

JEAN-PIERRE PETIT

As Aventuras de Anselmo Curioso

**EINSTEIN
E A
TEORIA DA RELATIVIDADE**



Publicações Dom Quixote

LISBOA
1982

Sofia, por vezes pergunto a mim mesmo...

O quê, meu caro?

... não sei... se as coisas são realmente como pensamos... se a realidade é bem real...

Se não houverá coisas por detrás das coisas.

Atenção! Um universo pode ocultar outro universo.

Não tens mais do que ir ver.



Está alguém a tocar violino.

Cá estamos nós nas catacumbas da física.

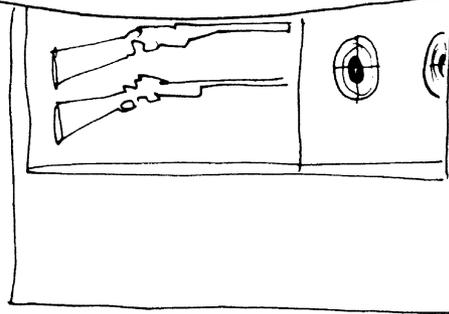
Anda, vem! Vamos aprender coisas.

Cosmic Park

proprietário e fundador:
ALBERTO



Vem dali.





Top!

Ouça lá, no seu relógio o minuto só tem cinquenta e nove segundos.

De maneira nenhuma! Passou precisamente um minuto!

É um CRONOPERFECTA, que mede o tempo com uma precisão absoluta.

Eu também tenho um CRONOPERFECTA. Estranho... Um relógio novo!... Talvez seja defeito de fabrica...

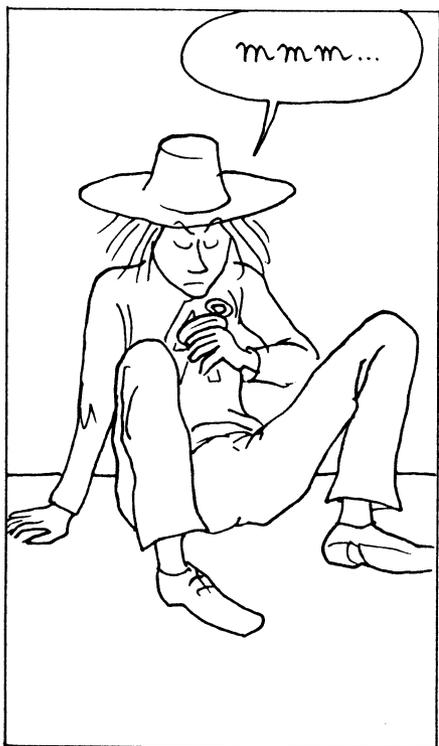
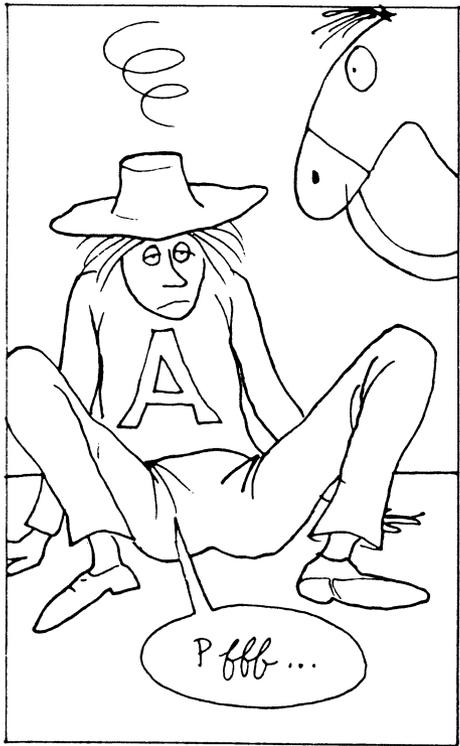
Ainda bem que está no prazo de garantia...

O teu relógio está a funcionar muito bem, Anselmo. Os CRONOPERFECTA são infalíveis.

Então, o problema está no carrossel!...



Com certeza. Continua a ser 1\$00 por minuto.

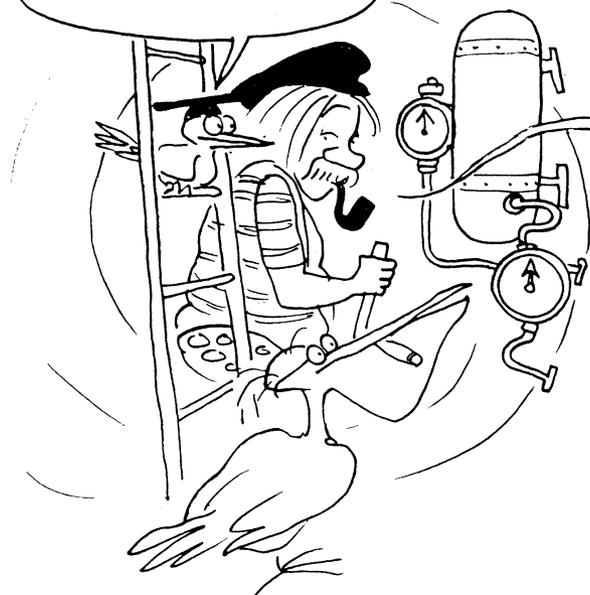




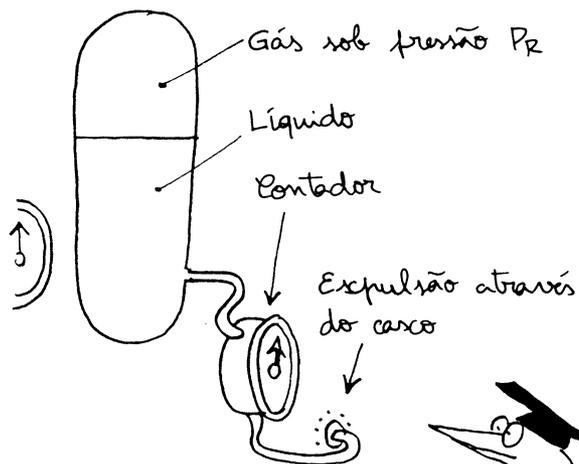
ENTRETANTO...



O que é isto?



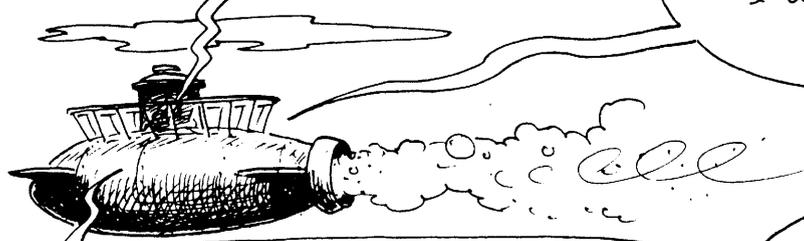
É um relógio hidráulico. O líquido, contido no reservatório, tem por cima um gás submetido a uma pressão P_2 . Este gás empurra o líquido para o exterior do submarino através de um contador.



Diga-me, por que é que o contador está graduado em segundos?

É o tempo que falta,
não é verdade? É o velho
princípio de depressão.

Ah, sim, e o débito
é proporcional à diferença
entre a pressão do reservatório
e a pressão existente no
exterior.



O meu submarino está equipado
com levas de imersão de tal modo
que quanto maior é a velocidade
mais mergulha.

sendo assim, para medir
a velocidade, basta um manô-
metro que meça a pressão
exterior.

Eu cá
já entendi!

Que lá, a sua
máquina anda bestial-
mente depressa!

Bem, vamos
regressar. Já passou
quase um minuto.

Oh, vejam bem,
é incrível! Estamos na
página 15.

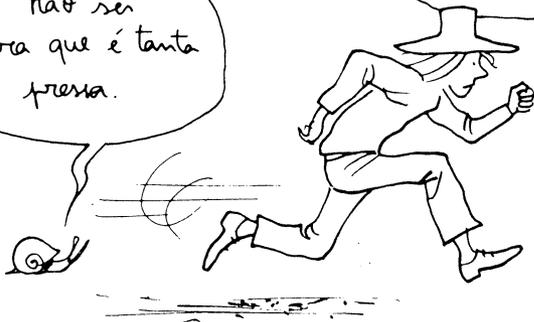


DEIXEMOS MAX E LÉON TIRAR AS CONCLUSÕES DA SUA AVENTURA SUBAQUÁTICA, E VOLTEMOS A ANSELMO :



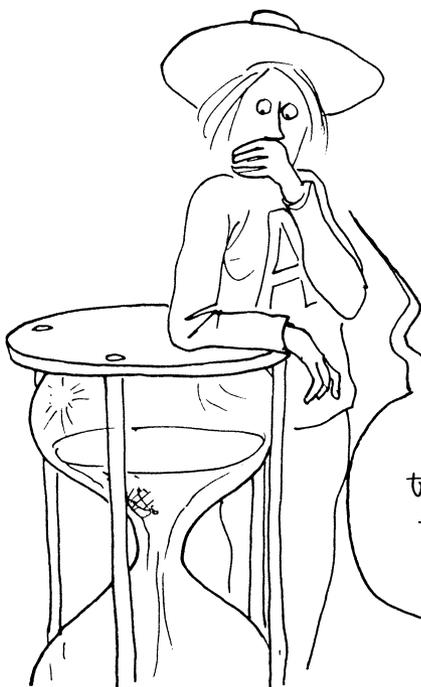
Pensando bem, é estranho. No espaço, seja qual a for a direcção escolhida, parece ser sempre possível voltar atrás, escolher a direcção oposta.

Não sei para que é tanta pressa.



Sou capaz de correr muito mais depressa do que Titérias, o caracol, e ultrapassá-lo.

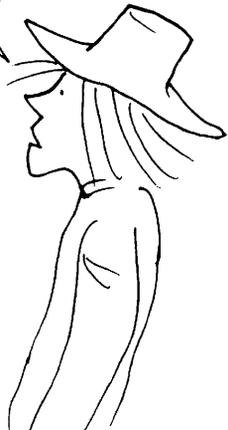
Ou parar e deixá-lo ultrapassar-me.



Mas, quando se trata do tempo, tudo parece diferente.



Aparentemente
é proibido
estacionar.



Sob pena de não ser
possível voltar a partir.



Sr. Tiresias?
Tenho uma encomenda
para si.



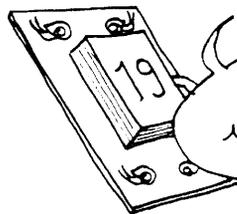
Senhor
ou senhora?



Não tem
a menor
importância.



Hum... é
um calendário.



Estás a ver, Anselmo, sempre
que tiras uma folha, é um
dia que passa.



Não é assim, Tiresias, não podemos interferir no tempo que passa. Para retirar esta folha, tens de esperar pelo dia seguinte.

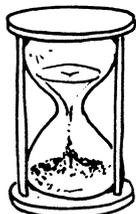
Ah...

O ESPAÇO - TEMPO



Sofia, o que é o TEMPO?

É uma dimensão como as outras. Sobes para o baloiço, vou explicar-te.



Descobrem cada uma!





Diz-me lá, por exemplo, por que é
que o tempo avança para o futuro e não
para o passado?

Espera,
estou a
filmá-lo-te.

E depois?

Dá cá
a trowa.

Que lindos olhos
que ela tem.

Cada imagem deste filme fixa
um INSTANTE PRESENTE. Cada segundo
do filme representa vinte e quatro
imagens. Trata-se, portanto, de uma
sucessão descontínua de acontecimentos.

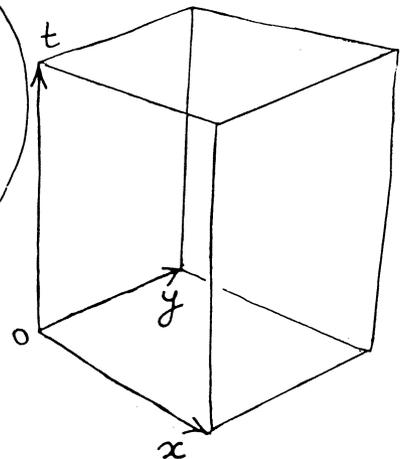
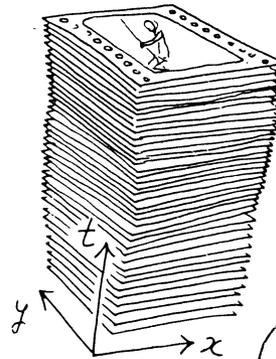
Agora vou
mostrar-te uma
coisa: empilha esta
sucessão de imagens,
de acontecimentos.

