

savoir sans frontières

Le avventure di ANSELMO 

IL BUCO NERO

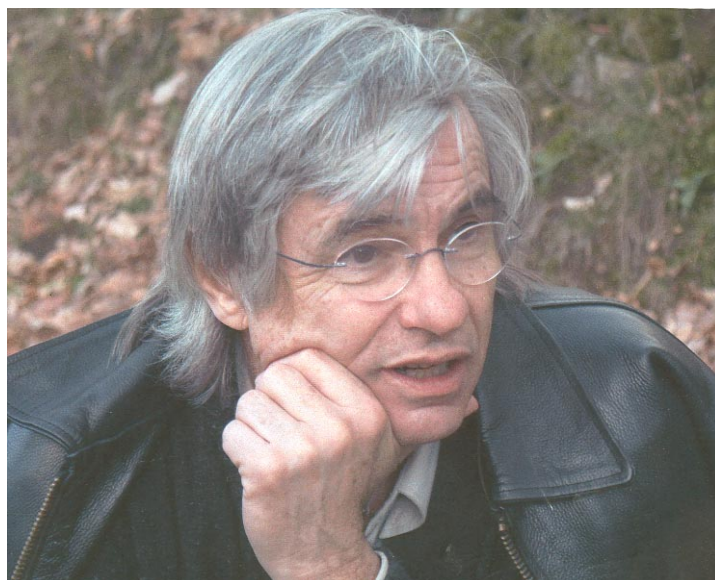


Traduzione: Alberto Basano

Savoir sans Frontières

(Sapere senza Frontiere)
Association Loi de 1901 (ONLUS)

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



Jean-Pierre Petit, Presidente dell'Associazione

Ex Direttore di Ricerca presso il CNRS, astrofisico e ideatore di un nuovo genere di pubblicazione: il fumetto scientifico. Nel 2005, crea con il suo amico Gilles d'Agostini l'associazione Savoir sans Frontières che si prefigge lo scopo di divulgare gratuitamente il sapere, anche scientifico e tecnico, nel mondo intero. L'associazione, il cui funzionamento è consentito dalle donazioni che riceve, retribuisce traduttori con un compenso di 150 Euro (nel 2007) facendosi carico delle spese bancarie relative all'incasso.

I molti traduttori fanno crescere ogni giorno il numero dei testi tradotti (nel 2007, 200 fumetti scaricabili gratuitamente da internet, in 28 lingue tra cui il Laoziano e lo Ruandese).

Il presente file pdf può essere duplicato e riprodotto liberamente, parzialmente o integralmente, nonché utilizzato da insegnanti nei loro corsi, purché tali operazioni non siano a scopo di lucro. Può essere inserito in biblioteche municipali, scolastiche ed universitarie, sia in forma stampata che in reti digitali di tipo Intranet.

L'autore intende completare questa raccolta di opere con testi maggiormente accessibili ai giovanissimi (ragazzi di 12 anni). Sono inoltre in preparazione dei fumetti "parlanti" per analfabeti, nonché altri "bilingue" destinati all'apprendimento di una lingua straniera partendo dalla propria lingua madre.

L'associazione cerca costantemente nuovi traduttori che traducano nella loro lingua madre e dispongano delle competenze tecniche e linguistiche idonee alla corretta traduzione dei fumetti.

Per contattare l'associazione, vedere la pagina iniziale del sito

Per fare una donazione si prega di utilizzare le seguenti coordinate bancarie di Savoir sans Frontières:

Numero internazionale del conto → International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

Codice identificativo banca → Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

Gli statuti dell'associazione (in lingua francese) sono consultabili sul sito. La contabilità è accessibile on-line in tempo reale. L'associazione non preleva dalle donazioni alcun importo all'infuori delle spese per i bonifici bancari in modo tale che i compensi versati ai traduttori siano netti.

I soldi versati dai donatori sono destinati esclusivamente alla retribuzione dei traduttori con un compenso di 150 euro a fumetto (al quale si aggiungono le spese per il bonifico bancario). Gli unici costi di esercizio sono quelli relativi al sito e vengono sostenuti dagli stessi membri benevoli.

In quest'opera "umanitaria culturale" il donatore ha quindi la certezza che il 100% della donazione viene assegnato allo scopo perseguito ovvero dare accesso a conoscenze scientifiche e tecniche al maggior numero possibile di individui.

Mettiamo on line in media una decina di nuove traduzioni al mese.

IL TEAM DELL'OSSO BUCO NERO

Mi rugherebbe farmi
inghiottire da un osso buco
intergalattico...

Per l'osso buco OK,
basta che non siano
lumache alla romana.

Ma siamo sicuri che ci
voglia la cipolla nell'osso
buco nero?

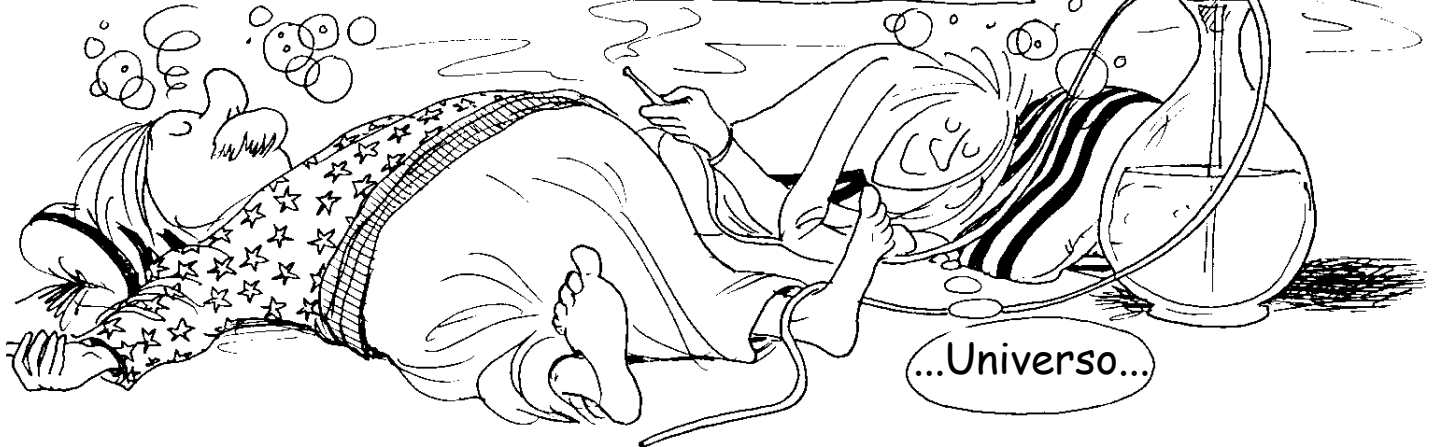
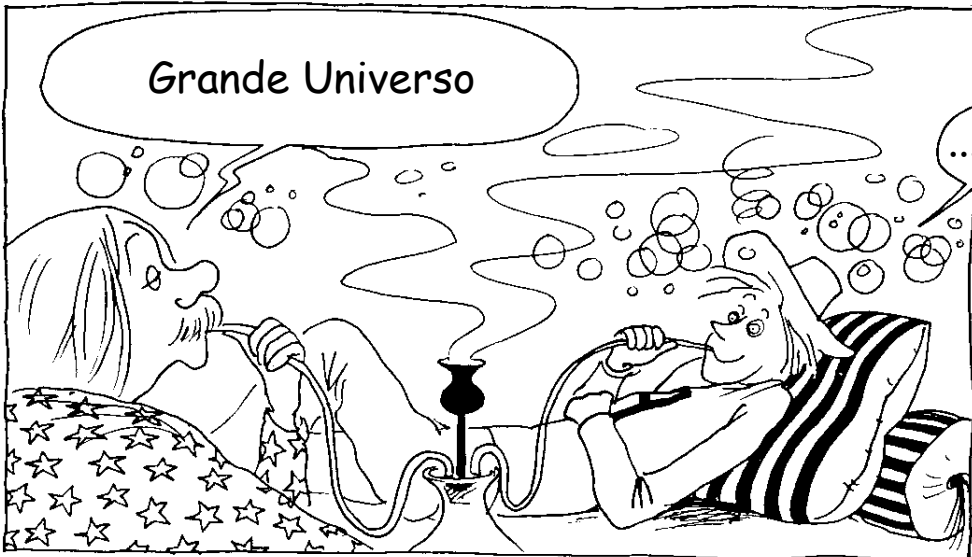
E' appena giunto dalla brisT
un mega ringraziamento a
Giusy Scarcella, Paola Brunero e
Davide Frua per il loro
inestimabile lavoro di revisione.

La Direzione



Grande Universo

...Universo...



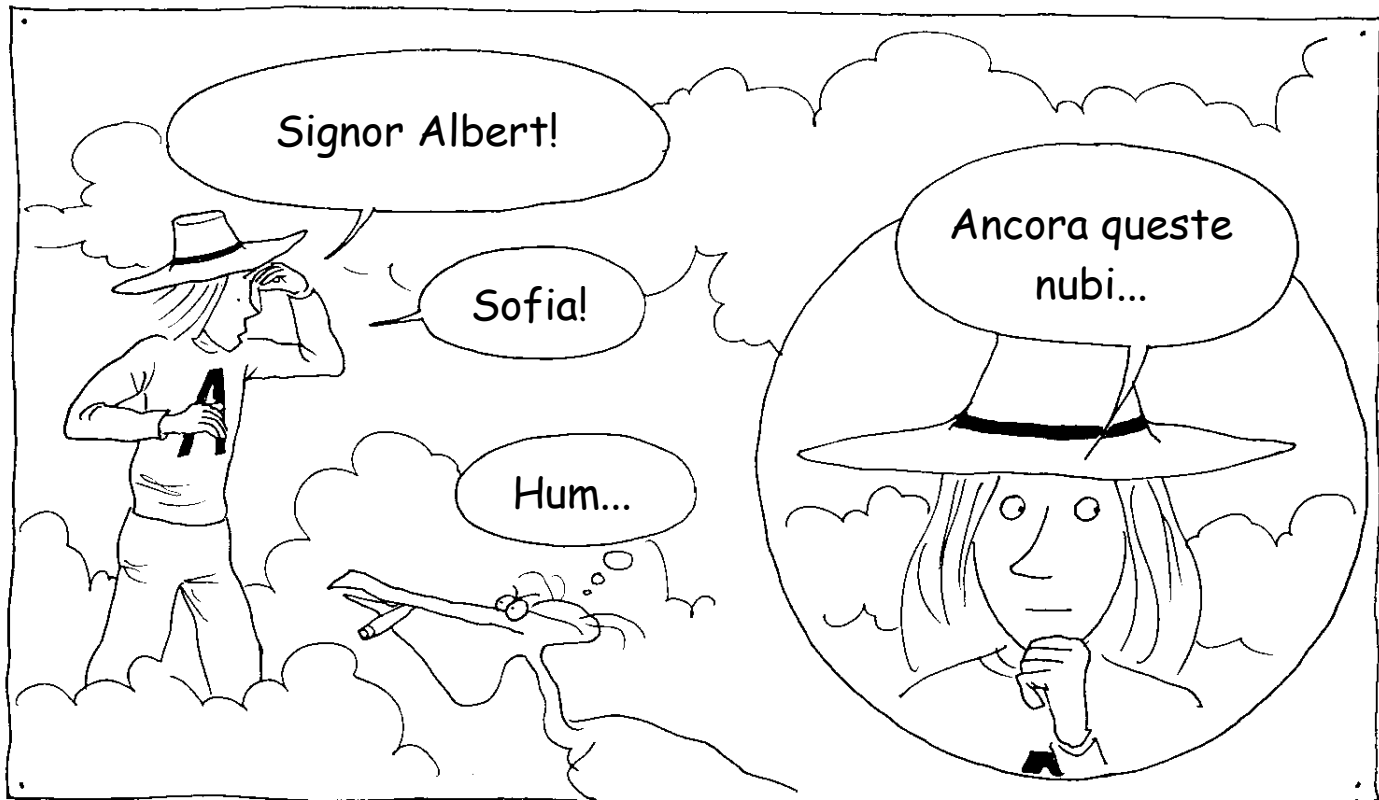
...Universo...

Signor Albert!

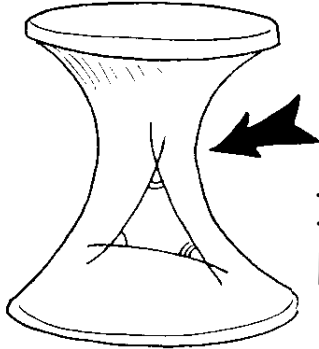
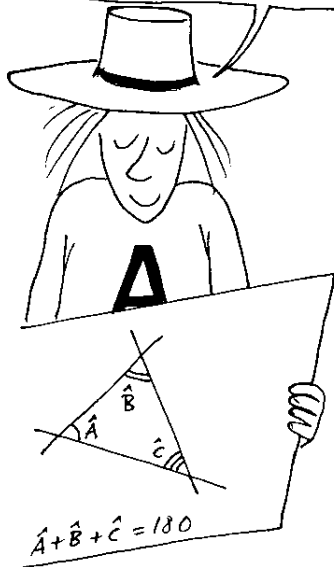
Sofia!

Hum...

Ancora queste
nubi...

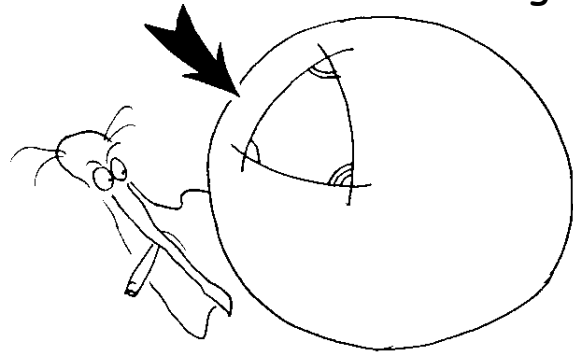


Vediamo un po', quando lo spazio è EUCLIDEO, la somma degli angoli del mio triangolo è 180° .

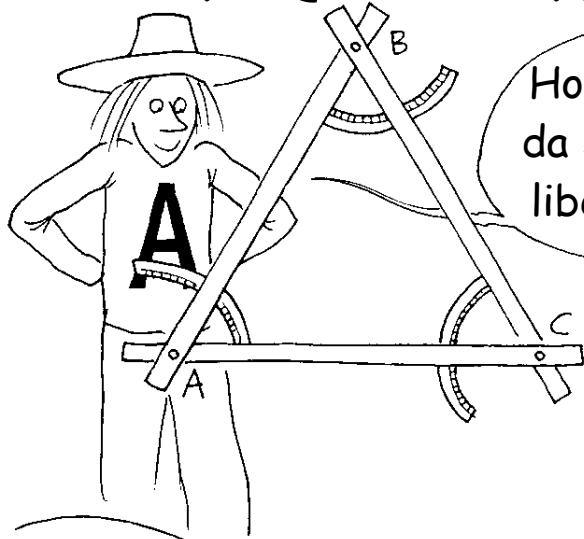


Quando lo spazio ha curvatura NEGATIVA, tale somma è INFERIORE a 180 gradi.

In uno spazio a curvatura POSITIVA la somma è SUPERIORE a 180 gradi.



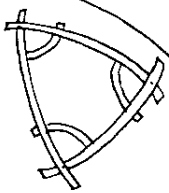
SPAZI A CURVATURA VARIABILE:



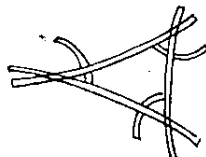
Ho inventato un curvimetro. E' costituito da 3 lamelle elastiche che possono ruotare liberamente attorno a tre rivetti A, B, C.



Basta sistemarlo bene contro una superficie e misurare gli angoli mediante tre goniometri per conoscere la CURVATURA LOCALE.



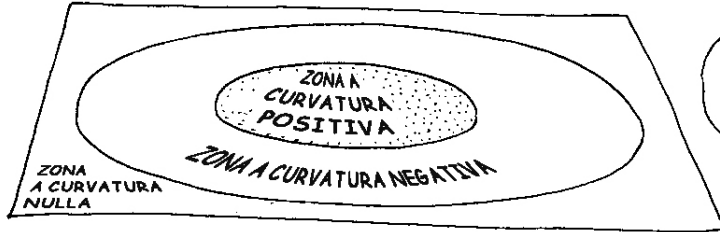
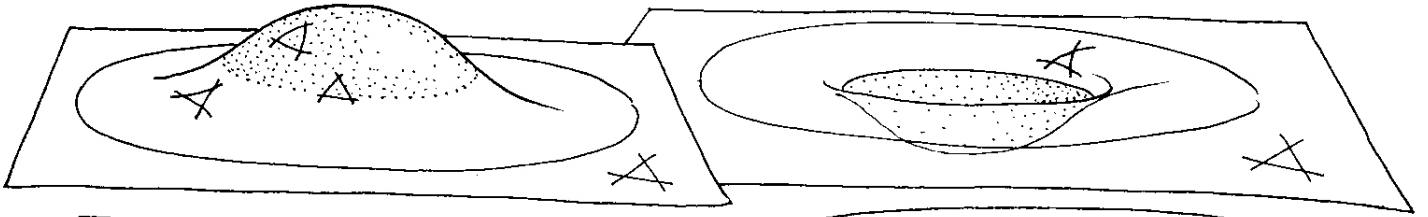
CURVATURA POSITIVA



CURVATURA NEGATIVA

(*) Per maggiori dettagli, vedere il fumetto GEOMETRICON, dello stesso autore, Editore BELIN.

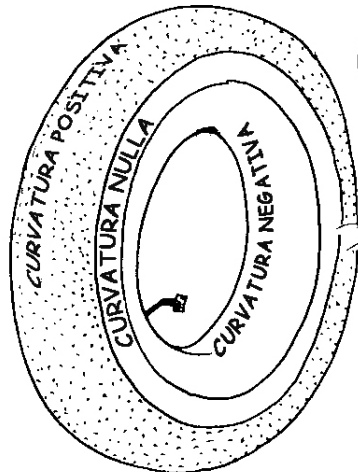
Questa gobba creata nel piano è costituita da una regione centrale a curvatura positiva, circondata da una regione a curvatura negativa.



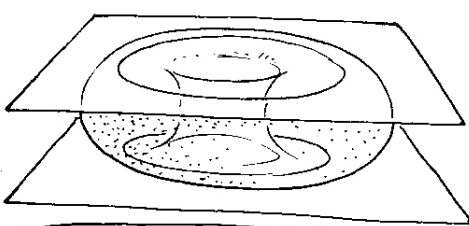
Dal punto di vista della CURVATURA, la CAVITA' è identica alla GOBBA.



Se non erro, questo è unTORO.



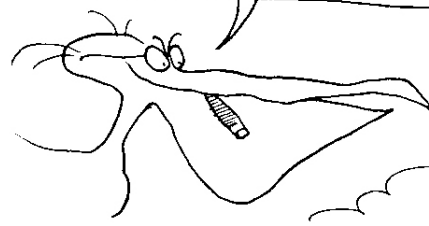
Esatto, c'è una striscia a curvatura positiva e una a curvatura negativa, separate da una frontiera la cui curvatura è nulla.



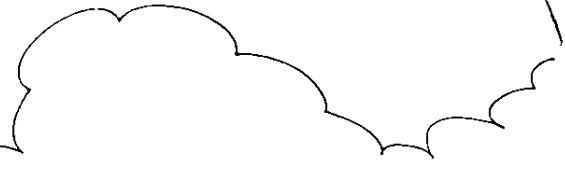
Quest'ultima può essere determinata ponendo il toro tra due piani.

Mia cara Tiresias, si è resa conto che il suo guscio è uno spazio bidimensionale a curvatura variabile?


Leone, lascia in pace Tiresias!



Brrr!!



PUNTI CONICI



Vedrai Anselmo, ci sono cose ancora più strane.

Sbrigati Tiresias, ho sete di conoscenza....

Aspettami!

Vedi Tiresias, adesso provvedo a RETICOLARE la superficie incrociando delle geodetiche, ottenendo così un sacco di triangoli.

Guscio a curvatura variabile, te la do io la curvatura variabile!!...

Qui però non ci capisco più niente! Ma cosa succede attorno a questo punto P?

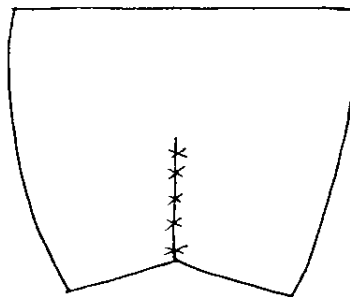
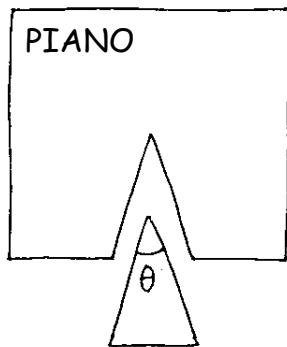
Non hai che da utilizzare il tuo curvimetro.

Ma insomma Sofia, cosa succede? Se il triangolo del curvimetro non contiene il punto P, indica una curvatura nulla.

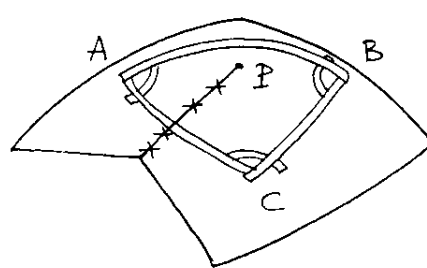


Se invece il punto P sta nel triangolo, allora abbiamo una curvatura!

Si tratta di un punto conico. Guarda, prendo un piano, TOLGO un settore di angolo θ e ricucio.



Ottingo un cono che chiameremo POSICONO.

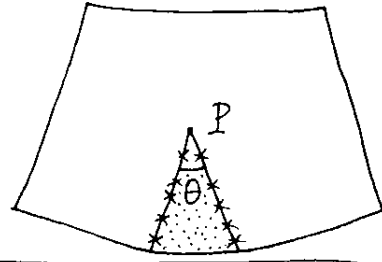
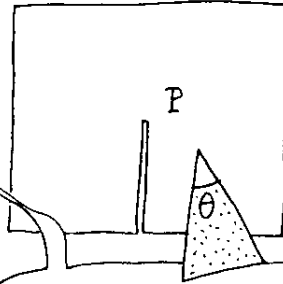


$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \theta$$



Possiamo verificarlo con del cartoncino. Con del nastro adesivo riusciamo a materializzare le geodetiche.

Quindi, se il triangolo contiene il vertice di un cono, la somma degli angoli è sempre superiore a 180° !

