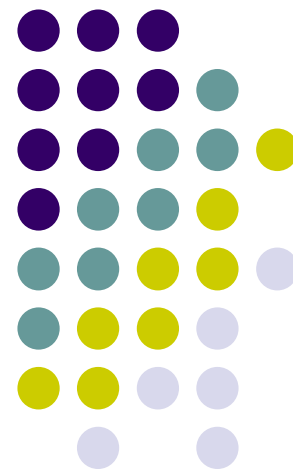


# Astronomické záludnosti zas a znova

**Zdeněk Mikulášek,**

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky  
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno

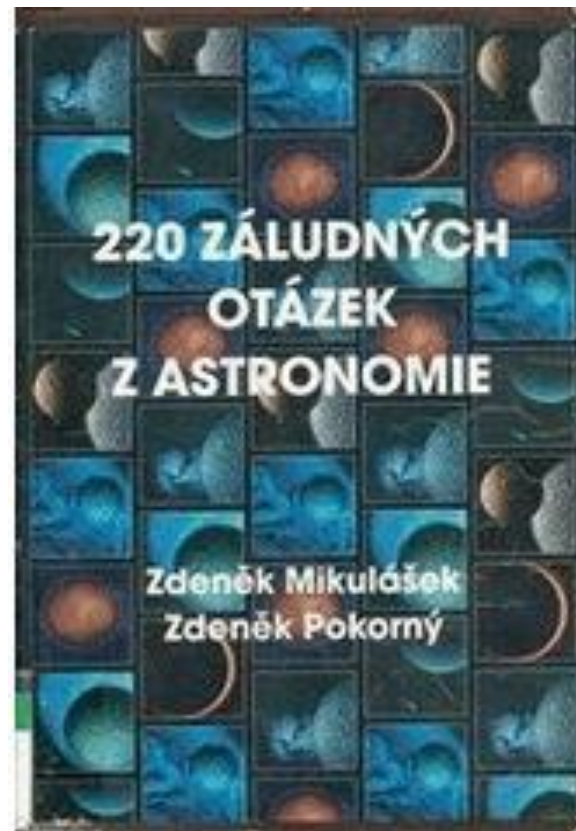


# Záludné otázky z astronomie

**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný**

220 záludných otázek z astronomie

Nakladatelství Rovnost, Brno 1996



# Záludné otázky z astronomie

**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný**

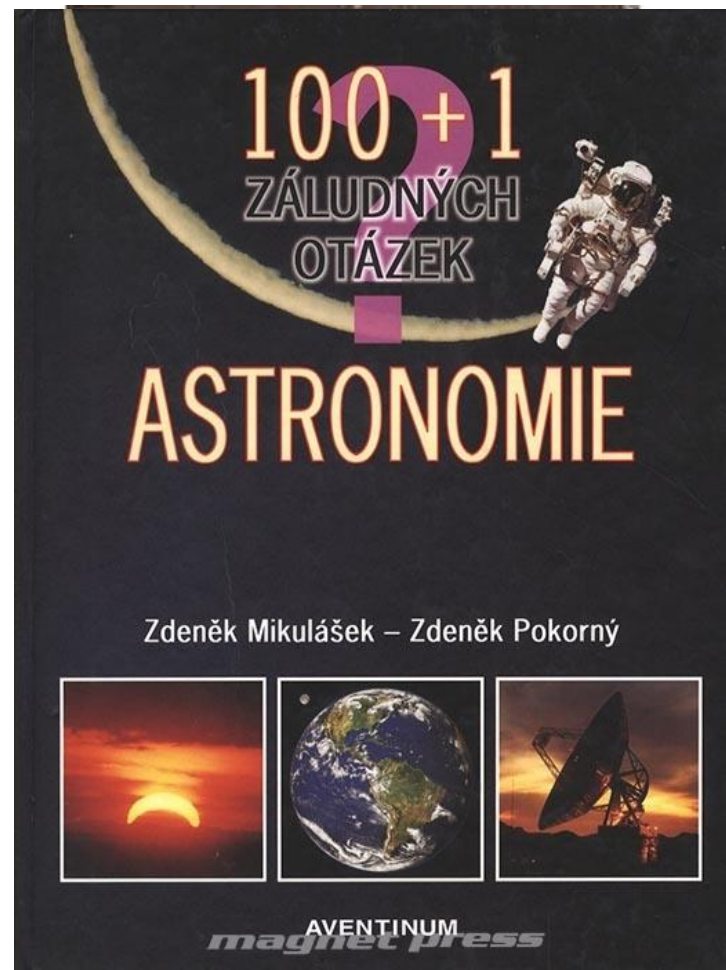
220 záludných otázek z astronomie

Nakladatelství Rovnost, Brno 1996

**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný**

100+1 záludných otázek – Astronomie

Aventinum, Praha 2003 1. vydání



# Záludné otázky z astronomie



**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný**

220 záludných otázek z astronomie

Nakladatelství Rovnost, Brno 1996

**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný**

100+1 záludných otázek – Astronomie

Aventinum, Praha 2003 1. vydání

**Zdeněk Mikulášek + Zdeněk Pokorný (†2007)**

+ **Pavel Gabzdyl** (\*1974)