Obtens um
espaço-tempo.

Um
espaço-tempo?

Se aumentasse até ao
infinito o número de
imagens, obterias um
espaço-tempo CONTÍNUO
a três dimensões.

Dois de espaço
e uma de tempo.





Recordemos que o número de DIMENSÕES de um ESPAÇO é simplesmente o número de quantidades suficientes para determinar, referenciar a posição de um PONTO no espaço.

Vivemos num espaço-tempo a QUATRO dimensões. De facto, são precisas quatro quantidades, quatro dados, para nos encontrarmos com alguém, para combinar um encontro num mesmo ponto deste espaço-tempo.

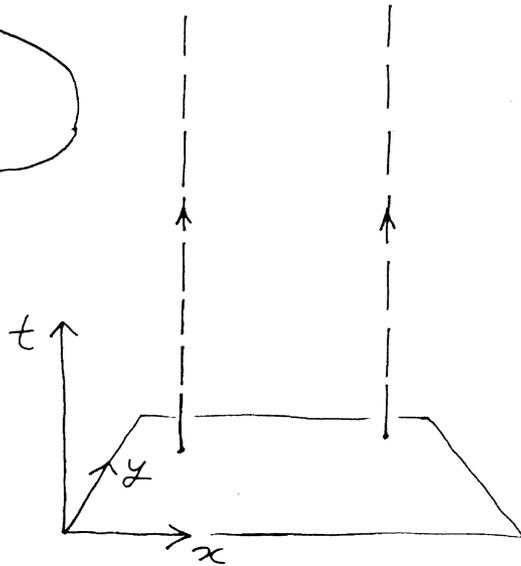
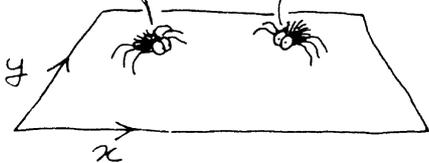
Tirésias marcou-me um encontro no número DOZE da QUARTA rua, no TERCEIRO andar. Mas, aquele imbecil esqueceu-se de marcar a hora. Só tenho três dados!



Mas voltemos, por comodidade do desenho, a espaços-tempo a três dimensões (duas de espaço, uma de tempo).

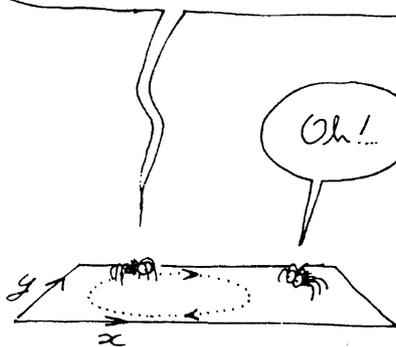
Sabias, querida amiga, que nos deslocamos no tempo?

Mas... estamos paradas!

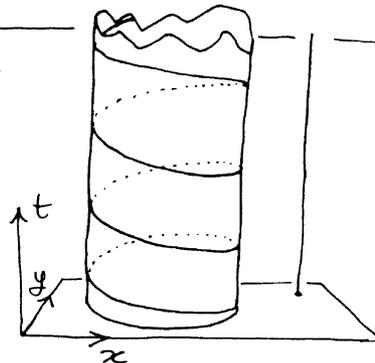


O deslocamento das duas aranhas no espaço-tempo está representado na figura da direita.

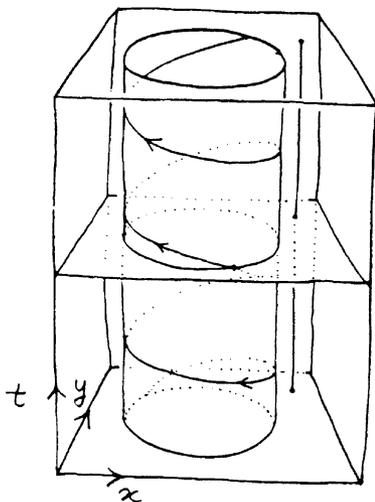
Por exemplo, se me deslocar segundo um círculo, a minha trajectória, neste espaço-tempo a três dimensões, terá a forma de uma mola:



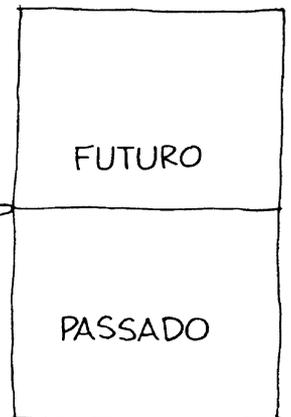
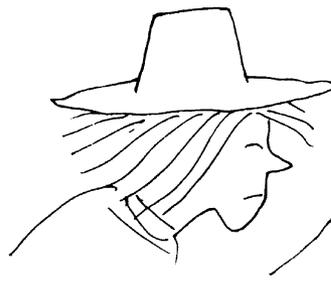
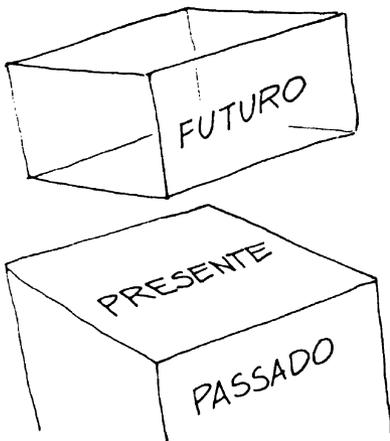
Oh!



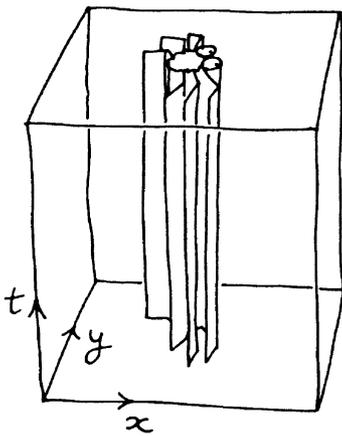
Resumindo, o PRESENTE ABSOLUTO é um corte plano efectuado neste espaço-tempo.



O que fica para cima chama-se FUTURO. O que fica para baixo chama-se PASSADO

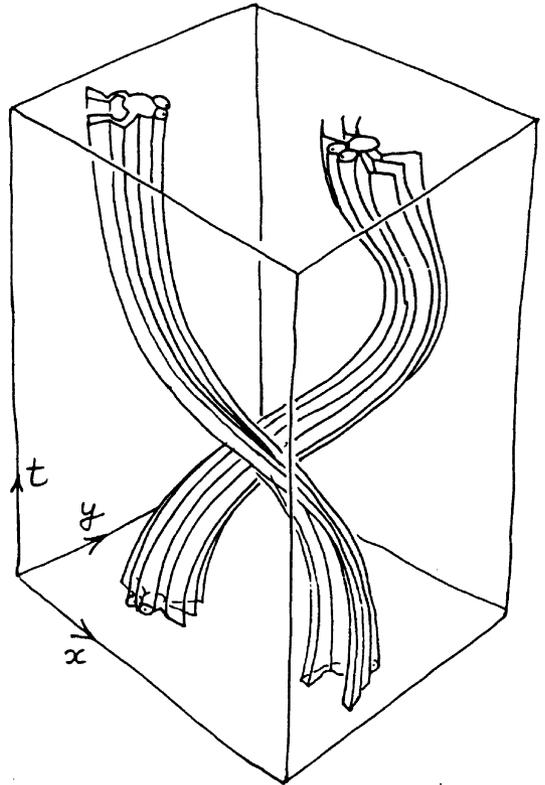


Foi Aristóteles o primeiro a emitir a ideia de que o PRESENTE pode ter uma espessura nula.

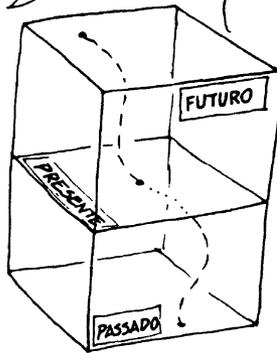


Rigorosamente, era assim que devíamos representar a aranha neste espaço-tempo a três dimensões.

A sobrevivência da aranha está ligada à não intersecção, no espaço-tempo, da sua trajectória com a da xã.



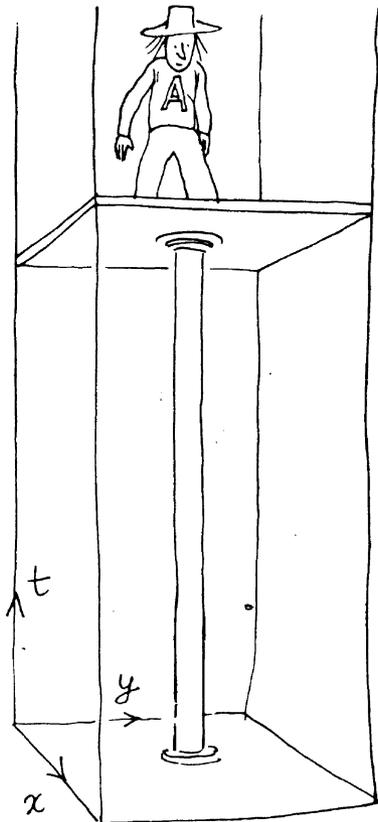
Breve encontro no espaço-tempo



Mas, por que é que não apreendemos estas trajectórias do espaço-tempo?



Muito simplesmente porque só apreendemos o PRESENTE!



Somos inexoravelmente arreastados pelo elevador do tempo, que nunca pára nem volta a descer.

Seg Tex Qua Qui Sex Sab Dom

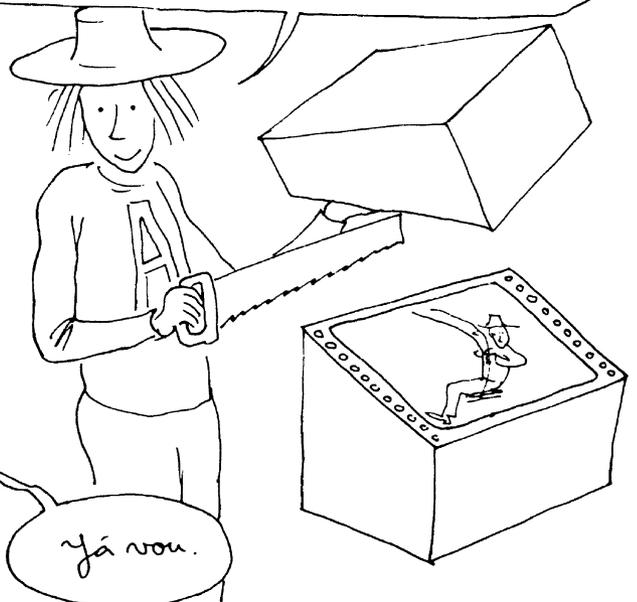
Um elevador sem porta...

... sem botões...
... que angústia...

Felizmente, tenho a sofia.

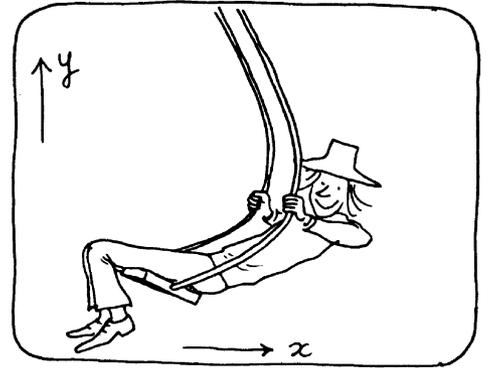


Sofia, olha, fiz um corte obliquo no espaço-tempo!





É um truque frequentemente utilizado em desenhos animados.



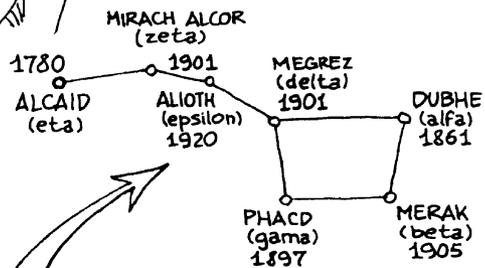
O CONE DE LUZ



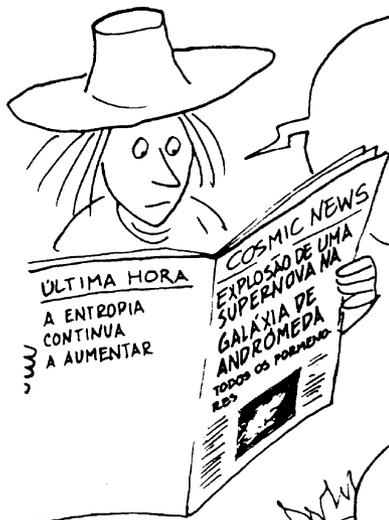
Na verdade, lançamos sempre um olhar oblíquo sobre a realidade.



