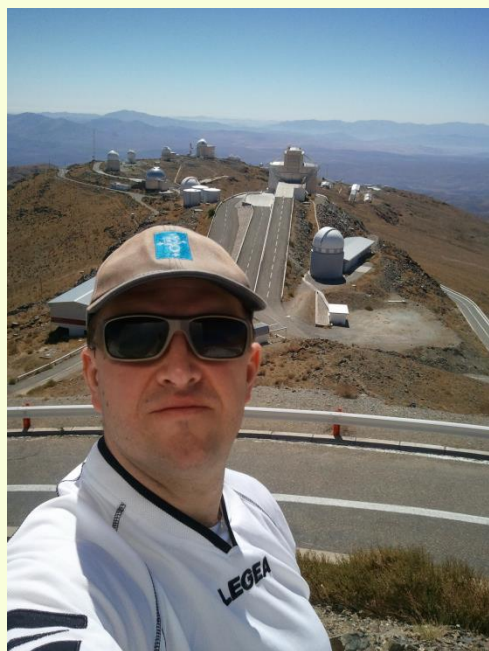


Astronomie na dně vzdušného oceánu



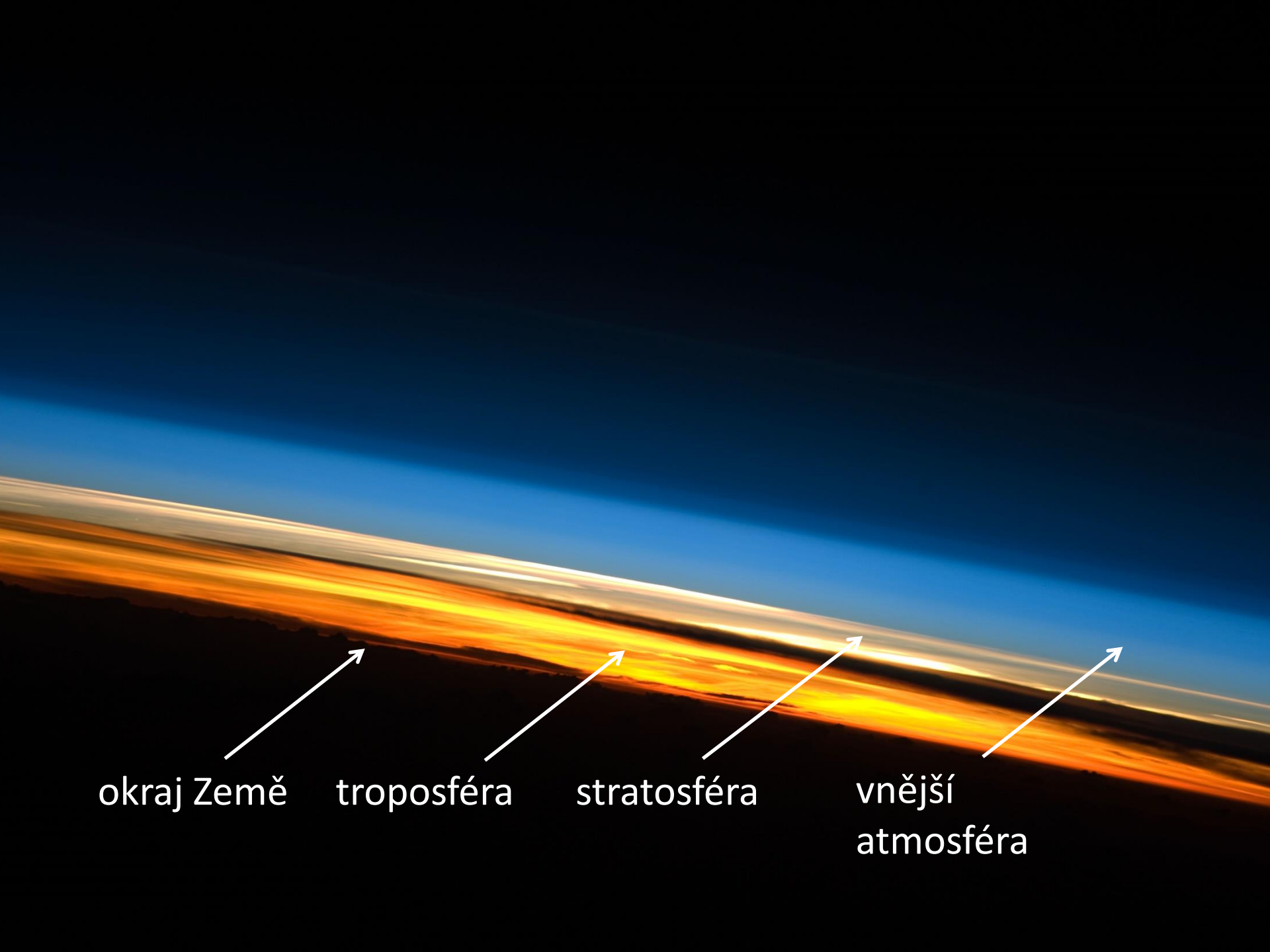
Jan Janík
ÚTFA PŘF MU

U3V 17.10.2023

Jak si představit
atmosféru Země?

