

# 仰望蒼穹



高愛迪斯【111/10 第 52 期自然科學】姓名：莊佳浩

資優班座號：03

3年級



1. 為什麼在晴天的白晝，天空多半呈現為藍色？若散射陽光的物質大很多或小很多你認為天空還是藍的嗎？為什麼？該物質大或小差別在哪裡？

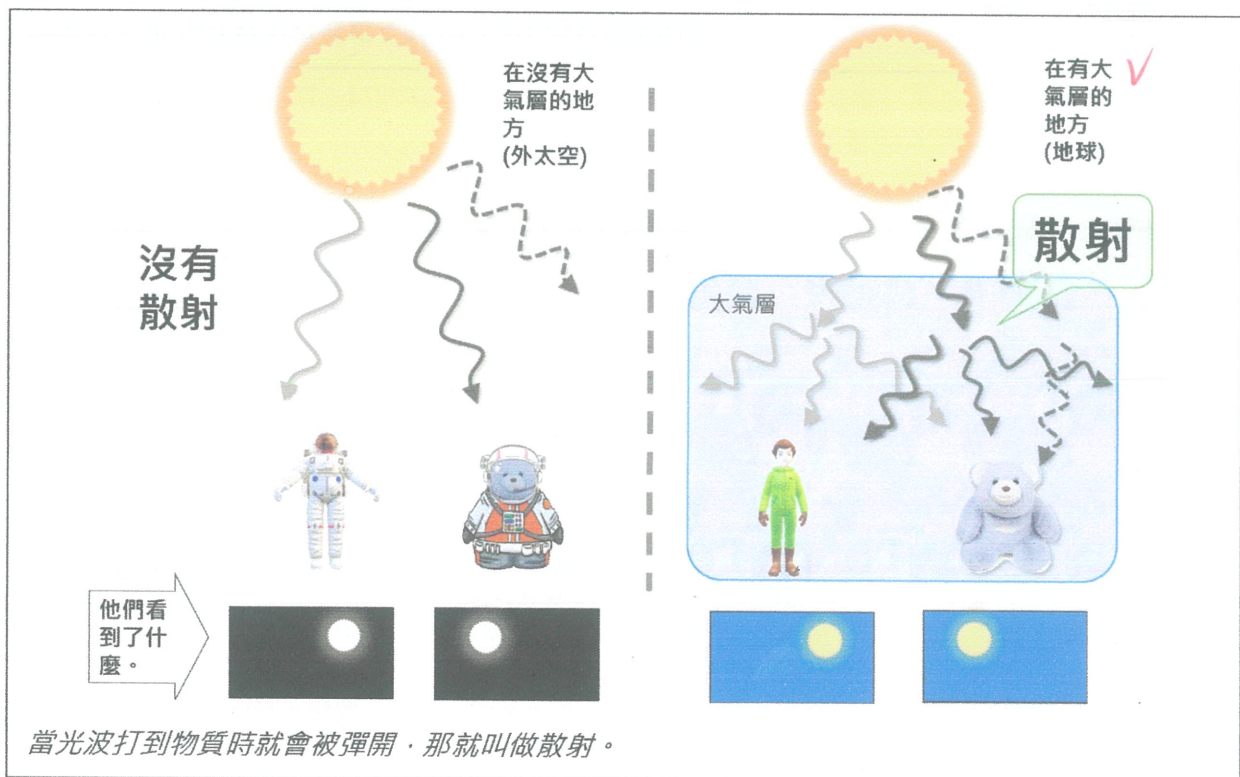
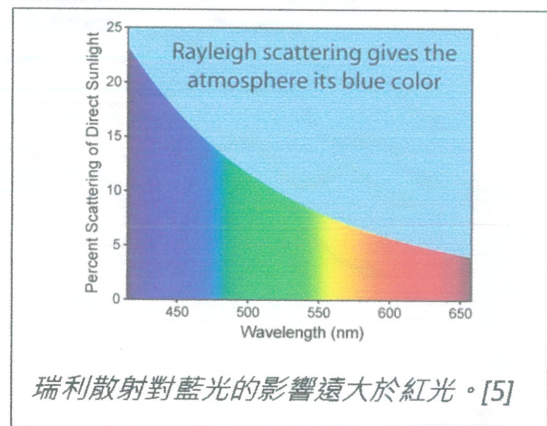
當你抬頭看天空時，它有可能看起來是白、紅、橙、黃和藍色，這是因為光的散射而造成的。那散射又是什麼呢？

光的散射有兩種：瑞利散射和米氏散射。如果光碰到的物質比 10 分之 1 的光波小，會發生的散射是瑞利散射。[1] [2]

地球上的大氣層是由氧氣、氮氣和其他元素的微小物質組成的，例如塵埃、煙、霧霾。[3] [4]

因為空氣裡的物質大約是 0.3nm (奈米)，而光的波長是 400-700nm (奈米) 比物質大超過 10 倍，所以會發生瑞利散射。[1] [2]

