

Byl a stál ( a možná ještě stojí ) v Aldebaranu <http://www.aldebaran.cz>. tento štok :

Sylabus, který se právě chystáte číst je třetím vydáním. Text doznal minimálních změn. Budu vděčný za všechny připomínky a objevené chyby a nedostatky. Objevíte-li cokoli, co Vám vhání adrenalin do žil, napište mi na adresu: [kulhanek@fel.cvut.cz](mailto:kulhanek@fel.cvut.cz). Na tuto adresu směřujte i Vaše dotazy a ostatní připomínky. Některé zajímavé informace naleznete na adrese <http://www.aldebaran.cz>. Zde je také možné stáhnout poslední aktuální verzi tohoto sylabu.

Přeji hodně radosti z objevených zákonitostí přírody, pocitu moci, pochopíte-li hloubku úvah Vašich předchůdců a pocitu bezmoci, který Vás bude pohánět kupředu v okamžicích váhání.

Těm studentům a pedagogům, kteří zjistí, že na této škole nemají co dělat, blahopřeji k bystrému úsudku a přeji důstojný odchod.

**Petr Kulhánek, v Praze 15.2.2001**

... a tak jsem byl vyzván – viz třetí+čtvrtá věta sylabu ( i po vykopnutí z diskuse ) k napsání :

Sylabus pedagogů ( oblíbených do doby dokud je chválíme )

Sylabus, který se právě chystáte číst je třetím vydáním. Text doznal minimálních změn. Budu vděčný za všechny připomínky a objevené chyby ( pozor, pouze chyby v nauce, nikoliv na charakteru ) a nedostatky. Objevíte-li cokoli, co Vám vhání adrenalin do žil, ( despotismus apod.) napište mi ( všichni, krom Navrátila ) na adresu: [kulhanek@fel.cvut.cz](mailto:kulhanek@fel.cvut.cz). Na tuto adresu směřujte i Vaše dotazy a ostatní připomínky. ( všichni, krom Navrátila, ten má klást otázky zakázáno, bezdůvodně apriori ). Některé zajímavé informace naleznete na adrese <http://www.aldebaran.cz>. ( všichni je naleznete, krom Navrátil, ten má už přístup zakázán, bezdůvodně apriori ) Zde je také možné stáhnout poslední aktuální verzi tohoto sylabu.

Přeji hodně radosti z objevených zákonitostí přírody, pocitu moci, pochopíte-li hloubku úvah Vašich předchůdců ( když hloubku nepochopíte, radost Vám už nepřeji, ba naopak ) a pocitu bezmoci, který Vás bude pohánět kupředu v okamžicích váhání.

Těm studentům a pedagogům, kteří zjistí, že na této škole nemají co dělat, blahopřeji k bystrému úsudku a přeji důstojný odchod. ( na věčnost )...a ty, co zjistí bystrým úsudkem, že nemají „co dělat pro Kulhánka“ na této škole a přesto mají chuť zůstat ( pro touhu a krásu poznávání přírody ), tak ty kopnu do prdele, neb si důstojný odchod nezaslouží.

Petr Kulhánek, v Praze 15.2.2001

Josef Navrátil, v Děčíně 02.04.2005 .... ; ... po důstojném odchodu ze školy a neuhasínající touze poznávat,

a na výzvu p.Kulhánka napsat mu cokoliv, jsem si dovolil mu klást otázky...bohužel debilní.... O to lépe se s nimi vypořádá...., a bude na to stačit sám ( oproti řeckému přísloví, co praví, že když se jeden hlupák vyptává, tři věhlasní mudrcové mu nestačí odpovídat ).

## **Petr Kulhánek: Topologie vesmíru - může být vesmír jako ementál?**

Když Arno Penzias a Robert Wilson objevili v roce 1965 reliktní záření, netušili, jaký dopad bude jejich objev mít na budoucí fyziku. Reliktní záření je záření, které se oddělilo od látky Prosím o vysvětlení : To, že záření se oddělilo od látky znamená, že „předtím“ bylo záření v látce ?, na látce?, látka byla zářením a naopak ? a najednou se oddělily ? 380 000 let po Velkém třesku a nese v sobě odkaz ( záření ) toho, jak vesmír vypadal v dávné minulosti. Látka už nenese (vesmírem v čase) odkaz toho jak vesmír vypadal v t= 380 000 let po