Atmosféra Země

- plynný obal Země
- plynule přechází do meziplanetárního prostoru



okraj Země

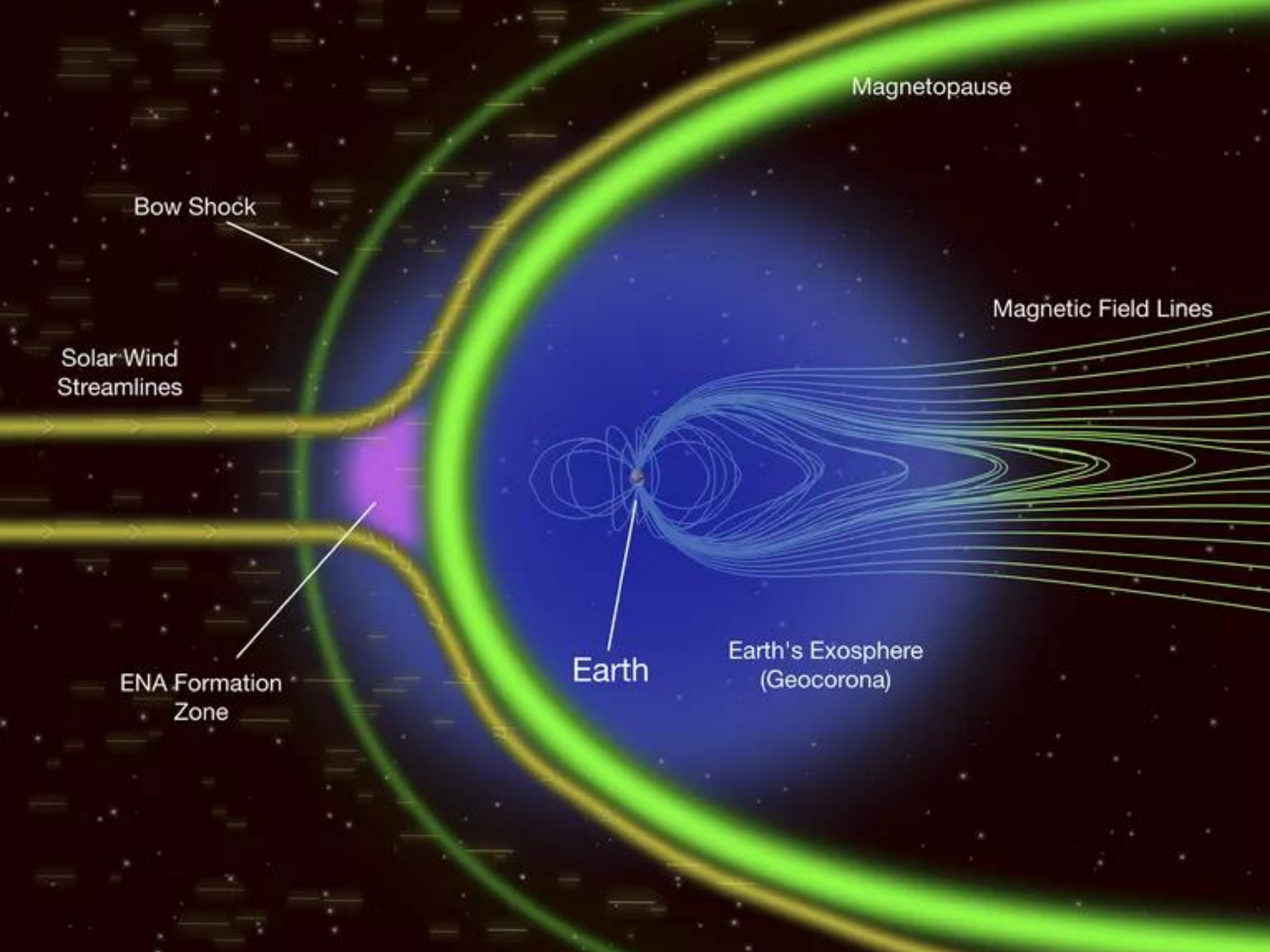
troposféra

stratosféra

vnější
atmosféra

Atmosféra Země

- plynný obal Země
- plynule přechází do meziplanetárního prostoru
- při povrchu homogenní
- vyšší výšky odchyly od homogeneity
- obrušována slunečním větrem, protáhlá exosféra 20 – 40 R_{\oplus}



Magnetopause

Bow Shock

Magnetic Field Lines

Solar Wind Streamlines

Earth

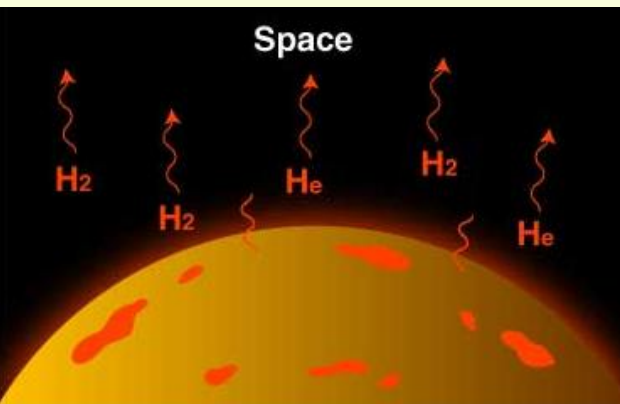
Earth's Exosphere (Geocorona)

ENA Formation Zone

Odkud se vzala
atmosféra Země?

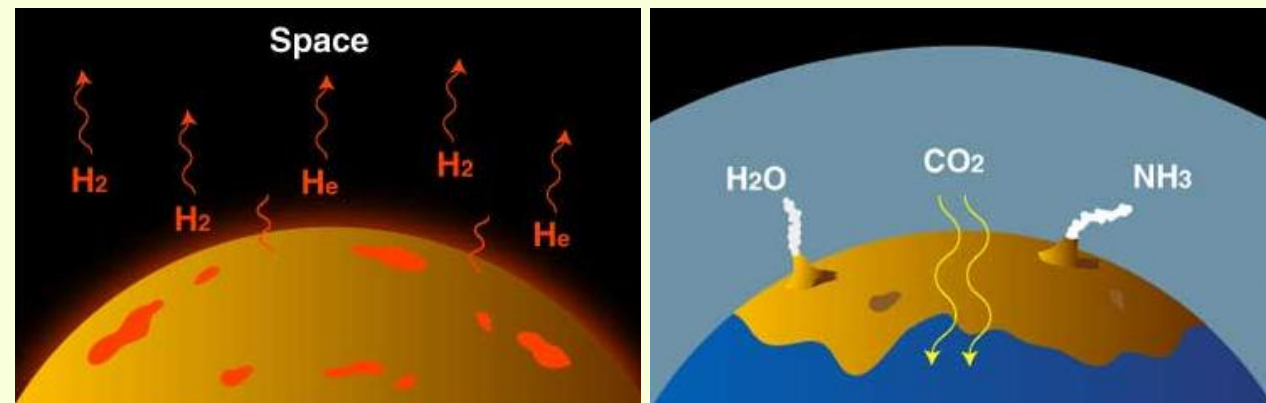
Původ zemská atmosféry

- primární (H_2 , He)



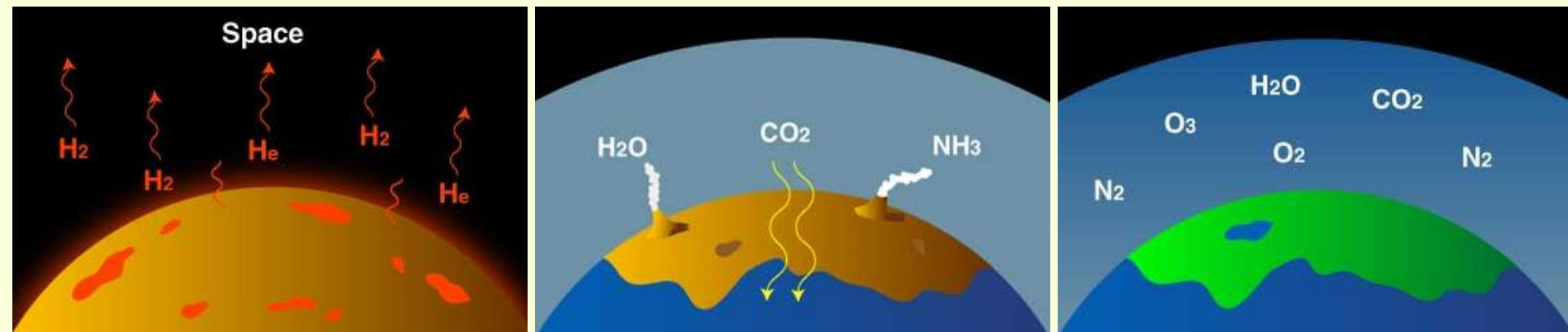
Původ zemská atmosféry

- primární (H_2 , He)
- sekundární (CO_2 , CO, NH_3 , H_2O , CH_4)



Původ zemská atmosféry

- primární (H_2 , He)
- sekundární (CO_2 , CO, NH_3 , H_2O , CH_4)
- terciární (O_2 , N_2 , CO_2 , H_2O)



Jaký původ má
voda na Zemi?

Původ vody na Zemi

- komety vs. meteority
- většina vody z meteoritů, pás planetek 2,5 – 4 au (Morbidelli a kol. 2000)
- srážka s planetkou Theia → Měsíce (Budde, Burkhardt a Klein 2019)
- projekt HYADES (měření vody v kometách)