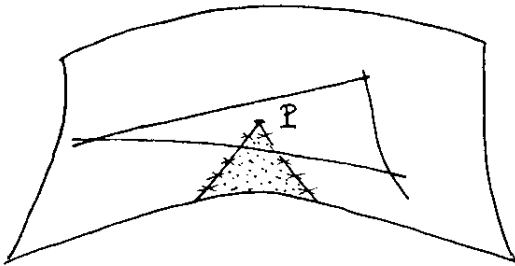


Calma, calma! Dopo aver fatto un taglio nel piano, ora **AGGIUNGO** un settore di angolo θ .

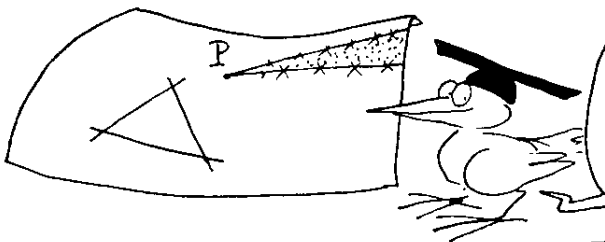
Avremo così un **NEGACONO**?



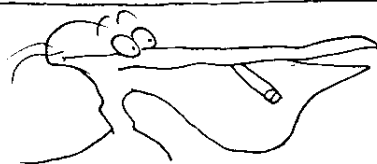
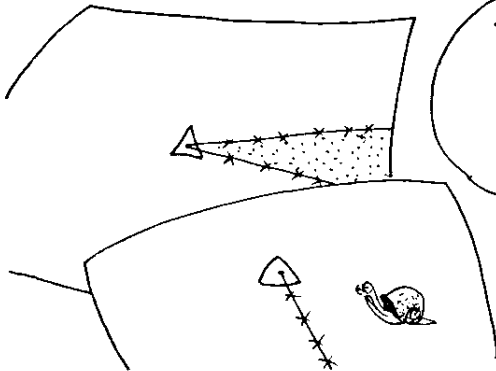
Questa volta, quando il triangolo circonda il punto P, la somma degli angoli vale $180^\circ - \theta$!

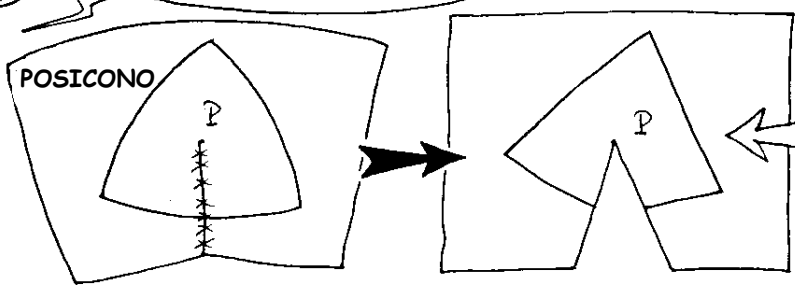
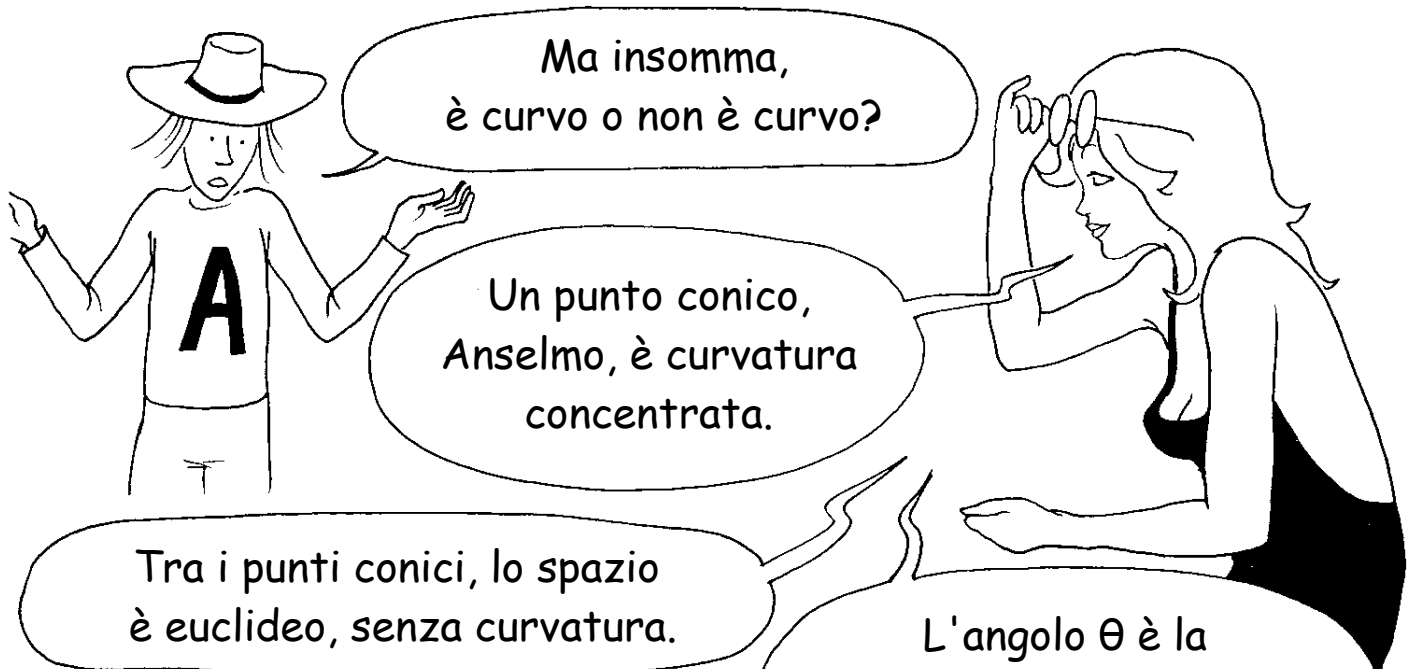


Ma quando il punto è nuovamente fuori dal triangolo, la somma torna a valere 180° .



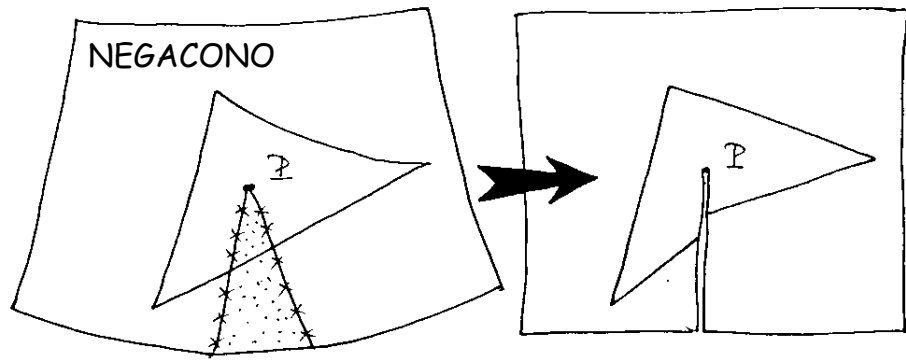
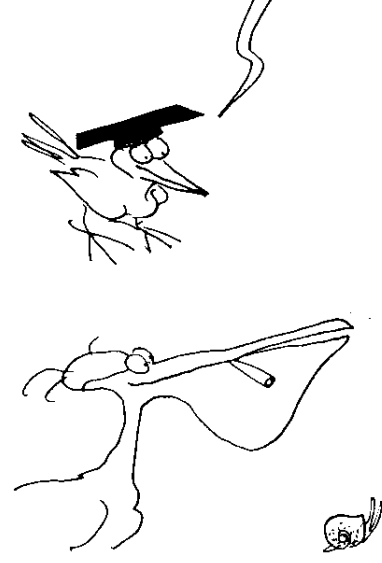
Tale proprietà dei coni è indipendente dalla grandezza del triangolo, sia esso minuscolo o gigantesco.

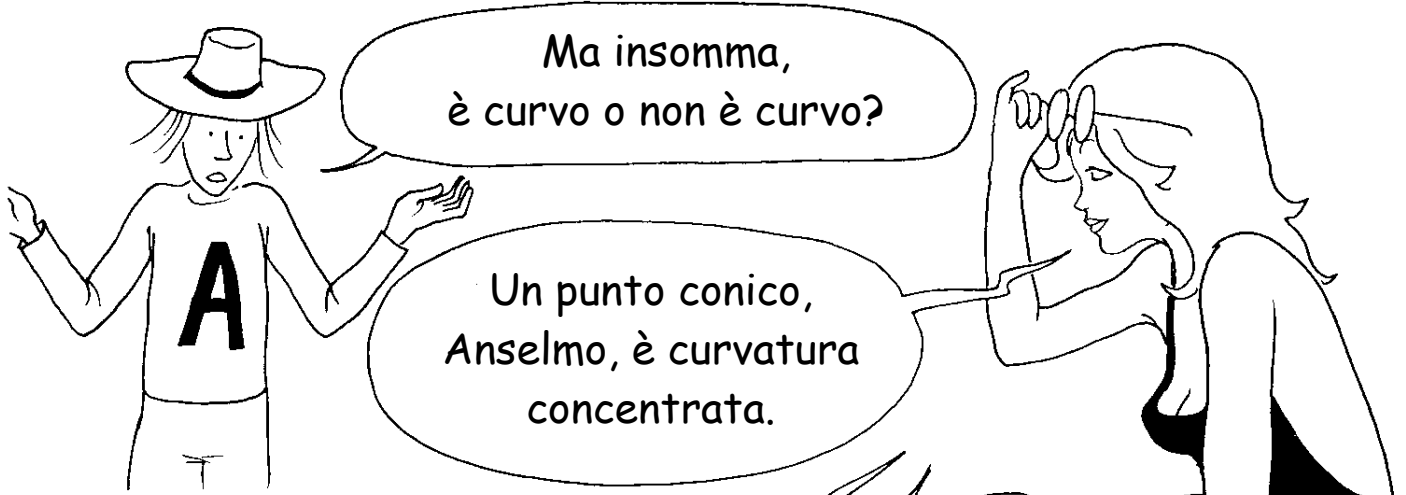




Ed ecco il risultato dell'operazione fatta da Anselmo nel caso di un cono a curvatura positiva.

E nel caso di un cono a curvatura negativa?





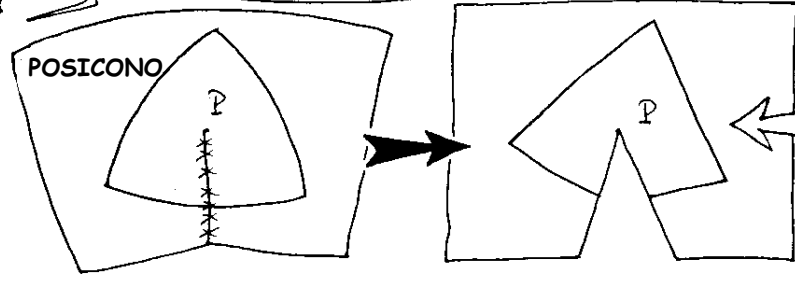
Ma insomma, è curvo o non è curvo?

Un punto conico, Anselmo, è curvatura concentrata.

Tra i punti conici, lo spazio è euclideo, senza curvatura.

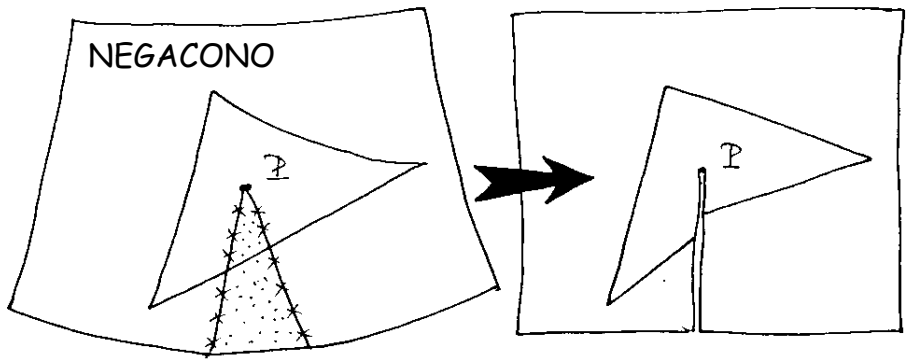
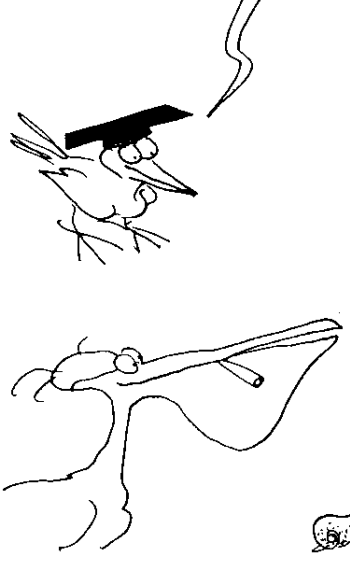
L'angolo θ è la misura di tale quantità di curvatura.

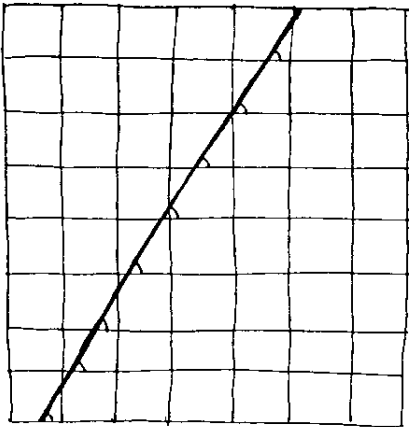
Apri il cono e allargalo su una superficie piana.



Ed ecco il risultato dell'operazione fatta da Anselmo nel caso di un cono a curvatura positiva.

E nel caso di un cono a curvatura negativa?





Prendiamo una superficie PIANA e reticoliamola con geodetiche che formino una quadrettatura regolare. E' come se avessimo affiancato tanti quadrati tutti identici. Se seguiamo una TRAIETTORIA, un PERCORSO, tale da secare i quadrati successivi con una stessa angolazione, tale percorso avverrà secondo una geodetica della superficie.

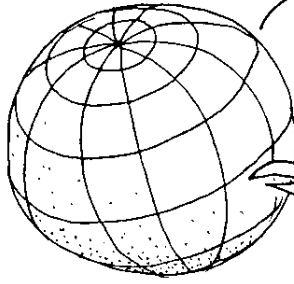
La Direzione

Perché non farlo su di una sfera?

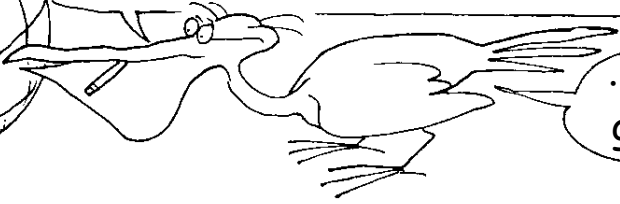
Punto primo, prova a piastrellare una sfera con quadratini che combacino bene, poi mi dici!!

Le meridiane di una sfera sono delle geodetiche della stessa. Un TRAGITTO che andasse a secare le meridiane con un angolo costante, diverso da 90° , porterebbe immancabilmente verso uno dei POLI!

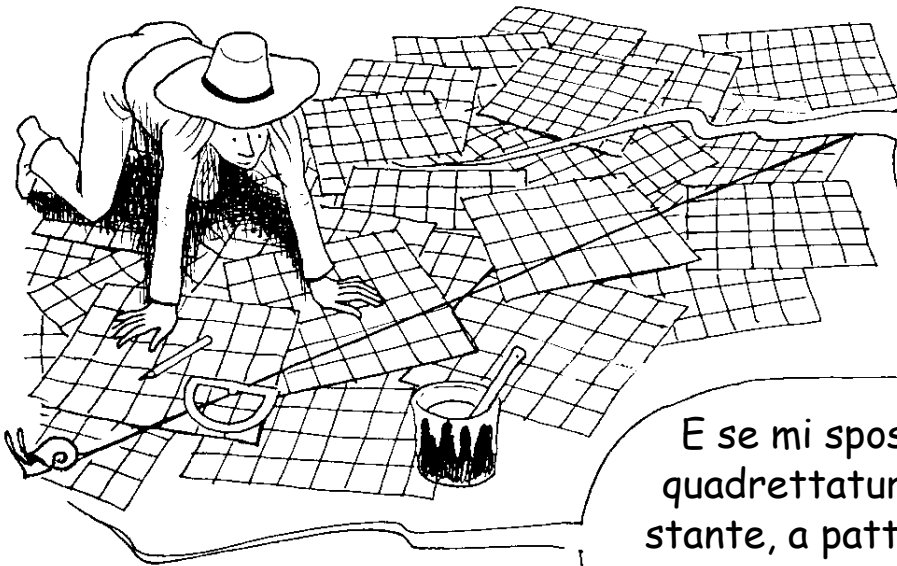
Una navigazione a rotta costante conduce... al polo!



Intersecando a 90° le meridiane della sfera, mi sposterò secondo i paralleli...

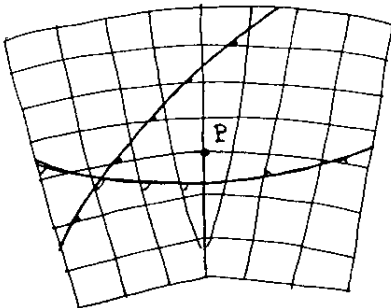


...paralleli che non sono geodetiche. Capito! (*)

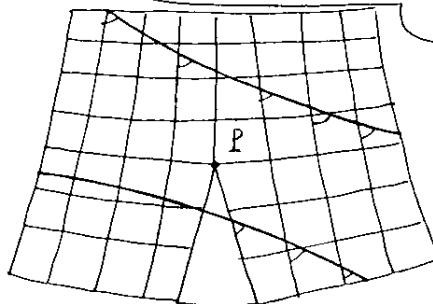


Posso ricoprire una superficie piana, euclidea, con elementi piani quadrettati.

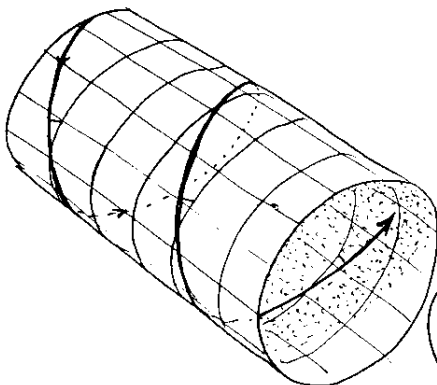
E se mi sposto intersecando queste quadrettature con un'angolazione costante, a patto di garantire le giunzioni tra un elemento e l'altro, otterrò una geodetica.



POSICONO



NEGACONO

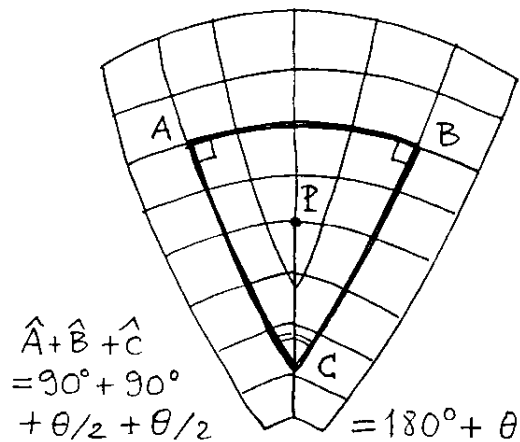
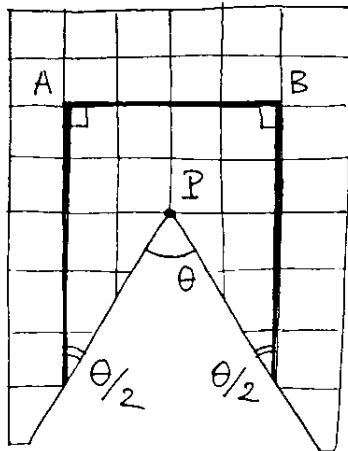
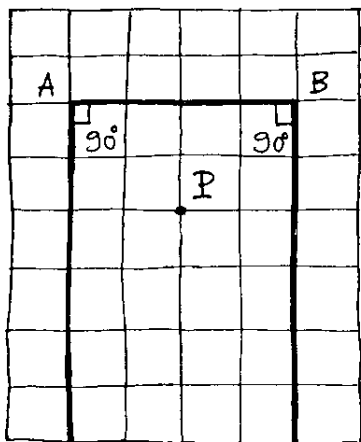


Questo semplice metodo fornisce anche le geodetiche del cilindro, che hanno la forma di una molla elicoidale.



(*) Non possono essere tracciate, sulla sfera, mediante un nastro adesivo (salvo per l'equatore).

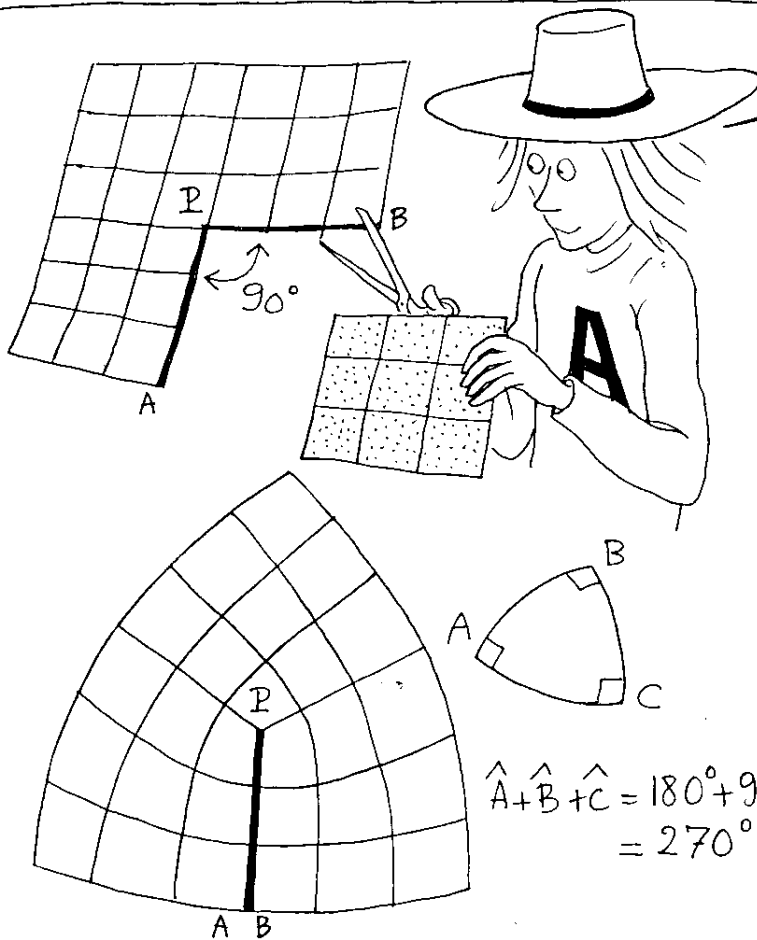
Ed ecco perché, su di un posicono, la somma degli angoli cresce del valore dell'angolo θ del ritaglio:



$$\begin{aligned} \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} &= 90^\circ + 90^\circ \\ &+ \theta/2 + \theta/2 \\ &= 180^\circ + \theta \end{aligned}$$

Ora Anselmo costruirà particolari coni nei quali risulta mantenuta la regolarità della quadrettatura (trama).