Třesku, jen záření ? Záření má dnes již nízkou teplotu (zhruba 3 stupně nad absolutní nulou) a vlnovou délku v mikrovlnné oblasti. Proč záření „ochladlo“ ? Tím, že se rozpíná prostor, narůstají v jednotce délky body, anebo „se stejný počet bodů“ natahuje, tak tím pozorovatel „nenatahující se“ vidí jak záření mění vlnovou délku ? v čase ? A existuje vůbec „nenatahující se“ pozorovatel ? Čili prostor jak sám se „natahuje“, tím on natahuje tomu záření jeho vlnovou délku ? A amplitudu ne ? Lze v laboratoři horké záření ochladit ? Čili : záření samo /v čase/ mění vlnovou délku, nehledě na rozpínání prostoru, anebo jí má zakonzervovanou, ale jemu jí mění rozpínání vesmíru ?...tedy lambda je konstantní, ale mění se „velikost“ pozorovatele vzhledem k rozpínání vesmíru ? Záření podrobně zkoumala družice COBE (Cosmic Background Explorer) vypuštěná v roce 1989 a v posledním roce sonda WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) vypuštěná v roce 2001. Reliktní záření není ve všech směrech stejně teplé, v některých směrech nalezneme teplejší a v některých chladnější skvrny. RZ se oddělilo od látky a počalo chladnout nerovnoměrně, že ?, jinak by nemělo různou teplotu. Takže chladlo-li nerovnoměrně, pak se i rozpínání vesmíru dělo nerovnoměrně ? anebo důvod nerovnoměrného chladnutí záření je jiný ? Rozdíl teplot je velmi nepatrný - řádově pouhá jedna stotisícina stupně. Po oddělení od látky právě v tu chvíli se zrodil ten rozdíl teplot RZ a pak už rozdíl teplot zůstal zakonzervován až dodnes ? Proč ? Ale současná technika dokáže tyto skvrny (odborně fluktuace) pečlivě sledovat. Právě tyto skvrny jsou jakýmsi paleolitickým otiskem struktur raného vesmíru. Po oddělení RZ od látky „se vytvořily v něm otisky struktur vesmíru“, to znamená, že RZ převzalo „do sebe“ parametry hodnot veškerenstva a zakonzervovalo je „do sebe“ abychom to dnes pozorovali ? Čili se po celou historickou dobu s RZ nic nedělo ? Jejich průzkumem průzkumem skvrn znamená průzkumem různých teplot fotonů RZ, tedy fotonů s nepatrně různou vlnovou délkou, je možné určit stáří vesmíru, čili průzkumem pouze nepatrných rozdílů vlnových délek RZ lze určit stáří vesmíru ? a dokonce zastoupení různých složek a zdá se, že i celkový tvar (topologii) vesmíru. a dokonce i toto ? Pojdme ale začít od počátku. Anebo je to ještě mírně jinak ?

**Geometrie** - geometrie vesmíru je lokálně určována obecnou relativitou, čas a prostor jsou zakřiveny přítomností těles a v tomto zakřiveném časoprostoru se tělesa pohybují po geodetikách. Geometrie lokální tedy nemůže být Euklidovská a „ploché“ rozpínání časoprostoru nelokální je zřejmě „kritické“ tj. parabolické, neb je  $E_K + E_P = 0$  ....., „v ploše“ se děje rozpínání nelineárně >v čase< ( ? )

**Topologie** - nauka o globálních nikoliv lokálních (?) vlastnostech a struktuře množin, v našem případě o chování vesmíru jako celku. Za topologicky ekvivalentní považujeme množiny, které lze spojitě deformovat **Spojitě deformování nelze provádět lokálně jen globálně (?)** jednu na druhou.

**Genus topologie** - číslo, které charakterizuje danou topologii z hlediska počtu "děr" nebo "držadel". Genus se určuje pomocí skupin křivek, které nelze stáhnout do bodu **vše globálně nikoliv lokálně (?)** (jsou natažené kolem díry či držadla).

**Kosmická krystalografie** - jde o způsob zobrazování konečné (kompaktní) topologie za pomoci vyplnění prostoru opakujícím se základním útvarem. **v globálním provedení to je pak jeden „originál“ neproveditelný lokálně (?)** Jde o podobný proces jako skládání krystalu z elementárních opakujících se buněk. **Takto lze „ždímat“ jen vesmír jako celek nikoliv jeho lokální místa (?)**

**Geodetika** - nejrovnější možná dráha v zakřiveném časoprostoru.

**Jednoduše souvislá množina** - množina, která nevypadá jako "ementál". Nemá žádné díry ani držadla, každou uzavřenou křivku lze stáhnout do bodu.

