

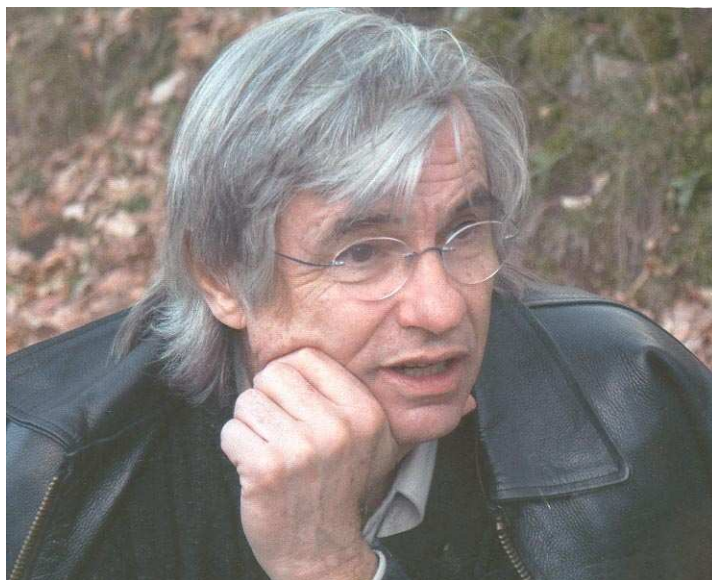
# ČERNÁ DÍRA

Jean-Pierre Petit



# Věda bez hranic

Společnost podle zákona 1901



**Jean-Pierre Petit, prezident společnosti**

Jean-Pierre Petit je bývalý vedoucí výzkumu v CNRS (Národní středisko vědeckého výzkumu), astrofyzik a zakladatel nového literárního žánru, který se nazývá vědecký komiks. V roce 2005 založil se svým přítelem Gilles d'Agostini společnost Věda bez hranic, jejímž cílem je po světě bezplatně šířit znalosti, vědecké a technické vědomosti nevyjímaje. Společnost, která funguje díky darům, platí překladatele 150 eur (v roce 2007) a hradí bankovní poplatky z převodu platby. Četní překladatelé každým dnem zvyšují počet přeložených alb (v roce 2007 bylo k dispozici 200 zdarma stažitelných alb ve 28 jazycích, včetně Laoštiny a Rwandštiny).

Tento soubor pdf může být jako celek nebo jeho části volně duplikován a šířen, lze ho použít k výuce a to pod podmínkou, že nepůjde o výdělečnou činnost. Soubor je možné uložit do městských, školních a univerzitních knihoven, jednak formou výtisku nebo na síti typu Intranet.

Autor začal doplňovat sérii knih nejdříve jednoduššími alby (pro děti ve věku asi 12 let). Zároveň také pracuje na „mluvících“ albech pro analfabety a „bilingvních“ albech určených k výuce jazyků na základě mateřského jazyka.

Společnost neustále hledá nové překladatele do mateřských jazyků, kteří mají technické dovednosti, díky nimž alba dobře přeloží.

**Kontaktní adresa je na úvodní stránce společnosti**

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

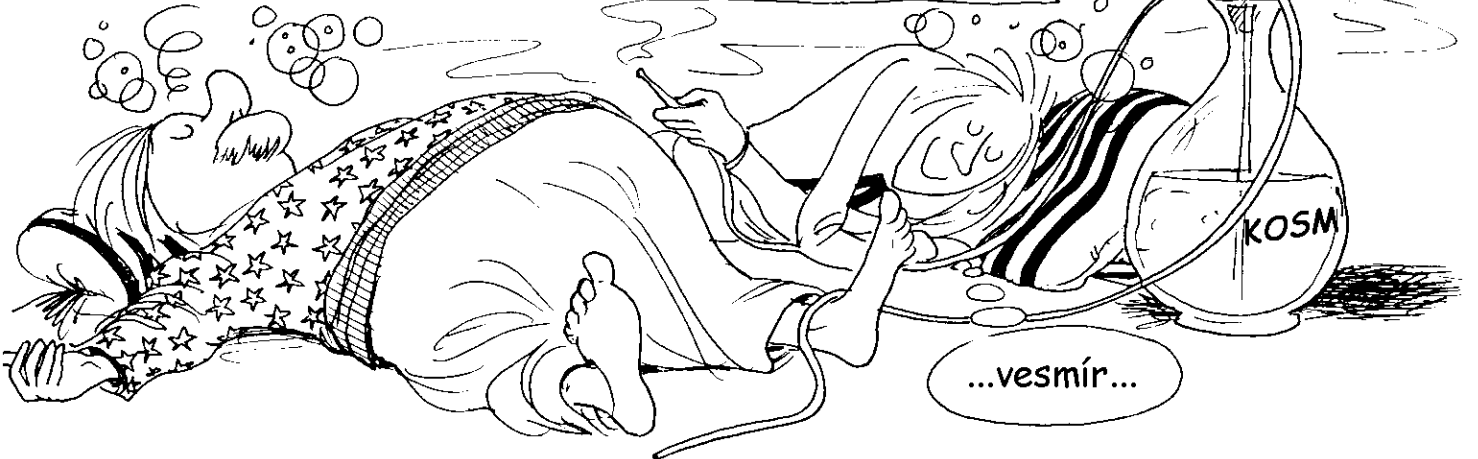


dveře velikého vesmíru...

...vesmír...



...vesmír...

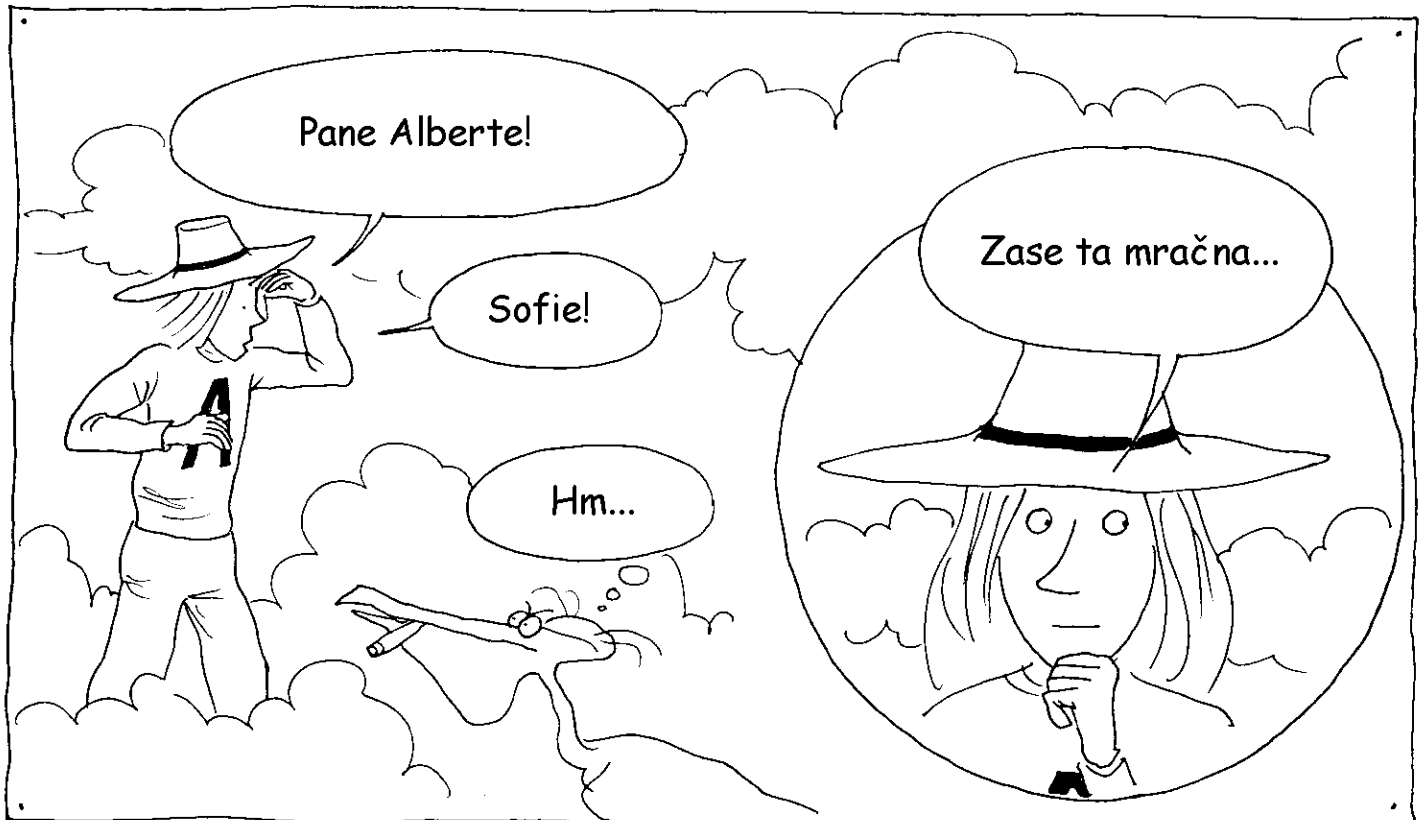


Pane Alberte!

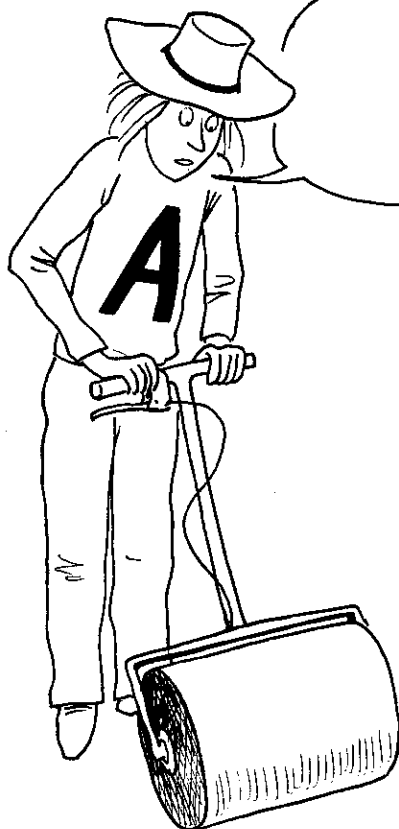
Sofie!

Hm...

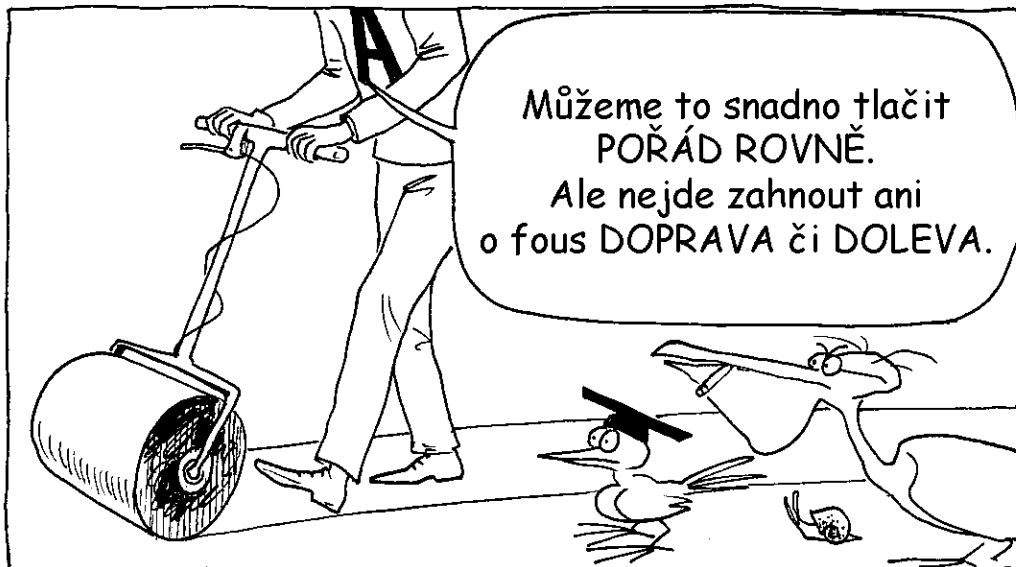
Zase ta mračna...



Anselme se opět vydává na průzkum mlhavých nejasných světů.



Hele, co to je tohleto? Vypadá to jako válec na tenisový kurt nebo něco jako malířský váleček.

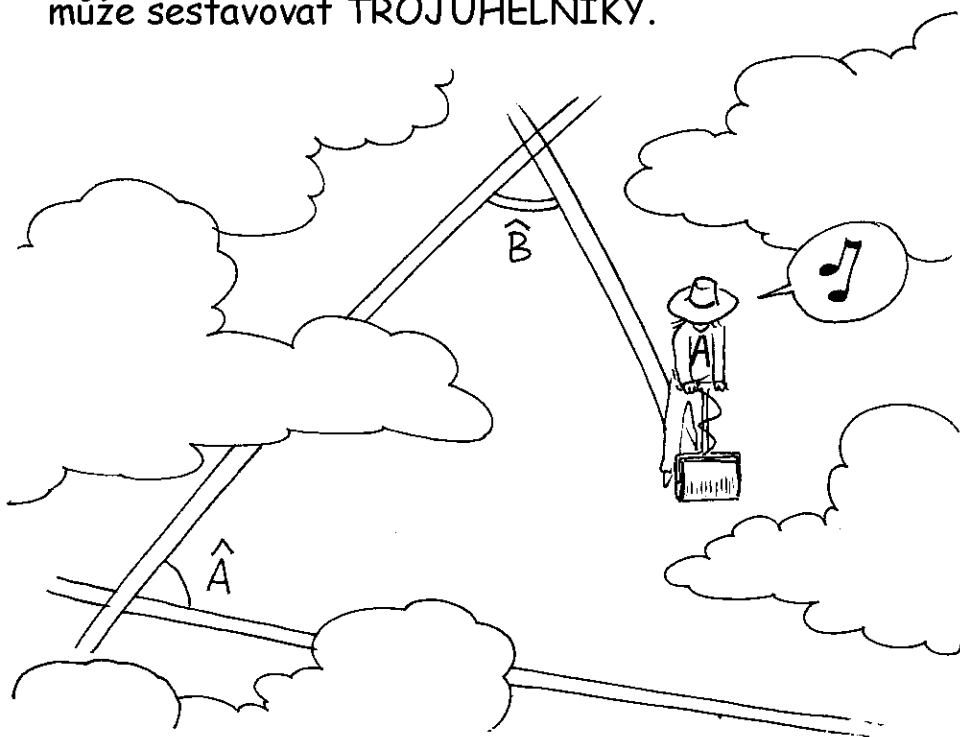


Můžeme to snadno tlačit  
POŘÁD ROVNĚ.  
Ale nejde zahnout ani  
o fous DOPRAVA či DOLEVA.



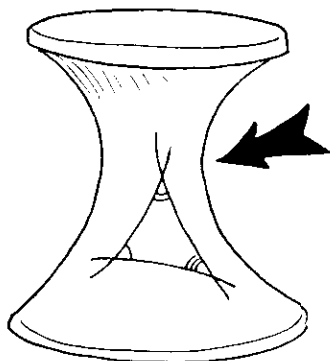
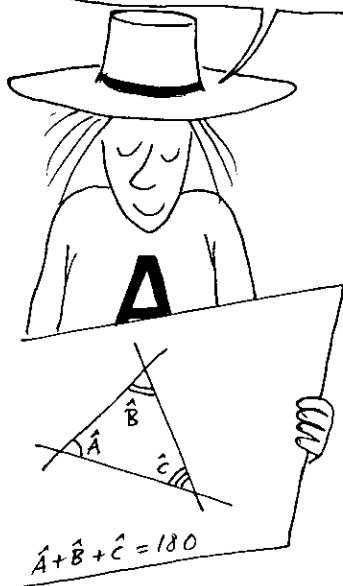
K čemu je tahle  
páčka? Když ji zmáčknu,  
tak se válec lehce  
nadzdvihne a můžu občas  
změnit směr.

Anselme může pomocí stroje rýsovat  
na ploše GEODETIKY. Ze tří geodetik  
může sestavovat TROJÚHELNÍKY.



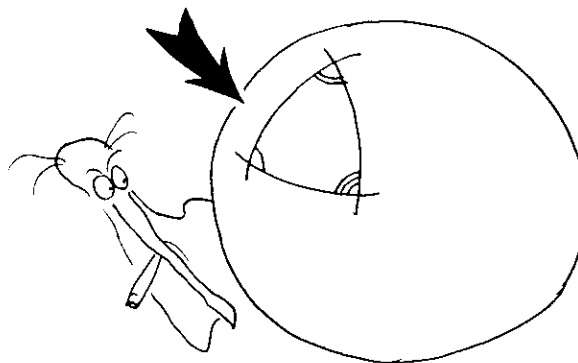
Plocha je DVOJROZMĚRNÝ PROSTOR. K určení polohy bodu  
je zapotřebí DVOU VELIČIN, dvou souřadnic.

V Euklidovském prostoru se součet úhlů trojúhelníku rovná  $180^\circ$ .

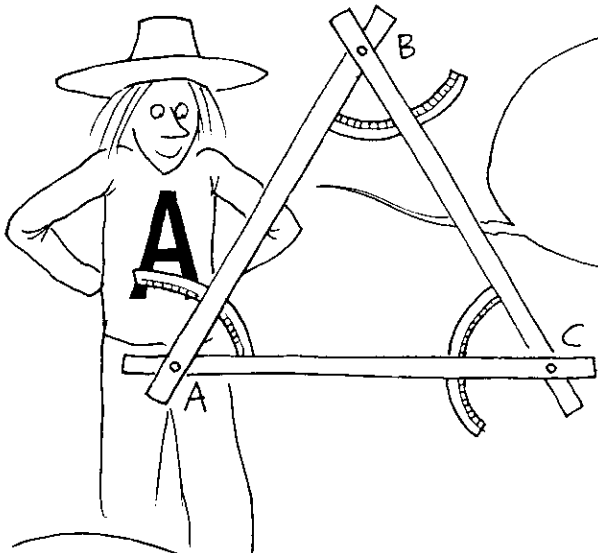


Na ploše se záporným zakřivením je součet **NIŽŠÍ** než  $180$  stupňů.

Na ploše s kladným zakřivením je součet **VYŠŠÍ** než  $180$  stupňů.



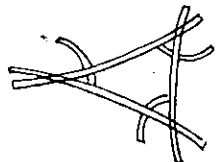
## RŮZNĚ ZAKŘIVENÝ PROSTOR



Vynalezl jsem křivkoměr. Skládá se ze tří pružných měřáků, které se mohou točit kolem bodů A, B, C.



KLADNÉ ZAKŘIVENÍ



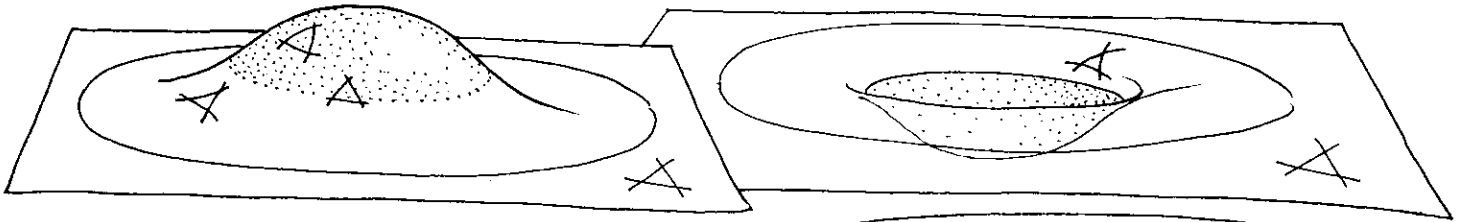
ZÁPORNÉ ZAKŘIVENÍ



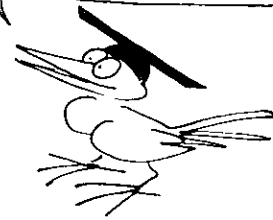
K tomu, aby člověk zjistil, o jaké místní zakřivení jde, stačí položit trojúhelník na plochu a změřit pomocí tří úhloměřů úhly.

(\* Více podrobností najdete v *GEOMETRIKONU* od stejného autora, vydavatelství BELIN.

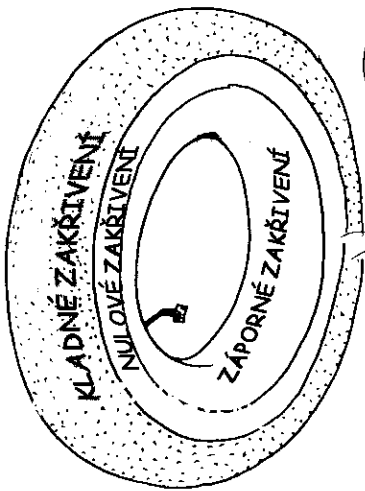
Kopeček ležící na ploše se skládá ze středové části s kladným zakřivením a z okrajové části se záporným zakřivením.



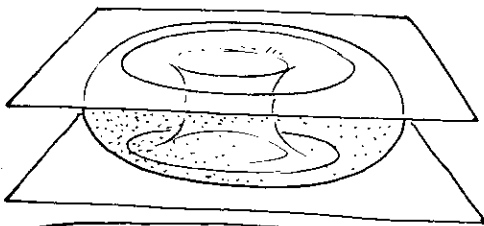
Z hlediska zakřivení je JAMKA stejná jako HRBOL.



Jestli se nepletu, tak je to TORUS.



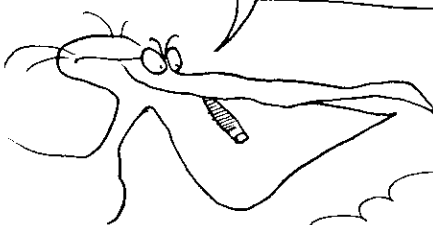
Ano, skládá se z jedné kladně a jedné záporně zakřivené pásky. Jsou oddělené rozhraním s nulovým zakřivením.



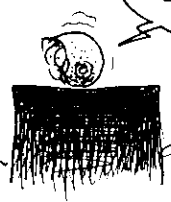
Místo s nulovým zakřivením najdeme když umístíme torus mezi dvě plochy.

Drahý Tirésiasi, víte, že vaše ulita je dvojrozměrný prostor s různým zakřivením?


Léone, nech Tirésiase na pokoji!



La!...



# KUŽELOVITÉ BODY



Anselme, uvidíš, že existují ještě divnější věci.

Trala

Pospěš si, Tirésiasi, dychtím po poznání...

Počkej na mě!

Podívej, Tirésiasi, překřížím geodetiky a vytvořím tak spoustu trojúhelníků neboli pokryji povrch sítí (MESHOVÁNÍ).

Ulita s různým zakřivením... Já ti dám!!!

Už tomu vůbec nerozumím! Co se děje kolem bodu P?

Zkus použít křivkoměr.

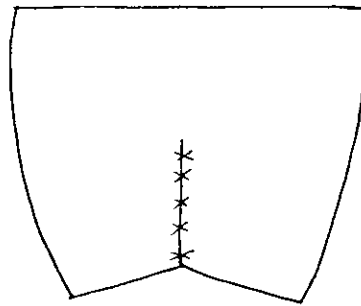
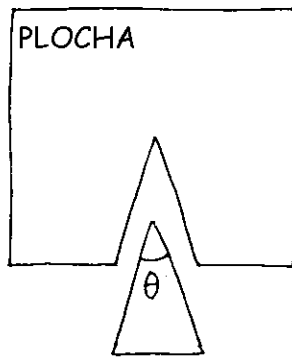


Sofie, co se to děje? Když se bod P nachází mimo trojúhelník, tak křivkoměr udává nulové zakřivení.

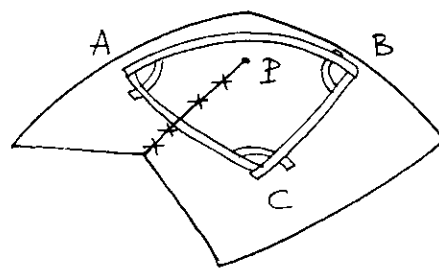


Ale když je bod P uvnitř trojúhelníku, tak je to zakřivené!

Je to kuželovitý bod. Podívej, z plochy VYSTŘÍHNU úhlovou výseč  $\theta$  a zašiji to.



Získám kužel, kterému budeme říkat POZIKUŽEL.

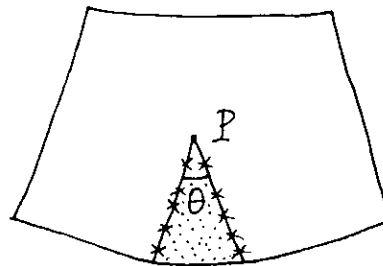
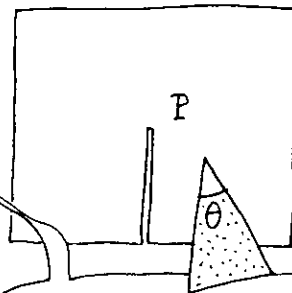


$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \theta$$



Můžete si to ověřit pomocí čtvrtky. Geodetiky snadno znázorníte lepicí páskou.

Takže když se vrchol kuželu nachází v trojúhelníku,  
tak součet úhlů trojúhelníku bude vždy vyšší než  $180^\circ$ !

