

ZAKAJ JE NEBO MODRO?



Da je nebo modro in da je sonce, ko zahaja, pogosto obarvano rdeče, ve vsakdo. To smo sprejeli kot samoumevno dejstvo in se o vzroku teh pojavov večinoma sploh ne sprašujemo. V šoli so nas učili, da daje nebu barvo ozon v stratosferi, ki je blede modre barve. Toda če je to res, kako potem razložiti dejstvo, da je modrina neba bistveno intenzivnejša v hribih ko v dolini? In zakaj je jasno nebo bolj modro po poletni plohi kot pred njo? Mar tako niha debelina plasti ozona nad nami? Zakaj je nebo na Antarktiki temnejše, intenzivnejše barve kot pri nas, če pa je tam ozonska luknja (torej je plast ozona tanjša), nad Evropo pa je ni?

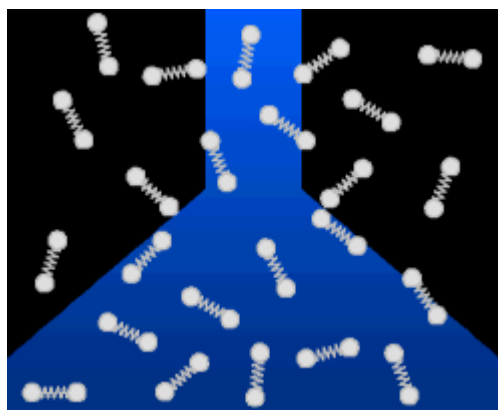
V resnici ozon nima ključne vloge pri določevanju barve neba. "Krivo" je sipanje bele sončne svetlobe na molekulah plina v atmosferi.

Svetloba se pri potovanju skozi plin nekoliko razprši – pravimo, da se sipa. Gre za posebno – Rayleighovo sipanje svetlobe. Takšno sipanje se pojavi, kadar je valovna dolžina sipane svetlobe mnogo večja od dimenzije sipalca, v našem primeru so to molekule v zraku. Za Rayleighovo sipanje je značilno, da se svetloba s krajšo valovno dolžino razprši precej bolj od tiste z daljšo:

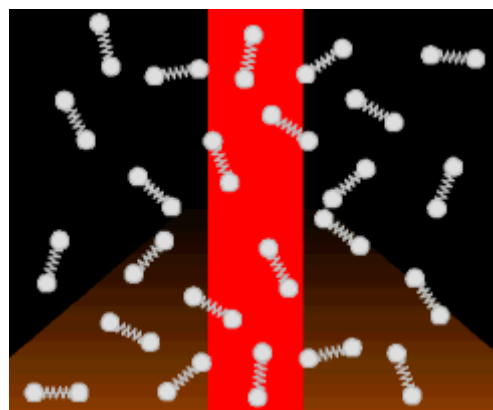
$$\text{Jakost sipanja je sorazmerna } \frac{1}{\lambda^4}$$

Valovna dolžina modre svetlobe je približno 420 nm, rdeče pa 750 nm, zato se modra svetloba sipa približno 10-krat bolj od rdeče:

$$\frac{\text{jakost_sipanja_modre}}{\text{jakost_sipanja_rdečd}} = \frac{\frac{1}{420^4}}{\frac{1}{750^4}} = \left(\frac{750\text{nm}}{420\text{nm}}\right)^4 \approx 10$$