**Parametr  $\Omega$**  - podíl hustoty vesmíru ku kritické hustotě, v našem vesmíru je přibližně roven jedné, tj. vesmír je téměř plochý. **Zdaliž pak také platí tento vztah ? :**

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \Omega$$

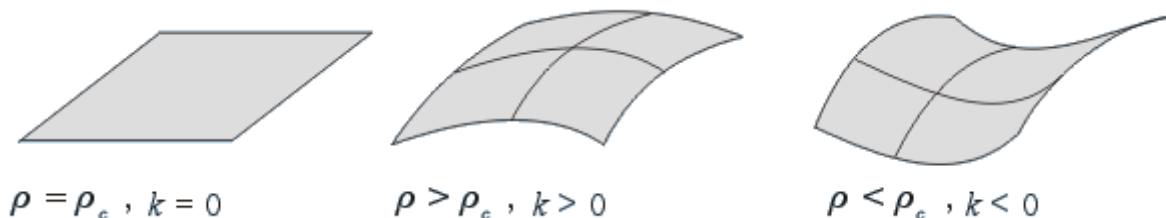
**Sféra posledního rozptylu** - horizont, na kterém bychom pomyslně viděli oddělení záření od hmoty. **Už se ví kdy vznikla hmota a kdy záření ? Byly smíchány a „pak“ se oddělili ?** Ve vzdálenějším pohledu již nevidíme reliktní záření, protože záření silně interagovalo s hmotou a neexistovalo samostatně. **Pak ovšem před vznikem odtrženého RZ od hmoty záření žádné nebylo ?, neb před oddělením okamžitě v té husté polívce látky s ní reagovalo ? Co vznikalo při reagování hmoty a záření, opět hmota ?**

**Reliktní záření (CMB - Cosmic Microwave Background)** - záření, které se od hmoty oddělilo 380 000 let po vzniku vesmíru, dnes má teplotu 2,73 K a z jeho fluktuací usuzujeme na vlastnosti našeho vesmíru.

### Geometrie vesmíru

Geometrie vesmíru je určována rozložením hmoty ve vesmíru. **Geometrie – nauka o lokálním ; topologie – nauka o globálním** Hmota a energie **Záření je-li energie, pak i záření zakřivuje čas a prostor ?** Kolem černé díry je zakřiven časoprostor, žeano ; a po Velkém třesku, kdy je hustota ranného vesmíru ještě větší než jí má černá díra a ještě je v něm více energie, se ranný vesmír určitě také velmi velmi zakřivil...a tak i zde se zakřivení času se interpretuje jako jeho dilatace, čili zpomalení, a tak v ranném vesmíru čas neběžel, „stál“ ? a počal se odvíjet v nelineárním tempu ? až dodnes ? zakřivují čas a prostor kolem sebe a v tomto pokřiveném světě se pohybují částice po nejrovnějších možných drahách - geodetikách. Míru zakřivení časoprostoru je možné určit z obecné relativity navržené A. Einsteinem v roce 1916. **Je míra zakřivení vesmíru v celé historii stejná ? pak není ani stejné tempo stárnutí vesmíru ?** Z geometrického hlediska mohou nastat tři případy, které odvodil v roce 1922 ruský vědec A. Fridman a které si představujeme pomocí jednoduché dvourozměrné analogie (zakřivené plochy):

- vesmír je lokálně podobný rovině, s nulovou křivostí a právě kritickou hustotou,
- vesmír je lokálně podobný povrchu koule, s kladnou křivostí a nadkritickou hustotou,
- vesmír je lokálně podobný horskému sedlu, se zápornou křivostí a podkritickou hustotou.



**Je-li geometrie lokálním jevem, pak je lokální křivost v podstatě tečnou „plochou“ k vyšší křivosti globální topologické – ke křivější „ploše“ ? Rozpíná-li se vesmír lokálně Euklidovsky, může být pak globální křivost ve všech třech typech ploch křivých tj.  $k = 0$  ;  $k > 0$  ;  $k < 0$  ?**

Již Fridman věděl že toto dělení nic nevyovídá o celkové topologii (globálním tvaru) našeho vesmíru. Fridman ukázal, že pokud je vesmír jednoduše souvislý (každou křivku v něm lze

stáhnout do bodu, nejsou zde "díry"), potom je kladně zakřivený vesmír konečný a záporně i nulově zakřivený vesmír je nekonečný. Jednoduše souvislou množinou není třeba duše automobilu nebo ementál. Fridman věděl, že pokud by vesmír nebyl jednoduše souvislý, může být konečný i pokud má nulovou či zápornou křivost. Albert Einstein prý kdysi na Fridmanovy návrhy odvětil, že vesmír přece nemůže vypadat jako ementál a nepřipustil možnost existence jiného než jednoduše souvislého vesmíru.