Astronomie – 100+1 záludných otázek

Aventinum, Praha,

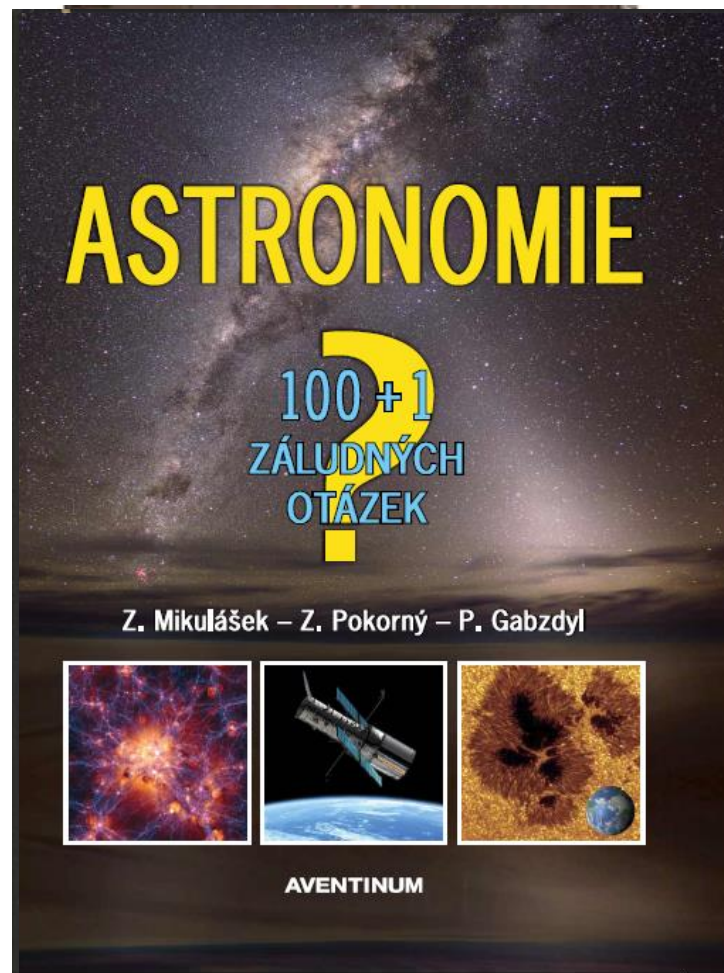
2. vydání: 2018 - nové obrázky a otázky

3. vydání: 2021

**ZM + PG + Miloslav Druckmüller**

Astronomie, 100+1 záludných otázek, 2. díl

Aventinum, Praha 2022, křest 15. 5. 2022



\*\*\* ASTRONOMIE

DRUHÝ DÍL  
**ASTRONOMIE**

100+1  
ZÁLUDNÝCH  
OTÁZEK

Z. Mikulášek – P. Gabzdyl – M. Druckmüller

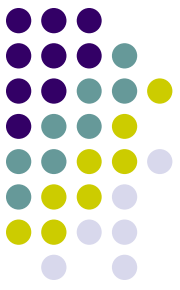


AVENTINUM

  
AVENTINUM  
www.aventinum.cz



**Která hvězda je ta největší?**



## Která hvězda je největší?

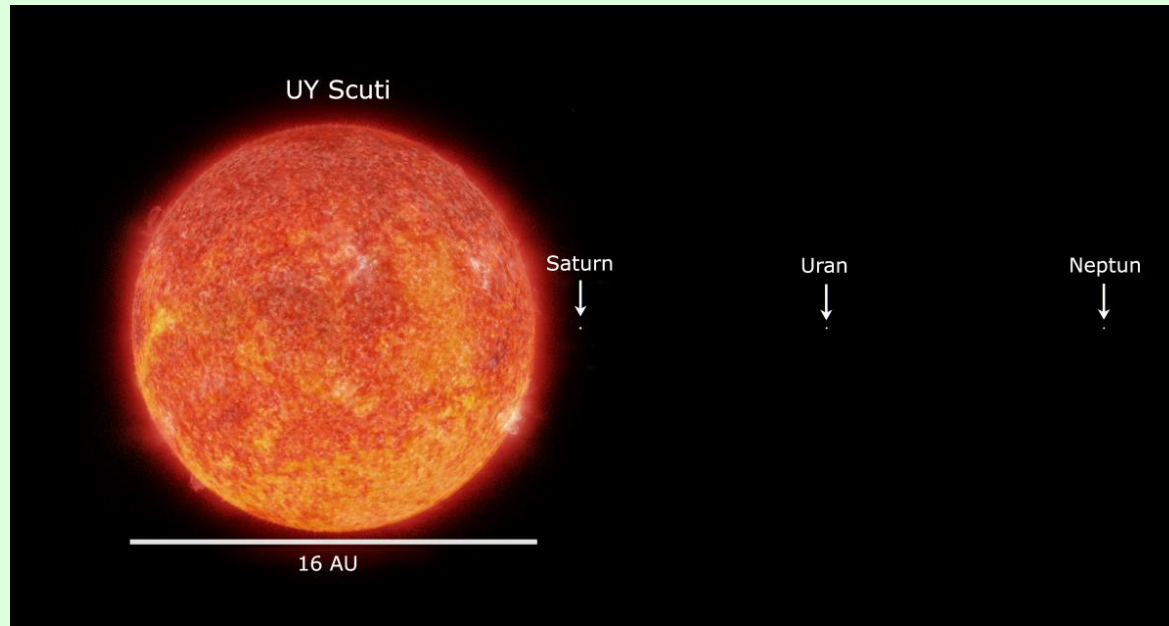
Lidé jsou posedlí extrémy, rekordy a vědomostními pořady, nedají pokoj, dokud nedostanou odpověď.

Kolem 1960 se věřilo, že největší je  $\epsilon$  Aurigae, Vozky, Almaaz – Kozička. Poloměr 2700 sluncí: 13 a. j. – tedy až za dráhu Saturnu.

- Hvězda tak řídká, že skrze ni jsou viditelné hvězdy pozadí.
- $\epsilon$  Aur je navíc zákrytová dvojhvězda s periodou 27 roků, sám zákryt trvá 2 roky – právě jeho rekordní trvání určilo rozměry zakrývající složky *B*. Bohužel, ta obří složka sama nesvítila.
- Je to vůbec hvězda nebo jen velké stínítko?