La Direzione

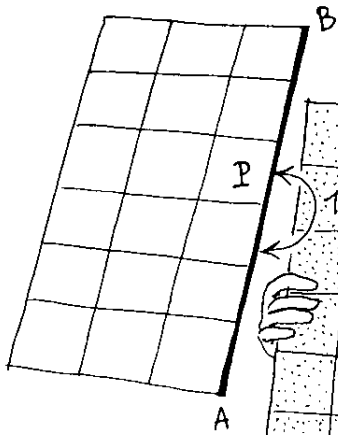


$$\begin{aligned} \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} &= 180^\circ + 90^\circ \\ &= 270^\circ \end{aligned}$$

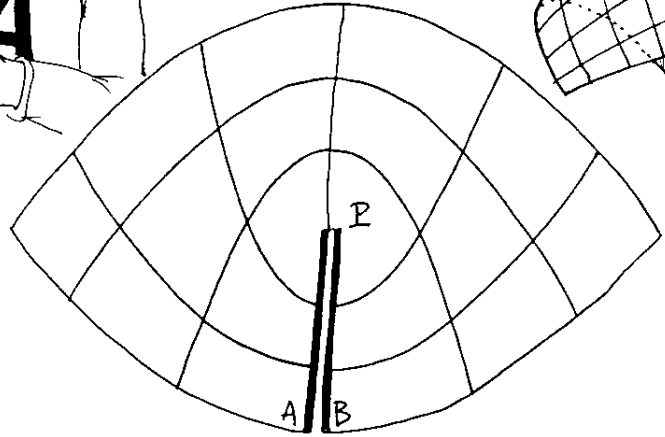
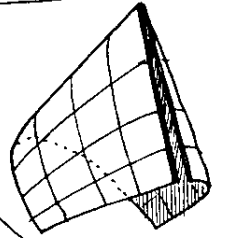
Qui tolgo 90°.



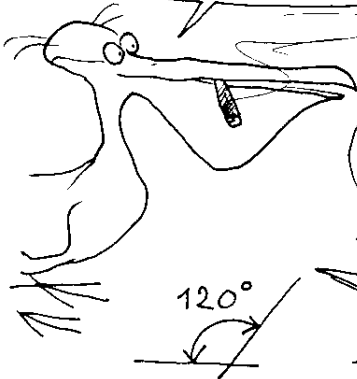
Su di un simile cono, puoi tracciare dei triangoli rettangoli equilateri.



Questa volta asporto un settore di 180° .

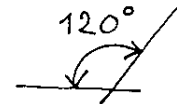
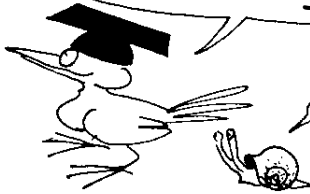


Su tale caso la somma degli angoli di un triangolo vale 360° .



Ciò significa che potremmo tracciarvi, mediante le sue geodetiche, un triangolo avente tre angoli uguali a 120° , quindi ottusi.

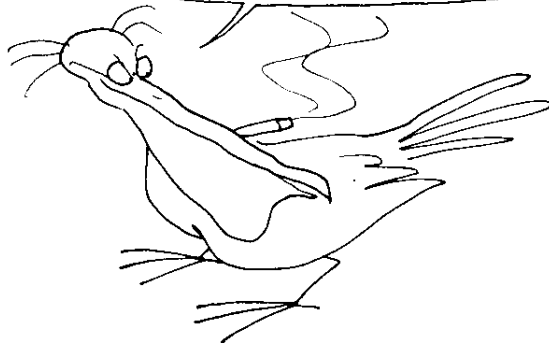
E si chiuderebbe ancora?



Bèh...

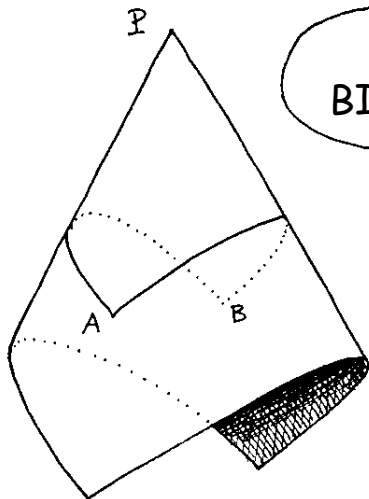


Certamente, mia cara Tiresias, è lei ad essere ottusa!

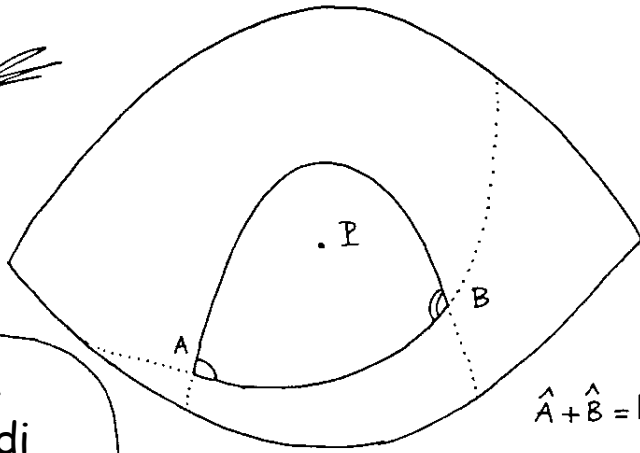


Sigh!!



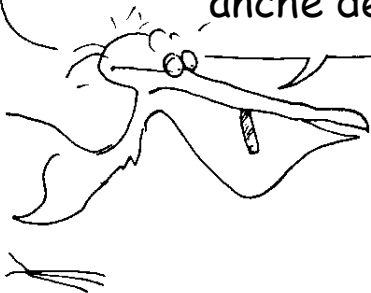


Su questo cono possiamo tracciare dei **BIANGOLI**, la cui somma degli angoli vale 180° .

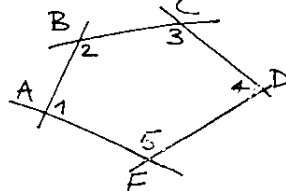
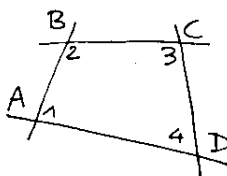
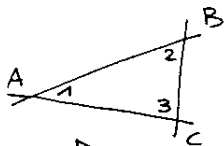


IL CONO VISTO DALL'ALTO

Calma! Mi sono perso... Prima si parlava di triangoli, adesso di **BIANGOLI**, già che ci siamo mettiamo anche dei... **monoangoli!!!**



Tutti questi oggetti sono dei **POLIGONI**.

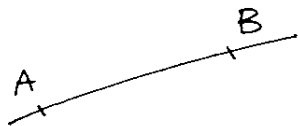


Etc...

Nel PIANO:

- triangolo vale 180°
- quadrangolo vale $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$
- pentangolo vale $180^\circ + 180^\circ + 180^\circ = 540^\circ$

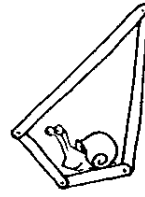
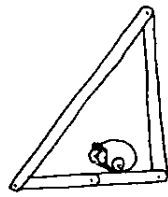
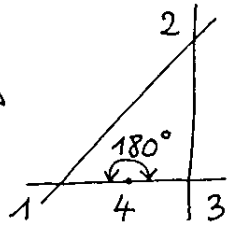
E nel caso di un **BIANGOLO** ridotto ad un segmento, tale somma è nulla.



Sclero...



Ma perché 180° in più ogni volta che si aggiunge un vertice?

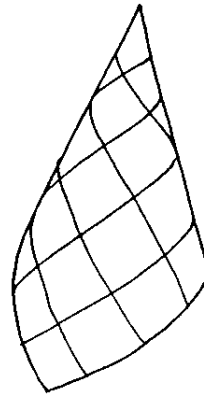
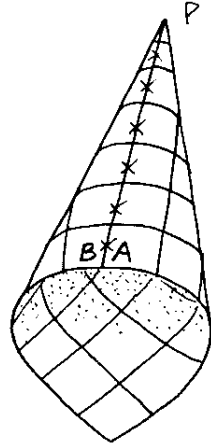
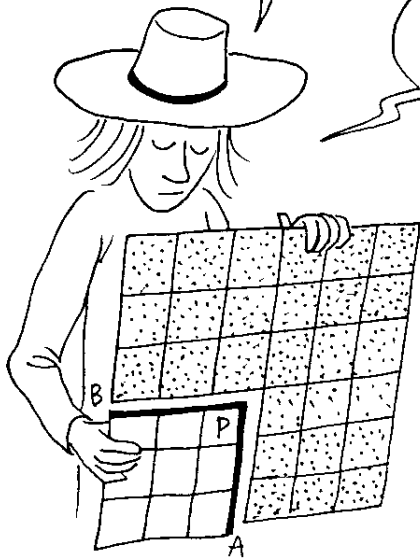


Hop!

Questo dovrebbe aiutarvi.

Quindi,
andiamo avanti...

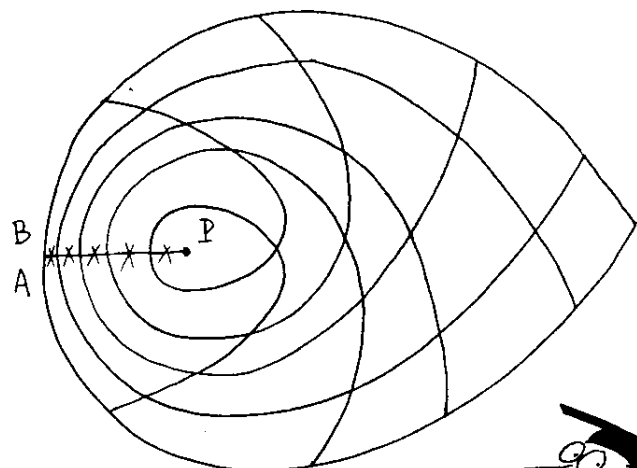
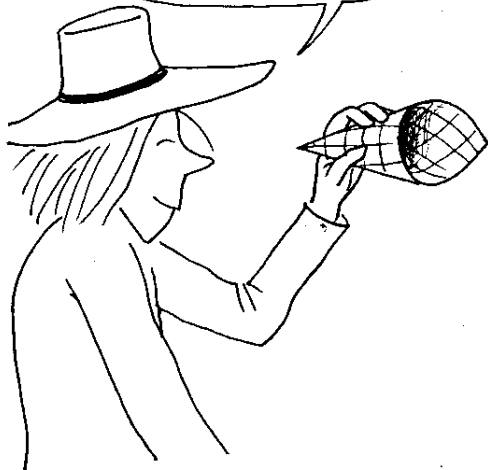
Ora rimuovo i tre
quarti del piano.



Bah! Sembra un
tovagliolo.



E quando lo guardo
dall'estremità...

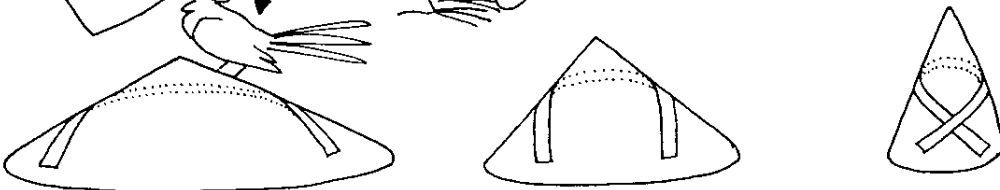


Questo è ciò che
Anselmo vede.

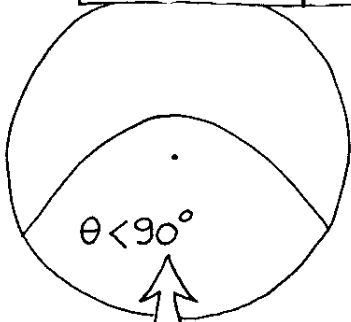


Su questo cono, ogni geodetica interseca se stessa (qui ad angolo retto). Possiamo quindi tracciarvi dei monoangoli.

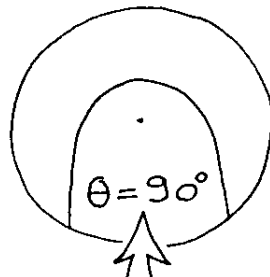
Era quindi vero!



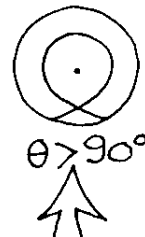
Dipende dall'angolo θ del cono.



Le geodetiche non si chiudono.



Caso limite.



Le geodetiche si chiudono.

I POLI

E se togliessi... tutto?

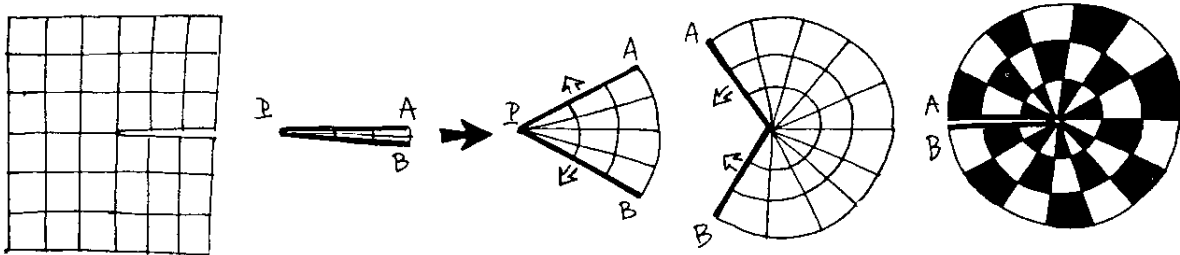
Come tutto?!?



Sì, se togliessi quasi TUTTO il piano?

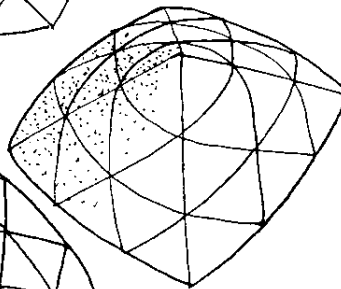
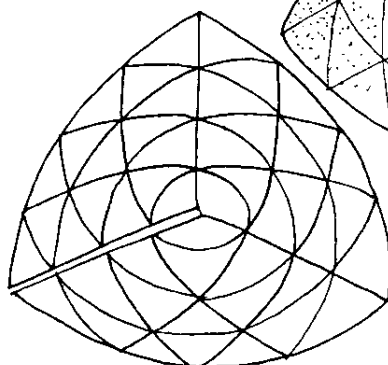
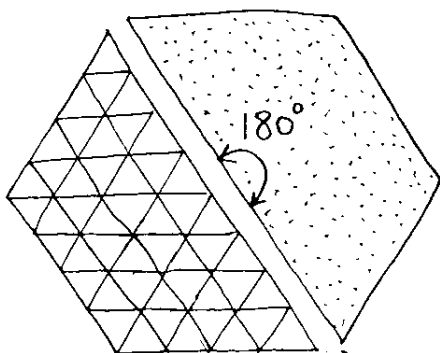
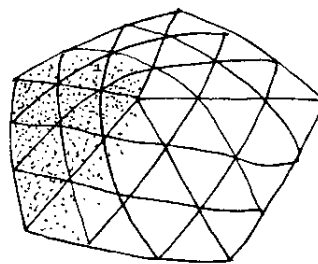
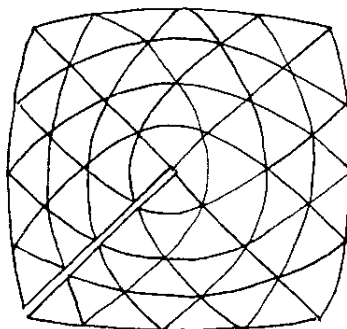
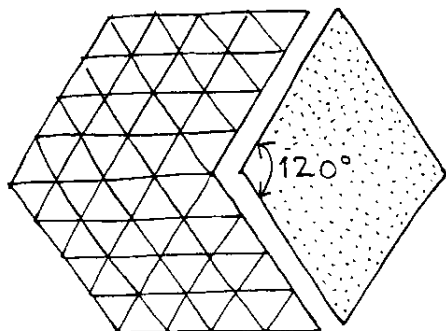
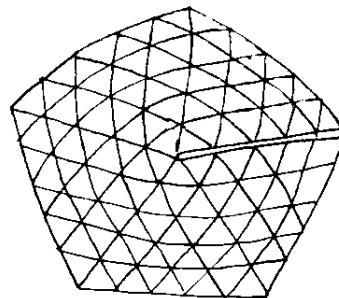
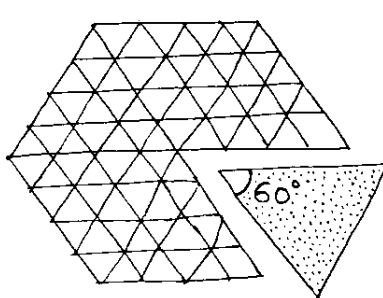
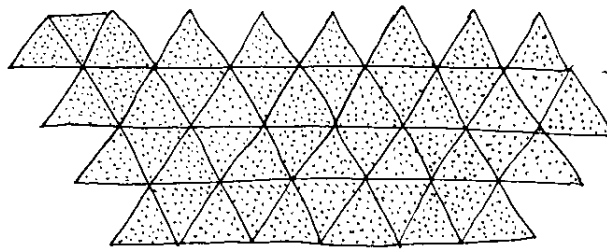


Togliendo quasi tutto il piano e applicando questo procedimento, si otterrebbe questo:



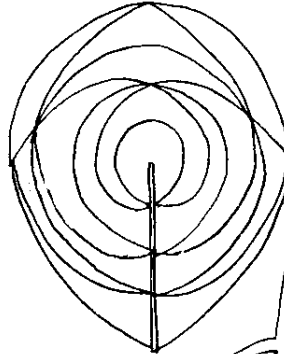
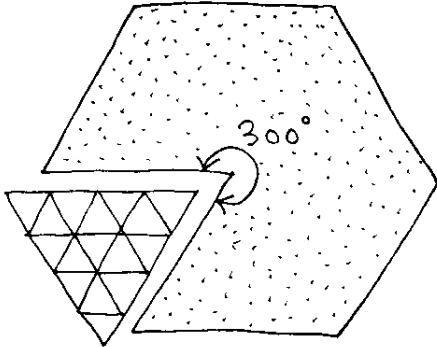
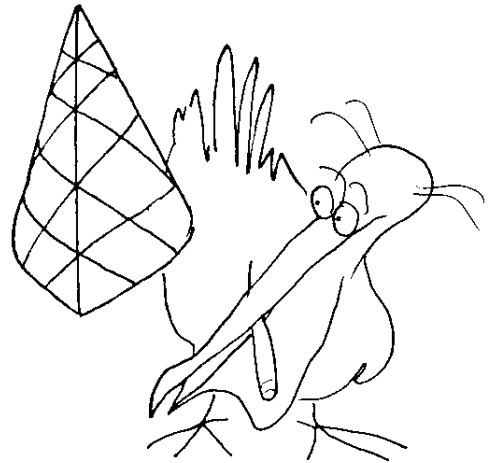
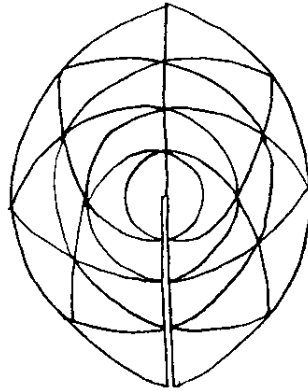
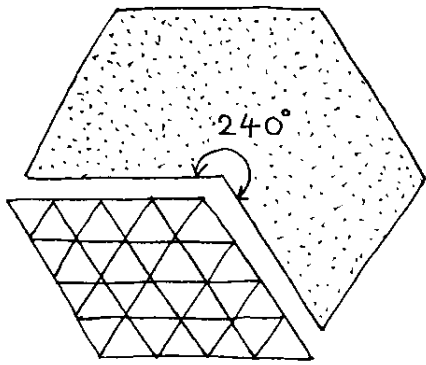
Prima avevo tappezzato spazi a due dimensioni (superfici) con dei quadrangoli. Tuttavia avrei potuto farlo anche con dei triangoli.

O con esagoni.

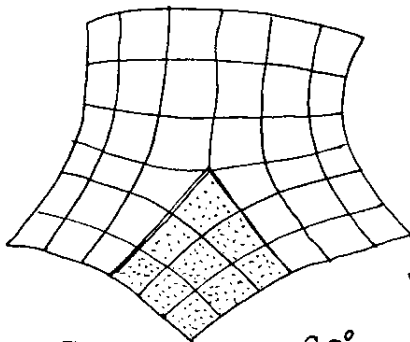


Queste reticolazioni con triangoli equilateri consentono di generare coni con angolo di 60°, 120°, 180°, 240° e 300°.

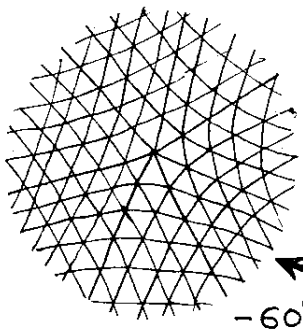
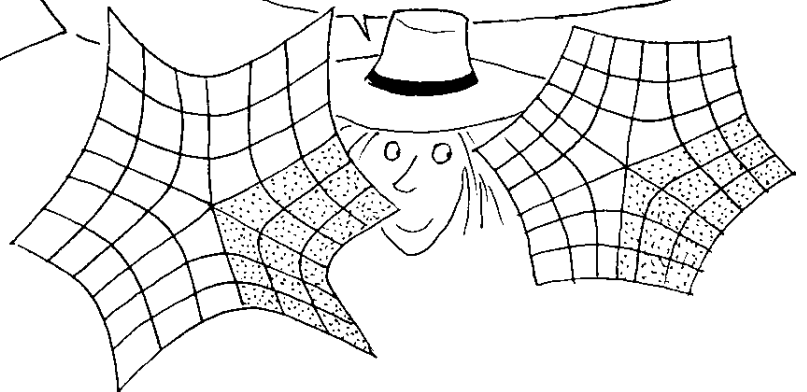
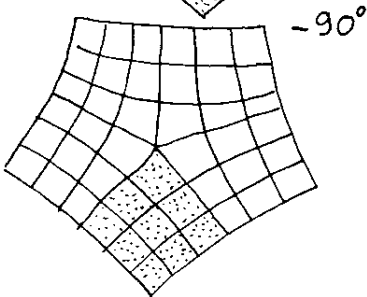




Con l'inserimento di un settore di angolo θ , creo una curvatura negativa $-\theta$, concentrata al vertice del negacono.