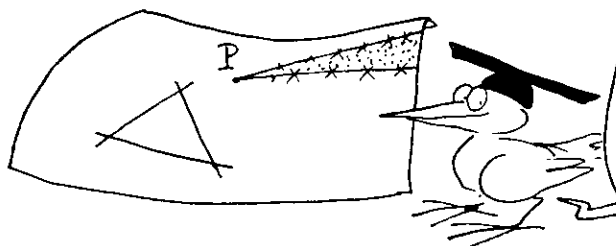
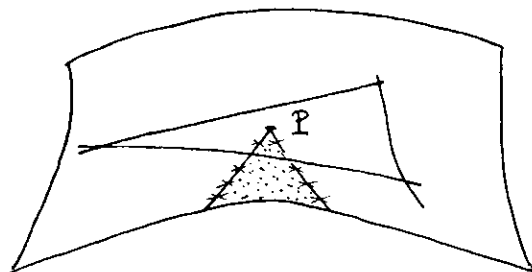


Pomalů! Teď udělám do plochy zářez  
a naopak PŘIDÁM úhlovou výseč  $\theta$ .

Takže... Vznikne  
NEGAKUŽEL?

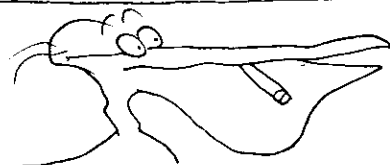
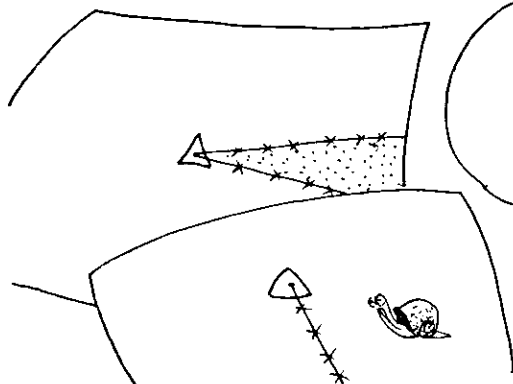


Tentokrát trojúhelník obsahuje  
bod P a součet úhlů  
se rovná  $180^\circ - \theta$ !



Ale když se bod P nachází  
mimo trojúhelník, tak se  
součet opět rovná  $180^\circ$ .

Tato vlastnost kuželu je nezávislá  
na velikosti trojúhelníku, který může  
být malinký nebo naopak obrovský.





No ale...! Je to tedy zakřivené nebo není?



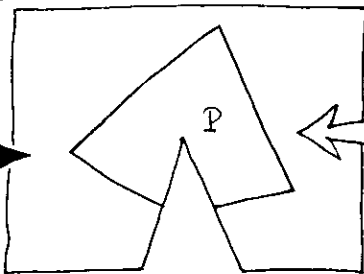
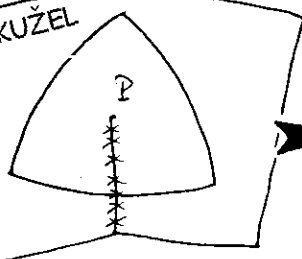
Kuželovitý bod je, Anselme, koncentrované zakřivení.

Prostor, který se nachází mezi kuželovitými body, je nezakřivený euklidovský prostor.

Úhel  $\theta$  udává velikost zakřivení.

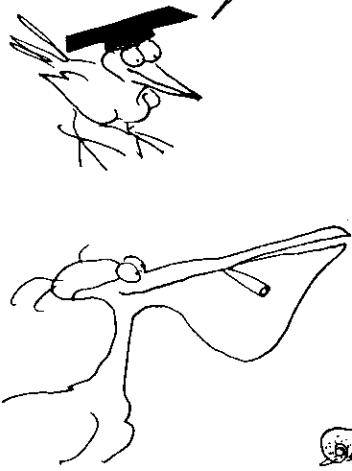
Rozstříhni kužel a polož ho na plochu.

POZIKUŽEL

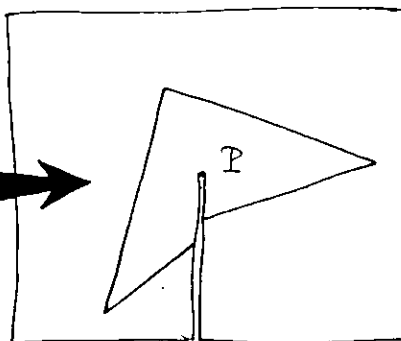
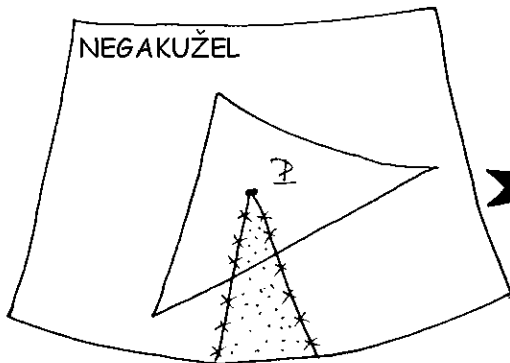


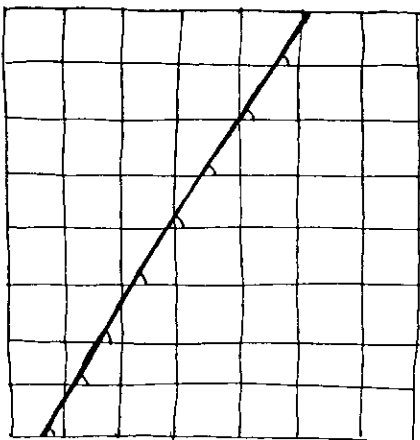
Anselme obdržel tento výsledek. Jednalo se o kužel s kladným zakřivením.

A když se jedná o kužel se záporným zakřivením:



NEGAKUŽEL





Vymeshujeme ROVINNOU plochu pomocí geodetik, které vytvoří pravidelnou síť. Budeme říkat, že jsme plochu VYDLÁŽDILI stejnými kostičkami. Když půjdeme po DRÁZE neboli TRASE, která vznikne přetnutím stran jednotlivých kostiček ve stejném úhlu, tak trasa povede po rovinné geodetice.

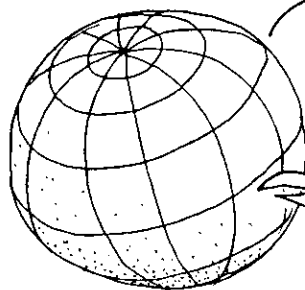
Vedení

Ale proč to nezkusit na kouli?

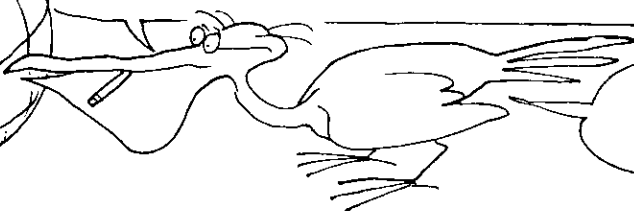
Milý brachu, zkus VYDLÁŽDIT kouli kostičkami a ať mezi nimi nevznikají mezírky. Pak si o tom řekneme víc.

Poledníky na kouli jsou geodetiky. Trasa, která protíná poledníky ve stejném úhlu a liší se o  $90^\circ$ , tak povede vždycky k jednomu PÓLU!

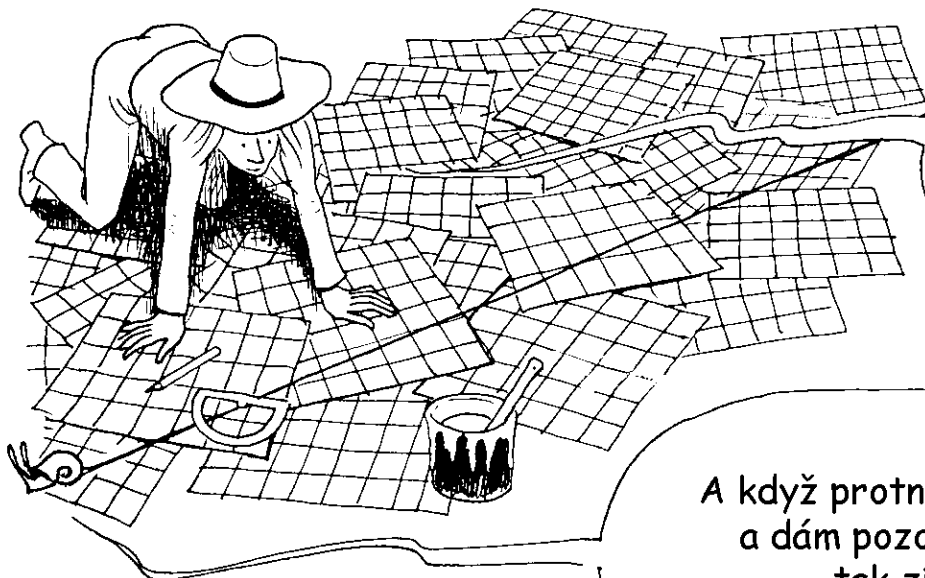
Když se při plavbě nemění kurz, tak se dopluje na pól!



Kdybych rozstříhal poledníky na kouli pod úhlem  $90^\circ$ , tak bych chodil po rovnoběžkách.

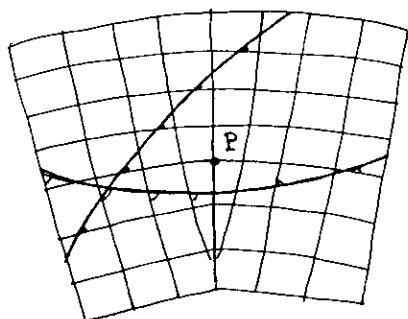


Rovnoběžky nejsou geodetiky. Jasně! (\*)

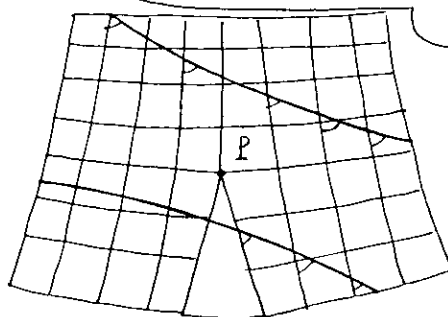


Můžu pokrýt rovinnou euklidovskou plochu pomocí rovinných čtverečkových prvků.

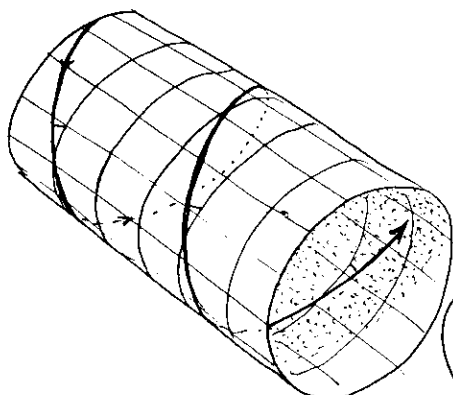
A když protnu síť pod stejným úhlem a dám pozor na jednotlivé spoje, tak získám geodetiku.



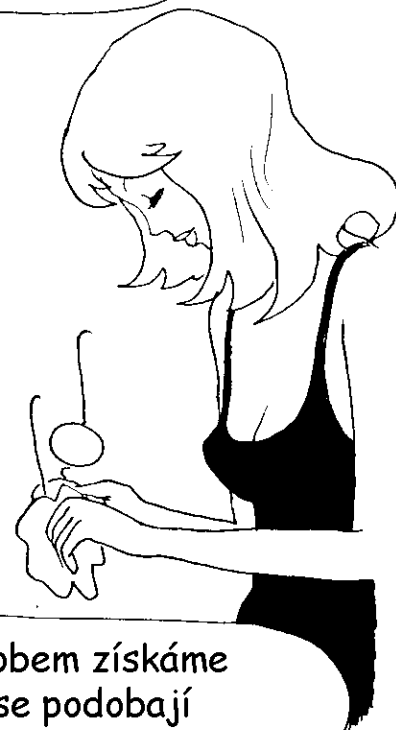
POZIKUŽEL



NEGAKUŽEL

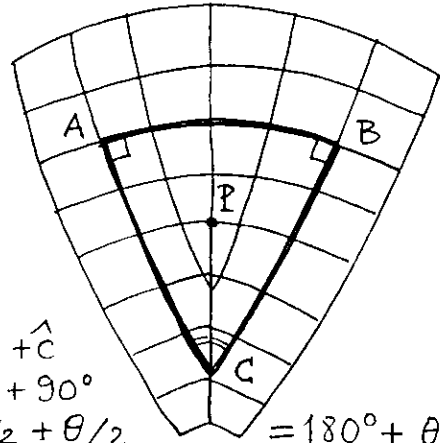
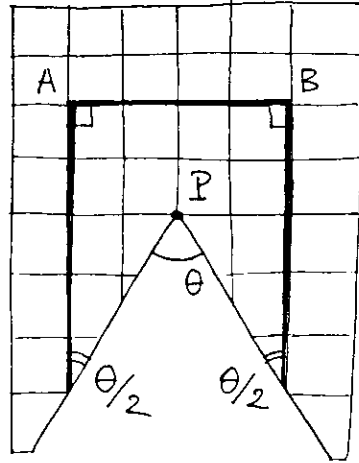
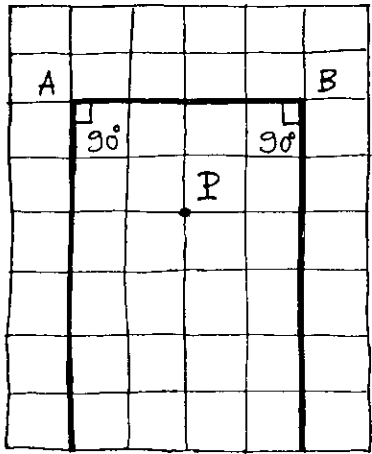


Tímto jednoduchým způsobem získáme geodetiky válce, které se podobají spirálové pružině.



(\*) Na kouli je nemůžeme znázornit pomocí izolepy (s výhradou rovníku).

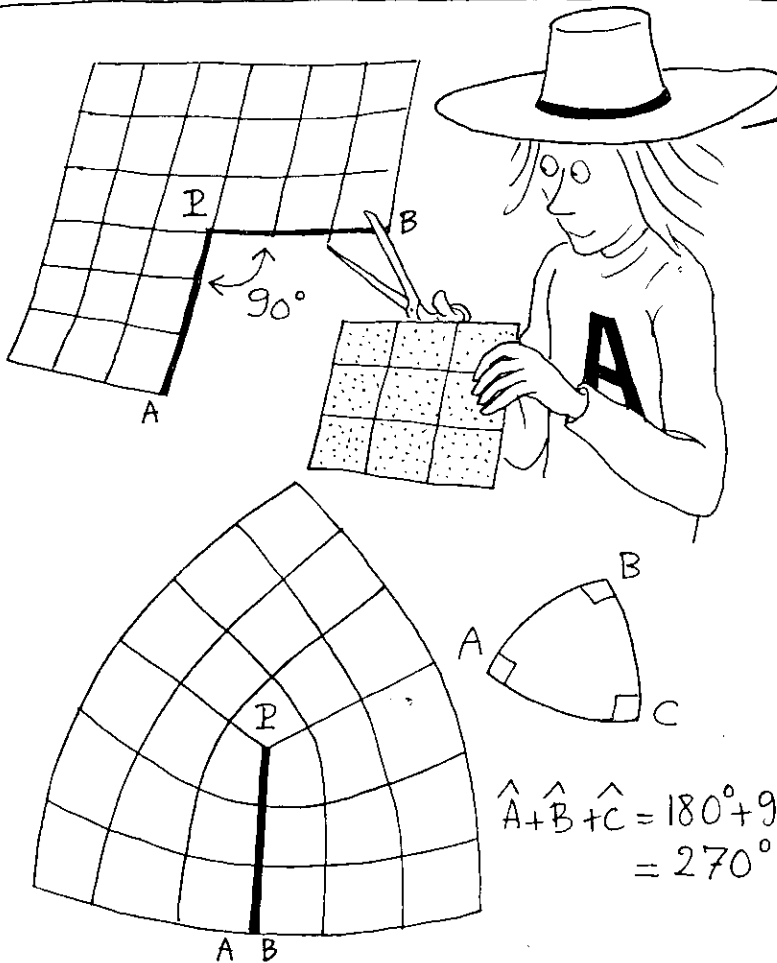
Tady je vysvětlené, proč se součet úhlů trojúhelníku na pozikuželu  
zvětší o vyříznutý úhel  $\theta$ :



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

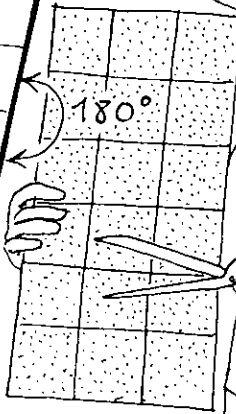
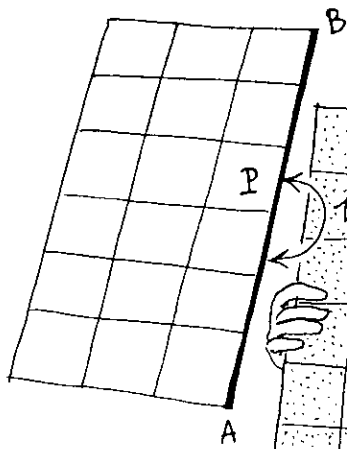
Anselme teď sestaví zvláštní kužely, které si ale mohou zachovat  
pravidelné síťování.

Vedení

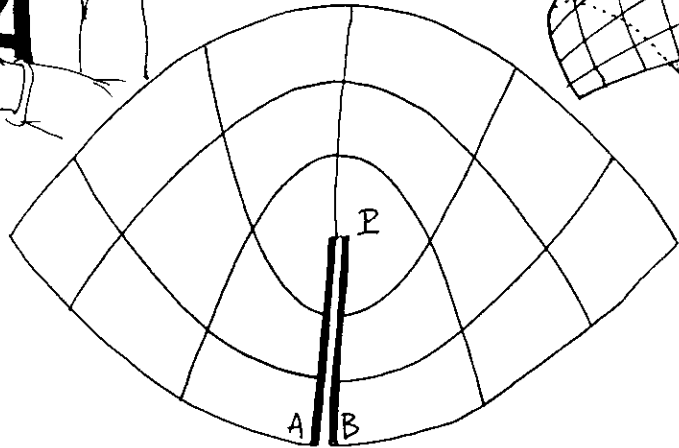
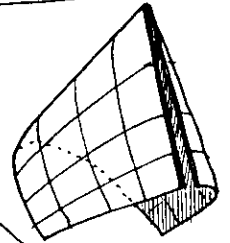


Vystříhnu 90°.

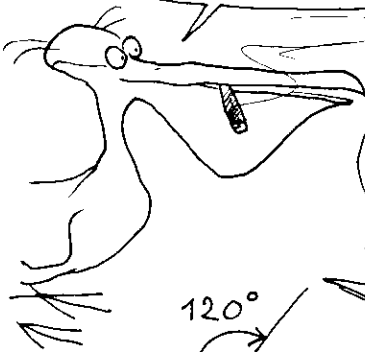
Na tomto kuželu  
můžeš rýsovat  
pravoúhlé rovnostranné  
trojúhelníky.



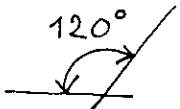
Teď vyříznu výseč  
o velikosti  $180^\circ$ .



Na takovém kuželu  
se součet úhlů trojúhelníku  
rovná  $360^\circ$ .



To znamená, že bychom na něm mohli  
pomocí geodetik narýsovat trojúhelník, jehož tři  
úhly by se rovnaly  $120^\circ$  a šlo by o tupé úhly.



A ten trojúhelník by byl uzavřený?



Hm...

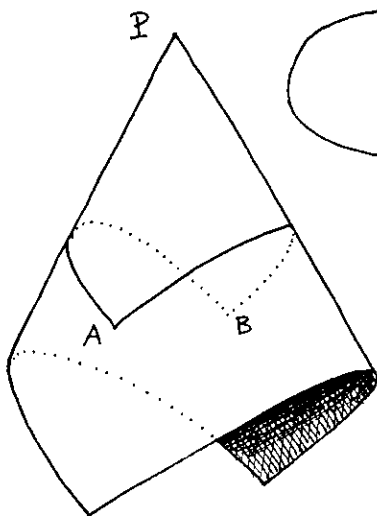


Samozřejmě,  
můj drahý Tirésiasi,  
vy jste trochu tupý!

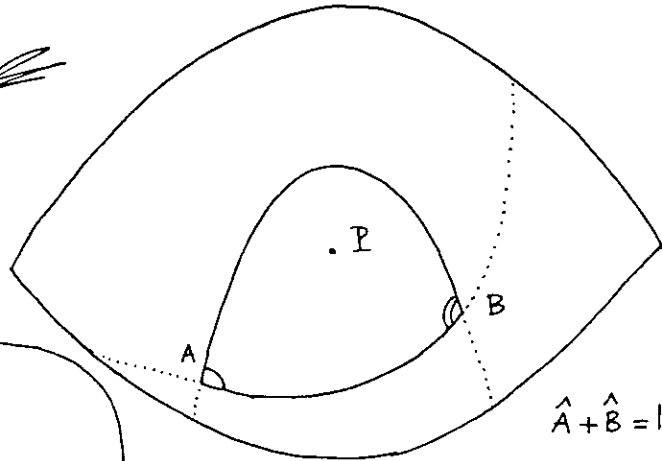


La!



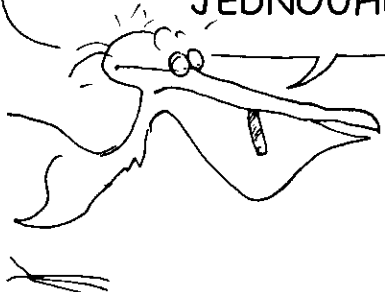


Na tomto kuželu můžeme rýsovat DVOJÚHELNÍKY, součet úhlů se rovná  $180^\circ$ .

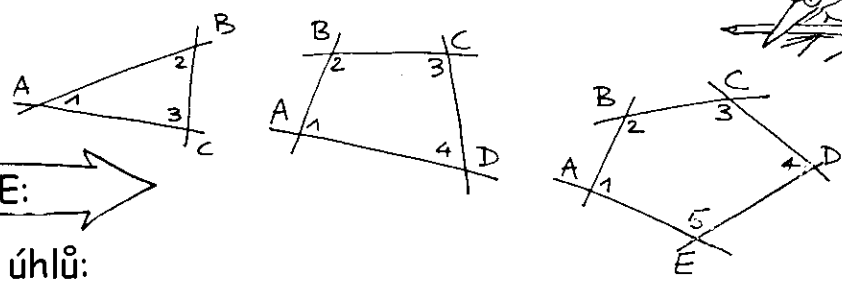


KUŽEL: POHLED ZHORA

Počkejte! Ted' už to nechápu...  
Řeč byla o trojúhelnících a teď  
najednou mluvíme o DVOJÚHELNÍCÍCH.  
Příště z toho budou snad...  
JEDNOÚHELNÍKY?!?!...



Všechny obrazce  
jsou mnohoúhelníky.



Na PLOŠE: →

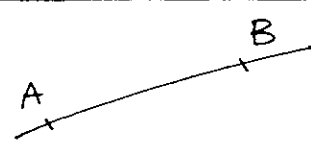
- Součet úhlů:
- trojúhelníku se rovná  $180^\circ$
  - čtyřúhelníku se rovná  $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$
  - pětiúhelníku se rovná  $180^\circ + 180^\circ + 180^\circ = 540^\circ$

Atd...

Už nemůžu...

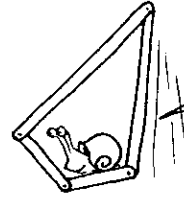
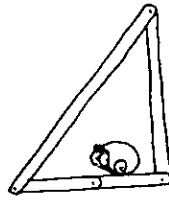
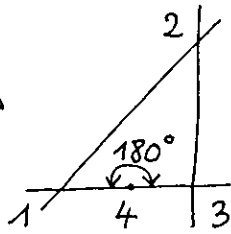


A v případě DVOJÚHELNÍKU,  
který je zredukován na úsečku,  
je součet nulový.





Proč když přidáme vrchol, tak je to vždy o  $180^\circ$  víc?



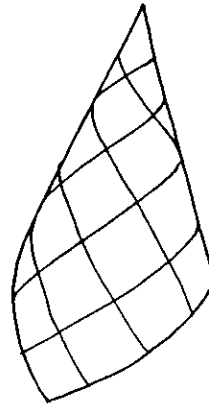
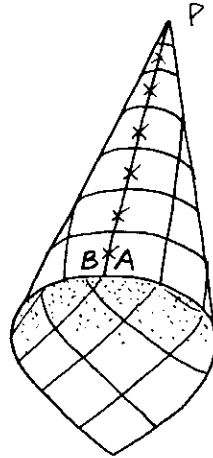
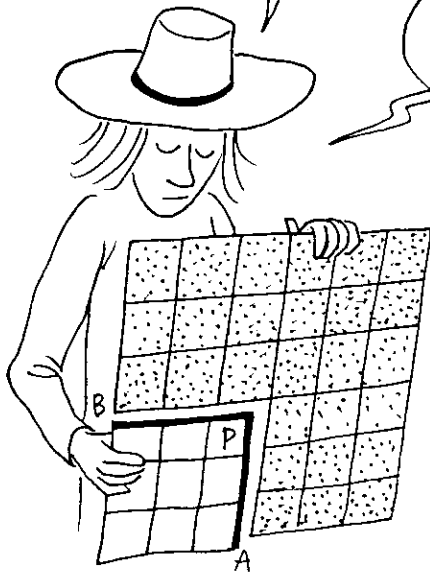
Hop!