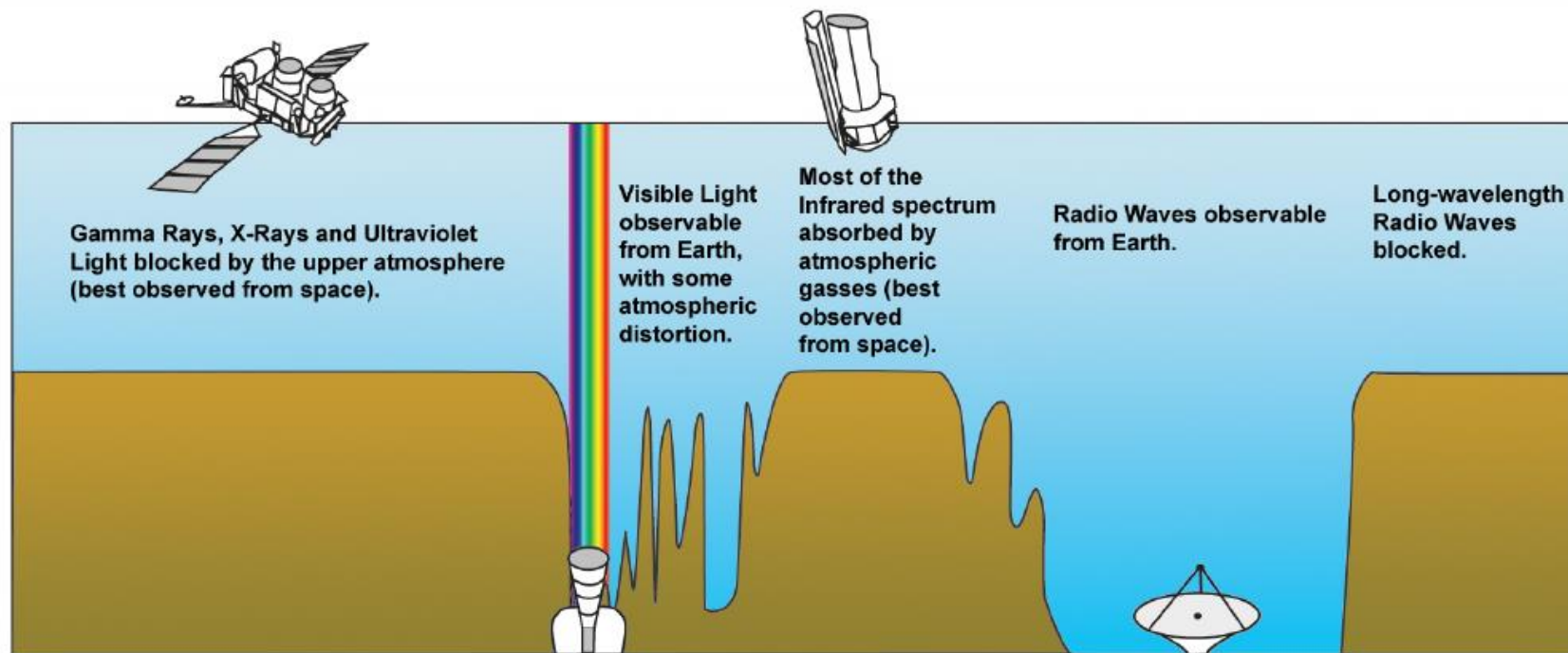
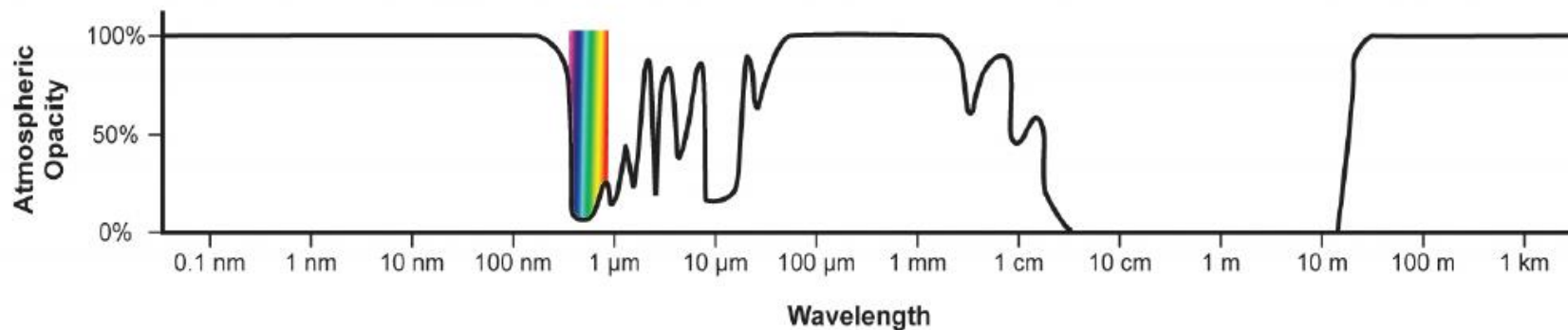


Jak ovlivňuje
atmosféra Země
astronomická
pozorování?

Vliv atmosféry na pozorování

- zemská atmosféra opticky aktivní prostředí (rozptyl, absorpce, lom)
- propustnost jen pro určité vlnové délky

Vliv atmosféry na pozorování



Vliv atmosféry na pozorování

- zemská atmosféra opticky aktivní prostředí (rozptyl, absorpce, lom)
- propustnost jen pro určité vlnové délky
- do 300 nm nepropustná (ozón, Rayleighův rozptyl)
- 400 – 700 nm *optické okno* (atmosféra průhledná)
- od 700 nm *IR oblast* (vodní páry) → vysokohorské observatoře

Vliv atmosféry na pozorování

- *IR okna JHKLMN* – od 1,1 do 40 μm (vysoká propustnost)
- v submilimetrové oblasti (330 – 370 μm) je atmosféra nepropustná → družice



Vliv atmosféry na pozorování

- *IR okna JHKLMN* – od 1,1 do 40 μm
(vysoká propustnost)
- v submilimetrové oblasti (330 – 370 μm)
je atmosféra nepropustná → družice
- milimetrová/submilimetrová observatoř
ALMA (5 tisíc m n.m. v poušti Atacama)



Vliv atmosféry na pozorování

- *IR okna JHKLMN* – od 1,1 do 40 μm
(vysoká propustnost)
- v submilimetrové oblasti (330 – 370 μm)
je atmosféra nepropustná → družice
- milimetrová/submilimetrová observatoř
ALMA (5 tisíc m n.m. v poušti Atacama)
- rádiové okno od cm k metrovým vlnám
→ pozorování i během dne

Piwnice (32 m)



Parke
Observatory (64 m)



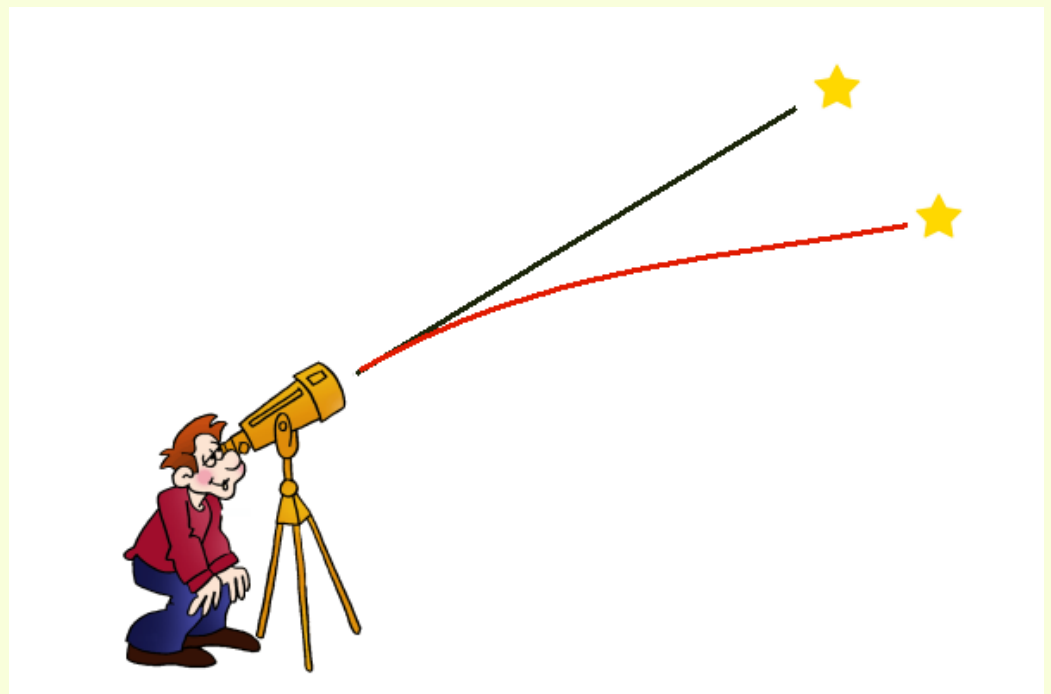
Vliv atmosféry na pozorování

- rozptyl slunečního záření → jasná denní obloha neumožňuje pozorování hvězd
- specifické zbarvení (Rayleighův rozptyl), není fialová ale blankytně modrá
- očima můžeme pozorovat Slunce, Měsíc, Venuši, bolid či případnou supernovu
- ve vyšších výškách nižší tlak (menší rozptyl) → změna intenzity i barvy



