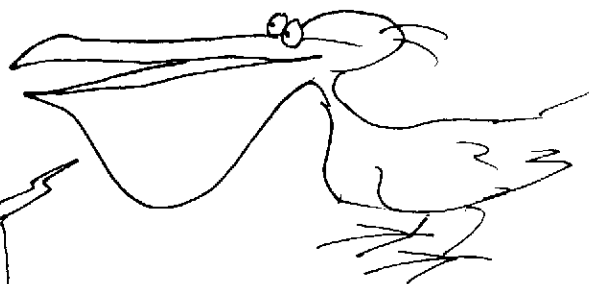
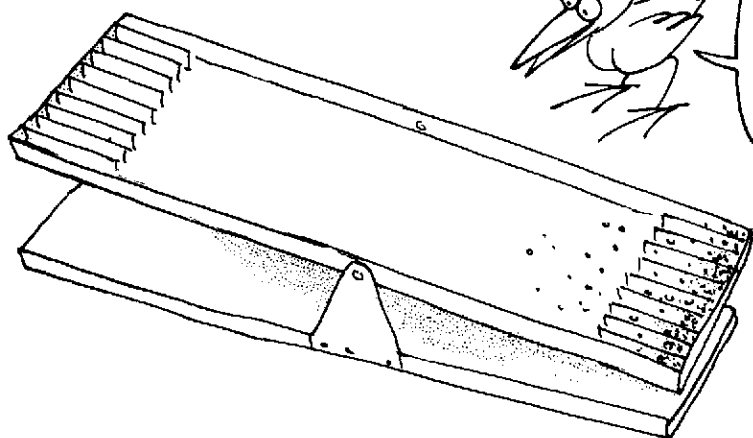
Provu kun dek fakoj kaj mil globetoj.



Anselmo uzis ĉasplumbeojn.
La probablo por trovi la
1000 plumbeojn en unu sama
fako estas $(1/10)^{1000} \times 10$,
tio estas $P = 0,0000... \dots 0001$
(998 nuloj!). Ĝi estas
ege malgranda.



Kiam la maŝino ekfunkcias,
la globetoj iras dislokiĝantaj
en la diversajn fakojn laŭ
praktike egalaj kvantoj.



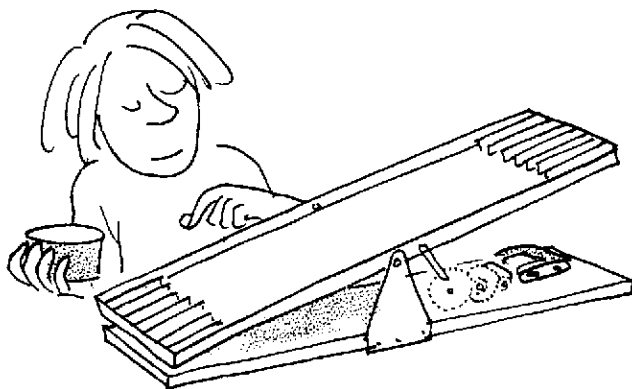
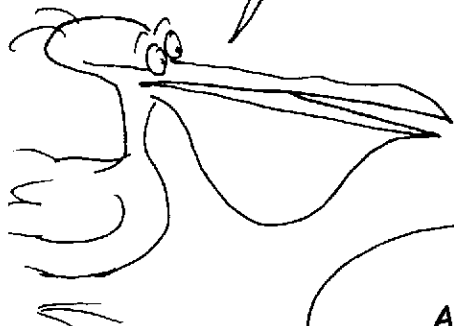
Ĉiuj statoj, kiujn oni tiam observas,
estas tre proksimaj de meza stato,
kie ĉiuj fakoj entenus la saman
nombron da globetoj (*).

Oni skemigas tiun rezulton per la formulo :
**DUA PRINCIPO : ĈIU IZOLITA
SISTEMO STREBAS AL SIA
PLEJ PROBABLE STATO.**



(*) Sistemon, posedantan tian statistikan stabilecon, oni nomas **ERGODA**.

Kio estas sistemo,
kiu ne estas izolita ?



Jen unu : kiam
Anselmo elpaŝas por
ordigi la globetojn.

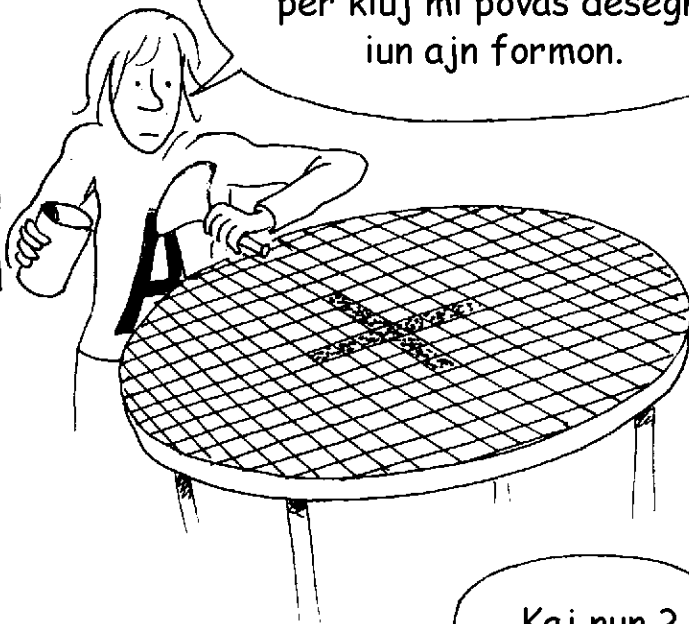


Krom
se ĝi estas
vegeterano.

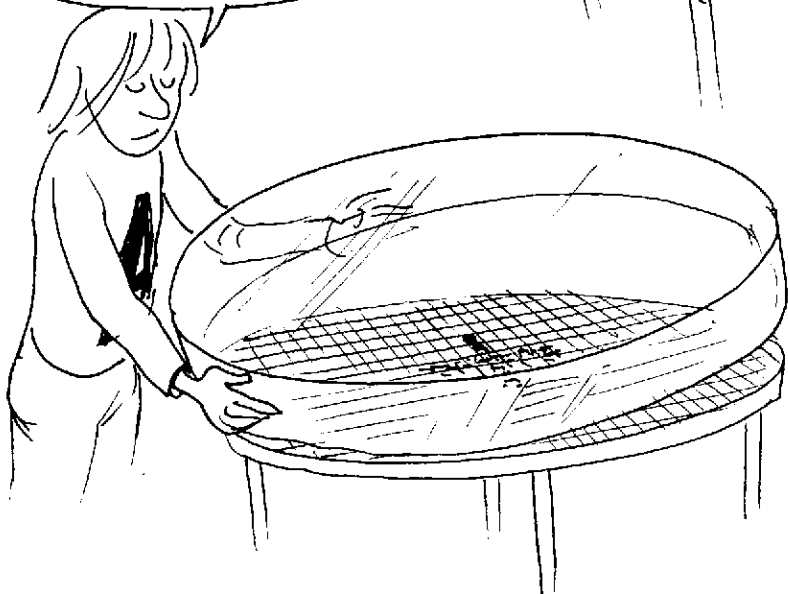


Sistemo preta
por konverĝi al
plejprobablaĵo.

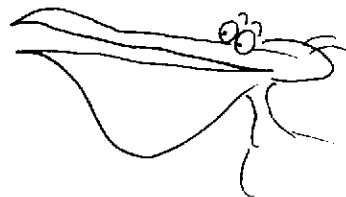
Rigardu, Sofio,
mi plibonigis la sistemon.
Sur tiu pleto mi disponis
fakojn kaj plumberojn,
per kiuj mi povas desegni
iun ajn formon.



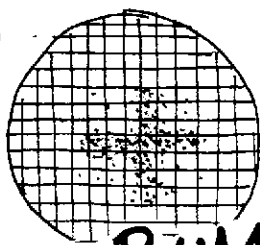
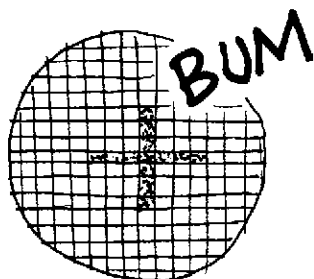
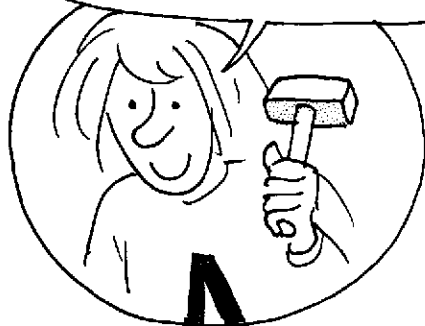
Oni kovras
ĉion per travidebla
kloŝo.



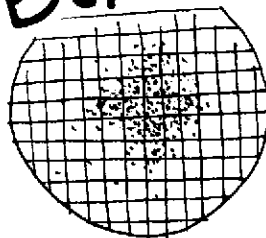
Kaj nun ?



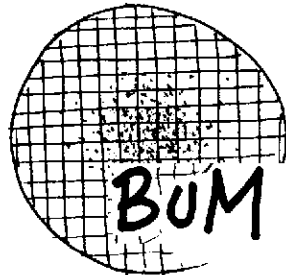
Nun restas al mi nur frapadi per marteli de sube.



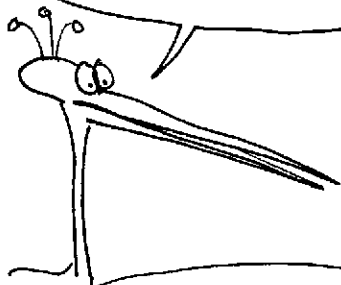
BUM



BUM



Kio okazas ?
Ĉu vi estas mortigantaj iun ?



Ne, Anselmo estas iganta sistemon strebi al sia stato de maksimuma probableco.

Klaras. La mesaĝo iĝas pli kaj pli nelegebla.
INFORMO iom post iom difektiĝas.



Alidirite, mi havas solvon por ordigi **KRONOLOGIE** du statojn de izolita sistemo. Ĉiu, kiu montras **PLI BONORDAN STUKTURON** estas la pli malnova.



NEINVERSIGEBLECO

Kiel vi vidas, Anselmo, la natura difuzo estas detruonta tiun mesaĝon, kiun ni skribis en la ĉielo

Ĉu vi fartas bone?

Be!

Sed se oni ne povas apriorie ekskluzivi la eblon, ke tiuj koloraj molekuloj povus regroupiĝi mem, rekonstruantaj la mesaĝon

kiel oni ne povas tute forĵeti hipotezon de escepte bonŝanca martelfrapo, kiu refarus vian krucon antaŭmomentan.

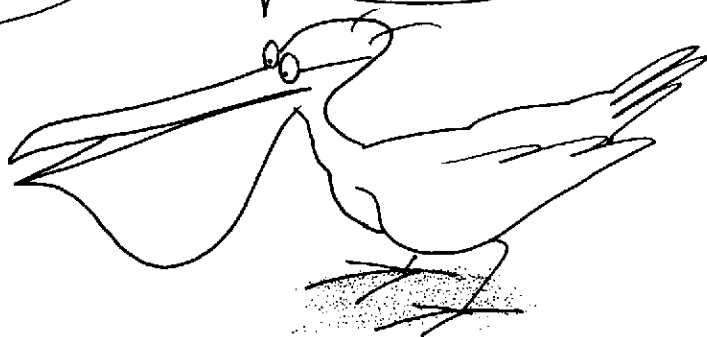
aŭ ke la koloraj molekuloj, same densaj kiel l'akvo mem reformigus la komencan guton,

sed ĉar la probabloj ligitaj al tiuj eventualaĵoj estas malgrandegaj, oni rigardas ilin nekonsiderindaj.

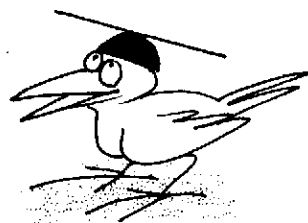
Tial la universo alkuras
neinversigeble al la **HĀOSO**.
La vanilaj glaciagoj fandiĝas,
la montoj disfalas.



Fine
ĈIO IRAS FOR.



Tiun fenomenon oni komune ligas
al la neinversigebla kresko de kvanto
nomata **ENTROPIO (*)**.



Ĉio-ĉi estas vere emociiga.
Mi estas kuironta al mi iom da teo.

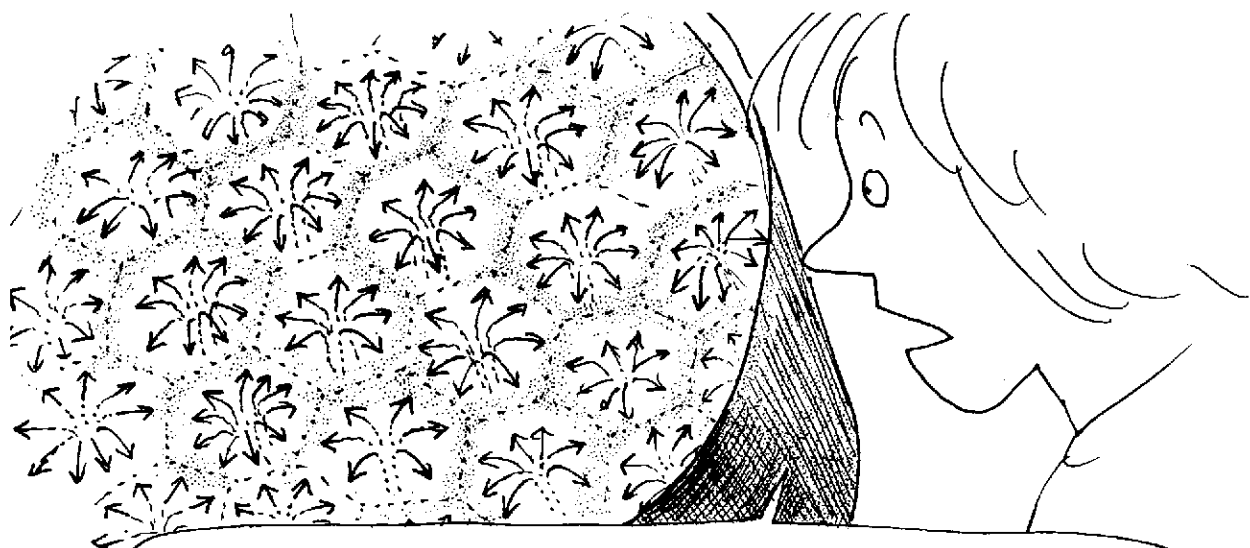


Sed tio ŝajnas alporti
la respondon. L'**ENTROPIO**
estas **MEZUREBLA**, tial ni
povus **KRONOLOGIE** ordigi
la statojn de iu sistemo.

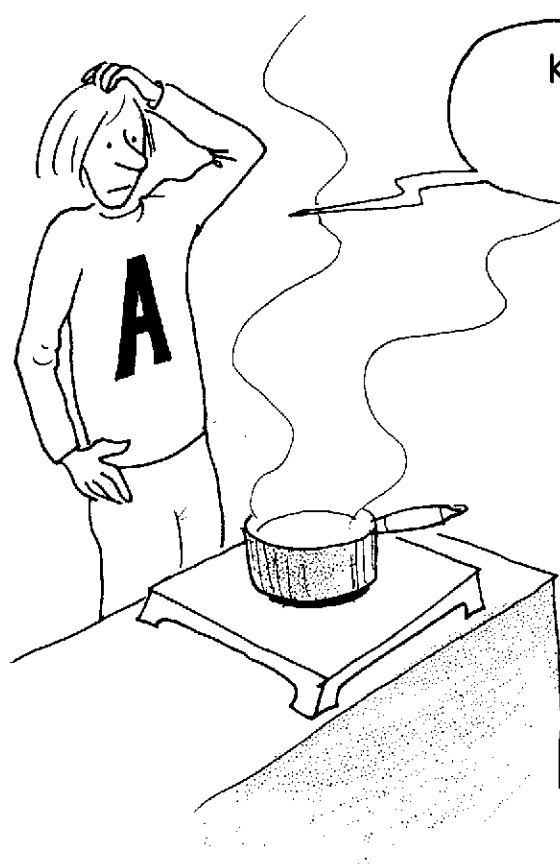


(*) Se P estas probablo de stato, la entropio estas $S = P \text{ Log}P$,
kie Log signifas logaritmo.

DISIPIGANTAJ ĈELOJ



Ne kredeblas ! Kiam mi varmigas la akvon, kirliĝanta sistemo kun ses-angulaj maŝoj aperas tie, kie estis nenio, kaj tamen mia varmiganta plato efikas tre homogene.

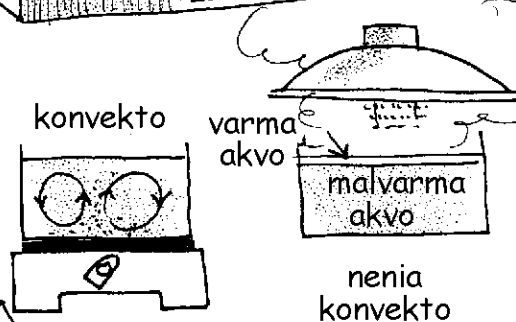
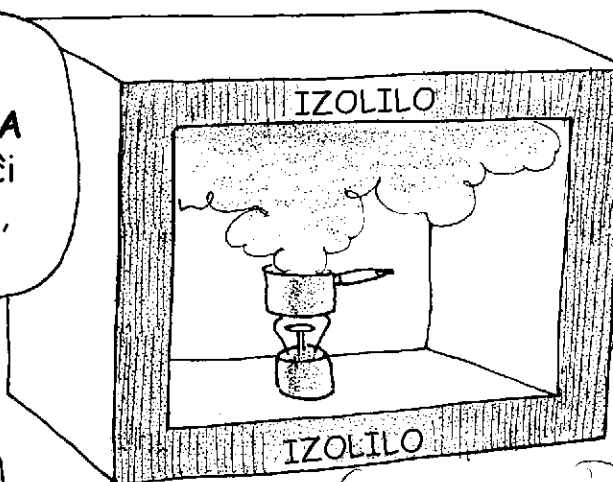


Kiam mi forvaporigas tiun akvon, mi kredis krei malordon, kaj jen mi kreas ordon !?!

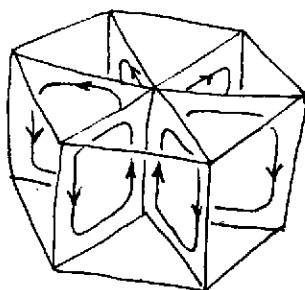
Ĉu tio signifas, ke bolanta akvo havas la povon malkreskigi entropion ?



Tio simple signifas,
ke tiu komprenaĵo **ENTROPIO**
valoras nur por la **TUTAĴO DE LA**
IZOLITA SISTEMO, tio estas ĉi
tie la tutaĵo : varmigilo, kaserolo,
akvo kaj atmosfero.



Cetere tute eblas vaporigi la tutan akvon sen kirloj,
nek konvektaj movoj, varmigante ĝin per desupra radiado
helpe de simple parabola radiatoro (*).



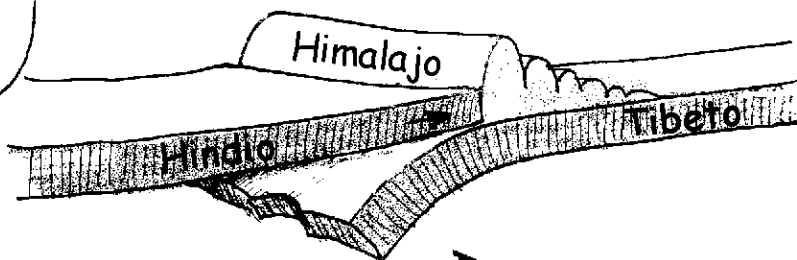
La reiro al **SENFORMA STATO** ne
estas tio kion karakterizas la entropian
kreskon ĉe sistemo. La **DISIPIGAJ**
ĈELOJ, kiam ili aperas, efikas
kiel akceligantaj la vaporigon,
do la kreskon de entropio tutaĵe.



La montoj disfalas per si mem,
sed la akvo transportita de la
nuboj akcelas tiun erozion.

(*). vd. "Se ni flugas ?"

Sed ... ĉu ne estas sur Tero montoj fariĝantaj, ekzemple HIMALAJO ?



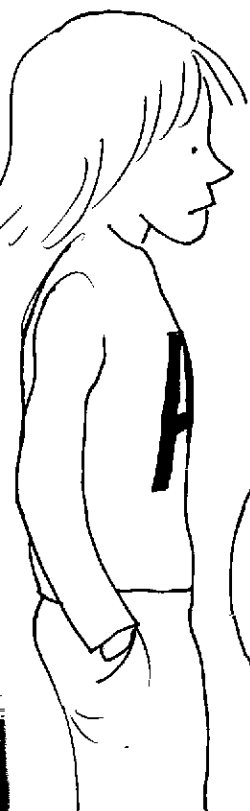
Pravas, oni diras, ke la «hinda plato», kunpuŝiĝante kun Tibeto, estigis tiun elstaraĵon.



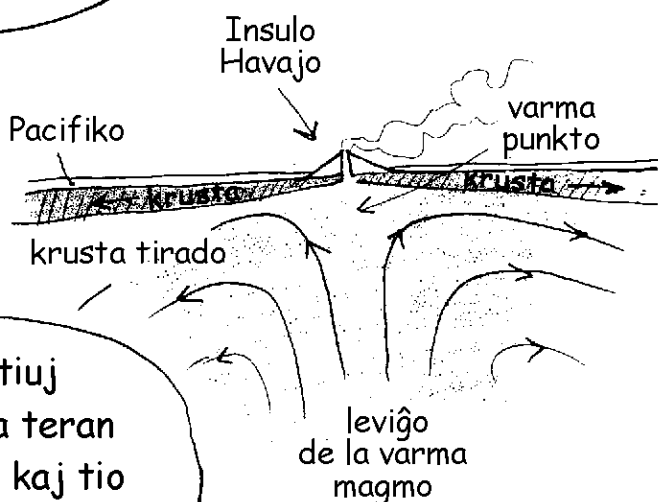
Tio estas nur la rezulto de la konvektaj fluoj, moviĝoj de la **MAGMO**, kaj kiu helpas tiun ĉi forĵetisian centran varmon, kiun estigas malintegrado de la praa uranio 235.



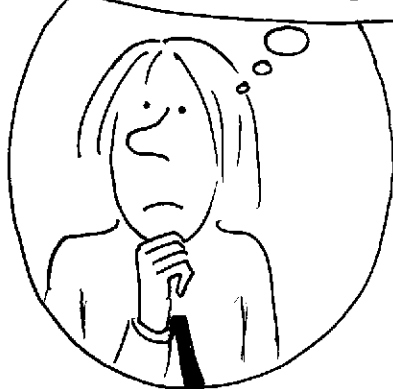
Ĉu vi celas diri, ke estas konvektaj ĉeloj en la magmo ?



Kompreneble, kaj tiuj magmaj movoj tiras la teran kruston, kiu rompiĝas, kaj tio ekzemple estigas havaĵe-tipan vulkanismon.