Tento obrázek by vám to měl objasnit.

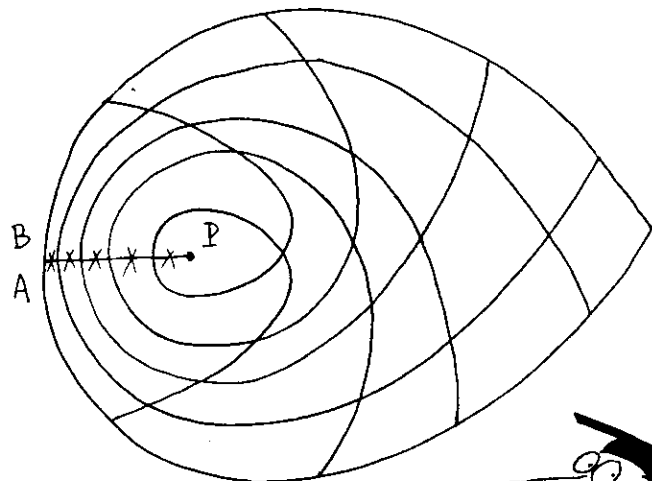
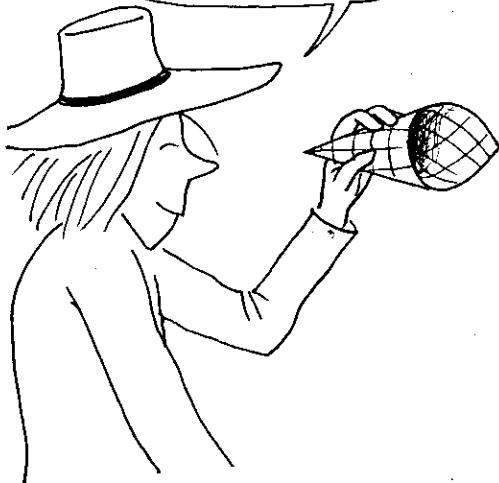
Dobře, pokračujme...

Teď vyřiznu tři čtvrtiny plochy.

Vypadá to jako jídelní ubrousek.



A když se podívám dírkou...



Anselme obdržel následující.

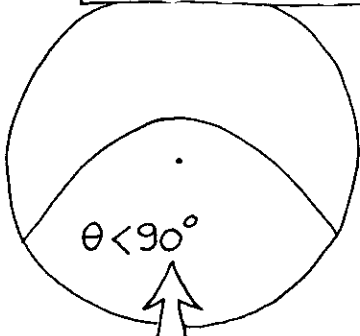


Na tomto kuželu se všechny geodetiky protínají (zde se protínají a tvoří pravý úhel).  
Můžeme na něm rýsovat jednouhelníky.

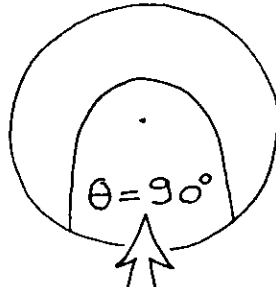
Byla to tedy pravda!



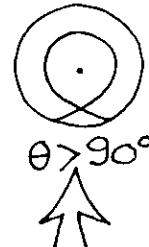
Všechno záleží na úhlu  $\theta$  na kuželu.



Geodetiky se neuzavírají.



Krajní případ.



Geodetiky se uzavírají.

# PÓLY

A co kdybych odštíhl všechno?

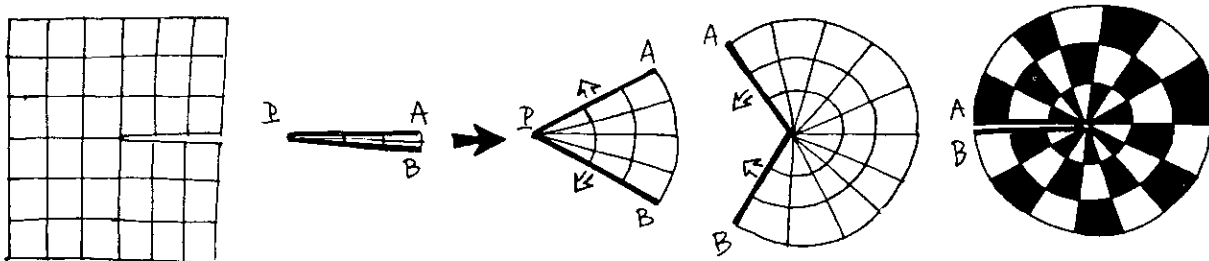
Jak všechno?!?



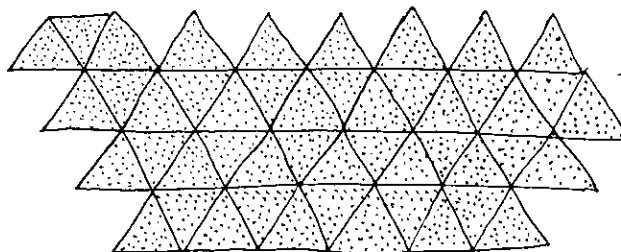
No, kdybych odštíhl skoro CELOU plochu.



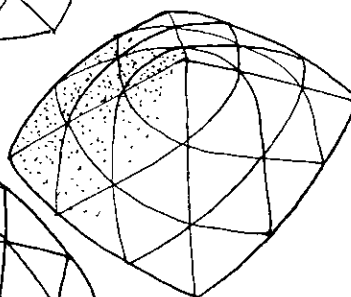
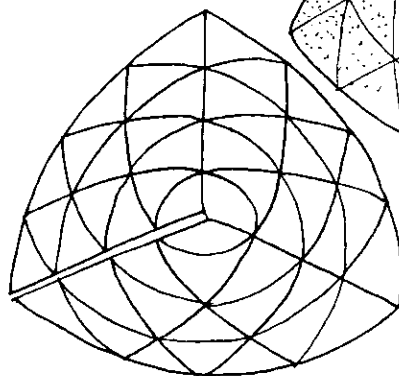
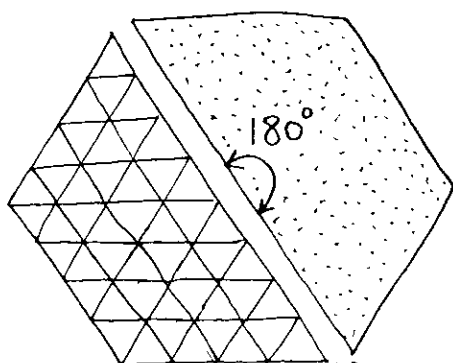
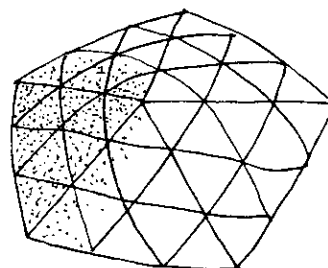
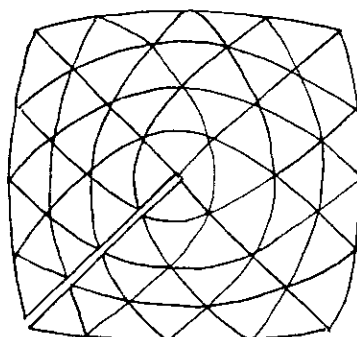
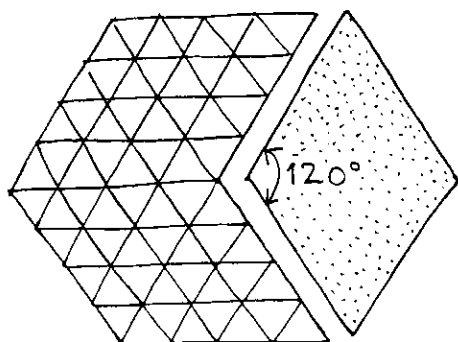
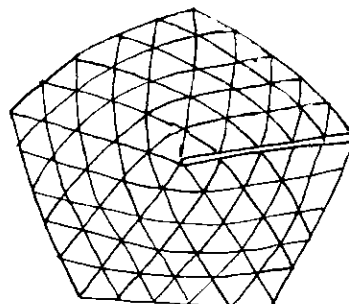
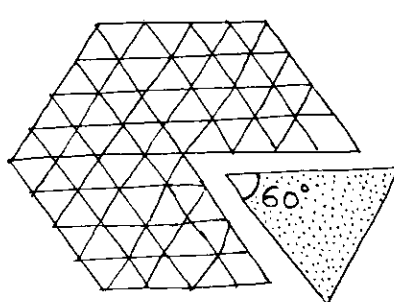
Když vystříháme skoro celou plochu a budeme postupovat následujícím způsobem, tak získáme:



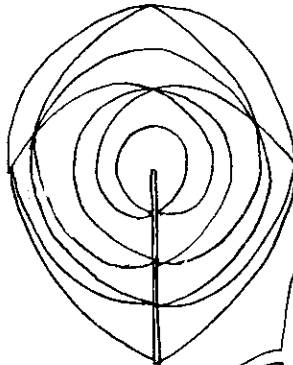
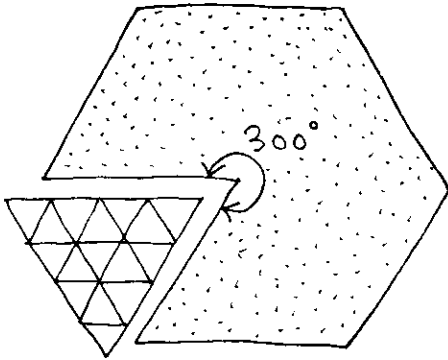
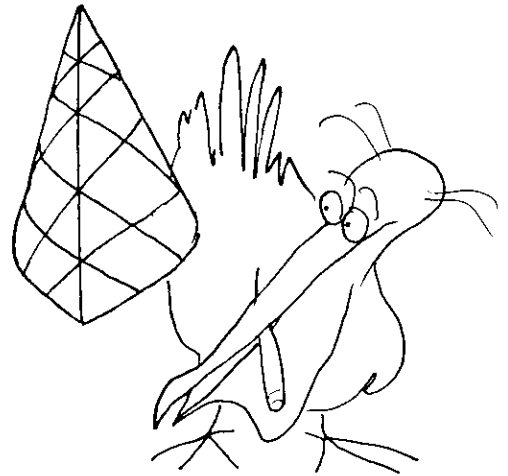
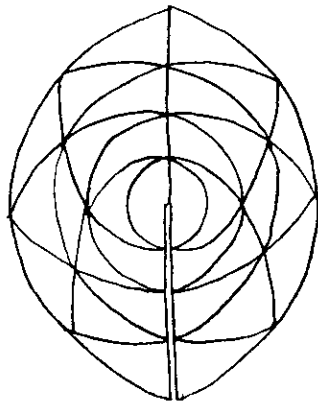
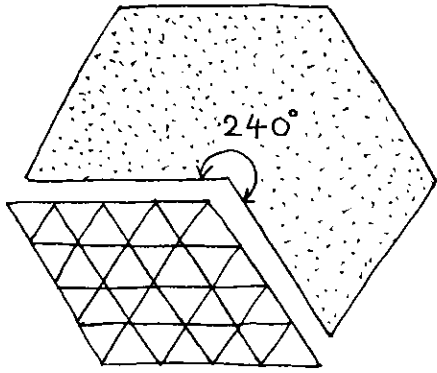
Před chvílí jsem dláždil pomocí čtyřúhelníků dvojrozměrné prostory (povrchy). Ale stejně tak jsem je mohl dláždít pomocí trojúhelníků.



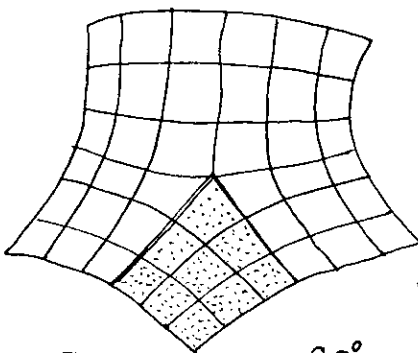
Nebo šesti-  
úhelníků.



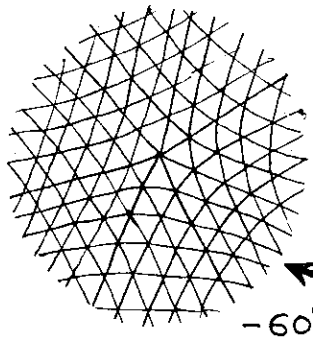
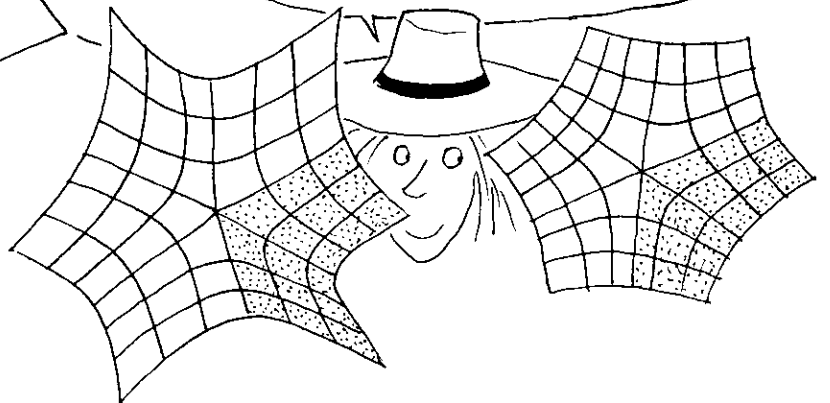
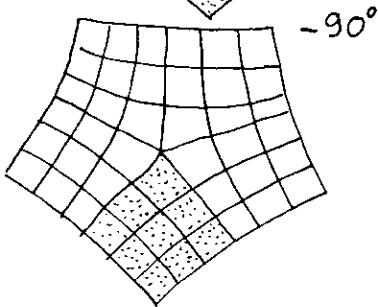
Ze sítě, která se skládá z rovnostranných trojúhelníků, lze tvořit kužely o úhlu  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$  a  $300^\circ$ .



Když vložím úhlovou výseč  $\theta$ ,  
tak vytvořím záporné zakřivení  
 $-\theta$ , které se bude nacházet  
na vrcholu negakužele.



Velikost koncentrovaného  
zakřivení =  $-180^\circ$ , atd.



Hezké negakužele  
můžeme stavět také  
z trojúhelníkové sítě.



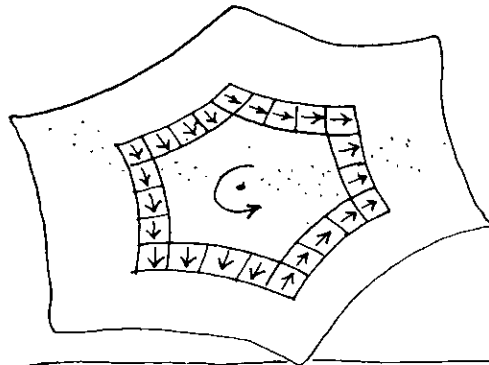
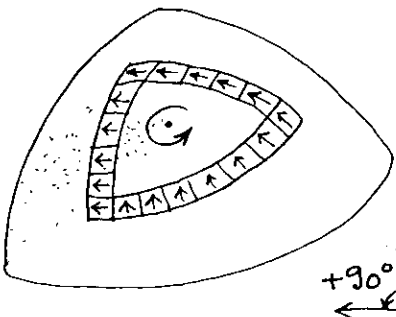
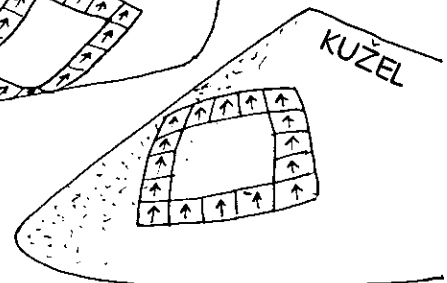
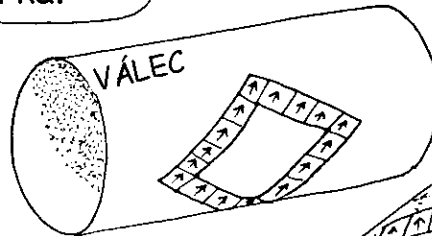
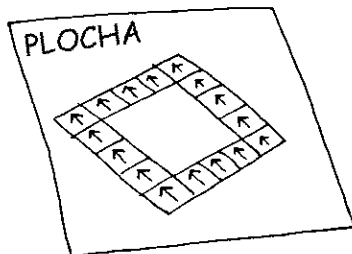
# MÍRA ZAKŘIVENÍ

Anselme sestavuje novodobého panáka na skákání.

Princip spočívá v tom, že se musí kolem koncentrovaného bodu zakřivení položit dlaždičky a dodržovat směr šipek. Když jsme obestavěli bod P, tak úhel, jehož šipka se otočila, přímo udá velikost zakřivení  $\theta$ .

Mezi dlaždičkami nesmí být ani škvírka.

Příklady:  
Plocha, válec,  
kužel (mimo vrchol):  
velikost zakřivení:  
nula.



$-180^\circ$   
Negakužel  $-180^\circ$



Budeme chodit kolem bodu libovolným směrem. Když se šipka otočí stejným směrem, tak jde o pozikužel. Když se šipka otočí opačným směrem, tak jde o negakužel.

Vyrobím pozikužele s velmi malým úhlem  $\theta$ .

Něco jako zakřivené atomy.

A pak je slepím.

Získám plochu, na kterou narýsuji pomocí geodetik trojúhelníky. Znázorním je lepicí páskou.

Součet úhlů trojúhelníku přesahuje  $180^\circ$  o hodnotu, která se rovná součtu úhlů základních kuželů, jejichž vrcholy se nacházejí uvnitř trojúhelníku.

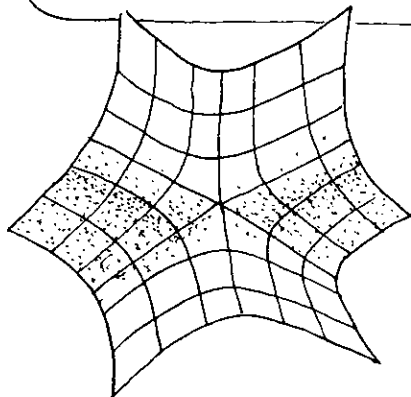
Vedení

To, čemu běžně říkáme zakřivená plocha, se dá pokládat za soubor velkého počtu malinkých, vzájemně slepených kuželů.

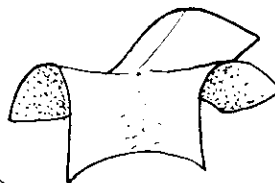
Můžeme také sloučit NEGAKUŽELE nebo POZIKUŽELE s NEGAKUŽELI. V tom případě se algebrický součet úhlů trojúhelníku bude rovnat  $180^\circ$  plus velikost obsaženého zakřivení.

# PATCHWORK

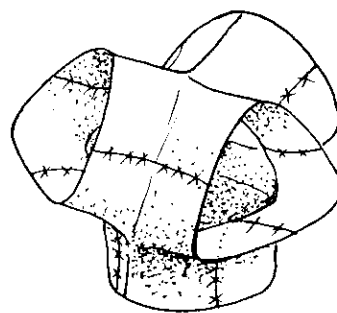
Sofie, co vznikne, když spojím NEGAKUŽELE?



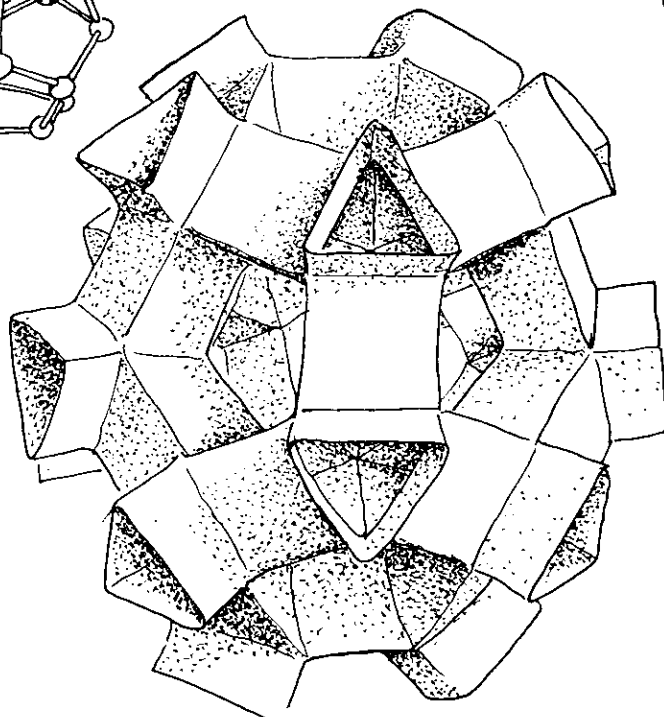
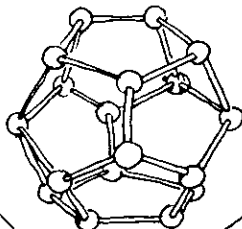
Například  
negakužele, kde  
 $\theta = -180^\circ$ .  
Jejich obvod  
se rovná šestiúhelníku  
tvořeného ze šesti  
pravých úhlů.



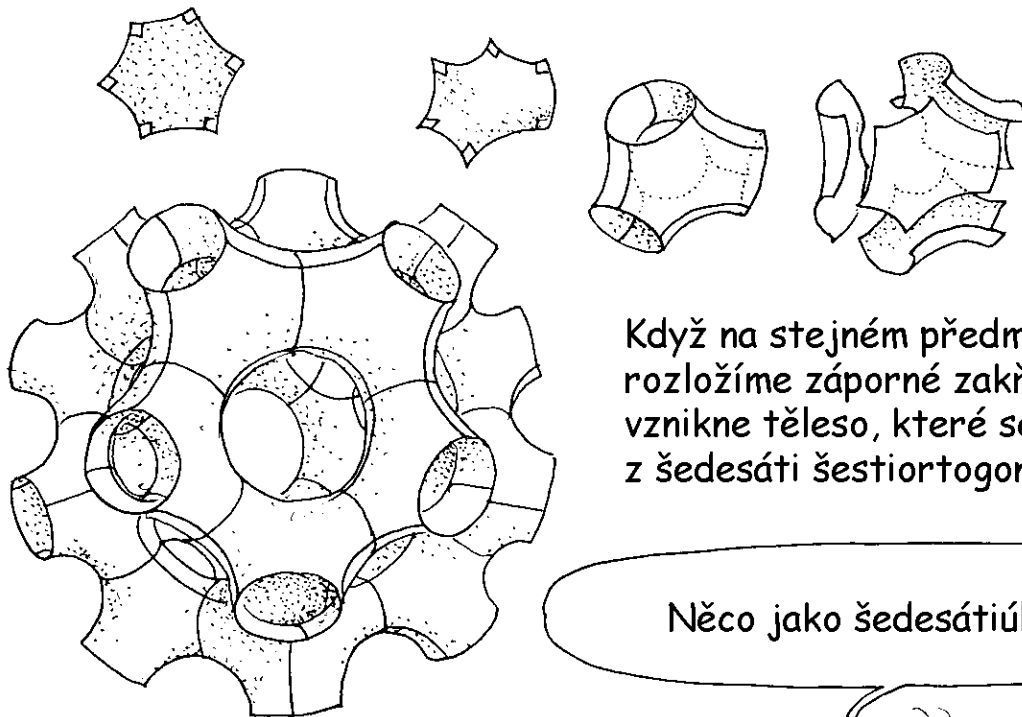
Nejprve je můžeme  
spojit po čtyřech.



Když jich spojíš  
dvacet, tak získáš  
tento rovinný prvek  
se záporným zakřivením.  
Každý se nachází  
na jednom z dvaceti  
vrcholů DODEKAEDRU (\*).







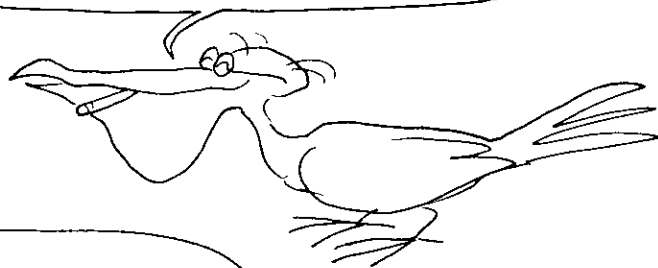
Když na stejném předmětu pravidelněji rozložíme záporné zakřivení, tak vznikne těleso, které se skládá z šedesáti šestiortogonů.

Něco jako šedesátíúhelník...

Vypadá to jako dodekaedronův obratel.



Kdybyste byl obkladač a kdybyste používal šestiortogonální dlaždičky, tak by takhle vypadala vaše podlaha.



Můj milý, doslechl jsem se, že když pozměníme šnečí geny, tak se dají s ulitou dělat věci...