O que é que queres dizer com isso?



A luz leva um certo tempo a chegar até nós. Na figura, está indicada a época em que foi emitida, proveniente de cada uma das estrelas da Ursa Maior.



Resumindo, as estrelas mais próximas podem perfeitamente volatilizar-se que eu só o saberei daqui a muitos anos!

Não somos informados.

O telescópio dá-nos a imagem de Andrómeda tal como era há dois milhões de anos.

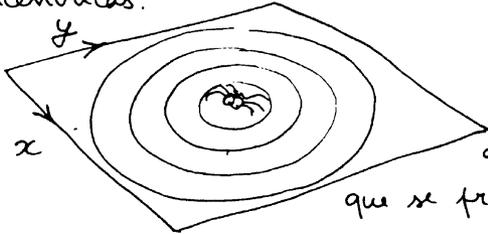
Vemos o sol tal como era há oito minutos.

e os meus pés são mais velhos do que o meu nariz!

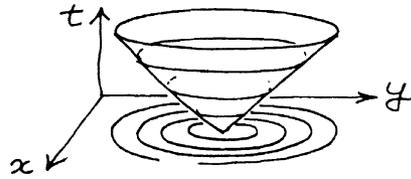
Em suma, nada mais difícil de entender do que o PRESENTE. Talvez um objecto situado contra a minha retina?...

Não, Anselmo, só somos capazes de ver no passado. Esta percepção chama-se PRESENTE RELATIVO; há pouco, falávamos do PRESENTE ABSOLUTO. O presente, é uma coisa estritamente pessoal, não se partilha.

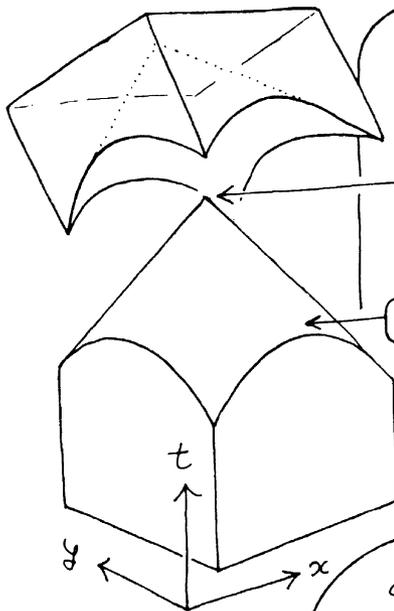
As ondas propagam-se à superfície da água a uma velocidade constante. Na figura, está representada uma aranha que caiu à água e que emite ondas concêntricas.



No espaço-tempo, esta mensagem desenvolve-se segundo um cone.



Passa-se exactamente o mesmo com a luz, que se propaga a uma velocidade constante de 300 000 km/s.



Inversamente, os sinais luminosos recebidos em cada instante por um OBSERVADOR provêm de pontos situados num CONE do espaço-tempo:

o CONE DE LUZ

É ele que constitui o PRESENTE RELATIVO deste OBSERVADOR



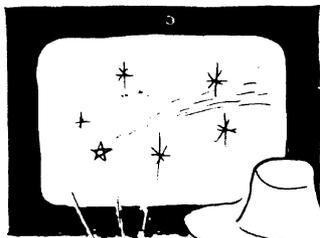
Então... o céu é um cone?

É, Anselmo, é um corte cónico a três dimensões, efectuado no nosso espaço-tempo a 4 dimensões.

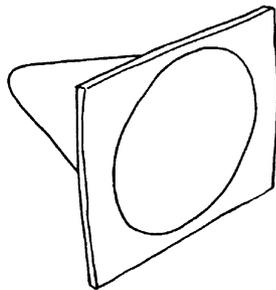


Humm...

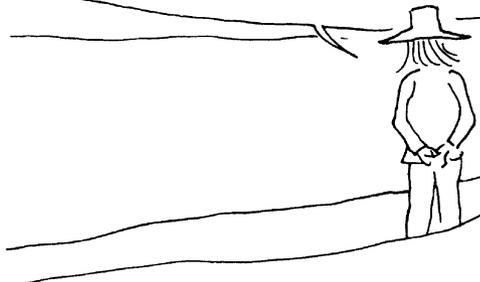
Conceito que o cérebro humano está mal preparado para receber. Percebemos, mas também PENSAMOS a três dimensões, e não 4. Aním, voltemos rapidamente à nossa imagem de um espaço-tempo a três dimensões.



É giro observar o espaço-tempo. Mas, para ser ainda melhor, - devemos utilizar diapositivos cónicos, patente Amelmo.



Mas, afinal, o que estarão a tramar o León e o Max? Já há quinze páginas que desapareceram.



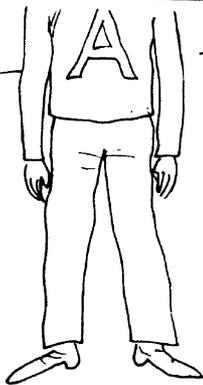
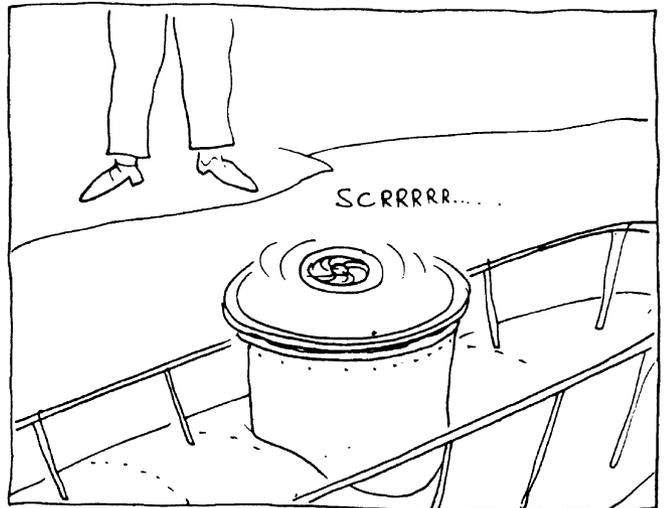
Vi-os embarcar no submarino porca um mergulho de um minuto. Mas há muito mais do que um minuto que partiram!



Ah, lá estão eles a emergir. Levaram um tempo!



SCRRRRR.....



Oh, vejam bem, é incrível! Estamos na página 29.



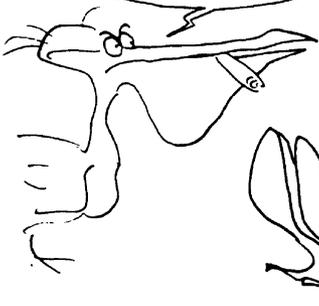


O quê!?!

Foi o que aconteceu
há bocado
com o carrossel.

O tempo, Anselmo, não é
uma coisa ABSOLUTA.

Mais uma
coisa!?!



A pequena tem razão,
Anselmo. Quanto mais depressa
andamos, menos envelhecemos.

Costuma dizer-se: partir é morrer um
pouco. É o contrário, então?!?



Esperem, a clepsidra do Sr. Alberto, o aparelho hidráulico, marcava VERDADEIRAMENTE o tempo que passava no submarino?



Pois claro! Como vos disse, esta clepsidra é alimentada por um reservatório a pressão constante P_R . Envia o líquido para o exterior do submarino, onde existe a pressão P_E . O débito é proporcional à diferença de pressão ($P_R - P_E$).



Quanto mais depressa o submarino andar mais mergulha, mais aumenta a pressão P_E , e, portanto, menor é o débito da clepsidra. Assim, quanto mais depressa andarmos, menos tempo passa.



Esperam! Que trapalhada é essa? Como é que o tempo passa quando estamos imóveis?

Imóvel em relação a QUÊ?!

É o dilema de uma clepsidra testemunho colocada num submarino que permanece ancorado, imóvel e, portanto, à superfície.

Preciso de tirar tudo isto a limpo!

O que é estar IMÓVEL?

Sofia, ficas com o número 2, e eu com o número 1. Deixamos o número 3 na ponte e vamos navegar os dois à mesma velocidade de \vec{v} .

E o que é deslocar-se, então?!



navegam em conserva: mesma velocidade V ,
mesma direcção e mesma profundidade.



Quando fazemos experiências é
porque não nos sentimos muito seguros.

Diga-me, Sr. Alberto,
e o que é o movimento?



BLEB
BLEB BLEB



Boa pergunta, Tirésias. O que
existe; são as VELOCIDADES RELATIVAS
dos objectos uns em relação aos
outros. E é de maneira absoluta-
mente arbitrária que decidimos
que um objecto, ou um grupo de
objectos: eu, tu, a fonte, estamos
em repouso, imóveis. Todo o
movimento é RELATIVO. Assim,
por exemplo, neste momento Sofia
e Inês, que se deslocam EM
RELAÇÃO A NÓS, estão "IMÓVEIS" um
em relação ao outro.



Voltámos ao ponto de partida, e as monas deprimidas debitaram a mesma quantidade de água, dão-nos o mesmo tempo t .

Dois sistemas que estão imóveis um em relação ao outro dizem-se SÍNCRONOS.

Já o mesmo não acontece com a deprimida testemunho, a do número 3, que permaneceu em repouso, imóvel e, portanto, à superfície. Indica um lapso de tempo mais longo t .

Espera, sr. Alberto, há aí qualquer coisa que não esteja certo.

Humm...

O quê, meu rapaz?

Da superfície, foi-lhe possível medir o nosso deslocamento D , e o nosso tempo de imersão t com a ajuda da deprimida do submarino número 3. O que deu uma velocidade $v = \frac{D}{t}$.

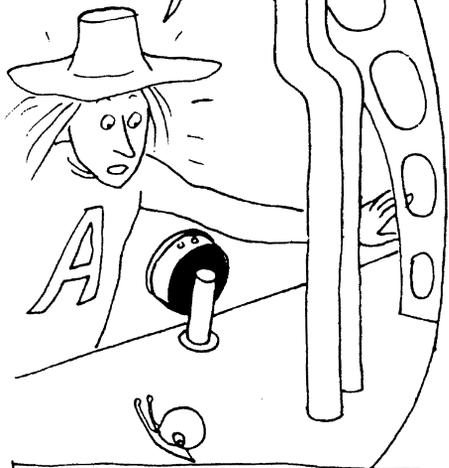
São MEDIDAS efectuadas por um observador em repouso.

Nos submarinos 1 e 2, o tempo passou mais lentamente.
Se tivéssemos efectuado uma medida de velocidade, obticíamos
uma velocidade $V' = \frac{D'}{t'}$ mais elevada do que $V = \frac{D}{t}$.



Basta consultares o LOCH (*) do teu submarino.
Ele dá-te a medida da distância D' que percorreste.

Esta agora !?!
 $D' > D$



Parece uma
história de loucos !!!



(*) O LOCH é um instrumento de navegação que fornece a distância percorrida.

A CONTRACÇÃO DAS DISTÂNCIAS



$\frac{D}{t} = \frac{D'}{t'}$ obtenho a
mesma velocidade v !

Mas!... isto significa
que o espaço
encolheu como um
acordeão, não !?!

Tempos, distâncias,
não são mais do que APARÊNCIAS.
Assim como não existe o TEMPO
ABSOLUTO, também não há
ESPAÇO ABSOLUTO.



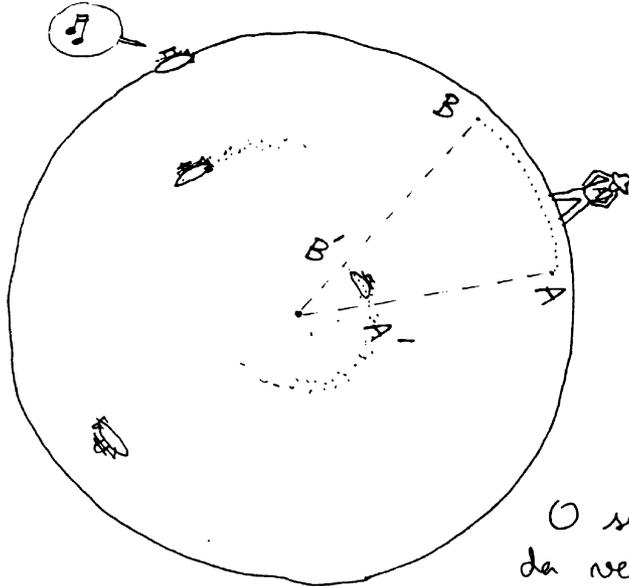
Que angústia...