- Pozorování zákrytů 1983, 2010: Složka *B* – normální, horká hvězda  $2,9 M_{\odot}$  zachumlaná do poloprůhledného prachového šlojíře, složka *A*  $5,9 M_{\odot}$  úplně obyčejná hmotná hvězda.

$\epsilon$  Aur *B* tedy své prvenství definitivně ztratila, uchvátil jej polopravidelně pulzující načervenalý hyperobr **UY Scuti** – Štítu. Jeho úhlové rozměry určeny interferometricky Arozzem Torresem 2012 v poušti Atacama.

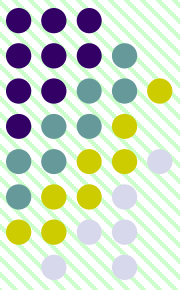
**UY Scuti**, vzdálená podle Torrese 9500 sv. r., jeví se jako kotouček o průměru 5,5 milivteřin – odpovídající poloměr 1700 sluncí – 8 au. Třebaže je chladnější než Slunce (3400 K), září jako 340 000 sluncí.



- 2018 – na pravou míru uvedla Gaia. Rekord jí sice nesebrala, ale posunula je citelně blíže, do 5100 sv. r. Průměr už jen 950 sluncí, 4,4 au, Nedosahovala by ani k dráze Jupiteru.
- V jádru zažehnuty He reakce, hvězda vybuchne jako SN II. typu.



**Co bychom viděli, kdyby  
nám někdo vyluxoval  
Galaxii?**



## Co bychom viděli, kdyby nám někdo vyluxoval Galaxii?

Lidé žijí odjakživa na Zemi, kosmické prostředí je naprosto neslučitelné se životem.