Tento příklad ukazuje, jak může uspořádání zakřivení ovlivnit tvar předmětů.

!!!



To je hrůza!!!

# TŘI ROZMĚRY

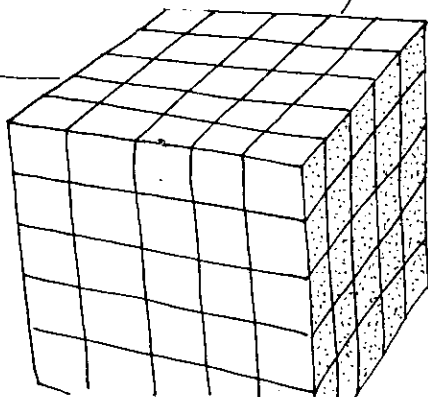
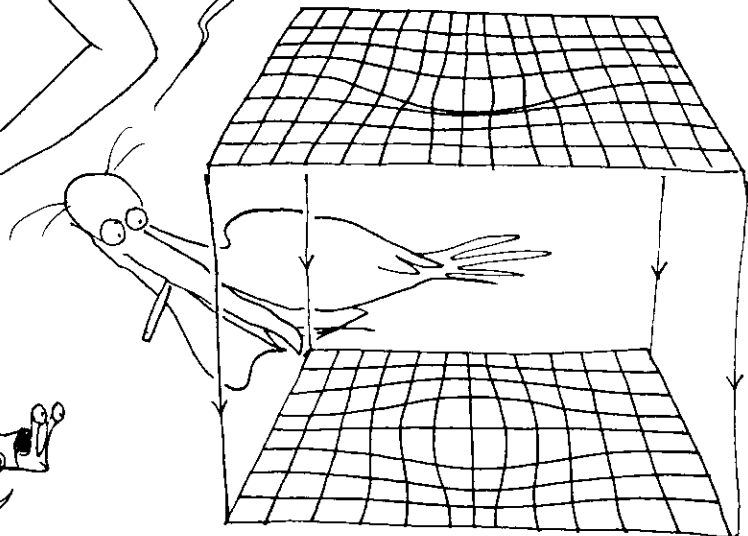
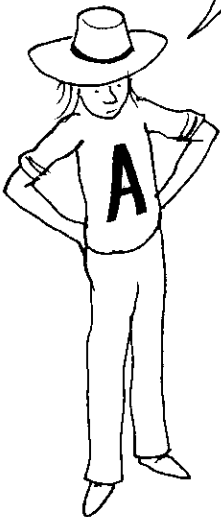
Sofie, můžeme VIDĚT zakřivení našeho TŘÍROZMĚRNÉHO prostoru?

Není to snadné, protože jsi jeho součástí.

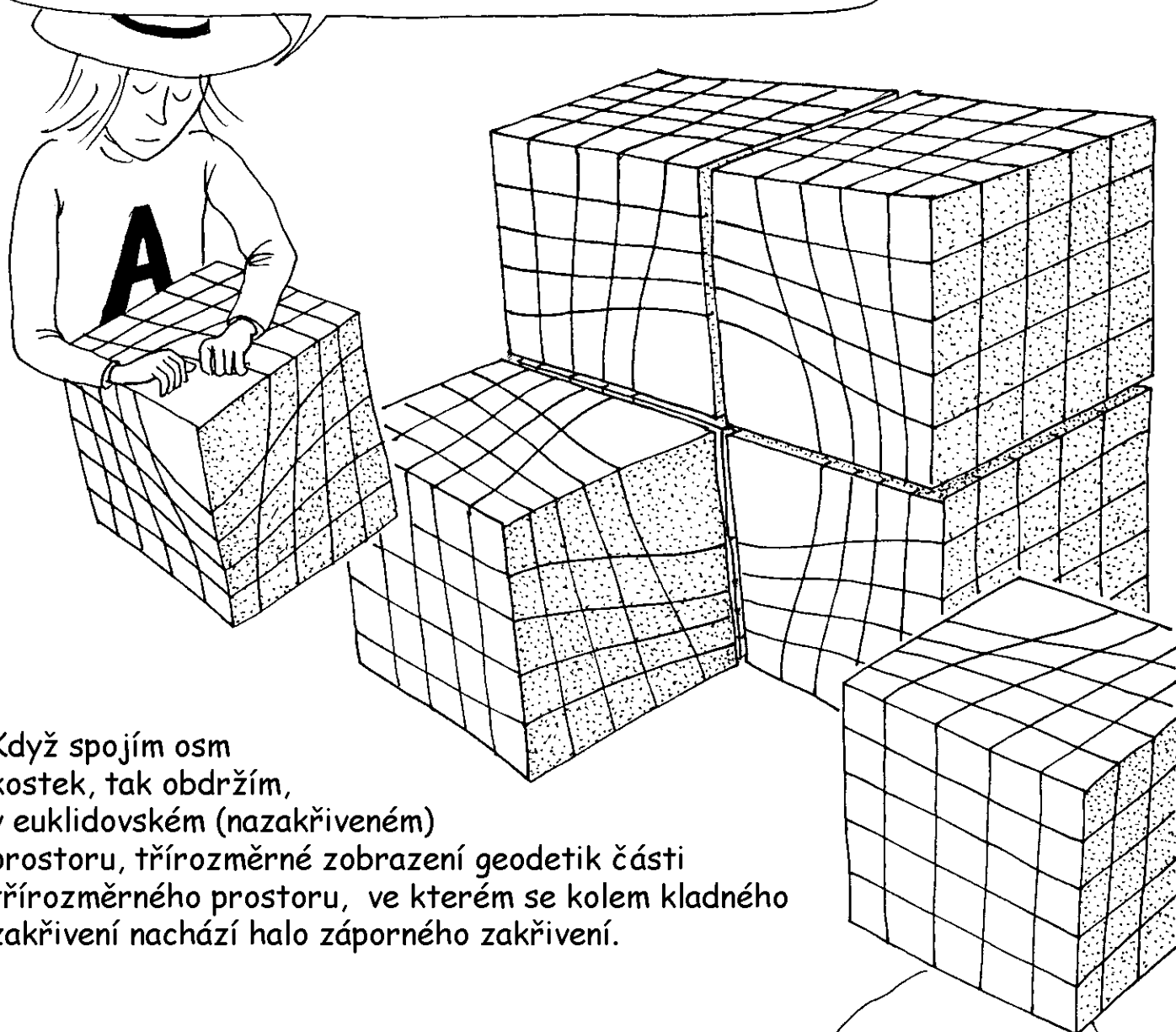
Podívejme, všiml jsem si, že lze promítat rovinné geodetiky (dvojrozměrné) na plochu (2 rozměry).

Tento "hrbol" je koncentrací kladného zakřivení, kolem kterého se nachází halo záporného zakřivení.

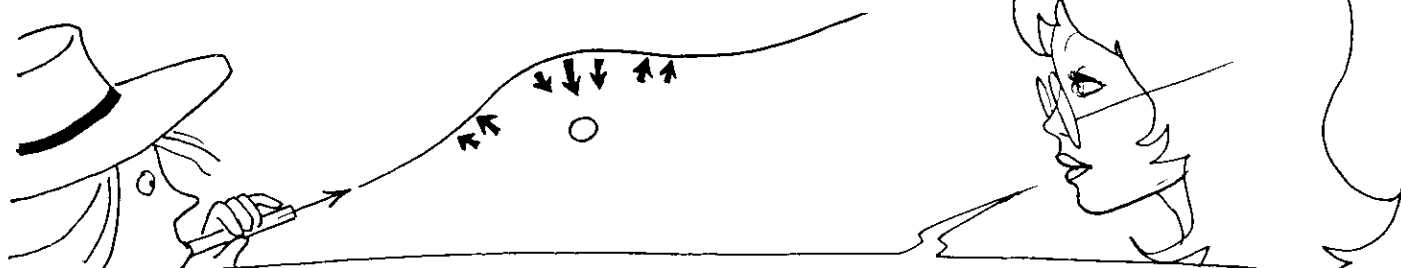
Podívej, tohle je kostka potažená provázkem.



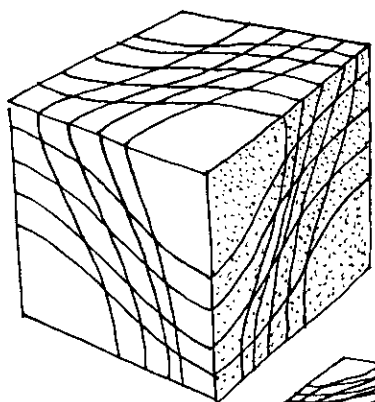
Ted' provázky takto přemístím.



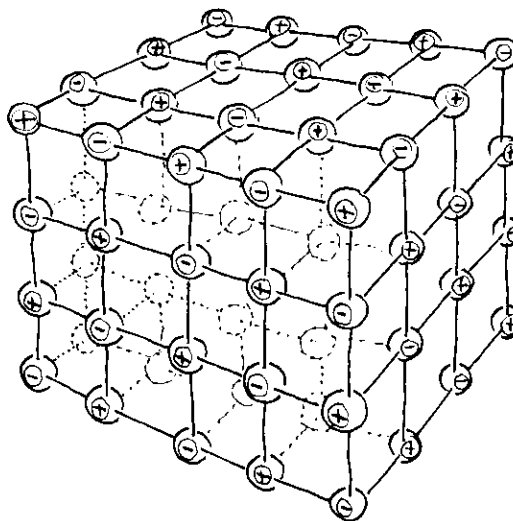
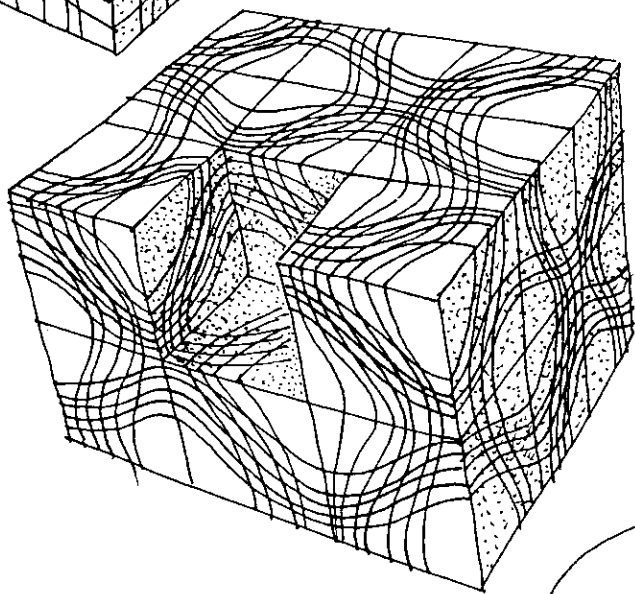
Když spojím osm kostek, tak obdržím, v euklidovském (nazakřiveném) prostoru, třírozměrné zobrazení geodetik části třírozměrného prostoru, ve kterém se kolem kladného zakřivení nachází halo záporného zakřivení.



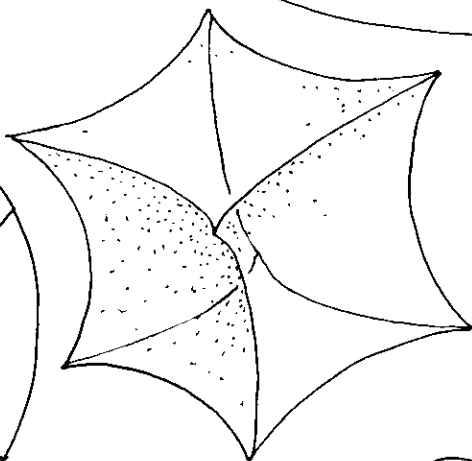
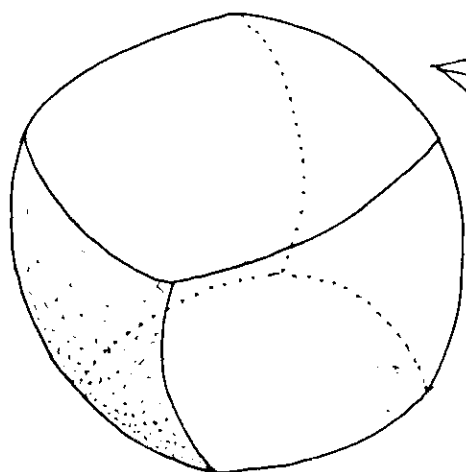
Když přirovnáme geodetiky k DRAHÁM, tak získáme nejprve odpudivost, potom přitažlivost a potom zase odpudivost.



Když takto přemístím provázky a správně dám kostky dohromady, tak znázorním svět, který se skládá z kladných a záporných zakřivení.



Když se na to podívám zblízka, tak se deformace týkají KOSTEK, které zaplňují třírozměrný prostor.

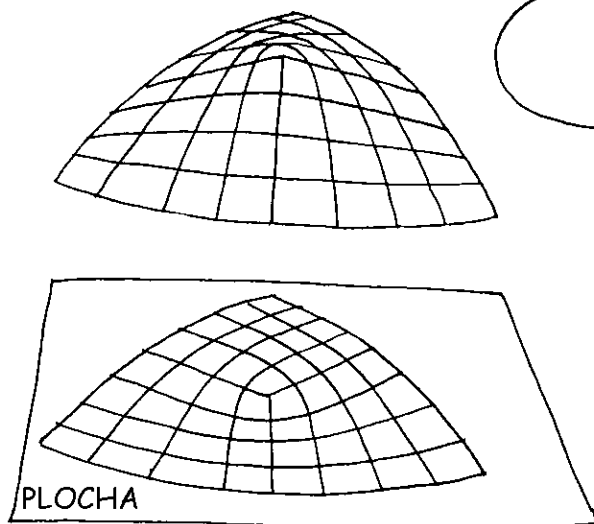


Hele, to je zvláštní. Mohl bych všechny ty divné kostky postavit na sebe a zaplnit tak prostor.

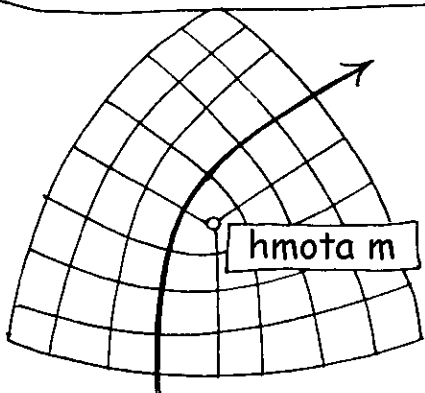


# PROMÍTÁNÍ

Můžu promítnout geodetiky kuželu na plochu.



Všechny zahnuté čáry připomínají DRÁHY.



Správně!

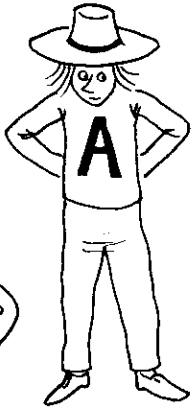
Základní myšlenka OBEČNÉ RELATIVITY spočívá v tom, že přítomnost HMOTY místně ovlivňuje zakřivení prostoru.

Chcete říct, že hmota je úhel?!?

Hi, hi!...  
Prosil bych  $\pi/8$ ...



Ano, v tom smyslu, že hmoty jsou koncentrací zakřivení.



Když to shrnu, tak tím chcete říct, pane Alberte, následující: Inflexe drah vznikají SILAMI a jsou pouhým důsledkem PROMITÁNÍ do našeho hmatatelného světa, pouhým důsledkem dráhy narýsované na jiném povrchu, jehož je GEODETIKOU.

To je opět metafyzika!

Ale ne, to je geometrie.

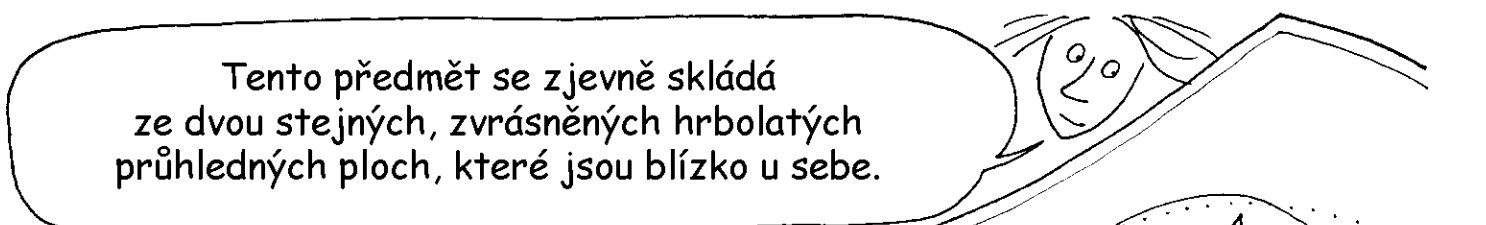
Dám ti příklad. Představ si, že jsme ve vesmírné družici na oběžné dráze kolem Země.

Vůbec na nás nepůsobí zemská přitažlivost.

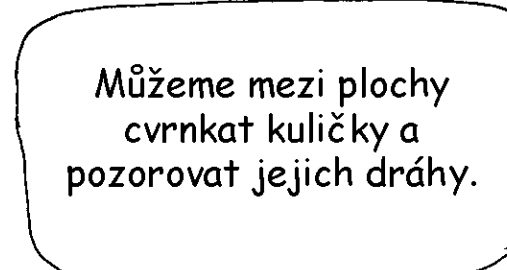
Ach ne!

La!


Zahrajeme si takový kulečnick.



Tento předmět se zjevně skládá ze dvou stejných, zvrásněných hrbolatih průhledných ploch, které jsou blízko u sebe.

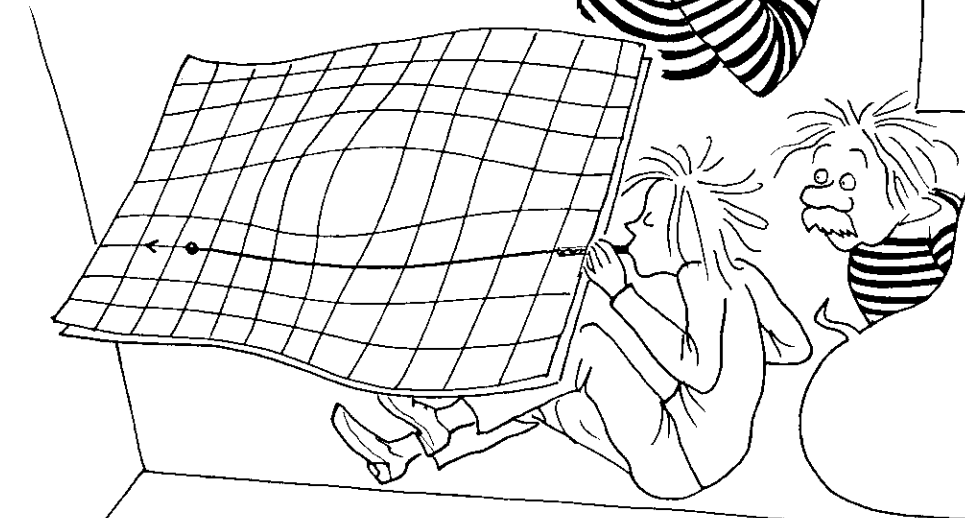


Můžeme mezi plochy cvrknat kuličky a pozorovat jejich dráhy.

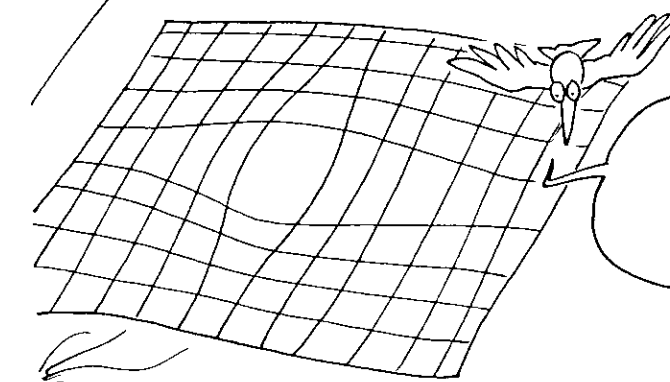


Dráhy nezávisí na počáteční rychlosti  $V$ . Rychlost je po celou dobu pohybu konstantní.

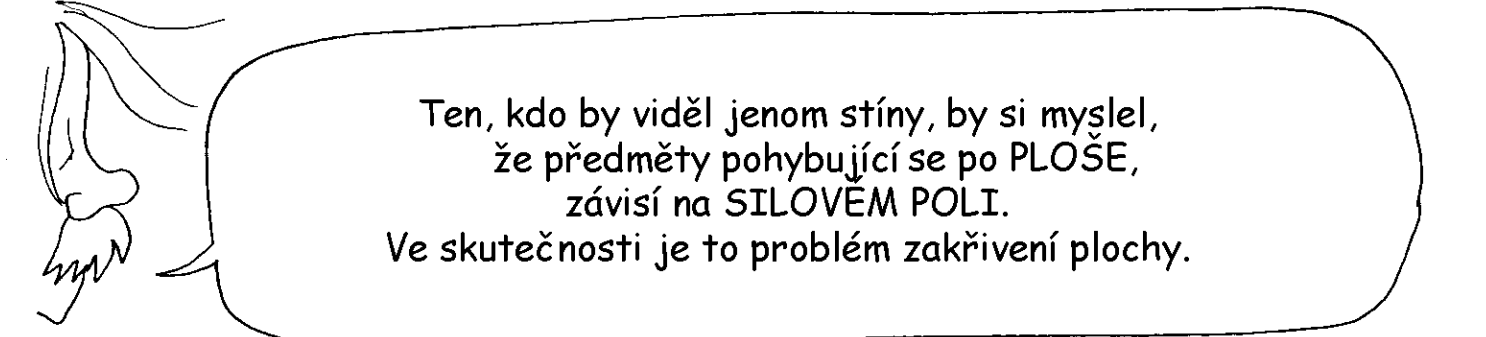
Vedení



V tomto konkrétním případě jsou všechny dráhy GEODETIKY. (kdyby působila zemská přitažlivost, tak by to už neplatilo).



Jé, podívejte, lampa promítá dráhy na podlahu vesmírného korábu!



Ten, kdo by viděl jenom stíny, by si myslel, že předměty pohybující se po PLOŠE, závisí na SILOVÉM POLI. Ve skutečnosti je to problém zakřivení plochy.

Pozoruji dráhu komety obíhající kolem Slunce a předpokládám, že se pohybuje v třírozměrném nezakřiveném euklidovském prostoru. Kometa letí podél prostorové GEODETIKY... a letí POŘÁD ROVNĚ!!!!

Vidíme pouze stinnou stránku věcí.

To, co říkáte, drahý Tirésiasi, je velmi platónské.

Můžeme jít jenom POŘÁD ROVNĚ!

SVĚTLO se také pohybuje podle geodetiky.

Hele, to je legrační. Když promítneme geodetiky pod jiným úhlem, tak vypadají úplně jinak.

?!?

Tirésiasi!



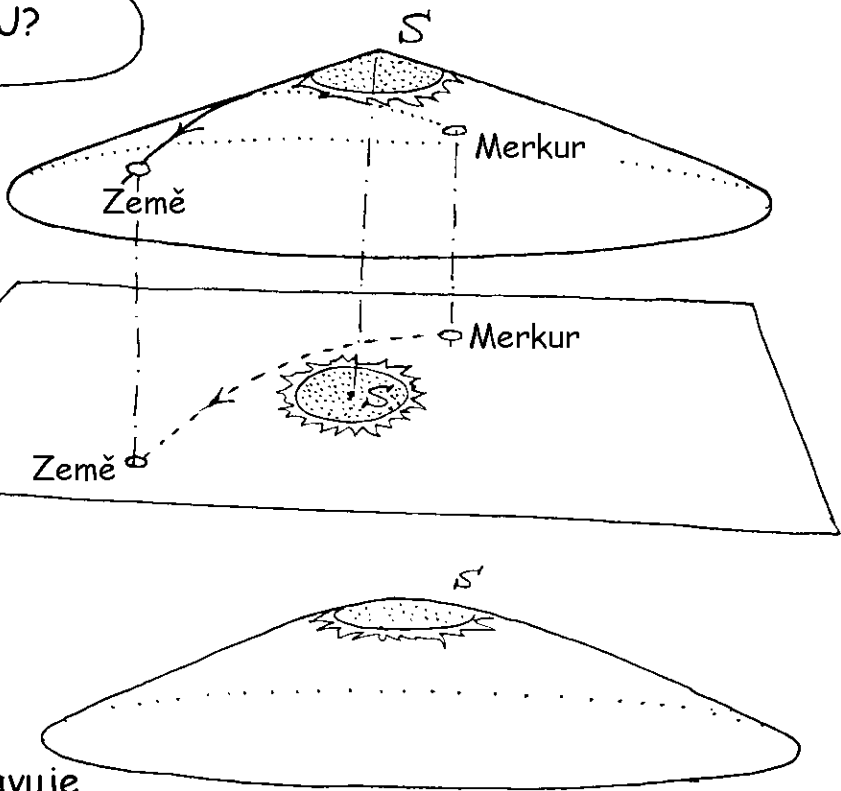


# HMOTNOST - HMOTA

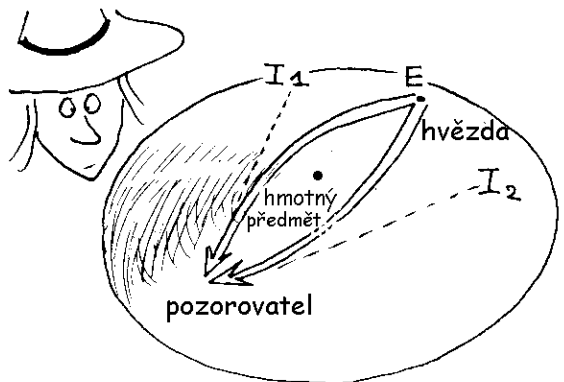
Takže Slunce má tvar KUŽELU?