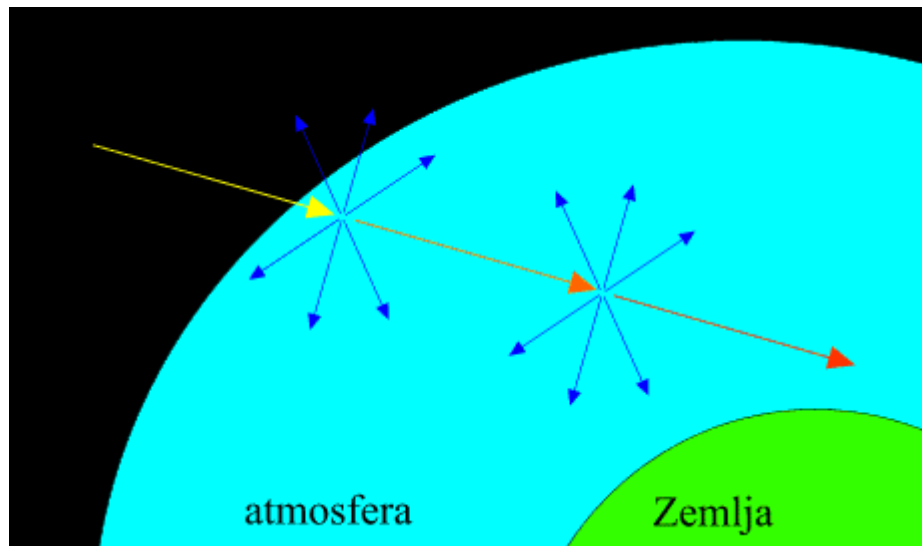
Sipanje modre svetlobe



Sipanje rdeče svetlobe

Slika 1: Sipanje svetlobe različnih barv

Če posvetimo z belim žarkom (v beli svetlobi so zastopane vse barve) skozi plin, se iz njega najbolj razprši modra svetloba, zato žarek postaja vedno bolj rdečkast, plin pa je od daleč videti modrikast. Enako se dogaja tudi z našim nebom – sonce vidimo rumenkasto, nebo (plin v atmosferi) pa modro.



Slika 2: Sipanje modre svetlobe na poti bele svetlobe skozi atmosfero

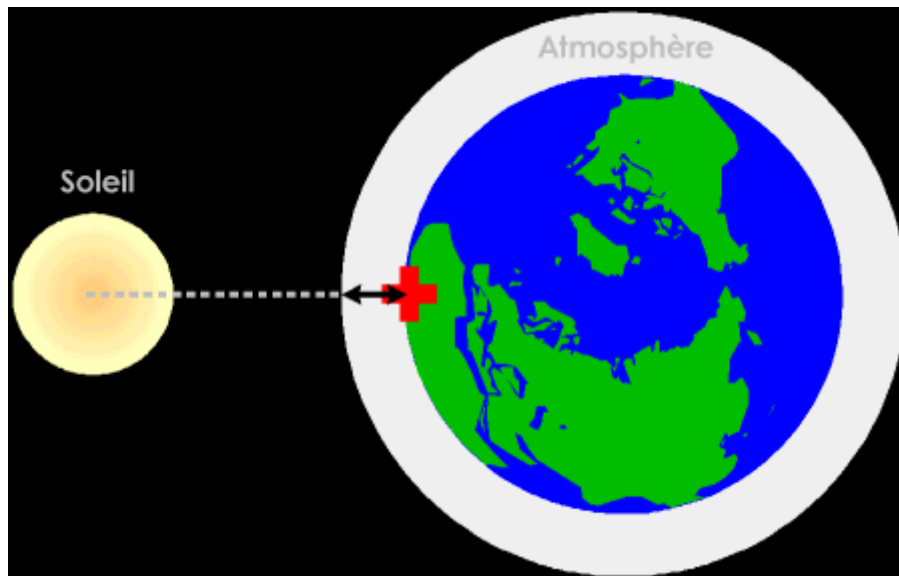
Ta razlaga nam ponuja tudi odgovore na v uvodu zastavljena vprašanja. Rekli smo, da je Rayleighovo sipanje značilno za primere, ko je dimenzija sipalca veliko manjša od valovne dolžine sipane svetlobe. V primerih, ko pa je sipalec večji (prah in druge primesi v zraku), se sipata tudi rumena in rdeča svetloba, kar daje bolj belkast videz neba. Zaradi tega je nebo bolj modro v čistem ozračju (v planinah, ob morju, na Antarktiki). Dežne kaplje nase vežejo prah v zraku, zato je nebo lepše po dežju kot pred njim.