Mas voltemos ao COSMIC PARK e
ao seu oceano, o CRONOS, que
não são mais, como é evidente,
do que MODELOS, destinados a
explicar a estranha estrutura
do nosso espaço-tempo.



Para dar uma ideia desta
 contração das distâncias, ou
 CONTRACÇÃO DE LORENTZ, o
 Cosmic Park deve ser uma
 espécie de esfera líquida.



O submarino de Anselmo, animado
 da velocidade V , navega em imersão e
 percorre o arco $\widehat{A'B'} = D'$ num TEMPO PRÓPRIO, medido a bordo,
 igual a t' .

Para um observador que tenha ficado à superfície, este desloca-
 mento é entendido como o arco $\widehat{AB} = D$, durante um tempo t .

E temos:

$$\frac{D'}{t'} = \frac{D}{t} = V$$

Estranho. Segundo este modelo, o deslocamento é
 ANGULAR e é a PERCEPÇÃO que o transforma
 em DISTÂNCIA



Mas, por que se lembraram de inventar coisas tão complicadas? Tempos que esticam, distâncias que encolhem!!!

É por causa da velocidade da luz, meu filho. Verás mais adiante.

Suponho que então tudo se tornará... luminoso?

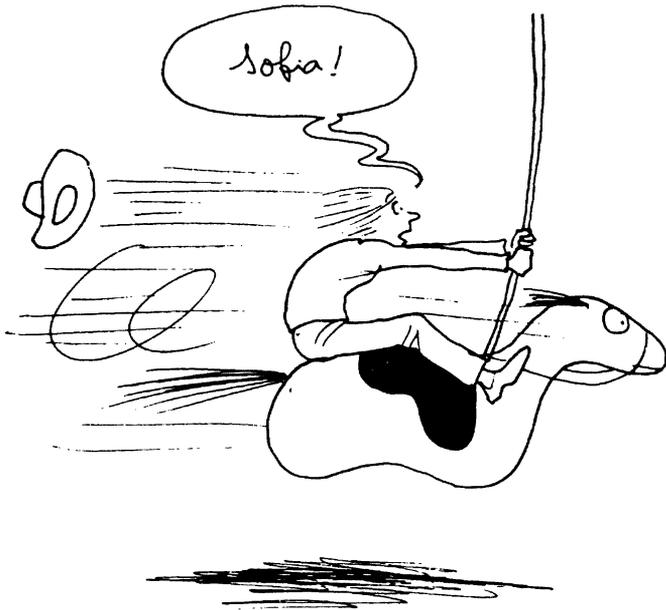
Bem, tudo isto é muito bonito, estas histórias de gota de água, de submarinos, de contracção dos comprimentos. Mas, fisicamente, como é que tudo isto se traduz?

Sobe novamente para o carrossel, sabichão do meu coração!

??

Estou pronto...

JÁ VAIS VER O QUE VAI ACONTECER.



Vamos, meu amor,
levanta-te,
acabou-se...

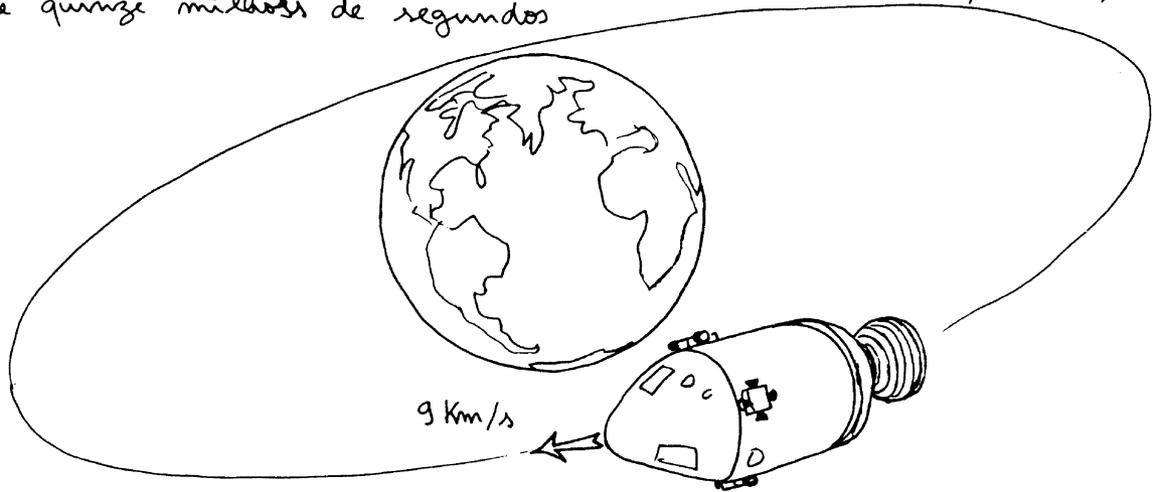
A física é uma
coisa horrível...

Felizmente para nós, estes fenómenos
só acontecem quando a velocidade se
aproxima sensivelmente da velocidade
da luz, que é 300 000 km/s.

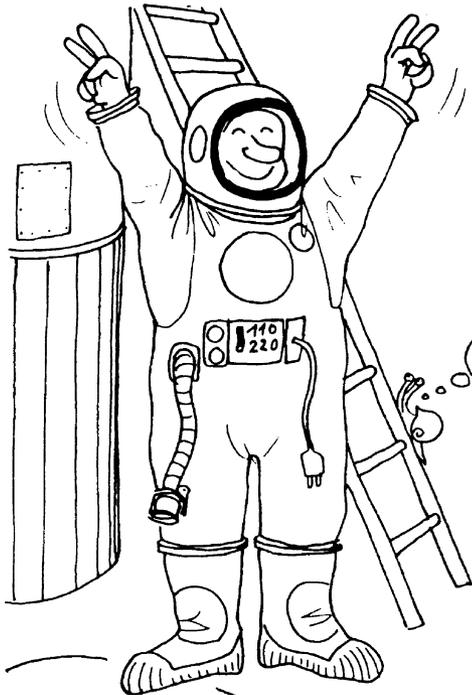


Se esta velocidade fosse de alguns metros
por segundo, a vida seria absolutamente
impossível... Hi... hi... hi!...

Quando os cosmonautas permanecem 6 meses em órbita, isto é, mais de quinze milhões de segundos

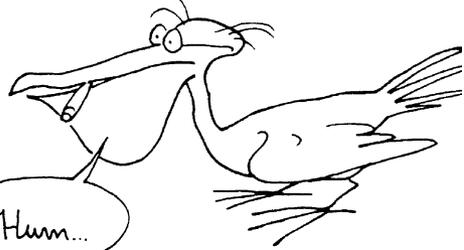
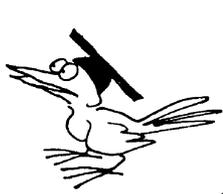


o seu envelhecimento é reduzido de 1,4 centésimos de segundo.



Que aventura...

Quando regressam, não trazem isso escrito na cara.



Hmm...



O mundo da relatividade parece-nos muito longe da nossa vida de todos os dias.

Por agora só interessa aos especialistas da física das altas energias (*).



Ou a certas pessoas que apreciam as experiências ao ar livre.



(*). Também chamada PLUTOFÍSICA porque é uma física cara...

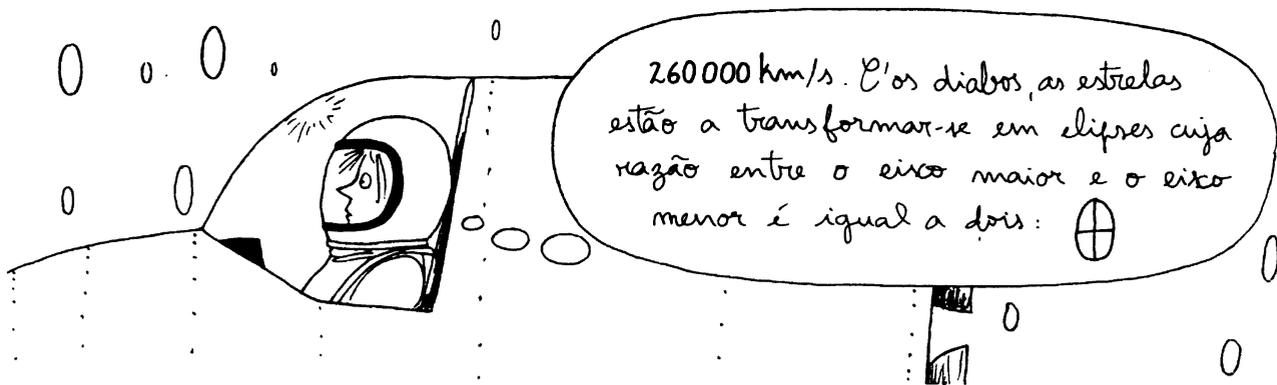
Quando aumento a minha velocidade,
será mesmo verdade que o Universo se
contraí ?!?

Parvoíces!...

BANZAI!

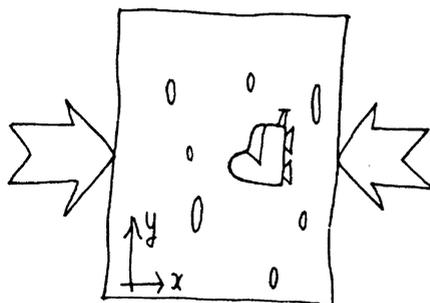
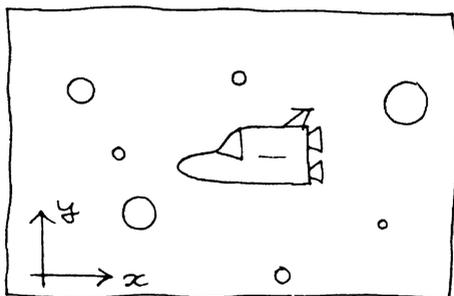
Isso gasta muito!

Dez mil quilómetros
por segundo. Parece tudo
normal, vou acelerar!...

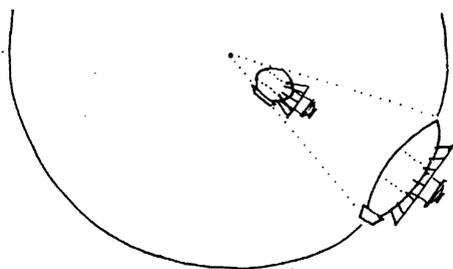


Nota de serviço:

Na verdade, Anselmo não podia observar esta CONTRACÇÃO DE LORENTZ pela simples razão de que TUDO SE CONTRAI: o Universo, Anselmo e a sua nave!



Do mesmo modo: os passageiros do submarino Cosmic Park não se apercebem da sua contracção.