Víme, že Slunce odklání světelné paprsky, které pochází z Merkuru.



Předpokládáme, že prostor okolo SLUNCE je PLOCHÝ. Toto nebeské těleso má velkou hmotnost a představuje tak určité množství zakřivení. Ale vzhledem k tomu, že Slunce není bodová hmota, tak bychom měli znázornit tuto část prostoru pomocí tupého kuželu:



Nesmírně velké předměty mohou zakřivit prostor natolik, že pozorovatel uvidí DVA obrázky  $I_1$  a  $I_2$  stejné hvězdy E: Jde o efekt GRAVITAČNÍ ČOČKY, který věda nedávno objevila.

Hmota, kterou tvoří atomy a částice,  
představuje celkové zakřivení vesmíru.

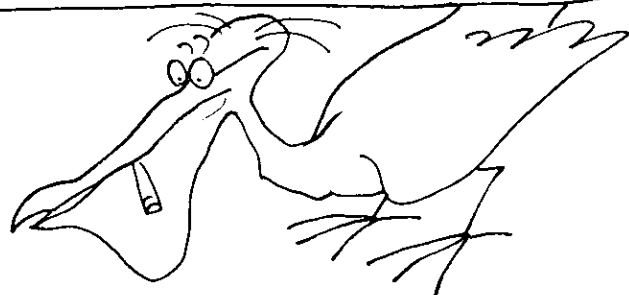
HMOTA má  
GEOMETRICKÝ  
význam.

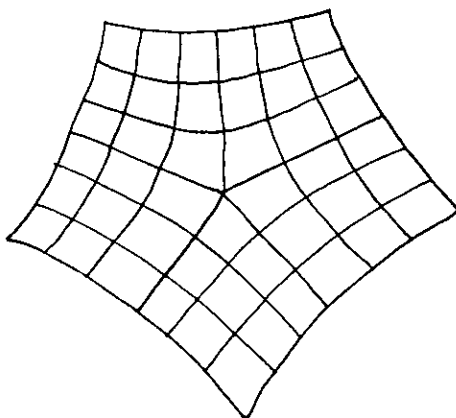
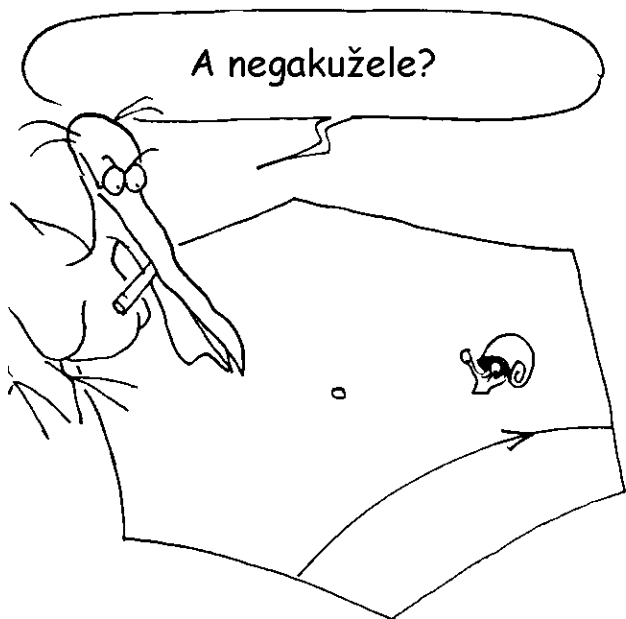
Ale mezi atomy  
je přeci PRÁZDNO?

Nebo už to vůbec  
nechápu...

Ale ne, drahý příteli. Dělat rozdíl  
mezi hmotou a vzduchoprázdňem je dnes  
přežitok. Existuje už jenom  
geometrie.

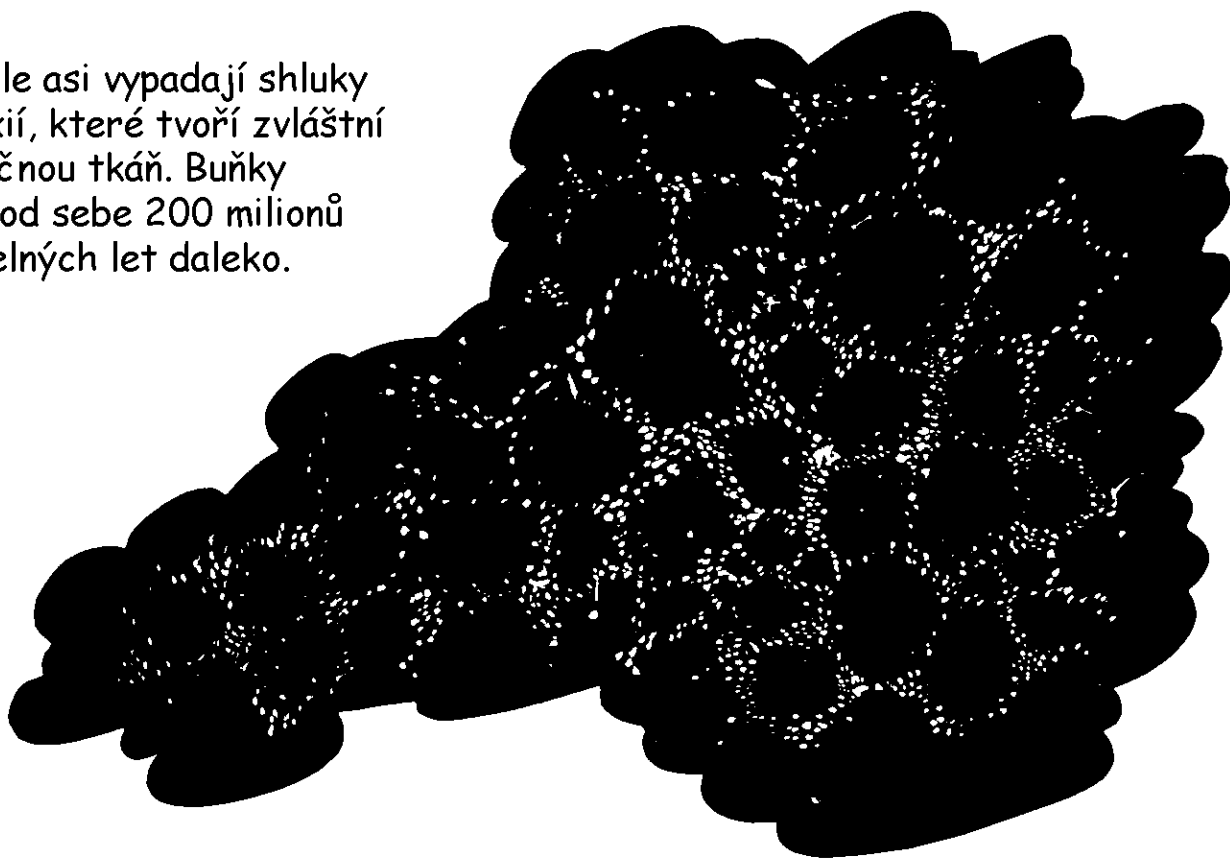
Už jenom...  
geometrie!?!





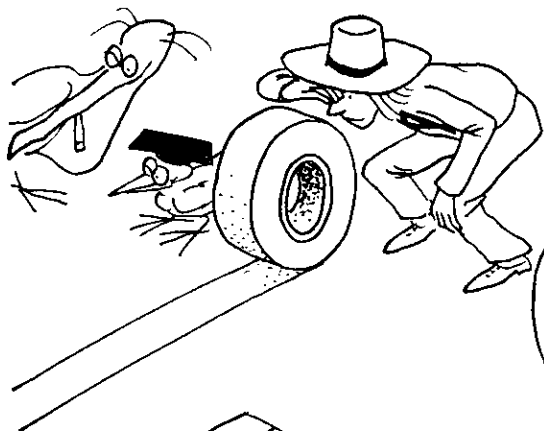
Připomínají "záporné hmoty", které vytváří odpudivé síly. Vesmír plný záporných hmot, by byl divný. Místo galaxií a hvězd by se skládal z bublin, z velikého prázdna.

Takhle asi vypadají shluky galaxií, které tvoří zvláštní buněčnou tkáň. Buňky jsou od sebe 200 milionů světelných let daleko.

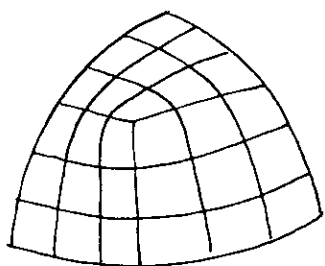


Gravitační síly možná působí na velké vzdálenosti odpudivě.

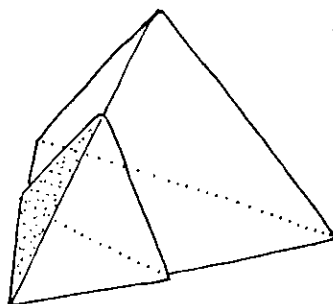
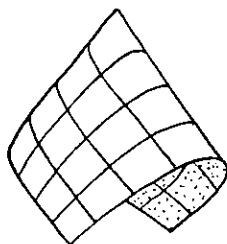
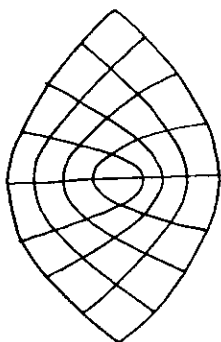
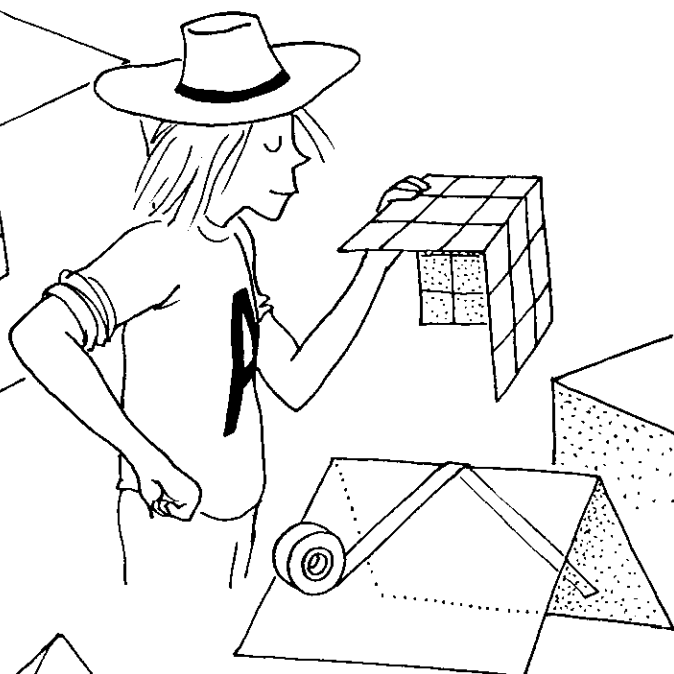
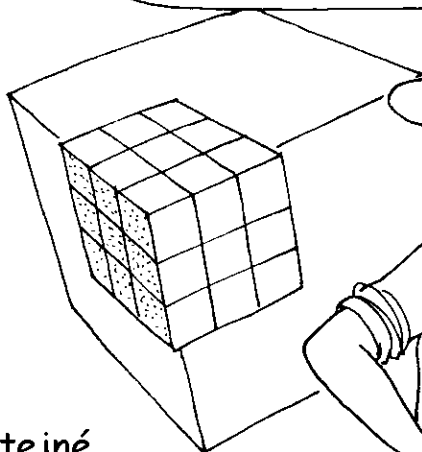
# MNOHOSTĚNY



Anselme, znázorni geodetiky na ploše  
třeba pomocí lepicí pásky.



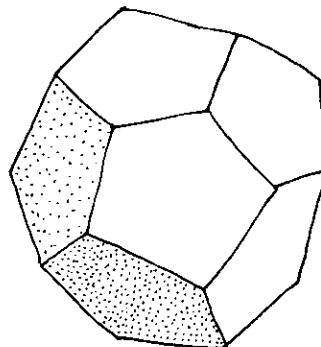
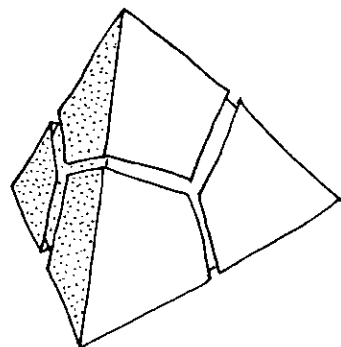
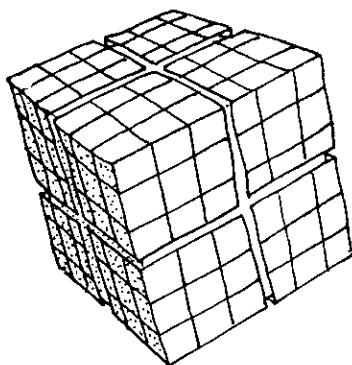
Když ohnu tento  
kužel ( $\theta = 90^\circ$ ), tak  
geodetiky zůstanou stejné  
a dá se přesně nasadit  
na vrchol krychle.



Stejně tak když na tomto  
kuželu ( $\theta = 180^\circ$ ) uděláš tři záhyby,  
tak ho můžeš nasadit  
na vrchol pravidelného čtyřstěnu.



# KAŽDÝ PROSTOR JE BUĎ OTEVŘENÝ NEBO UZAVŘENÝ



Z osmi kuželů  
( $\theta = 90^\circ$ ) se dá  
sestavit KRYCHLE

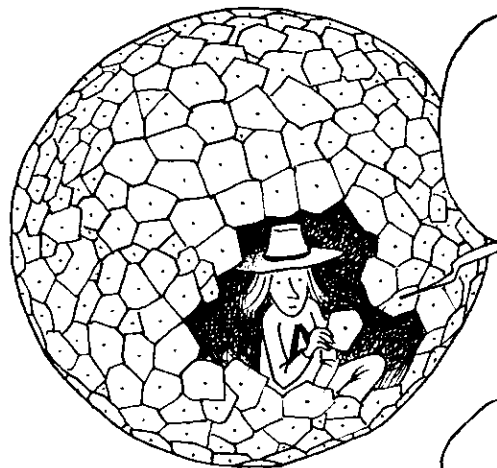
$$90 \times 8 = 720^\circ$$

Ze čtyř kuželů  
( $\theta = 180^\circ$ ) se dá  
sestavit ČTYŘSTĚN

$$180 \times 4 = 720^\circ$$

Ze dvaceti kuželů  
( $\theta = 36^\circ$ ) se dá sestavit  
DVANÁCTISTĚN

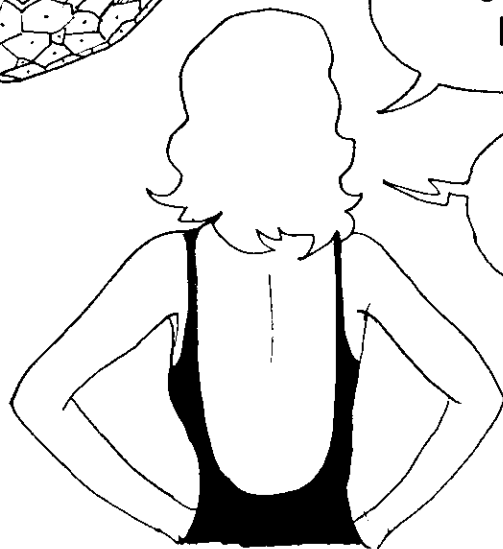
$$20 \times 36^\circ = 720^\circ$$



Když co nejpečlivěji poskládám počet  $N$   
mikrokuželů o úhlu  $\theta$ , tak jestliže  
 $N \times \theta = 720^\circ$ , tak obdržím... kouli!

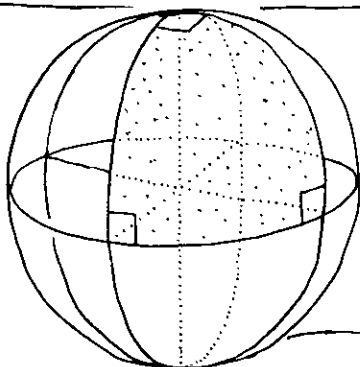
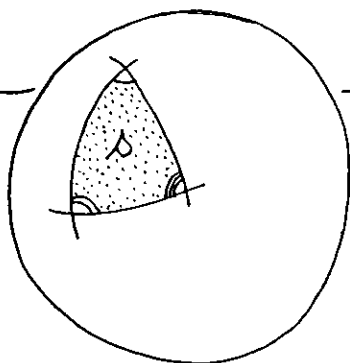
To je normální, protože  
CELKOVÉ ZAKRIVENÍ  
koule se rovná  $720^\circ$ .

No a teď vylez,  
drahoušku.



Na kouli je zakřivení rovnoměrně rozložené.  
 Součet úhlů trojúhelníku narýsovaného na kouli se rovná  
 $180^\circ + 720^\circ \times \frac{S}{S}$ , s je povrch trojúhelníku a S je povrch  
 koule. Druhý výraz:  $720 \times \frac{S}{S}$  představuje VELIKOST  
 ZAKŘIVENÍ obsaženého v trojúhelníku.

Vedení (\*)



Příklad: trojúhelník zabírá  
 osminu povrchu koule.

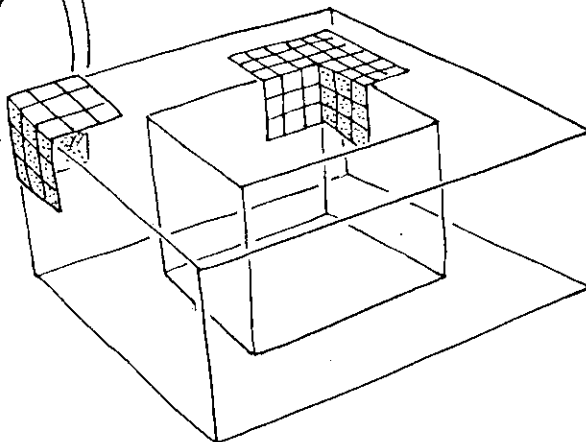
$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \frac{720^\circ}{8} = 270^\circ$$

Úžasné!...

Ze stejných důvodů když průměrná  
 hustota v našem třírozměrném  
 prostoru (neboli velikost zakřivení  
 na jednotku objemu) převyší  
 $10^{-29}$  gramů/cm<sup>3</sup>, tak se prostor  
 sám UZAVŘE.

Řekněte mi, pane Alberte,  
 čemu se rovná celkové  
 zakřivení torusu?

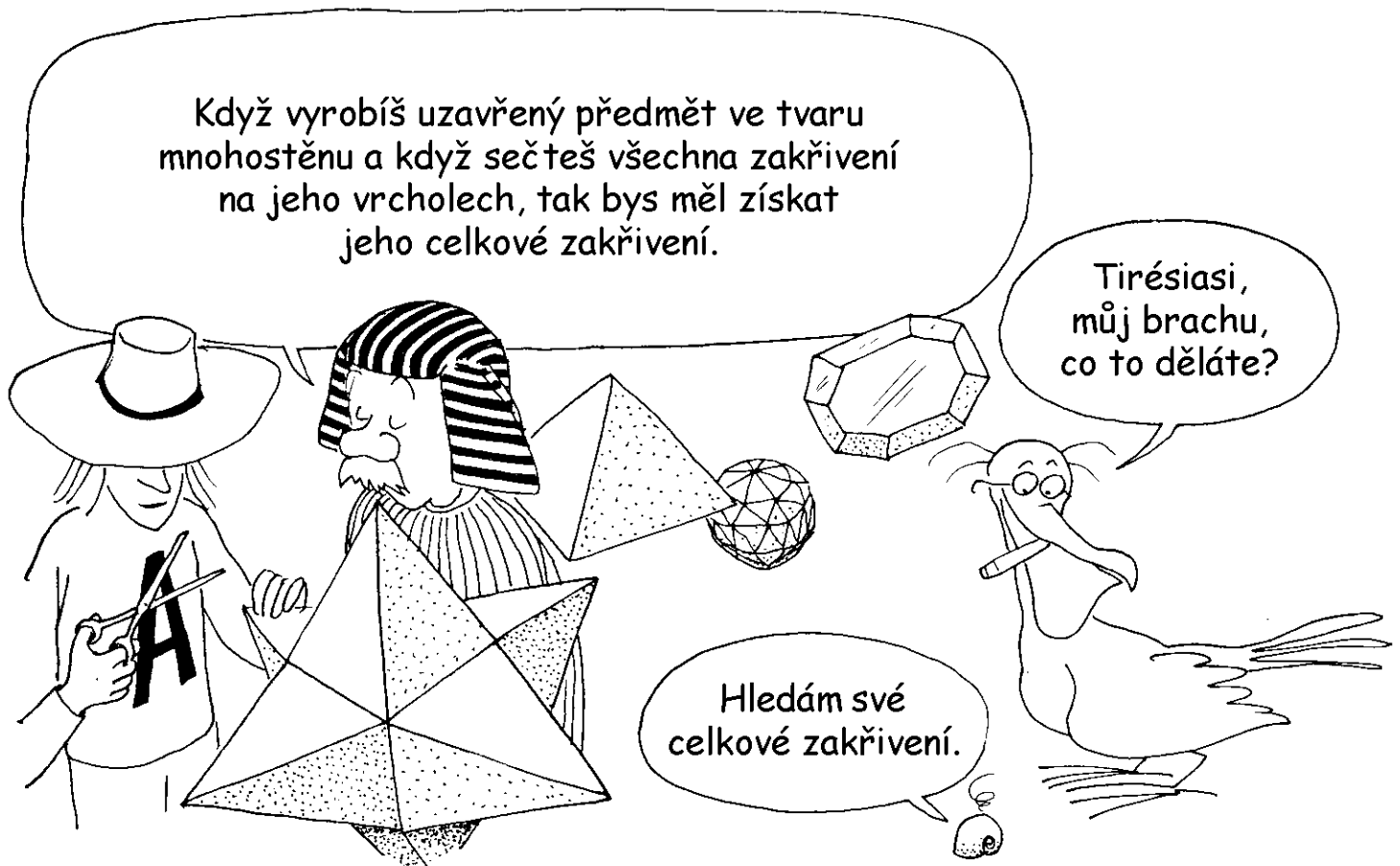
To je jednoduché, Anselme.  
 Znázorníme to takto:  
 osm pozikuželů ( $\theta = +90^\circ$ )  
 a osm negakuželů ( $\theta = -90^\circ$ ).



(\*) Gaussův zákon.



Torus o N dírách neboli PLACKA (\*), bude mít celkové zakřivení o hodnotě  $-4\pi(N - 1)$ . (za každou díru odečteme  $4\pi$ )

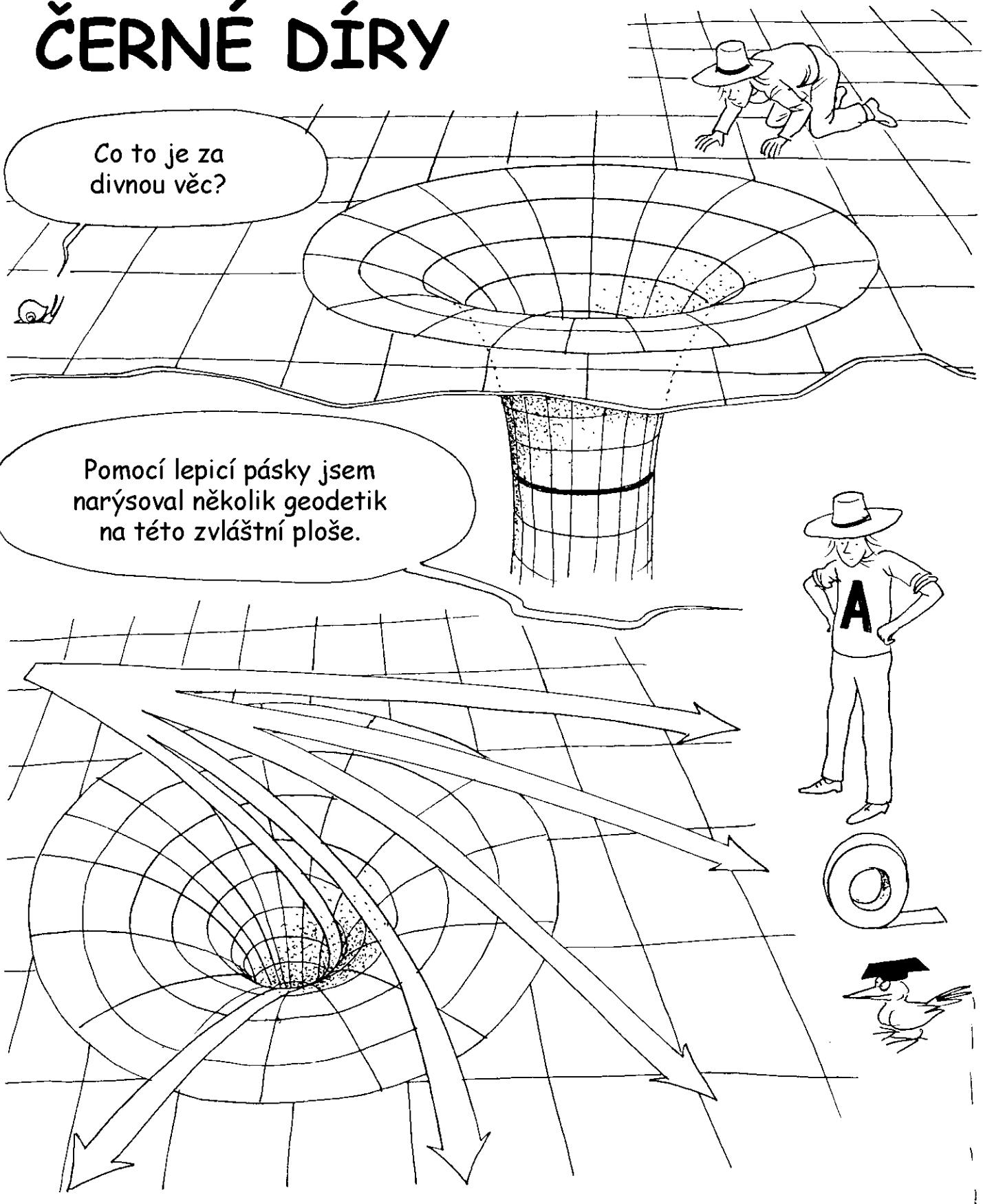


(\*) PLACKA je druh chleba, který se peče v jižní Francii, kde autor bydlí.

