

Cesta k nekonečnu

scénář filmu, verze 9. 12. 2015

0. animované logo hvězdárny [0:20], 1. cesta autem na hvězdárnu [0:40], 2. celoblokový záběr z terasy [0:20]

V každodenním běhu našich životů nám zbývá jen málo času... na to, abychom se zamýšleli... nad tím, co přesahuje nás... nad tím, co přesahuje všechny meze... nad nekonečnem... ale teď ten čas je.

3. Cesta k nekonečnu [0:10], 4. nekonečno na kružnici [0:40]

Nekonečno nám může být překvapivě blízké, skrývá se například v kružnici, kterou lze obíhat stále kolem dokola, i když kružnice sama o sobě je omezená.

Jako bychom se ocitli v tísnivém uzavřeném bludišti, kterým do úmuru procházíme. Symbol v podobě ležaté osmičky odkazuje právě na takové „bludné“, nikdy nekončící dění.

5. nekonečno za horizontem [0:40]

Jiné nekonečno můžeme vycítit v dáli, za horizontem. Je pro nás ovšem nedosažitelné, neboť obzor před námi je prchavý.

Tušíme jej i v plynutí času; myslíme si třeba, že budoucnost se tvoří v jakémsi apeiru, dává vzniknout pomíjivé přítomnosti, která se záhy rozpadá v minulost a noří se zpět do apeira.

6. nekonečno na úsečce [0:50]

Neuvěřitelné nekonečno bylo objeveno na číselné ose. I přesto, že čísel přirozených je nekonečně mnoho, nestačí nám na to, abychom spočítali čísla reálná, byť jen mezi nulou a jedničkou.

Zkusíme-li je všechna vzájemně přiřadit, tak jako Cantor, záhy se dostaneme do sporu. Jedno nekonečno, alef jedna, je tedy evidentně mohutnější než jiné, alef nula.

7. nekonečno jako limita [1:00]

Absolutní nekonečno je nanejvýš užitečnou abstrakcí, bez které by moderní matematika nemohla existovat. Vcelku běžně se setkáváme s divergentními posloupnostmi, limitami funkcí v nevlastních bodech či nevlastními limitami funkcí ve vlastních bodech.

„Limita funkce $f(x)$ pro x jdoucí k a jest nevlastní, pokud pro libovolné y větší než nula existuje δ větší než nula takové, že pro x z prstencového delta okolí bodu a je absolutní hodnota $f(x)$ větší než y .“ I to je jedna z podob nekonečna.

Velká otázka ale zůstává: jsou nekonečna pouze potenciální, teoretické možnosti, nebo i aktuální, opravdu existující?

8. obloha nad Hradcem Králové [0:30]

A když už o tom mluvíme... Je vesmír nekonečný? Je nekonečný v prostoru? Je nekonečný v čase? Jak jinak to zjistit, než že se pokusíme změřit vzdálenosti a věk nebeských těles? Nej přesněji byly určeny vzdálenosti ve sluneční soustavě...

9. trajektorie Voyageru v Uniview [0:30]

Jsou dosažitelné kosmickými sondami, které vysílají telemetrické údaje. Ty se šíří rychlostí světla ve vakuu, bezmála 300 000 kilometrů za sekundu. Voyager 1, vypuštěný roce 1977, je nyní tak daleko, že jeho rádiový signál k Zemi letí skoro 1 den.

10. souhvězdí Orion [0:20], 11. dráha Země, paralaxa [0:30]

Cizí hvězdy jsou ovšem mnohem dál, jejich světlo k nám letí roky, desítky i tisíce roků. Tyto nepředstavitelné mezihvězdné vzdálenosti měříme s pomocí geometrie.

Hvězdu pozorujeme ze dvou různých míst na oběžné dráze Země kolem Slunce, vzdálených od sebe d , tj. asi 300 milionů kilometrů, a měříme příslušnou změnu směru ke hvězdě, úhel α . Neznámou vzdálenost x pak jednoduše vypočítáme, $x = (d/2) / \operatorname{tg}(\alpha/2)$.

12. let dronu od hvězdárny [0:30]

Abychom mohli spatřit ještě vzdálenější a slabší objekty, potřebujeme nutně tmavou oblohu. Čím dál od civilizace, tím lépe...

13. temná obloha ze Šerlichu [0:40]

Z pohraničních hor vidíme očima vícero mlhavých „obláčků“. Jeden z nich, v souhvězdí Herkula, se jmenuje M13. Jedná se o kulovou hvězdokupu, čítající řádově 300 000 hvězd. Pro hvězdné populace se vzdálenosti určují snadněji, a to měřením relativních jasností a barevných indexů. Víme tak, že se hvězdokupa nachází asi 22 000 světelných let od nás.