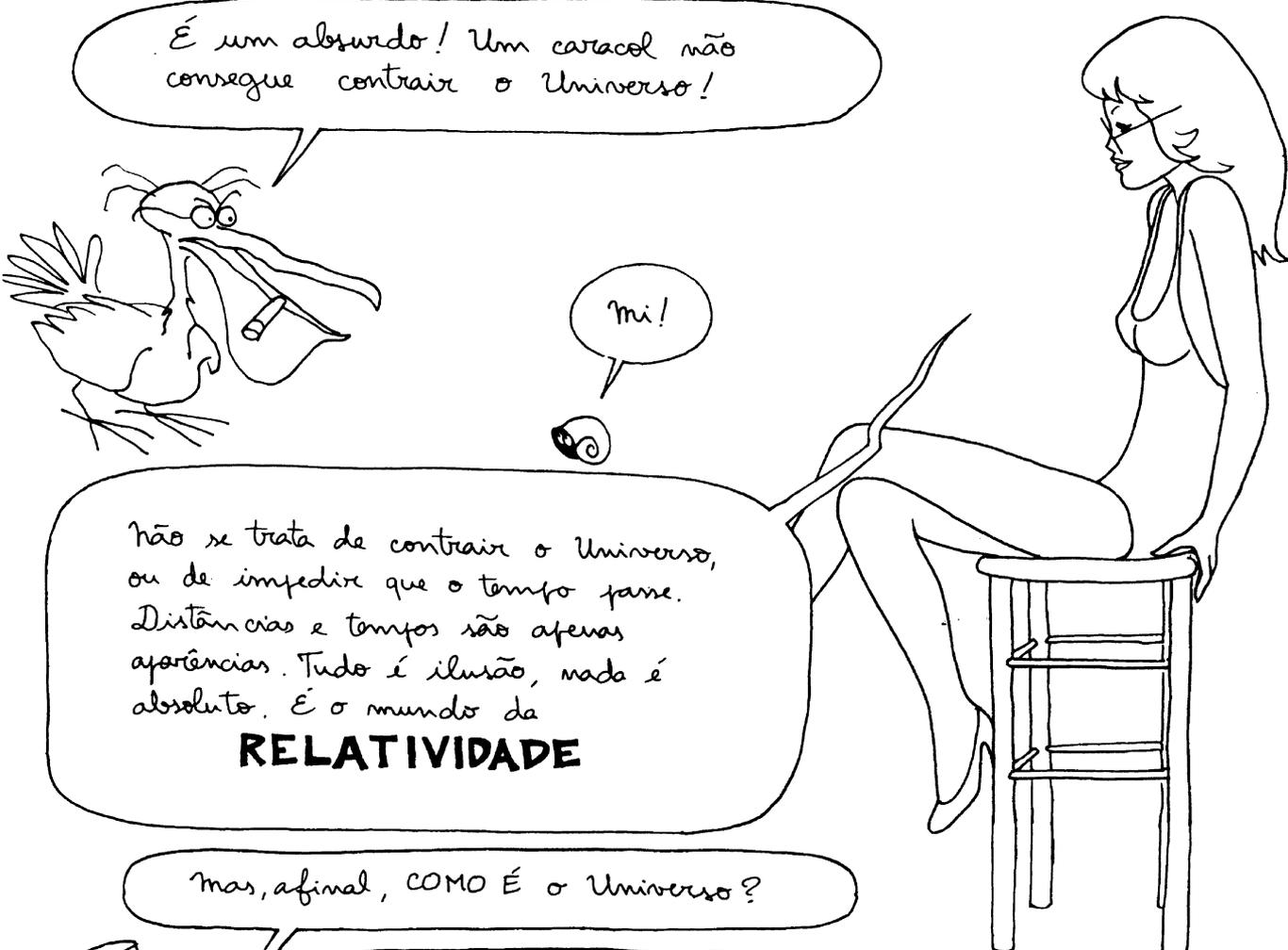


A Direcção

Quer isto dizer que se eu, Tiresias, acelerar, todo o universo se comprime como um acordeão na direcção do meu deslocamento.



Que poder!



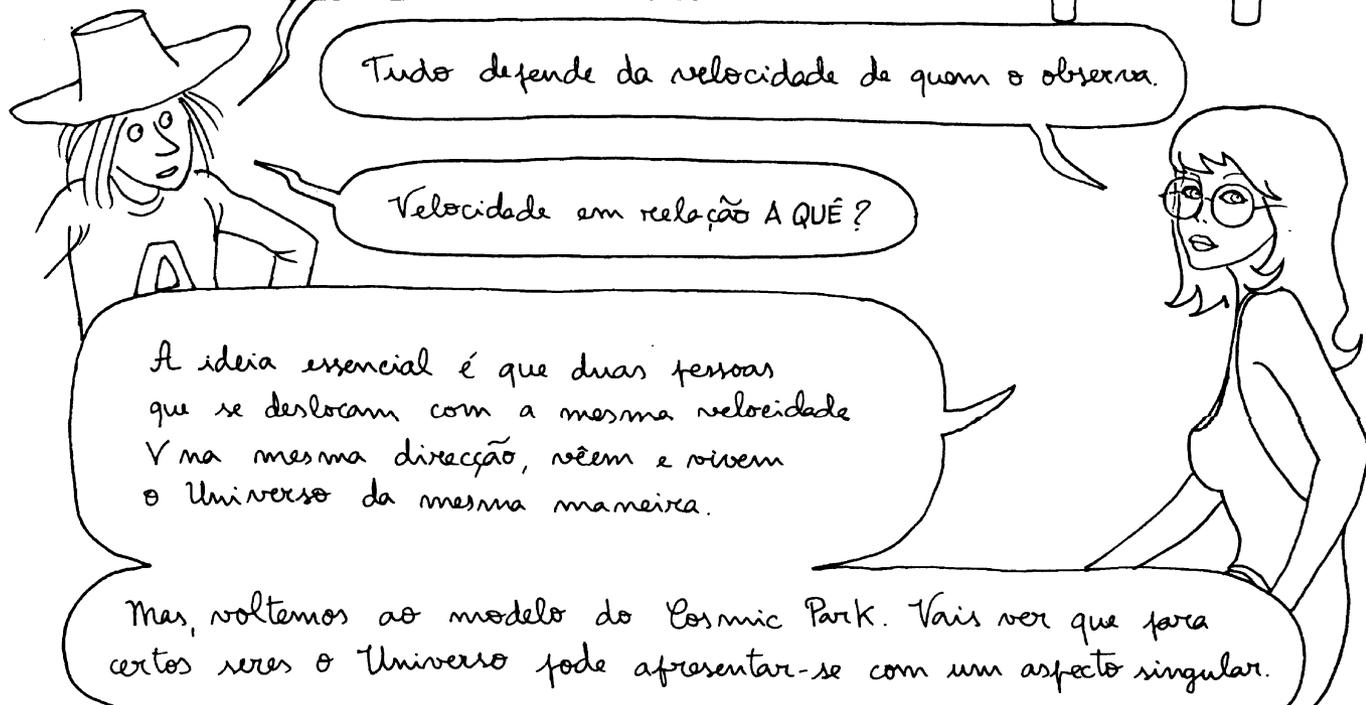
É um absurdo! Um caracol não consegue contrair o Universo!

Mi!

Não se trata de contrair o Universo, ou de impedir que o tempo passe. Distâncias e tempos são apenas aparências. Tudo é ilusão, nada é absoluto. É o mundo da

RELATIVIDADE

Mas, afinal, COMO É o Universo?



Tudo depende da velocidade de quem o observa.

Velocidade em relação A QUÊ?

A ideia essencial é que duas pessoas que se deslocam com a mesma velocidade V na mesma direcção, veem e vivem o Universo da mesma maneira.

Mas, voltemos ao modelo do Cosmic Park. Vais ver que para certos seres o Universo pode apresentar-se com um aspecto singular.

QUANDO O TEMPO SUSPENDE O SEU VOO

OU OS
ESTADOS DE
ESPÍRITO DO
FOTÃO



Deve existir uma velocidade que conduza o submarino a uma profundidade em que a pressão exterior seja igual à pressão no reservatório?



Que se passará então ?!!!??...

L logicamente, o tempo deve parar !?!



Estamos em pleno MATHOS.

Mas, no Cosmic Park do Sr. Alberto, isso acontecerá quando nos encontrarmos no centro do planeta gota de água.



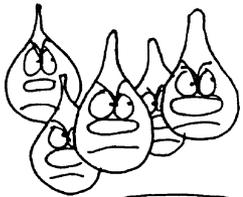
Profundidade que será atingida quando a velocidade for igual a 300 000 km por segundo.

E é o fundo das coisas. Não se pode ir mais longe.





Mas, quem vive no fundo deste Eronos, no centro das coisas, onde reina esse zero absoluto do tempo?



O tempo, é um problema dos outros.

Para nós não é uma vida!

Os FOTÕES

Que são os corpúsculos que constituem a luz.



Mas, vejamos, é possível medir a velocidade desses fotões. Deslocam-se numa distância D , durante um tempo t , e a sua velocidade é $D/t = 300\,000\text{ km/s}$!

Oh diabo! eles nascem, e morrem!



BLEB
BLEB

Mas, Anselmo, sabes perfeitamente que o tempo se conjuga no plural.

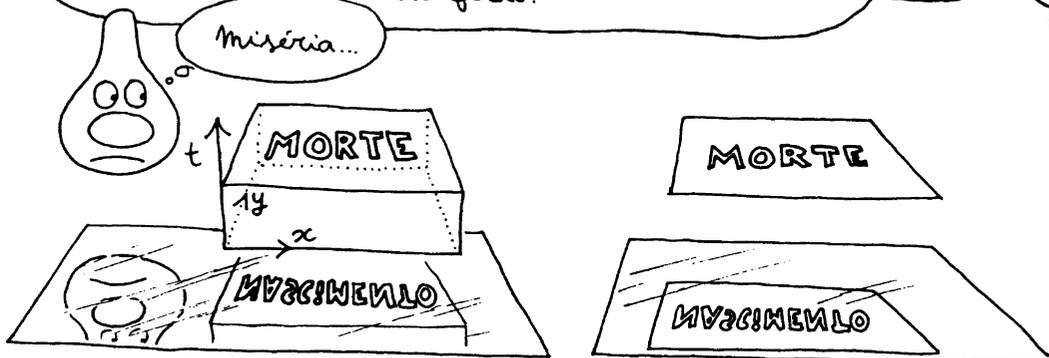
É a TUA maneira pessoal de viver o tempo. Para o fóton, tudo é muito diferente. No seu sistema o nascimento e a morte são dois acontecimentos colados um ao outro.



Queres dizer que, para ele, o tempo não tem SENTIDO?

O TEMPO PRÓPRIO do fóton resume-se a um presente infinitamente pequeno, situado entre o instante do seu nascimento e o instante da sua morte. Considera um espaço-tempo a 3 dimensões (x, y, t). Se o esmagares na direcção do tempo, resta uma superfície que possui um direito e um averso. É esta distinção entre o direito e o averso que orienta o tempo do fóton.

Miséria...



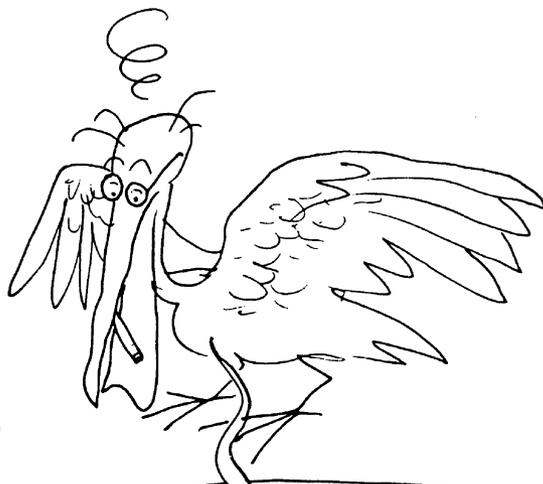
Estás a ver, Anselmo, tudo é relativo. Ao vermos correr certos seres, poderíamos pensar que têm vida. Na realidade, não têm!



Mas, ainda gostaria de que me explicassem por que é que o tempo caminha em direcção ao futuro e não ao passado!



BLEB
BLEB



É assim tão importante? No comboio do tempo, viajamos sempre sentados no sentido do seu andamento.

Cuscum lá, vocês estão doidos, ou quê?

Tenho a impressão de que se alguém invertesse de repente o sentido do tempo, ninguém se aperceberia!



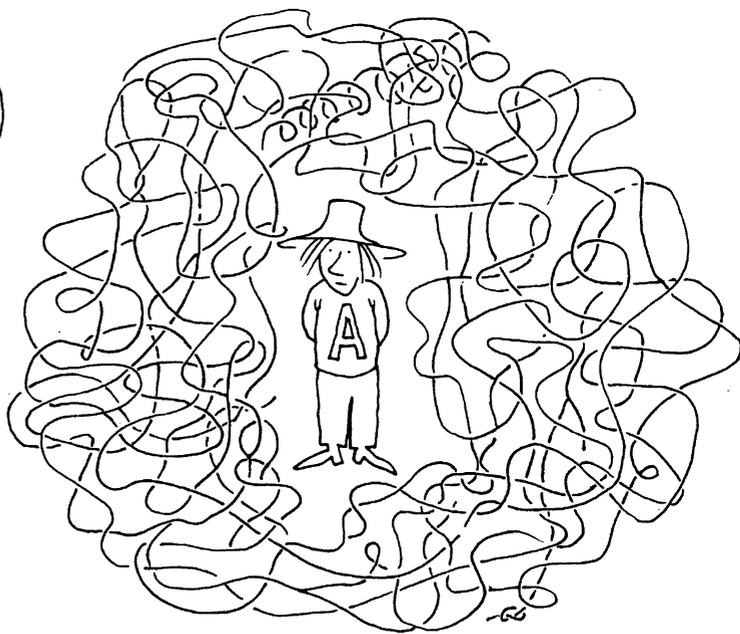
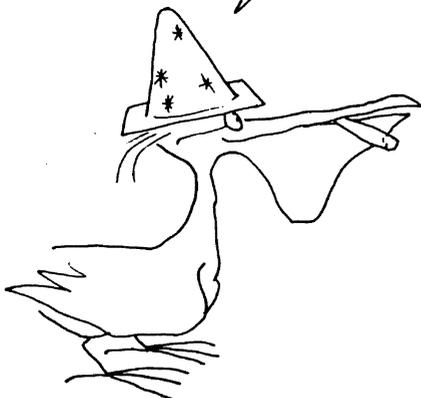
Bem, eu, por mim, gostaria muito de estar no lugar de um fóton, nem que fosse por um só instante, para saber qual a ideia que ele faz do Universo.