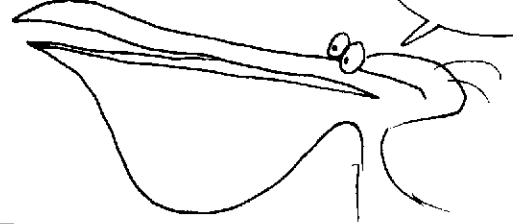
Hm, kompreneble,
kiam oni tiras sur la
krustojn de vundo, neniam
tiu cikatriĝos.



Ni vivas sur la ŝaŭmo
de kuirpoto tridimensia,
kiun ni nomas Teron.



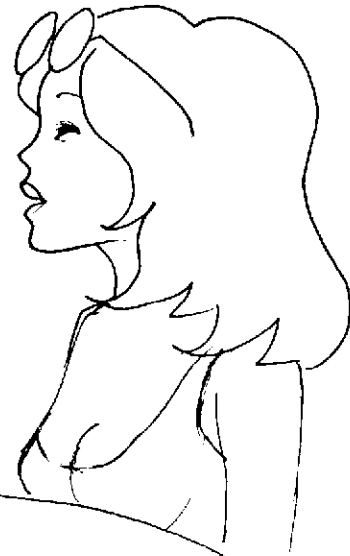
Ĉu !?!



Atendu... ĉio-ĉi belas,
sed kiu fabrikis l'uranion ?



Iu stelo, dum sia
eksploda fino, kiam ĝi transformi
ĝas en SUPERNOVAON (*)



Stelo



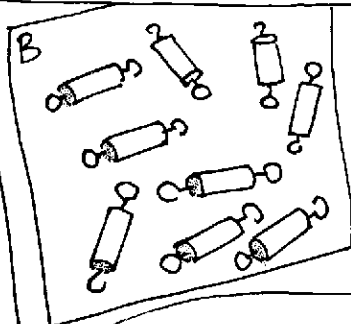
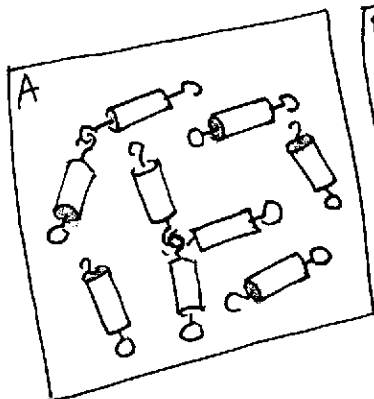
Ankaŭ la steloj estas lokoj
de potencaj konvektaj fluoj,
kiuj transportas al la periferion
la varmon kreitan en ties centro
pro la fuzio de hidrogeno.



La kaserolo, Tero, la suna stelo,
ĉiuj funkcias per reto de **DISIPIGAJ ĈELOJ**.

MORFOGENEZO

Anselmo, tiuj objektoj kuŝis en kesto, kiun oni skuadis. Ĉu vi povas kronologie klasi tiujn du kliŝojn de la enteno ?



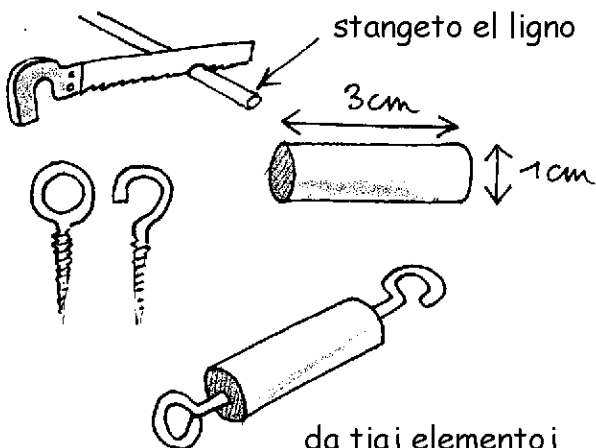
Mi konjektas, ke ili estas en la ĝusta sinsekvo. Dum skuado, oni konjekteble dispecigis la strukturojn konsistantaj el du aŭ tri elementoj ...

Kion vi fabrikas ?

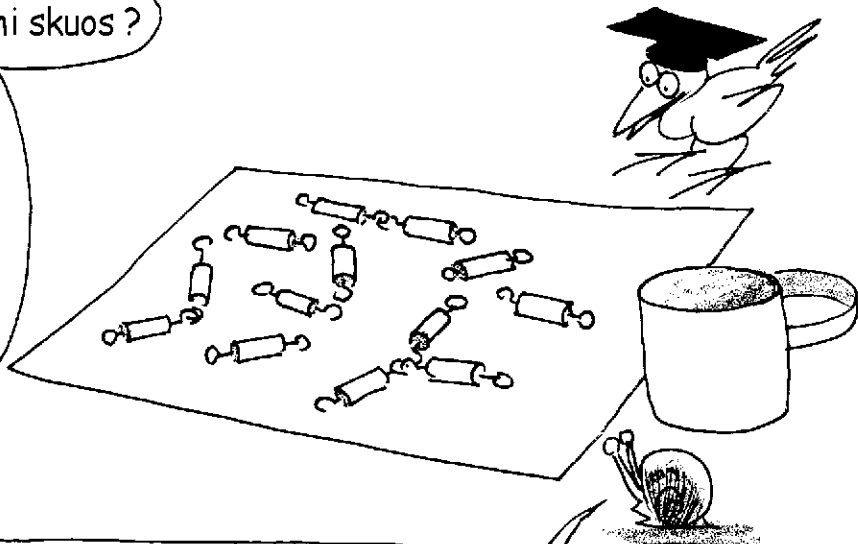
... Be, laŭdire mi ree eraris. Tial la ununura solvo estas reiro al eksperimento.



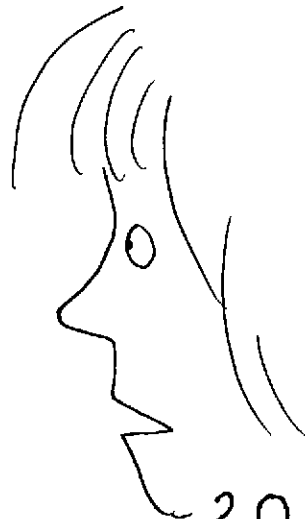
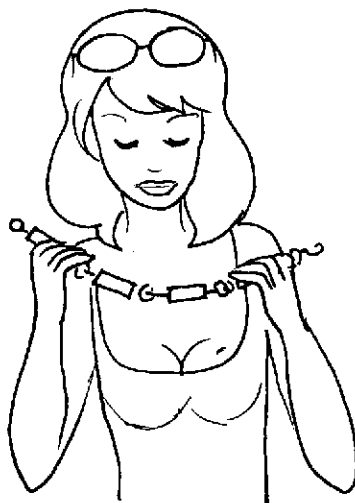
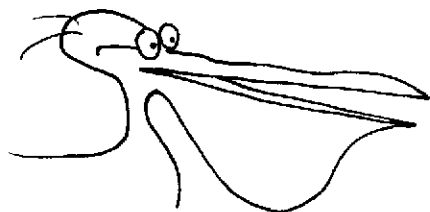
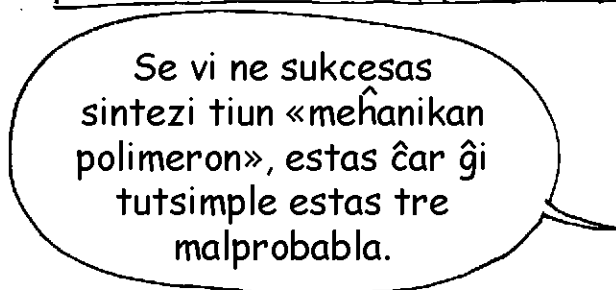
MATERIALO :



da tiaj elementoj oni bezonas almenaŭ dudekon



Ne kredeblas ! Anselmo vane plimultigis la provojn, ĉiufoje oni ricevas kuniĝojn kun 2, eĉ 3 elementoj !

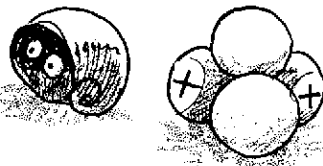


Sciu, naturo estas farita tiamaniere,
ke kiam io, iam, estas **ALTE PROBABLA**,
ĝi nepre okazos.

Kaj mi konjektas ke inverse,
se io tre malprobablas,
ĝi ne okazos.

kaj kiam io havas tre etant
ŝancon okazi dum la tuta vivo
de Universo, oni rigardos
kiel **NEEBLAN**. Komprenite.

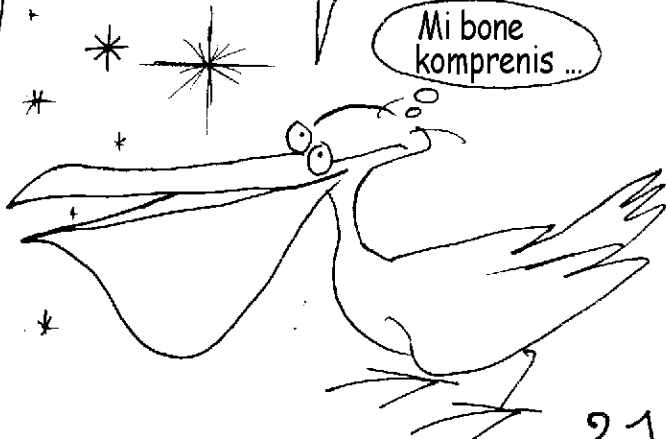
La formado de heliumo dum
la **PRAEKSPLODO** estis treege
probabla. Do l'Universo
entenas ĝin !



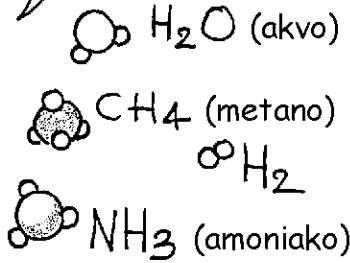
Male, pro l'ekstrema
diluo de la galaksia medio,
oni kalkulis, ke la suno havis
unu ŝancon en dek milionoj
renkonti alian stelon dum la
venontaj dek miliardoj
da jaroj.

Oni do rigardos
tiun **OKAZAĴON** kiel
NEEBLAĴON

Mi bone
komprenis ...

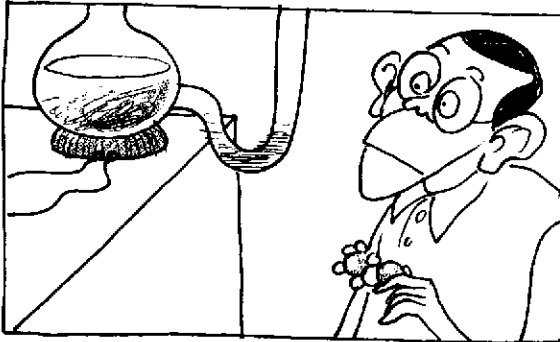


Akvovaporo, metano, amoniako, hidrogeno, estas tre simplaj molekuloj, tre simetriaĵoj, kompareblaj al viaj nelgaj kunigoj.

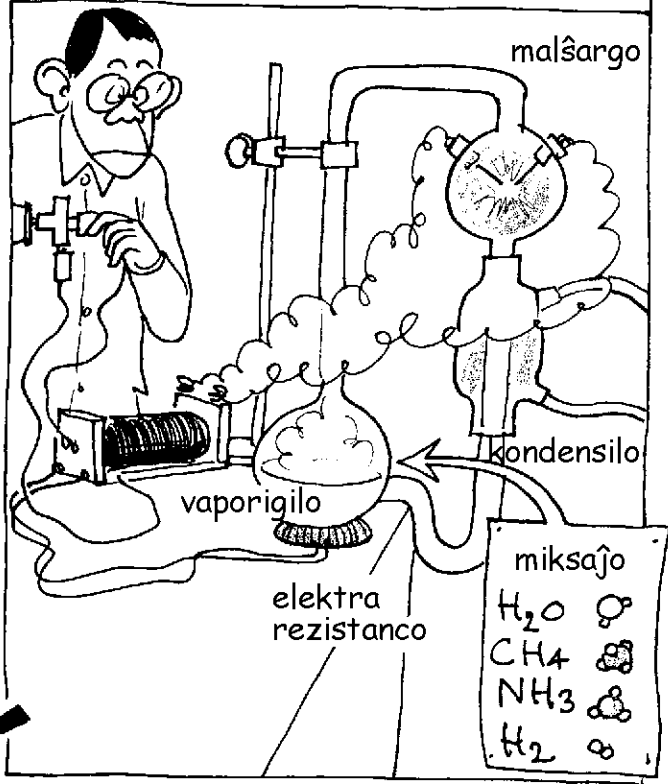


Do ili ĉeestis en la pra-atmosfero de nia planedo.

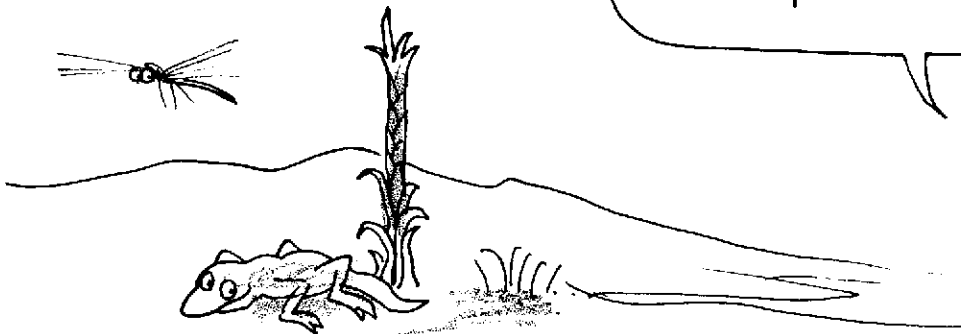
Post unu semajno la senkolora miksaĵo iĝis oranĝkolora, pro la ĉeesto de aminaj acidoj, molekuloj konsistantaj el dekkvinon da atomoj.



En 1950 Milero, juna studanto, ekhavis ideon meti tiujn elementojn en kamero, kaj «skui» per simpla elektra malŝargo.

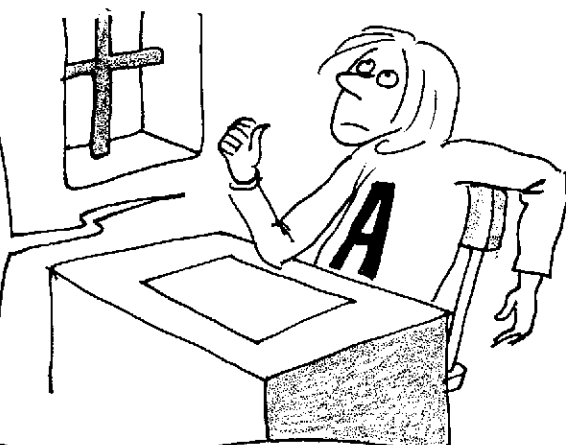


Tiuj elementoj siavice konsistigante la elementojn de la **PROTEINOJ**; oni komencis, konsciiĝi, ke la **VIVO** devas esti fenomeno ne nur probabla, sed eĉ eble **NEEVITEBLA** sur planedo kia la Tero.

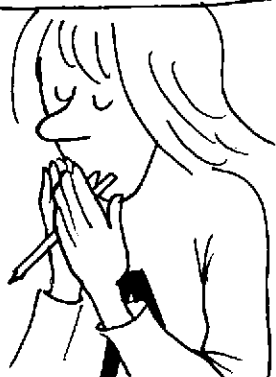
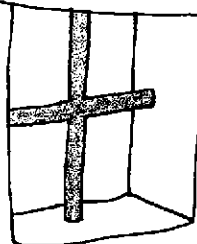


MALENTROPIO ?

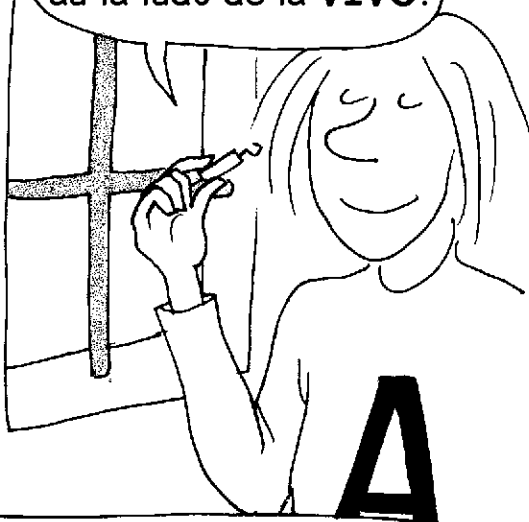
Nu, ni resumu.
Estas sistemoj, kiuj
tutsimple strebas al **MALORDO**.
Poste estas tiuj, kiuj aperigas
DISPIGAJN STRUKTUROJN,
sed kiuj fine atingas
la saman rezulton.



Kaj estas la sistemoj,
kiuj strebas al **ORDO**, kiuj
malgrandigas entropion. Ili tiam
estas **MALENTROPIAJ**...



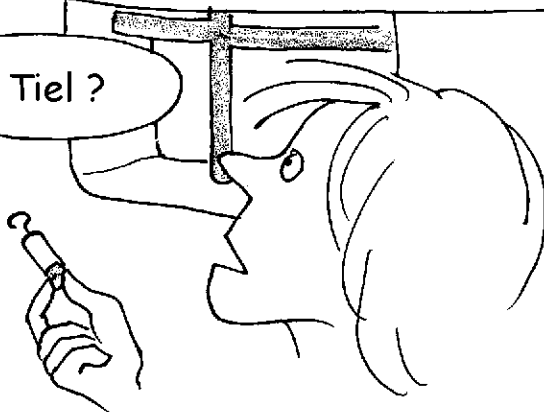
...kiel tiu ludo,
aŭ la ludo de la **VIVO**.



SNAP!

Vi impetas ! Kaj kiamaniere vi produktis
l'energion, dank'al kiu vi skuis la keston,
aŭ provizis la fulmeton kiu estigis
la molekulaĵn sintezojn ?

Tiel ?



Ja necesis bruligi nafton,
lasi akvon malleviĝi laŭ tubo
aŭ «bruligi» kelkajn
molekulojn da sukero ...



Kaj **VIVO**, ĉu vi kredas,
ke ĝi estas senpaga ?
Kio kreskigas arbojn,
maturigas la pomojn ?



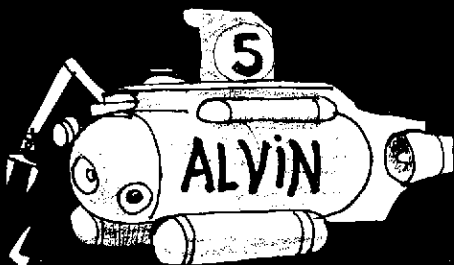
Provizis la suno
energion. Estas ĝi la
MOTORO DE L'VIVO



Bonege
Tirezio.

Sed la suno ne ĉiam
estas la energifonto de la
mondo de vivantaĵoj.

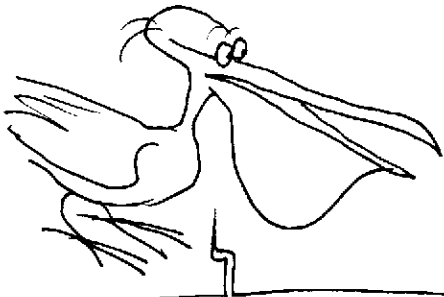
Estas vere. Oni devas rigardi
al la **TUTO DE LA SISTEMO**,
t.e. La **BIOSFERO**, plus ĝia
portilo, la **BIOTOPO**, plus la
energifonto, la suno. Kaj tiam
la tutaĵa entropio kreskas.



La vivo en la oceanaj fosoj
funkcias dank'al l'energio de la
submaraj varmaj fontoj .

Ne gravas (*).

Diable, ĉu la
VIVO estas nur plia
disipiga ĉelo ?



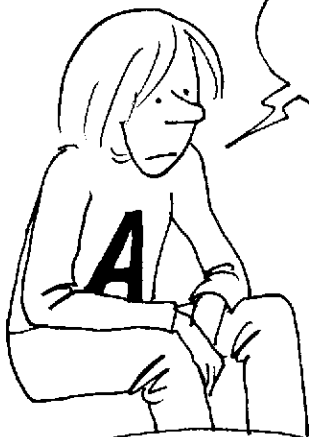
Sed fine tamen,
la celo de la vivo ne estas
NUR disipi energion.

Por ĉion diri,
oni ankoraŭ ne havas klaran
respondon je tiu demando.



ENTROPIO

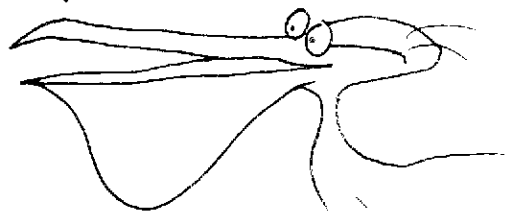
Entropio, tempo, probableco,
ĉio iom miksiĝas en mia kapo.



Ĉio ĉi
havas **NENIUN**
SIGNIFON.



Eble se oni reiros
al origino de l'Universo, kiam
ĈIO KOMENCIĜIS



Vivo, planedoj, steloj,
ĉio ĉi tro malsimplas !
Ĉu ne estis en la pasinto epoko,
kiam Universo estis pli
simpla por kompreni ?

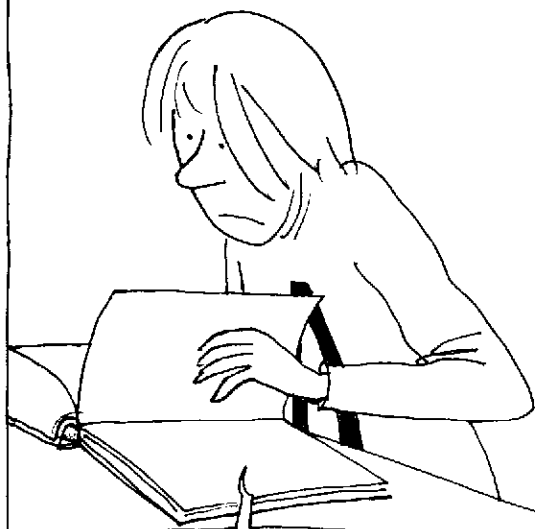


Ni konsultu
la universan historion, tian,
kian skribis ĝin la homoj.

Ni vidu $t =$ cent milionoj
da jaroj. Tio respondas al
naskiĝado de la galaksioj.
Ne ... estas ankoraŭ
tro komplika...




ni provu $t =$ 100.000 jaroj



nekredeble !?!
l'Universo tiam estis perfekte
homogena ! (*)

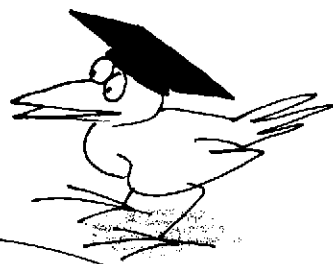
(*) vd. «Mil miliardoj da sunoj»



Kiel Universo
perfekte homogena
povus evolui, dum **NENIO**
okazas en ĝi ?




Homogenaj
popoloj ne havas
historion.