Quantità di curvatura concentrata = -180° , etc.



Anche reticolazioni triangolari possono dare dei bellissimi negaconi.

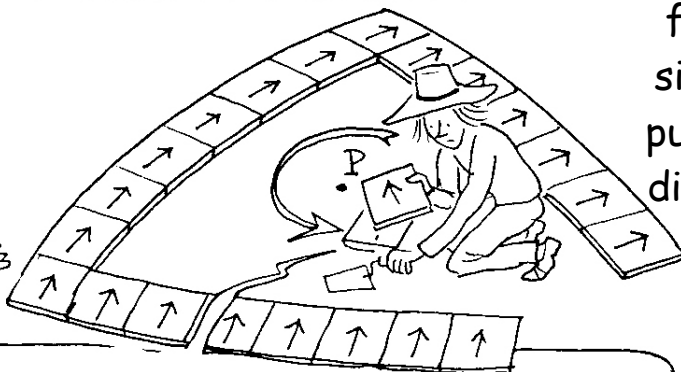


MISURAZIONE DELLA CURVATURA



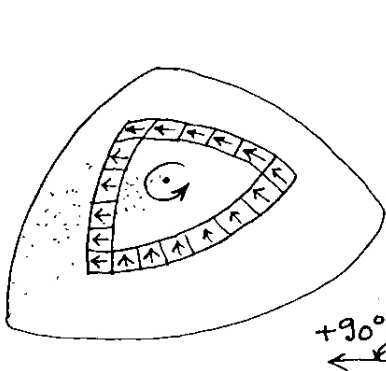
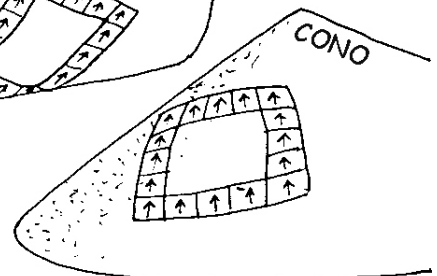
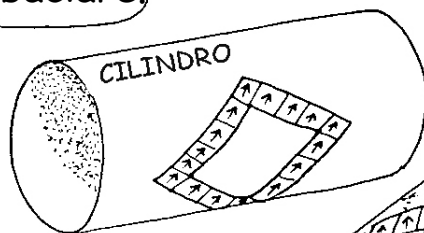
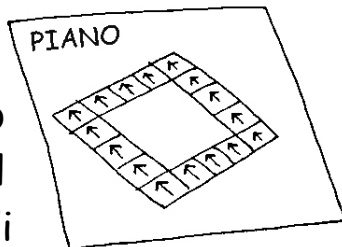
Anselmo è molto occupato con un gioco della settimana di un nuovo genere.

Il gioco consiste nel circondare un punto di concentrazione di curvatura con piastrelle che rispettino la continuità delle frecce indicatrici. Quando si è fatto un giro attorno al punto P, la freccia ha girato di un angolo che corrisponde alla misura diretta della curvatura θ .

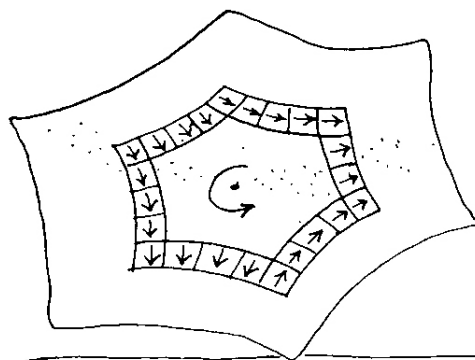


Le piastrelle quadrate devono combaciare.

Alcuni esempi:
Piano, cilindro, cono
(senza circondare il vertice): quantità di curvatura = zero.



Posicono $+90^\circ$



-180°
Negacono -180°



Giriamo attorno al punto in un senso qualunque.

Se la freccia punta nello stesso senso, si tratta di un posicono.

Se gira in senso inverso, si tratta di un negacono.

Ora creo dei posiconi che abbiano un piccolissimo angolo θ .

In un certo senso degli atomi di curvatura...

Che poi incollerò insieme.



Ottingo una superficie sulla quale traccio dei triangoli costituiti da geodetiche create utilizzando del nastro adesivo.

La somma degli angoli del triangolo supera 180° di un valore pari alla somma degli angoli dei coni elementari i cui vertici sono contenuti nel triangolo.

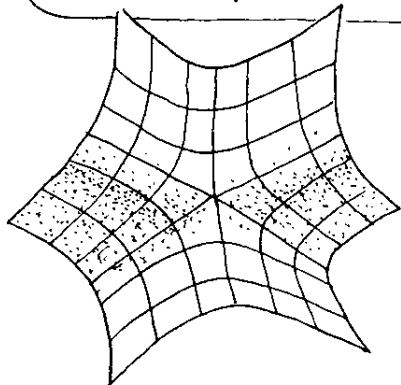
La Direzione

Ciò che chiamiamo abitualmente una superficie curva può essere considerato un assemblaggio di tantissimi microconi incollati insieme.

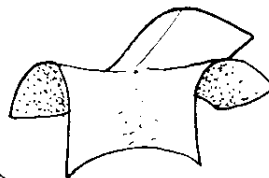
Si possono anche assemblare dei NEGACONI, o dei POSICONI e dei NEGACONI. In tal caso, la somma degli angoli del triangolo varrà 180° più la quantità di curvatura che esso contiene, conteggiata algebricamente.

PATCHWORK

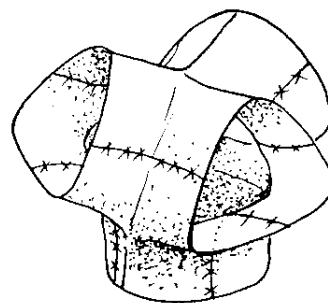
Sofia, cosa viene fuori se assemblo dei NEGACONI?



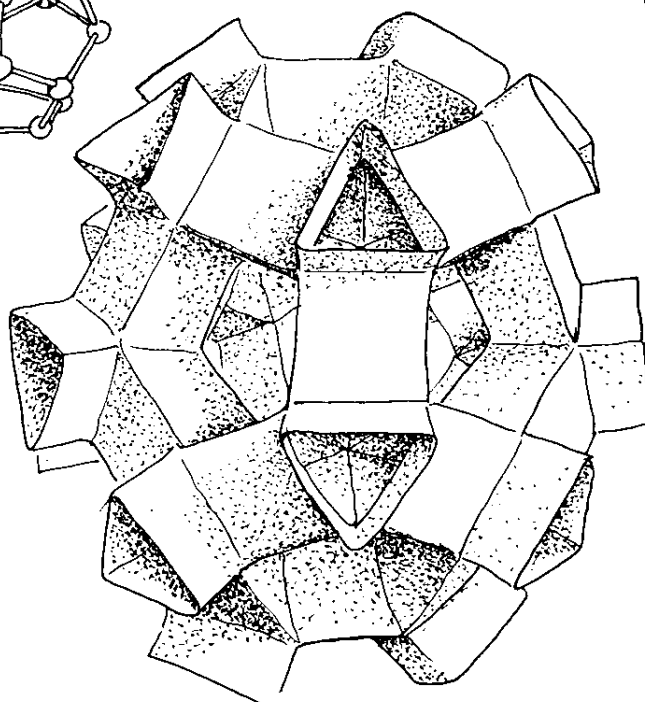
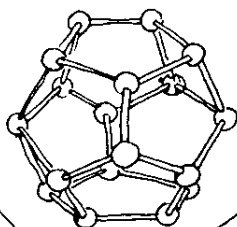
Ad esempio
con negaconi
 $\theta = -180^\circ$ il loro
contorno corrisponde
ad un esagono con sei
angoli retti.



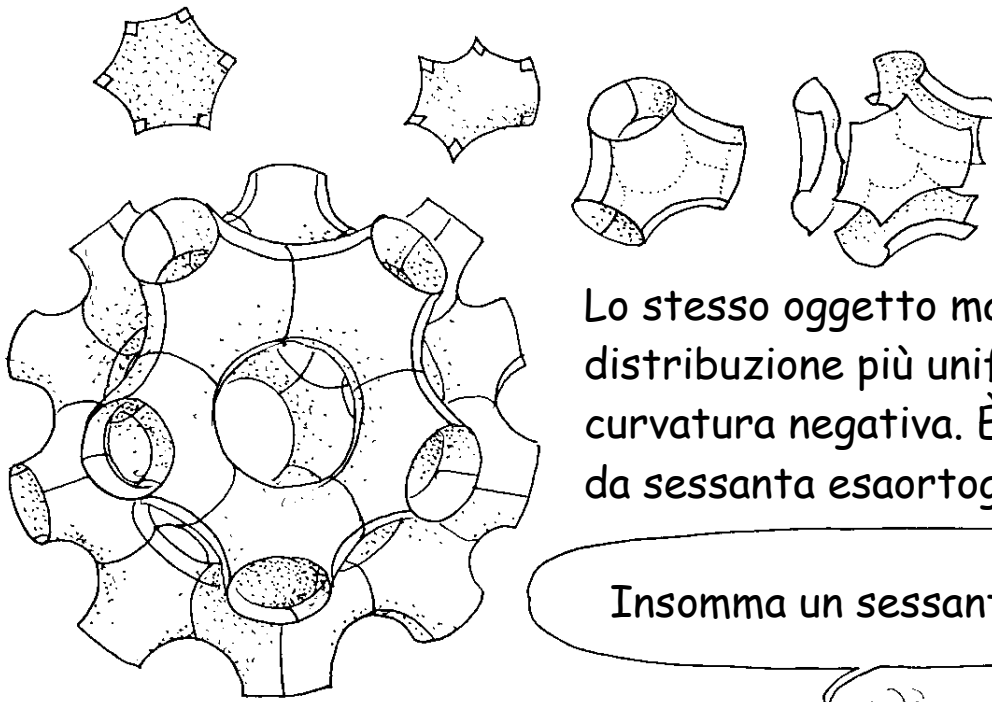
Possiamo prima
assemblarli quattro
a quattro



Se ne assembli
venti, ottieni questo
elemento di
superficie a
curvatura negativa,
dove ciascuno di essi
va a collocarsi su uno
dei venti vertici di un
DODECAEDRO (*)



(*) Dal greco DODEKA = DODICI e EDRA = BASE



Lo stesso oggetto ma con una distribuzione più uniforme della curvatura negativa. È costituito da sessanta esortogoni.

Insomma un sessantotredro...

Sembra una vertebra di DODECAEDRODANTE

Se foste piastrellisti e utilizzaste piastrelle esortogonali, è a questo che assomiglierebbe il vostro pavimento.



Mio caro, mi è stato detto che modificando i geni di una lumaca si potrebbe fare in modo che il suo guscio...

Questo esempio mostra quanto la distribuzione della curvatura possa condizionare la forma degli oggetti.



TRE DIMENSIONI

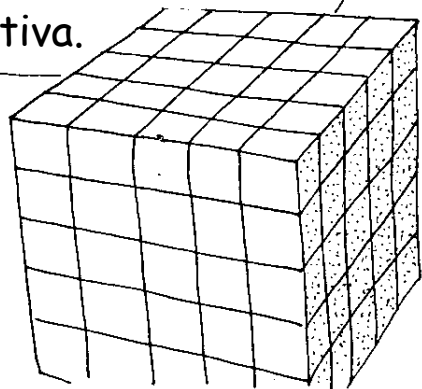
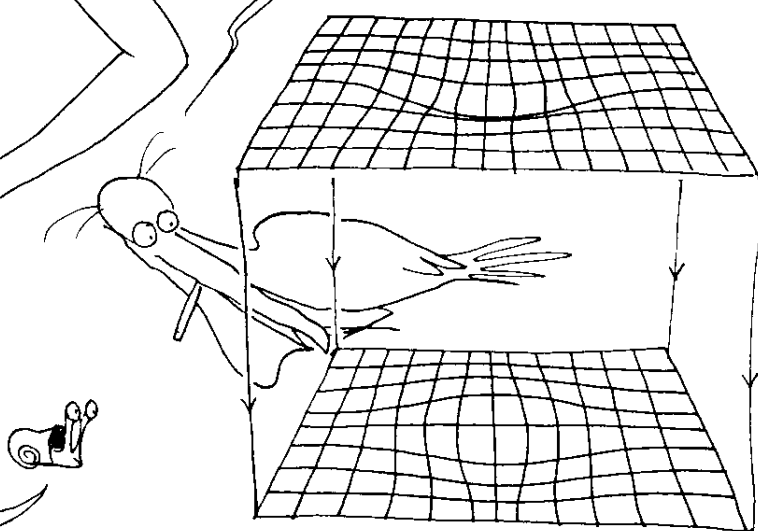
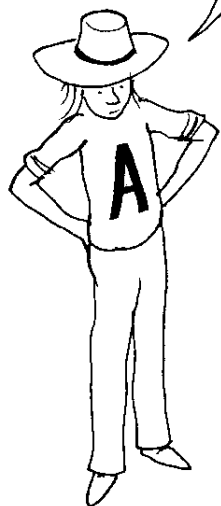
Sofia, possiamo VEDERE la curvatura del nostro spazio a tre dimensioni?

Risulta difficile, in quanto ci abiti dentro

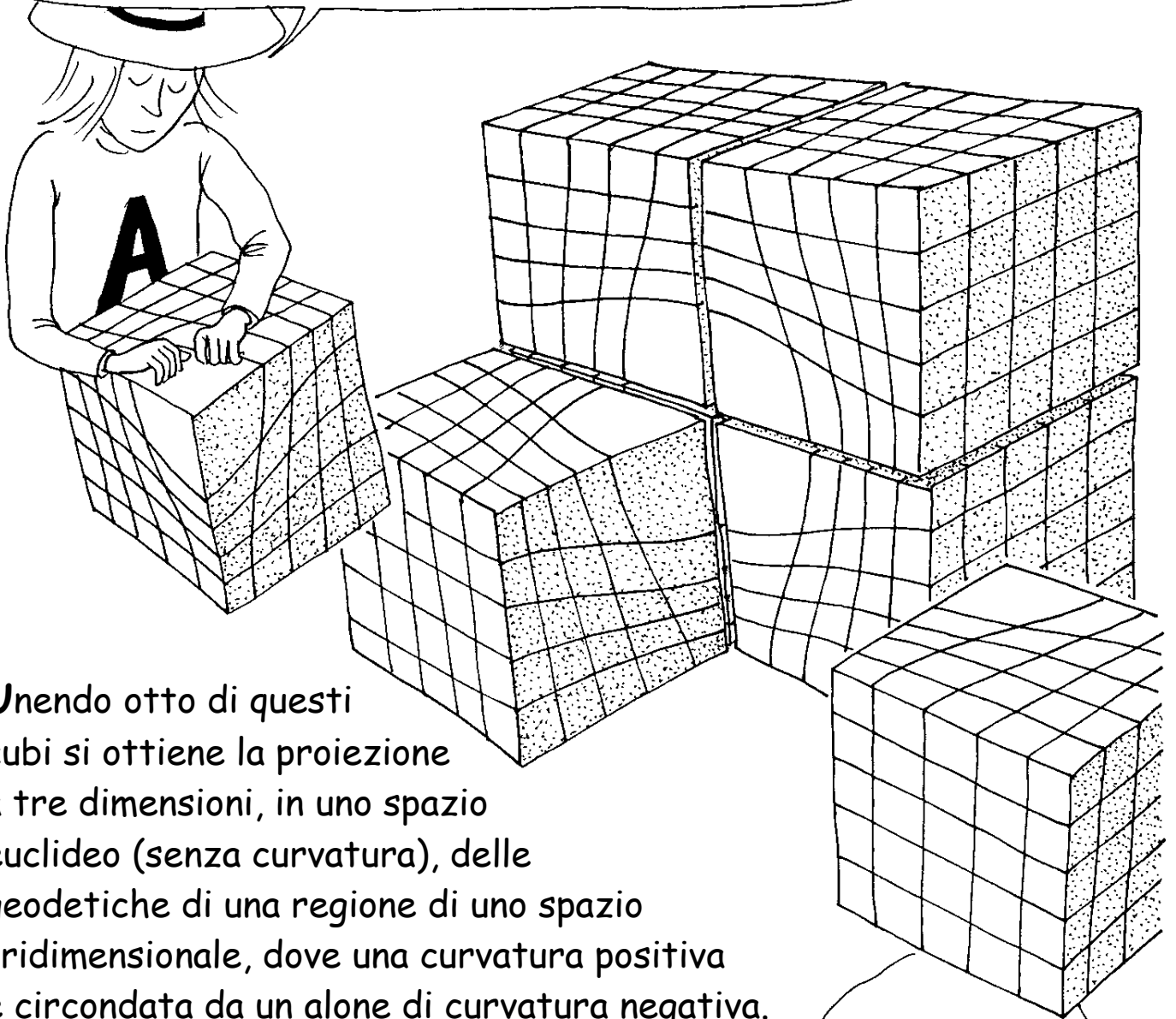
Dunque. Ricordo che si potevano proiettare geodetiche di una superficie (due dimensioni) su di un piano (2 dimensioni)

La "gobba" corrisponde ad una concentrazione di curvatura positiva circondata da un alone di curvatura negativa.

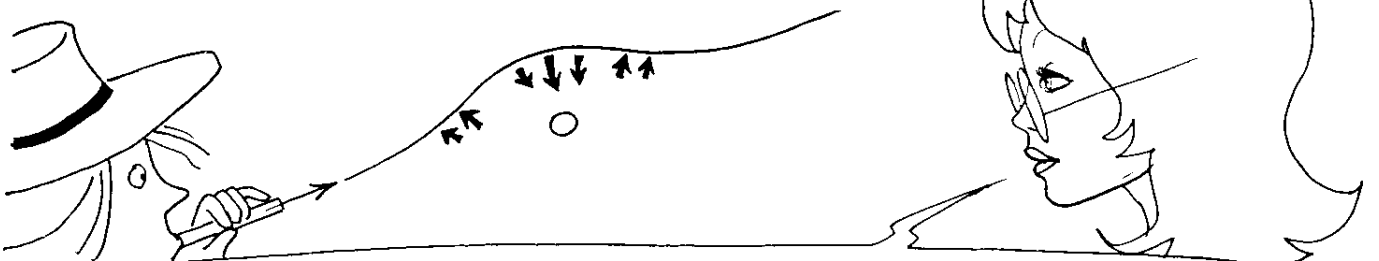
Guarda ora un cubo rivestito con dello spago...



Adesso faccio scorrere lo spago in questo modo:

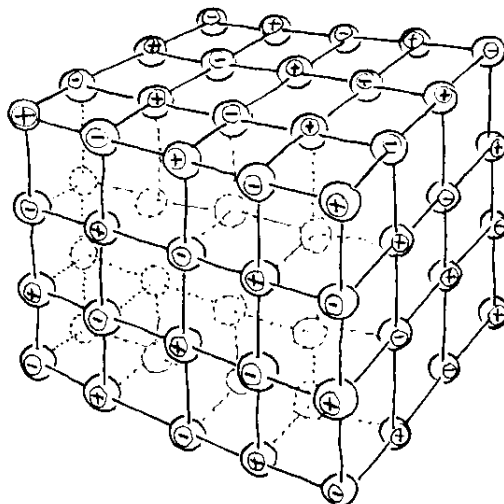
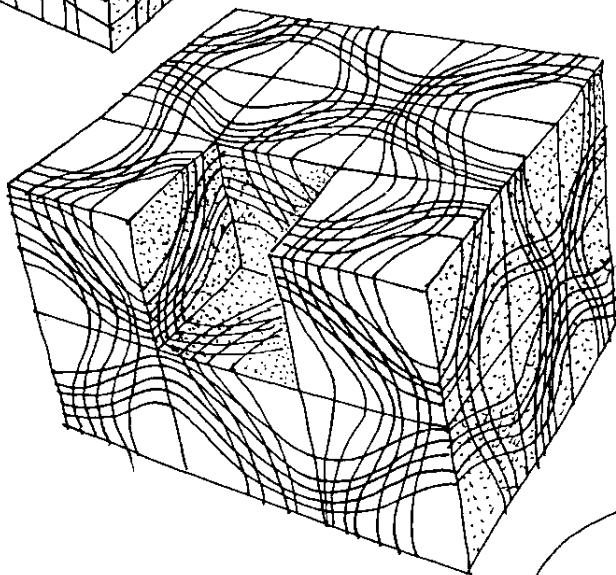
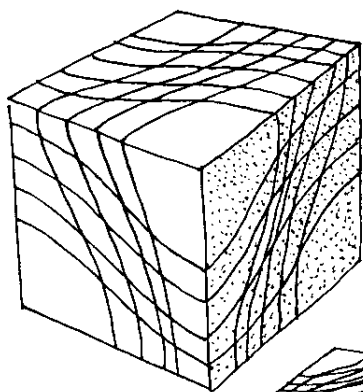


Unendo otto di questi cubi si ottiene la proiezione a tre dimensioni, in uno spazio euclideo (senza curvatura), delle geodetiche di una regione di uno spazio tridimensionale, dove una curvatura positiva è circondata da un alone di curvatura negativa.

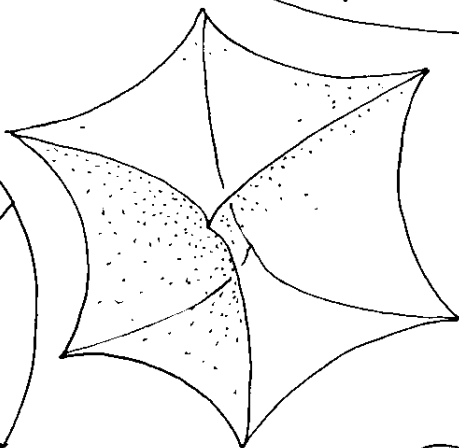
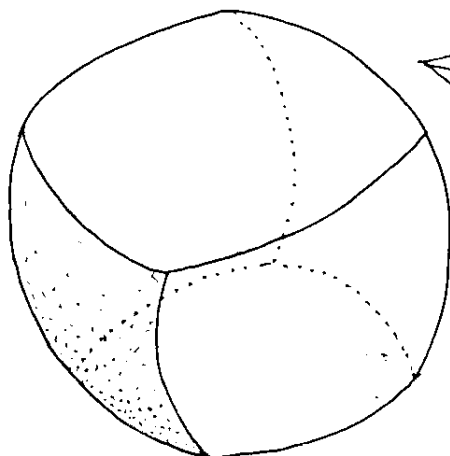


Assimilando queste geodetiche a delle TRAIETTORIE, troveremmo prima una repulsione, poi un'attrazione, quindi una repulsione.