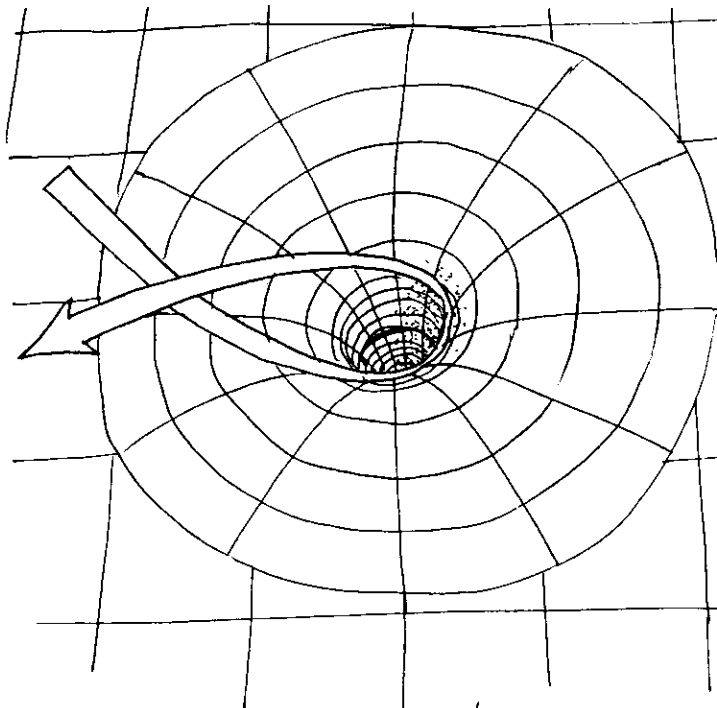
# POPRVÉ BLÍZKO ČERNÉ DÍRY

Co to je za  
divnou věc?

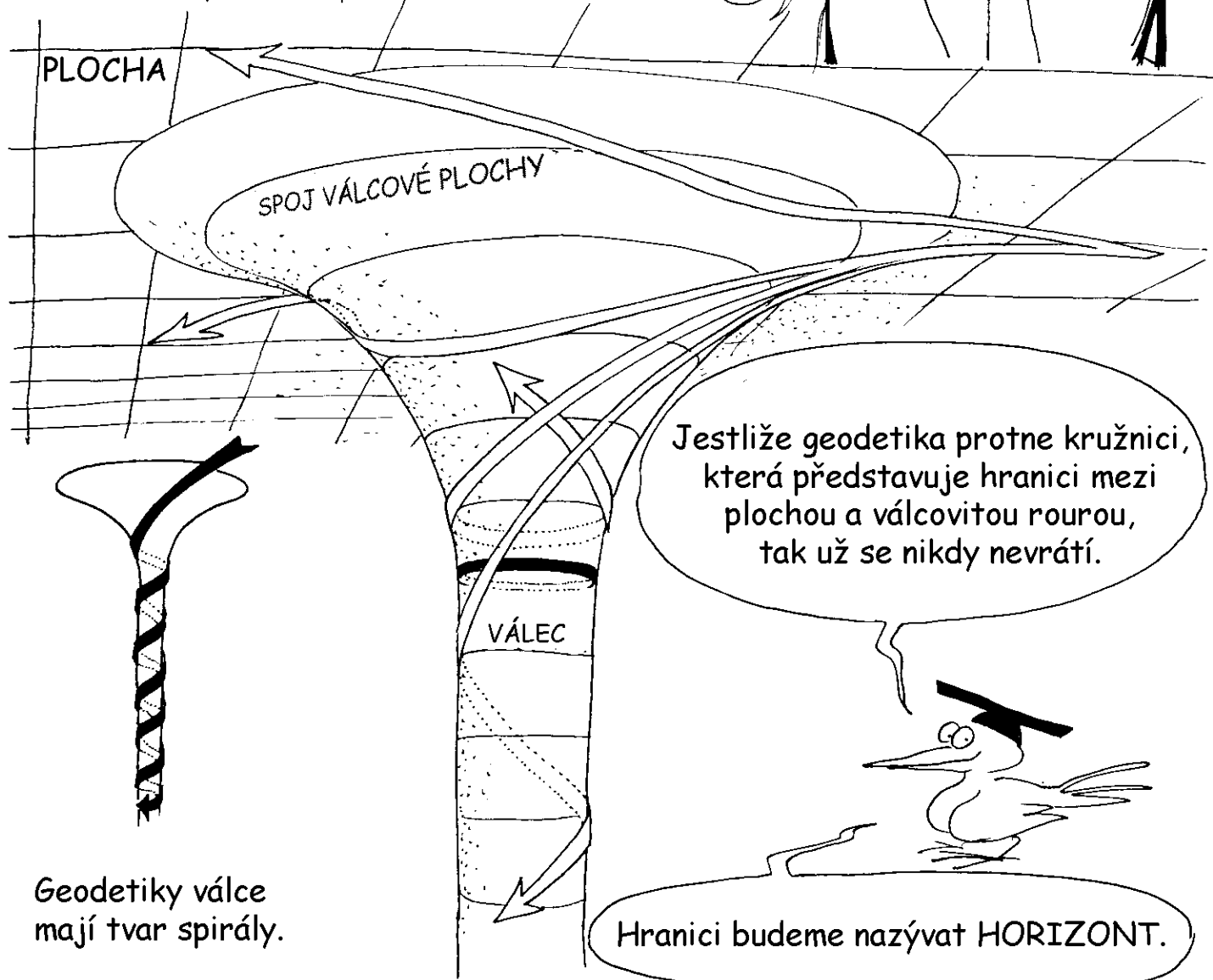
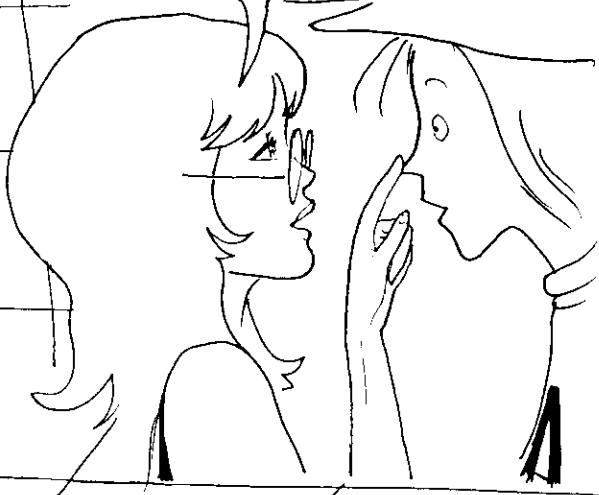
Pomocí lepicí pásky jsem  
narýsoval několik geodetik  
na této zvláštní ploše.







Jestliže se geodetika ponoří dostatečně hluboko do propadliny, tak se dokonce sama protne.

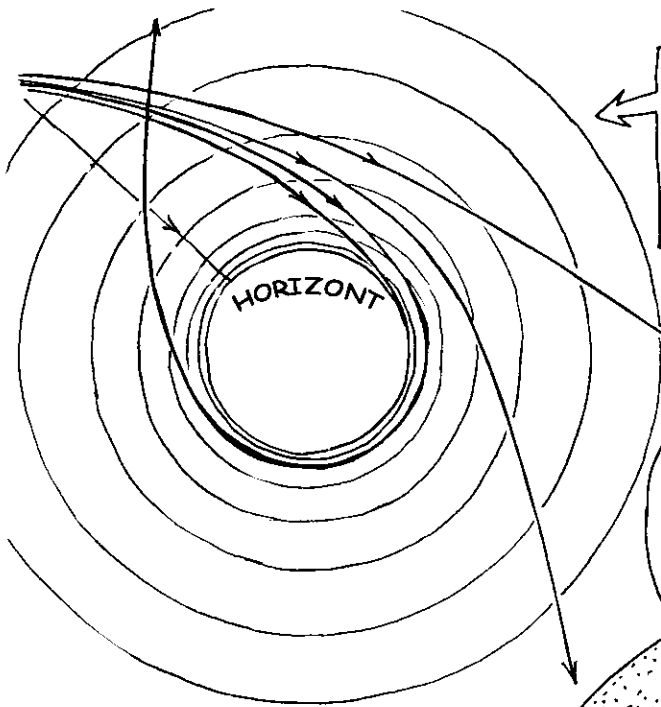


Jestliže geodetika protne kružnici, která představuje hranici mezi plochou a válcovitou rourou, tak už se nikdy nevrátí.

Geodetiky válce mají tvar spirály.

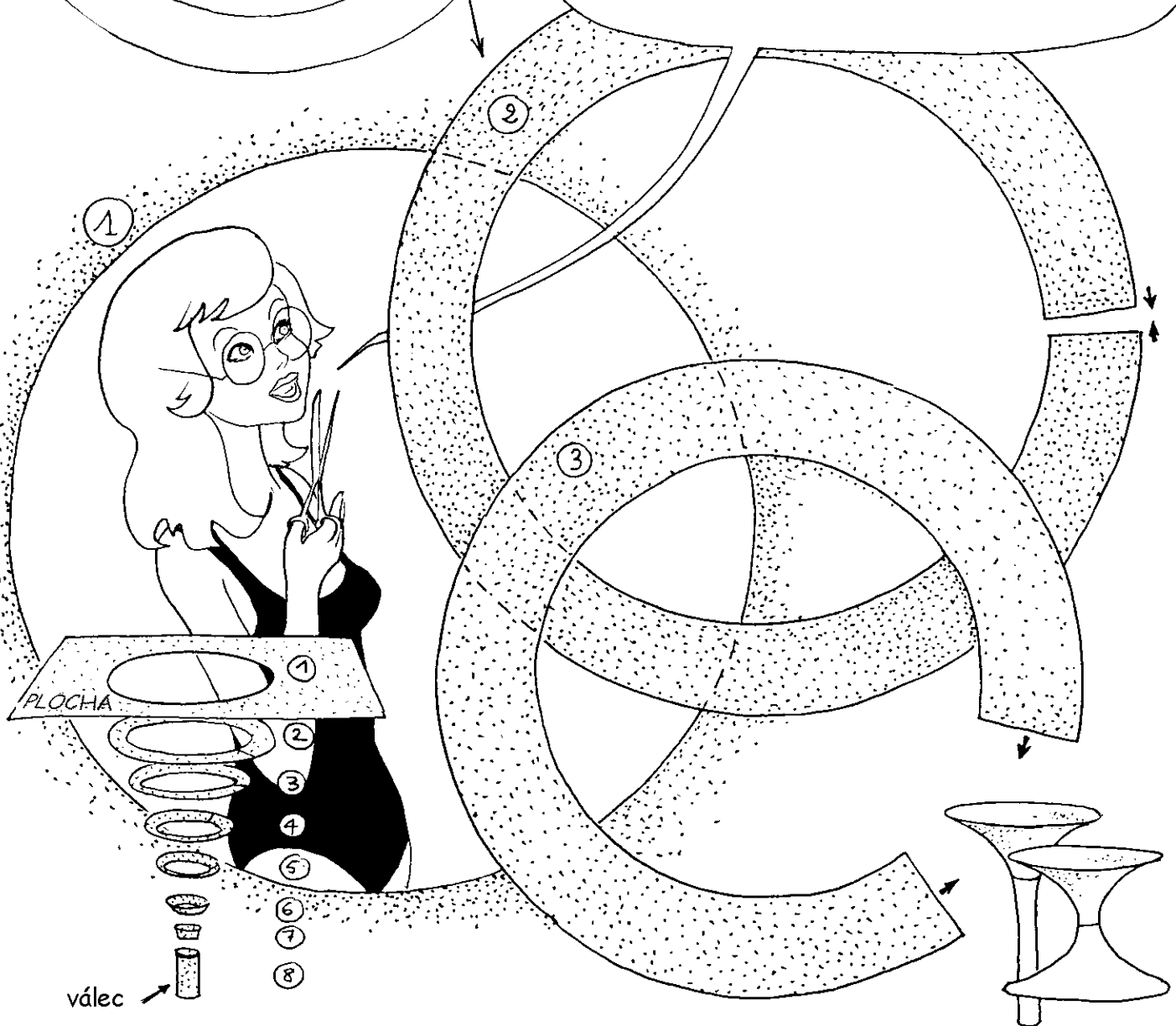
Hranici budeme nazývat HORIZONT.



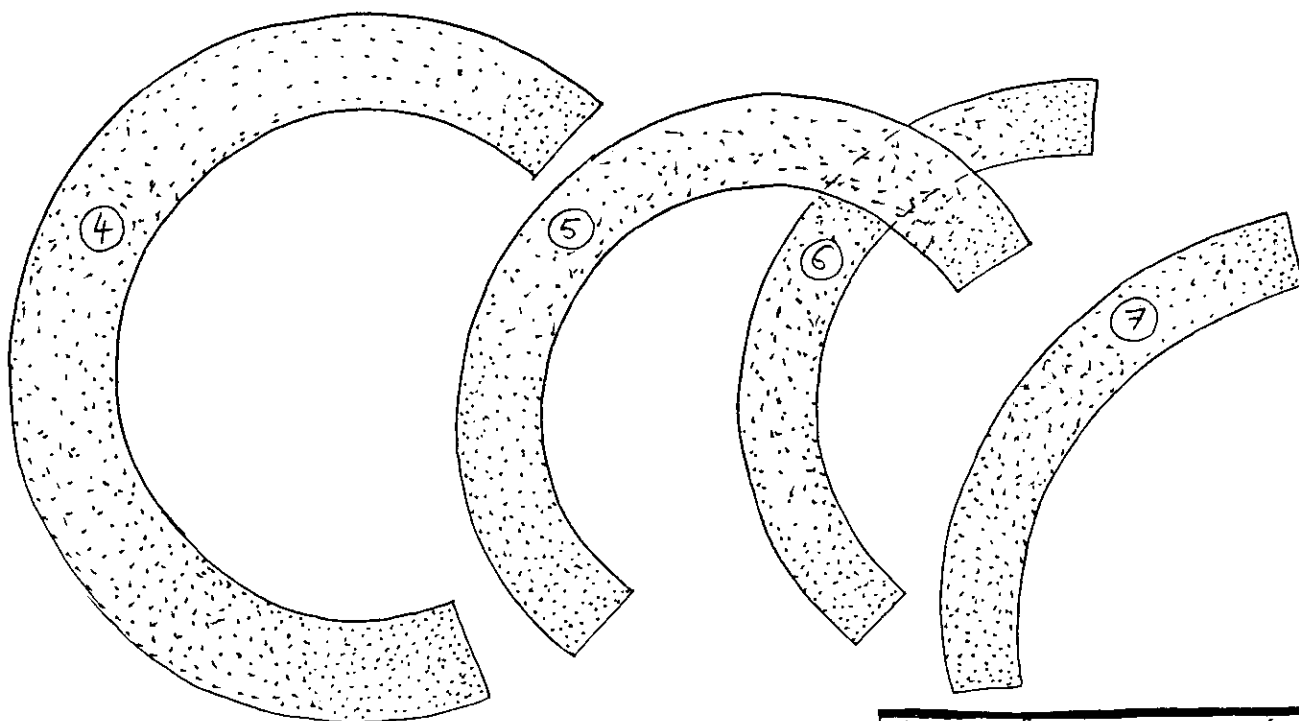


Ten, kdo by si myslel, že žije v ROVINNÉM světě, by tvořil dráhy tímto způsobem.

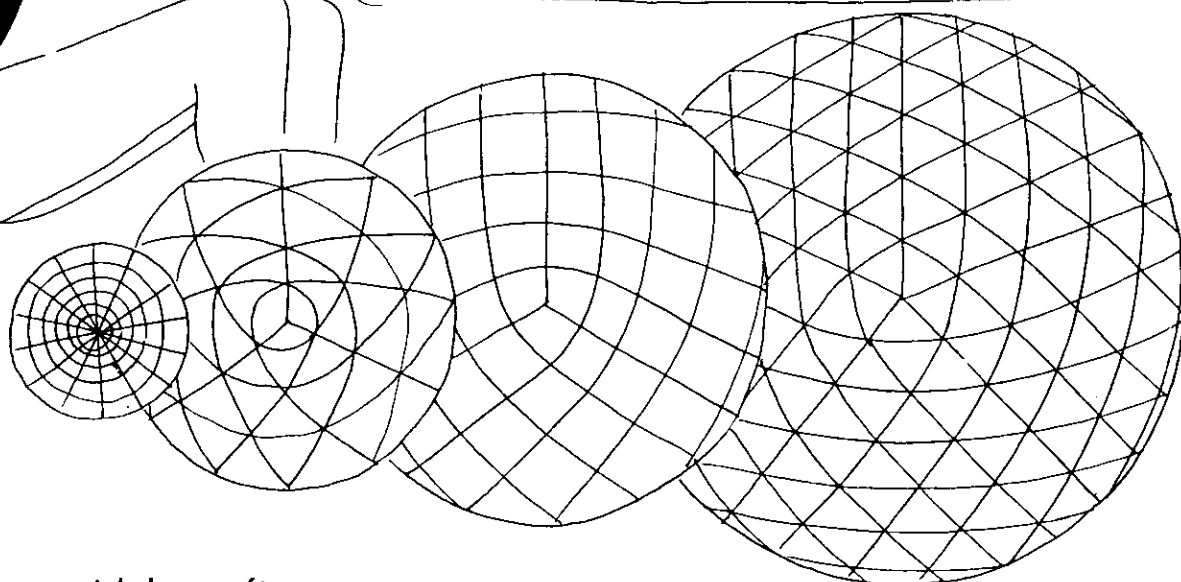
Vytvořte si vlastní černou díru pomocí plochy s otvorem (1), šesti komolých kuželů (dejte je těsně k sobě) a válce (8).



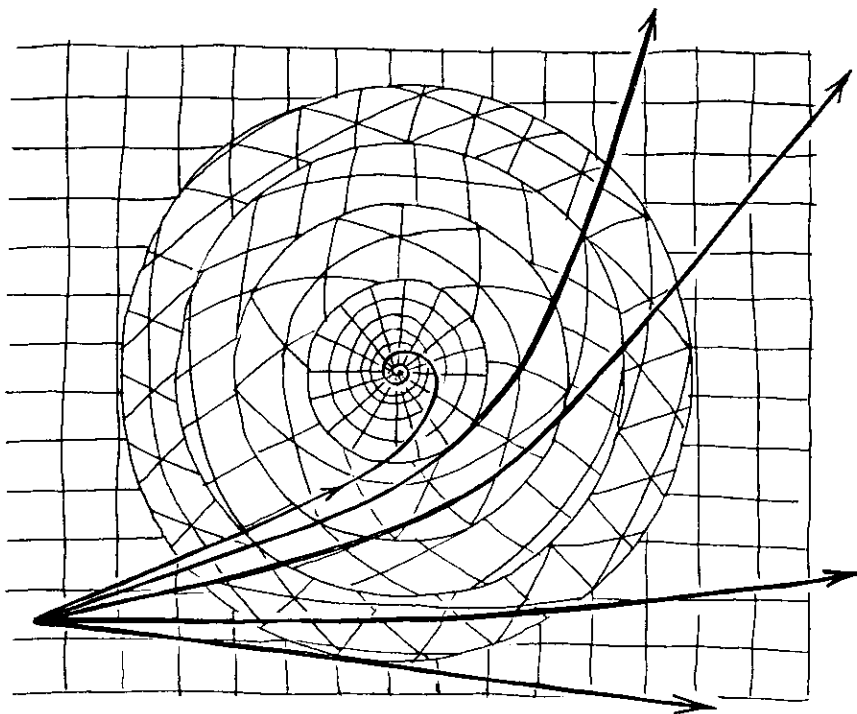
DALŠÍ VARIANTY



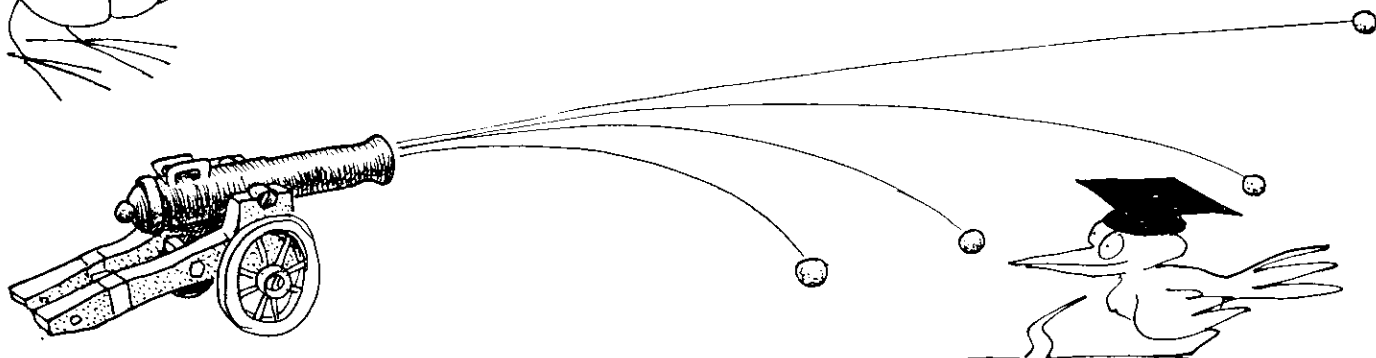
ČERNOU DÍRU lze znázornit i jiným způsobem: pomocí síťování.



Použili jsme pravidelnou síť pouze z estetického hlediska.



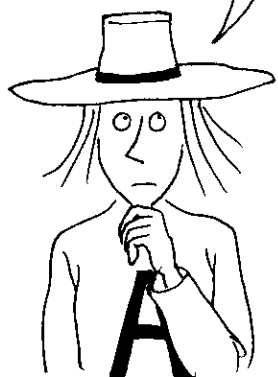
Pravidlem hry je postupně pod stejným úhlem protnout síť a spojit všechny kruhové hranice. Čím více se blížíme černé díře, tím více cítíme její přitažlivost. Uvnitř KRUHOVÉHO HORIZONTU se dráha stočí do spirály. Všimněme si, že polární síť v centru se dá přirovnat k meshování válce geodetikami, viděno z perspektivy.



Dráha předmětu v silovém poli je tvořena jedním nebo více předměty a závisí na počáteční rychlosti  $V_0$ .

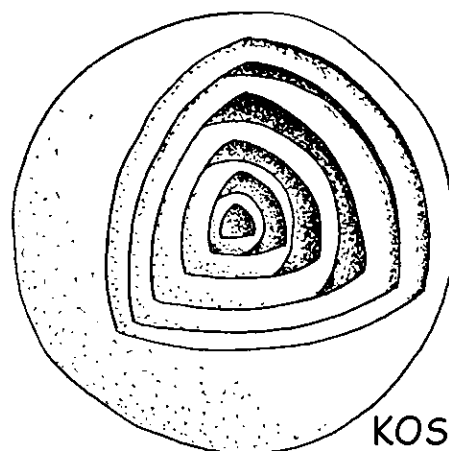
Příklad: dělová střela a zemská přitažlivost.

Takže ty předešlé obrázky odpovídaly určité hodnotě počáteční rychlosti  $V_0$ ?



