Peter Zamarovský



Proč je v noci tma?

KAROLINUM

Proč je v noci tma?

Peter Zamarovský

———

Recenzovali:
prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.
doc. Ing. Karel Malinský, CSc.

Vydala Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum
Praha 2021
Redakce Tereza Šnellerová
Grafická úprava Zdeněk Ziegler
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum
Vydání druhé, v Nakladatelství Karolinum první

© Peter Zamarovský, 2021
© Univerzita Karlova, 2021

ISBN 978-80-246-4682-4
ISBN 978-80-246-4714-2 (online : pdf)



Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

Obsah

Předmluva Jiřího Grygara /7
Slovo autora /9

ZÁHADNÁ SAMOZŘEJMOST /11

MILIARDY CIZÍCH SLUNCÍ ANEB PROČ BY V NOCI TMA BÝT NEMĚLA /13

PROČ V NOCI TMA JE /21

PARADOXY KOLEM PARADOXU TEMNÉ OBLOHY /43

KONEC VĚČNÉHO VESMÍRU /64

CESTA K VELKÉMU TŘESKU /74

PARADOX KONEČNĚ VYŘEŠEN? /82

AKTÉŘI NAŠEHO PŘÍBĚHU /89

Literatura /154
Rejstřík věcný /157
Rejstřík osob /159

Předmluva Jiřího Grygara

Otázka „Proč je v noci tma?“ vypadá na první pohled banálně až hloupě. Ve skutečnosti jde o mimořádně plodnou otázku, kterou si kladli nejzvídavější duchové, a to nejenom hvězdáři, kterým to nejvíc přísluší, ale také fyzikové, filosofové, a dokonce i básníci.

Knížka, kterou právě otvíráte, využívá této otázky jako záminky k nesmírně zajímavému vyprávění o dějinách lidského myšlení od pradávna až po nejžhavější současnost. Chceme-li totiž pochopit, v čem spočívá čarovné kouzlo na první pohled naivní otázky, musíme se seznámit s jejím vsazením do širšího přírodovědeckého kontextu a také s klopýtavou cestou k jejímu zodpovězení.

Autor nás provází mnoha obdobími, která považujeme za šerý dávnověk. Když se však do těchto pasáží knihy začteme, užasneme, jak hluboké otázky si kladli už starověcí filosofové, kteří měli jen velmi kusé znalosti o vesmíru, a přesto dokázali jasnozřivě nahlédnout do jeho tajemné struktury. Mysleli si ovšem, že vesmír se v čase nemění, protože stálice byly opravdu stálé, a to, jak pokud jde o jejich vzájemné polohy, tak také jasnosti a barvy.

Poučeného čtenáře asi neudiví, že si klíčovou otázku o noční tmě, podobně jako v mnoha jiných případech, položil jako jeden z prvních Johannes Kepler, velikán renesanční astronomie, fyziky a matematiky. Řešení sice nenašel a vlastně ani najít nemohl; v té době jednak ještě nikdo neměl ponětí o vzdálenostech a geometrických rozměrech hvězd a jednak i fyzika se teprve stávala solidní vědou zásluhou osobností, jako byl Galileo Galilei, Robert Hooke, Isaac Newton, Blaise Pascal, a celého zástupu dalších.

Autor pak velmi názorně vysvětluje, jak se s tou čím dál zapeklitější otázkou potýkali mnozí velcí mužové vědy 19. století, vesměs však nepříliš úspěšně. Je jistě nečekané, že správné řešení

naznačil nikoliv filosof nebo fyzik či astronom, ale básník Edgar Allan Poe. Intuice básníka je zřejmě mocným nástrojem, jak ostatně vidíme právě v astrofyzice na případu Nerudových *Písní kosmických*, v nichž autor předpověděl řadu objevů s předstihem až o celé století.

Poslední kapitola knihy pak přináší rozuzlení jako ve správné detektivce a jsem si jist, že si je každý hloubavý čtenář vychutná. Stejně jako ocení i autorův svěží styl a grafický vzhled útlé knížky, která obsahuje pozoruhodné a často velmi objevné doplňující informace, je vyšperkována málo známými citáty z děl badatelů a filosofů od starověku až po dnešek a prozrazuje hlubokou erudici a pedagogický talent RNDr. Petra Zamarovského. Autor totiž nejen přednáší fyziku a filosofii vědy a techniky na Elektrotechnické fakultě ČVUT v Praze, ale je též předsedou Evropského kulturního klubu, jenž pořádá už dvacet let na půdě Akademie věd v Praze veřejné panelové diskuse na aktuální témata z nejrůznějších oblastí vědy, filosofie i umění.