Facendo scorrere i fili in questo modo e assemblando debitamente i cubi, costruiremmo l'immagine di un mondo popolato da curvatures positive e negative:

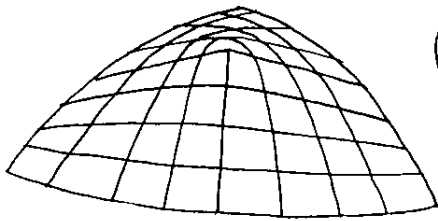


Guardando da vicino, si tratta di deformazioni relative a CUBI che riempiono lo spazio tridimensionale.

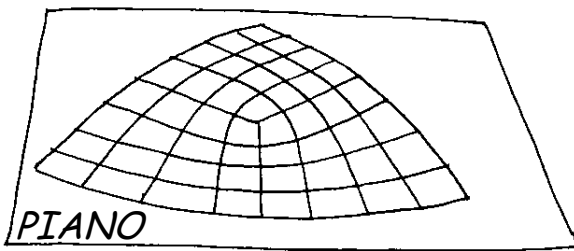


Guarda, che strano, potrei impilare tutti questi strani cubi e riempirvi lo spazio.

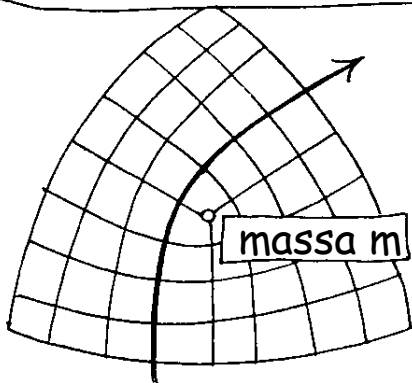
PROIEZIONI



Posso proiettare le geodetiche di un cono su di un piano.



Tutte queste linee incurvate fanno pensare a delle TRAIETTORIE.

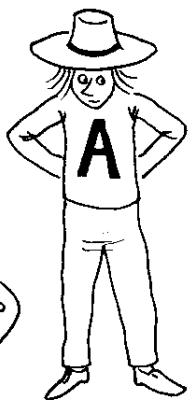


L'idea di base della RELATIVITÀ GENERALE sta nell'assimilare le MASSE a delle alterazioni locali della curvatura dello spazio.

Vorrebbe dire che la massa è un angolo?!!

Hi Hi!... me ne metta per $\pi/8$...

Sì, nella misura in cui le masse sono concentrazioni di curvatura.



Quindi, Signor Albert, ciò che vuol dire è che le inflessioni delle traiettorie, dovute alle FORZE, sono solo un effetto di PROIEZIONE, nel nostro mondo sensibile, di una traiettoria tracciata su di un'altra superficie, e che ne è una GEODETICA.

Ancora metafisica!

Ma no, è geometria.


Ti do un esempio. Immaginiamo di trovarci in una capsula spaziale, in orbita intorno alla Terra

Sfuggiamo così ad ogni gravitazione.

Oh no!

Arrgh!

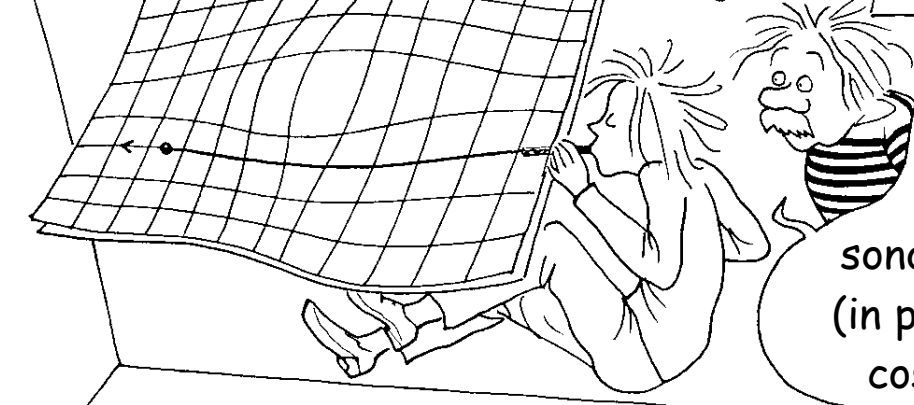
E ci mettiamo a giocare ad una specie di biliardo.



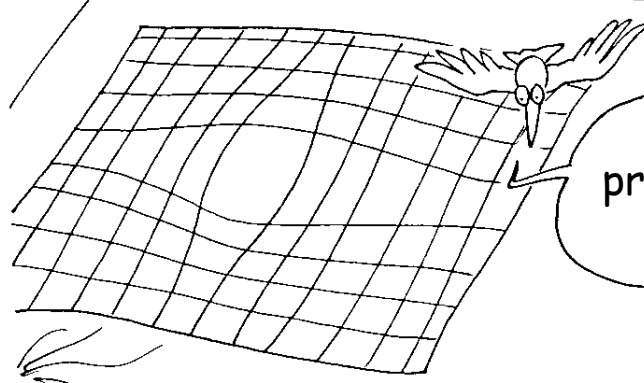
È un "tavolo da biliardo spaziale" costituito da due superfici trasparenti, con avvallamenti e gobbe, ma identiche e vicine l'una all'altra.

Consente di lanciare delle piccole biglie tra le due superfici e di osservarne le traiettorie.


Queste non dipendono dalla velocità iniziale V in quanto risulta mantenuta per l'intero movimento. *La Direzione*



In questo caso specifico tutte le traiettorie possibili sono delle **GEODETICHE** (in presenza di gravità, la cosa non sarebbe vera).



Oh, guardate, la lampada proietta le traiettorie sul pavimento della nostra capsula spaziale.



Una persona, nel vedere solo queste ombre, penserebbe che gli oggetti che si spostano su tale **PIANO** sono sottoposti ad un **CAMPO** di **FORZE**, quando invece è solo una questione di curvatura di una superficie.

Quindi, quando osservo la traiettoria di una cometa intorno al Sole, ammesso che si trovi in uno spazio tridimensionale euclideo, senza curvatura, in realtà la cometa segue una **GEODETICA** di una sorta di spazio nel quale... va **DIRITTO!!!!**

Si percepisce solo l'ombra delle cose.

Ha detto una cosa molto platonica, mia cara Tiresias.

Si può solo andare **DIRITTO!**

Anche la **LUCE** segue una geodetica.

Guarda, che buffo, se proiettate secondo una diversa angolazione, le geodetiche cambiano completamente faccia!

?!?

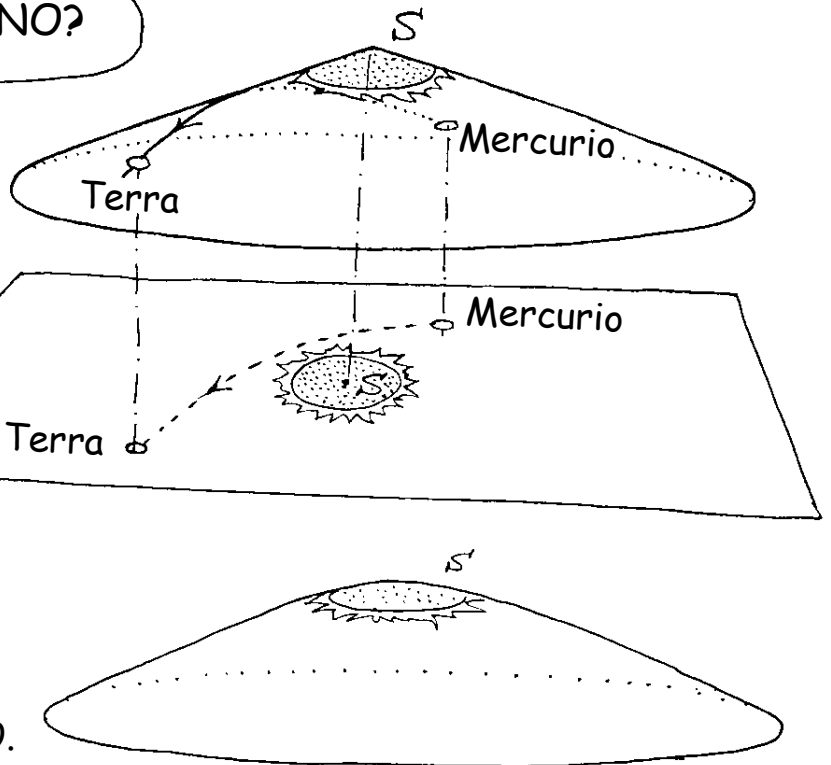
Tiresias!

Bene, bene...



MASSA - MATERIA

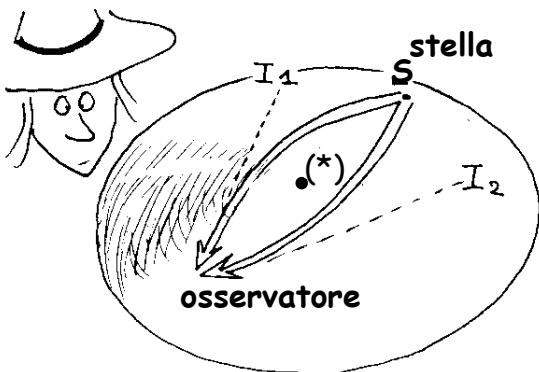
Ma allora il Sole è un CONO?



Si sa che il Sole devia i raggi luminosi provenienti da Mercurio.

Pensiamo che lo spazio, nelle vicinanze del SOLE, sia PIATTO.

In realtà, per via della sua notevole massa, questo astro rappresenta una certa quantità di curvatura. Tuttavia, poiché il SOLE non è una massa puntuale, dovremmo rappresentare tale regione dello spazio con un cono smussato.



Oggetti estremamente massicci possono curvare lo spazio a tal punto che un osservatore potrebbe percepire DUE immagini I_1 e I_2 di una stessa stella. Si tratta dell'effetto di LENTE GRAVITAZIONALE, evidenziato di recente mediante l'osservazione.

(*) • = oggetto massiccio

Le masse degli atomi, delle particelle, costituiscono la curvatura generale dell'Universo.

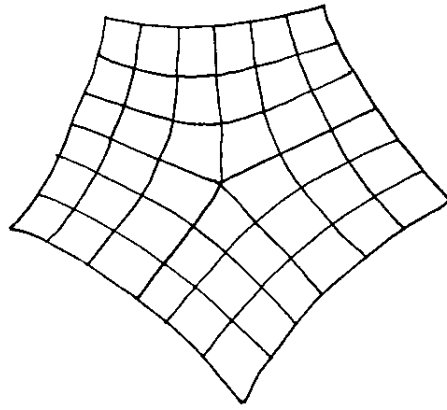
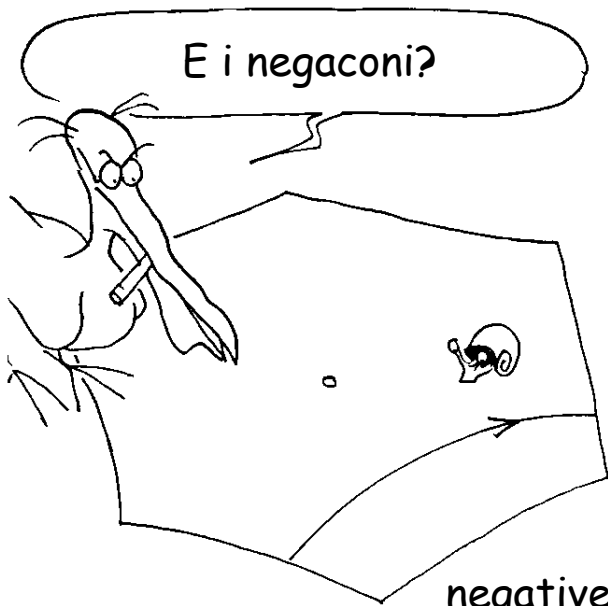
Viene dato alla **MASSA**
un significato
GEOMETRICO

Ma tra gli atomi non
c'è del ... **VUOTO**?

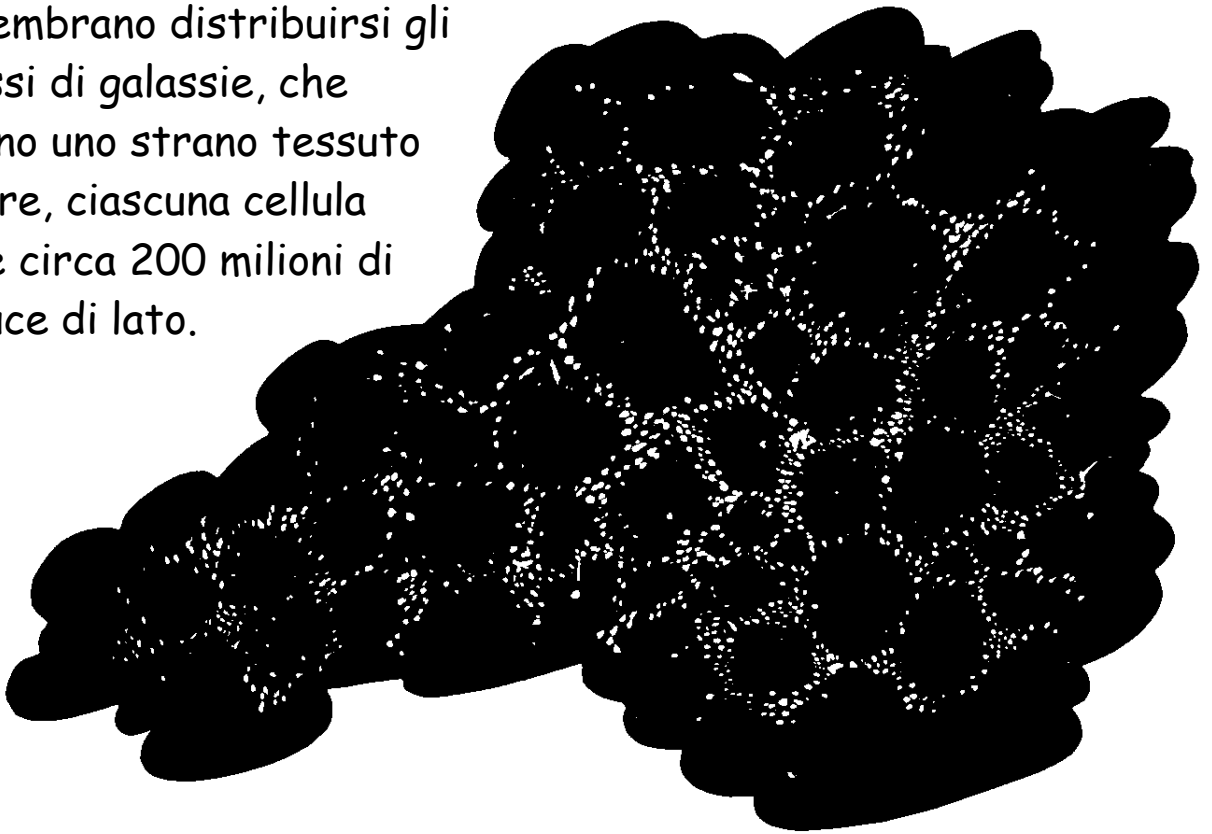
Oppure non ci capisco
più niente...

Ma no, carissimo, questa vecchia
opposizione tra materia e vuoto è
completamente superata; non rimane
che... geometria.

Soltanto...
geometria !!?!

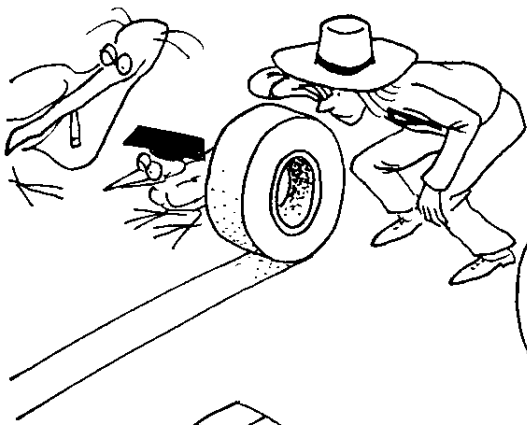


Evocano "masse negative", che generano forze repulsive. Un universo pieno di masse negative sarebbe decisamente strano. Anziché dar vita a galassie e stelle, si popolerebbe di bolle, di grandi vuoti. Così sembrano distribuirsi gli ammassi di galassie, che formano uno strano tessuto cellulare, ciascuna cellula avente circa 200 milioni di anni-luce di lato.

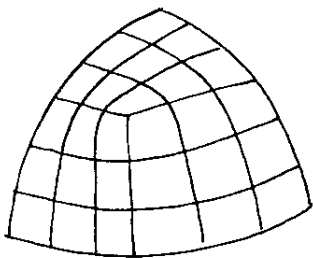


Le forze gravitazionali potrebbero allora risultare repulsive a distanze molto elevate.

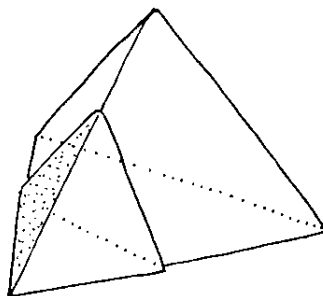
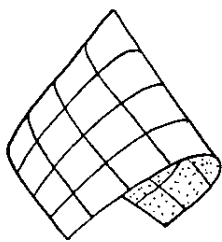
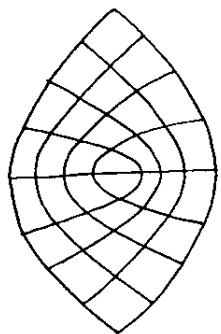
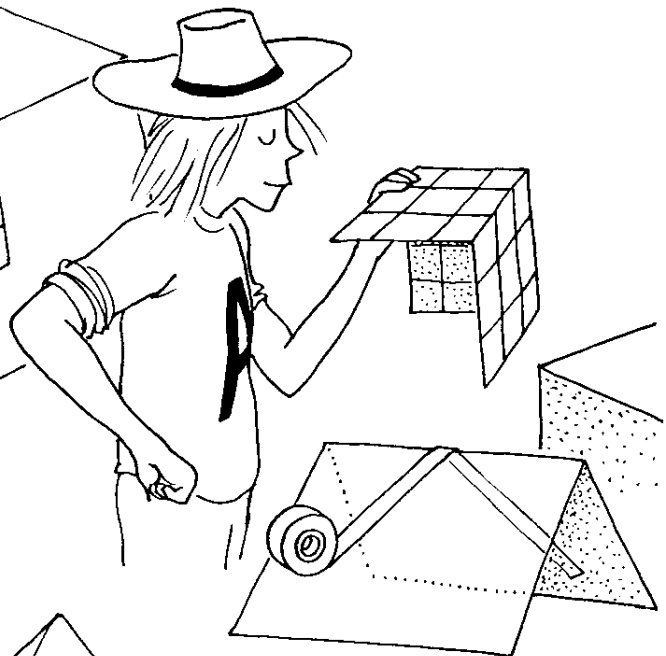
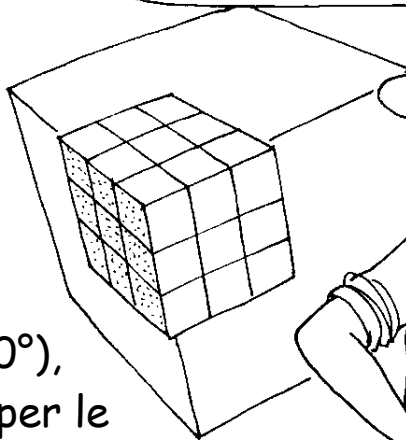
POLIEDRI



Anselmo, prova a materializzare le geodetiche di una superficie con, ad esempio, un nastro adesivo



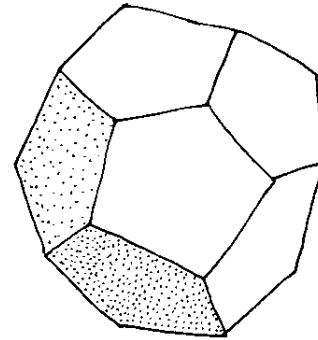
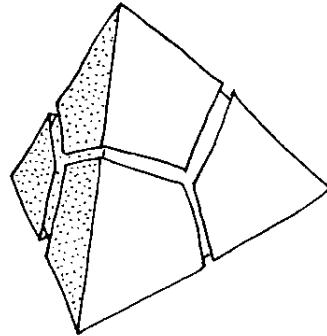
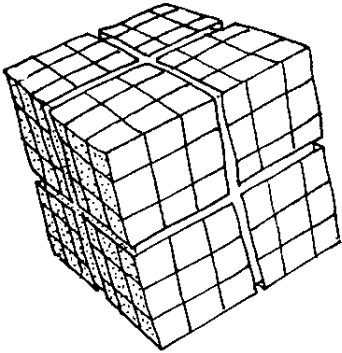
Il fatto di piegare questo cono ($\theta = 90^\circ$), non cambia niente per le geodetiche e sposa perfettamente il vertice di un cubo.



Allo stesso modo puoi operare tre pieghe su tale cono ($\theta = 180^\circ$) affinché sposi il vertice di un tetraedro regolare.



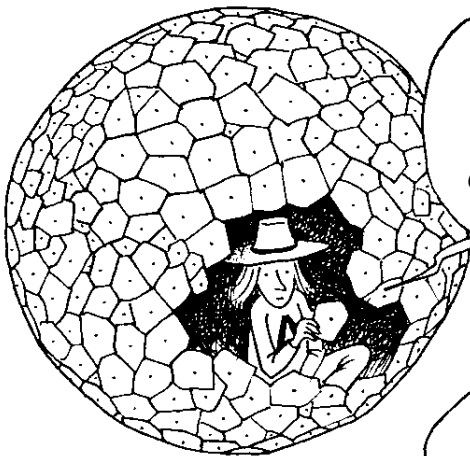
OCCORRE CHE UNO SPAZIO SIA APERTO O CHIUSO



Otto coni ($\theta = 90^\circ$)
consentono di fare
un CUBO
 $90 \times 8 = 720^\circ$

Quattro coni ($\theta = 180^\circ$)
consentono di fare
un TETRAEDRO
 $180 \times 4 = 720^\circ$

Venti coni ($\theta = 36^\circ$)
consentono di fare
un DODECAEDRO
 $20 \times 36^\circ = 720^\circ$



Se assemblo nel modo più regolare possibile un numero N di microconi di angolo θ , noto che quando $N \times \theta = 720^\circ$ ottengo... una sfera!