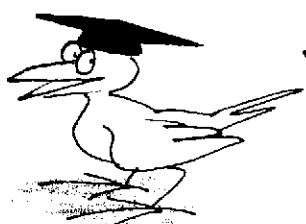


Kiel la tempo povas flui,
dum estas neniom da emo al
malordo, nenie; tial ke la malordo
estas **MAKSIMUMA** !

Atendu, ja okazas
tamen io, tial ke tiu
Universo **MALVARMIGAS**.

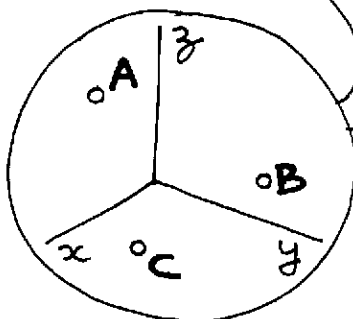
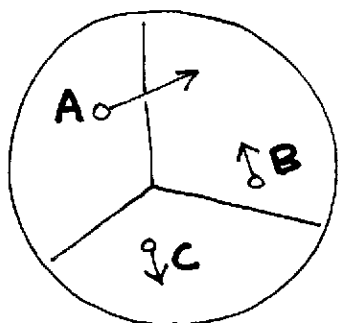


Por plene priskribi
partiklosistemon en donita momento,
ne estas nur kiel donitaĵoj iliaj pozicioj,
sed ankaŭ iliaj rapidoj.

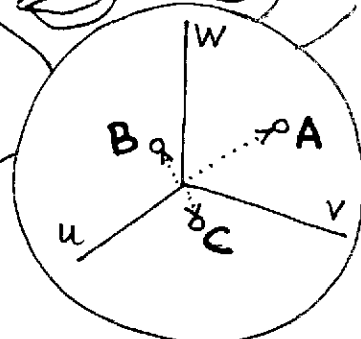


Jes ja, ankaŭ
RAPIDO estas
INFORMO.

Anstataŭ meti sagojn,
oni povas prezenti la partiklojn en du
spacoj tridimensiaj : **LA SPACO DE
LA POZICIOJ** kaj **LA SPACO
DE LA RAPIDOJ**.



POZICIO

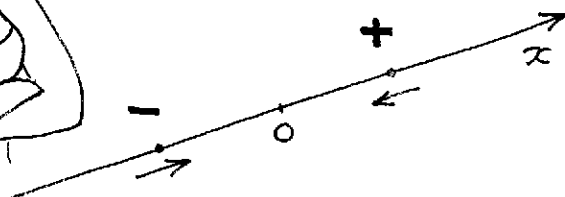


RAPIDO

Tiu plena priskribo pere
de tiuj ses koordinatoj povas
kunligiĝi kun sesdimensia spaco,
kiun oni nomas **SPACO
DE LA FAZOJ**.



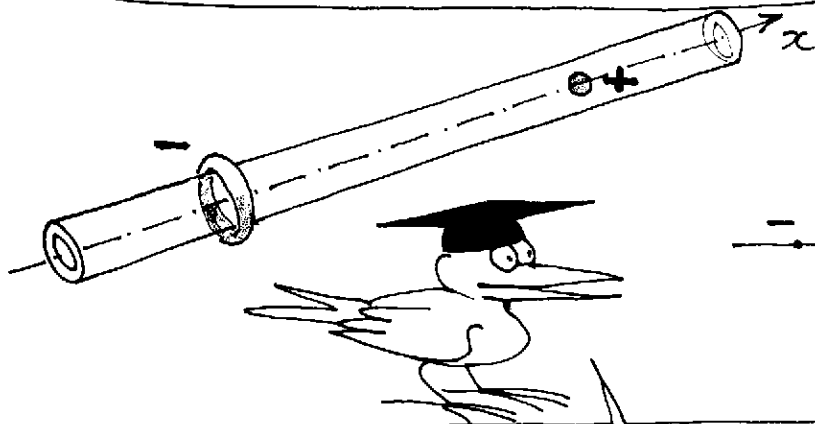
Ni pleje simpligu la situacion.
Ni ekzamenu universon kun unu sola spaca
dimensio (simple rekto) kie du punktaj
objektoj, kiujn oni supozas bildigantaj
partiklojn kun kontraŭaj ŝarĝoj,
altiriĝas reciproke.



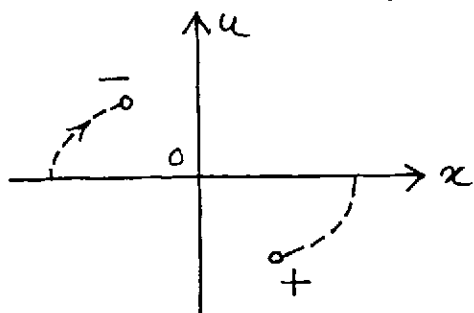
Sed kiel
ili povos
interkruciĝi ?



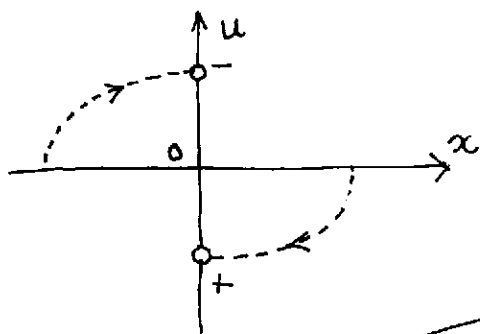
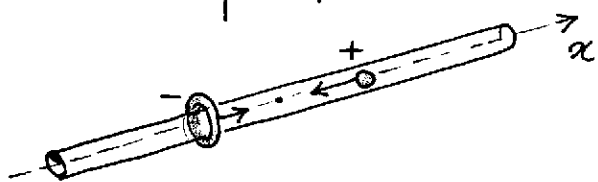
Bona demando ! Ni simple ŝargos pozitive globeton kuranta en tubo, kaj negative ringon, por kiu la tubo same utilos kiel gvidilo.



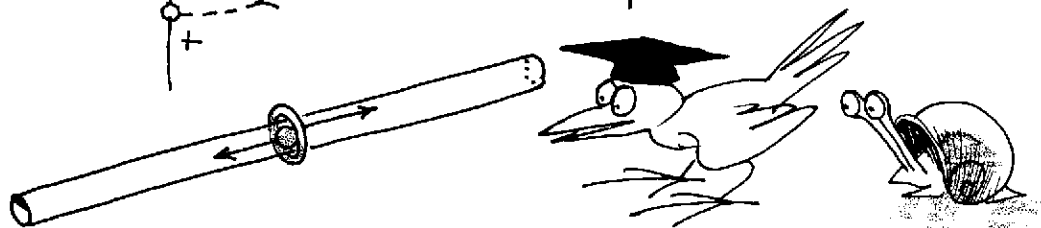
Se ni prezentas tiun sistemon en iu SPACO DE LA FAZOJ (x,u) , kie x estas la POZICIECA koordinato, kaj u la RAPIDECA, atribuante al la partikloj komencan rapidon nulan, ni ricevas la ĉi-supran skemon.

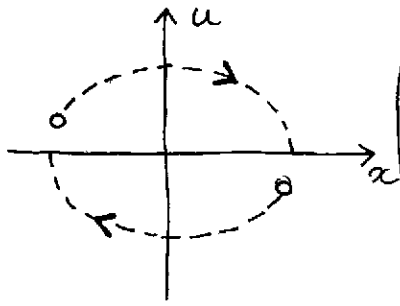


La partikloj, sin altirantaj reciproke, unue falas unu al la alia.

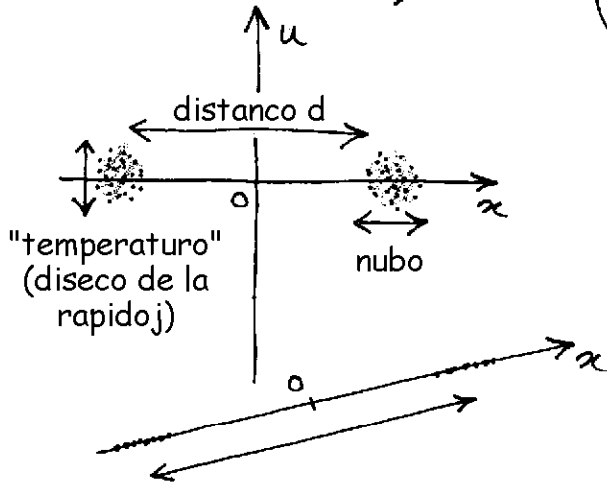


Ĉi tie ili interkruciĝas kun maksimuma rapido.



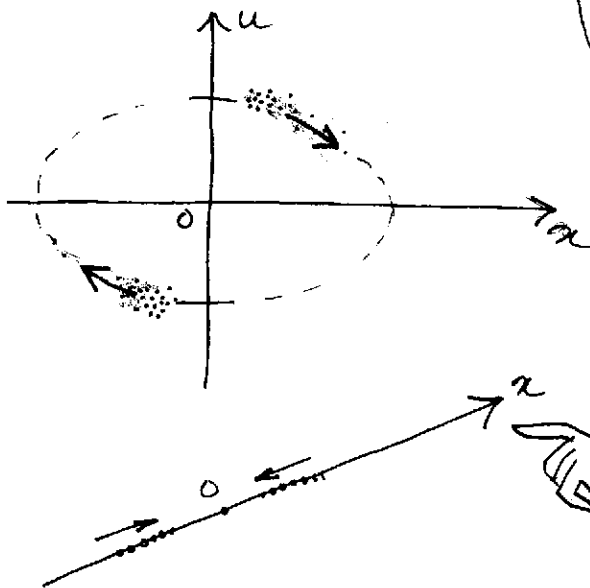


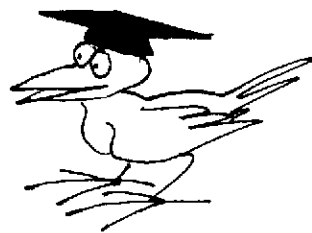
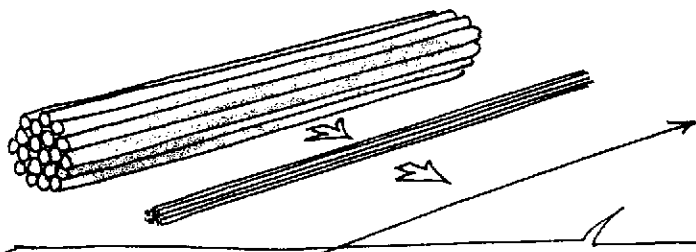
La ir-reira movo, kun oscilado de la ŝargoj ĉirkaŭ ilia komuna gravitcentro, cirkuligas ilin, ene de la faza spaco, laŭ elipsaj trajektorioj.



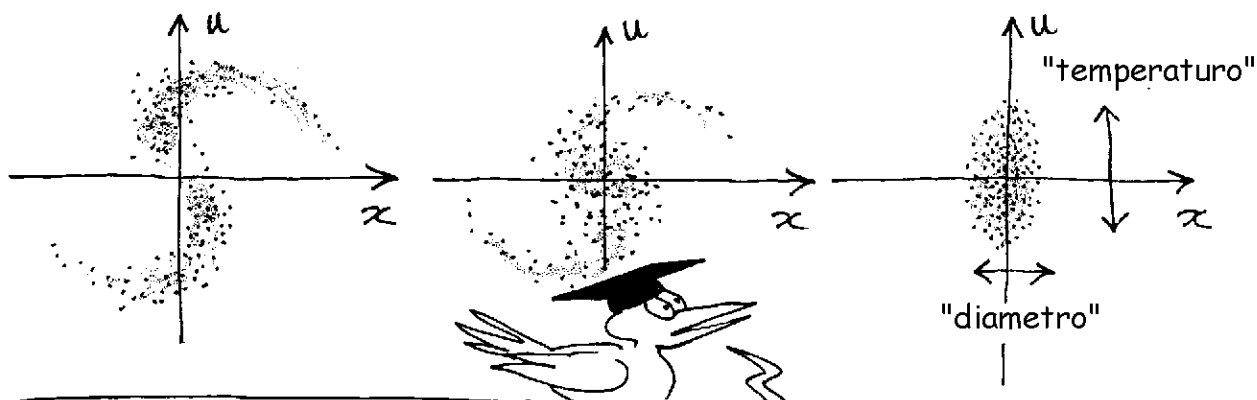
Tiu skemo priskribas du arojn de partikloj situantaj je certa distanco, kun proksimume nula rapido (ili sidas tre proksime de la akso OX), sed kun hazardaj rapidoj de **TERMIKA AGITADO**.

Tiuj aroj «falos» unu al la alia, pro sia reciproka altiro.



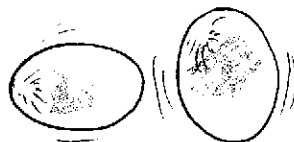
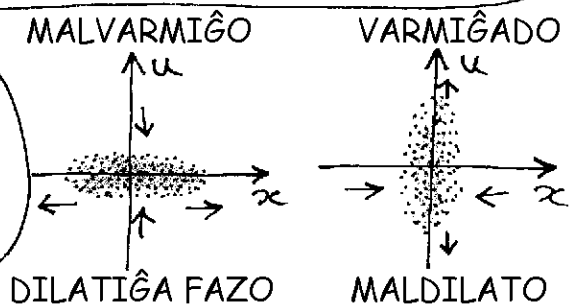


Oni teĥnike povus irigi la partiklojn laŭ sama kontraŭsenca vojo, sen karamboli, lokante ilin en ege maldikaj tuboj.



La du nuboj kunfandiĝas en ununura nubo. La akirita KINETA ENERGIO hazarde dislokiĝas, kaj rezultas «varmiĝado», disiĝo laŭ la rapideca dimensio u . Tutaĵe la areo okupata de ĉiuj tiuj partikloj estos pli vasta, ĝi estos kreskinta. Nu tiu areo ĝuste estas la ENTROPIO.

La sistemo poste oscilos, la DILATA movo sinonimas kun malgrandiĝo de la rapido (= termika agitado), de la TEMPERATURO. La procezo inversiĝas dum la maldilato.



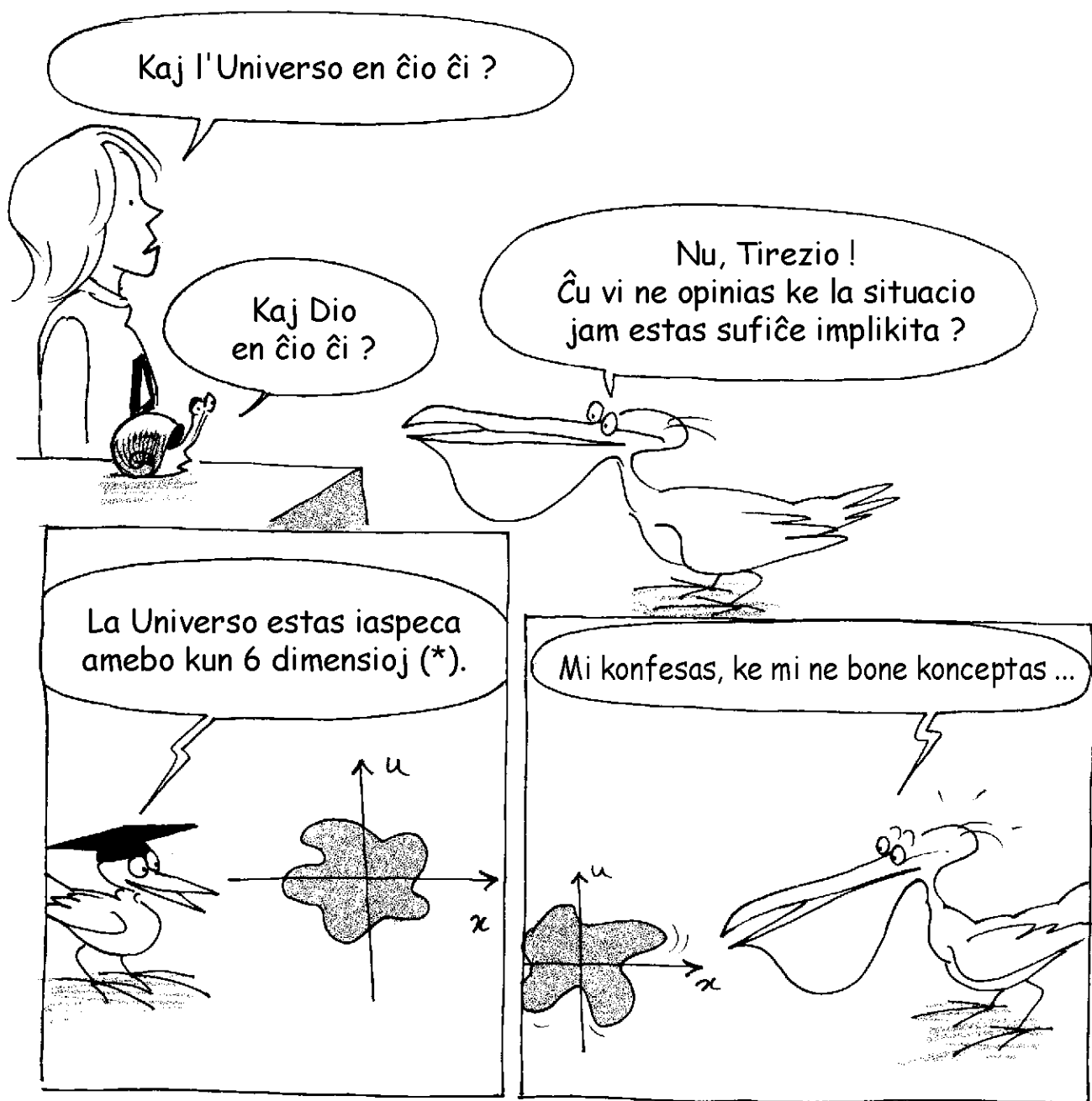
Tio similas dudimensian sapvezikon.



Sed tiam la osciloj de tiu stranga amebo, loĝanto de la SPACO DE LA FAZOJ, okazos kun konstanta areo, do KONSTANTA ENTROPIO (*)

(*) En la elektita ekzemplo la partikloj ne renkontiĝas.

UNUA KOSMOLOGIA PARADOKSO

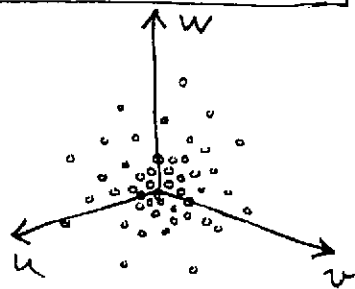
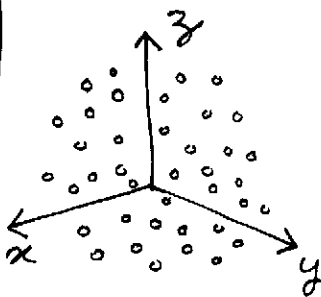


(*) Vidu jam esperantigitan albumon «La Geometriumo».

Por koncepti tiun **SPACON DE LA FAZOJ** (3 por la pozicio kaj 3 por la rapido), sufiĉas «malfaldi» tiun-ĉi en du prezentoj tridimensiaj.

SPACO DE LA POZICIOJ

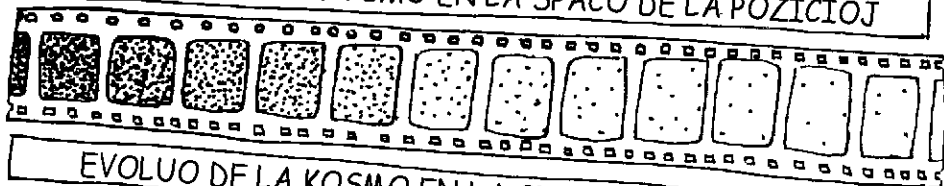
SPACO DE LA RAPIDOJ



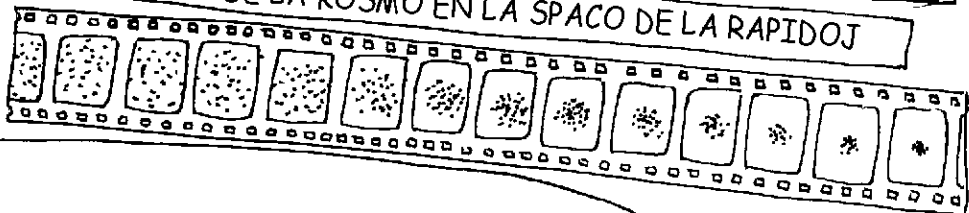
En la **SPACO DE LA POZICIOJ**, l'Universo maldensiĝas, kaj tiu disiĝo estas sinonimo de **MALORDO**. Inverse la agitataj rapidoj malgrandiĝas, en la **SPACO DE LA RAPIDOJ** l'Universo densiĝas, kio estas iro al **ORDO**.



EVOLUO DE LA KOSMO EN LA SPACO DE LA POZICIOJ



EVOLUO DE LA KOSMO EN LA SPACO DE LA RAPIDOJ



Entute en tiu prezentado kun 6 dimensioj (*) la **SRUKTURO DE ORDO** de l'Universo restas senŝanĝa. **ENTROPIO**, kiu estas ĝia **HIPERVOUMENO**, produkto de sia volumeno en la spaco de la pozicioj per sia volumeno en la spaco de la fazoj, ne varias (*).

Alidirite, en sia sesdimensia bildigo la kosmo estas malkunpremebla fluaĵo !



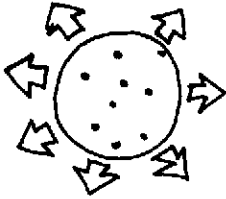
A

(*) Teoremo de **LIOUVILLE** (pr. Ljuvil'), franca matematikisto (1802-1882).

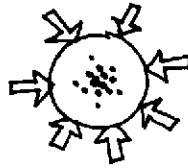


Alie dirite, ĝi dilatiĝas
ĉe la **POZICIOJ**, dum ĝi
maldilatiĝas ĉe la **RAPIDOJ**.

SPACO DE LA
POZICIOJ



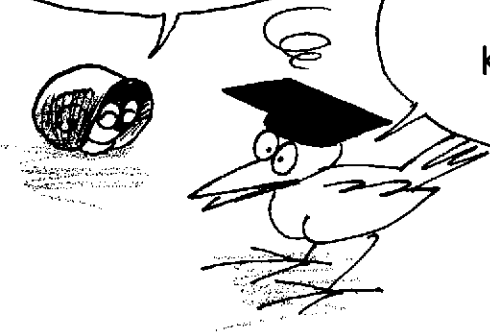
SPACO DE LA
RAPIDOJ




Sed minuton mi petas,
ĉar la **DUA PRINCIPO** diras ankaŭ,
ke l'**ENTROPIO KRESKAS**
DUM LA TEMPO, kial povas esti
EVOLUO DE L'KOSMO ĈE
KONSTANTA ENTROPIO?

Jes tiu paradokso estas tubero
en la afero, tio estas malfortaĵo
de la klasikaj kosmologiaj modeloj.

Jes ! kiom ko...
smika : hi hi !



Mallonge, ke modelo rezultas
de tre sciencecaj kalkuloj, kiel la
KLASIKA KOSMOLOGIA MODELO ne
garantias, ke ĝi estu nepre kohera.