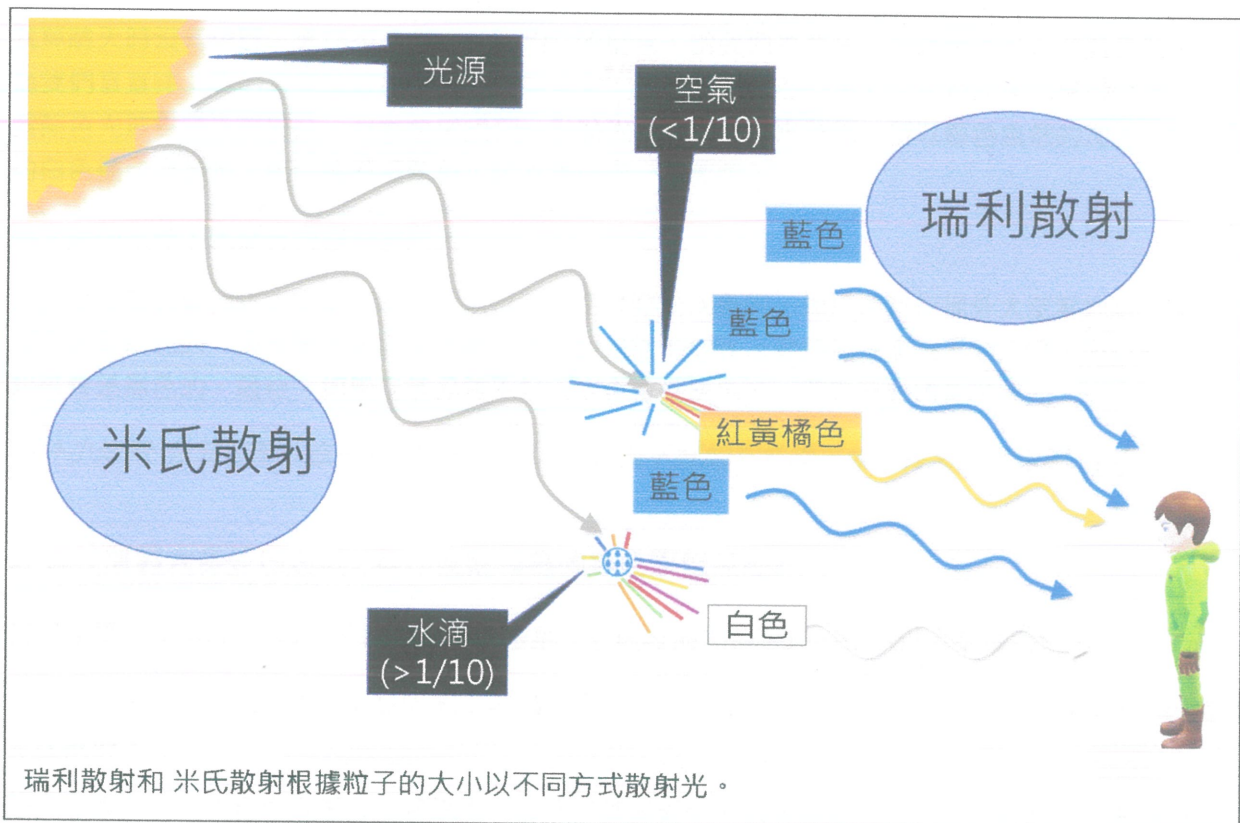
瑞利散射會使較短波長的光散射的比較多。因為藍光的波長是最短的，所以藍光會比紅、黃光散射的比較多。被散射的藍光會在天空散開，所以整個天空都是藍色的。[1] [3] [2]



如果光碰到的物質比 10 分之 1 的光波大，會發生的散射就是米氏散射。[1] [2]

米氏散射會是平均的，散射所有的可見光，全部加起來便是白色。米氏散射發生時，光大部份都是被往前散射到地球，所以白雲是白色的，但天空是藍色的。(不會分散到整個天空)

如果散射陽光的物質比現在的物質大很多，發生的就會是米氏散射，米氏散射會讓天空看起來是白色的。如果物質變得小很多，就會是瑞利散射，天空看起來還會是藍色的。(見下圖)



✓ 額外小知識 你可能會想知道，外太空的天空為甚麼是黑色的？外太空由於沒有大氣層，光沒有被吸收和散射，所以外太空是黑色的。[4]



## 2. 整個天空不容易呈均勻或單一顏色的可能理由為何? 晴天、陰天和雨天時天空顏色各不相同的原因是什麼?

晴天時，有藍色的天空和白色的白雲。藍色是因為地球的大氣層裡有很小的物質，被彈開來時是瑞利散射。(參見問題 1)

✓ 白雲看起來是白色的是因為在大氣層裡的水滴比 10 分之 1 的光波大，吸收的光是均勻的，所以是米氏散射。(參見問題 1)