## Topologie vesmíru


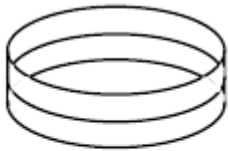


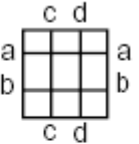
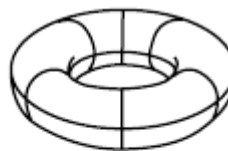
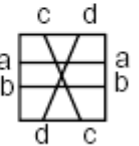
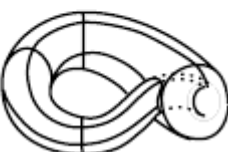
Obecná relativita pomáhá určit lokální vlastnosti vesmíru, ale neřeší, jak vesmír vypadá jako celek. Právě vesmírná topologie je oborem, který se bouřlivě rozvíjí několik posledních let a snaží se určit celkový vzhled našeho vesmíru. Podobně jako nerosty mohou existovat v několika základních krystalografických strukturách, může mít vesmír, podle současných teorií, jen některé topologické varianty. Někdy se tyto úvahy nazývají kosmická krystalografie. Pojdme se nejprve pro jednoduchost na chvíli zabývat jen dvourozměrnou topologií obdélníku a jejím zobrazením.

### Příklad - dvourozměrný vesmír z obdélníku

Představme si placaté bytosti, které žijí jen v rovině obdélníku. Znají dva směry, ale neznají třetí - výšku. Z obdélníku můžeme vytvořit pomocí ztotožňování jeho protilehlých hran čtyři topologické útvary:

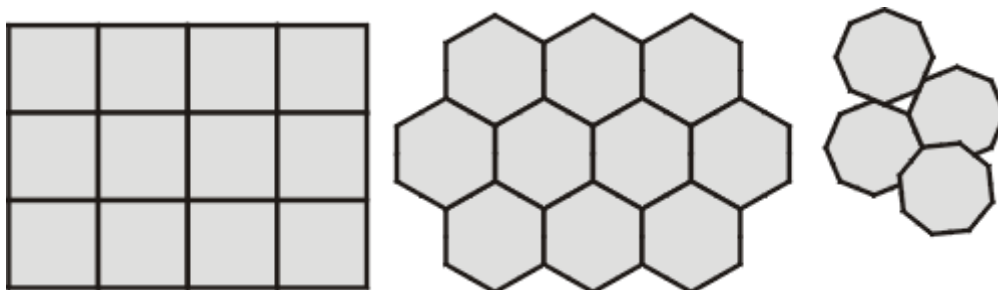
1. Ztotožníme souhlasně jednu dvojici hran, například levou a pravou. Pozorovatel, který by opustil obdélník napravo se objeví ve stejné pozici nalevo.
2. Ztotožníme nesouhlasně jednu dvojici hran, například levou a pravou. Pozorovatel, který by opustil obdélník napravo se objeví v zrcadlově převrácené pozici nalevo.
3. Ztotožníme souhlasně obě dvojice hran - levou s pravou a horní s dolní. Pozorovatel, který by opustil obdélník napravo se objeví nalevo, pozorovatel, který by opustil obdélník nahoře se objeví dole. Tuto situaci známe dobře z monitoru počítače u počítačových her.
4. Ztotožníme obě dvojice hran, jednu souhlasně a jednu nesouhlasně.

Jak si tyto obdélníkové 2D vesmíry představit? Existují celkem tři způsoby. První jsme právě použili. Ztotožňování předem stanovených hran. Druhou možností je využít našich třírozměrných zkušeností a začít lepit z obdélníku kosmické origami. Obdélník ale musí být z nějaké tvarovatelné hmoty, takové, aby šel deformovat. První vesmír povede po stočení papíru a slepení hran na válcovou plochu, druhý na Möbiův pásek. U třetího musíme ve válci ještě slepit horní a dolní hranu, dostaneme útvar podobný pneumatice nazývaný v topologii toroid. Není jednoduše souvislý, existují křivky, které nelze stáhnout do bodu, genus prostoru je roven jedné. A čtvrtý? Tady budeme mít s lepením problémy i v třírozměrném světě, jde o útvar nazývaný Kleinova láhev. Kosmické origami je pro nás snadno představitelné, ale pouze v dvourozměrném světě. V třírozměrném vesmíru již nic takového provést nemůžeme, nemůžeme se odstěhovat mimo vesmír do nějaké čtvrté dimenze a začít lepit skládanku.