Não é possível desenhar um espaço-tempo a quatro dimensões. Mas podemos, num espaço a três dimensões, representar as trajetórias entrelaçadas de todos os

objectos do Universo, de todas as partículas, tal como poderiam ser observadas, ao longo da sua vida, por um observador (arbitrariamente) considerado imóvel:

Uma espécie de retrato em pose a três dimensões...

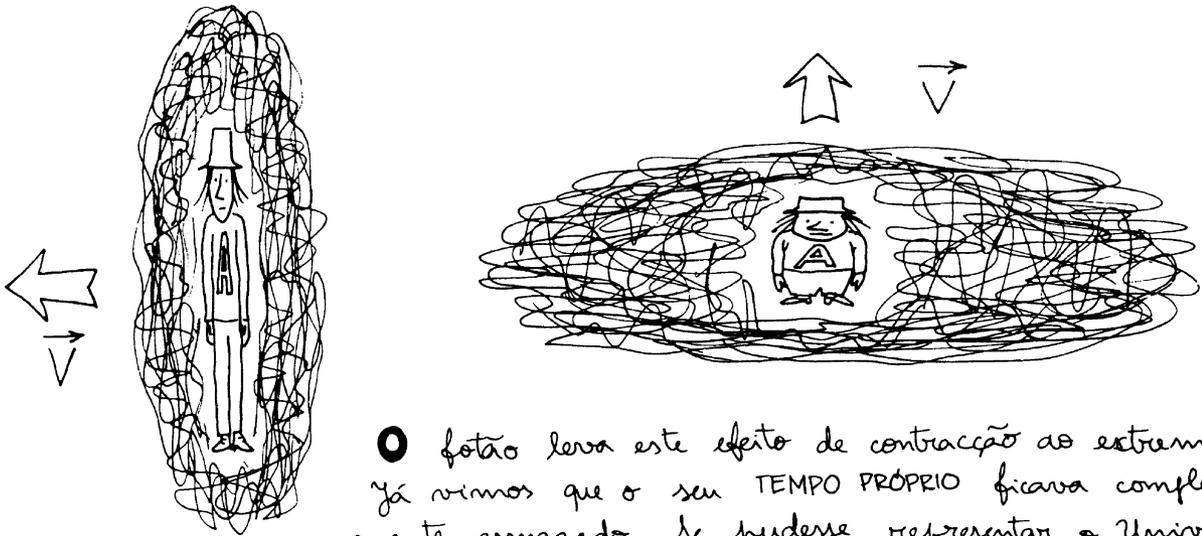


Um verdadeiro prato de esparquete!...

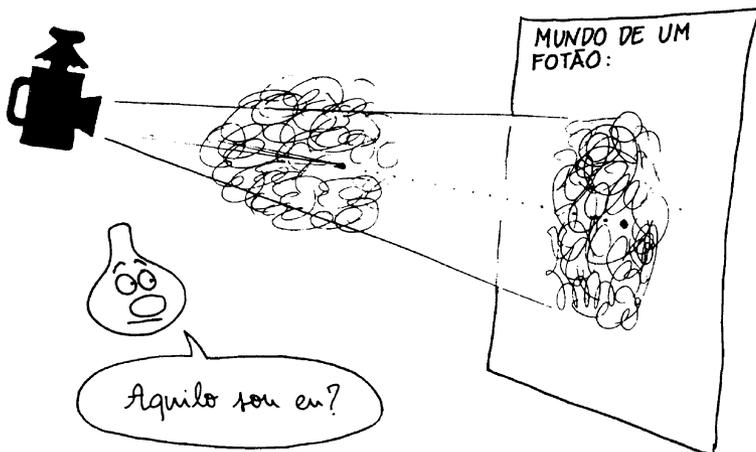


Obteríamos uma coisa parecida com um esfregão BRAVO ou um pedaço de palha de aço.

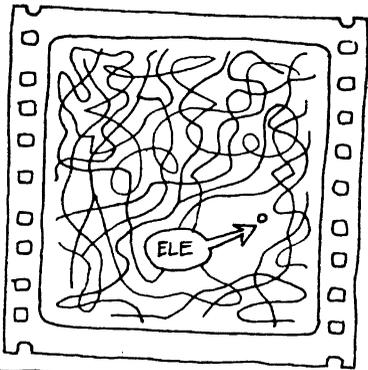
Do ponto de vista das DISTÂNCIAS, este Universo é elástico: se outro observador se deslocar a uma velocidade \vec{v} numa direcção qualquer, tudo se passa como se se verificasse um achatamento do Universo (e do observador) segundo essa direcção:



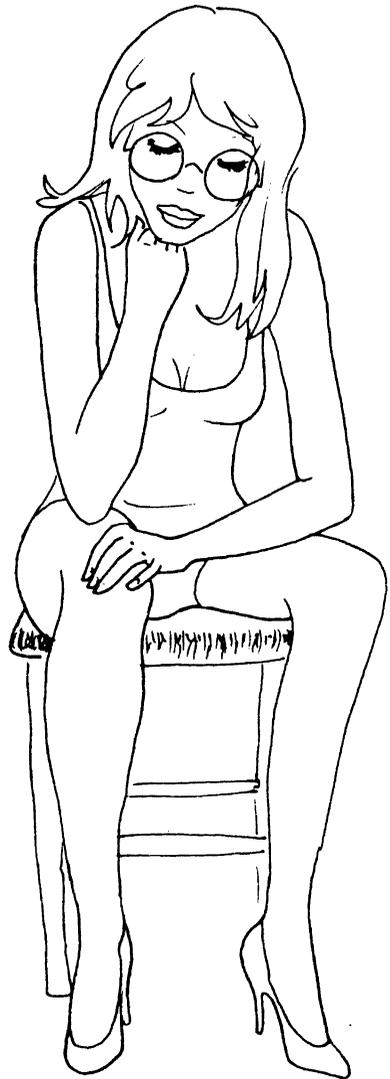
O fóton leva este efeito de contracção ao extremo. Já vimos que o seu TEMPO PRÓPRIO ficava completamente esmagado. Se pudesse representar o Universo, este apareceria completamente achatado segundo a sua direcção de propagação. Assim, o mundo do fóton é BIDIMENSIONAL. E ele próprio situar-se-ia neste estranho mundo como um pequeno confetti, plano:



É de certo modo o que obteríamos se projectássemos num ecrã a imagem de um esfregão BRAVO (observador imóvel) com a ajuda de uma lanterna cujo eixo estivesse orientado segundo a direcção de propagação do fóton.

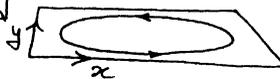
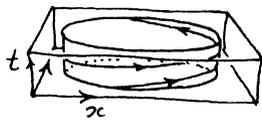
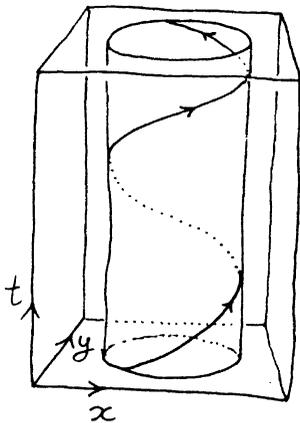


Para compreender o mundo do fóton seria necessário filmar depois de orientar a câmara na direcção do seu movimento, sobrepondo todas as imagens do filme.

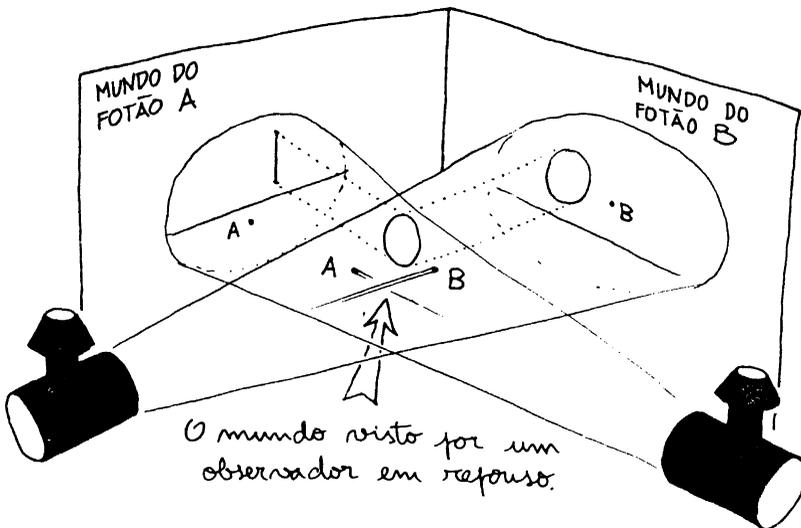


Em primeiro exclusivo: O mundo de um fóton.

Como isto.



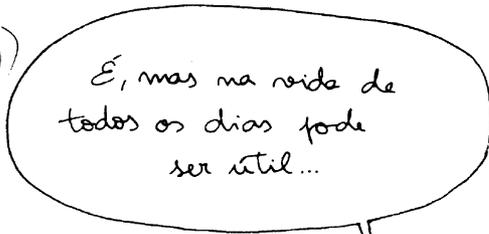
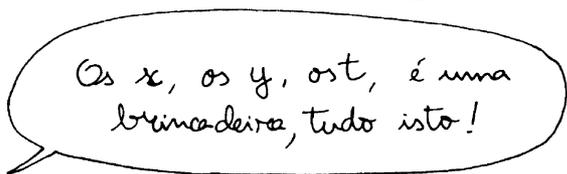
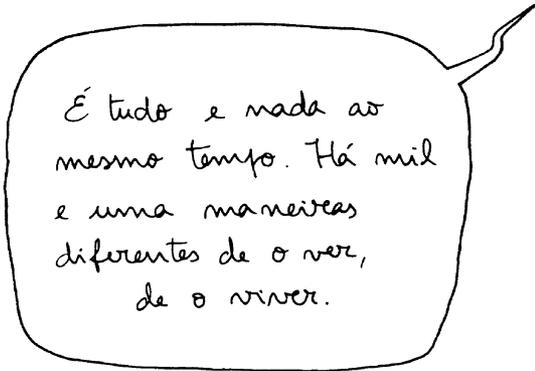
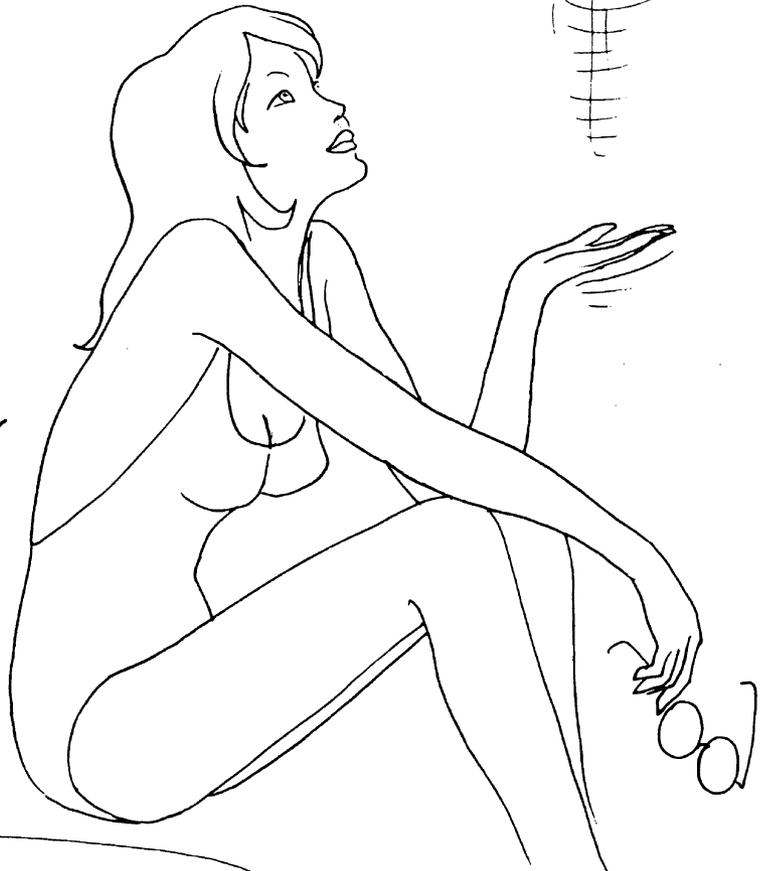
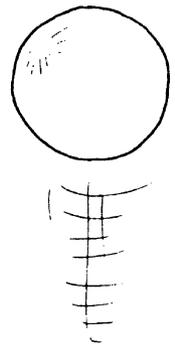
Achatada segundo o eixo do tempo, a trajetória da aranha voltaria a ser um círculo!