Vliv atmosféry na pozorování

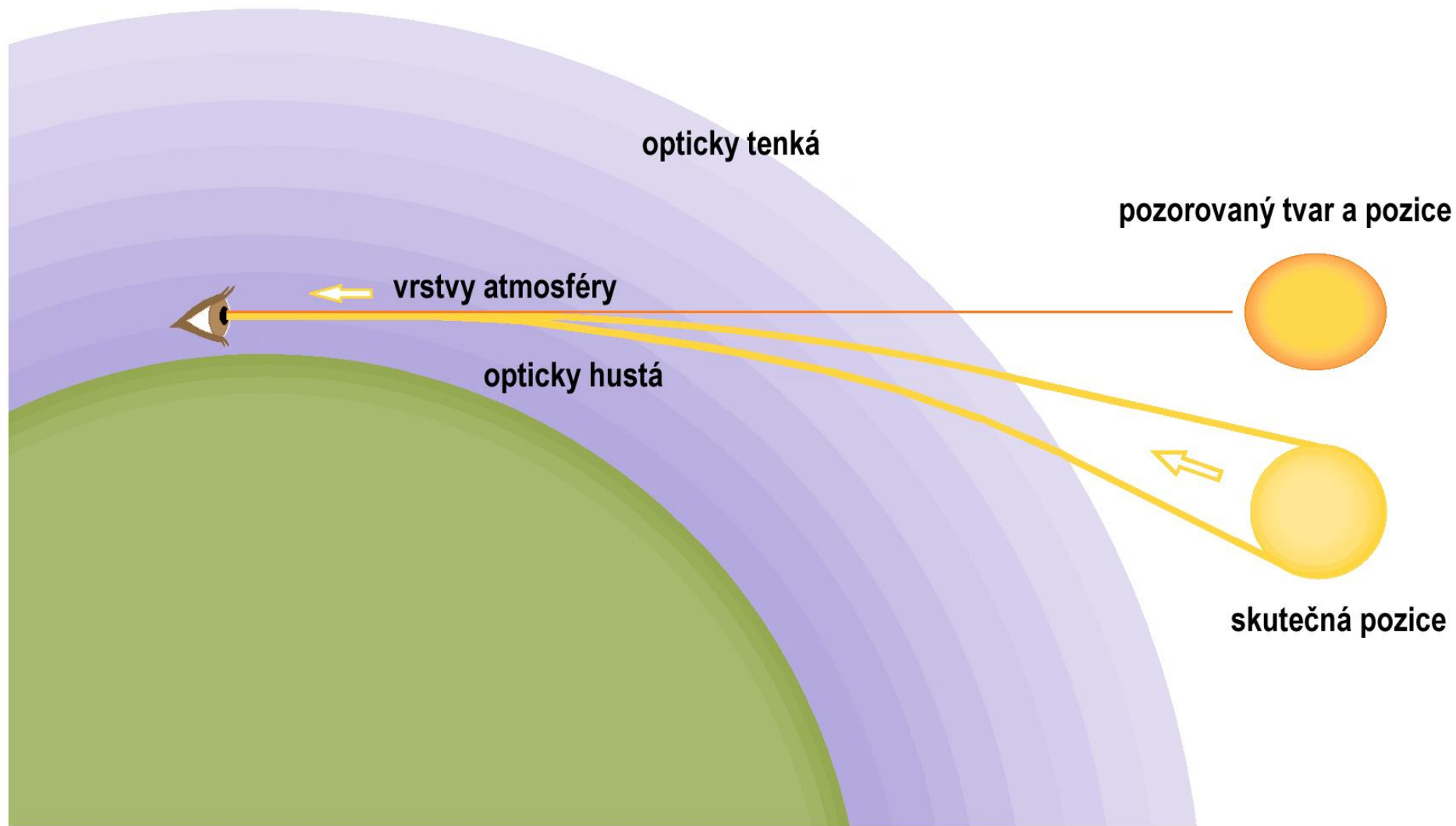
- změna teploty a hustoty atmosféry s výškou \rightarrow různý index lomu \rightarrow *refrakce*
- pozorované objekty výše nad obzorem \rightarrow delší den



Vliv atmosféry na pozorování

- změna teploty a hustoty atmosféry s výškou → různý index lomu → *refrakce*
- pozorované objekty výše nad obzorem → delší den
- vidíme spodní okraj Slunce na horizontu → celé Slunce pod horizontem
- výšková deformace pozorovaného objektu (spodní okraj Slunce posunut výše než okraj horní)

Západ a východ Slunce: Posun pozorované polohy Slunce v důsledku atmosférické refrakce









Vliv atmosféry na pozorování

- změny indexu lomu vzduchu (T, ρ, n vodních par) \rightarrow různá trajektorie světla
- základní nehomogenity – vzdušné víry (10 cm)
- *scintilace* (mihotání) světla hvězd \rightarrow různá jasnost, barva (levé a pravé oko)





MERKUR



VENUŠE



29. března 2004
fáze 0,51
výška nad obzorem 30°



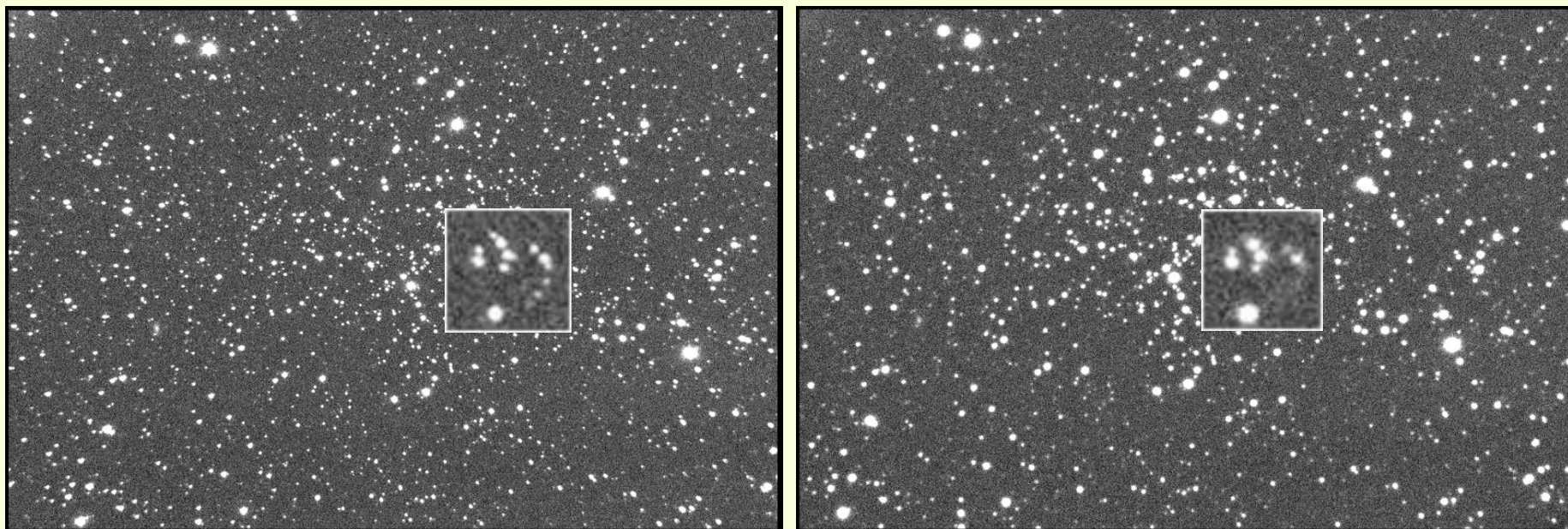
29. května 2004
fáze 0,04
výška nad obzorem 7°