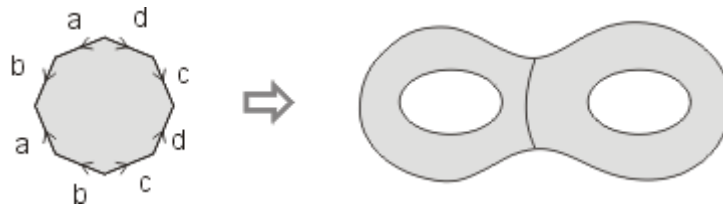
válec		
Möbiův pásek		
toroid		
Kleinova láhev		

Ztotožňování hran ve 2D topologii a náhled na útvar ve 3D.

Další způsob představy konečného vesmíru je nejelegantnější a vychází z toho, co takový pozorovatel v konečném vesmíru uvidí. Uvidí totiž mnohonásobné obrazy své i svého okolí, jakoby v zrcadlové síni. I kdyby byl v celém vesmíru sám, uvidí mnoho postav. Pohne-li se, pohnou se postupně všechny postavy, počká-li dostatečně dlouho. Když bude chytrý, zjistí, že jeho vesmír je konečný a vidí stále svůj obraz v různých fázích vývoje. Této představě můžeme říkat dláždění, chceme-li. Vesmír jsme vydláždili z opakujících se obdélníků, můžeme to provést například i z opakujících se šestiúhelníků. Jde to ale i z osmiúhelníků, nemůžeme s nimi sice vydláždít rovinu, ale konstantně záporně zakřivený prostor, ve kterém jsou vrcholové úhly menší než v rovině, ano! Vznikne známý topologický útvar, který je podobný dvoutoroidu (jsou v něm dvě díry, kolem kterých nestáhneme křivku do bodu), genus útvaru je roven dvěma.



Znázornění uzavřeného vesmíru s nulovou křivostí pomocí dláždění čtverci a šestiúhelníky.  
Prostor s nulovou křivostí osmiúhelníky nelze vydláždít.

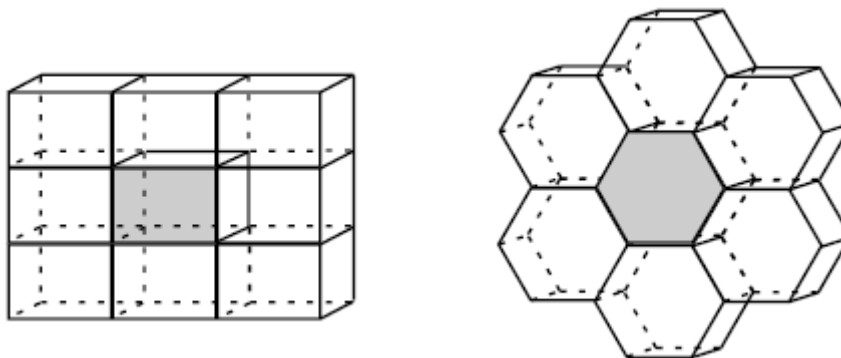


Dlážďení osmiúhelníky v prostoru s konstantní zápornou křivostí

### Třírozměrná topologie

Zobrazit třírozměrný zakřivený svět, navíc ještě jako celek, tj. jeho topologii, je velmi nesnadný oříšek. Snad nejjednodušší metodou pro konečné uzavřené vesmíry je použít dlážďení, skládat vesmír z mnohostěnů, pravidelně se opakujících (jejich některé stěny jsou ztotožněny). Tento postup vede na nekonečné množství možností. Uvážíme-li ale vesmíry s nejmenším objemem a vyhovující obecné relativitě, počet možností výrazně klesá. První pokus o klasifikaci těch nejjednodušších případů provedl W. P. Thurston pro hyperbolické geometrie (zápornou křivost) a existuje kompletní klasifikace pro sférické geometrie (kladnou křivost). Konečných vesmírů, které by mohly přicházet v úvahu a jsou z hlediska kosmologie zajímavé, je méně jak 20. Nejčastěji se zkoumá následujících pět:

- **Prostor vydlážděný z kvádrů:** nejjednodušší prostor, ztotožnění stěn vede na analogii toroidu jako ve dvou dimenzích, hovoříme o hypertoroidu. Existuje zde několik neekvivalentních křivek, které nelze stáhnout do bodu (ementál se třemi dírami, hrnek se třemi uchy, třítoroid, genus topologie je 3). Kvádry lze vydláždít prostor s nulovou křivostí.
- **Prostor vydlážděný z šestibokých hranolů:** druhá nejjednodušší varianta, ne příliš pravděpodobná, ale snadno popsateľná. Šestibokými hranoly lze opět vydláždít prostor s nulovou křivostí.
- **Poincarého prostor:** je vytvořen z pravidelného sférického dvanáctistěnu. Pokud jsou vrcholové úhly přesně  $120^\circ$  a ne přibližně  $117^\circ$  jako u eukleidovského dvanáctistěnu, vyplní povrch 4D hyperkoule podobně jako u fotbalového míče zakřivené pětiúhelníky vyplní povrch 3D koule. Poincarého prostor má kladnou křivost.
- **Bestův prostor:** je vytvořen z pravidelného dvacetistěnu, kterým sice nelze vydláždít plochý prostor, ale prostor s konstantní zápornou křivostí ano.
- **Weeksův prostor** - je vytvořen z takového mnohostěnu, aby byla jeho velikost nejmenší možná.



Konečné vesmíry s nulovou křivostí vydlážděné z kvádrů a šestibokých hranolů.

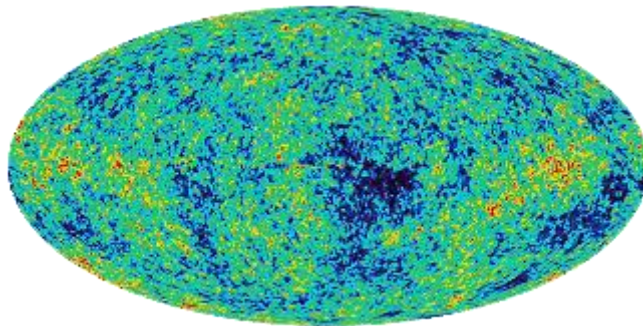


Základní mnohostěny Weierstrassova prostoru, Poincarého prostoru (dvanáctistěn), napravo je sférický dvanáctistěn.

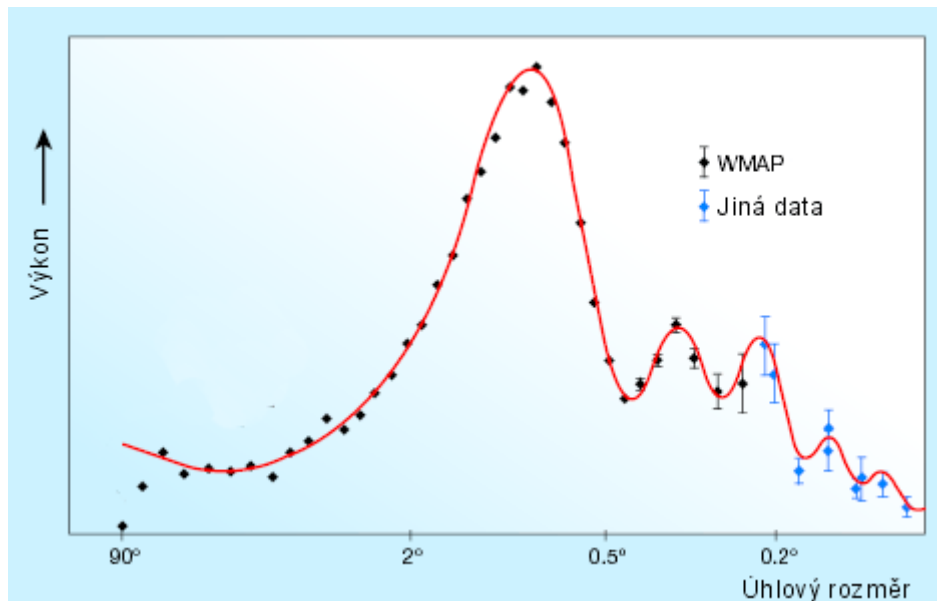
V třírozměrných konečných vesmírech vidíme stále se opakující obraz v různých fázích vývoje. Kdo ví, zda některá ze vzdálených galaxií, které pozorujeme, není naše vlastní před dávnými časy.