## VERTIKÁLNÍ SKLUZ

Představme si, že svět je jako cibule, složený ze soustředných vrstev. (\*)



KOSMICKÝ PARK

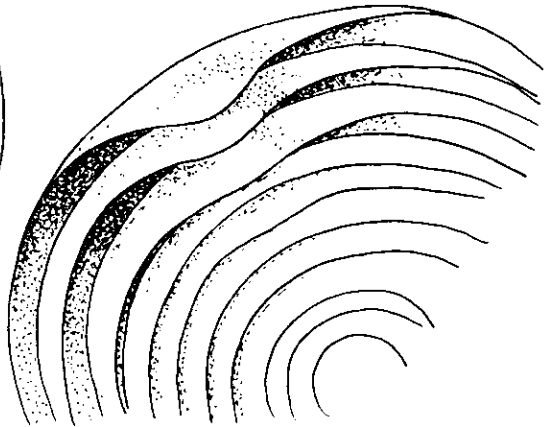
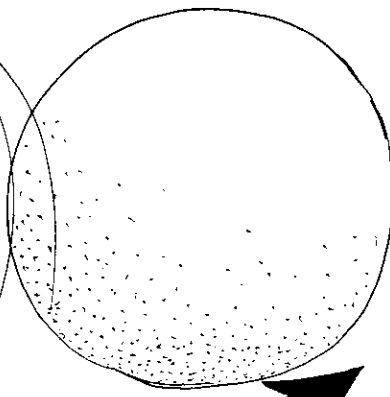
Každé vrstvě odpovídá intenzita  $V$  rychlosti. A čím se pohybujeme rychleji, tím jsme hlouběji.

Když dosáhneme rychlosti světla, tak jsme ve středu cibule.

(\*) V albu VŠE JE RELATIVNÍ (od stejného autora, vydavatelství BELIN) je model popsán pod názvem KOSMICKÝ PARK.

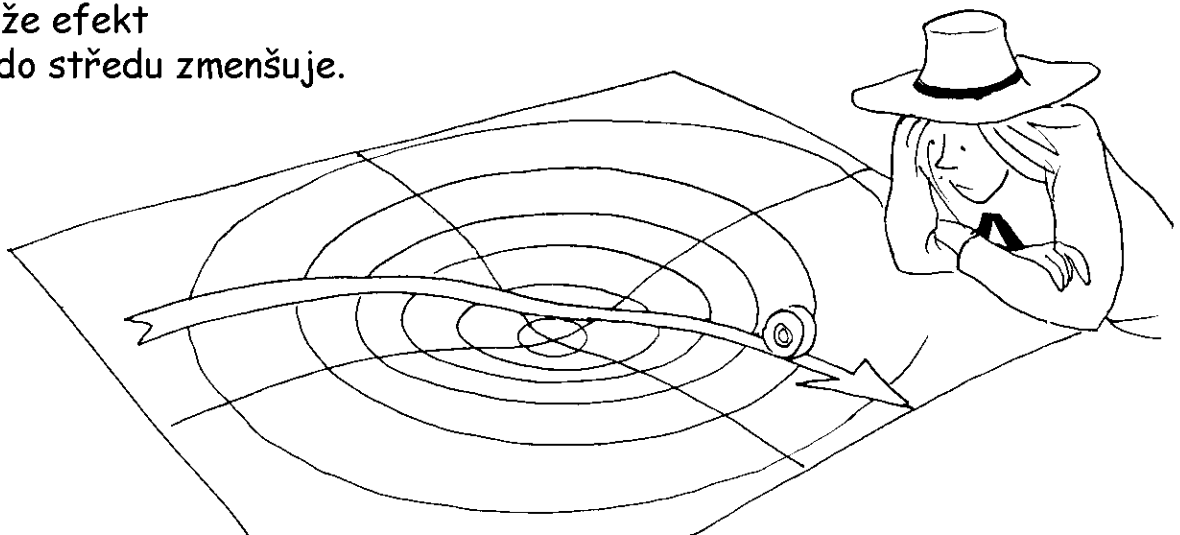
Pokud nepůsobí žádná SÍLA, tak si předmět zachová rychlost  $V$  (zůstává tudíž stejně daleko od středu cibule). Pohybuje se po GEODETICE KOULE, která odpovídá VELKÉMU KRUHU.

A teď se dobře dívejte!



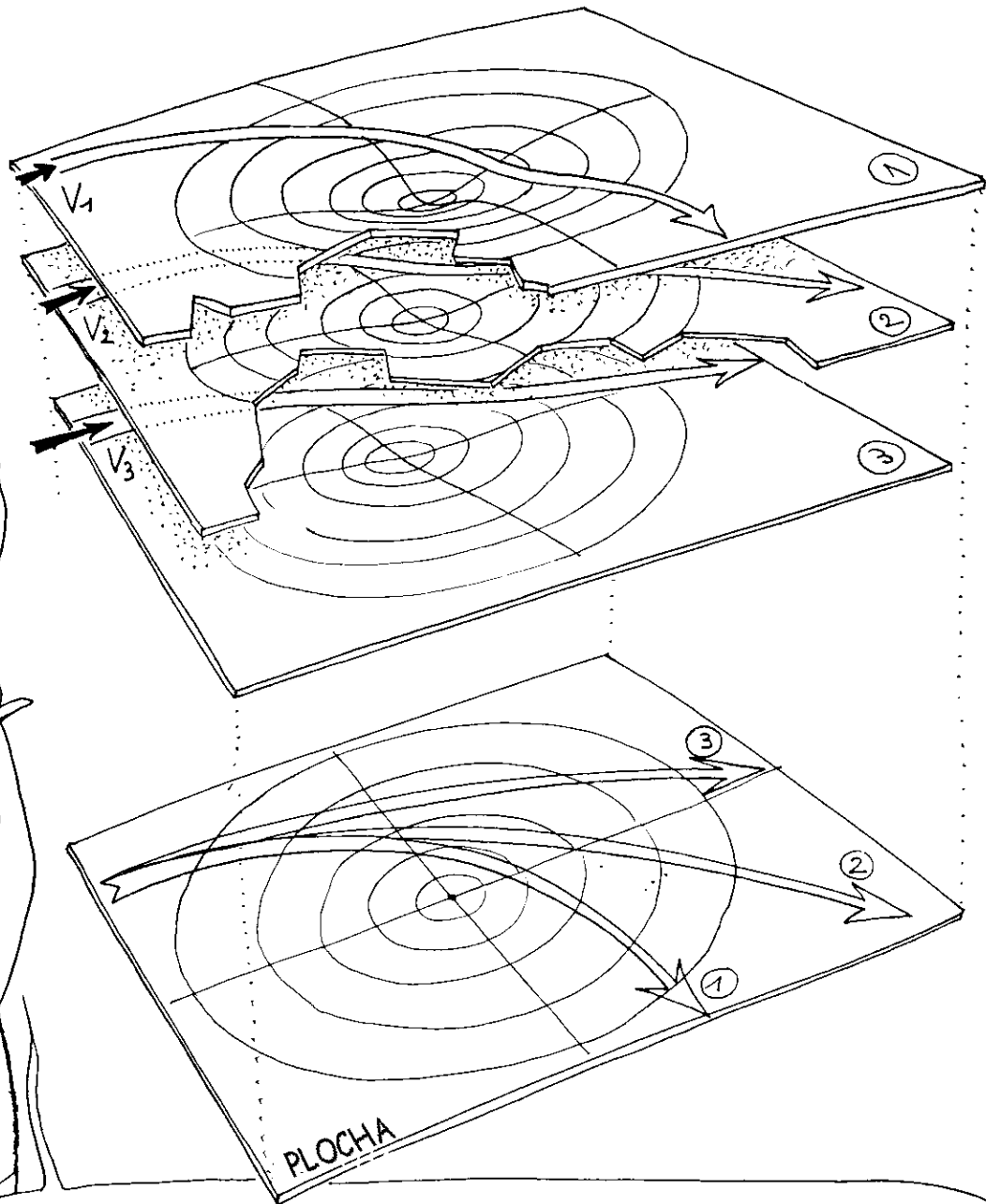
To je výsledek Albertovy rány kladivem.

Je zřejmé, že efekt se směrem do středu zmenšuje.

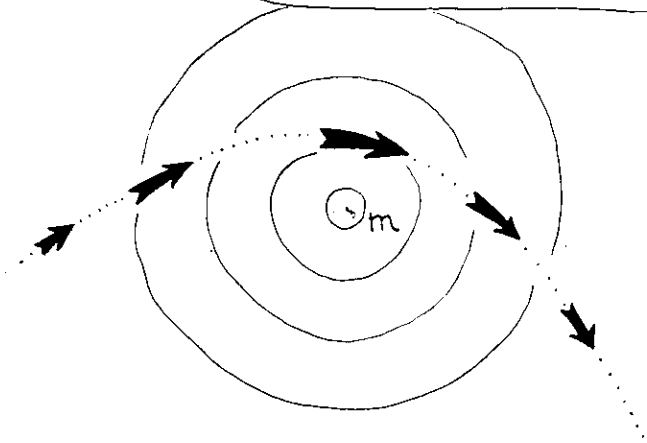


Vznikne díra (nebo hrbol, to je jedno...). Znázornili jsme vrstevnice (nejde o GEODETIKY!) a jednu speciální geodetiku.

$$V_1 < V_2 < V_3$$



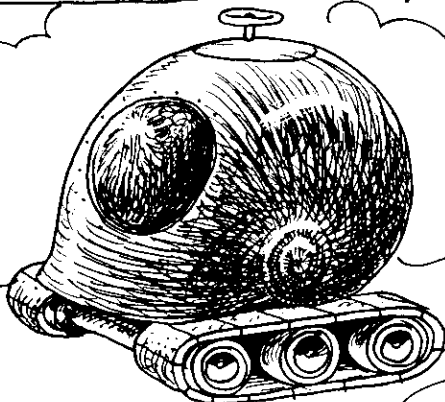
Čím je počáteční rychlost nižší, tím je deformace  
znatelnější a dráha zakřivenější.



Pod vlivem gravitační přitažlivosti  
rychlost předmětu nejprve stoupá  
a následně klesá.  
Maximální rychlosti se dosáhne  
když je mezi předmětem a přitažlivou  
hmotou minimální vzdálenost (perihélium).

Co to je za stroj?

To je  
ČASOPONORKA.



Umí jezdit po  
geodetikách v kosmickém parku.

Ale proč se zavírat  
do časoponorky?



Celý Kosmický park  
se nachází v tekutině,  
které říkáme  
ČASOVODA.

Tam mě nikdy  
nikdo nedostane!

Dráha, po které pluje  
ČASOPONORKA  
se nazývá OSUD.





Jak se ta vaše  
ČASOPONORKA  
řídí?

Neřídí se.  
Ona tě řídí.

Nemá volant ani  
řadicí páku.  
Má aspoň zpátečku?

V zásadě  
NE (\*).

Co to všechno  
ale znamená?

To je prostě  
ČAS.

Funguje to jako KLEPSYDRA  
neboli vodní hodiny.  
V nádrži je ČASOVODA  
o tlaku  $P_R$ . Vně ČASOPONORKY  
je tlak  $P_E$ .

$P_R$

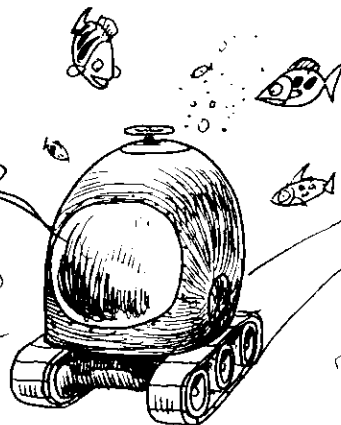
ČASO-  
VODA



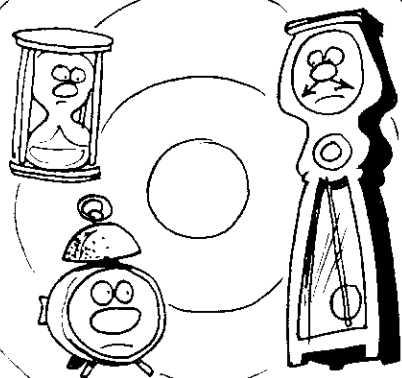
(\* ) Poznámka: DRUHÝ ZÁKON nám říká, že po geodetikách  
v časoprostoru (KOSMICKÝ PARK) nelze nikdy jet zpátky.

Vedení

Jelikož tlak  $P_R$  je vyšší než tlak  $P_E$ ,  
tak časovoda teče a průtokoměr  
ukazuje uplynulý čas.



Čím hlouběji se ponoříme do časovody  
tím více tlak  $P_E$  stoupá.  
Vzhledem k tomu, že průtok je přímo úměrný  
rozdílu ( $P_R - P_E$ ): čas plyne pomaleji.



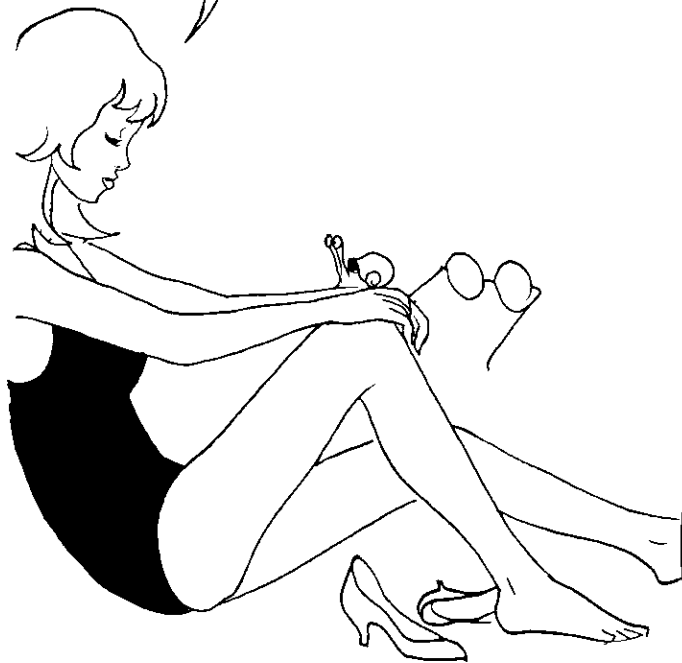
A hloubka JE rychlost.  
Tudíž čím rychleji se pohybujeme  
tím pomaleji plyne čas (\*).

A když se pohybujeme rychlostí světla,  
tak  $P_E$  SE ROVNÁ  $P_R$   
a čas se zastaví.

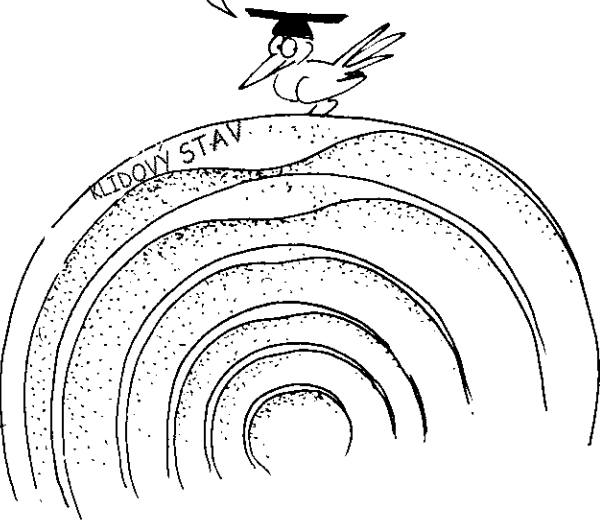


A nemůžeme se pohybovat rychleji než rychlostí světla  
a stejně tak se nemůžeme dostat hlouběji než  
do středu Kosmického parku.

Plocha Kosmického parku je klidná a nehybná.



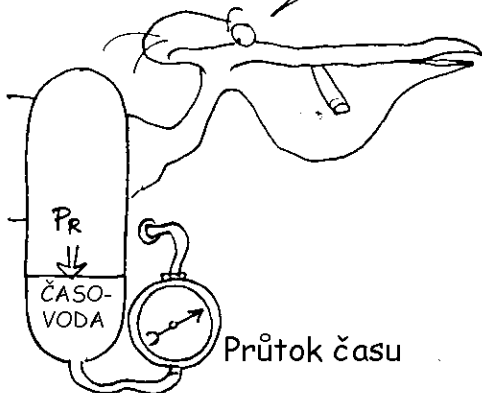
Když se nehýbeme,  
tak stárneme nejrychleji!



Velmi masivní tělesa silně zakřivují časoprostor. To znamená, že v této oblasti je každý předmět (i ten, který se nepohybuje) ponořen do ČASOVODY, která má vyšší tlak. A jeho čas plyne pomaleji než čas předmětu, který se také nepohybuje, ale je daleko od jakékoliv hmoty. Platí to například v blízkosti superhustého předmětu jako je neutronová hvězda.

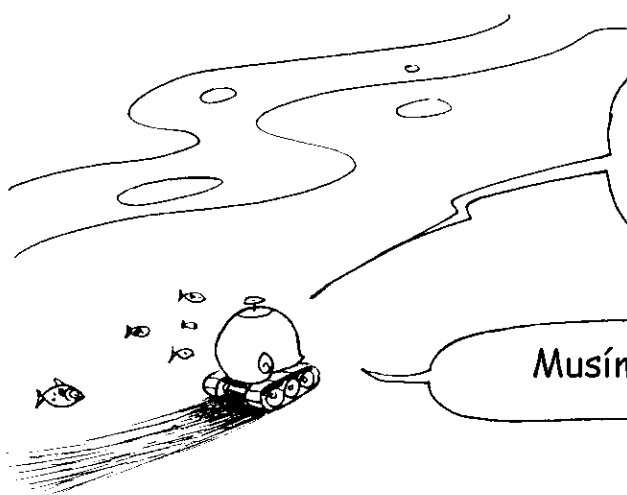
A co by se stalo  
kdybychom najednou  
z časoponorky vystoupili?

Třeba bychom  
náhle zestárli!



A když v nádrži dojde časovoda,  
tak to znamená... smrt?...

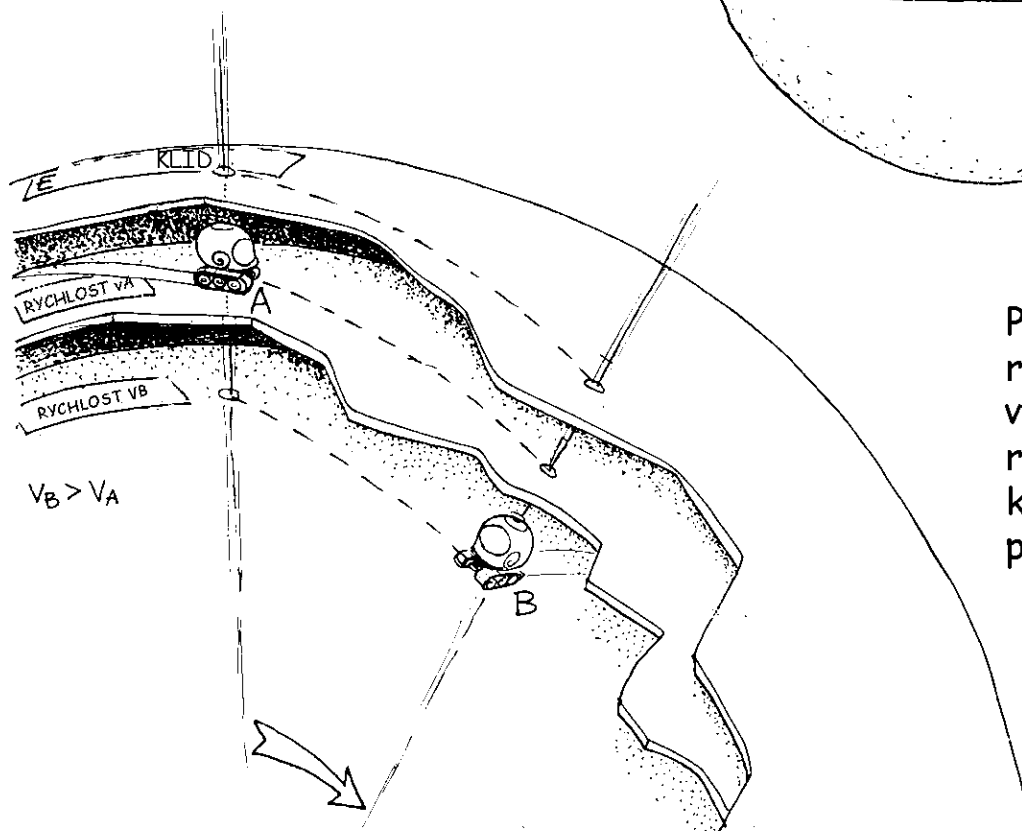
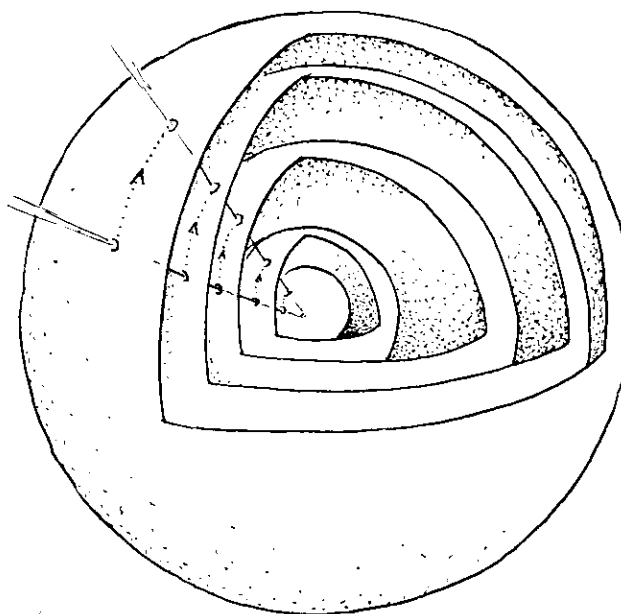
# SPOJENÍ



Jsme zavřeni v časoponorkách.  
Ale jak můžeme  
být ve spojení?

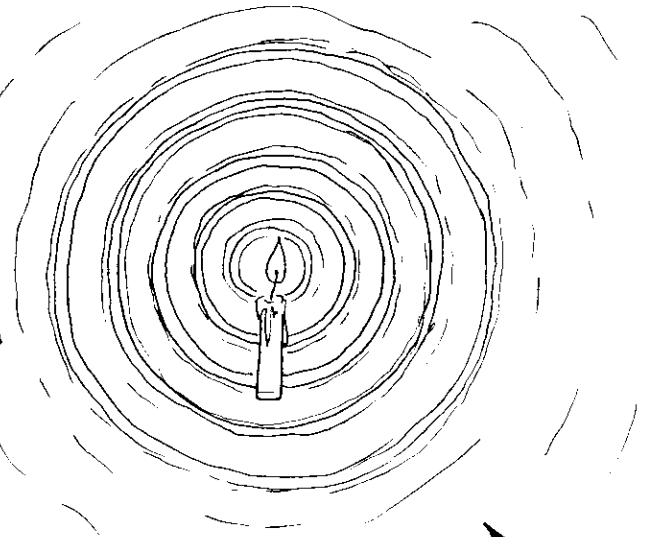
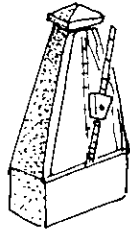
Musíme používat FOTONY.

Fotony jsou jako světla reflektoru,  
která se dostanou do všech  
vrstev Kosmického parku  
a to za neměnné úhlové rychlosti.



Předmět A, který se pohybuje  
rychlostí  $V_A$  může  
vyslat jeden z paprsků  
reflektoru směrem  
k předmětu B, který se  
pohybuje rychlostí  $V_B$ .

Světlo je periodický jev,  
kterému odpovídá  
frekvence  $N$ .

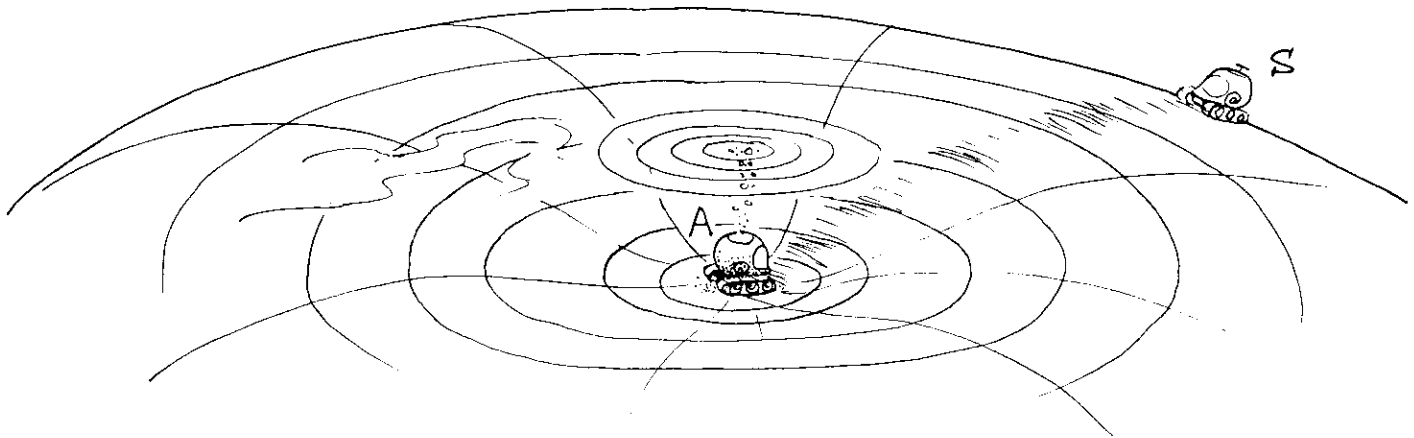


←  
Nízké frekvence

→  
Vysoké frekvence

Barva záleží  
na frekvenci.