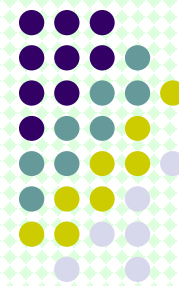
- Kosmické lety + výsadky posádky mimo loď – chabý pokus o introdukci pozemských podmínek do kosmického prostoru.
- Bezprostřední zkušenost s kosmem nemáme a nebudeme mít. Leccos si ale dovedeme představit, vypočítat, namodelovat.

Mezihvězdné prostředí – už od první poloviny 20. stol. Víme, že není prázdné – hlavní složkou **mezihvězdný plyn** (H, He + příměsi), nesmírně řídký, s teplotami od 1 do  $10^7$  K. V malém umíme laboratorně napodobit.

**Mezihvězdný prach** – lidem bližší, s prachem bojují celý život...

Pozemský prach (PP) se od MHP v mnoha ohledech:

- Především zdroje – na zemi silně souvisí se specifikami vnější vrstvy Země a hlavně s existencí života a činností lidí.
- Detailní pohled na strukturu PP, může vyvolat poučení až zděšení...



- Polétavý prach < 10  $\mu\text{m}$  – neusazuje se, vdechujeme jej, může být i škodlivý.
- Prach domácí – větší částice, se usazuje na předmětech – lze jej setřít, vyluxovat.

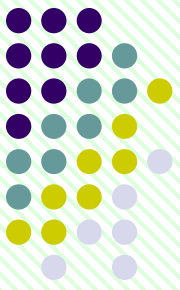
Naším cílem – „odprašnění“ celé Galaxie. Galaktický vysavač – velmi výkonný: musí vysát veškerý prach v objemu 500 bilionů sv. r. krychlových. Prachový filtr: ULPA ze skleněných vláken, propustný pro plyny, zachytí všechny částice > 0,1  $\mu\text{m}$ .

- Stupeň zaprášenosti: 1 zrníčko MHP na 100  $\text{m}^3$ . Struktura MHP složitá: v jádru nejméně těkavé složky, obalem z špinavého, odporně páchnoucího špinavého vodního ledu, zevně adsorbované molekuly  $\text{H}_2$ .
- Původ: vznikl ve svrchních vrstvách červených obrů, do prostoru se dostal hvězdným větrem. Důležitým materiálem molekulových mračen, v níž se dnes rodí nové generace hvězd. Bez prachu by to nešlo – odvádí přebytečné teplo (v IR až 30 % výkonu Galaxie), shromažďuje vodík.









- MHP se v rozhodující míře podílí na galaktické extinkci. Dohlednost snižuje na tisíce světelných roků. Opacita  $\sim \lambda^{-1}$ , v IR průhlednost o řády lepší než v UV.

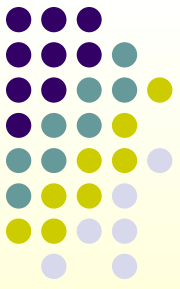
Zpět k vysavači. Vysátý prach uchováváme na skládkách – prachové koule o velikosti Marsu. Po důkladném úklidu Galaxie – 200 mld marsovských bobků  $\sim$  počtem odpovídá počtu hvězd.

- Co se změnilo? Jak se náš pohled do okolního světa prokoukl? Co uvidíme, nebo naopak neuvidíme?
- *Neuvidíme* prachoplynové mlhoviny osvětlované blízkými hvězdami, Orionovi zmizí meč, molekulové oblaky se nahřejí a po čase zcela rozpustí. Zmizí temné mlhoviny, vznik nových hvězd se zastaví.
- *Uvidíme* vše jasněji, jako když se umyjí okna. Galaxie začne být děravá, zlepšší se výhled do prostoru, uvidíme její jádro.

Jak dlouho úklid vydrží? Celá obnova prachového hospodářství může trvat tak  $10^7$  let – byla by to jen kratičká epizoda v životě věčně umouněné Galaxie.