Vliv atmosféry na pozorování

- změny indexu lomu vzduchu (T, ρ, n vodních par) \rightarrow různá trajektorie světla
- základní nehomogenity – vzdušné víry (10 cm)
- *scintilace* (mihotání) světla hvězd \rightarrow různá jasnost, barva (levé a pravé oko)
- změna směru (okem nepostřehnutelná) \rightarrow rozmazání do plošky \rightarrow *seeing*

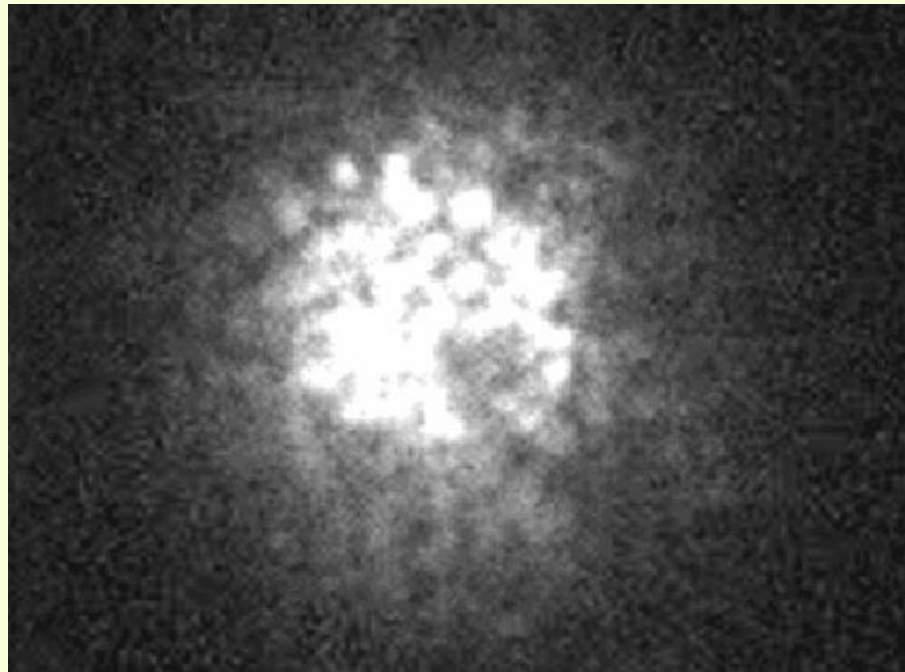
Vliv atmosféry na pozorování

- změny indexu lomu vzduchu (T, ρ, n vodních par) \rightarrow různá trajektorie světla
- základní nehomogenity – vzdušné víry (10 cm)



Vliv atmosféry na pozorování

- seeing Ondřejov 5", La Silla < 1"
- větší seeing, menší poměr S/\bar{S} → delší expoziční čas, menší rozlišení





Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha



APOD 4.1.2008 S. Brunier

Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha
 - protisvit (Gegenschein)



ESO/Y. Beletsky

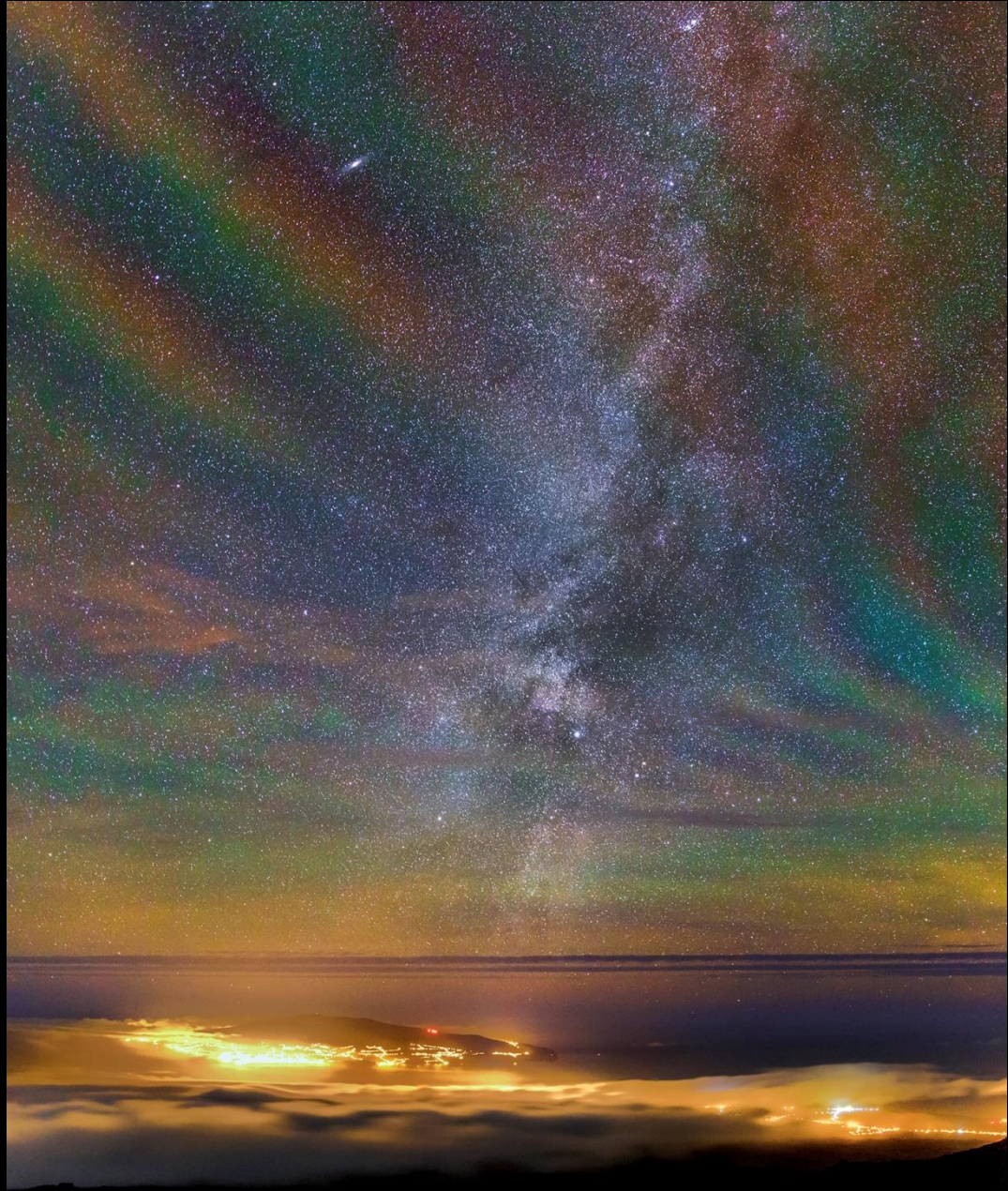
Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha
 - protisvit (Gegenschein)
 - zvířetníkové světlo



Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha
 - protisvit (Gegenschein)
 - zvířetníkové světlo
 - čárové spektrum (Aurora)



Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha
 - protisvit (Gegenschein)
 - zvířetníkové světlo
 - čárové spektrum (Airglow)
 - polární záře (Corona Australis, Corona Borealis), v našich zeměpisných šířkách výjimečně (17. listopadu 1989)





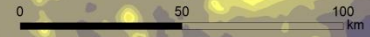
Chris Suarez

Vliv atmosféry na pozorování

- světlo noční oblohy → přírodní, umělé
 - Mléčná dráha
 - protisvit (Gegenschein)
 - zvířetníkové světlo
 - čárové spektrum (Airglow)
 - polární záře (Corona Australis, Corona Borealis), v našich zeměpisných šířkách výjimečně (17. listopadu 1989)
 - umělé → špatné svícení (nahoru, spektrum světel)