Sed ĉu Scienco ne havas ion por respondi la demandon, eron da teorio, ajna afereton por alporti ?


Ve! Tiuj grandegaj entempaj kampoj trairataj kun konstanta entropio konsistigas unu el la malfortaĵoj de nia vido de l'Universo.

Do tempo antaŭeniras, kaj oni ne scias la kialon. Skandale !

Kaj ili diris nenion al mi.

Ankaŭ mi ne konis tiun paradokson. Veras, ke tiajn aferojn sciencistojn ne emas reklami ĉien.

Tamen ... aĉas la afero.



Krome, ne nur tiu **ENTROPIO** ade konserviĝas, sed ĝi plie **MAKSIMUMAS**, la **MALORDO** plenpleniĝis dum la **PRAEKSPLODO**.


DUA KOSMOLOGIA PARADOKSO

Bone, ne estas tiel malfacile :
kio kreas kaj daŭrigas la malordon en
sistemo de partikloj, en **FLUAĴO** kiel tiu
PRAA KOSMA FLUAĴO estas la kolizioj.

Jes, klaras :
la praa Universo
verŝajne estis alte
koliziema.

tial tiu **ORIGINA MALORDO**
kreita kaj vartata, kiun ni ankoraŭ
observas nun. (*)


(*) l'Universo ja estas treege **HOMOGEMA**
en ĉiuj direktoj de la spaco.



Oni malfeliĉe trovas
ekzakte la MALON : la praa Universo
nepre estu NEKOLIZIEMA.



Kion vi celas diri ?

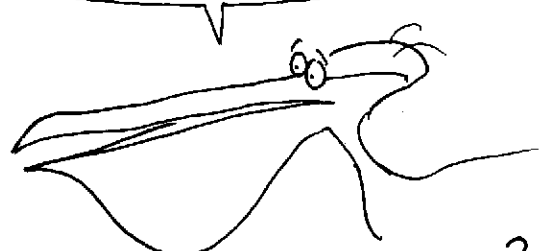


Nu, la praa Universo similas
je bilardo, kiu dilatiĝas, sed tiel rapide,
ke la partikloj ne povas eĉ renkontiĝi (*),
eĉ kiam ili kuras SAMRAPIDE
KIEL LA LUMO.

Vi volas diri, ke en la praa Universo la partikloj
malproksimiĝas unu de la aliaj je rapido **SUPERANTA**
LA LUMRAPIDON ! Estas absurde ...



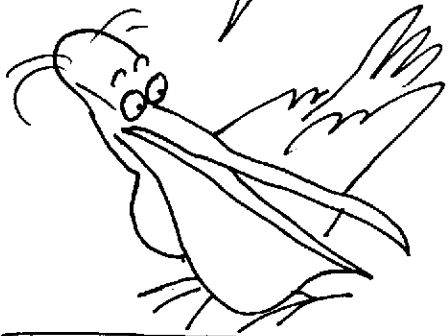
Mi scias ...



lasu, Tirezio,
en tiuj okazoj, pli bone
valoras, ne insisti.

(*) Vidu anekson B

Dio eble kreis
l'Universon homogenan,
jen ĉio, ĉu ne ?

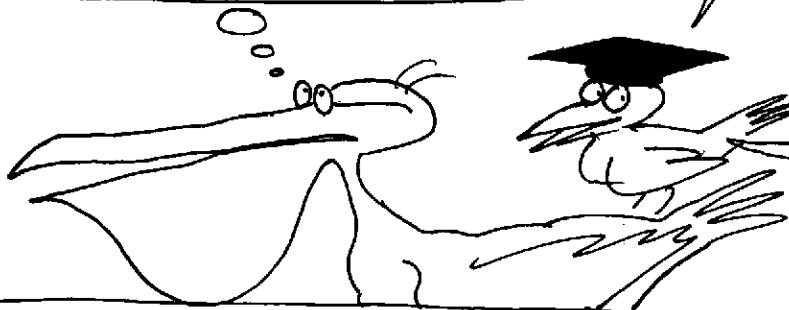


Uj, aj, aj !
Kiam en scienco oni
komencas voki Dion por helpi al ni,
estas ege malbona signo !...



strange. En tiuj bildstrioj,
ĝis nun, ĉio sufiĉe bone glatiĝis.
Kaj tie-ĉi, ŝajnas ke ĉio lamas.

Ŝajnas ke ni devu
solide prifosi ĉe la **ORIGINO
DE L'UNIVERSO**.



Eble la ŝlosilo
malfermanta la
pordon de l'mistero
kuŝas tie.



Simple sufiĉas legi
la **GRANDAN LIBRON DE
L'UNIVERSO** retroire, provante
iri returne ĝis la unua paĝo

Ĉu vi volas diri la antaŭparolon,
tie, kie la aŭtoro volas klarigi
kiun pri kio li celas ?



Ju pli oni iras
en la pasinteco iriginen, des pli
l'Universo estis varma, do l'agitadaj
rapidoj estis grandaj (*)



Laŭ la **KLASIKA MODELO**,
antaŭ la unua centono da sekundo
ĉiuj partikloj iris preskaŭ
je la lumrapido.

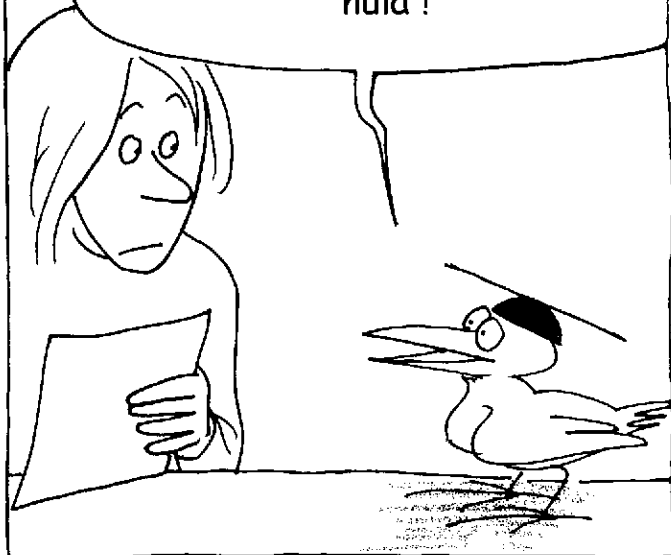


Sed, diru al mi, laŭ la teorio
de **SPECIALA RELATIVECO**,
kiam oni proksimiĝas al la lumrapido,
la tempo aliĝas, ĉu ne? (**)



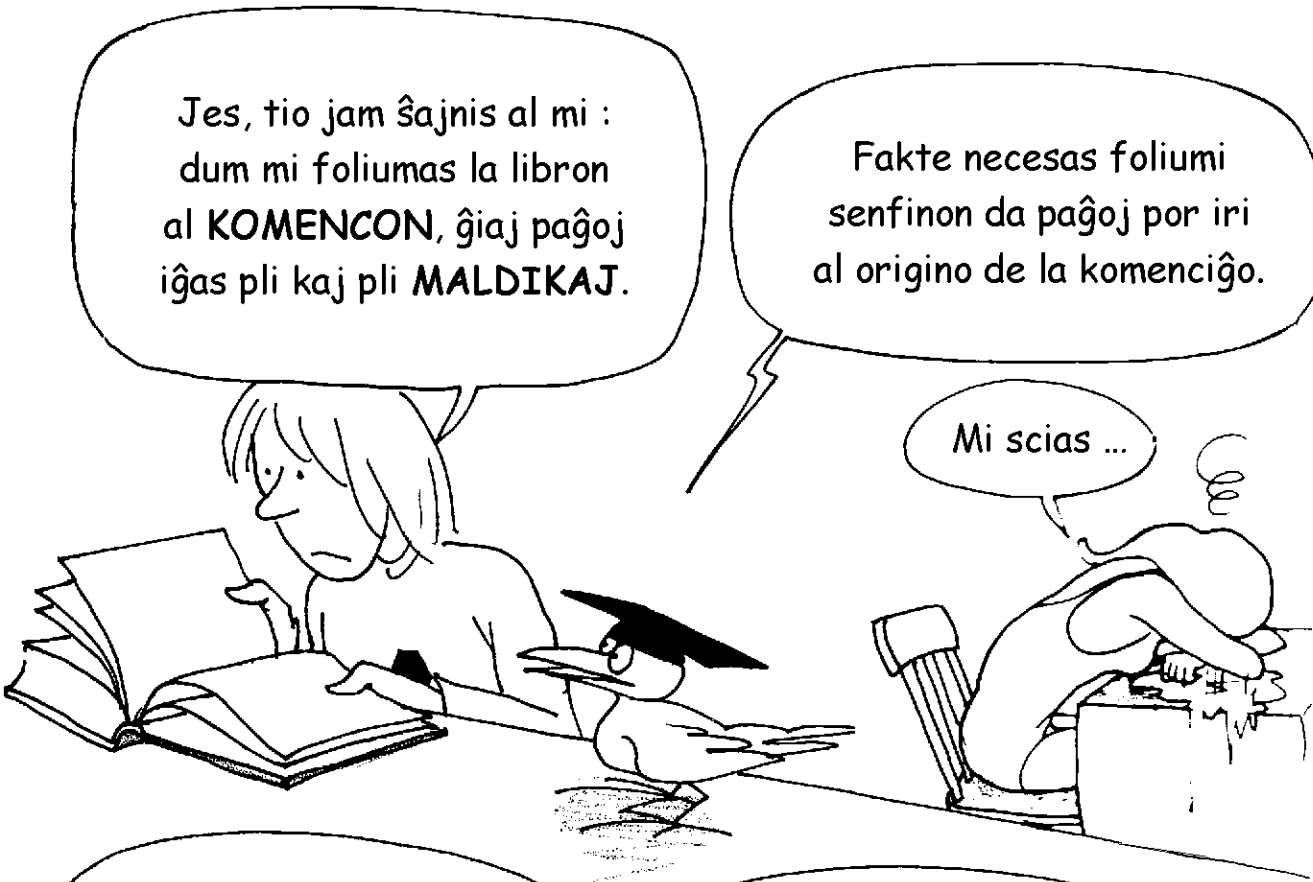
La tempo komencas «glaciiĝi»
kiel hidrargo en termometro.

Pli precize, partiklo,
kiu vojiras je la lumrapido,
povas travivi senfinan nombron
da okazaĵoj en tempodaŭro ...
nula!



(*) La **TEMPERATURO** ne estas alio ol la mezuro de la meza energio
de termika agitado $\frac{1}{2} mV^2$. Vidu «**Si ni flugas ?**»

(**) Vidu la albumon «**Ĉio relativas**»



Jes, tio jam ŝajnis al mi :
dum mi foliumas la libron
al **KOMENCON**, ĝiaj paĝoj
iĝas pli kaj pli **MALDIKAJ**.

Fakte necesas foliumi
senfinon da paĝoj por iri
al origino de la komenciĝo.

Mi scias ...

Sed nu, kion signifas
tiu lastega tempdikeco de
unu centono da sekundo, kiu
apartigas nin de $t = 0$?

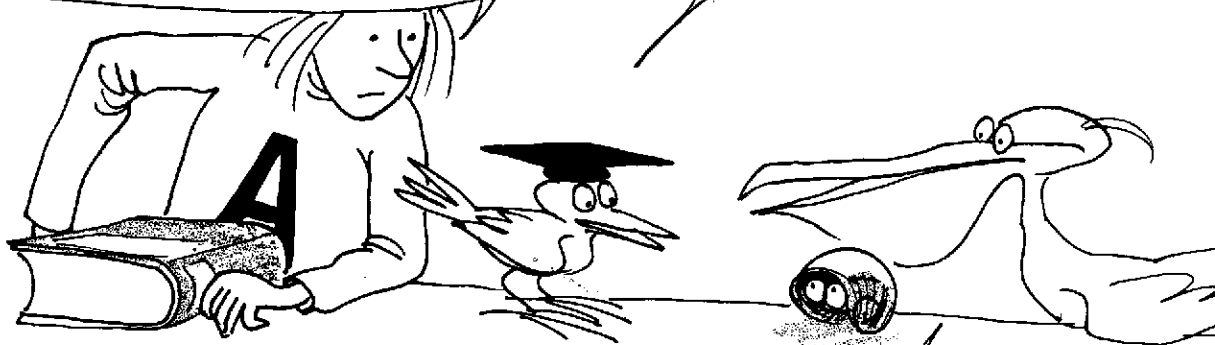
Mi kredas ke fakte tio
nenion signifas kaj prefere
estas **VIDO DE LA SPIRITO**.



Vi celas, ke **FIZIKE** neebus iri ĝis tiu
KOMENCO DE LA TEMPO, kaj des pli iri trans ĝi ?

He jes, por krozi apud tiu spaci-tempa Sargasa Maro, bezonatus veturilon (kaj observanton) faritaj el ordinara materio.

Nu, apud $t = 0$ ĉio iras je la lumrapido!

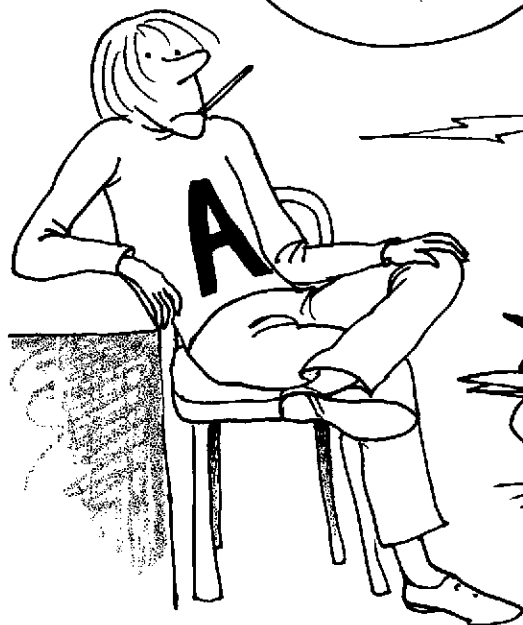


Sed ... kio estas aĵo, kiun oni elpensis kaj oni ne povas fizike realigi?

Mi opinias, ke tiu **PRAEKSPLODO** estas fantazio de sciencistoj.

Resume, laŭ nunaj modeloj l' Universo naskiĝus en **SENSENCA** tempero. Oni ne scias kial ĝi staris en tia **ĤAOSO**, nek kial tiu stato pludaŭris. Ĉar ĝia evoluo tiam disvolviĝis egalentropie, la fakto ke tempo povis entute pasi restas plena mistero.

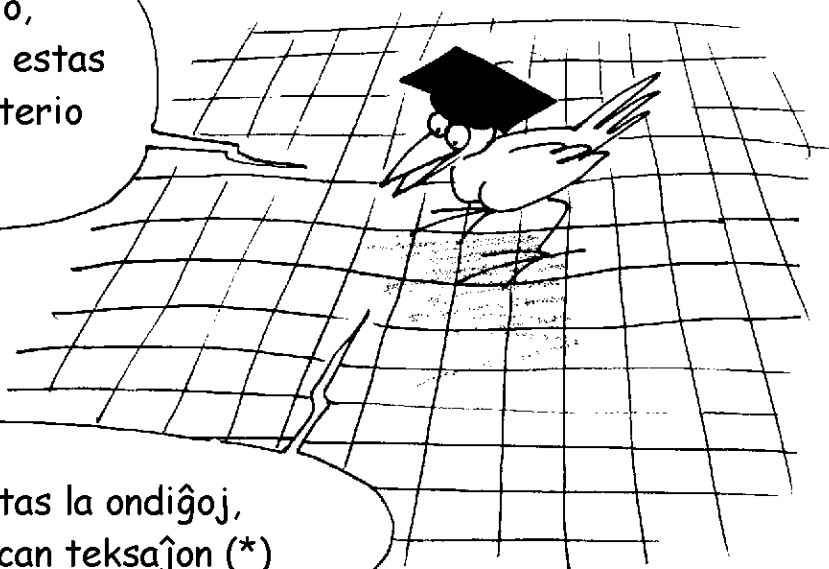
Oni devas refari la taskon



TRIA KOSMOLOGIA PARADOKSO



Laŭ la anglo **DIRAC**, tio,
kion ni nomas **MALPLENO** estas
reale densa kunigo da materio
kaj kontraŭmaterio.

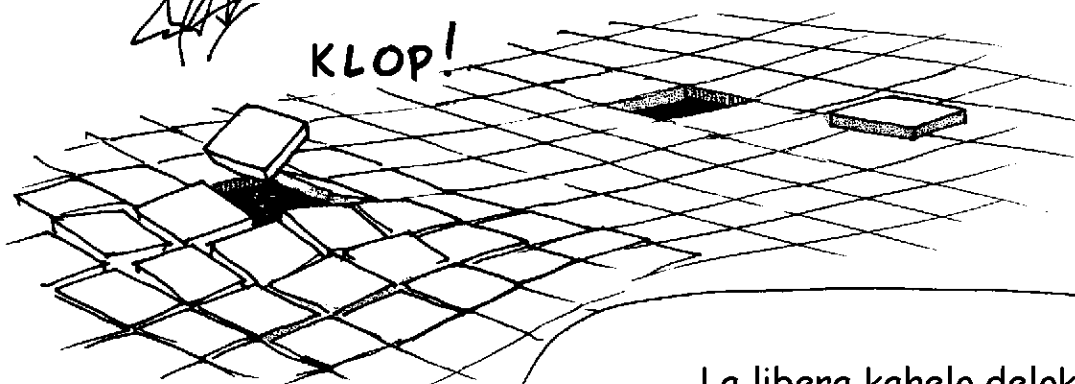


La **FOTONOJ** estas la ondiĝoj,
kiuj agitas tiun spacan teksaĵon (*)

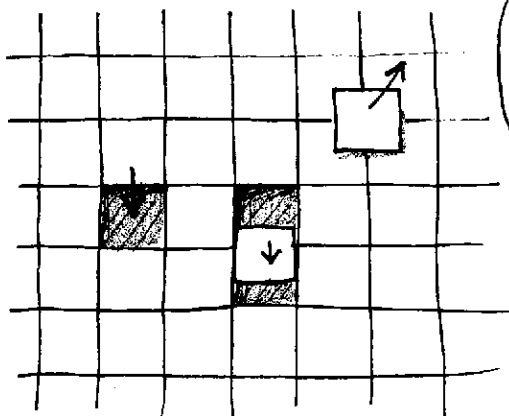
Kiam du sufiĉe fortaj ondiĝoj renkontiĝas,
kahelo malcementiĝas. La liberigita kahelo
iĝas sinonimo de materio, kaj la malpleno,
kiun ĝi lasis, de kontraŭmaterio.



KLOP!



La libera kahelo delokiĝi;
sed ankaŭ la truoj, per movo
de la apudaj kaheloj.

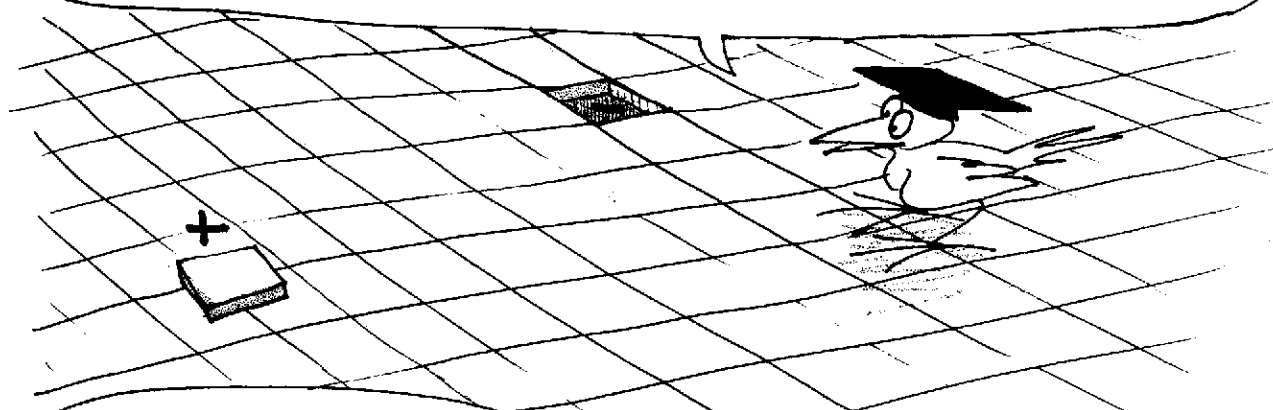


(*) Vidu albumon «**PRAEKSPLODO**»

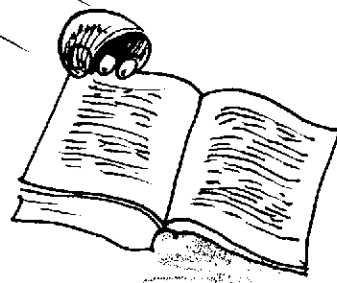
Dum la PRAEKSPLODO la agitado de l'kosma teksaĵo (temperaturo) estis ega. La kaheloj ne restis en la loko. Ili malcementiĝis kaj rekuniĝadis senĉese en fantasta tohuvo.



Kiam la temperaturo sufiĉe (*) malaltiĝis, preskaŭ ĉiuj kaheloj reiris en la liberaj lokoj. Ĉiuj ... krom unu en miliardo, kaj la faldoj, kiuj de tiam agitadis la kosman teksaĵon iĝis tiom malfortaj, ke ili tiam ne kapablis malcementi novajn kahelojn.

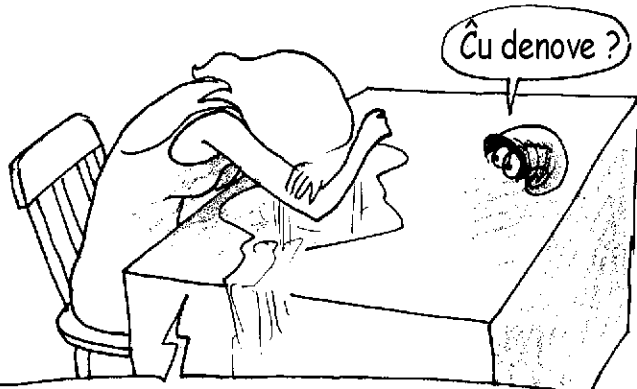


Sed la risiko de plena neniigo restis granda. Ĉar materio kaj kontraŭmaterio havis elektrajn ŝargojn kontraŭajn, ili pro tio estis forte altiritaj unu de la alia.



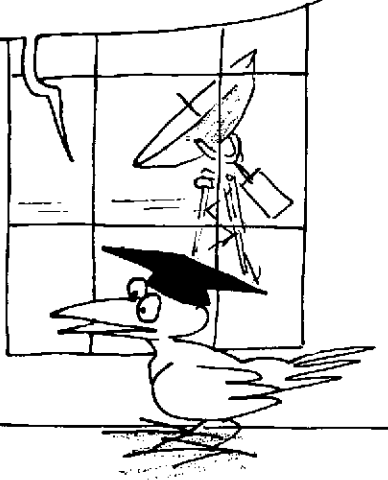
(*) post 13 sekundoj la temperaturo de l'Universo atingadis nur tri miliardoj da gradoj

Nu, 'stas simple. Kiel diris Sofio antaŭ momento la tre brutala fenomeno ekspansio apartigis tiujn du malamikajn fratinojn malpermesante ilin interdetrui sin.