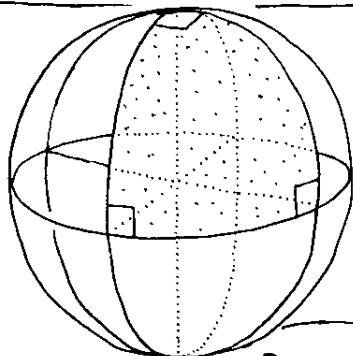
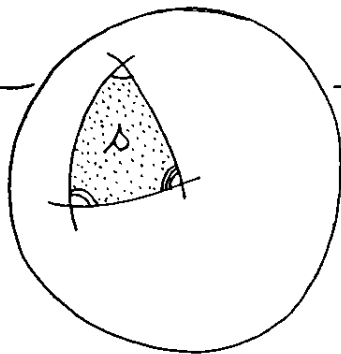
È normale in quanto la CURVATURA TOTALE della sfera vale 720°

Adesso esci di lì, carissimo.



Sulla sfera, la curvatura è distribuita in modo uniforme. La somma degli angoli di un triangolo tracciato su di una sfera è quindi pari a $180^\circ + 720^\circ \times s/S$ dove s è la superficie del triangolo e S quella della sfera. Il secondo termine: $720 \times s/S$ rappresenta la QUANTITÀ di CURVATURA contenuta nel triangolo.

La Direzione ()*



Esempio: questo triangolo occupa un ottavo della superficie della sfera

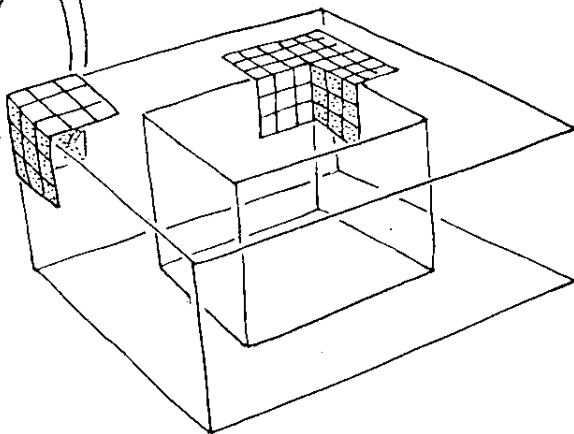
$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \frac{720^\circ}{8} = 270^\circ$$

Fantastico!...

Per motivi analoghi, se la densità media nel nostro spazio tridimensionale (cioè la quantità di curvatura per unità di volume) supera 10^{-29} grammi/cm³, tale spazio si RICHIUDErà su sè stesso.

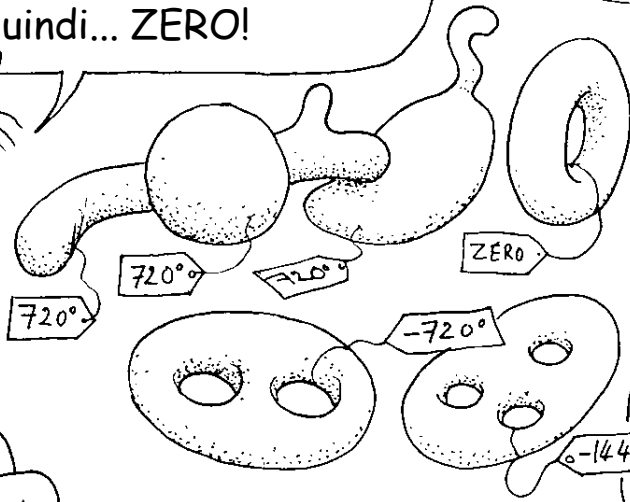
Dica, Signor Albert, la curvatura totale di un TORO, quanto vale?

Semplice, Anselmo, ti basta rappresentarlo così: con otto posiconi ($\theta = +90^\circ$) e otto negaconi ($\theta = -90^\circ$)



(*) Teorema che dobbiamo a GAUSS

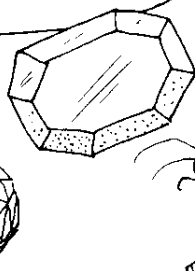
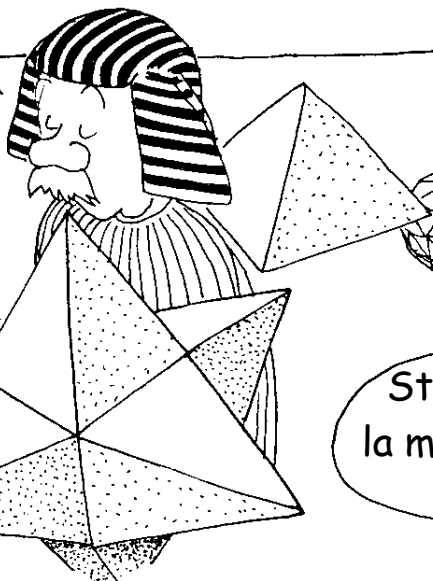
La somma dei sedici angoli, delle sedici curvatures, è nulla. La CURVATURA TOTALE del TORO è quindi... ZERO!



Eh sì...
Qualunque oggetto di tipo sfera ha una CURVATURA TOTALE uguale a 720° , cioè 4π

Un toro da N fori, una *FOUGASSE* (*), avrà una curvatura totale uguale a $-4\pi (N-1)$ (si sottrae 4π per ogni foro).

Se costruisci un oggetto chiuso su sé stesso a forma di poliedro, sommando tutte le curvatures concentrate ai suoi vertici, ne ritroverai la curvatura totale.



Tiresias, cosa fa di bello?



Sto cercando la mia curvatura totale.

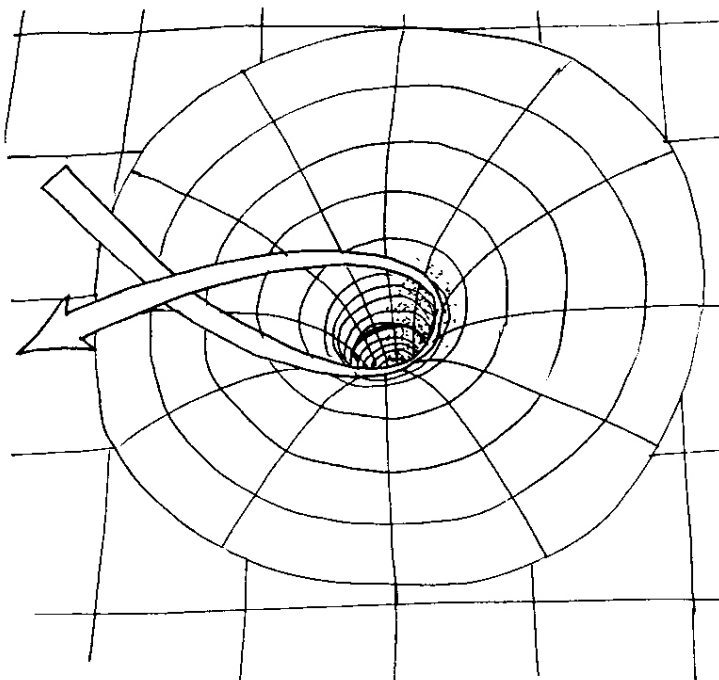
(*) Focaccia con buchi tipica del sud della Francia, dove abita l'autore.

PRIMO APPROCCIO AL BUCO NERO

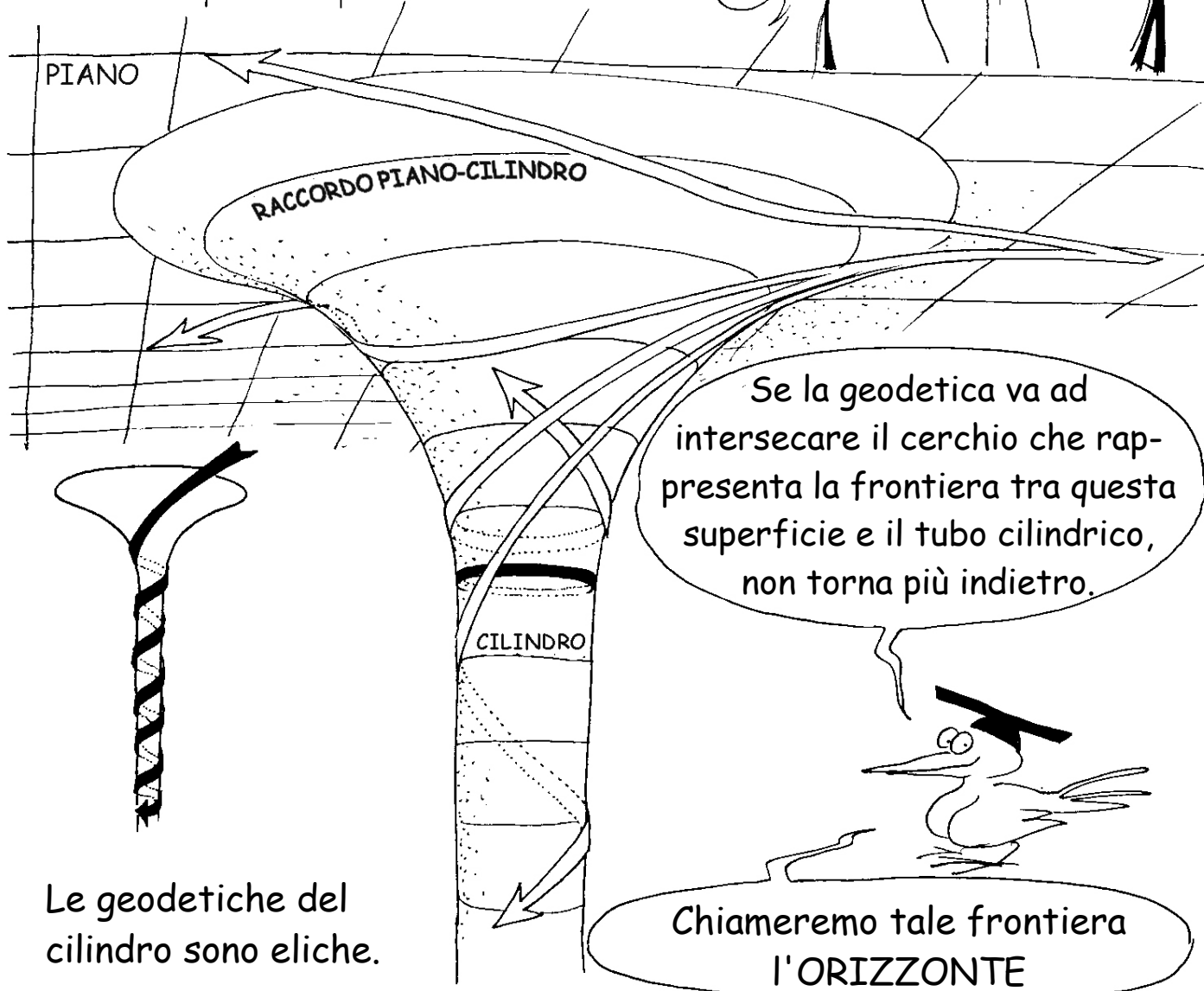
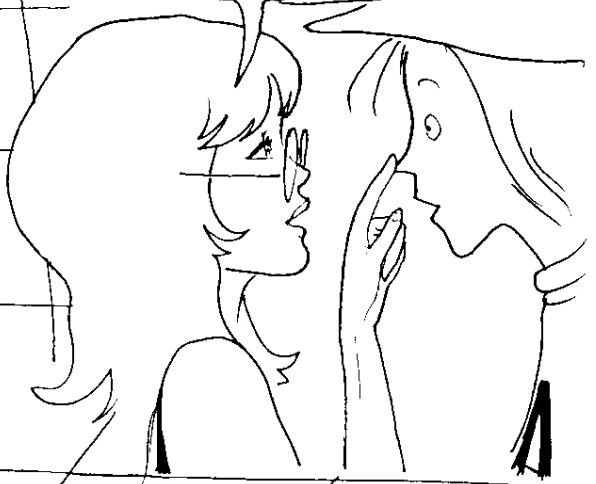
Che cos'è sto
affare?

Con il nastro adesivo ho
tracciato alcune geodetiche
di questa strana superficie.





Se la geodetica si inoltra a sufficienza in questa depressione, finirà per intersecare sé stessa.

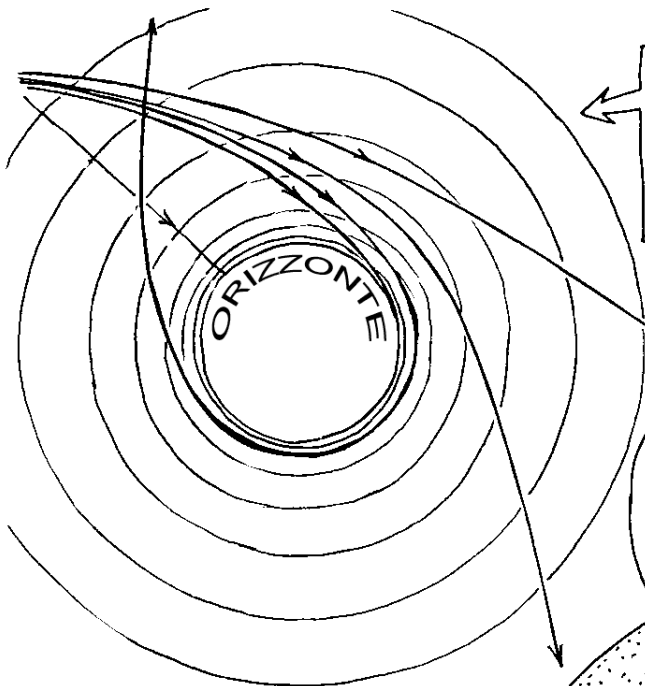


Se la geodetica va ad intersecare il cerchio che rappresenta la frontiera tra questa superficie e il tubo cilindrico, non torna più indietro.



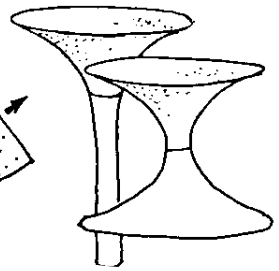
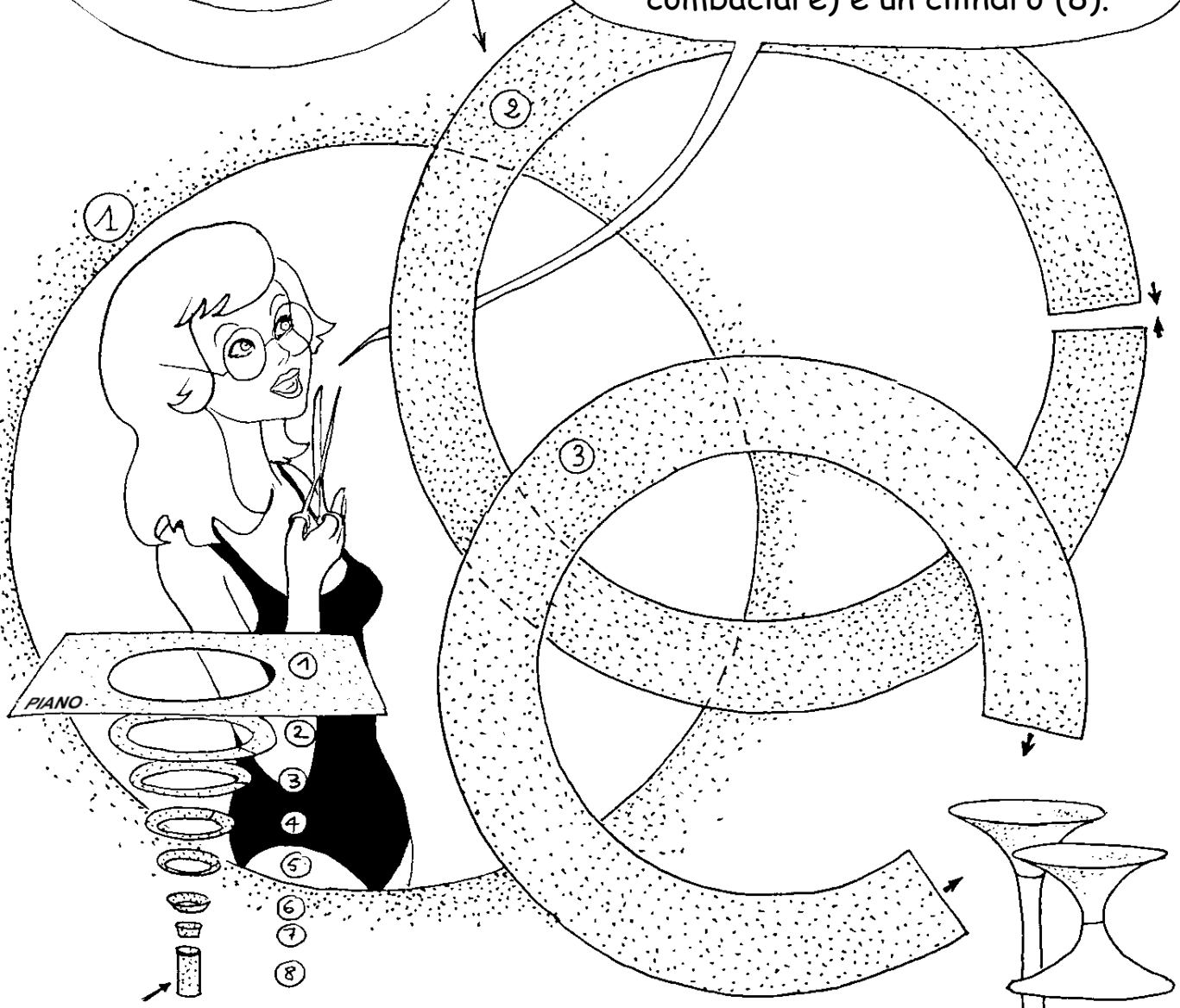
Chiameremo tale frontiera l'ORIZZONTE

Le geodetiche del cilindro sono eliche.



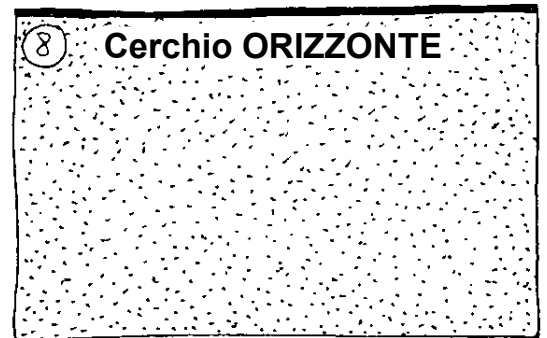
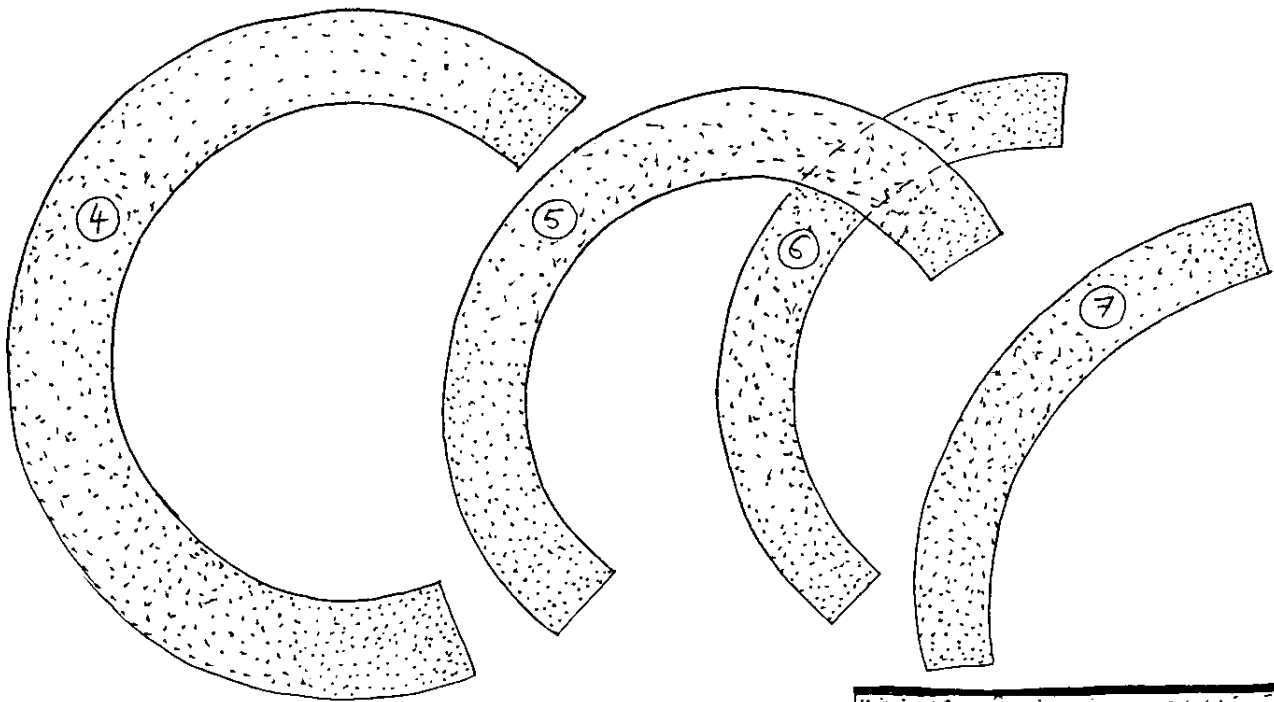
Chi avesse l'illusione di vivere in un mondo PIANO concepirebbe le traiettorie in questo modo.

Costruite il vostro buco nero usando un piano dotato di foro (1), sei tronchi di cono (da assemblare facendoli combaciare) e un cilindro (8).