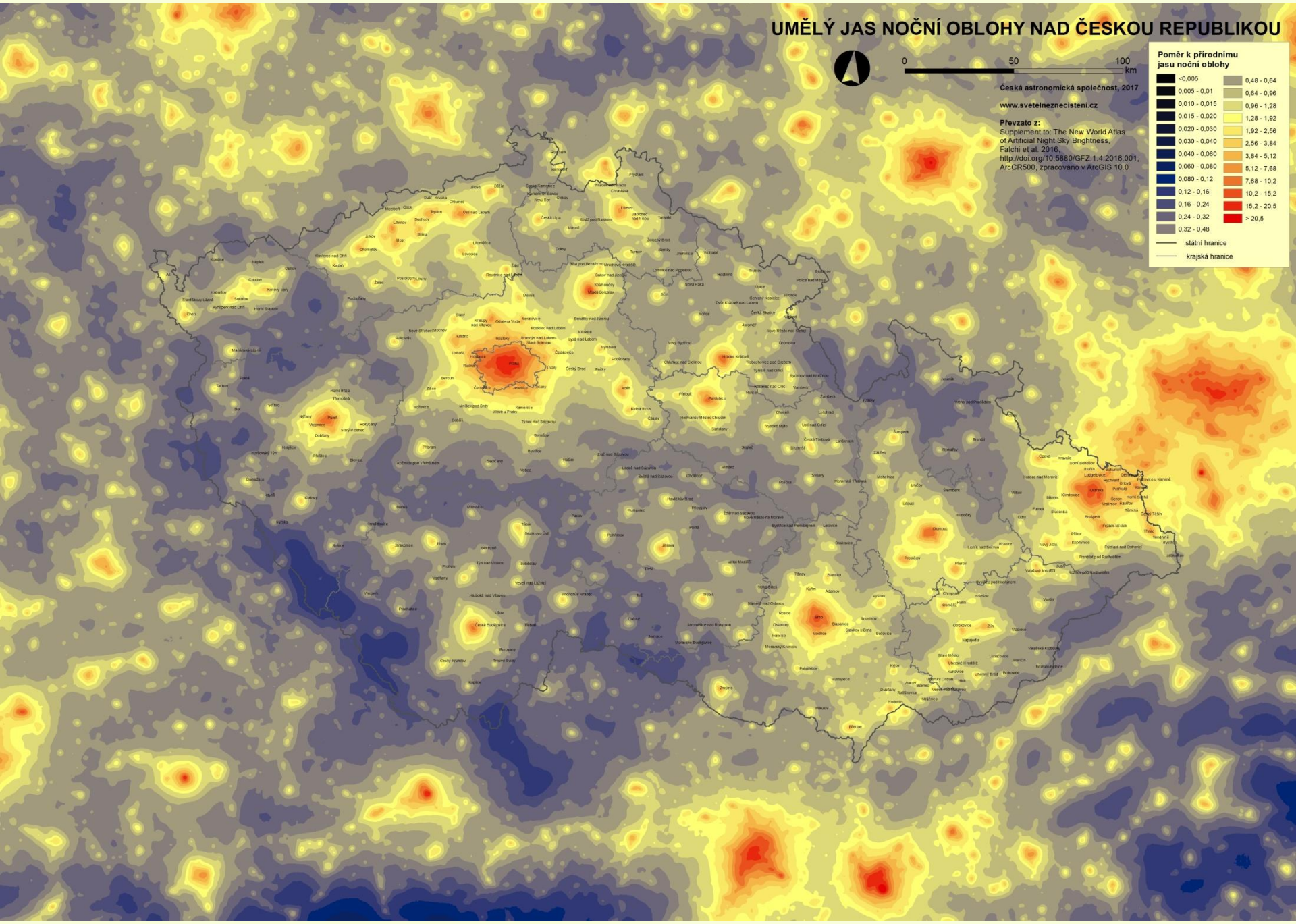
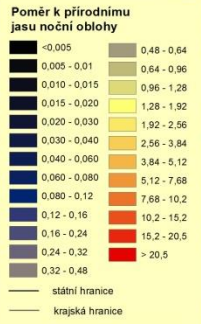


UMĚLÝ JAS NOČNÍ OBLOHY NAD ČESKOU REPUBLIKOU



Česká astronomická společnost, 2017
www.svetelnezneisti.cz

Prvzato z:
Supplement to: The New World Atlas
of Artificial Night-Sky Brightness,
Falchi et al. 2016
<http://doi.org/10.5980/GFZ-1.4.2016.001>;
ArcCR500, zpracováno v ArcGIS 10.0



Jak eliminovat vliv
atmosféry Země
při astronomických
pozorováních?

Eliminace vlivu atmosféry

- pozorování ve vyšších nadmořských výškách (vysokohorské observatoře)



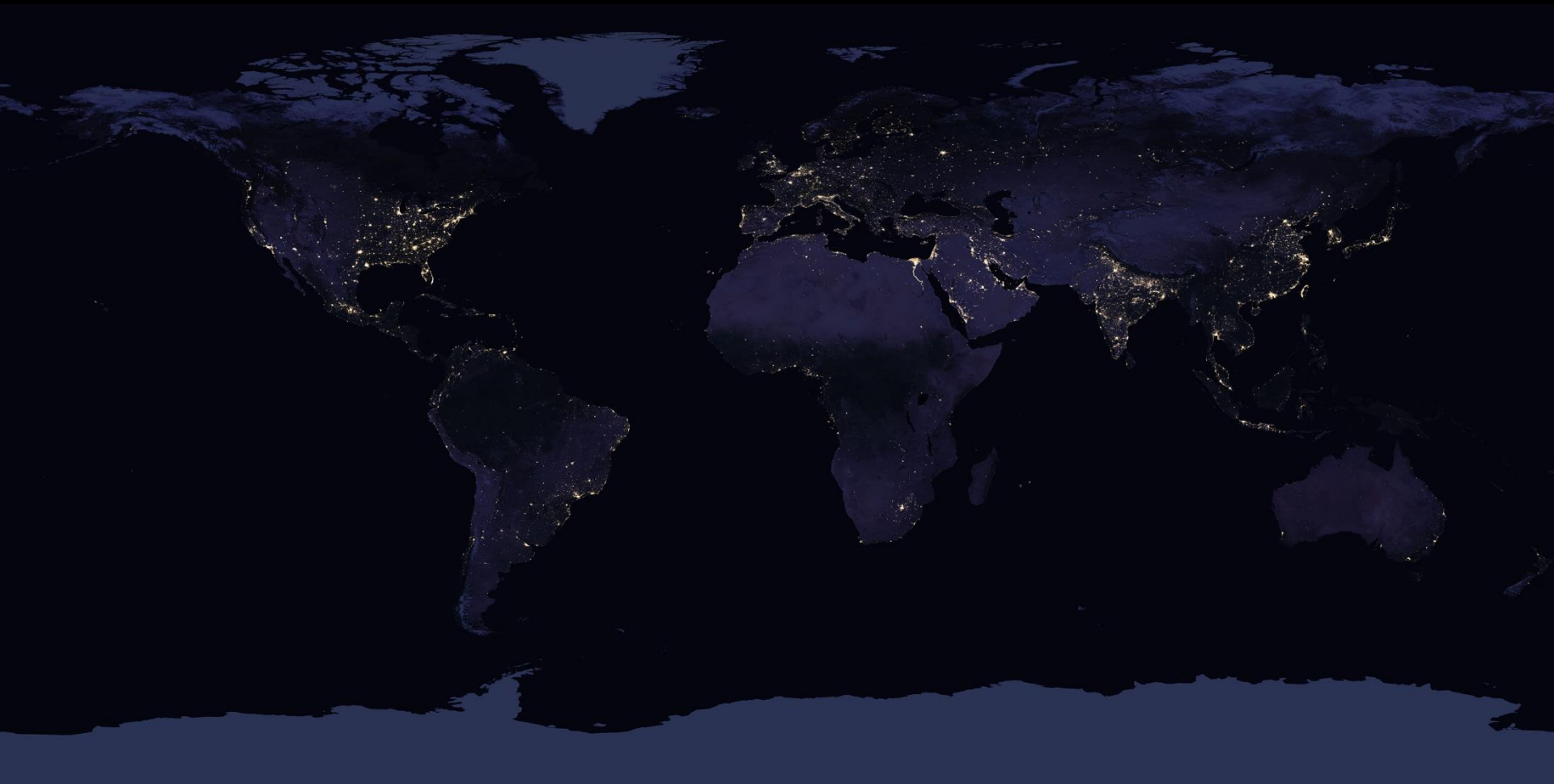
Eliminace vlivu atmosféry

- pozorování ve vyšších nadmořských výškách (vysokohorské observatoře)
- nepozorovat blízko horizontu