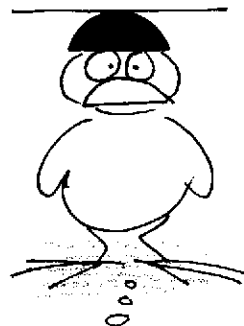


Jes sed intertempe l'universo iĝis koliziema. Se ekzistus galaksioj el materio kaj aliaj el kontraŭmaterio, ili sin renkontus de tempo al tempo.

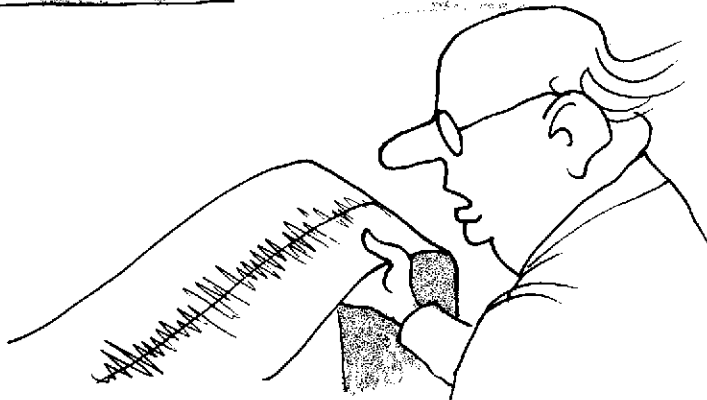
kaj tio tiom estigus tiom fortan radio-bruon, ke oni aŭdus ĝin de komenco ĝis ekstremo de l'universo.



sed oni ne eltrovas tian neniigon materio-kontraŭmaterio

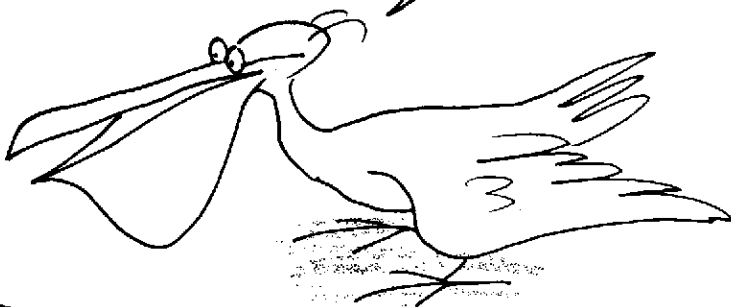


Kia angoro

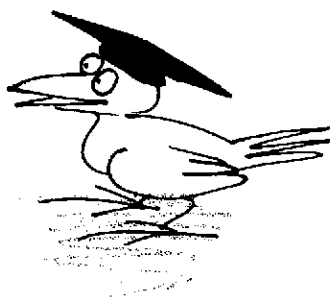


Ĉu mi bone komprenis ?
Estas miraklo, ke ni
ekzistas.

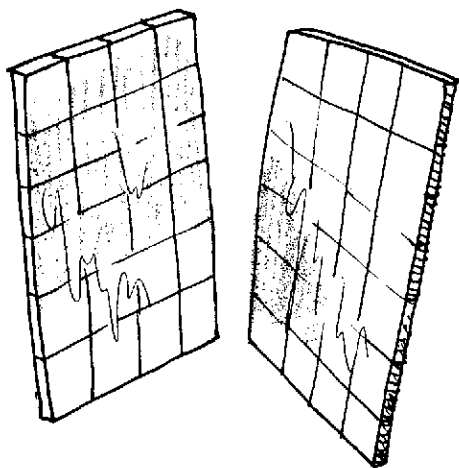
Tirezio, bonvolu,
ne trouzu tiun
situacion !



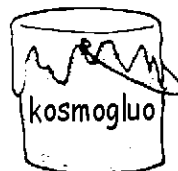
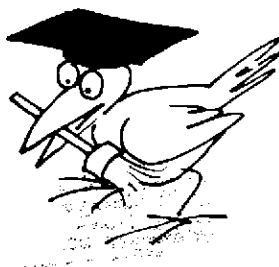
Tute logike,
se la kontraŭmaterio
ne ĉeestas en nia universo,
ĝi ĉeestas aliloke.



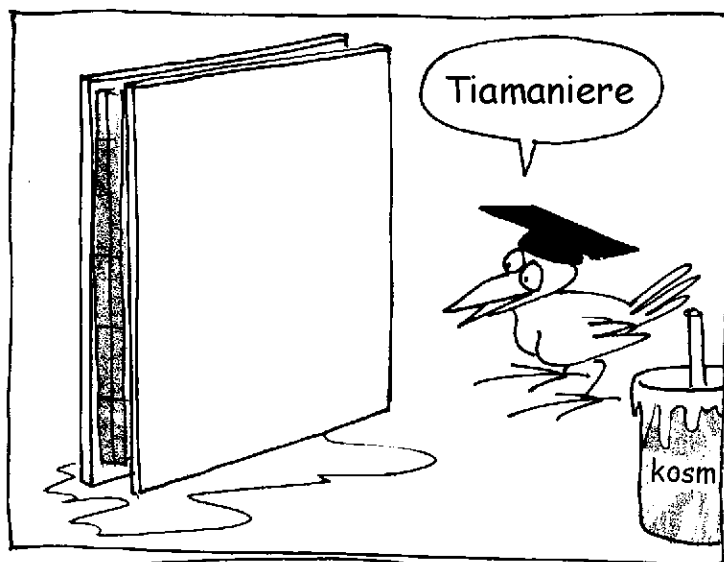
TEORIOJ DE A. SAĤAROV KAJ J.P. PETIT (*)



Ni supozu du universojn
kunigitajn, kunluiĝantaj
ĉe la komenco.

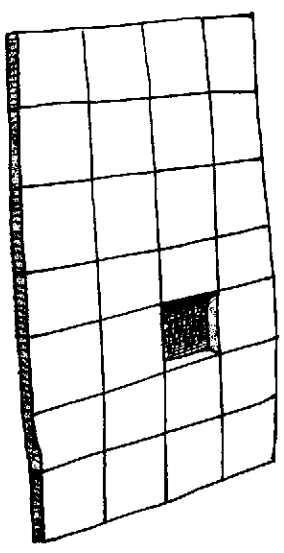


(*) J.P. PETIT: Universoj enantiomorfaj kun propraj tempoj kontraŭaj & universo interagantaj kun sia bildo en la tempo-spegulo. Raportoj de la Akademio de Sciencoj, Parizo, volumeno 284 (23a de majo 1977) serio A, p. 1315 k. volumeno 284 (6a de junio 1977), p. 1413.

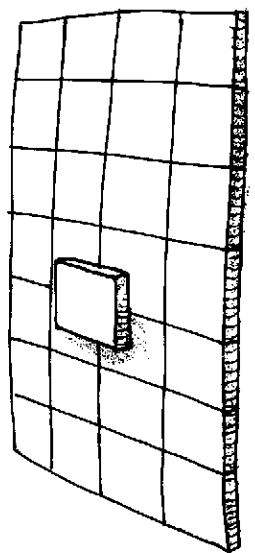


dispartigitaj tiuj folioj, povos esti, ke sur ĉiu pavimo de universo, kelkaj kaheloj forŝiriĝis, kaj aliaj retroviĝas gluataj sur alia kahelo de alia universo (vidi la desegnon).

En ĉiu el tiuj universoj la troaj kaheloj iros loĝi en la liberajn lokojn. Se la situacio estas perfekte simetria, oni retrovos la komencan ebenecon.



KONTRAŬ-UNIVERSO
(kontraŭmaterio)

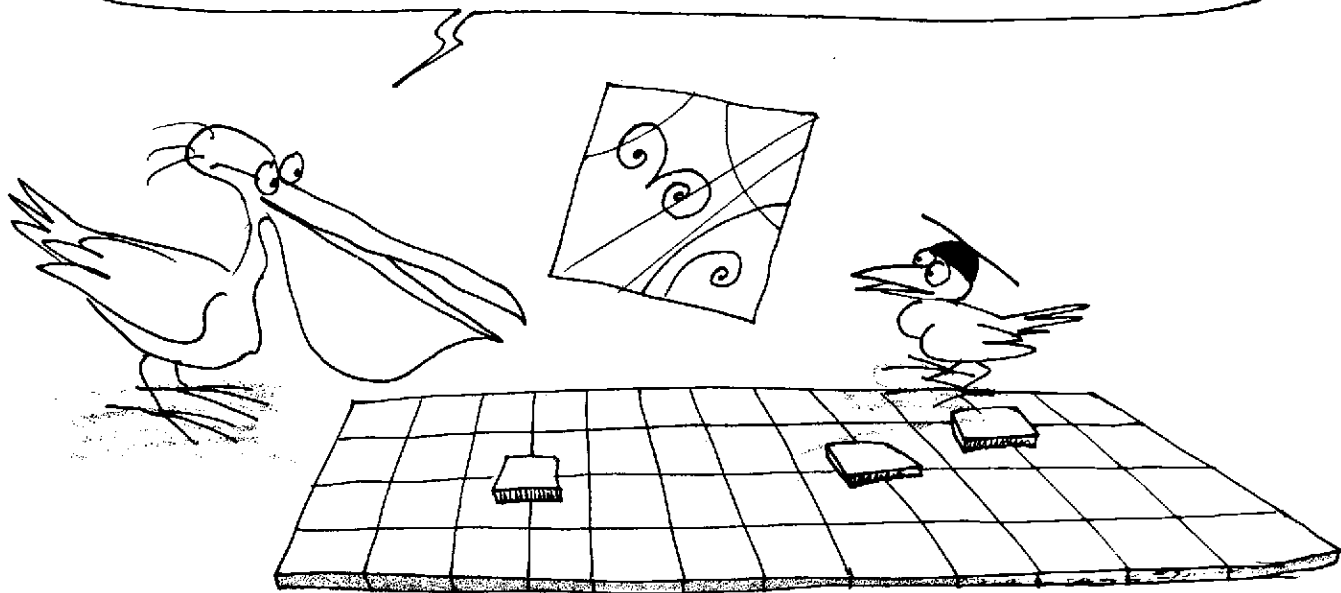


UNIVERSO
(materio)

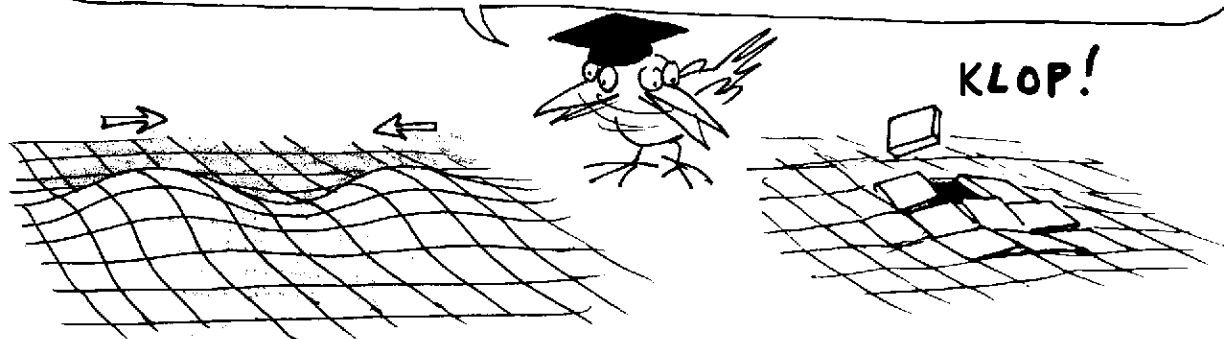
Sed se okazos **ROMPO DE SIMETRIO**, estos troo da materio en unu el tiuj universoj kaj troo de kontraŭmaterio en la alia, kiuj ne povos neniĝi.



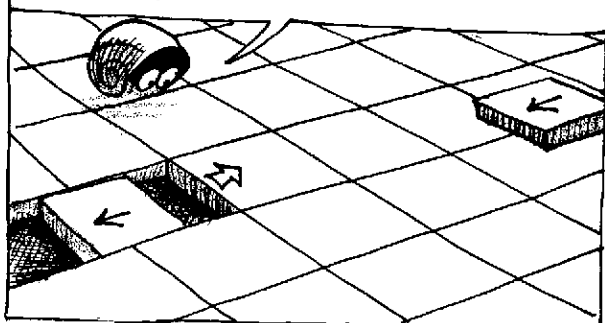
Sed ... kion respondas la kontraŭmaterio,
kiu estis malkovrata en la kosmaj radioj, malmulte da tempo post
la malkovro de Dirac aŭ tiu, kiun oni elfaras en laboratorio ?



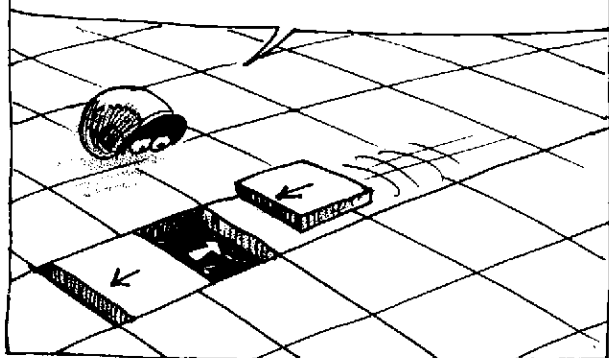
Nenio malpermesas nin sur tiu-ĉi Tero krei ege fortajn akumulaĵojn
da energio en la gigantaj partiklaj akceliloj, ĝis malcementi plian
kahelon, tio estas krei **PARON** materio-kontraŭmaterio.



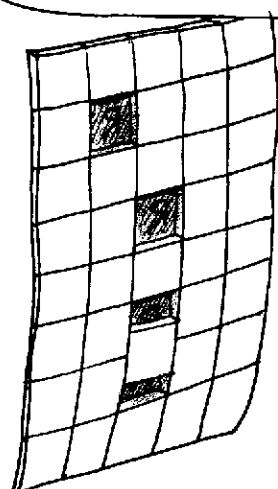
Sed se vi ne bone zorgas
teni tiun kontraŭmaterion
for de ĉiu materio.



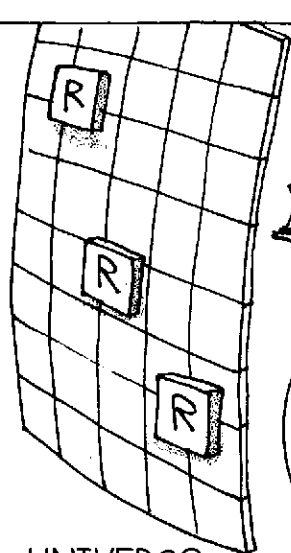
ĝi neniigos tuj kun ĝi



Andrej Saĥarov uzis tiun ĝemelan konceptadon por klarigi la laŭŝajnan foreston de kontraŭmaterio en nia «flanko» de universo.



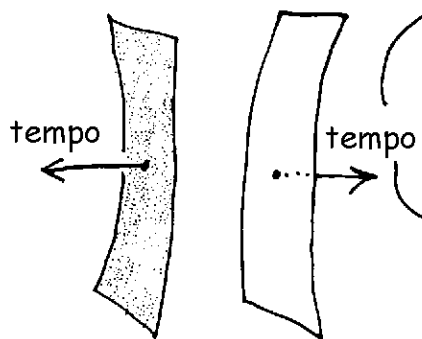
KONTRAŬ-UNIVERSO



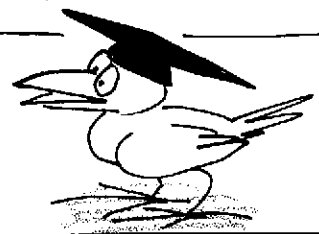
UNIVERSO



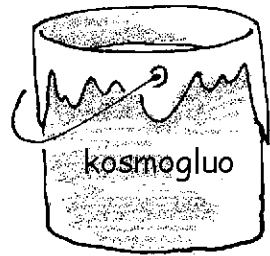
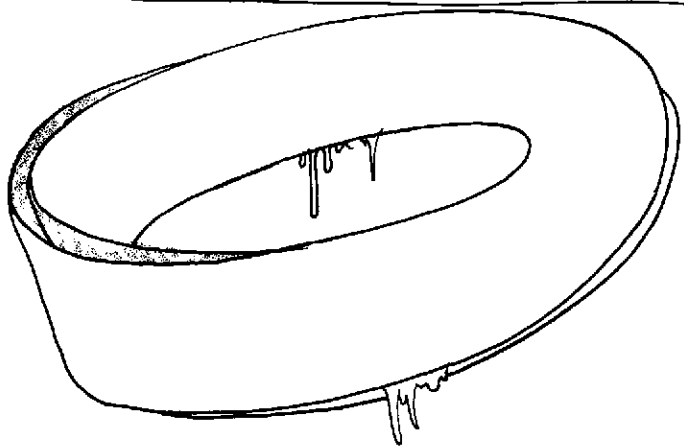
La du ĜEMELAJ UNIVERSOJ montrantaj PARECOJN inversajn (rompo de simetrio DEKSTRO-MALDEKSTRO)

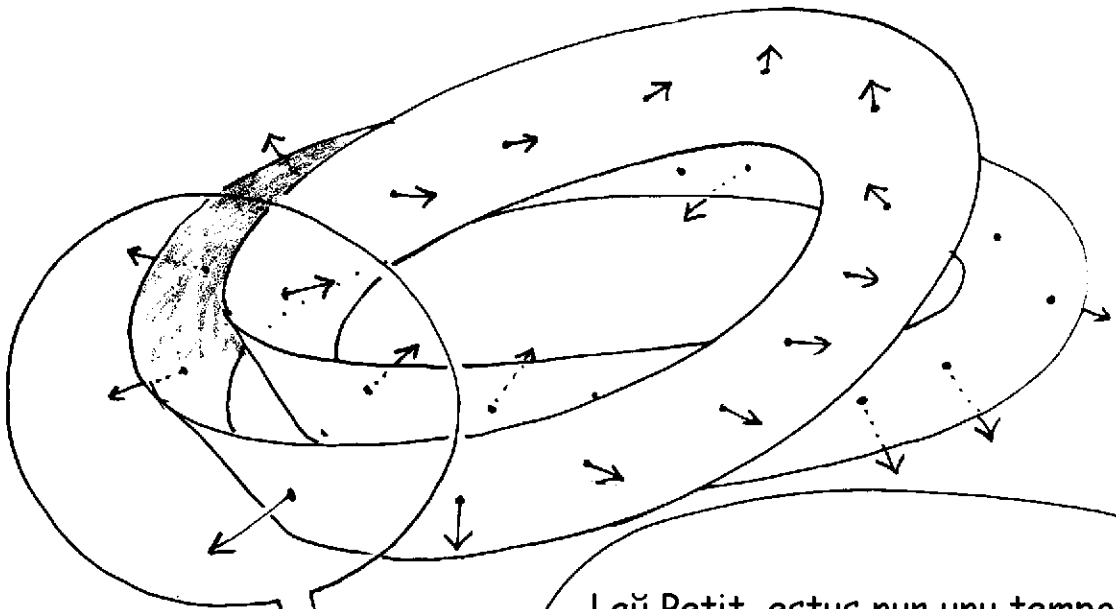


Plie, la **TEMPA SAGOJ** estus kontraŭaj, l'estonteco de unu el la universoj estante la pasinteco de la alia.

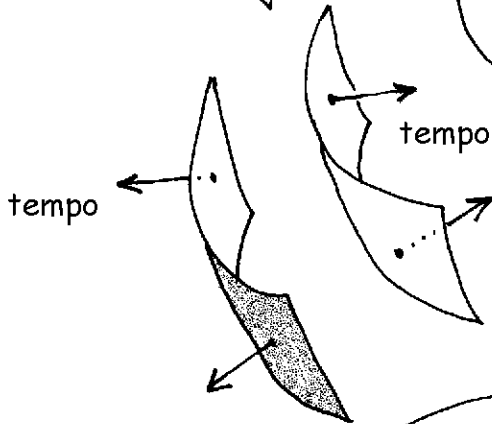


la sama intelekta paŝo sendepende faris en 1977 Jean-Pierre Petit, kiu opinias, ke estis nur ununura universo, komence gluita sur ĝi mem laŭlonge de ia Möbiusa rubando tridimensia.

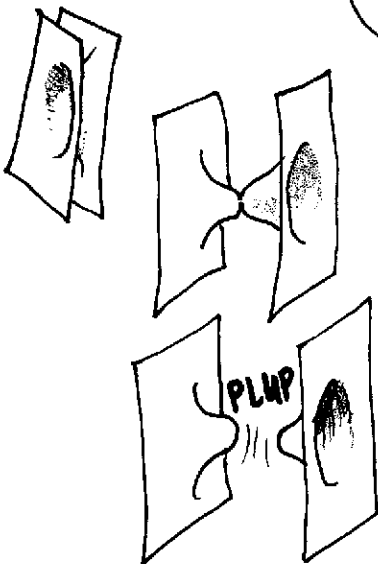




Laŭ Petit, estus nur unu temposago, kaj de la kapricoj de la spacotempa geometrio (*) estus kreita tiu iluzio :
ĜEMELA STRUKTURO



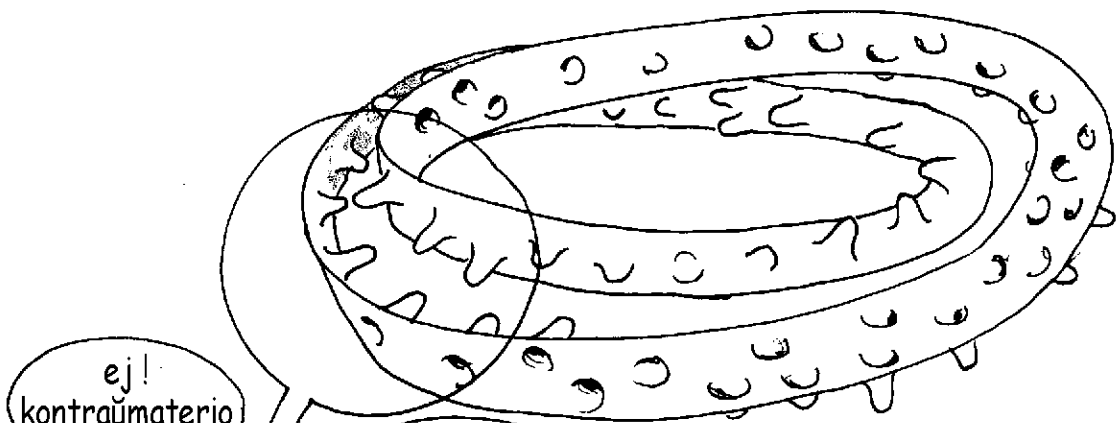
Simile ekzistus nur unu speco de materio, kontraŭmaterio estante, kiel vortigis Pastro Lemaître, nur materio «retroe vidata».



Tiuj estus restantaj deformiĝoj de la kurbeco, perfekte simetriaĵ.