### Fluktuace reliktního záření

Vraťme se nyní k fluktuacím reliktního záření, které byly popsány v úvodu. Díky kvantovým procesům je raný vesmír neklidný a jeví zárodky budoucích struktur. V době oddělení záření od hmoty se prvopočáteční fluktuace **toto RZ ?** chovají jako zvukové vlny v zárodečné látce, vesmír jako by celý zvučel podivnými zvukovými vlnami. Průchod světla **světla nepatřícího do RZ ?** těmito vlnami **RZ ?** znamená procházení fotonů různým gravitačním potenciálem **RZ v podobě zvukových vln v látce jsou gravitačním potenciálem ?** a jejich nepatrný ohřev **fotony nereliktního záření se ohřívají ?** či ochlazení. Tyto teplejší a chladnější skvrny právě pozorujeme v reliktním záření jako otisk dávných časů. Podobně jako zvuk u hudebního nástroje můžeme rozložit na základní harmonické frekvence, můžeme i fluktuace reliktního záření rozložit do takzvaných sférických harmonických. **?** To si lze představit jako statistické sledování procentuálního zastoupení skvrn určité úhlové velikosti. Výsledkem je křivka zvaná výkonové spektrum (viz Milan Červenka: Zvuk raného vesmíru). Právě charakter fluktuací bude silně záviset na topologii vesmíru, pokud je vesmír malý a konečný. **Pokud je vesmír nekonečný, tak charakter fluktuací je jaký ?** Proto se pečlivě zkoumají fluktuace reliktního záření naměřené sondou WMAP a v těchto dnech probíhají intenzivní pokusy určit topologii našeho vesmíru.



Mapa teplotních fluktuací reliktního záření pořízená sondou WMAP.



Výkonostní spektrum fluktuací (WMAP). Nejčastější fluktuace mají úhlový rozměr 1°.

### Současný stav

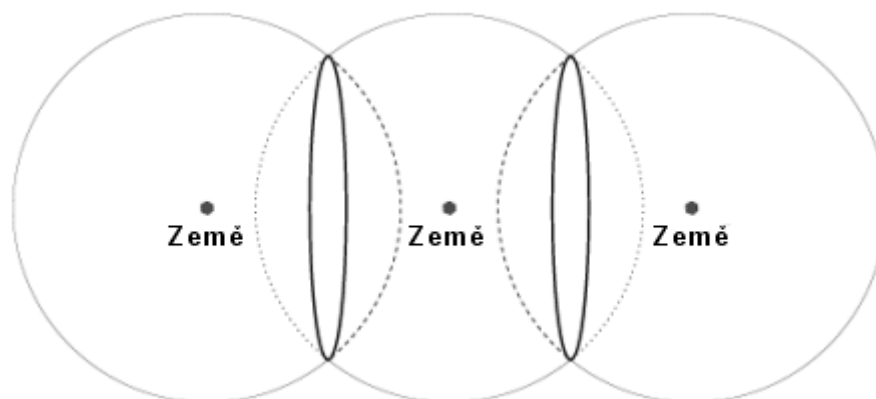
Zjištěné fluktuace v reliktním záření odpovídají velmi dobře modelu plochého nekonečného vesmíru až do fluktuací o velikosti zhruba 60°. Jakékoli teplotní korelace však mizí na větších škálách. Co to znamená? Žádná zvuková vlna nemůže mít nikdy vlnovou délku větší než je prostor, ve kterém se rozvinula. Jen v nekonečném vesmíru by se mohly vyskytovat i velmi nízké frekvence. Absence nízkofrekvenčních vln (korelací fluktuací s velkými úhlovými rozměry) by tak měla znamenat konečnost našeho vesmíru! **Jak by vypadal posudek RZ pozorovatelem z jiné historické doby ? Dnešní pozorovatel pozoruje „konečnost“ vesmíru směrem k počátku ( k singularitě ) a ještě „konečnost“ s ohledem na svou časovou polohu od Třesku, která je rovněž konečná. Kdyby pozoroval pozorovatel RZ v nekonečném čase po Třesku, pak by pozoroval zřejmě i ony absentující nízkofrekvenční vlny (?) ... a tak ubývání absence nízkofrekvenčních vln v čase pozorování by mohla znamenat >parabolické rozpínání< vesmíru (?)**

9. října 2003 pětice vědců z Francie a USA (Jean-Pierre Luminet, Jeffrey R. Weeks, Alain Riazuelo, Roland Lehoucq, Jean-Phillippe Uzan) publikovala v dopisech časopisu Nature sdělení, že fluktuacím reliktního záření měřeného sondou WMAP odpovídá ze všech navrhovaných topologií nejbližší konečný vesmír s velmi malou kladnou křivostí,  $\Omega = (1,012 \div 1,014)$ , **Křivost paraboly ve velké vzdálenosti od vrcholu paraboly je právě taková : stále se přibližuje k jedničce, ale nikdy jí nedosáhne...křivost je kladná a přesto je vesmír ( je parabola ) nekonečný v budoucnosti** s topologickou strukturou založenou na Poincarého sférických dvanáctistěnech. Podle tohoto modelu by měl být vesmír pospojován tak, že protilehlé stěny dvanáctistěnu jsou totožné. Nikdy v takovém světě nenarazíme na žádnou hranici, i když je ve skutečnosti konečný. Rozměry vesmíru by měly být zhruba 70 miliard světelných let, stáří 13,7 miliard let.