Eliminace vlivu atmosféry

- pozorování ve vyšších nadmořských výškách (vysokohorské observatoře)
- nepozorovat blízko horizontu
- neosvětlená obloha (mimo civilizaci)

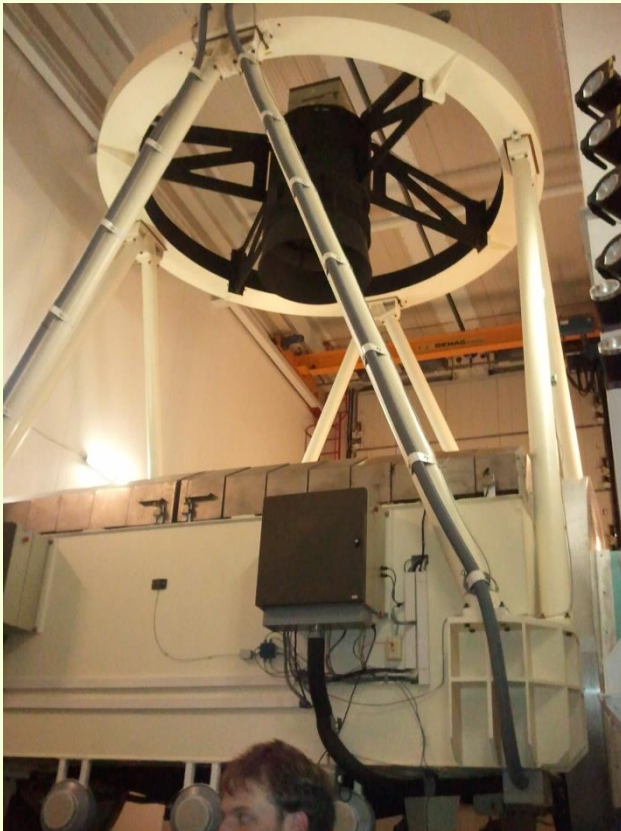


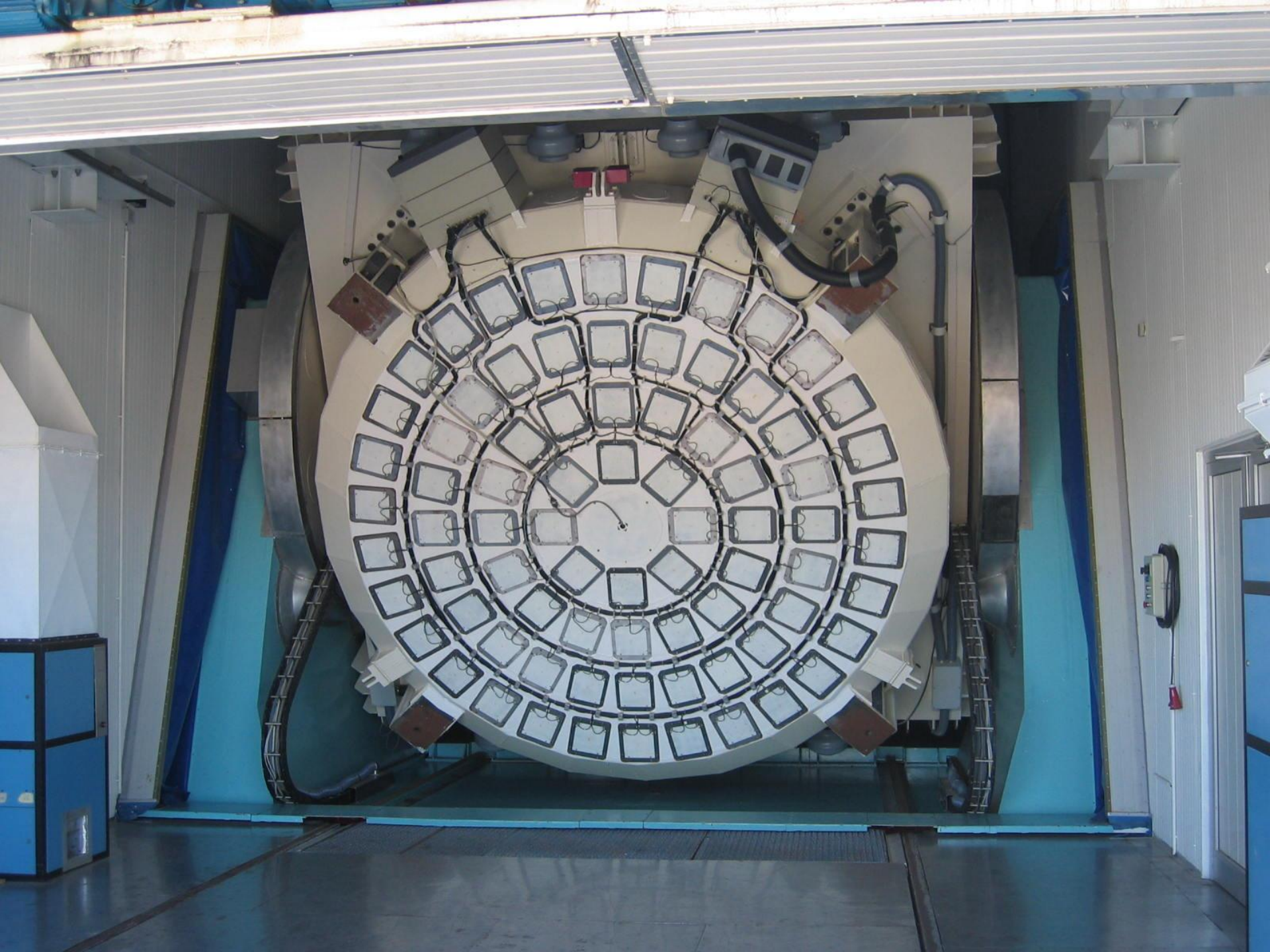
Eliminace vlivu atmosféry

- pozorování ve vyšších nadmořských výškách (vysokohorské observatoře)
- nepozorovat blízko horizontu
- neosvětlená obloha (mimo civilizaci)
- nízká vlhkost vzduchu (pouště, Antarktida)
- aktivní a adaptivní optika

Eliminace vlivu atmosféry

- aktivní optika, korekce zrcadla (NTT)