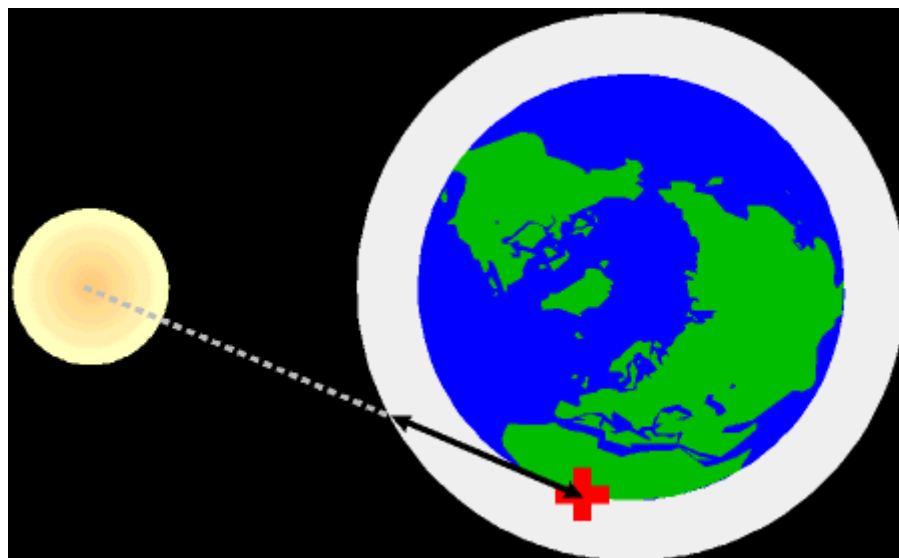
Slika 3: Intenzivna modrina neba na Antarktiki

Z Rayleighovim sipanjem svetlobe lahko razložimo tudi, zakaj je zahajajoče sonce rdeče. Ob sončnem zahodu je pot žarkov skozi atmosfero veliko daljša kot čez dan. Modra svetloba se razprši in v žarkih zahajajočega sonca ostane le še rdečkasta svetloba. Sonce zato ob zahodu vidimo rdeče.

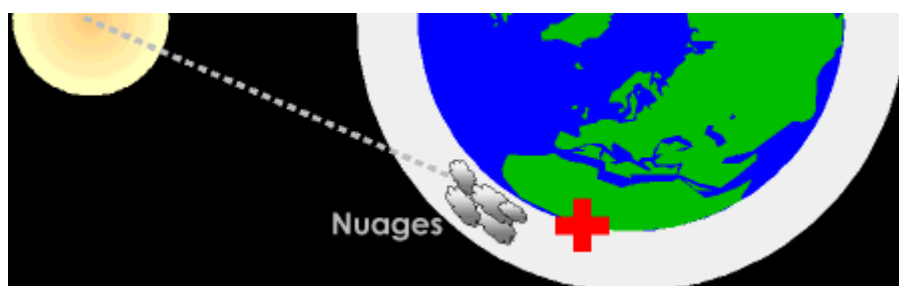
Barvni vzorci, ki jih vidimo ob posameznem sončnem zahodu, so posledica skupnega učinka Rayleighovega sipanja in sipanja na prašnih delcih, ki so tedaj v zraku.



Ko je Sonce v zenitu, je pot žarkov skozi atmosfero relativno kratka. Nebo vidimo modro.



Pot žarkov skozi atmosfero je bistveno daljša. Nebo vidimo v rdečih odtenkih.



Če je na zahodu ob sončnem zahodu oblačno, oblaki ustavijo sipanje svetlobe in nebo se ne obarva rdeče.

Slika 4: Razlika v dolžini poti sončne svetlobe skozi atmosfero opoldne (zgoraj) in zvečer (na sredini)



Slika 5: Rdeče obarvano nebo ob sončnem zahodu

Literatura:

- Kvarkadabra; Zupan, Jure. Zakaj je nebo modro?; Ljubljana, 2004.
- www.kvarkadabra.net
- www.math.ucr.edu
- www.perso.id-net.fr