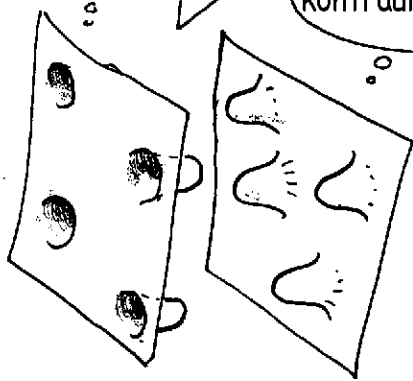
(*) See TOPOLOGIUMO



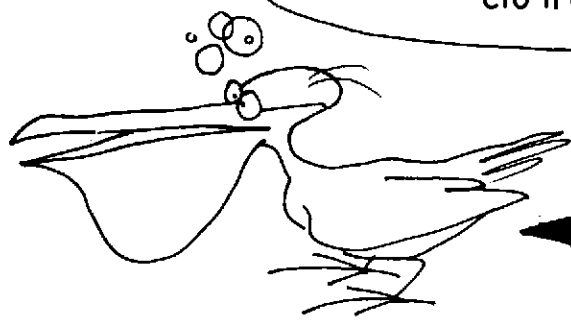
ej!
kontraŭmaterio

jen
kontraŭmaterio!

geometria formo
rezultiganta ŝajnon de duopo
materio-kontraŭmaterio

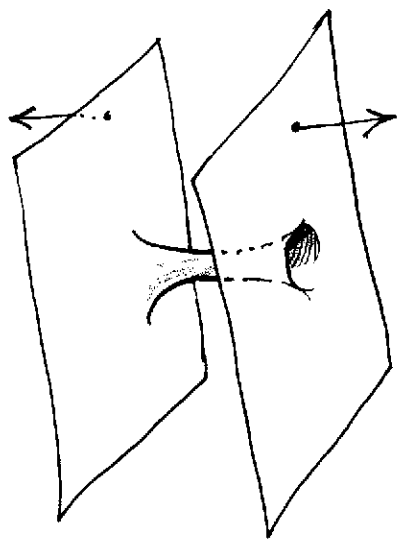


Se mi bone komprenas, unue estas
neebla transpasi la **PRAEKSPLODON**,
ĉar tie la tempo glaciigas en la horloĝoj.
Sed krome, sur la alia flanko
ĉio iras retrotempe.



Kaj ĉu Sofio
pli bone fartas?

Jes



Ĉu oni povus
pasi al la alia flanko,
pere de nigraj truoj,
kaj sin retrovi ĉe la
RETROTEMPANOJ?

Hrg !...



TRATEMPA KAJ RETROTEMPA

Se iam ni renkontus
retrotempojn, kion
ni devus diri al ili ?



«Ĝis revido», mi konjektas,
tial ke en ilia **PROpra TEMPO**
ili foriras.

Kia aĉa interparolo !
Ili sciis ĉion, kion oni estas
dironta, dum ili nesciis ĉiujn
niajn antaŭajn frazojn.



Ekonomike, tio tamen estus
interesa. Ili estus avidaj pri
niaj rubaĵoj, por transformi
ilin en materialoj.



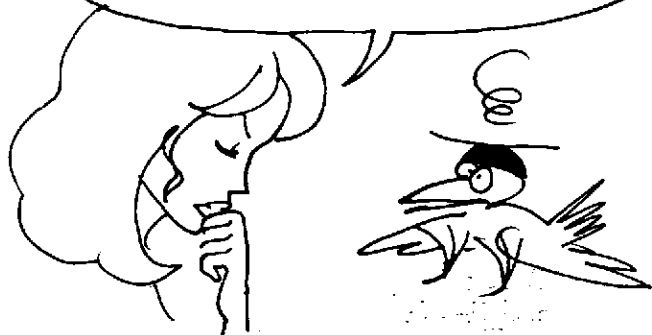
Anselmo demandis
al si, kiel oni povus
interŝanĝi mesaĝojn
kun retrotempoj.



Mi petas pardonon,
mi iom perdis la fadenon ...
pri kio ni parolis ?



Hm tio ŝajnas al mi malfacila.
Fakte se oni sendus al ili mesaĝon,
kiam ili ricevos ĝin, en ilia propra
tempo, ili sendos ĝin.



Do kun tiuj
homoj ĉiu dialogo
estus neebla ?



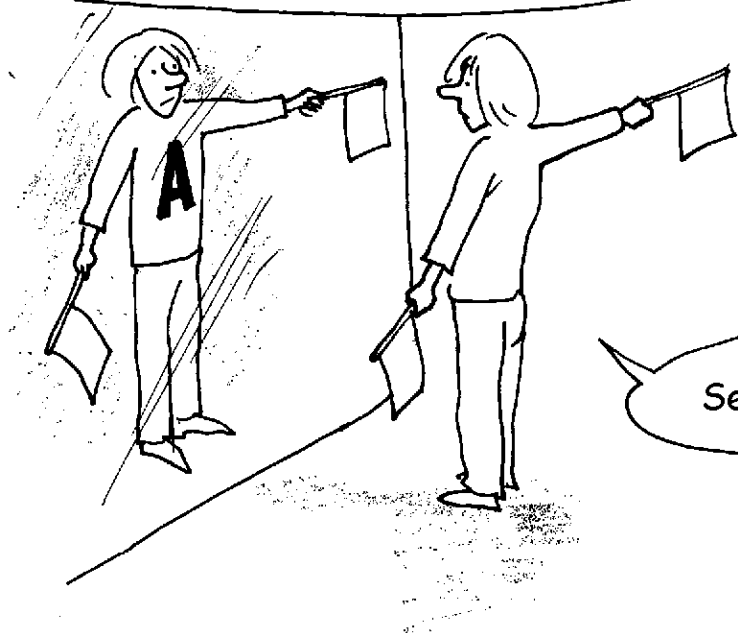
Aŭ ekzistas persono kun kiu oni
ne povas interŝanĝi informon.



Si mem.



Provu sendi al vi mem
mesaĝojn tra la spegulo.



Vi ne
lernos multon.



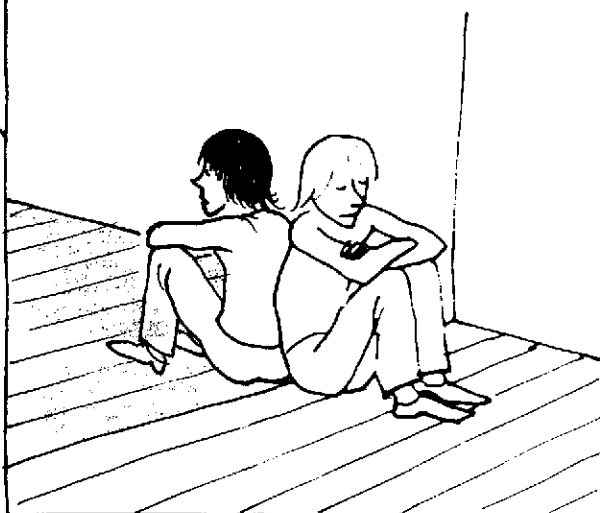
Sed ... kio pri la Universo ?

Ĉu vi ŝatas fabelojn ?
Mi havas unu por rakonti.

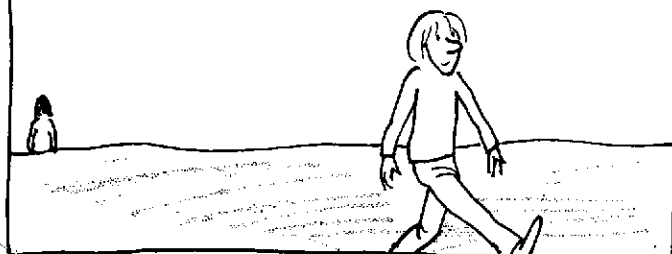


Oh jes,
oh jes ...

Estis iam du junaj knaboj,
kiuj pasigis la tempon
sinapogantaj dors-aldorse
kvazaŭ libropremilo.



Ili loĝis en la sama domo kaj
sur la sama etaĝo. Iam ili foriris
rekten antaŭ si, la brunhara al
okcidento, la blondhara al oriento.



La blondulo pensis «la mondo
rondas, do paŝante ĉiam
rekten ni devus ĝin
ĉrikaŭvojaĝi, kaj
preterrenkontiĝi mezvoje».



La vojaĝo neimageble longdaŭris.
La blondulo timis, ke li ne sufiĉe vivos por sperti ĝian finon.



Mia vidpovo frenezige malfortiĝis,
kaj mi perdis preskaŭ ĉiujn miajn harojn.



Kiam li atingis la mezvojon, ĉe la ekstremo de la mondo,
intense malvarmis, kaj li suferis pro tio, ĉar li estis perdinta
ĉiujn liajn kapharojn. Vane li atendis sian kunulon.

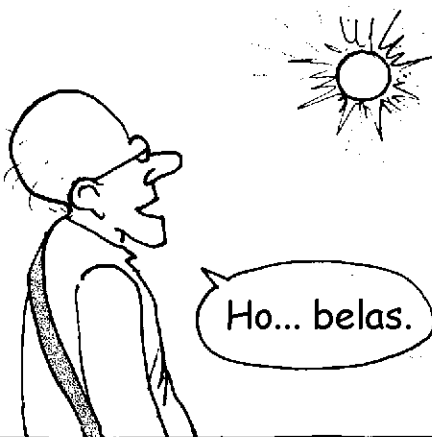


Malĝoje li reprenis la vojon returnire.

La tuta vojo
por **NENIO**.



Sed poste la vetero plibelis.
La suno ekbrilis.



Nekredeble ! Miaj haroj rekreskas,
kaj mi ne plu bezonas okulvitrojn !

La tempo pasis.

La perdo lian korktirilon multe ĉagrenadis lin. Nu, iun tagon kiam li estis satmanĝanta sur la rando de puto, korktirilo elĵetiĝis el ĝi.

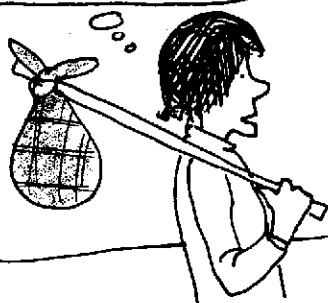


Sed malgraŭ siaj klopodoj li ne sukcesis uzi ĝin.

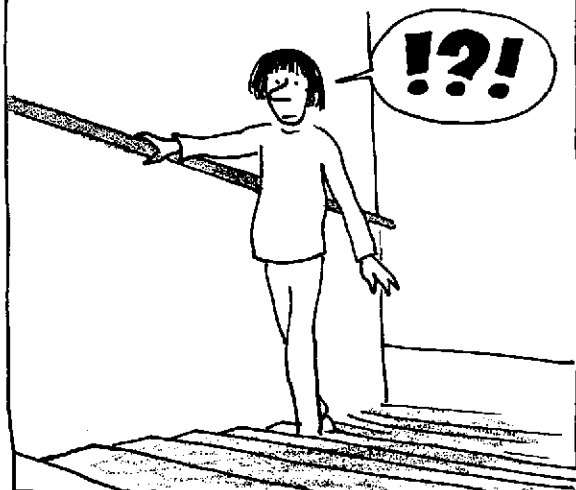


Finfine li ekvidis defore la domegon, kiun li forlasis antaŭ tiom longa tempo.

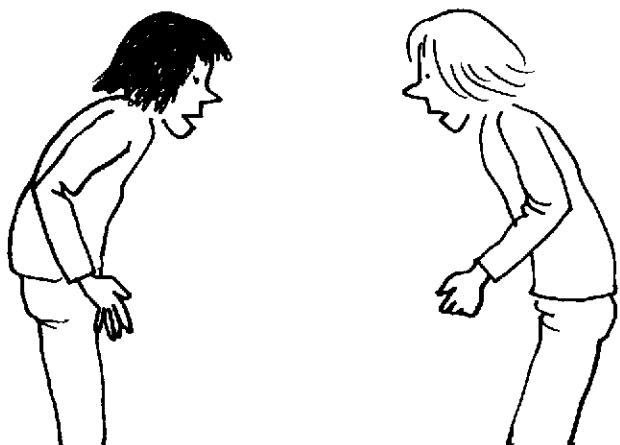
La cirklovojaĝo finiĝis.



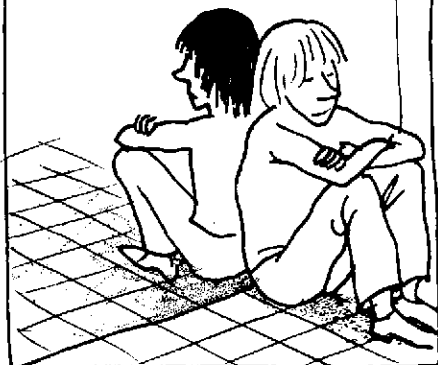
Li leviĝis laŭ la ŝtuparo, kaj front-al-fronte trovis ...



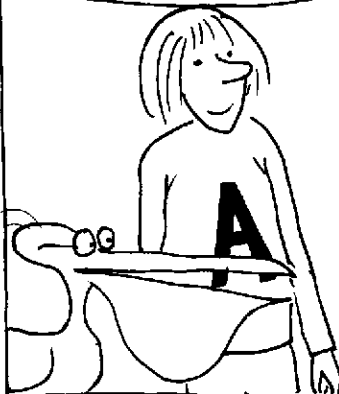
... junan blondan knabon ...



Tiam ili dorsapogis
unu kontraŭ l' alia.



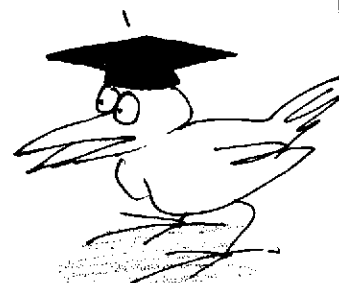
Kaj estas fino
de mia historio.



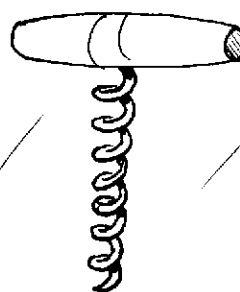
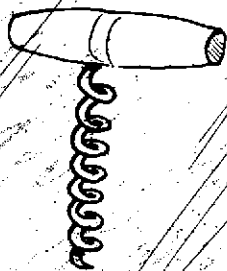
Mi opinias, ke mi
komprenis. Ili ne estas
apogataj unu kontraŭ la
alia. Estas iaspeca spegulo,
spegulo SPACOTEMPA.



Sed ... la rakonto pri kortirilo ...
kaj putoj ?



Mi opinias, ke la unua puto estis **NIGRA TRUO**
kaj la alia **BLANKA FONTANO**. Mi kredas, ke se li ne
sukcesis malfermi sian botelon, estis tial ke la korktirilo
iĝintis **ENENTIOMORFA**, t.e. Inversa kiel en spegulo (*).



(*) Vidu en «Nigra Truo», paĝo 61.

TEMPO KAJ KVANTUMA MEĤANIKO

Pri tempo, kion pensas
la kvantumaj meĥanikistoj ?

Laŭ la kvantumfizikistoj l'Universon
bildigas la SCHRÖDINGER-a ekvacio,
kie rolas la KONSTANTO
DE PLANCK h

Ĉiuj FARIĜOJ de l'Universo
estas supozataj esti solvoj
de tiu mastra ekvacio.

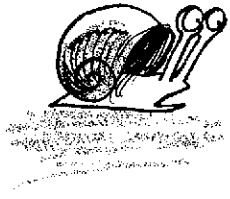
Jen almenaŭ teorio, kiu respondas al ĉio..

Senchava tempo t_p ,
la TEMPO DE PLANCK (*), kiu valoras
 $0,53 \times 10^{-43}$ sekundoj ligiĝas kun tiu ekvacio.
Priskribi per la Schödinger-a ekvacio
fenomenon kun daŭro malpli granda ol tiu
tempo de Planck t_p , fundamente neblas.

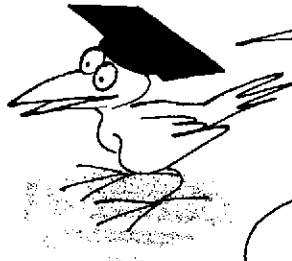
Jen alia tubero ...

(*) Vidu Adonaĵon D.

Tio ekvivalentas diri,
ke la nuno havas finian dikecon.

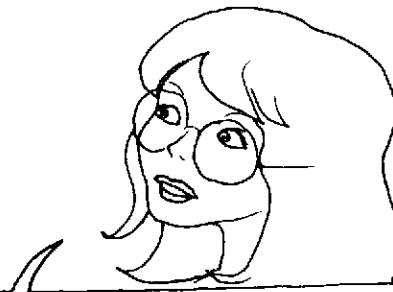
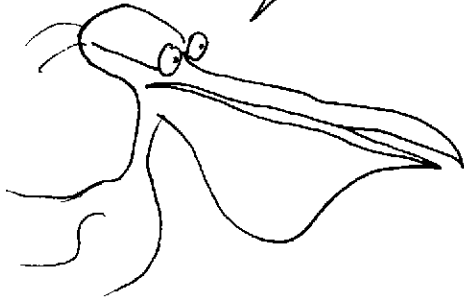


Oni povas ankaŭ diri,
ke por la kvantumistoj la
pasinto haltas je 10^{-43} sec.
Ankaŭ la tempon $t = 0$ ili ne
povas koncepte atingi.



Vere estas io ...

Bone, pri kio ni fakte parolas ?
Se l' Universo estas maŝino, kiuj estas ĝiaj
esence funkciigantaj ĝin elementoj ?

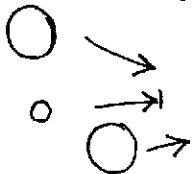


Skemece la konata Universo montriĝas kiel miksaĵo de fotonoj
kaj materiaj partikloj, proporcie unu miliardo al unu. La gravito kreas
materiajn kunmetaĵojn, kie **FUZIO** daŭre ŝanĝas materion en radiadon.
La produktoj de tiuj reakcioj nomiĝas «atomoj» (*).



Tiuj produktoj de la **NUKLEOSINTEZO**
povas reakcii inter si, ĉu spontane, ĉu resorbante
fotonojn (**FOTOSINTEZO**), produktante kunmetaĵojn
nomataj molekuloj. Atomoj povas ankaŭ malkombiniĝi
reelsendante fotonojn (**NUKLEA FISIO**).

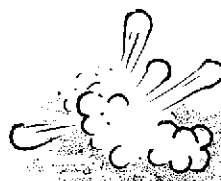
ATOMOJ



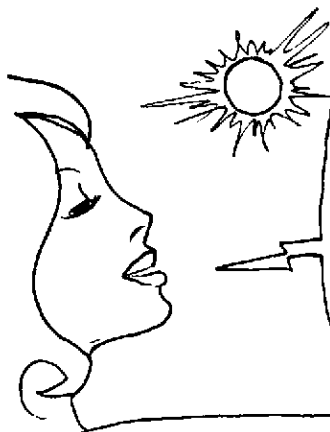
MOLEKULOJ



FISIO

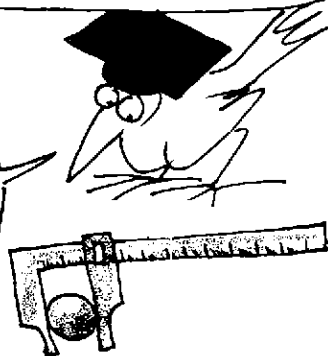


(*) Vidu «Mil miliardoj da sunoj»



Materio kaj lumo estas nenio alia ol du aspektoj de unu sama ento, **ENERGI-MATERIO**. Kaj ĉiuj tiuj fenomenoj nur montras malrapidan aliigon de iom de la materio en formon de fotonoj.

Komence de la 20-a jarcento estis kredata, ke la materiaj partikloj konservis nevarian dimension, t.e. ke l'energi-materio kiun ili entenis konserviĝadis dum la tempo.

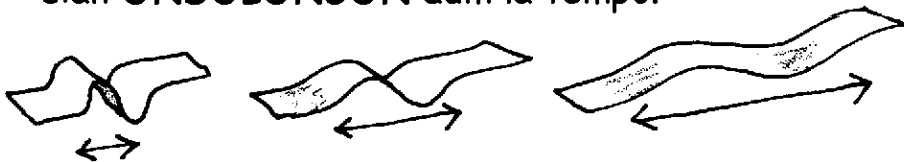


Kiu estas tiu magia ligo inter la grandeco de objektoj kaj ties energio ?

Kiel vi scias en kvantuma meĥaniko, ĉiujn partiklojn oni konsideras kiel ondigojn de la spaco, **ONDOPAKOJ**. Laŭdifine se E estas la kvanto da energio-materio veturata de la partiklo, l'ondolongo asociata estas $\lambda = hc/E$ (*)

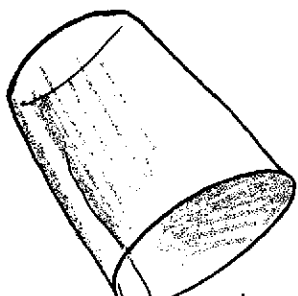


La ondopako prezentante partiklon de **MATERIO** konservas sian **ONDOLONGON** dum la tempo.



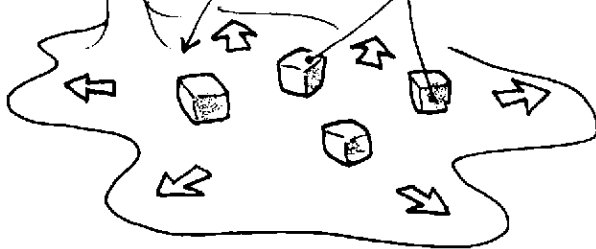
FOTONO sekvas l'ekspansion de l'Universo.

(*) h: Konstanto de Planck; c: Lumrapido



akvo

glacieroj

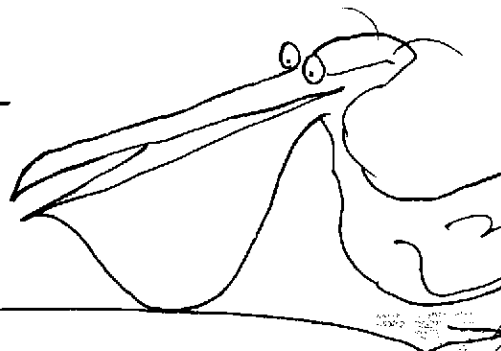


Materio kaj fotonoj, tiuj du formoj de l'**ENERGI-MATERIO** ne travivas la kosman ekspansion sammaniere.



Ha jes, materio estas **glaciiĝinta energi-materio (*)**.

Mallonge l'universo do konsistas el materiograĵoj kaj fotonoj, kun multe da **MALPLENO** ĉirkaŭe.



Ne, ne Leon', **MALPLENO** tio ne ekzistas. En kvantuma meĥaniko, l'Universo estas surfaco, kiu nenie «**GLATAS**». Kelkaj faldoj ŝajnas kiel amelitaj, ili bildigas materion. Aliaj faldoj, fotonoj, povas etendiĝi, kaj pro tio l'Universo povas ekspansiĝi.