O mundo visto por um observador em repouso.

Dois fótons com direcções de propagação diferentes teriam "concepções do mundo" diferentes.

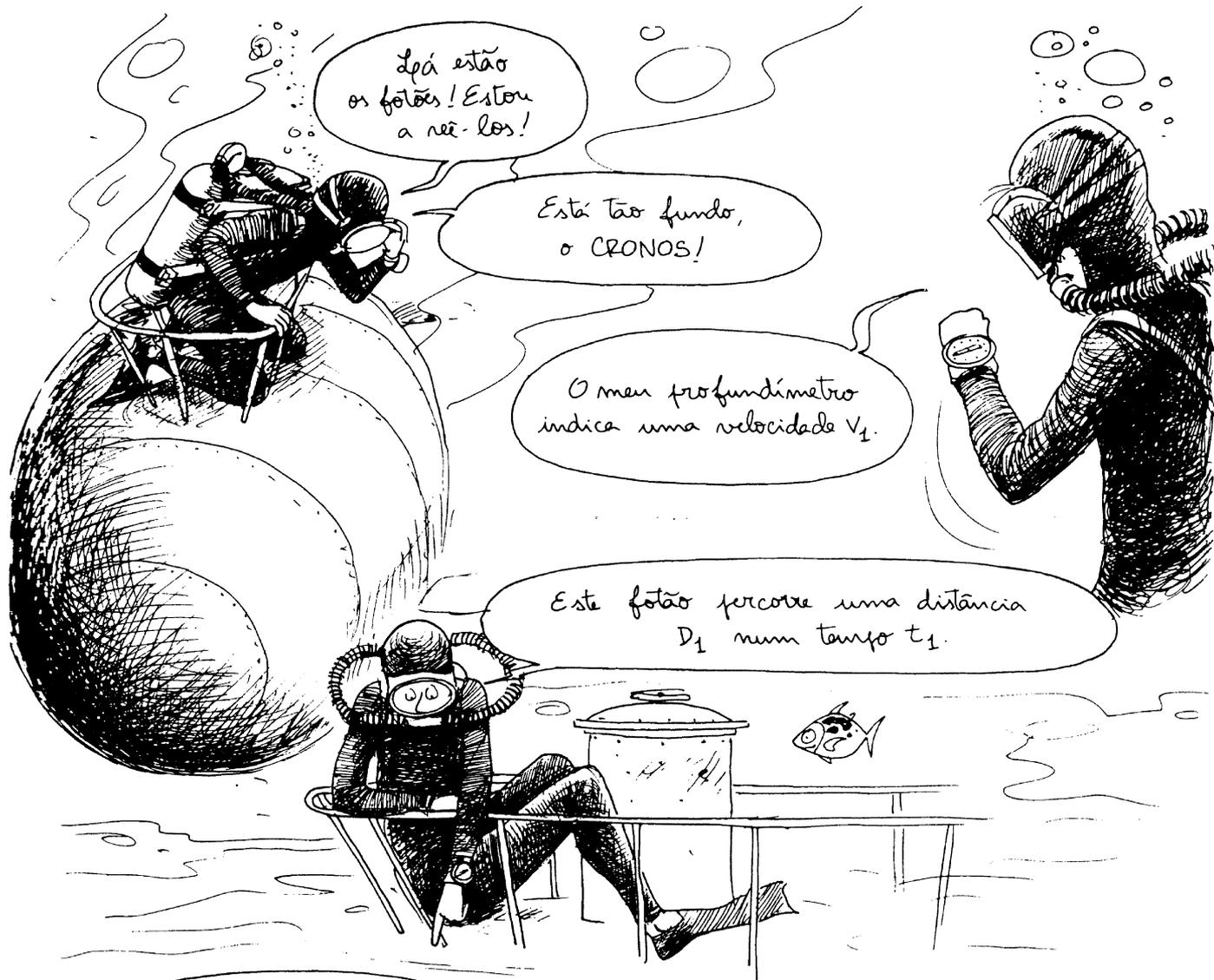




INVARIÂNCIA DA VELOCIDADE DA LUZ

VARIAÇÃO DA MASSA





Aqui estão os fótons! Estou a vê-los!

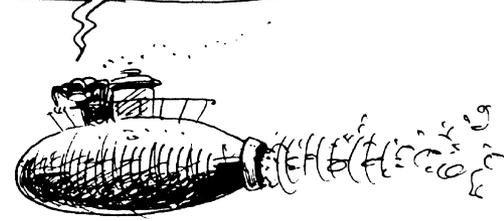
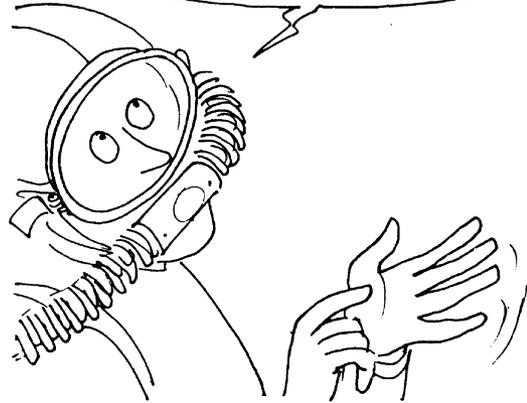
Está tão fundo, o CRONOS!

O meu profundímetro indica uma velocidade v_1 .

Este fóton percorre uma distância D_1 num tempo t_1 .

Divido D_1 por t_1 e obtenho 300 000 km/s.

Acelere, Sr. Alberto, acelere !...



Ah, agora vou a uma velocidade V_2 superior a V_1 , vou medir outra vez.

Este fóton percorre D_2 num tempo t_2 .

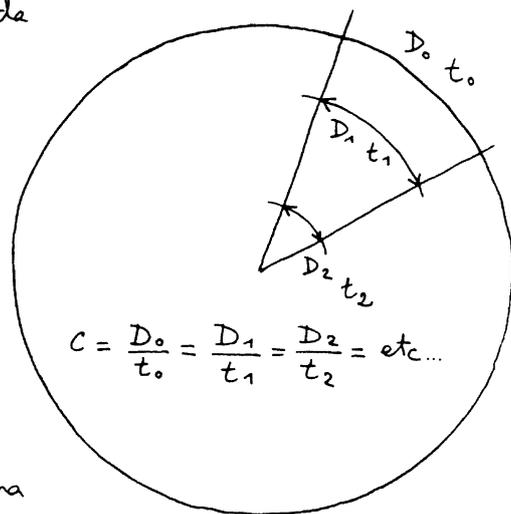
A sua velocidade é $D_2/t_2 = 300\,000$ km/s.

Esquisito. Dá-me o mesmo!

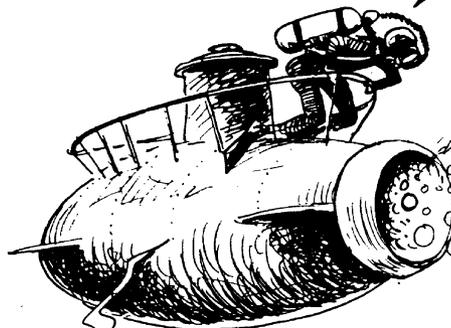
Todos os observadores, seja qual for a sua velocidade, medem a mesma velocidade c para os fótons, esses corpúsculos que constituem a luz. Gozam verdadeiramente de uma situação especial no Cosmic Park. Tudo se passa como se se comportassem como pequenos faróis cujo "raio" girasse a uma velocidade angular constante, projectando, assim, a sua imagem sobre todas as esferas concêntricas que constituem o CRONOS. Pela dupla acção da variação da distância e do tempo próprio, os observadores obtêm invariavelmente $c = \frac{D}{t} = 300\,000$ km/s.

Esta constância absoluta da velocidade da luz, da velocidade dos fótons, foi pela primeira vez realçada experimentalmente em 1881 por Michelson e Morley.

Trinta e quatro anos mais tarde, em 1915, EINSTEIN mandou às vertigas o modelo clássico do espaço-tempo, incapaz de transmitir esta invariância, e começou a construir um novo espaço-tempo, do qual o Cosmic Park nos dá uma ideia: o espaço-tempo da RELATIVIDADE.



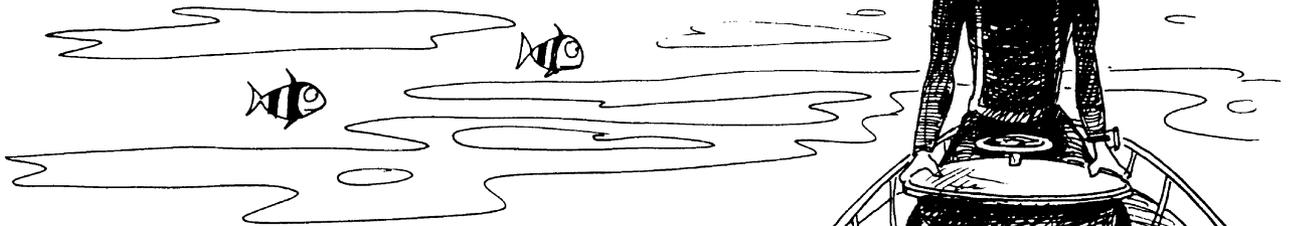
Vamos apinhá-los!
Acelere, Sr. Alberto,
acelere mais!



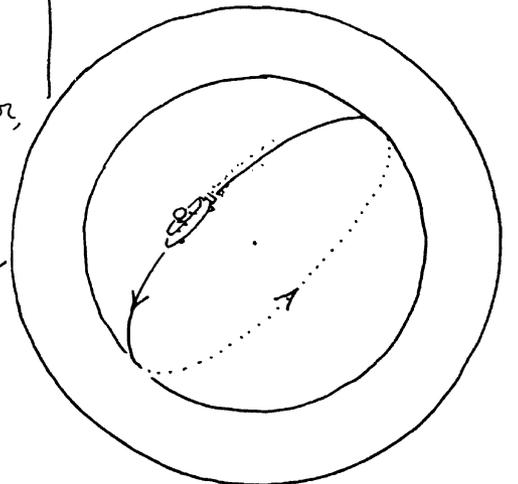
BLEB BLEB BLEB

Impossível, meu filho

Porquê ???

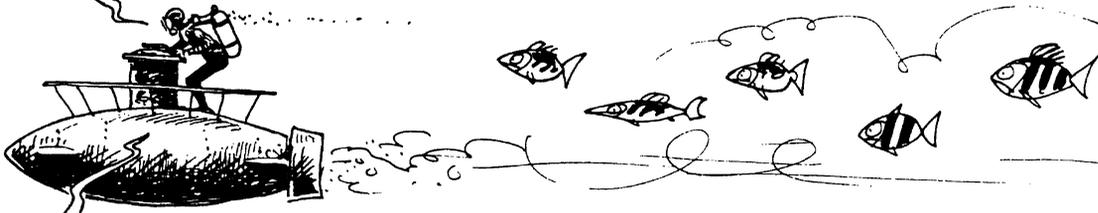


O meu submarino é propulsado a reacção. O CRONOS não opõe nenhuma resistência ao seu avanço. Limito-me simplesmente a vencer a INÉRCIA. Quando atinge uma velocidade V e desligar o motor, o submarino descreve um GRANDE CÍRCULO da esfera, que corresponde a esta profundidade (*).



(*) Isto é, uma GEODÉSICA desta esfera.
Ver "A MAGIA DA GEOMETRIA", do mesmo autor, nas Publicações DOM QUIXOTE.

Onde está o problema? Ligue novamente o motor e continue a acelerar. Assim, aproximarmo-nos-emos cada vez mais desses desgraçados fotões.



Infelizmente, quanto maior for a nossa profundidade mais denso se torna o CRONOS. À medida que mergulhamos, ele vai invadindo os nossos balastos e torna-mo-nos terrivelmente pesados. A nossa massa aumenta.