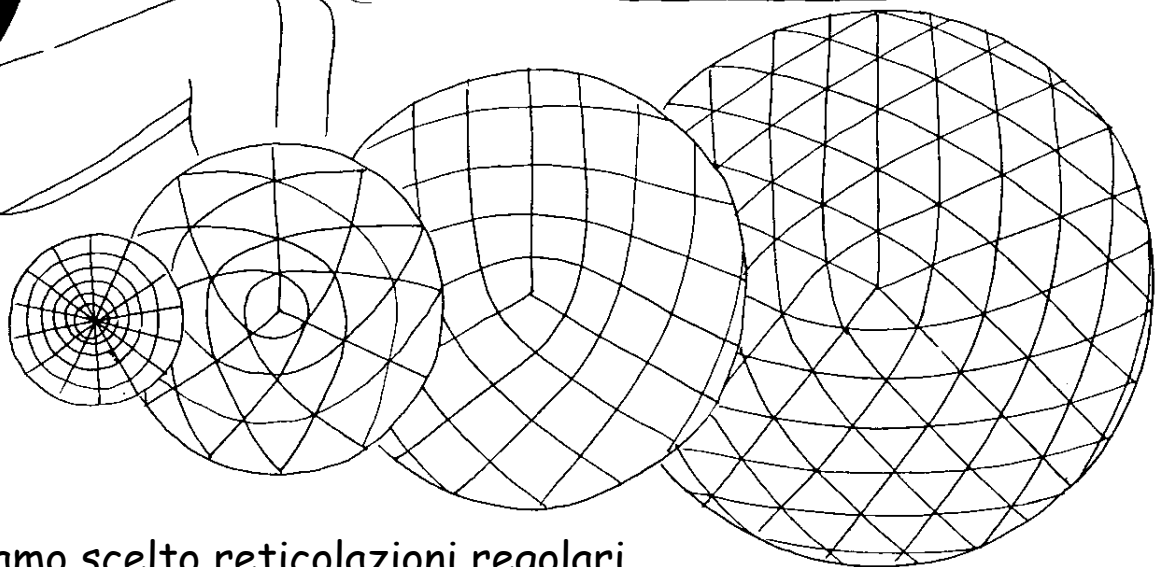


VARIANTI

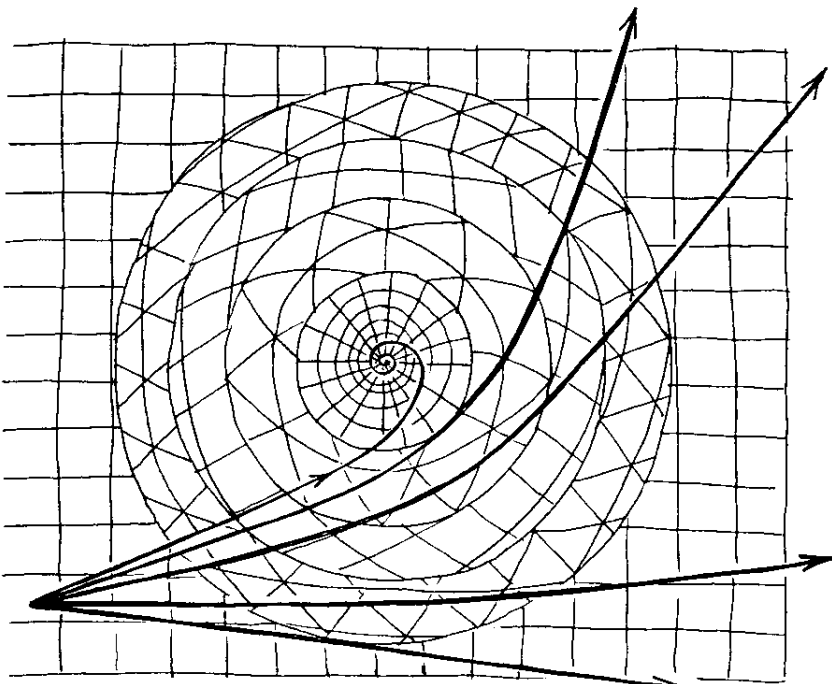
Cilindro



Ecco un altro modo di raffigurare un BUCO NERO, mediante reticolazioni.



Abbiamo scelto reticolazioni regolari solo per motivi estetici.

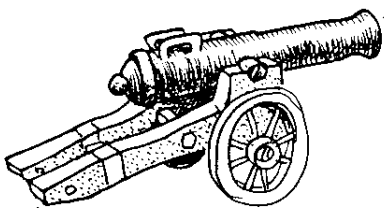


La regola del gioco sta nell'intersecare queste reticolazioni successive secondo un angolo costante, garantendo un raccordo, una continuità, ad ogni frontiera circolare. Più ci si avvicina al buco nero più l'attrazione si fa sentire. All'interno del CERCHIO ORIZZONTE, la traiettoria si avvolge a spirale.

Notiamo che la reticolazione centrale, polare, è assimilabile alla reticolazione di un cilindro mediante geodetiche, in prospettiva.

Attenzione! C'è qualcosa che non quadra da cima a fondo nella vostra faccenda!

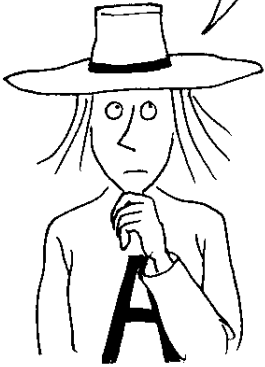
Sostituite masse con curvature e le traiettorie con delle geodetiche. Ma della VELOCITÀ INIZIALE cosa ne fate?



La traiettoria di un oggetto nel campo di forza generato da una o più masse dipende dalla sua velocità iniziale V_0

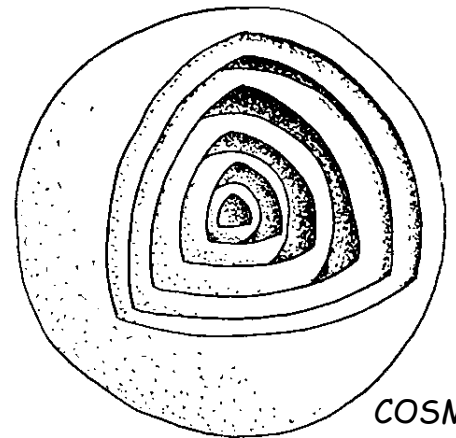
Esempio: la palla di un cannone e l'attrazione terrestre.

Quindi i disegni di prima corrispondevano ad un determinato valore della velocità iniziale V_0



IN IMMERSIONE

Immaginiamo un mondo costruito come una cipolla, cioè a strati concentrici. (*)

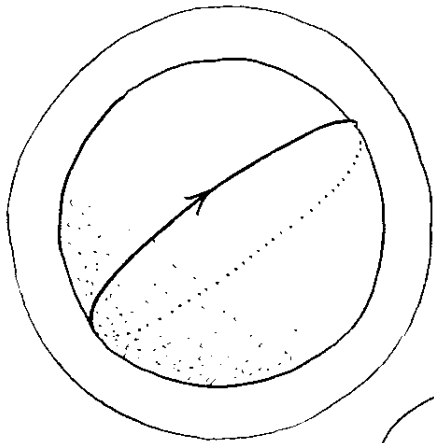


COSMIC PARK

Ad ogni strato corrisponde un'intensità V della velocità. E più si va veloci, più si è in profondità.

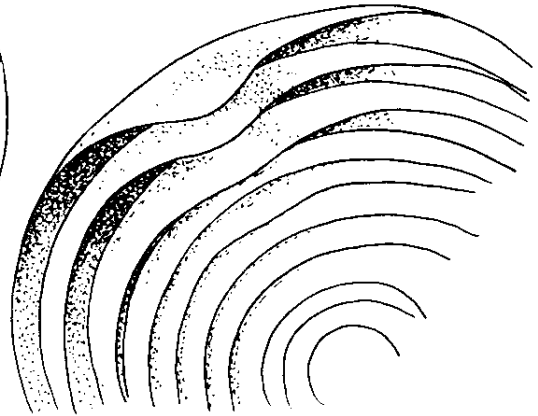
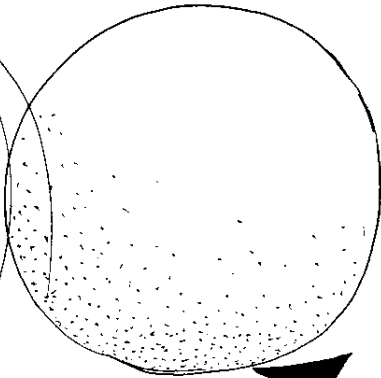
Alla velocità della luce si è al centro della cipolla.

(*) Questo modello è già stato presentato in *È TUTTO RELATIVO*, con il nome di COSMIC PARK (stesso autore, BELIN Editore).

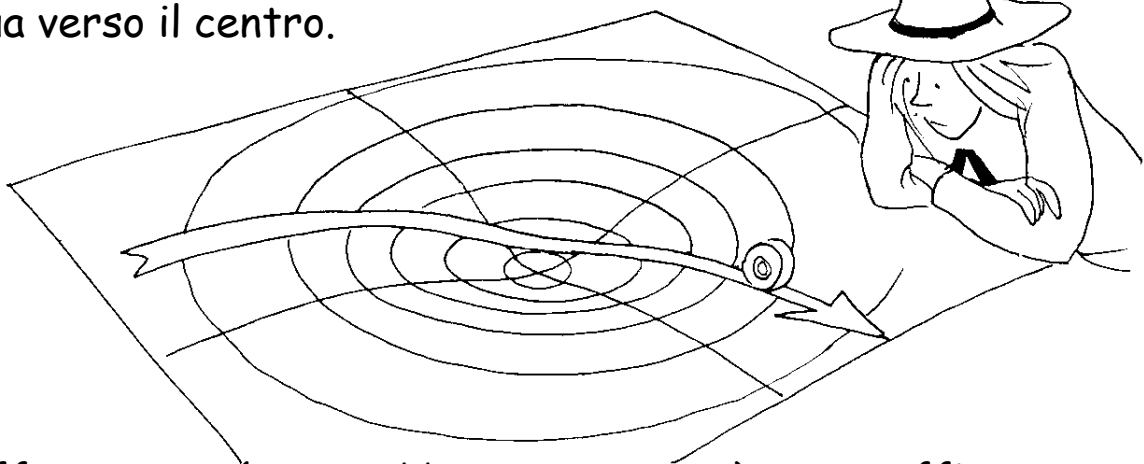


In assenza di FORZE, un oggetto conserva la sua velocità V (rimane quindi ad una stessa distanza dal centro della cipolla). Descrive una GEODETICA della corrispondente SFERA, ovvero un GRAN CERCHIO.

Osservate attentamente!

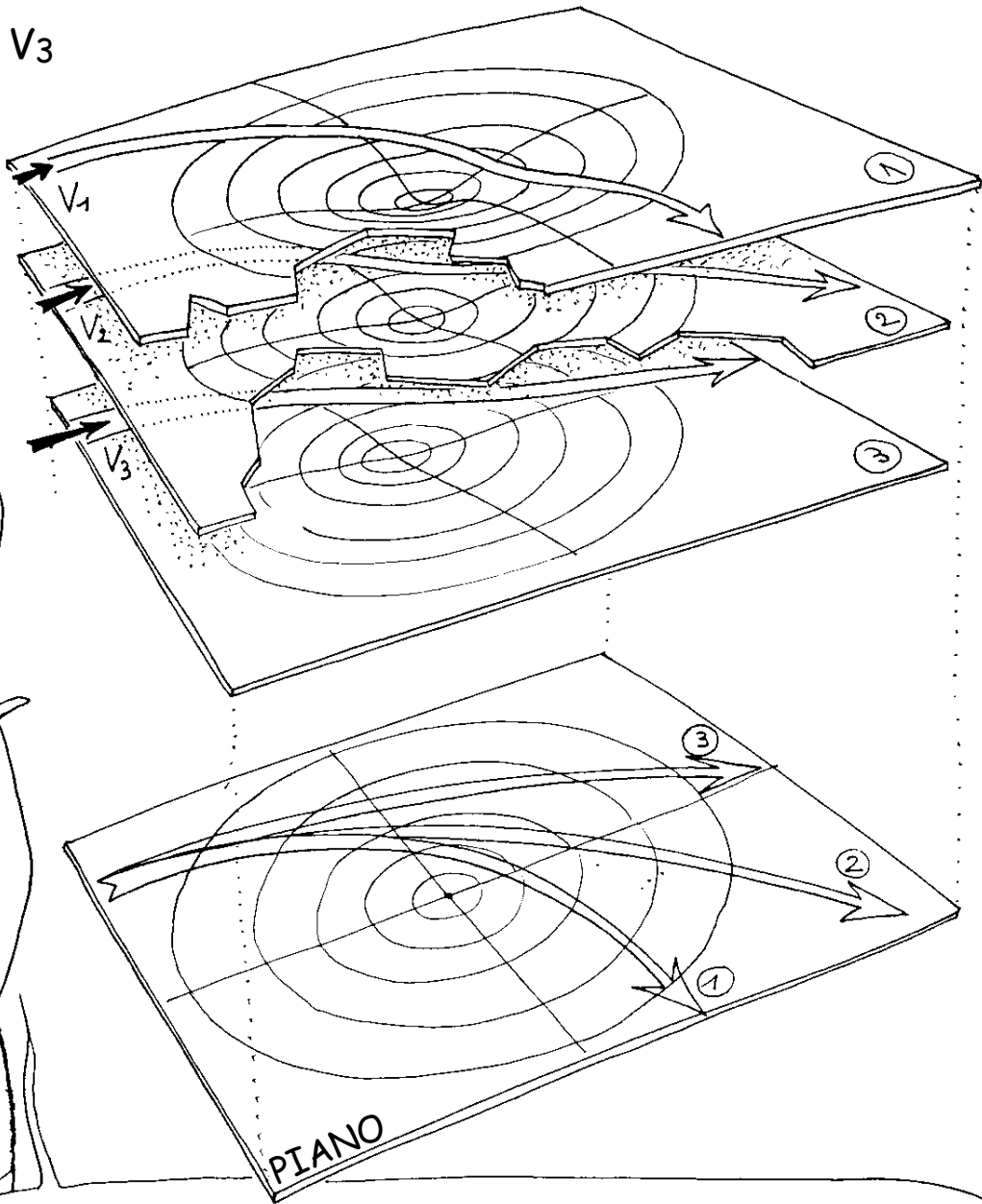


Ed ecco il risultato della martellata del Signor Albert. Come si può notare, l'effetto si attenua verso il centro.

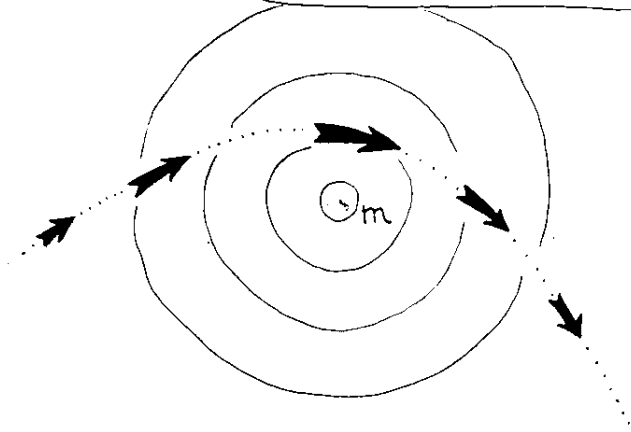


Ecco un affossamento (o una gobba, stessa cosa...). Sono raffigurate le curve di livello (che NON sono delle GEODETICHE!) e una particolare geodetica.

$$V_1 < V_2 < V_3$$



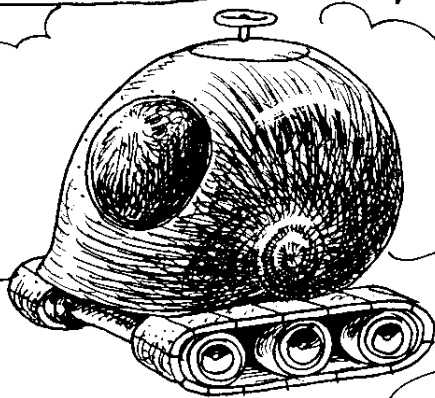
Più la velocità iniziale è bassa, più la deformazione è pronunciata e più la traiettoria è incurvata.



Sotto l'effetto dell'attrazione gravitazionale, la velocità di un oggetto prima cresce poi decresce. Viene raggiunta la massima velocità quando la distanza tra l'oggetto e la massa attrattiva è minima (perielio).

Cos'è questo strano veicolo?

È il
CRONOSCAFO



Consente di seguire le
geodetiche del Cosmic Park.

Per quale motivo ci si
dovrebbe chiudere nel
cronoscafo?

L'intero Cosmic Park
si trova immerso in un
fluido: il CRONOL.

Nessuno mi
farà mai salire
li dentro!

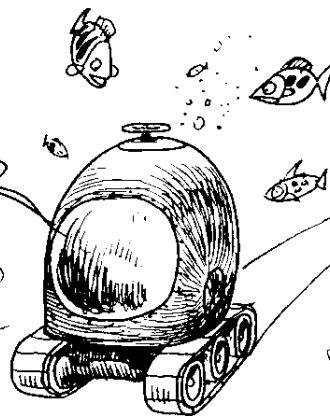
Il tragitto seguito
dal CRONOSCAFO
si chiama DESTINO.



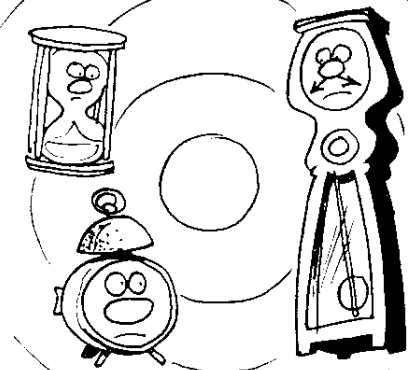
(*) Nota di SERVIZIO: Il SECONDO PRINCIPIO ci dice che risulta impossibile seguire le geodetiche dello spazio-tempo (COSMIC PARK) a ritroso.

La Direzione

Poiché la pressione P_R è superiore a P_E , il cronol scorre e il flussometro indica il tempo che trascorre.



Più ci si inabissa nel cronol più la pressione P_E cresce. Siccome la portata è proporzionale alla differenza $(P_R - P_E)$, il tempo trascorre meno velocemente.



E la profondità, corrisponde alla velocità. Quindi più si va veloce meno il tempo scorre (*)

E quando si arriva alla velocità della luce, P_E diventa esattamente uguale a P_R , e il tempo s'arresta.



Non è possibile andare più veloci della velocità della luce, e non si può andare più profondo del centro del Cosmic Park.

(*) vedi È TUTTO RELATIVO, stesso autore, BELIN editore.

La superficie del Cosmic Park è l'immobilità, il riposo.

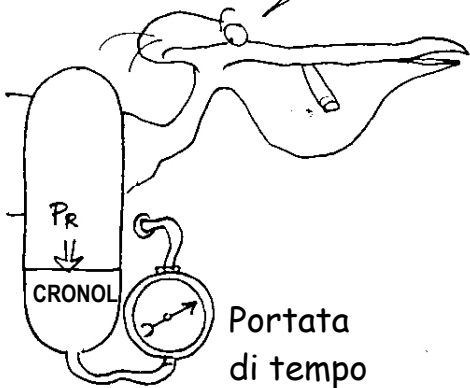
È rimanendo immobili
che si invecchia di più!



Quando un corpo è molto massiccio, curva pesantemente lo spazio-tempo. Vuol dire che in tale regione, anche a riposo, un oggetto risulterà immerso in un CRONOL dalla maggior pressione. Ed il suo tempo scorrerà meno velocemente di un oggetto sempre a riposo ma lontano da qualunque massa. È ciò che accadrebbe nelle vicinanze di un oggetto celeste superdenso quale una stella a neutroni.

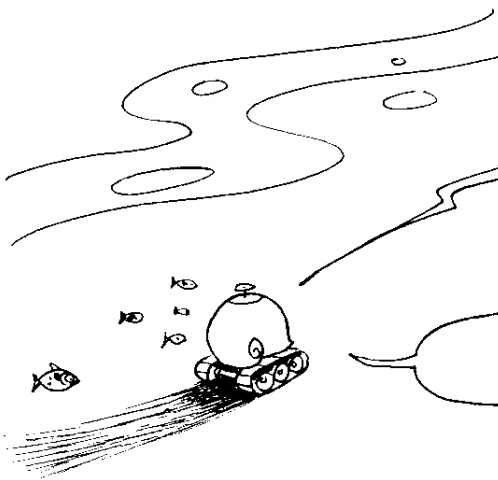
Cosa succederebbe se
si uscisse bruscamente
dal cronoscafo?

Forse si vivrebbe
un invecchiamento
istantaneo?



E quando si esaurisce il cronol
del serbatoio, si... muore?

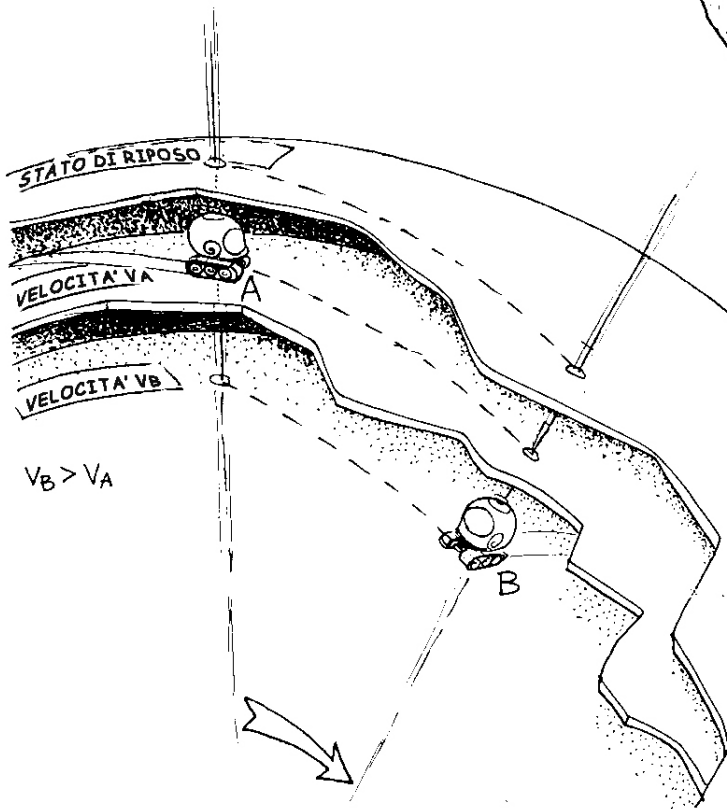
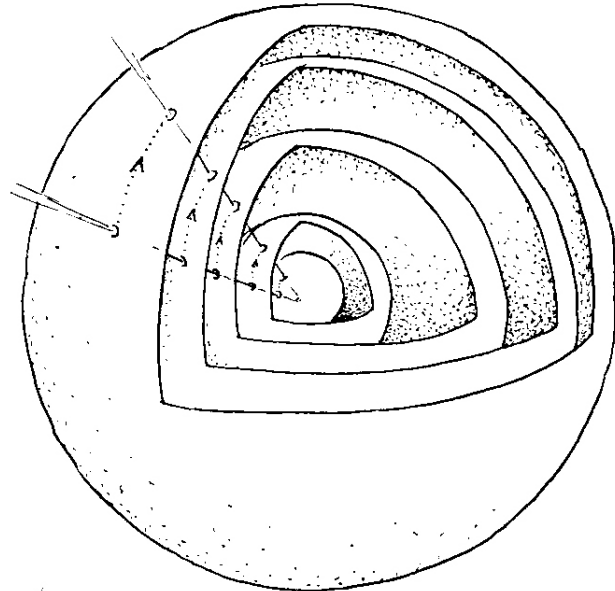
COMUNICARE



Eccoci quindi chiusi in questi cronoscafi. Ma come facciamo a comunicare?

Utilizzando dei FOTONI.