**Vypadá černá díra jako  
donut?**



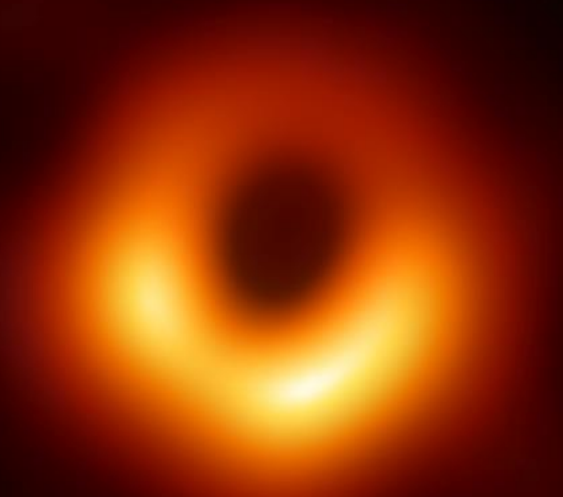


## Vypadá černá díra jako donut?

Ulovit momentku černé díry je pošetilost: ČD přece zakřivují časoprostor, nic z nich neunikne, tedy ani světlo. Obklopují se jednosměrně propustnou hradbou obzoru událostí. Nezáří ani neodrážejí světlo. Jsou to černé díry!



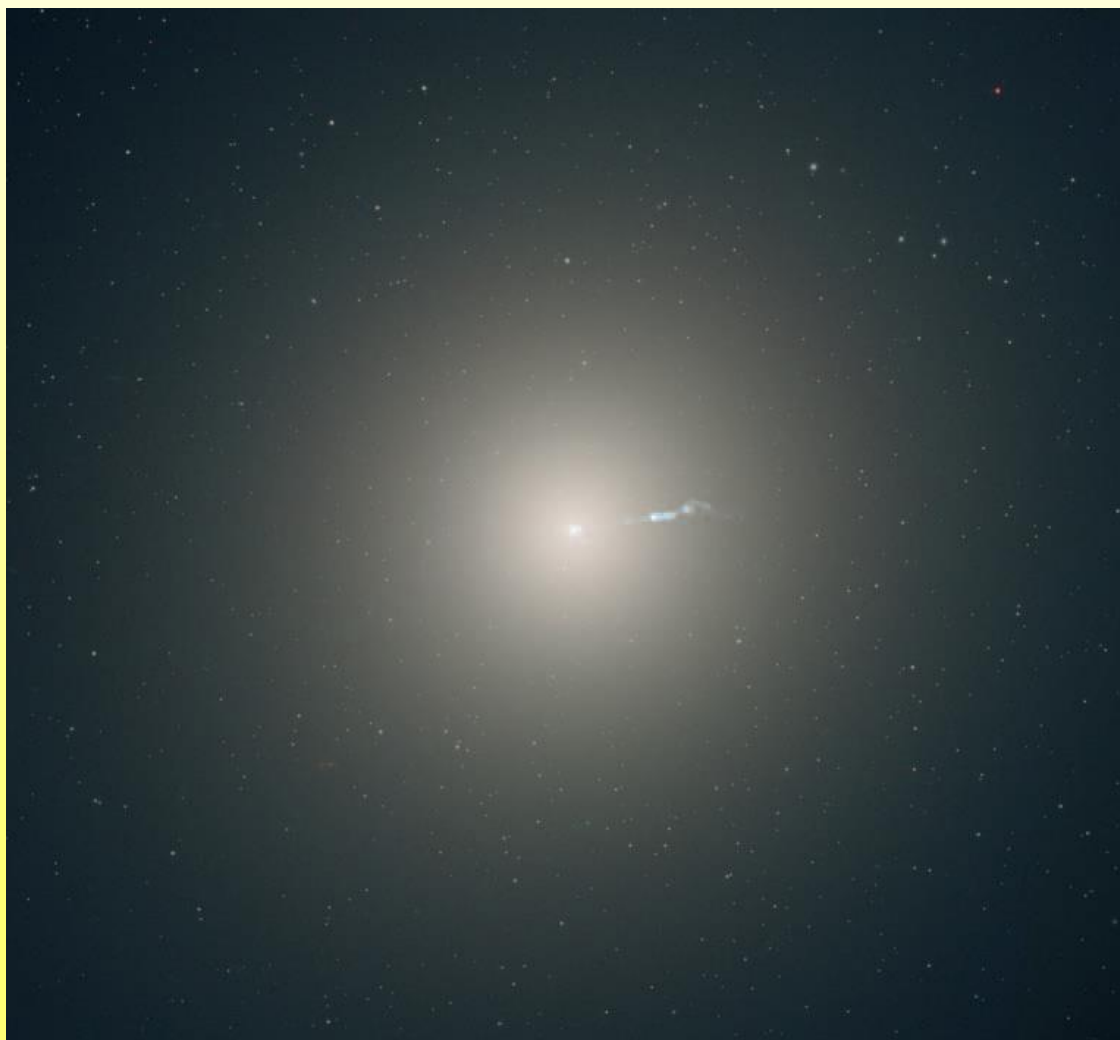
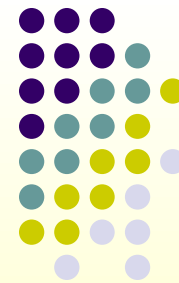
- ČD nás fascinují po desetiletí. Jejich vlastnosti popsal Albert Einstein ve své teorii gravitace – *obecné teorii relativity*, i když předpovězeny byly mnohem dříve.
- První ČD byla ztotožněna 1964 s objektem Cygnus X-1, ale díru samotnou nikdo nespatriil. Vše, co jsme později pozorovali, byl důsledek existence ČD: v okolí plyn zahřátý na miliony kelvinů padající do jácnu gravitační pasti.