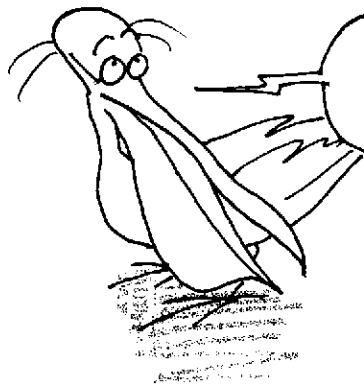
Sed ... atendu ... Se l'energio varias laŭ l'inverso de l'ondolongo, de la spaca amplekso de partiklo, tial tiu etendiĝo de l'fotonoj implicas **KONTINUAN ENERGIAPERDON** de l'Universo !?!



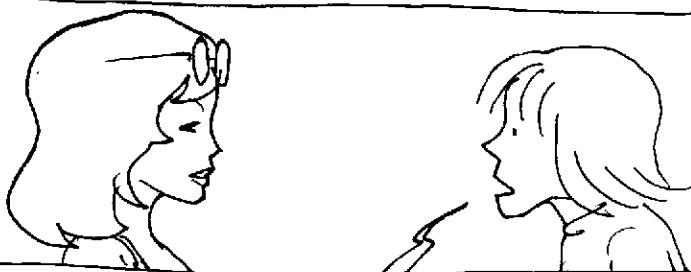
Kaj pliafoje ĉiuj fajfas pri tio !

(*) Vidu albumon «**PRAEKSPLODO**»

LA KOSMA EKSPANSIO



Anstataŭ havi Universon kun konstanta entropio kaj varianta energio estus kompreneble pli agrable havi la inverson. Nu fine ...



Se mi bone komprenas, l' **EKSPANSIO DE L'UNIVERSO** iras kunekun la pliampleksiĝo de la spaco okupata de la praaj fotonoj, kiuj konsistigas la **KOSMAN FONAN RADIADON**. Laŭ tiuj kondiĉoj l' Universo devus dilatiĝi **ĈIE**.



Sed, laŭ la astrofizikistoj, nek la suna sistemo, nek la galaksioj, nek la galaksiamasoj dilatiĝas. Nu **KIU PAGAS POR L'EKSPANSIO ?!**

Nu, Sofio ?

Hm ...

Diru al mi, ĉu la teoria kosmologio estas serioza afero, aŭ ... ?



Konklude, l'Universo estas eble nenio alia ol elpenso de nia **IMAGPOVO**.

Nu, Tirezio, ne diru stultaĵojn. Kion vi faras el **EKSPERIMENTAJ FAKTOJ, OBSERVAĴOJ** ?? Se ni kredas je la kosma ekspansio, tio estas pro la **ŜOVIĜO RUĜEN**

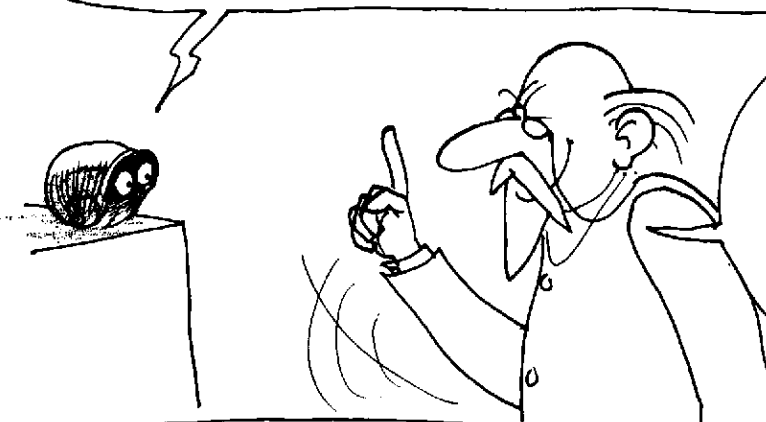
Observu tiujn du spektrojn. Unu estis produktita en laboratorio per hidrogeno varmigata je altega temperaturo. La alia analizas la lumon sendita de galaksio malproksima, kaj montras fortan ŝoviĝon al ruĝo. El tiuj **DONITAĴOJ** ni deduktas ĝian **MALPROKSIMIĜAN RAPIDON**. Kie estas imagpovo tie ?

Kiel vi certas, ke tiu ŝoviĝo ruĝen estas kaŭzata de la efiko **DOPPLER-FIZEAU** ?

Kaj de kio vi volas, ke tio devus estis kaŭzata ? Laciĝo de la lumo ? ...

La kosmologiisto kaj filozofo **MILNE**, kiu rifuzadis tiun ideon pri ekspansio de l'Universo, donis al tiu malaltiĝo de la fotona frekvenco signifon tute alian.

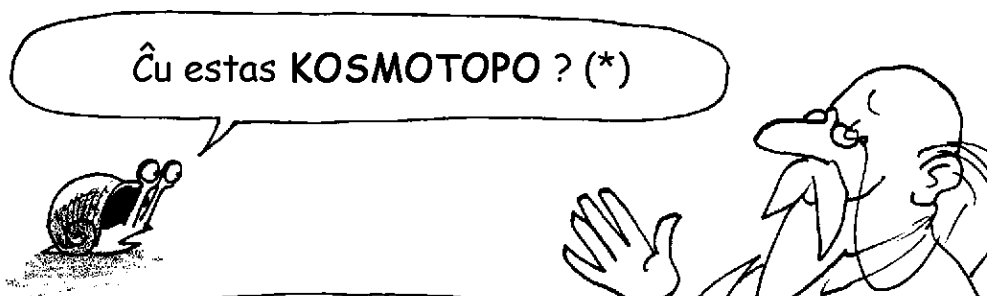
L'energio de fotono estas $h\nu$, kie h estas la konstanto de Planck kaj ν la frekvenco. MILNE diris : « ni supozu, ke l'energio de fotono konserviĝas sed, ke h pligrandiĝas laŭ la tempo. Tiam oni mezuros, ĉe la ricevo de l'mesaĝo, frekvencon ν pli malgranda, sen DOPPLER-efiko, sen ekspansio ».



SENMOVA universo !
Estimata, tio estas stulta.
Kion vi faras kun la fosilia radiado, spuro de la **PRAA EKSPANSIO** ?


Bone, tiam ni revenu al universo ekspansianta, sed rilate **KION** ?

Ĉu estas **KOSMOTOPO** ? (*)



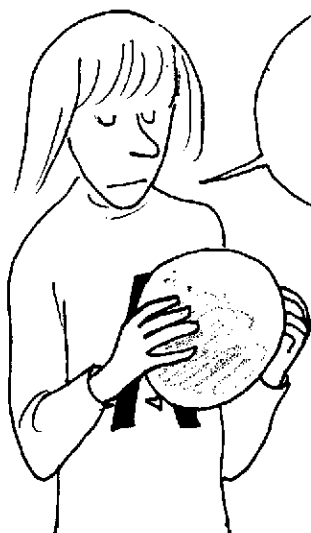
Sensencaĵo ! La entenanto kaj la entenato de l'Universo estas unu sama objekto. Gravas nur la mezuro pri la ŝoviĝo ruĝen.

Ĉiamaniere neeblas iri mezuri surloke pri objektojn, kiuj kuŝas je miliardoj da lumjaroj for. Kio gravas estas konstrui **PREZENTILAN SISTEMON**, kiu akceptinde povus perkalkuli la observitaĵojn. En scienco oni povas nur esperi **ŜAJNIGI KE ONI TROVIS**.



(*) greke : « la loko kie troviĝas l'Universo ».

GAŬĜA MODELO (*)



Ni vidu : kiam oni volas imagi universon ekspansianta, oni ĝenerale prenas bildon de balono, kiun oni ŝveligas, kun sur ĝi desegnitaj makuletoj, bildigantaj galaksiasojn.



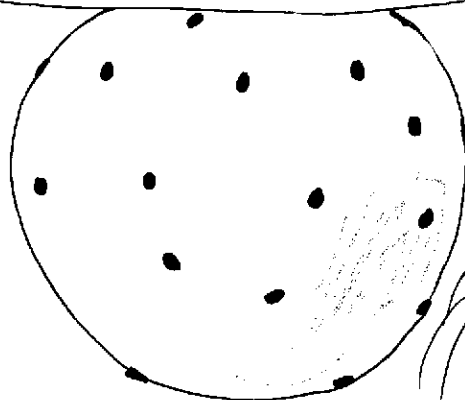
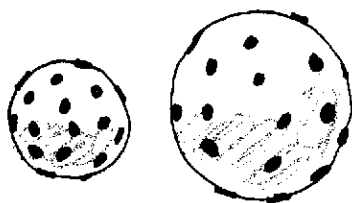
Ne, la klasika modelo ne tiel aspektas.




Necesas, ke vi fiksu sur via balono memglueblajn pasteletojn, ĉar oni ne supozas, ke la galaksiasoj dilatiĝas laŭ la tempo.




En tiaj kondiĉoj la kosma ekspansio bildigeblas jene.



(*) "INTERPRETO DE KOSMOLOGIA MODELO KUN VARIEBLA LUMRAPIDO": JP Petit, *Modernaj fizikaj leteroj A*, Vol. 3, N° 16 (1988) Paĝo 1527-1532.
"KOSMOLOGIAJ MODELOJ KUN ARIEBLA LUMRAPIDO, INTERPRETO DE LA ŜOVIĜO RUĜEN": JP Petit, *Modernaj fizikaj leteroj A*, Vol. 3, N° 18 (1988), paĝo 1733-1744




Kial ĉiuj objektoj de l' Universo ne plivastiĝus kunekun ĝi : galaksioj, suna sistemo, elementaj partikloj ?



Juna amiko,
la grando de tiuj objektoj
determiniĝas de kelkaj
konstantoj : la gravita G ,
la Plancka h , la protona
maso m , la lumrapido c .

ĉio-ĉi estas
bone konata vi
ja pensu ...

Sed kial tiuj grandoj G , h , m , c
estas nevariaj ?



Sed ĉar
ili ne varias ...


De tago al la sekva,
de punkto de l' Tero al alia,
certas, sed kial tiuj grandoj ne
varius dum miliardoj da jaroj ?

Mi konjektas, ke la lumrapido c
devas esti konstanta pro la
Ĝenerala Relativeco ...

Tio estas skribita absolute nenie ...



Be, ĉu vere ?...




Kaj la konstanto de Planck h ?
Ĝi ne povas varii ... hm pro la
kvantuma meĥaniko ?

Ankaŭ tio estas
nur alia hipotezo ligata
kun tiu **PREZENTILA
SISTEMO**.

Sed ili estas
AKSIOMOJ !?!

Aksiomo estas nenio alia
ol kredaĵo kun blanka kitelo
kaj kravato.

Komence de la 20-a jarcento oni povis precize mezuri tiujn kvantojn,
kiuj ludis rolon en la kvacioj, kelkaj eĉ estis malkovrataj tiuepoke.
Kaj poste **KONSENTO** nevortigita estiĝis, kredanta pri ilia
ABSOLUTA KONSTANTECO ? Tion vi celas diri ?



Nenio ŝanĝas Leon'. La homoj ĉiam volis
enfermi l'Universon en ilian estanttempaj
fantazioj. Estis la famaj platonaj pluedroj (*),
la kvar elementoj. Hodiaŭ ni havas la ...
konstantojn de la fiziko.

(*) Vidu «Kosmika Rakonto», paĝo 26.



Atentu, ne iru tiel rapide ! Oni montris, ke se oni tuŝus kelkajn fizikajn konstantojn, postsekvus aferoj, kiuj kontraŭdirus la observaĵojn !



Jes, sed se supozus, ke **ĈIUJ** tiuj konstantoj varias laŭ la tempo, inkluzive la LUMRAPIDO ?



Skorzonero !
La lumrapido ...

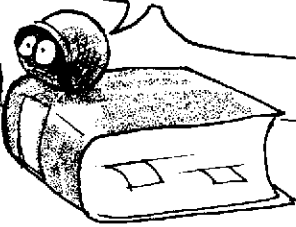
Se vi permesas al konstantoj varii en la tempo, se vi «liberigas» ilin, vi ankaŭ devos krei tiom da pliaj fizikajn leĝojn por redoni al la konstruaĵo de scioj ĝian solidecon.

SUPERRELATIVECO

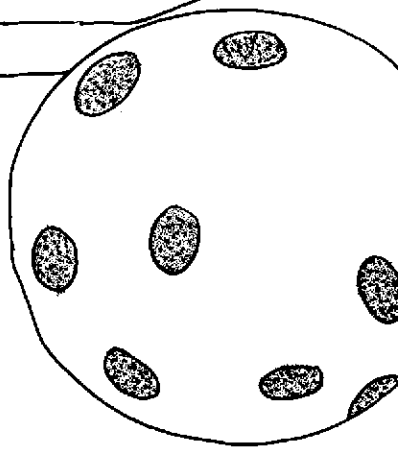
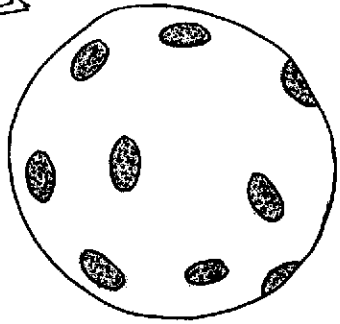
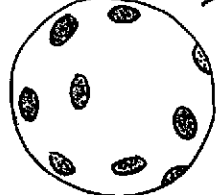
Mi trovis solvon, ni neprigos nur la **KONSERVADON DE ENERGIO**, kaj ne plu de la maso, kaj supozante, ke la objektoj de l'Universo **DILATIĜAS KUN ĜI**.



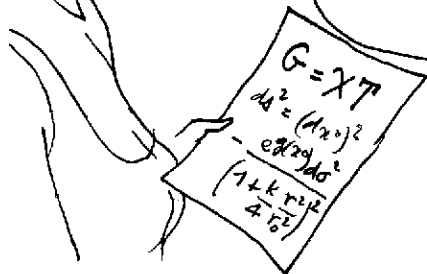
ĈIUJ objektoj, tio estas galaksioj, suna sistemo, nigraj truoj kaj tiombone protonoj, neŭtronoj.



La objektoj estas nun desegnitaj sur la balono



Prave, vi ricevas nefinian lumrapidon
 je la tempo $t=0$, kiu poste kontinue malkreskas (*).
 La maso kreskas, sed energio = mc^2 daŭre konstantas.
 La gravita konstanto varias kiel l'inverso de la maso ...
 kaj ĉio ĉi solvas la ekvacion de la **ĜENERALA
 RELATIVECO**, la famegan **EJNŜTEJNAN EKVACION**



Nekredeblas !?!

Tiu universa modelo estas monstro, ĥimero.
 Kion vi faras kun la **ŜOVIĜO RUĜEN** (Red Shift) ?



Tio estas diableca !

Legu, tie ĝi kuŝas ! Oni trovas,
 ke la konstanto de Planck varias kiel t ,
 do tio kongruas kun la ideo de MILNE
 (ĉi-supre paĝo 65).

Ni vidu ... la fotono elsendiĝas kun certa
ENERGIO $h\nu$, kiun ĝi konservas. Dum ĝia
 iro la konstanto de Planck h altiĝas, do la
 frekvenco ν mezurota ĉe la ricevo estos
 malsama (**). Hm... stranga afero !...

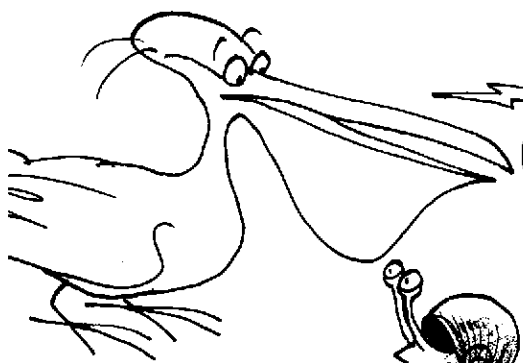


Kŭak !

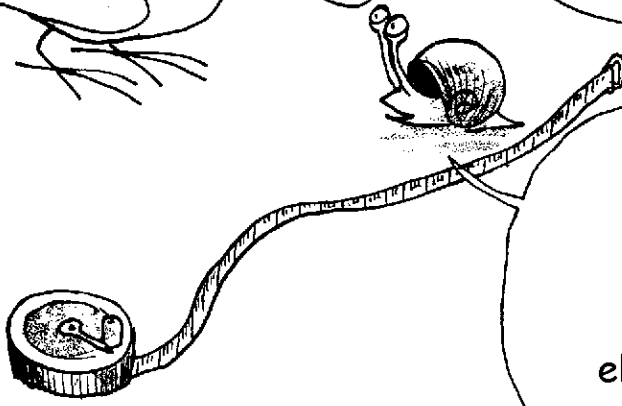


(*) En tiu modelo la lumrapido varias kiel $\frac{1}{\sqrt[3]{t}}$.

(**) La ŝoviĝo $\Delta\nu$ de la frekvenco estas proporcia je la distanco
 de la fonto. Ni retrovas la **HUBBLAN LEĜON**.

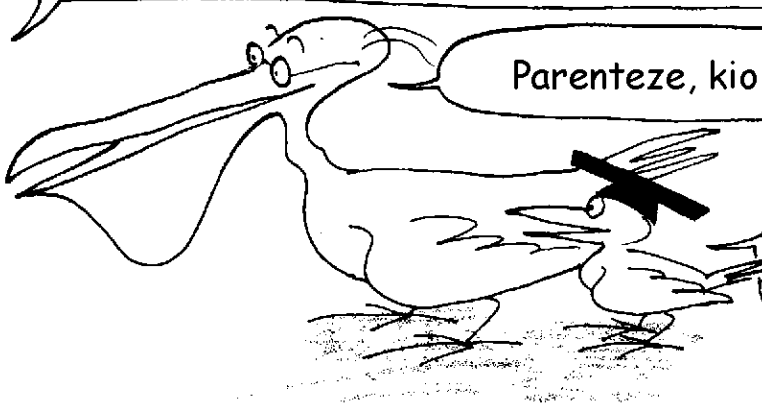


Sed ... se tiu ŝoviĝo ruĝen ne kreas de Dopplera efiko de la malproksimantaj lumfontoj, tiam l'Universo ne ekspansias, ĉu ? Mi ne komprenas plu ion ajn ...



Ni fajfas pri tio !
Ĉio, kio gravas estas retrovi la observaĵojn, la ŝoviĝo ruĝen. En tiu modelo vi ne povas MEZURI ian ekspansion, tial ke tiam via longomezurilo dilatiĝus samtempe kiel la Universo.

Same vi ne povas evidentigi **LOKE** la variigojn de h , c , G , m , ktp. Ĉar la mezuriloj, bazantaj sur tiuj konstantoj mem, varias «paralele».



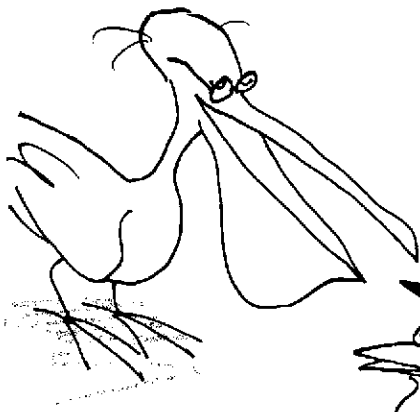
Parenteze, kio iĝas **ENTROPIO** ?

Ĝi kreskas laŭ la tempo t (*). La paradokso en paĝo 36 malaperas.

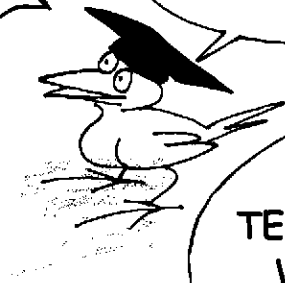


Kaj tiu fama **KOMENCA NEFINIAĴO** je $t=0$, pri kiu oni tiom parolas ?

(*) En tiu modelo entropio S varias kiel $\text{Log } t$ (vd. Aldonaĵo E)



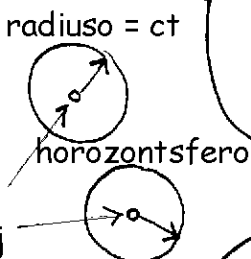
Se oni intersanĝas la **TEMPAN VARIABLON** t kontraŭ **ENTROPIO** S , la nefinia tempo 0 ne plu ekzistas, tial ke tiu laŭdira «**UNUA TEMPERO**» respondas tiam al $S = -\infty$ (*). La demando pri kia estus Universo **ANTAŬ** la praeksplodo ne plu havas sencon..



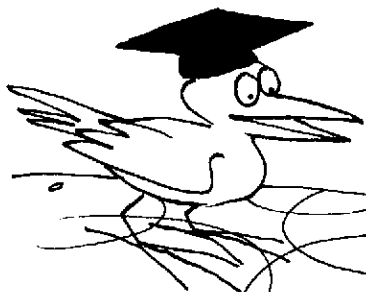
Kio signifas, ke la **TEMPO**, ne plu estus la taŭga **VARIABLO** por priskribi la **OKAZAĴOJN**, sed ia miraĝo iom iluzia.



Ĉar ni nun atakas la paradoksojn, ni vidis en paĝo 36, ke ni ne scias klarigi la ŝajnan malordon kaj la rimarkindan homogenecon de l'Universo, tial ke, en ĝia junaĝo, la partikloj tute ignoris unu la aliajn.



Tiuj partikloj elsendis lumondon, kun rapido c , en la tempo $t=0$, sed ili malproksimiĝas tiom rapide unu de la aliaj, ke iliaj «**HORIZONT-SFEROJ**» ne interpenetras sin. Ili estas en stato plene **AŬTISMA** (*)



Kontraŭe, en la **SUPERRELATIVECO** la horizontsfereoj interpenetriĝas en ĉiuj epokoj (ili pligrandiĝas je la sama rapido kiel l'Universo mem). La partikloj interagis. **MALORDO** kaj **HOMOGENECO** tiel pravigatas.

(*) Psikiatrio : malkapableco komuniki kun aliuloj.

Kaj la tempo de Planck, tio restas tamen problemo !
Vi ne povas seniĝi el ĉiuj paradoksoj ?!?

Nu, ni vidu, tiu tempo
valoras $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$, sekundon mi petas ...