Široký záběr autora se projevil také ve čtyřech desítkách miniaturních medailonů, věnovaných hlavním osobnostem dlouhého příběhu o zdánlivě nicotné záležitosti, jakou je čiročirá tma. Nevím o žádné podobné publikaci doma nebo v cizině, která by tak názorně a stručně pojednávala o problému, jenž se po čtyřech stoletích tápání a couvání z Cimrmanových slepých uliček podařilo objasnit teprve za našeho života. Tím, že můžeme krok za krokem sledovat v knize tuto trnitou cestu k poznání, získáváme mnohem důkladnější představu o podstatě vědeckého bádání i průpravu pro luštění dalších záhad, které rozvoj přírodních věd přináší jako na běžícím pásu.

Praha, prosinec 2010
Jiří Grygar

Slovo autora

Knihu, kterou právě držíte v ruce, jsem napsal pro všechny, které hvězdná obloha svým majestátním zjevem nejen okouzlila, ale i přiměla k hlubšímu zamyšlení nad stavbou vesmíru.

Jde o druhé české vydání, první vyšlo v lednu 2011 v nakladatelství Aldebaran Group for Astrophysics, anglicky pak roku 2013 v nakladatelství AutorHouse. Text tohoto druhého vydání je upravený a doplněný.

Je mou milou povinností poděkovat těm, kteří mi pomohli knihu vylepšit. Byli to paní Mgr. Dagmar Krejčí, prof. Petr Kulhánek, RNDr. Petr Brodský (†) a v neposlední řadě kolega doc. Karel Malinský.

Záhadná samozřejmost

Když Slunce zapadne pod obzor, nad našimi hlavami se rozhostí tma. Proč? Proč je v noci obloha temná? Jestli nevíte, nic si z toho nedělejte. Neví to většina lidí. Nejenže neví, ale ani neví, že neví, protože si tuto otázku nikdy nepoložila. Otázku „Proč je v noci tma?“ si po staletí nepoložili ani filosofové či přírodovědci, dokonce ani hvězdáři, do jejichž kompetence by otázka nejspíše patřila. (Nebyli přece „tmáři“.)

Tajemství života není v tom, co nevidíme, nýbrž v tom, co vidíme.

Oscar Wilde

Hvězdná obloha fascinuje lidstvo od nepaměti. Naši pozornost přitahuje vše to, co se tam třpytí a hýbe: Co to tam září? Z čeho se to skládá? Jak a proč se to pohybuje? Většinu noční oblohy však pokrývá pustá tma. Netřpytí se a ani se nehýbe. Z ničeho se neskládá, je ničím, je pouhým neviděním. Vytváří toliko pozadí, před kterým se ono kosmické divadlo odehrává. Teprve v době renesance si hvězdáři uvědomili, že tma je samozřejmá pouze z hlediska naší každodenní, nebo spíš každonoční zkušenosti. Z hlediska stavby vesmíru samozřejmá není. Samozřejmost se tak odsamozřejmila a obrátila se v záhadu. Objevil se paradox. Na otázku „Proč je v noci tma?“ se začala hledat odpověď. Pátrali po ní Digges, Galileo, Kepler, Halley, Olbers a další hvězdáři. Paradoxem se zabýval i filosof Friedrich Engels a řešení nabídl i slavný básník Edgar Allan Poe. Problém noční tmy nedával spát kosmologům ani ve století dvacátém. Je aktuální ještě dnes, ve století jednadvacátém?

Kvůli odpovědi se vraťme na začátek a položme si otázky: Proč to, že je v noci tma, není samozřejmé? Proč by tma být neměla? A proč přesto je?

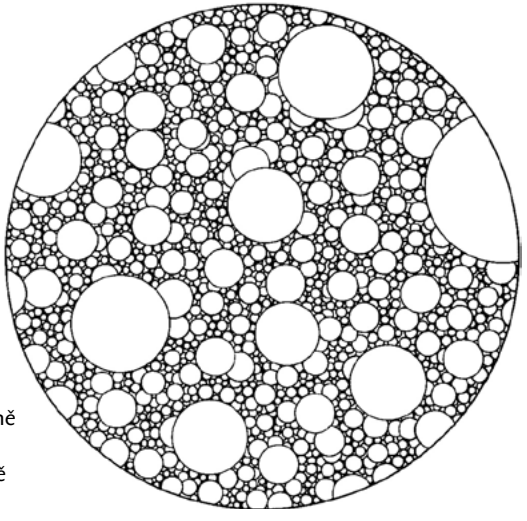
Záhadnost běžných a očividných jevů nám uniká. Nedivíme se jim a nezkoumáme je. Abychom se jim mohli divit, musíme je „odsamozřejmit". Lidstvo například dlouho nezajímalo, proč věci padají, a ještě k tomu všechny stejným směrem. Samozřejmost to být přestala, teprve když ono pověstné jablko dopadlo na hlavu patřící Newtonovi. Došlo k osvícení a odsamozřejmění, o gravitaci se začalo uvažovat. Naproti tomu magnetismus je jev neběžný a lidé se mu podivovali už ve starověku. Mílétského filosofa Thaléta udivily magnety tak, že se vzdal svého „naivního materialismu" a k vysvětlení magnetismu přizval bohy a duši. A magnetismus fascinuje dodnes. Stal se záhadným a magickým, protože je jevem neobvyklým. Avšak tma, podobně jako zemská přitažlivost, obvyklá byla – vždyť jsme se s ní setkali ještě dříve, než jsme spatřili světlo světa.