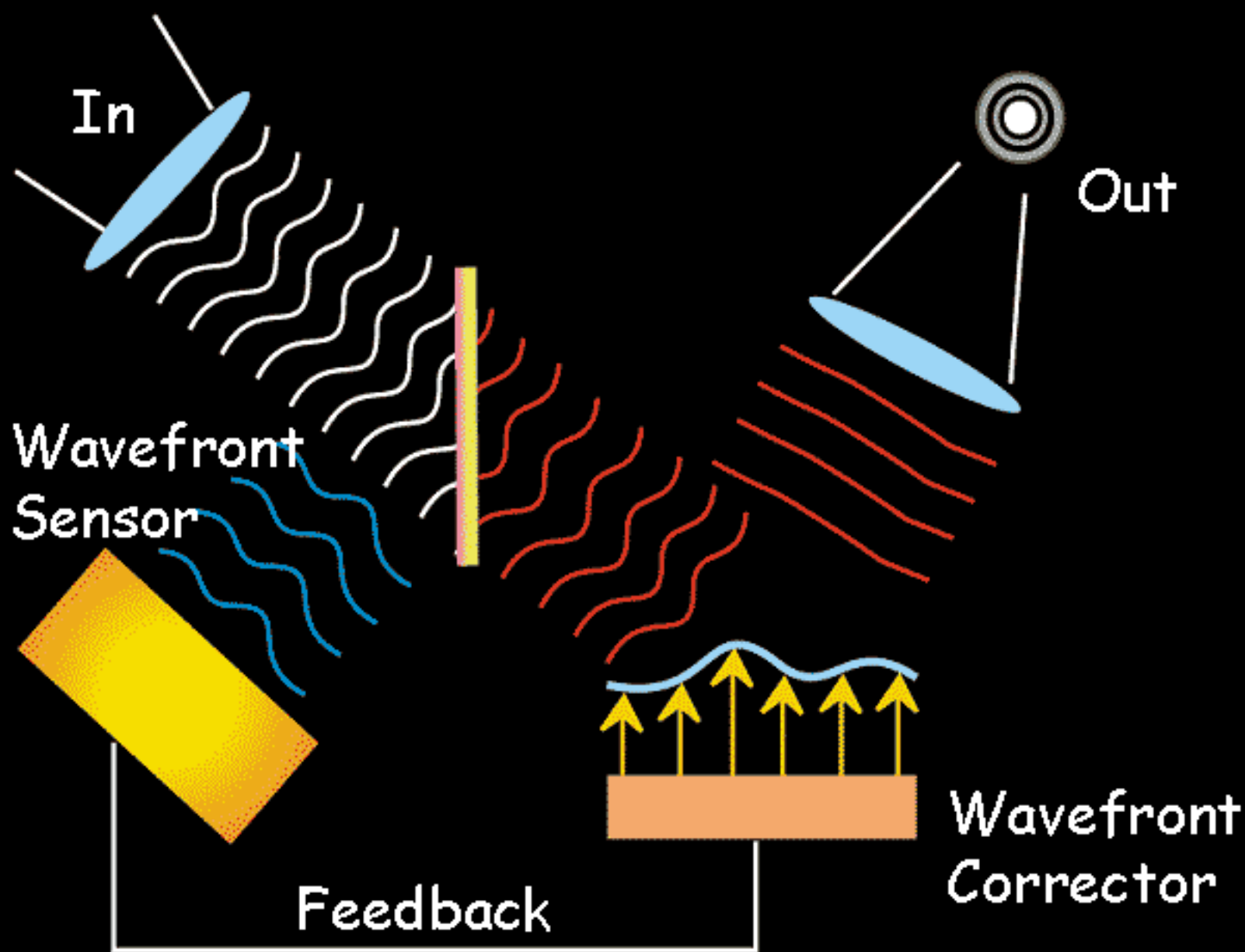


Eliminace vlivu atmosféry

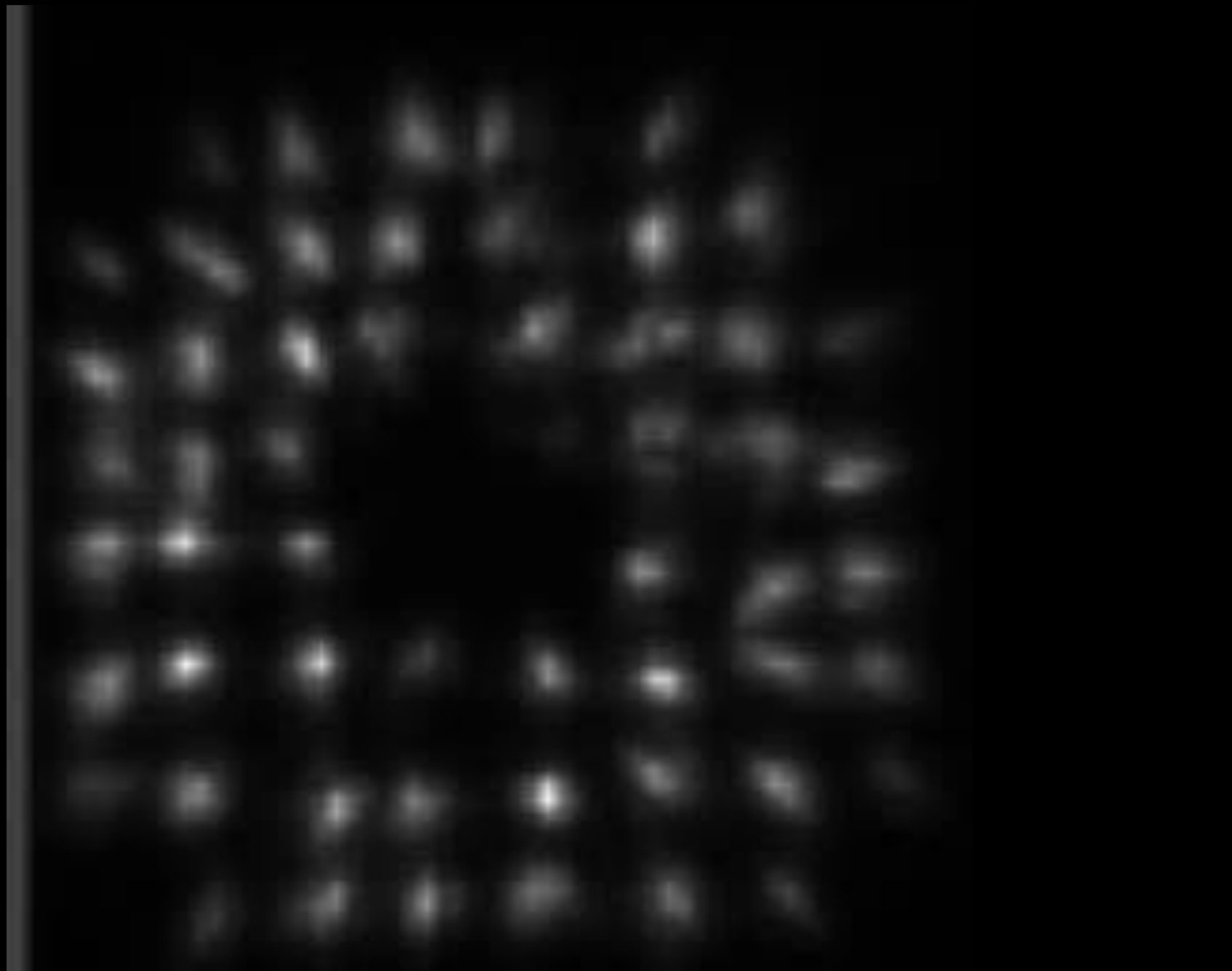
- adaptivní optika (Horace Babcock)
 - čidla měřící deformaci vlnoplochy
 - rychlý počítač (korekce)
 - korekční zařízení (úprava odrazové plochy)
- deformace hlavně v troposféře (seeing)

Eliminace vlivu atmosféry

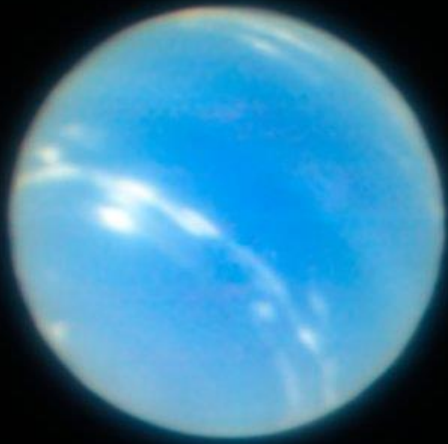
- adaptivní optika (Horace Babcock)
 - čidla měřící deformaci vlnoplochy
 - rychlý počítač (korekce)
 - korekční zařízení (úprava odrazové plochy)
- deformace hlavně v troposféře (seeing)
- rekonstrukce obrazu – tři metody
 - fixace vlnoplochy
 - umělá hvězda LGS (laser guide star)
 - systém měření zakřivení vlnoplochy











Adaptive optics



No Adaptive optics



Without Adaptive Optics



With Adaptive Optics

Děkuji vám
za pozornost