Nota de serviço:

Gostaríamos de desfazer uma ideia falsa: diz-se que andar faz emagrecer. Na verdade, acontece o contrário! O simples facto de abandonarmos o estado de repouso (massa m_0) aumenta a massa na relação $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

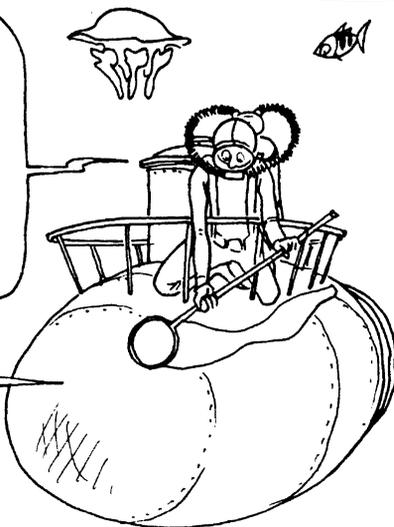
Como é evidente, quando paramos, retomamos a massa inicial m_0 .

A Direcção

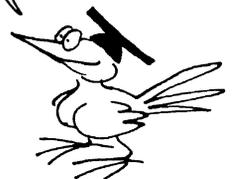


Mas... parece impossível!
Estamos quase...
Estamos a $0,995c$
e tenho a impressão
de que lhes poderia
tocar.

A nossa massa já
aumentou dez vezes.
Já quase não conse-
guimos acelerar!



Para $v = 0,99999c$
a massa seria 224
vezes mais elevada.
E assim sucessiva-
mente...



É inútil insistir. Consumiríamos uma energia infinita se quiséssemos apanhar esses fótons. A tãção, vou abandonar!...

Hé lá!

WROAR! (((())

Pfff!... que aventura!

Se bem entendi, quanto mais energia transmitimos a um corpo mais aumenta a sua massa.

É natural, pois massa e energia é a mesma coisa: $E = m$.



Enfim, a menos de uma constante...
... que é o quadrado de c . Neste caso,
escreveremos: $E = m c^2$.

Humm... simples questão de unidades.
Se a nossa unidade valesse trezentos
milhões de metros, escreveríamos:

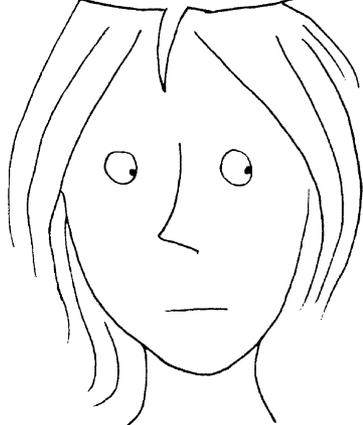
$$E = m$$

Mas, donde vem esse valor de trezentos
milhões de metros por segundo?

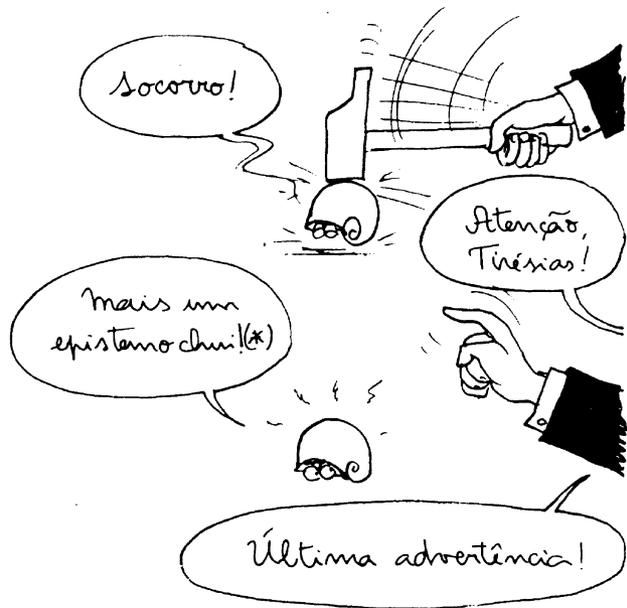


No teu lugar, inverteria a questão:
donde vem o metro por segundo?

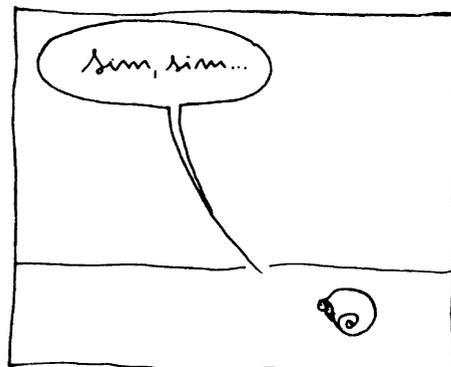
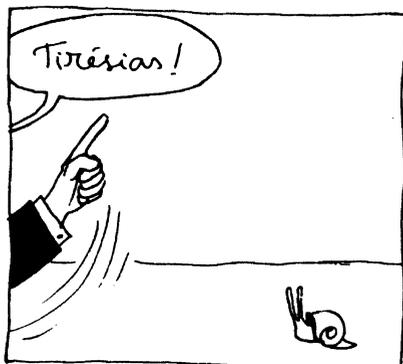
Bem... eu... sim?



c é a unidade de velocidade por escalên-
cia, o padrão cósmico, universal. E o
metro por segundo não é mais do que
um desprezível submúltiplo.

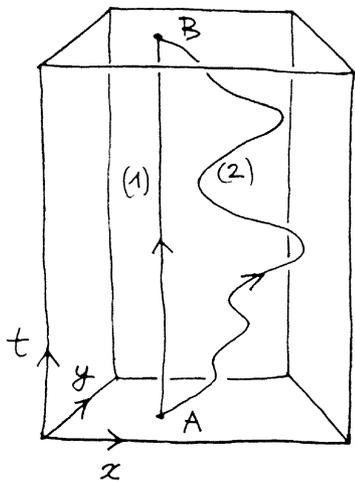


(*) de EPISTEME: ciência e de CHUI: chui.



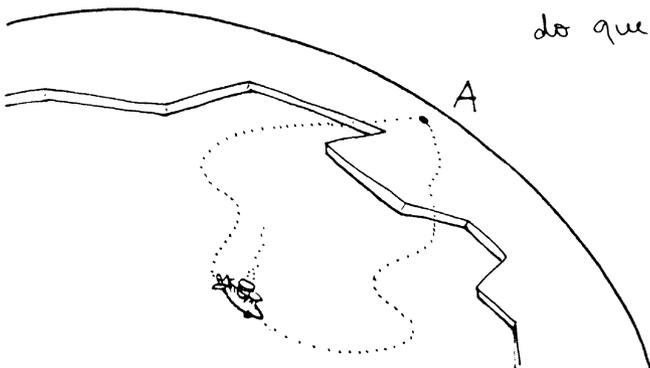
O Epistemióteco é o edifício da ciência. Está constantemente a abrir fendas, a desmoronar-se e, depois, renasce das suas ruínas.





Por exemplo, o trajecto rectilíneo \overline{AB} é o que percorremos se permanecermos imóveis. O trajecto curvilíneo (2) exige uma VELOCIDADE. Sabemos que, nestas condições, o TEMPO PRÓPRIO, o do viajante (for oposição ao do observador imóvel), decorre mais lentamente.

A verdadeira distância, no nosso espaço-tempo, é o tempo próprio decorrido. Nesta óptica, o trajecto curvilíneo seria "mais curto" do que o trajecto rectilíneo.



É incrível o que temos
de andar para ficar
no mesmo lugar!



A VIAGEM IMPOSSÍVEL

A noite caiu sobre
o Cosmic Park.

Sofia, o que
são as estrelas?

São sóis
como o
nosso.

Então a Terra gira em
volta de ESTRELA SOLAR.
Acreditas que esses sóis
também têm planetas,
outras Terras?

Acredito, Amelmo.

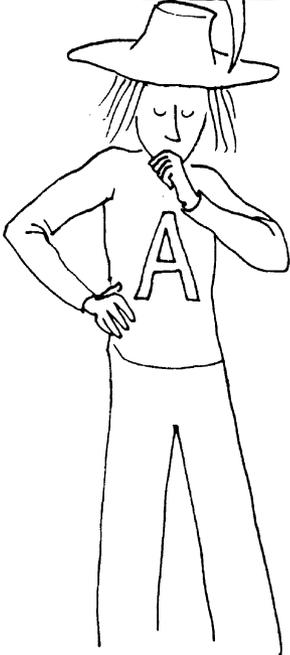




E a estrela mais próxima está a ... ?



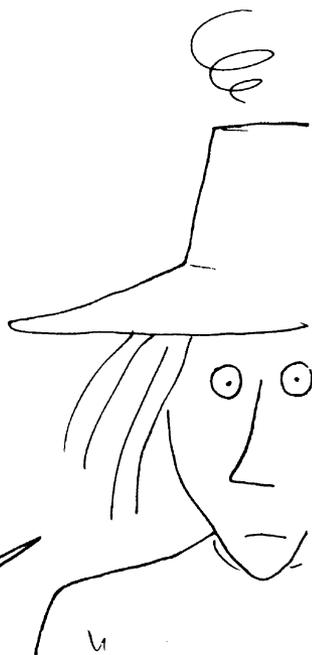
A luz leva quatro anos a chegar da nossa vizinha mais próxima, que é Alfa do Centauro.



Isto é, está a...
quarenta mil biliões
de quilómetros!



Enquanto Plutão, nos
limites do sistema solar, está a
cinco biliões de quilómetros, ou
seja, um pouco menos de
cinco horas-luz.



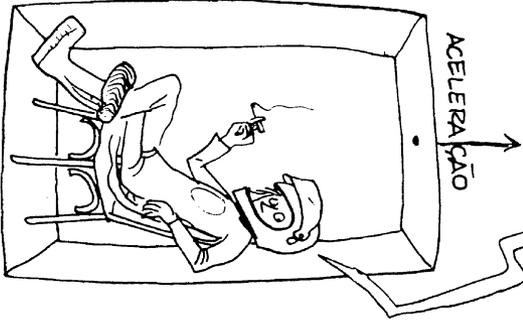
É aproximadamente dez mil vezes mais longe. Como o Universo é grande!

O Sr. Alberto explicou-me que seriam necessárias quantidades loucas de energia para nos aproximarmos da velocidade da luz. Digamos, para ultrapassar 100 000 km/s.

Suponhamos que tenho um foguetão que assegura ao meu veículo uma aceleração "g"; isto é, que a minha velocidade aumenta dez metros por segundo.



É o andar de dois quartos, cozinha e casa de banho de Anselmo.

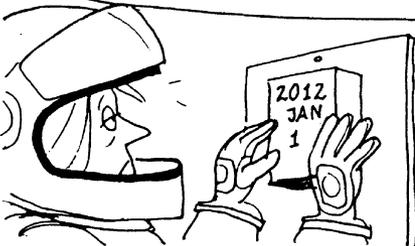


A gravidade aparente corresponde ao meu peso, e eu posso, portanto, suportá-la durante tanto tempo quanto queira.

Por este andar, preciso de quatro meses para atingir a minha velocidade de cruzeiro de 100 000 km/s. Entretanto, terei percorrido a centésima parte do caminho.



Ficarei ainda com doze anos de viagem, sem contar com mais quatro meses para abrandar.



E ainda resta saber se tenho vontade de contar o que vi lá em baixo.

Há poucas hipóteses de sermos os únicos seres vivos do Universo. Mas, se existem planetas habitados, o primeiro talvez se situe muito mais longe do que estes quatro anos-luz!

O que significa que, segundo as leis do Cosmic Park, levaríamos a vida inteira!

Então, que fazer?

Esta viagem será impossível?

Mas, este rapaz não sabe estar quieto?

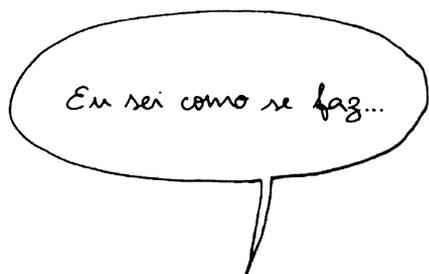
Andar mais depressa do que a velocidade da luz não tem sentido. É como querer ir mais fundo do que o centro do Cosmic Park!



Talvez o Cosmic Park não seja o último modelo.



Não é nada disso! Não consigo descobrir como chegar às estrelas num tempo razoável.



FIM