Miliardy cizích sluncí aneb proč by v noci tma být neměla

Existují-li slunce, která mají tutéž povahu jako to naše, tážeme se, proč ve svém úhrnu daleko nepřekonají naše slunce, pokud jde o jasnost?

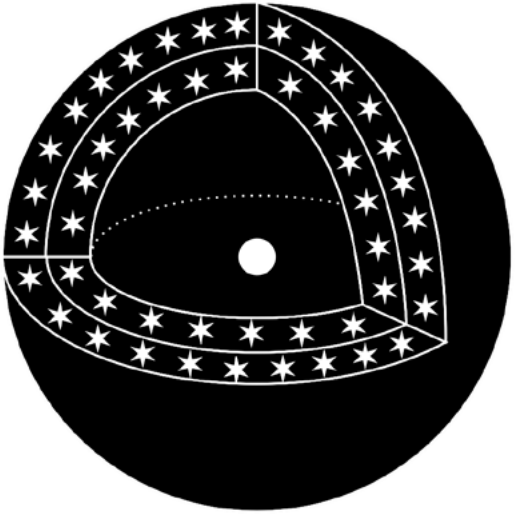
Johannes Kepler[1]

Pojďme na to od lesa. Když se v lese rozhlédneme, co uvidíme? Samé stromy, v každém směru náš pohled narazí na nějaký strom. Vidíme je všude kolem nás (alespoň v horizontální rovině). A podobně jako s lesem na Zemi by to mělo být i s lesem hvězd v kosmickém prostoru: v každém směru by měla nějaká



Obloha by měla být úplně pokrytá kotoučky hvězd a měla by celá intenzivně zářit.

1) Galileo – Kepler 2016, s. 158.



Soustředné slupky kolem Země

svítit.[2] Hvězdy by měly bez mezer pokrýt celou nebeskou klenbu. A jelikož měl Kepler pravdu, když předpokládal, že hvězdy jsou cizí slunce podobné tomu našemu Slunci s velkým „S“ (jejich povrchy opravdu září jako povrch Slunce), měla by nás obklopovat nesnesitelná záře. Nebyla by noc, nebyl by den, stále jen pekelná výheň. A jsme u jádra pudla: v noci není ani světlo, ani výheň, natož pekelná. Panuje tma a chlad, peklo se nekoná.[3] Narazili jsme tu na rozpor, kterému se říká fotometrický paradox. Bývá ale také nazýván paradoxem Olbersovým, někdy i paradoxem noční tmy, Keplerovým, Halleyovým paradoxem a kupodivu i paradoxem svítícího nebe.

Změní se něco, když přejdeme od dvojrozměrného pozemského lesa do trojrozměrného lesa hvězd? Představme si naši zeměkouli a kolem ní nekonečný soubor soustředných sférických slupek. Něco na způsob vrstev cibule, jen s tím rozdílem, že se struktura táhne do nekonečna. Slupky mají stejnou tloušťku a jsou tak obrovské, že každá z nich obsahuje velké množství hvězd. Tak velké, že se nerovnoměrnosti jejich rozložení zprůměrují.

2) Podobenství o lese uvádí už Otto von Guericke (1602–1686).

3) Myšleno je naše středoevropské řádně vytopené peklo. Severské národy mají totiž peklo mrazivé.

Počet hvězd v jednotlivých slupkách je pak úměrný objemu slupek a ten je zase úměrný ploše slupky. Množství hvězd tedy roste s druhou mocninou poloměru slupky – tj. se čtvercem vzdálenosti od Země. Intenzita světla jednotlivých hvězd oproti tomu s druhou mocninou vzdálenosti klesá.[4] Obě závislosti se vyruší a všechny slupky by tak měly přispívat k jasu oblohy stejným dílem. Slupek je ale nekonečný počet, a proto by se z oblohy měla linout nekonečná záře…

Nekonečná záře se ale neline. Kde se stala chyba, co jsme si vymodelovali špatně? Po zkušenosti s pozemským lesem nás patrně napadne, že jsme pochybili, když jsme hvězdy nahradili geometrickými body. Byť se to na první (a ani na druhý) pohled nezdá, hvězdy jsou ohromné koule, které se mohou – na rozdíl od geometrických bodů – vzájemně zakrývat stejně jako se zakrývají kmeny stromů. V důsledku toho nevidíme do nekonečna, nevidíme všechny sféry, ani nekonečný počet hvězd. Celkový svit oblohy tedy nebude nekonečný. Je však předčasné jásat, vzájemné zakrývání hvězd nás před pekelným žárem neochrání. Jas oblohy by sice nebyl nekonečný, přesto by celá obloha zářila jasněji než 90 000 Sluncí!