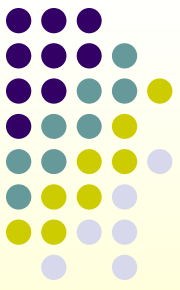


10. 4. 2019 obletěl celý svět snímek, na němž je údajně zobrazena obří černá díra ve středu obří galaxie M87 v centru kupy galaxií v Panně.

- Jak ale rozumět tomu nestejně jasnému prstýnku, připomínající onu mírně připečenou americkou koblihu, známou jako **donut**?

Co víme o černé díře v M87? Údajně je to asi jedna z největších a nejnenasytnějších ČD – z účinku na okolí lze odhadnout její hmotnost na 6,5 mld Sluncí.



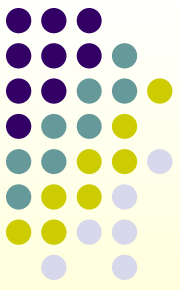


Co víme o ČD v M87? Údajně je to asi jedna z největších a nejnenasytnějších ČD – z účinku na okolí lze odhadnout její hmotnost na 6,5 mld Sluncí. V centru Galaxie je její miniaturní obdoba s hmotností tisíckrát menší.

- Poloměr ČD ~ poloměr horizontu události  $R = 3 M/M_{\odot}$  km → naše GČD má  $R = 7 R_{\odot}$ , zatímco ta v M87  $R = 260$  au. Ze vzdálenosti 55 milionů sv. l. je jen  $15 \times 10^{-6}$ “ – třešnička na dortu na Měsíci. To je hluboko pod rozlišením i těch největších dalekohledů na světě. A vůbec, co znamená ta barva vypečené koblihy?
- Barva je to falešná. Snímek byl získán v IR oblasti 1,3 mm virtualním **EHT** (event horizon t.). Proč v IR, proč ne v optické nebo rtg.?
- EHT – 8 spřažených dalekohledů po celé Zemi – 4 noci v dubnu 2017. Výsledkem tisíce TB dat – snímek s rozlišením  $20 \mu$ “.

Co na tom snímku je? Především nic, co by nemohla vysvětlit Einsteinova teorie gravitace – bylo to její skvělé potvrzení. Nicméně, žádnou ČD tam nevidíme. Onen prstýnek o poloměru  $40 \mu$ “ je záření pocházející z nejteplejších vnitřních části akrečního disku.

Vše další je šalebnou hrou prapodivné optiky gravitačně zakřiveného prostoročasu, kde silná gravitace ohýbá dráhy paprsků natolik, že přicházejí z úplně jiných směrů, než kam byly vyslány. Donut je tedy gravitační karikaturou obrazu, který bychom viděli bez onoho ohybu.



- Plně porozumět obrázku mohou jen ti, kdo si tykají s OTR, ale takových už je na Zemi několik tisíc. Jinak ovšem různá intenzita koblihy je důsledkem Dopplerova jevu rychle rotujícího vnitřku disku.
- Komu zatleskat? Především macaté černé díře v M87, která celé to divadlo zinscenovala, famóznímu projektu EHT a hlavně Albertu Einsteinovi, jehož teorie prošla se ctí i touto zkouškou.

Za své úsilí se odměňte nejlépe mísou koblih, nejlépe těch moravských, bez díry, plněných višňovou nebo meruňkovou marmeládou.

Přeji potěšení bez zakřivení.