INFRAČERVENÉ, ČERVENÉ, ORANŽOVÉ, ŽLUTÉ, ZELENÉ, MODRÉ, FIALOVÉ, ULTRAFIALOVÉ



Frekvence (vysílané a přijímané) se měří ve vztahu k času, který plyne v časoponorce toho, kdo vlny vysílá nebo přijímá. Anselme vysílá z časoponorky A modré světlo. Nachází se v části vesmíru, která je silně zakřivená. Je například blízko neutronové velmi masivní hvězdy.

Sofie v časoponorce S přijímá světlo. Nachází se daleko od velmi masivního předmětu. Její čas plyne tudíž rychleji a naměří slabší frekvenci. Světlo se jí bude zdát červené. Říkáme tomu RED SHIFT (rudý posuv) gravitačního původu.

Anselme se nachází na neutronové hvězdě.  
(Budeme dělat jako kdyby na něho nepůsobila gravitace,  
jinak by se okamžitě vlivem vlastní váhy rozmáčknul na zem).



Jablko bylo ve skutečnosti ZELENÉ  
a jeho vzhled změnil a zkreslil čas.

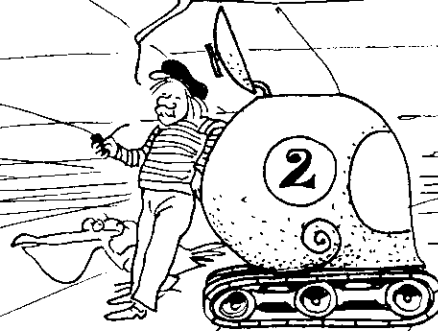
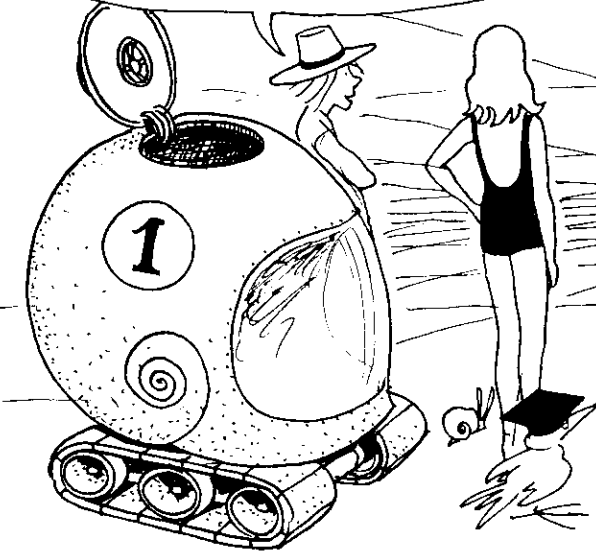
Jablka už nejsou  
co to bývalo...



# PODRUHÉ BLÍZKO ČERNÉ DÍRY

Budeme pokračovat  
v průzkumu Kosmického  
parku.

OK, jdu na to s Léonem.  
Užijte si geodetiku!...

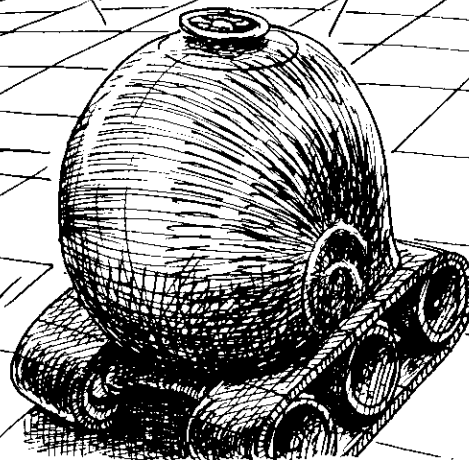


Máme také zvukové  
spojení, rádiové vlny (\*).

Tamhle vidím Léona  
a pana Alberta.

Hele, co to tam je?

Vypadá to jako  
tropická smršť.



(\* ) Rádiové vlny mají stejnou podstatu jako světelné vlny. Šíří se stejnou rychlostí  $C$ , ale mají nižší frekvenci.

Je to černá díra!

Pan Albert a Léon  
do ní skoro spadli.

Jedeme  
zatraceně  
blízko!

Můžeme nějak Léonovi a  
panu Albertovi pomoci?

Nejde to.  
Zdá se, že  
geodetiky se  
neprotnou.



Vidíš je?

Dno černé díry  
se zdá zcela tmavé.

Ještě je vidím, ale časoponorka  
dostala tmavočervenou barvu.

Haló, pane Alberte, Léone,  
slyšíme se?

Nechápu to.  
Má strašně vysoký hlas  
a mluví moc rychle.

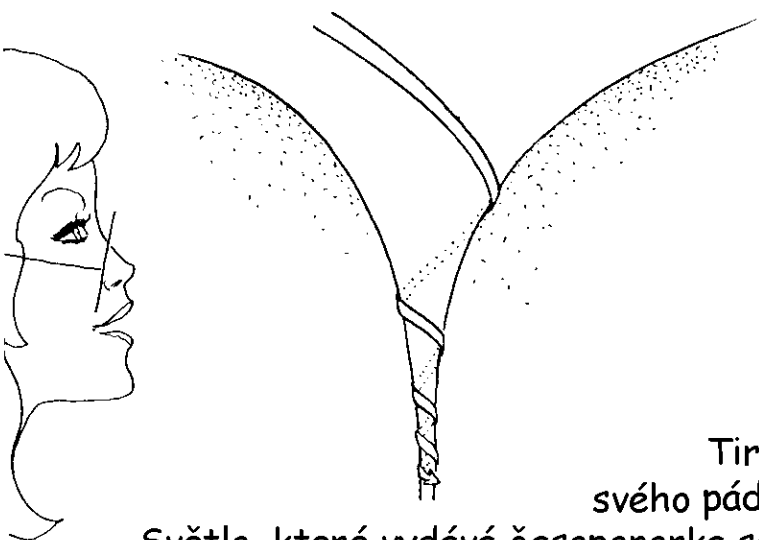
Má čím dál tím hlubší hlas.  
Něco jako když dohrává deska!?!

ALESSSTTTTEEEEEEE

Problémy se spojením způsobuje  
život ve velmi odlišných  
"časových bublinách".

# OTÁZKA ČASU

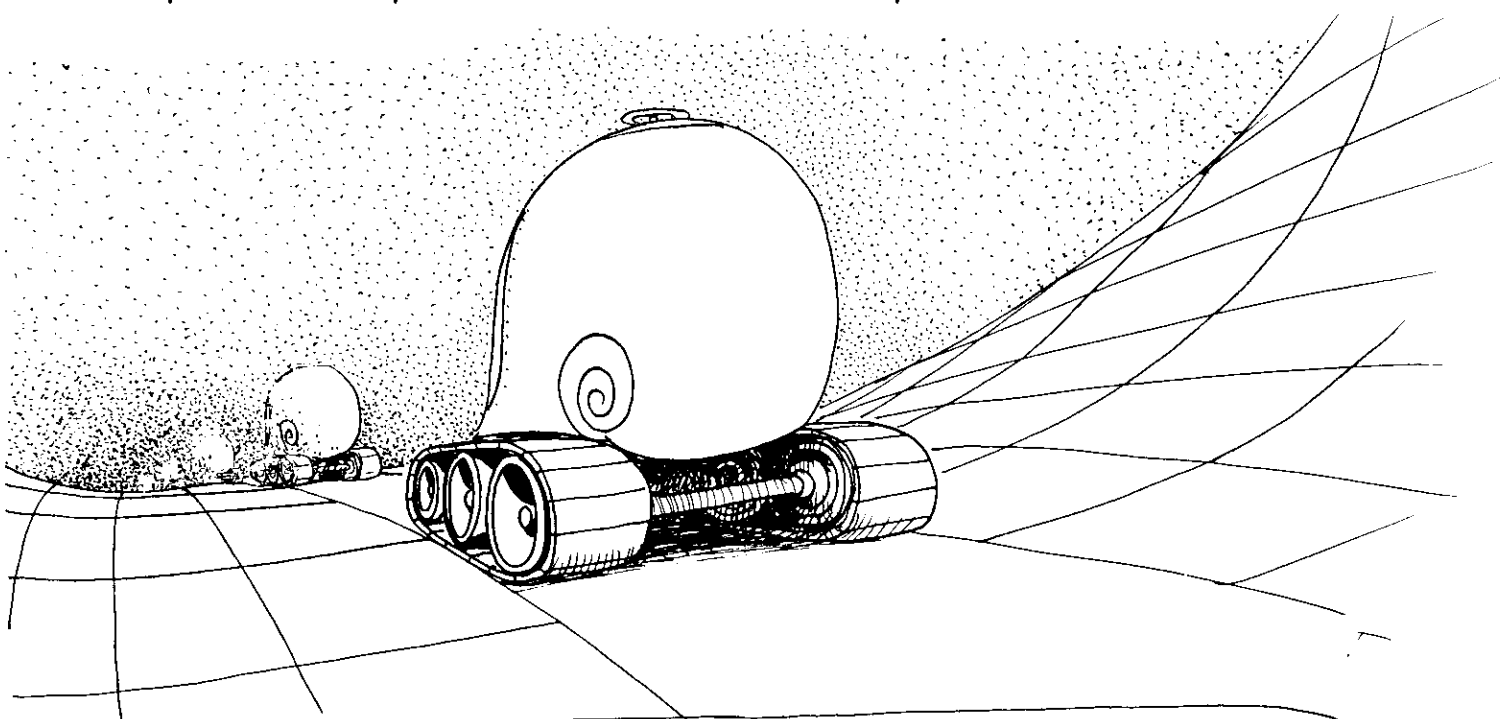
Čím hlouběji se Albert a Léon ponořují do ČASOKAPALINY a čím více vnější tlak  $P_E$  stoupá, tím méně tekutiny klepsydrou teče a v časoponorce tím pomaleji plyne čas.



Až se dostanou do podstaty věci a dosáhnou rychlosti světla, tak palubní vodní hodiny načerpají omezené množství časovody, což znamená, že se cesta uskuteční za URČITOU dobu.

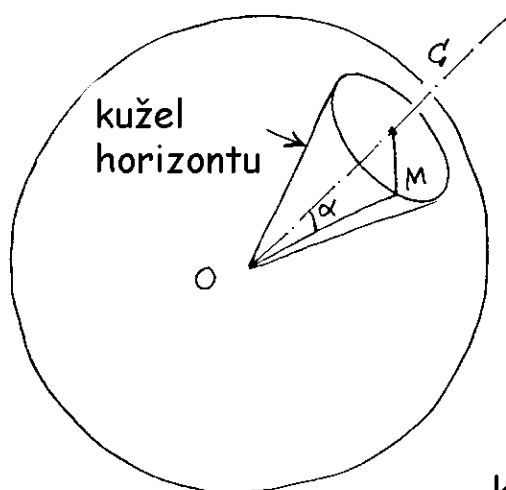
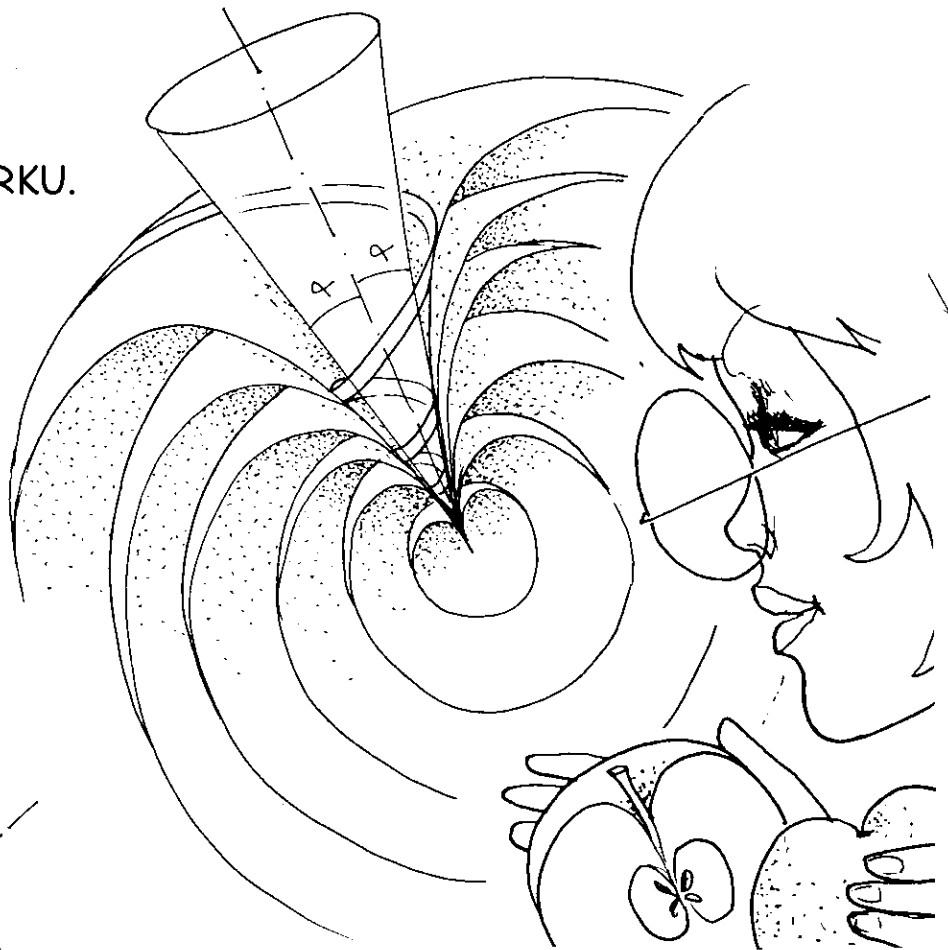
Ale kdyby Sofie, Anselme, Max a Tirésias mohli pokračovat v pozorování svého pádu, tak by se jim to zdálo nekonečné.

Světlo, které vydává časoponorka se rychle dostane do infračervených, okem nepozorovatelných frekvencí. Rádiové vzkazy se dostanou do infrazvuků.



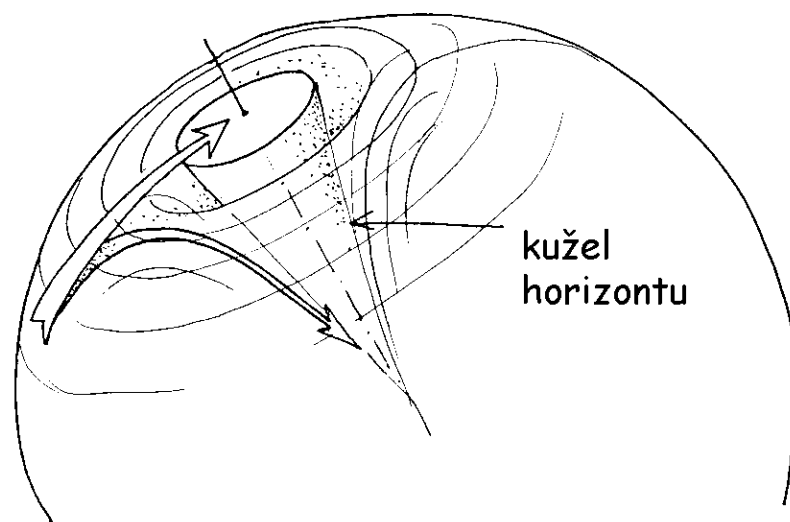
Připomíná mi to nejznámější ze Zenónových paradoxů o Achillovi a želvě. Achilles se snaží přiblížit k želvě a POKAŽDÉ zmenší vzdálenost, která je dělí o polovinu. Podaří se mu to za určitou dobu.

Takto vypadá černá díra  
v modelu KOSMICKÉHO PARKU.  
Špička se zcela zapíchla až  
do centra časoprostoru,  
kde panuje rychlost světla.  
V tomto bodě se všechny  
části plochy stanou  
tangenty kužele o  
polovičním úhlu vrcholu  $\alpha$ .



Model chápe vzdálenost jako ÚHEL  
mezi dvěma polohovými vektory:  
například  $\vec{OM}$  a  $\vec{OC}$ .

Na obrázku níže je znázorněno, že  
se nikdy nedostaneme dovnitř kuželu  
o polovičním úhlu vrcholu  $\alpha$ . Pozorovateli,  
který by se nacházel na povrchu ČASOVODY  
neboli v klidovém stavu a který by neviděl zakřivení časoprostoru,  
by se hranice černé díry, které se říká HORIZONT, jevila  
jako KRUH, který se dá překonat rychlostí světla.





Jé, podívej, vrátili jsme se na místo, ze kterého jsme vyjžděli. Časoponorka č. 3 se ani nehla.

Výlet po okolí černé díry zpomalil naše stárnutí. Kdyby někdo z nás zůstal v časoponorce, která nikam nejela, tak by možná čekal na náš návrat stovky nebo tisíce let!

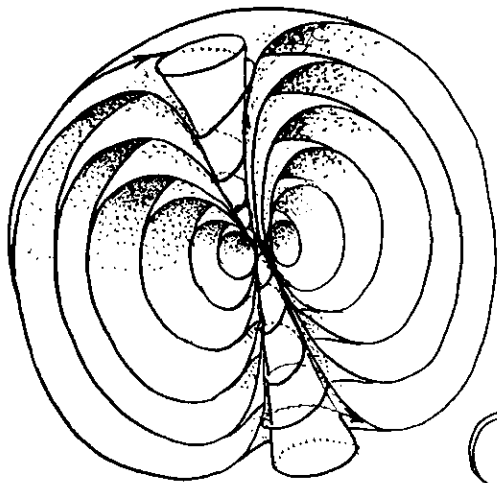
Kam vedou černé díry?

To nikdo neví. Teorie předpokládá, že někde možná existuje antičerná díra.

Byl by to předmět, do kterého by se nedalo vejít, šlo by se dostat pouze z něho ven.

BÍLÁ DÍRA.

V modelu KOSMICKÉHO PARKU  
by černá a bílá díra mohly  
vypadat následovně.

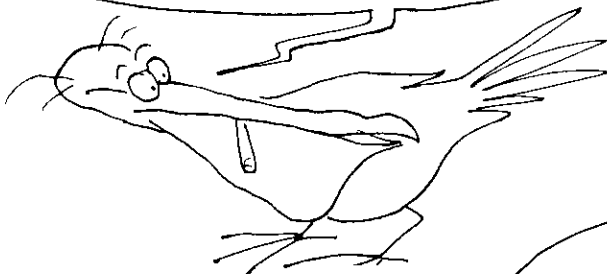


Jde o STEJNÝ předmět,  
ale geodetiky jsou  
umístěny opačně.



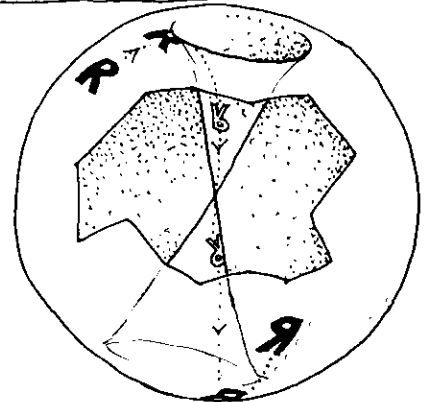
Ale, co se nachází  
v černé díře  
za HORIZONTEM?  
Není tam snad NIC?!?

Je snad vnitřek  
černé díry tvořen  
samotným NIC?



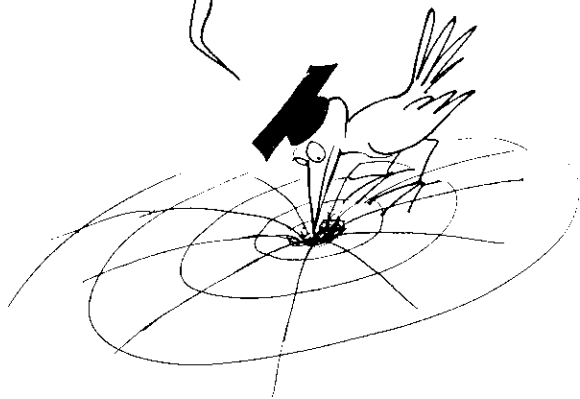
Ale ne! "Vnitřek" černé díry  
jednoduše odpovídá vnějšku bílé díry.

Všimněme si, že v modelu soustava  
ČERNÁ - BÍLÁ DÍRA dává všem vrstvám  
Kosmického parku vzhled jednostranné  
neorientovatelné plochy. "Průchod"  
převrací věci. Například z R bude Я.

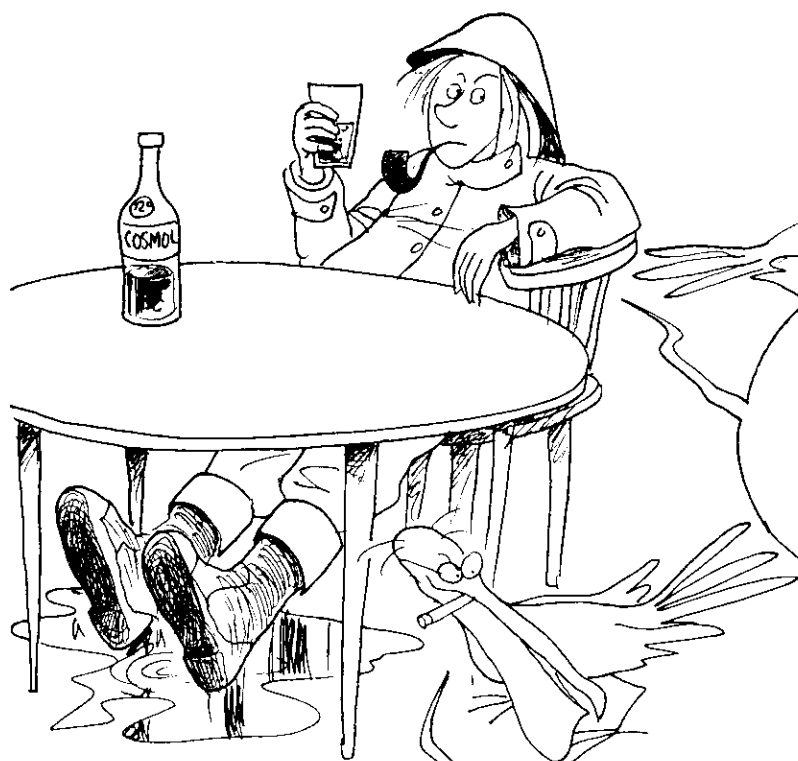


# ZAŠMODRCHANÁ ZÁLEŽITOST

Existují i jiné teorie. Někteří si myslí, že černé díry vedou do BRATRSKÉHO VESMÍRU.




Nebo dokonce do zrcadlového světa, kde i čas plyne naopak.



Koneckonců, jestli se někteří troufalci k černé díře přiblížili, nikdo z nich se nevrátil, aby to vyprávěl.

Tirésiova ulita je v podstatě možná černá díra.

Maminko!




Léone, nech  
Tirésiase na pokoji!


Nech toho, Tirésiasi.  
Hlavní je, že se ti  
v uličce dobře žije.

La!

## DOSLOV

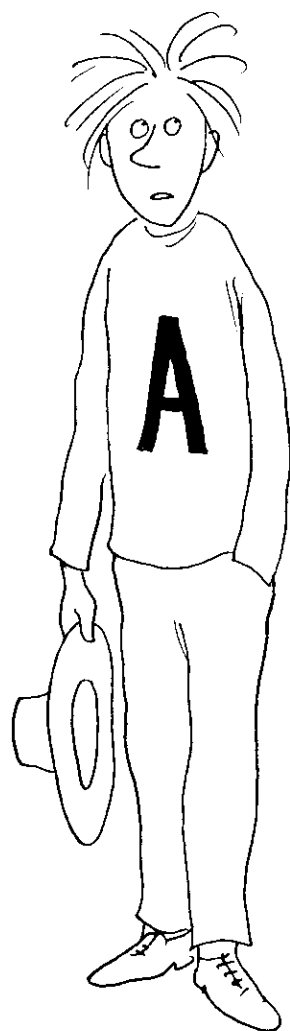


Je, je, jej, ta časovoda!  
Bolí mě hlava...




Hled' me. Prázdn  
a hmota jsou to samé!  
Vesmír se může uzavřít  
a můžeme jít jen pořád rovně!

Jestli je tohle ten nejlepší vesmír,  
jak musí asi vypadat ty ostatní?



**KONEC**





Kde se bere voda v kohoutku,  
který vypadá,  
že se vznáší ve vzduchu?

Hmmm...

A kam odtéká?  
Hladina vody  
v kbelíku se nemění.

A přeci  
teče!

falešný kohoutek

trubky z plexiskla,  
které umožňují, že  
voda, kterou pumpa  
vytlačila, se dostane  
nahoru

zrcadlo  
s dvojitým  
dnem

elektrická  
pumpa na vodu

baterie

BÍLÁ DÍRA

ČERNÁ DÍRA