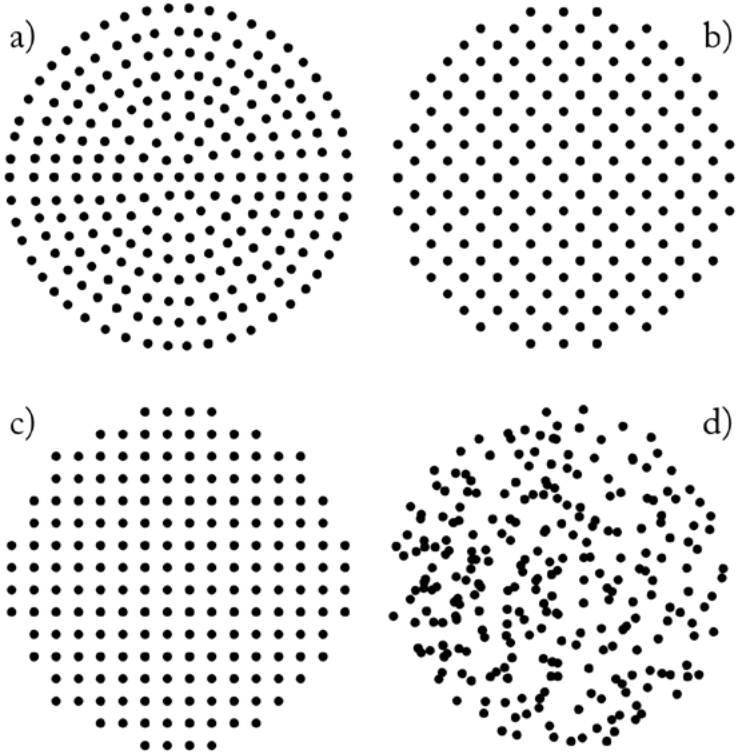
> Úvahy typu „co by bylo, kdyby…" bývají většinou hrubě zjednodušující, zkreslující a zavádějící. To platí i o naší analýze. Teploty povrchů hvězd dosahují tisíce stupňů. To se může zdát mnoho, avšak na hvězdy to vysoká teplota není. Ve hvězdných nitrech totiž panují teploty desítek až stovek milionů stupňů. Kdyby došlo k výše popisovanému „žhavému peklu", pak by hvězdy neměly kam svou energii vyzařovat, přehřály by se a termojaderná reakce, která normálně probíhá jen v jejich jádrech, by se rozšířila do celého objemu hvězdy a došlo by k mohutné explozi.[5]

---

4) Pokles intenzity záření s druhou mocninou vzdálenosti patří mezi základní zákony optiky. Formuloval ho roku 1604 Johannes Kepler ve svém spise *Dodatky k Vitellovi týkající se optické astronomie (Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur)*, Frankfurt 1604. (Vitellius byl významný optik – teoretik z 13. století, Kepler tu však vykládá pouze své názory a objevy.) Zákon platí pro bodový zdroj světla, nepohlcující prostředí a pro třírozměrný eukleidovský prostor. (Slupkový model zavedl britský astronom Edmond Halley.)
5) Astrofyzikové předpokládají, že k podobné maxiexplozi dochází při srážce hvězd. (Na rozdíl od automobilů se hvězdy srážejí zřídka.)

Předvedli jsme si případ, jak by vesmír vypadal, kdyby byl nekonečný a zhruba rovnoměrně (či alespoň náhodně) zaplněný hvězdami. Kdyby tak skutečně vypadal, neviděli bychom ho, protože bychom neexistovali.

Už při letmém pohledu na oblohu vidíme, že hvězdy rovnoměrně rozloženy nejsou. S rovnoměrným rozložením objektů se setkáváme pouze tam, kde působí nějaký pořádající činitel, třeba mezimolekulární vazby v krystalu, nebo záměr sadaře vysadit stromy do řad. Pokud působí jen náhodné faktory, vzniká náhodné (Poissonovo) rozdělení, kde se nepravidelně vyskytují místa hustší a řidší. K tomu dojde, pokud náhodné faktory převáží uspořádávající faktory, když se například krystal zahřeje, nárazy rychle se pohybujících molekul zruší krystalografické uspořádání



Tři jednoduché případy rozdělení pravidelného (a, b, c) a náhodné rozdělení (d)