Mnohonásobný obraz ve vesmíru  
pospojovaném z mnohostěňů.



Je třeba si uvědomit, že jde o jeden z mnoha navržených modelů, který v tuto chvíli nejlépe odpovídá měřeným datům. **Parabola odpovídá hůř ?** K jeho potvrzení či vyvrácení bude ale třeba ještě několika týdnů až měsíců tvrdé práce vědců. Jsou navrženy další testy modelu, například vyhledávání kružnic podobných fluktuací, které by se měly vyskytovat na průsečíku sfér posledního rozptylu s protilehlými stěnami elementárního mnohostěnu. Zdá se, že data z WMAP budou dostatečně podrobná. Kdyby se ukázalo, že nikoli, budeme muset vyčkat až na měření z ještě přesnější sondy Planck, jejíž start je plánován na rok 2007. Pokud by se uvedená topologie vesmíru potvrdila, šlo by bezesporu o jeden z nejvýznamnějších okamžiků moderní kosmologie a pravděpodobně fyziky vůbec.



Test vyhledáváním kružnic podobných fluktuací na průsečících sfér posledního rozptylu v mnohonásobném obrazu vesmíru.

A bonus na závěr: pokud jste hraví a chcete si vyzkoušet chování extravagantních topologií formou hry, stáhněte si určitě program [SnapPea](#), jehož původním autorem je Jefferson Weeks, jeden z předních současných kosmologů. Další autoři program přepracovali pro nejrozšířenější počítačové platformy, takže si může pohrát opravdu každý.

### Odkazy

- [J. P. Luminet, J. R. Weeks, et al.: \*Dodecahedral space topology ...\*; Letters to Nature, Nature \*\*425\*\* \(2003\) 593](#)
- [J. Levinová: \*Jak vesmír přišel ke svým skvrnám\*; ARGO, Praha 2003](#)
- [P. Kulhánek: \*WMAP - co víme o vesmíru v roce 2003?\*; ALDEBARAN BULLETIN 2003/10](#)
- [M. Červenka: \*Zvuk raného vesmíru\*; ALDEBARAN BULLETIN 2003/3](#)
- [ALDEBARAN: \*Astrofyzika/Kosmologie\*](#)
- [ALDEBARAN: \*Sondy/COBE\*](#)
- [ALDEBARAN: \*Sondy/WMAP\*](#)
- [Program SnapPea na zkoušení vlastností 3D topologií](#)

Zopakujme si ze sylabu pana Kulhánka : Přeji hodně radosti z objevených zákonitostí přírody, pocitu moci, pochopíte-li hloubku úvah Vašich předchůdců...A tak vidíte, Navrátil tu hloubku úvah Kulhánka nepochopil, neb takové primitivní až stupidní připomínky, zbytečné, nepoužitelné a irelevantní mohou mít jen laikové, kteří zjistí, že na této škole nemají co dělat, blahopřeji k bystrému úsudku a přeji důstojný odchod.

Rozumnější pro blbce typu Navrátila je chrápat v posluchárně /a našprtat se ke Kulhánkovi nazpaměť na za 3/, anebo riskovat důstojný odchod. Ale protože Kulhánek i Navrátila vyzval Objevíte-li cokoli, co Vám vhání adrenalin do žil, napište mi na adresu: [kulhanek@fel.cvut.cz](mailto:kulhanek@fel.cvut.cz) , napsal jsem mu, ať se děje vůle Boží. ( ta Kulhánkova určitě mírumilovná nebude, neb nikdy nebyla ....šlo mu jen a jen o ego, nikoliv o vědu ).

ing. Josef Navrátil, Kosmonautů 154, Děčín 405 01

e-mail : [j\\_navratil@volny.cz](mailto:j_navratil@volny.cz)

www : [www.volny.cz/j\\_navratil](http://www.volny.cz/j_navratil)

<http://dvouvelicinovyvesmir.wz.cz>

02.04.2005