I fotoni sono come dei pennelli di luce creati per scandagliare tutti gli strati del Cosmic Park a velocità angolare costante.

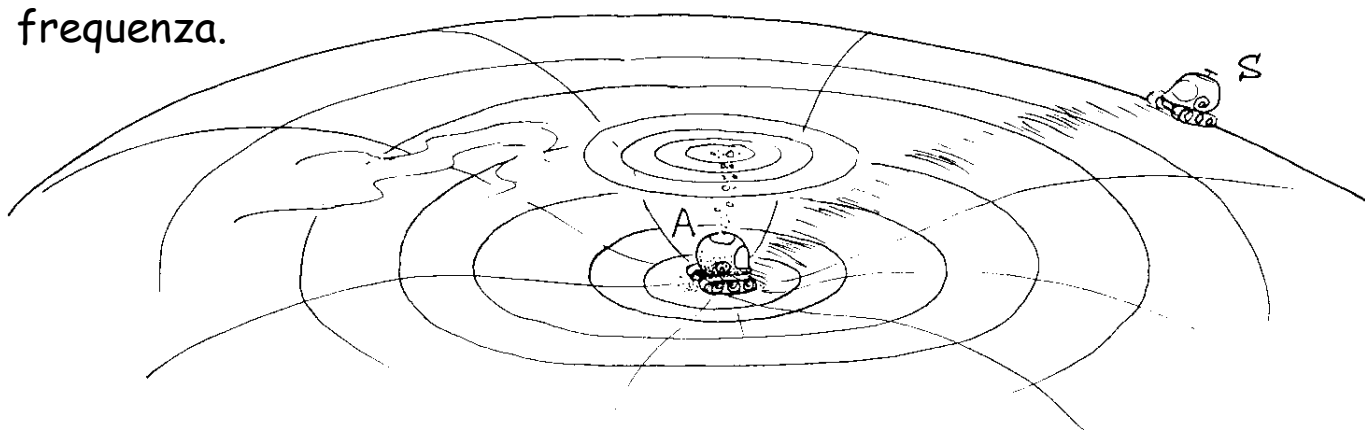


Un oggetto A, che procede a velocità V_B , può innescare la partenza di uno di questi pennelli di luce in direzione di un oggetto B che transita ad una velocità V_B .



Ed il colore è determinato dalla frequenza.

Infrarosso Rosso Arancione Giallo Verde Blu Viola Ultravioletto



Le frequenze (emesse o ricevute) vengono misurate rispetto al tempo che trascorre nel cronoscafo del trasmettitore o del ricevitore. Nel cronoscafo A, Anselmo emette luce blu. Egli si trova in una regione dello spazio in cui regna una forte curvatura. Si trova ad esempio in prossimità di una stella a neutroni (molto massiccia). Sofia, nel cronoscafo S, riceve questa luce. Si trova lontana da questo oggetto supermassiccio. Quindi per lei il tempo trascorrerà più velocemente e misurerà una frequenza minore, a tal punto che questa luce risulterà, per lei, spostata verso il rosso. È ciò che viene chiamato RED SHIFT (slittamento verso il rosso) di origine gravitazionale.

Anselmo si trova su una stella a neutroni.
(Lo abbiamo svincolato dalla gravitazione affinché non sia istantaneamente appiattito sulla superficie sotto l'effetto del proprio peso).



In pratica la mela ERA VERDE
ed è stata l'alterazione del tempo
a cambiarne l'aspetto.

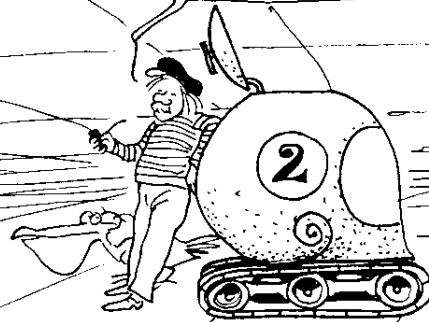
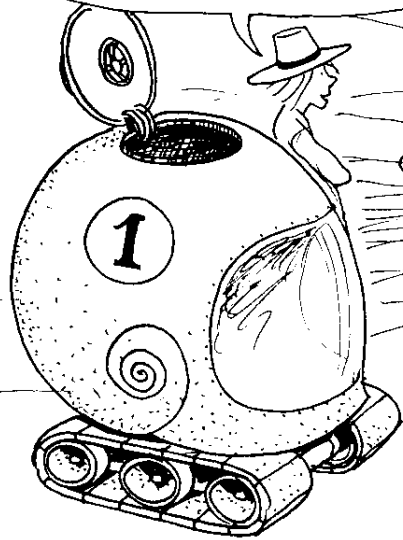
Non ci sono più le mele
di una volta...



SECONDO APPROCCIO AL BUCO NERO

Continuiamo
l'esplorazione del
Cosmic Park.

OK, salgo con Leone.
Buona geodetica!...

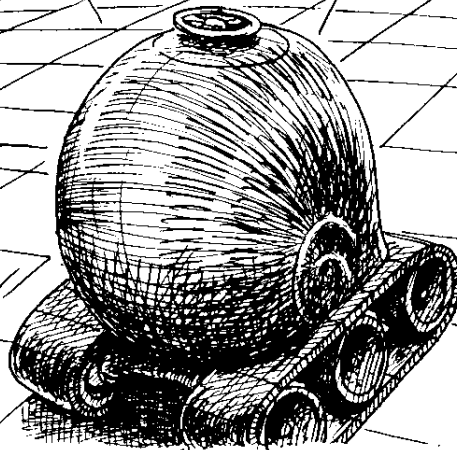


Vedo laggiù Leone
e il Signor Albert.

E ho anche un collegamento
audio, tramite radio (*)

Cos'è quell'affare
in lontananza?

Sembra una
tromba d'aria



(*) Le onde radio sono della stessa natura delle onde luminose.

Stessa velocità di propagazione C , ma con frequenze più basse.



È un buco nero!

Il Signor Albert e Leone
ci sono finiti dentro.

Ci passiamo
vicino, caspita!

Si può fare qualcosa per Leone
ed il Signor Albert?

Impossibile, le
nostre geodetiche
non sembrano
volersi incrociare.




Li vedi?

Il fondo del buco nero appare completamente opaco.

Li vedo ancora, ma il loro cronoscafo è diventato di un colore rosso scuro.



Pronto, Signor Albert, Leone, mi ricevete?



Non ci capisco niente. La sua voce è diventata acutissima e parla troppo rapidamente.

La sua voce è sempre più grave. Sembra un disco che si sta fermando!?!



OOOGHHUHH...

Problemi di comunicazione, quando si vive in "bolle temporali" così diverse.

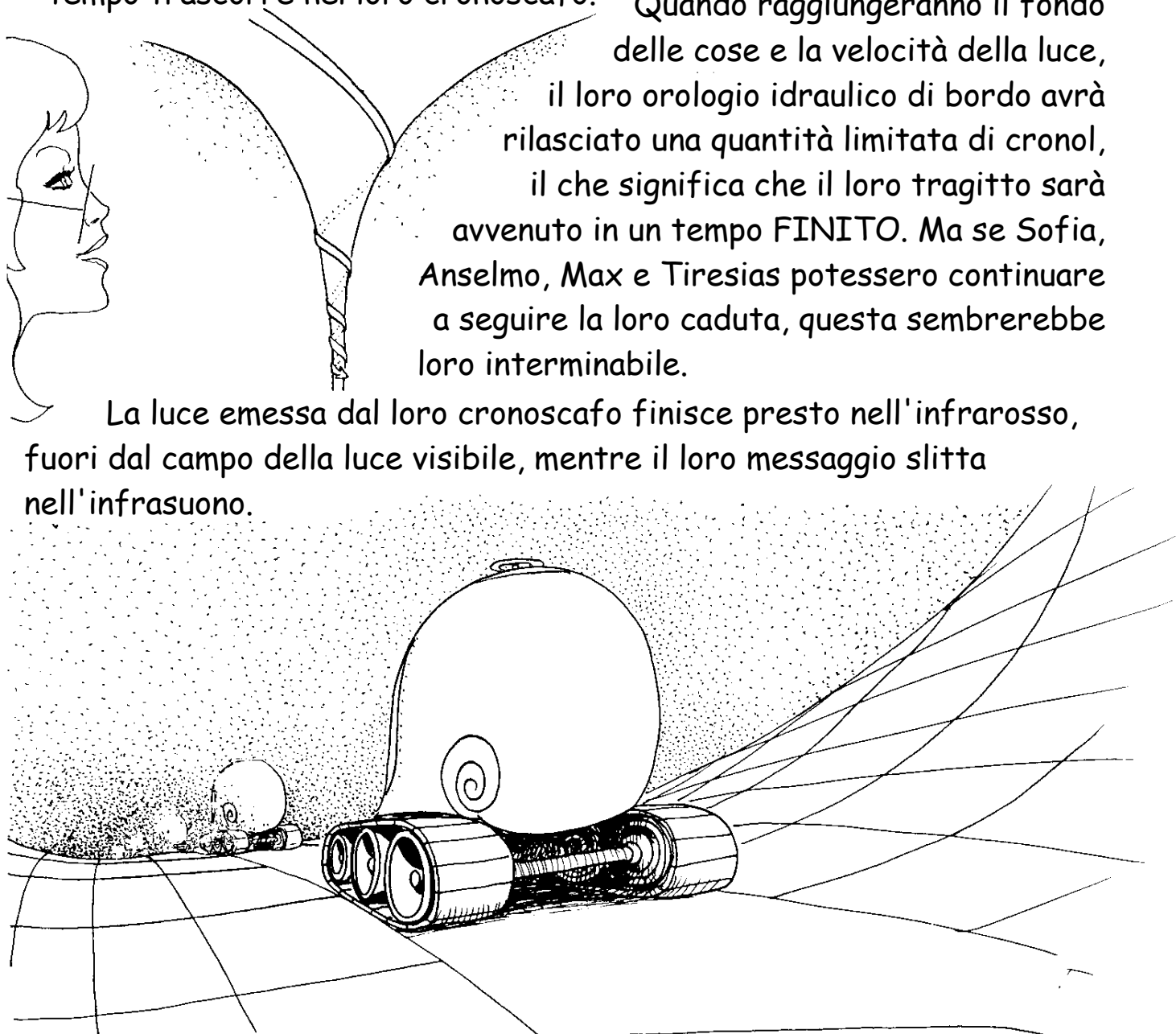
La Direzione

QUESTIONE DI TEMPO

Più Albert e Leone si inabissano nel CRONOL, più la pressione esterna PE cresce, quindi meno la loro clessidra libera fluido, e meno tempo trascorre nel loro cronoscafo.

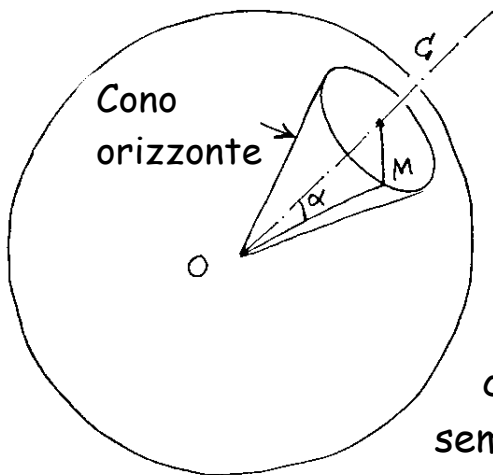
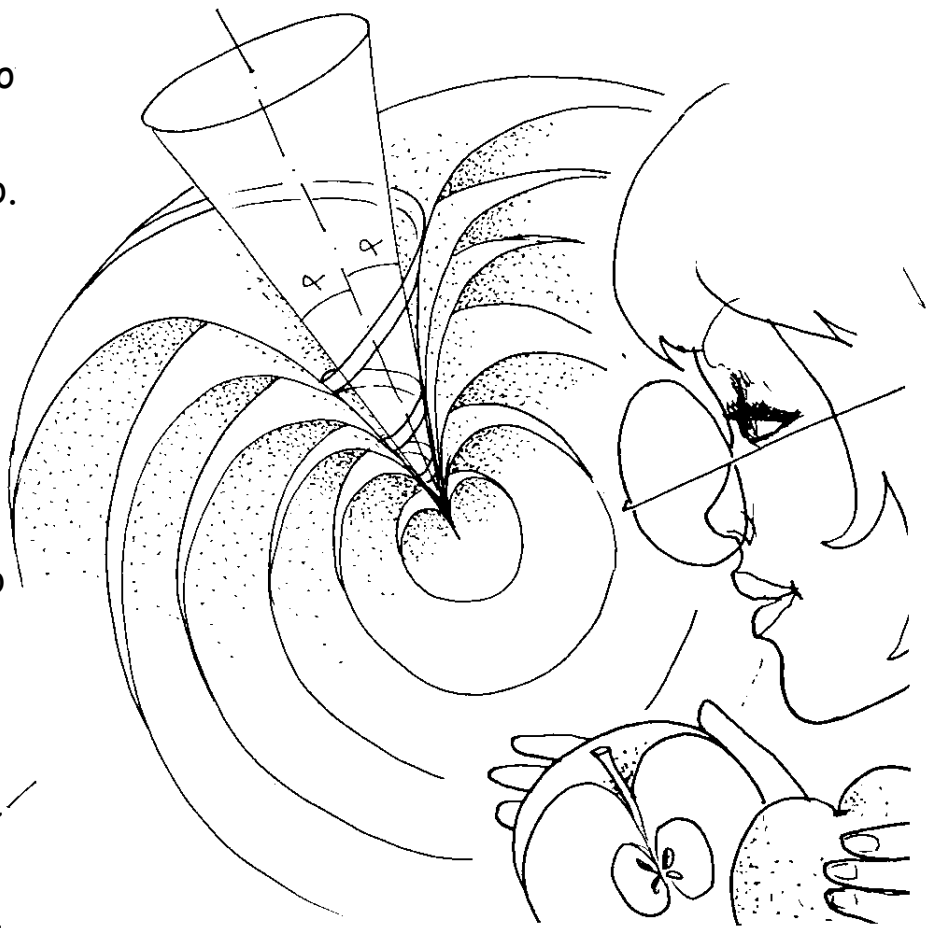
Quando raggiungeranno il fondo delle cose e la velocità della luce, il loro orologio idraulico di bordo avrà rilasciato una quantità limitata di cronol, il che significa che il loro tragitto sarà avvenuto in un tempo FINITO. Ma se Sofia, Anselmo, Max e Tiresias potessero continuare a seguire la loro caduta, questa sembrerebbe loro interminabile.

La luce emessa dal loro cronoscafo finisce presto nell'infrarosso, fuori dal campo della luce visibile, mentre il loro messaggio slitta nell'infrasuono.



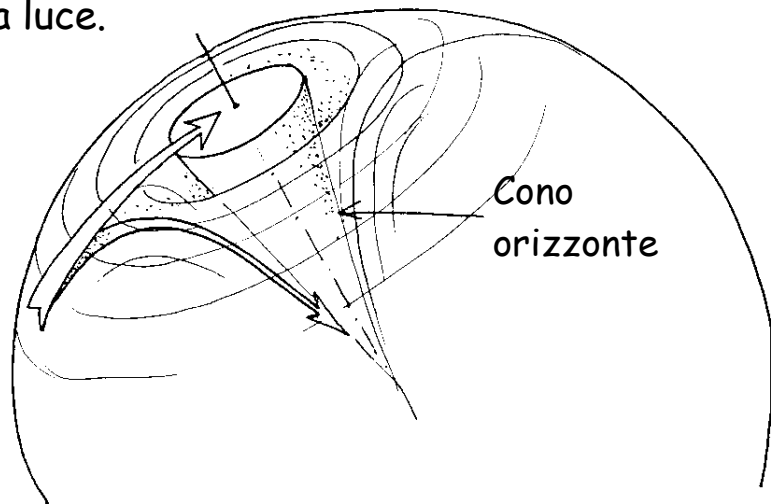
Mi ricorda il paradosso di Achille, che tenta di avvicinarsi alla tartaruga riducendone **OGNI VOLTA** la distanza di metà.
La raggiunge in un tempo finito.

Ecco, in questo modello del Cosmic Park, una immagine del buco nero. Il punzone ha completamente sfondato lo spazio-tempo fino al centro, dove regna la velocità della luce. Tutti gli strati in questo punto diventano tangenti ad un cono il cui semiangolo al vertice è α



In questo modello, la distanza è in realtà un ANGOLO tra due raggi vettori: esempio \overline{OM} e \overline{OC} . Guardando il disegno soprastante, ci si accorge che non si entra mai nel cono dal semiangolo al vertice α . Per un osservatore che

soggiornasse sulla superficie del CRONOL, cioè allo stato di riposo, e che non concepisse la curvatura spazio-tempo, questa frontiera del buco nero, chiamata ORIZZONTE, apparirebbe come un CERCHIO che verrebbe superato alla velocità della luce.





Oh, guarda, siamo tornati quasi al nostro punto di partenza, vicino al cronoscafo n° 3, rimasto immobile.

L'escursione intorno al buco nero ha rallentato il nostro invecchiamento. Se qualcuno fosse rimasto in quel cronoscafo a riposo, avrebbe forse aspettato il nostro ritorno per centinaia o migliaia di anni!

Dove portano i buchi neri?

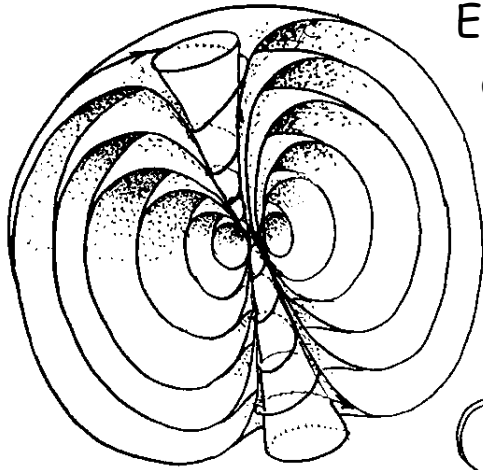


Cioè un oggetto nel quale non si potrebbe mai entrare. Se ne potrebbe solo uscire.

Nessuno lo sa.
La teoria mostra che potrebbe esistere un anti-buco nero.



Una FONTANA BIANCA...



Ecco, nel modello del Cosmic Park, a cosa potrebbe assomigliare una coppia buco nero-fontana bianca.

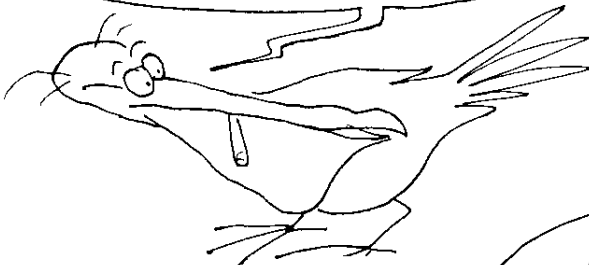


È lo stesso oggetto ma con un orientamento inverso delle geodetiche.



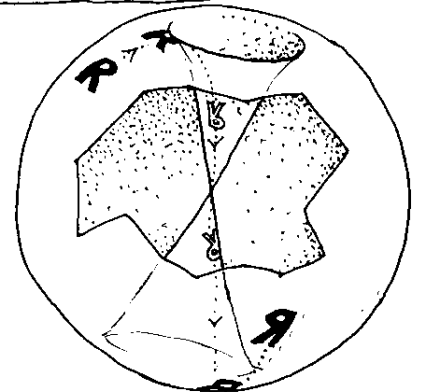
Ma cosa c'è NEL buco nero, oltre l'ORIZZONTE? Non c'è forse... NIENTE?!?

L'interno del buco nero sarà del NIENTE allo stato puro?...



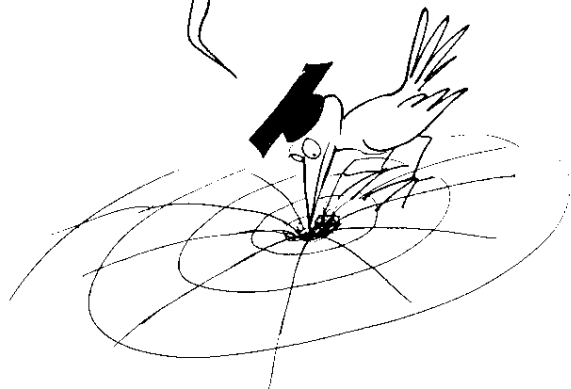
Ma no! "L'interno" del buco nero sarebbe semplicemente l'esterno della relativa fontana bianca.

Si può notare che, in questo modello, la struttura BUCO NERO-FONTANA BIANCA dà a tutti gli strati del Cosmic Park l'aria di superfici inorientabili, ad un solo lato, con il passaggio che inverte gli oggetti. Ad esempio una R si ritrova come una \mathcal{R} .



IN BOCCA AL BUCO

Ma esistono altre teorie. Qualcuno pensa che i buchi neri mettano il nostro universo in comunicazione con un UNIVERSO GEMELLO.



O anche con un mondo in cui tutto risulterebbe specchiato, anche il tempo.




Del resto, se audaci esploratori si sono avvicinati ad un buco nero, nessuno è mai tornato per raccontarlo.

In fondo, il guscio di Tiresias potrebbe non essere che un buco nero!



Mamma!




Leone, lascia in pace Tiresias!


Dai, Tiresias, ciò che conta in fondo è che in quel guscio tu ci stia bene.

Sigh!

EPILOGO

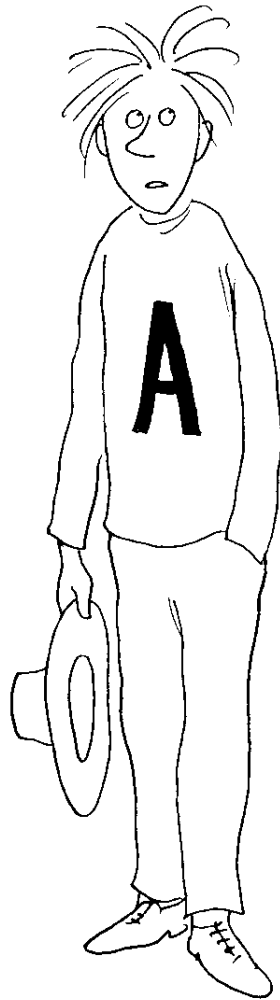


Mamma mia, il cosmòl!
Che mal di testa...




Vediamo. Il vuoto e la materia, stessa cosa! Lo spazio può richiudersi su sé stesso e si può solo andare dritto!

Se questo Universo è il migliore
degli universi possibili, chissà
come saranno gli altri?



FINE



Da dove viene l'acqua che
sgorga da questo rubinetto
sospeso nello spazio?

Hmmm...

E dove se ne va visto
che il livello nel secchiello
rimane costante?

Eppure
scorre!