La tempo de Planck varias kiel ... t !
la Planck-a barilo malaperis (*)

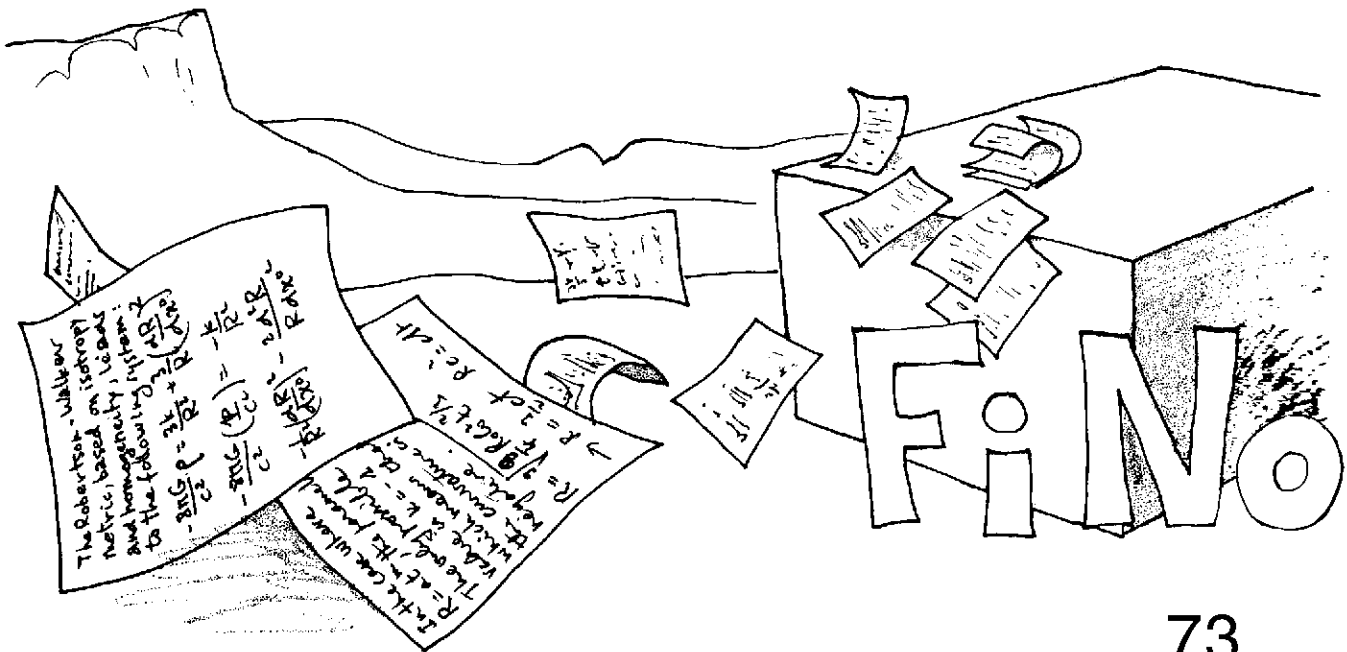
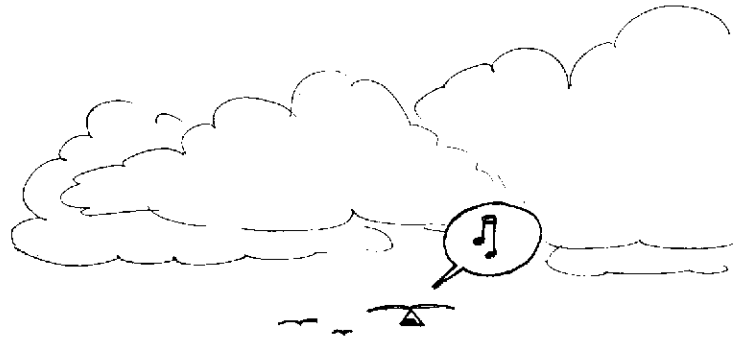
Alio ?

GRMBL...

Tirezio, kie estas Anselmo ?

Mi opinias,
ke li estas tie
supre.

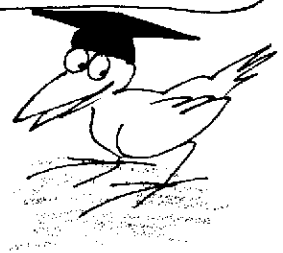
(*) vidu aldonajon E





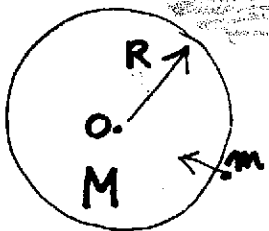
La moderna scienco famas pri konstruiĝi el ekvacioj terure malsimplaj, kiujn povas kompreni nur tre malgranda rondo de «dikkapuloj». Sed la fundamentaj ideoj estas ĉiam tre simplaj, kaj ofte oni povas ilin ilustrati en maniero tute konvena helpe de kalkuloj, kiuj similas al kalkuloj de butikistoj.

La notoj, kiuj sekvas montras ekzemplojn.



Aldonaĵo A

Aŭ kiel retrovi la leĝon pri evoluo de l'Universo per tri linioj da kalkulo.



Ni rigardu l'Universon kiel homogena grumelo el polvo kun radiuso R kaj maso M. Ni konsideru polveron de maso m, situanta sur ĝia surfaco. Oni povas montri, ke la forto, kiu efikas kontraŭ tiu maso estas la sama kiel tiu kiun produktus la tutan mason M koncentrata en la centro O, tio estas

$$F = -GMm/R. \text{ Ni apliku formulon } F = my \text{ de la mehaniko.}$$

$$\text{Ni ricevas : } -mR'' = -GMm/R \text{ do : } \boxed{R^2R'' + GM = 0}.$$

alie dirate la faman **EKVACION DE FRIEDMAN**.

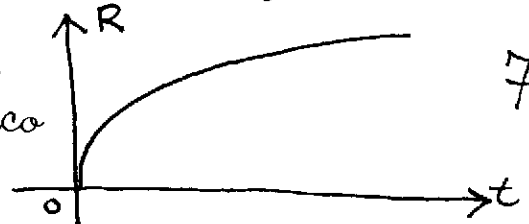
Ni konstruu unu el la tri solvoj de tiu diferenciala ekvacio.

Ni donu por tion fari al la funkcio R(t) la formon at^b , kie a kaj b estas du determinotaj konstantoj.

$$R = at^b \quad R' = abt^{b-1} \quad R'' = ab(b-1)t^{b-2}$$

Tion ni metas en la ekvacion, kaj ni ricevas : $b(b-1)a^3t^{3b-2} + GM = 0$ kiu devas «funkcii» kiom ajn estu t. Ununura solvo : la potenciganto de t devas esti nula, do $b = 2/3$ kaj sekve $a = \sqrt[3]{\frac{2}{3}GM}$ kaj $R = \sqrt[3]{\frac{2}{3}GM} t^{2/3}$.

R(t) estas la karakteriza longo de tiu universo, kiu povas asimiliĝi ĉu je ĝia kurbeco-radiuso, ĉu je la meza distanco inter du partikloj.

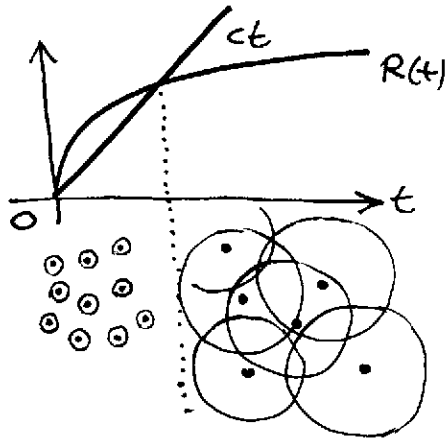


Aldonaĵo B

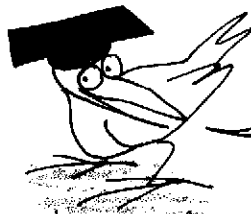


la aŭtisma universo

Simpla ekrigardo al la kurbo $R(t)$ montras, ke l'ekspansio de l'universo komencis per eksplodo, kaj poste malrapidiĝadis. Se ni konsideras $R(t)$ kiel mezan distancon inter du partiklojn, t t estas la radiuso de elektromagneta ondo elsendita je la tempero $t=0$. Kun konstanta lumrapido ni vidas, ke la radiuso de tiu «horizonto-sfero» aŭ sfero de la scieblo restos dum iom da tempo malsupera je la meza distanco inter la partikloj, kiuj do tute ignoras unu la alian dum tiu periodo.

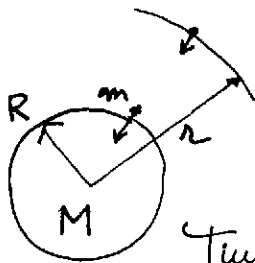


Aldonaĵo C



Kiel kalkuli la radiuson de NIGRA TRUO

Ni konsideru astron kun radiuso R kaj maso M kaj sur ties surfaco mason m . Imagu, ke tiu-ĉi estas rakedo. La energio kiun ĝi kapablas foruzi ne povos superi mc^2 , nome ĝia anergia ekvivalento. Ni nun kalkulu la energion elspezendan por eltiri tiun mason m el la gravita kampo de la astro. La forto estas $F = -GMm / r^2$. La laboro estas $-GMm dr / r^2$ kie dr estas eta delokiĝo.



Necesos foruzi energion
$$E = - \int_R^{\infty} \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R}$$

Tiu energio superos la maksimuman disponeblan energion se :

$$\frac{GMm}{R} > mc^2 \Rightarrow R < \frac{GM}{c^2} \quad (\text{radiuso de Schwarzschild}).$$

Pli fajna kalkulo, priatentanta la malkreskon de la maso m , kondukus al la ekzakta valoro $R_s = 2GM/c^2$.

Se maso M enteniĝas ene de sia Schwarzschild-a radiuso, neniu objekto povus eliri el ĝi, ĉar tion postulus energion superan al mc^2 .

La Schwarzschild-a radiuso de la suno estas 3.7 km

La fotono havas energion $h\nu$. Ĝi ekvivalentas materikvanton kun maso $m_{\varphi} = \frac{h\nu}{c^2}$; tio ebligas kalkuli la energion necesan por eltiri ĝin, tio estas $-\int_R^{\infty} \frac{GMm_{\varphi}}{r^2} dr = \frac{GM}{Rc^2} h\nu$. La energio de fotono, kiu sukcesas forlasi la astron estas $E' = h\nu(1 - \frac{GM}{Rc^2}) < h\nu$ (jen la fenomeno de gravita ruĝensoviĝo). Se $R < \frac{GM}{c^2}$, la astro ne plu povas elsendi lumon, ĝi estas nigra truo.

Aldonaĵo Ĉ



kaj nun la plankajn kondiĉojn

La spacan ekspansion de partiklo kun maso m oni kalkulas kiel KOMPTONA longo $\lambda_c = \frac{h}{mc}$. Ni supozu, ke la partiklo estu nigra truo. Tiam, tia longo λ_c devos identi kun la Ŝvarcsilda radiuso, t.e. $\frac{h}{mc} = \frac{GM}{c^2}$, rezultas $m_{\varphi} = \sqrt{\frac{hc}{G}}$, kio valoras 10^{-5} gramoj. Ne povas ekzisti pli peza partiklo. Ĝia radiuso tiam estas $\frac{h}{mc} = \frac{h}{c} \sqrt{\frac{G}{hc}}$ (do $L_p = \sqrt{\frac{hc}{G}}$) estas la PLANCKA LONGO: $1,6 \cdot 10^{-33}$ cm. Nenio pli malgranda povas ekzisti en l' Universo

Estas la elementa maŝo de la spaco plovero



Prenu fotonon kun ondolongo $\lambda = \frac{c}{\nu}$. Ĝia energio estas $E = \frac{hc}{\lambda}$ kaj ĝia samvalora maso $m_{\varphi} = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$. Ĝia Ŝvarcsilda radiuso estas $R_s = \frac{Gm_{\varphi}}{c^2} = \frac{Gh}{\lambda c^3}$, kiu egalas sian ondolongon, se $\lambda = \sqrt{\frac{hc}{G}} = L_p$. Kiam la ondolongo de fotono egalas sian Ŝvarcsildan radiuson, ĝi nur turniĝas, kvazaŭ hundo, klopodanta kapti sian voston kaj eĉ la inforno ne plu povas cirkuli. Tiu ondolongo respondas al la tempo $t_p = \frac{L_p}{c} = 0,54 \cdot 10^{-42}$ sekundo.

estas la DIKECO DE LA ESTANTEGO

aŭ la dikeco de la paĝoj de la libro



Aldonaĵo D

LA RELATIVECA SPACO DE FAZOJ

Ĝi estas kurba, samtempe en pozicio kaj en rapido. Oni limiĝas je unu pozicia dimensio kaj unu rapida dimensio. La pozicion oni markas per la signo θ kaj la rapidon per ϕ . Por senmova observado la delokiĝo de objekto kun rapido V estas $d = R \theta$ kaj la rapido ligas sin kun la angulo ϕ per la rilato $V = c \sin \phi$. Por tia observado la fotonoj cirklo-tras cirkau la polusoj kaj ili sekvas vojojn kun nula longo (vidu "ĈIO RELATIVAS").

Estu $\overline{M_1 M_2} = R \theta$ delokiĝo, sensita de ripozanta observado. En la spaco de la fazoj la reala delokiĝo respondas la arkon $\overline{m_1 m_2}$, kiu projekcias sin laŭ la arko $\overline{n_1 n_2}$ en la ekvatora ebena. La seg-

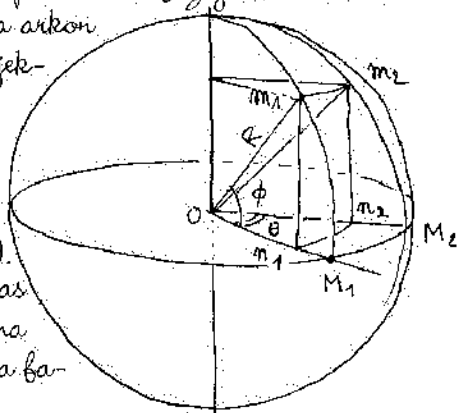
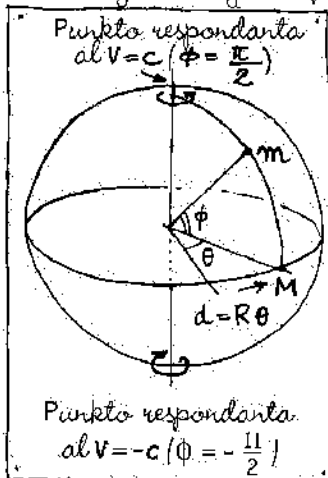
mento $\overline{on_1} = R \cos \phi$. La arko $\overline{n_1 n_2} = \overline{on_1} \theta$.

Kiel $\cos^2 \phi + \sin^2 \phi = 1$ kaj $\sin \phi = \frac{V}{c}$ ni ricevas

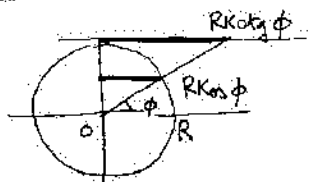
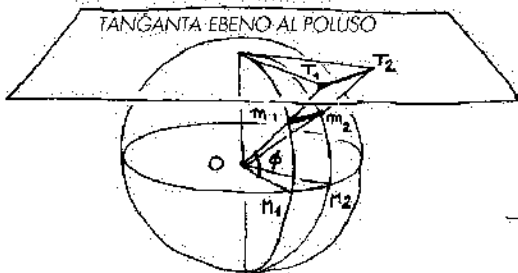
$\overline{m_1 m_2} = \overline{M_1 M_2} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$, kio estas nur la fama

KUNTIRIĜO DE LORENTZO. En la spaco de la fazoj la tempo ne estas libera variabla.

La **PROpra TEMPO** kalkuliĝas. Ĝi proporcias kun la arko $\overline{T_1 T_2}$, projekcio de la arko $\overline{m_1 m_2}$ sur la tangenta ebena al poluso.



$$t = \frac{\overline{T_1 T_2}}{c} = \frac{R \theta \cot \phi}{c}$$



La rapido v estas la kvociento delokiĝo/dairo $= \frac{m_1 m_2}{T_1 T_2} c$

$$v = c \frac{R \cos \phi \theta}{R \cot \phi \theta} = c \sin \phi$$

Aldonaĵo E

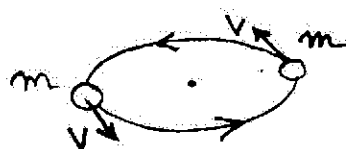
LA SUPERA RELATIVECO

- * Oni "redonas ilian liberecon" al ĉiuj "konstantoj" de la fiziko.
Ekzemple: G , konstanto de la gravito, h planka konstanto, c lumrapido, m maso de la protono aŭ neŭtrono.
- * En la ekvacio de la ĝenerala Relativeco la EJNSTEJNA konstanto $\chi = \frac{8\pi G}{c^2}$ estas ABSOLUTA KONSTANTO. Do $G \approx c^2$
(\approx signifas "varias kiel")
- * Oni supozas, ke la energio mc^2 konserviĝas laŭ la tempo, m estante la maso de la senmova partiklo.
- * Oni supozas, ke la galaksioj, la suna sistemo, la nigraj truoj, la protonoj kaj la neŭtronoj "grandiĝas" samtempe kun la Universo, kies perimetro oni prenas egala al $2\pi R$.
Ni skribu: la radiuso de la Nigra Truo (Ŝvarcŝilda Radiuso) grandiĝas kiel $R \Rightarrow \frac{Gm}{c^2} \approx R$, car $\frac{G}{c^2} = Kto \Rightarrow \boxed{m \approx R}$
kiel cetere $mc^2 = Kto$:

$$Rc^2 = Kto$$

$$\boxed{c \approx \frac{1}{\sqrt{R}}}$$

$$\boxed{G \approx \frac{1}{R}}$$



Ni prenu du stelojn kun sama maso, orbitante ĉirkaŭ de ilia gravita centro laŭ cirkla vojino kun radiuso r .

La decentra forto estas $\frac{mV^2}{r}$, la gravita reciproka altino estas $\frac{Gm^2}{4r^2}$. Se r varias kiel R , tiam $\frac{Gm^2}{R^2} \approx \frac{mV^2}{R}$ de kie $\boxed{V \approx \frac{1}{\sqrt{R}}}$. La rilato $\beta = \frac{V}{c}$ konserviĝas laŭ la tempo, tute kiel la energio $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$. La spaca etendiĝo de la protono donita de sia Komptona longo $\frac{h}{mc} \approx R$, oni havas: $\boxed{h \approx R^{3/2}}$

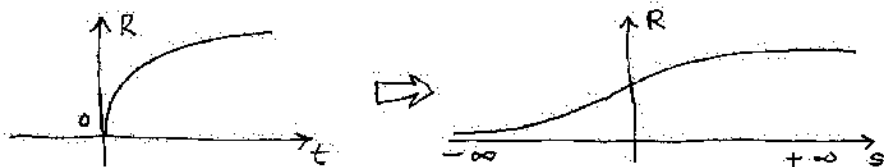
La solvo de la EINSTEJNA ekuacio, supozante la universon homogenan kaj izotropan (laŭ la metriko de Robertson-Walker) venigas nin al la diferenciala ekuacion:

$$\frac{2R''}{R} + \frac{R'^2}{R^2}(2 + \beta^2) + \frac{kc^2}{R^2}(1 + \beta^2) = 0.$$

kie $v = \beta c$ estas la rapido de galaksia agitado en tia "kosmologia fluidaĵo". Serĉante solvon en speco $R = at^k$, oni vidas, ke β forkalas kaj $k = -1$ donas solvon $R \approx t^{2/3}$. K estas la kurba indico. Do tiu universo havas negativan (*) kurbecon. La kosmologia horizonto difiniĝas de la integralo $H = \int_0^c c(t) d(t)$. Oni trovas $H \equiv R(t)$. Do la universo samspecoĉe ĉiam troviĝas pravigata.

La entropio igitas $S \approx \text{Log } t$. En priskribo, kie la entropio anstataŭigas la tempan variablon la komenca malreguleco malaperas, puvu kaj simple.


Ĉiuj fizikaj ekuacioj (Sredingera, Maksuela, Bolemana) estas nevariaj per la akiritaj transformoj.



Oni trovas, ke la RUGENSOVIGO proporcias kun la distanco (Leĝo de Hubble). Ĝis kelkaj miliardoj da lumjaroj la distancoj kalkulitaj per la fontoj estas preskaŭ identaj je la distancoj elirintaj el la klasika modelo. La fotona energio $h\nu$ oni supozas konserviganta (kiel ĉiuj energioj), kiel $h\nu \approx t \Rightarrow \nu \approx \frac{1}{t}$, la rugensovigo ne plu estas la sekvo de la Doplera efiko sed rezultas de la multjarcenta derivado de la Planka konstanto.

En 1988 BARTHEL k. MILEY (en *Nature* vol. 333, majo 1988) montris, ke, ĵu pli la kvazaroj estas malproksime, des pli ili estas malgrandaj. Tio akordigas kun la modelo, kie la kvazaroj "grandiĝas" kun la Universo mem.

(*) Vidu "La GEOMETRILIMO"-n kaj "LA NIGRA TRUO"-n (Eldonoj Belin) 79



Ĝis nun la Anselma modelo ne kontraŭdiras observeblan fakton ...

Kaj tio funkcias eĉ pli bone ol la klasika modelo por la kvazaroj ...

Kaj via opinio, Sofio, kiu ĝi estas ?

La Anselma modelo ne estas sen manko. Restas aliaj konstantoj ligataj al nukleaj procezoj, kaj necesas, ke li elpensu manieron, por ilin variigi, por povi raporti pri tiuj fenomenoj, kiuj estas ankaŭ parto de la kosmologio.

Aŭ aperos iu kontraŭdiro, kaj tiam kaput' !

Li tutcerte akre serĉas la solvon ...

Ĉu ? ...

Nota:

Kial la entropio (en unu partiklo) varias kiel la logaritmo de la hipervolumeno kun 6 d. de la sistemo en la spaco de la fazoj

n = nombro de partikloj en volumena unuo

m = maso de unu partiklo

T = absoluta temperaturo

V = modulo de la rapido de termika agitado

$$\vec{v} \begin{cases} u \\ v \\ w \end{cases}$$

$$f = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{m(u^2+v^2+w^2)}{2kT}} = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mV^2}{2kT}}$$

distribuo de Maksvelo-Bolemano
je la termodinamika ekvilibro

difino de la entropio en unu partiklo s

$$S = -k \int_{-\infty}^{+\infty} du \int_{-\infty}^{+\infty} dv \int_{-\infty}^{+\infty} dw f \log f = -k \langle \log f \rangle$$

$\langle A \rangle$ = "stokasta" meznombro

$$\langle \log f \rangle = \log \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} + \log \frac{n}{T^{3/2}} - \frac{m}{2kT} \langle V^2 \rangle$$

$$\langle V^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} du \int_{-\infty}^{+\infty} dv \int_{-\infty}^{+\infty} dw (u^2+v^2+w^2) \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{m(u^2+v^2+w^2)}{2kT}} = \frac{2kT}{m}$$

$$S = k \left[\frac{3}{2} \log \left(\frac{2\pi k}{m} \right) + 1 \right] + k \log \frac{T^{3/2}}{n} \approx \log \frac{T^{3/2}}{n}$$

meza rapido de termika agitado

$\langle V \rangle \approx \sqrt{\langle V^2 \rangle}$

$n \approx \frac{1}{L^3}$, kie L estas la karakteriza dimensio de la spaco ekspansio

$T \langle V^2 \rangle \approx \frac{T^{3/2}}{n} \approx \langle V \rangle^3 L^3$ karakteriza volumeno de la sistemo en la spaco de la fazoj. Kio venas al:

La entropio en unu partiklo varias, kiel la logaritmo de la sistemo volumeno en la spaco de la fazoj, sia hipervolumeno 6 d.

La Direktorejo