

夕陽成因與散射實驗

組員:詹舜凱、饒唐宇、林瑞均

摘要

本研究在探討夕陽光和其類似現象之成因，除了利用程式繪畫出理想中太陽光經散射後的情況外，我們也使用手電筒照射稀薄牛奶溶液模擬出類似夕陽光的現象。我們先以Python進行模擬，使用瑞利散射的公式，繪出理想中太陽光經瑞利散射後會產生的現象。最後利用稀薄牛奶溶液模擬地球中的大氣層，而手電筒代表太陽的白光，模擬懸浮微粒濃度對光顏色的影響；此外，也使用了低脂牛奶來進行測試，增加實驗的變因並進行討論。我們發現，在6滴高脂牛奶溶液中所產生的散射情形最為明顯，而低脂牛奶溶液在14滴時的散射情況最為明顯。最後根據透射率 t (transmissivity)公式，在此次散射實驗中，我們利用不同溶液改變濃度來對光學厚度 τ (Optical thickness)的值進行討論，而濃度越高會使 τ 的值變大，進而造成 t 降低，模擬在懸浮微粒較多的大氣狀況下的散射情形。

實驗設計

實驗:

- 觀察光入射稀薄牛奶溶液產生類似夕陽的光
- 比較高脂和低脂牛奶產生夕陽光的差異

實驗原理:

根據光學厚度的公式:

$$t = \exp[-\tau(\lambda)/\mu_0]$$
$$\mu_0 = \cos \theta_0$$

t 是透射率(transmissivity)， θ_0 為太陽的天頂角， τ 是光學厚度(Optical thickness)和介質濃度呈正比

在現實生活中，夕陽光的形成和入射角度的改變較有關係。在實驗中，我們想要模擬空氣中懸浮微粒濃度對光的顏色影響，也就是改變 τ 值。我們利用牛奶中的粒子模擬大氣分子，因其內容物有部分與氮氣(大小約為310pm)皆符合粒徑小於可見光波長(380nm~770nm)十分之一的瑞利散射條件，如酪蛋白膠束(大小約為10~15nm)等。而牛奶內容物中還有其他較大的粒子(如脂質:3~7 μm)可模擬大氣中適用米氏散射的微粒。高脂和低脂牛奶則分別代表較髒的空氣及較乾淨的空氣。

實驗步驟:

- (I)取燒杯裝入300ml的水。
- (II)分別滴入0.3ml的溶質(依實驗需求加入:高脂/低脂牛奶)。
- (III)用手電筒朝燒杯平行直射，觀察者從手電筒之同側觀察投影並拍照記錄

實驗器材與裝置



實驗結果



瑞利散射模擬

以Python模擬氮氣分子在兩個不同波長下瑞利散射(Rayleigh Scattering)的情形。

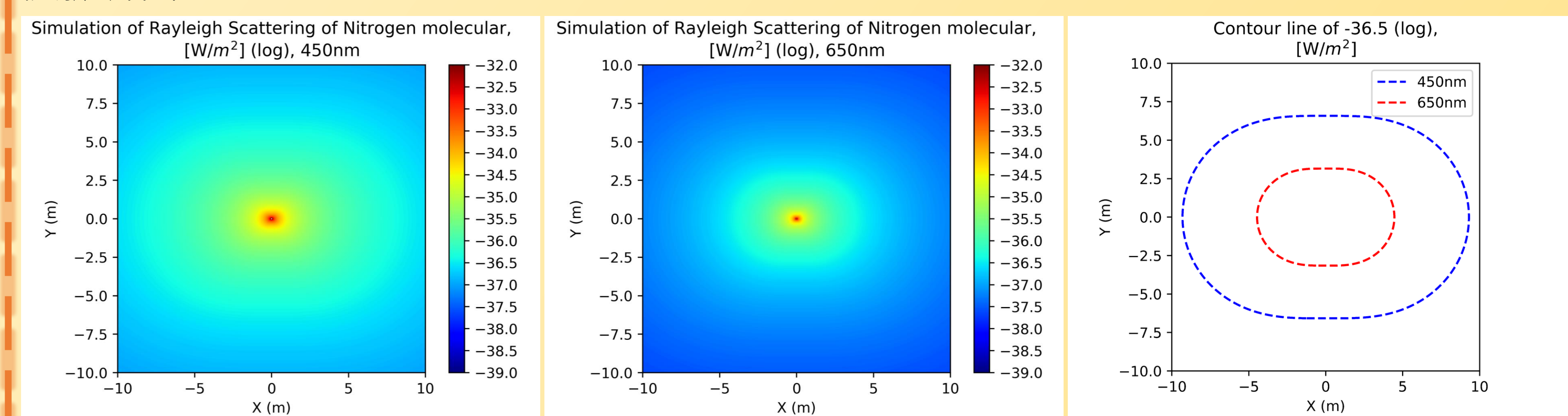
公式:

$$I = I_0 \left(\frac{1 + \cos^2 \theta}{2R^2} \right) \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2 \left(\frac{d}{2} \right)^6$$

條件設定:

- I_0 設為太陽常數(Solar Constant) 1362 W/m^2
- λ 分別設為450nm、650nm
- n 設為STP空氣的絕對折射率 (Absolute Refractive Index) 1.000293
- d 設為 310pm
- 假設發生散射的粒子位於座標(0,0)處

模擬結果:



結論

結論:

1.根據實驗結果，滴入高脂牛奶六滴後即有如滴入低脂牛奶十四滴的效果。假如空氣中懸浮微粒的濃度夠濃，透射率就會和斜射的太陽所通過的大氣一樣、甚至更大。也就是我們在空氣較髒的情況下，不必等到清晨或傍晚就能見到如夕陽顏色般，偏紅色的太陽。

2.根據瑞利散射公式，在其他條件相同的情況下，波長與散射強度呈-4次方反比。再看程式模擬的結果，可發現短波長的光較長波長的光容易散射。因此當太陽西下，陽光須穿過較厚的大氣層時，波長較短的光早已散射殆盡，剩下波長較長的紅光進入人眼中。

參考資料

- 1.NTCU科學遊戲Lab：牛奶的散射 - NTCU-科學遊戲實驗室. Retrieved November, 2019, from <http://scigame.ntcu.edu.tw/light/light-018.html>
- 2.牛奶的散射【科學小實驗】 - 每日頭條. Retrieved November, 2019, from <https://kknews.cc/zh-tw/news/3vgya38.html>
- 3.瑞利散射 (October 8, 2019). In 維基百科, 自由的百科全書. Retrieved December, 2019, from <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/瑞利散射>
- 4.米氏散射 (November 5, 2017). In 維基百科, 自由的百科全書. Retrieved December, 2019, from <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/米氏散射>

未來展望

未來展望:

- 米氏散射的定量模擬
- 從光學厚度(Optical Thickness)的角度更完整地解釋的夕陽光成因