14. pohled z kopule [0:20], 15. galaxie M33 [0:30]

Bohužel, pouhým okem nelze vidět vše; fotonů je příliš málo a šumu příliš mnoho. Pomozte si proto alespoň triedrem anebo astronomickým dalekohledem. V souhvězdí Trojúhelníku pak zahlédneme M33.

Záhy zjistíme, že takové „obláčky“ jsou vzdálenými hvězdnými ostrovy, obdobnými jako naše Galaxie — Mléčná dráha. Nacházíme v nich totiž obdobné typy hvězd, cefeid, nov, supernov... jen podstatně slabší, protože jsou miliony, desítky milionů i stovky milionů světelných let daleko.

16. velkoškálová struktura v Uniview [0:30]

Nejvzdálenější objekt, který můžeme uvidět dalekohledem z hvězdárny, je nenápadný kvasar 3C 273. Ve vzdálenosti 2,4 miliardy světelných roků jej vidíme jen díky obrovskému zářivému výkonu, odpovídajícímu 4 bilionům sluncí, za který je zřejmě zodpovědná obří černá díra s akrečním diskem.

17. část animace VLT [0:30]

S opravdu velkými dalekohledy, jako je VLT, bychom sice spatřili i ty nejslabší galaxie a nejvzdálenější kvasary, 13 miliard světelných let daleko, ale ani to pochopitelně není hledané nekonečno. . .

18. nitro hvězdy Rigel [1:00]

Určování stáří je jiný a složitější problém.

Hvězdy a dvojhvězdy studujeme pomocí astrofyzikálních modelů. Rovnice kontinuity, hydrostatické rovnováhy, tepelné rovnováhy a přenosu energie nám umožňují ponořit se do jejich nitra, vypočítat profily hustoty, teploty, tlaku, luminozity i určit věk.

Například jasný Rigel ze souhvězdí Oriona, modrý veleobr, vznikl před „pouhými“ 10 miliony let. Dnes má v centru teplotu 128 milionů kelvinů, při níž se částice α , čili jádra helia, přeměňují na jádra uhlíku. Navíc ve slupce kolem centra probíhají přeměny protonů na částice α .

19. let skrz hvězdokupu M13 v Uniview [0:40]

Naopak nejstarší hvězdy se podařilo nalézt ve zmiňovaných kulových hvězdokupách. Jedná se o červené trpaslíky, hvězdy s hmotností menší než $0,9 M_{\odot}$, které ve svém jádru přeměňují protony na částice α , ale velmi pozvolně. Jejich věk dosahuje až 13 miliard let.

13 miliard let, 13 miliard světelných let. . . To nemůže být náhoda. Ve vesmíru se nám podařilo nalézt světlo, které vzniklo dávno a daleko. . .

. . . ale pro nalezení nekonečna není důležité světlo, nýbrž tma!

20. postupně se objevující hvězdy, Olbersův paradox [0:40]

Kdyby byl vesmír nekonečný, kdyby trval nekonečně dlouhou dobu, kdyby v něm hvězdy svítily věčně, celá obloha by svítila jako žhavý povrch hvězd!

Namísto toho nás obklopuje noc — Olbersův paradox, svědčící o tom, že jeden nebo více našich předpokladů je chybných.

21. část animace Illustris [0:20]

Dnes již víme, že hvězdy nemohou svítit věčně. Dnes již víme, že vesmír tu nebyl nekonečně dlouho. Co nám ale zůstává, je nekonečný prostor celého vesmíru.

22. Einsteinovy rovnice pole [1:00]

Nekonečno totiž pokládáme za ideální, v jistém smyslu jednoduché. Nejjednodušší modely vesmíru, sestrojené na základě Einsteinových rovnic pole, předpokládají, že vesmír byl od času $t > 0$ nekonečný, téměř homogenní a izotropní.

Prostor však nelze pokládat za statický! Spektroskopická měření radiálních rychlostí galaxií, fotometrie supernov typu Ia, nepatrné fluktuace kosmického mikrovlnného pozadí nebo pozorování velkoškálových struktur — to vše svědčí o tom, že vzdálenosti musíme násobit expanzním faktorem a , závislým na čase t .

Nekonečný vesmír se tedy rozpíná, ale nezvětšuje. Nekonečno násobené kladným konečným číslem je totiž stále totéž — nekonečno se stejnou mohutností.

23. plocha posledního rozptylu, souřadnicové osy pokračující do nekonečna [0:40]

Navzdory tomu, že jsme jakožto pozorovatelé vesmíru omezeni horizontem událostí, čili dobou existence prostoru a času, $(13,8 \pm 0,1)$ miliardy let, zdá se nám pravděpodobnější a takřka nevyhnutelné, že za horizontem vesmír pokračuje dál a dál.

Třeba ale někdo z nás, ve svojí snaze o hluboké porozumění vesmíru, v budoucnu prokáže opak...

24. titulky, zdroje [0:20], 25. Space Ends Here [0:15], suma [14:35]