就算晴天時沒有白雲，天空也不會是一個均勻的藍色。當我們直直往上看時天空會是深藍色的，(因為我們直直往上看天空比較接近黑色的外太空) 所以藍色自然的加上一點點的黑色變成深藍色。當藍色光波穿過大氣層時，可能會碰撞到一點點沒變成白雲的水蒸氣，所以藍色自然的加上一點點的白色變成淺藍色。所以雖然是藍色，也不是只有一種藍色。

陰天和雨天時，天空會有很多白雲。

因為很多白雲會擋住太陽的光線，所以這時天空會變成灰色的。如果這時你從外太空看地球，那些雨雲會是白色的，因為陽光可以照到那一面，但是從地球往上看的那一面照不到太陽，所以雨雲看起來會是黑色的。最後，如果空氣品質不好天空也會是灰色的，因為煙會擋住了陽光。

額外小知識: 你知道嗎，在中國的北京，有人從品質不好的空氣裡提煉物質來做磚塊呢！[6]

## 3. 為什麼雲大多是白色的? 為什麼雷雨雲的顏色那麼深呢?

如果物質比 1/10 的光波大，就會是米氏散射，它吸收的光是平均的，所以會形成白色。

為什麼白雲是白色的而不是藍色的呢? 因為它們是由水蒸氣而組成的。水滴比光波大很多，所以是米氏散射。

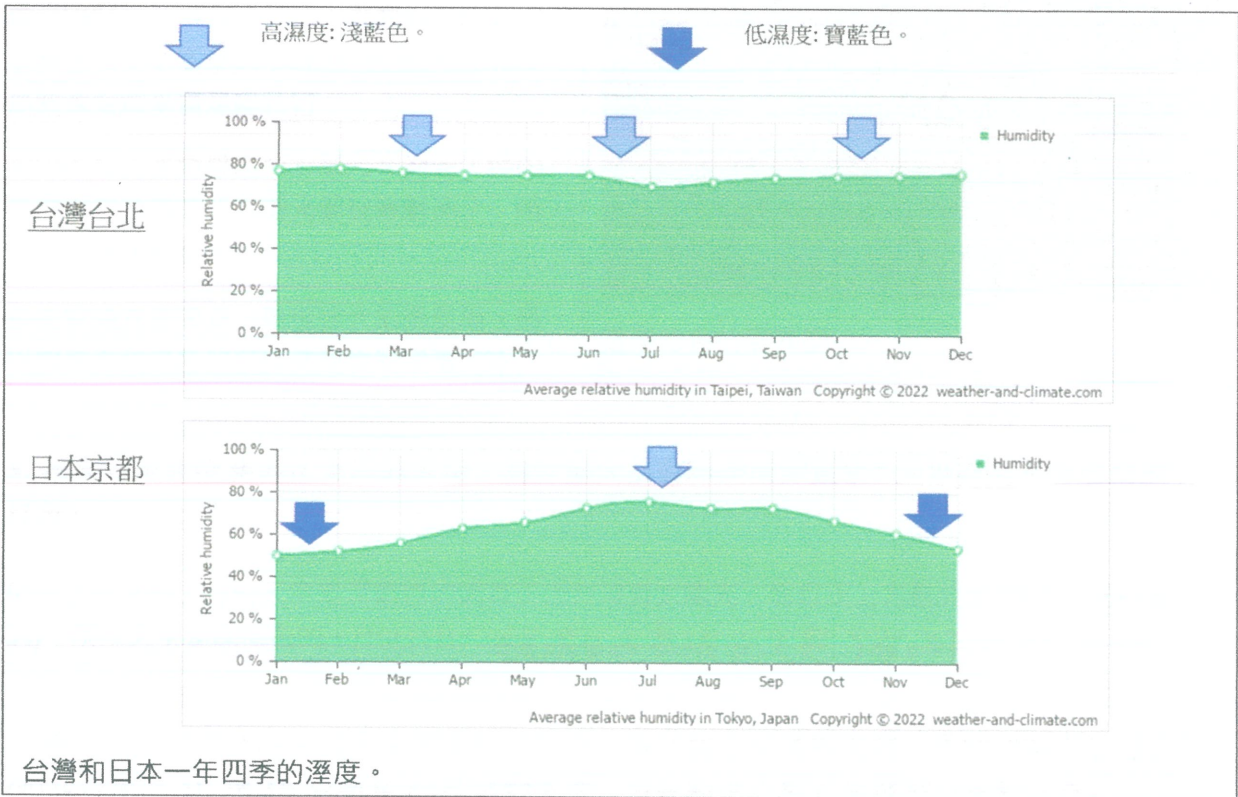
陰天和雨天時，天空中有很多的雷雨雲，蓋住了整個天空。如果這時你從外太空看地球，那些雨雲會是白色的，因為陽光可以照到那一面，但是從地球往上看的那一面照不到太陽，所以雷雨雲看起來會是黑色的。[1] [2]

## 4. 身處鄉間，陰天的天空顏色常會隨季節而變化，夏天的陰天天空比冬天更綠，你認為天空為什麼有這種變化呢? 天空顏色真的有改變嗎?

在不同的季節天空的顏色會不一樣，最主要的原因是在不同的季節濕度會比較不一樣。

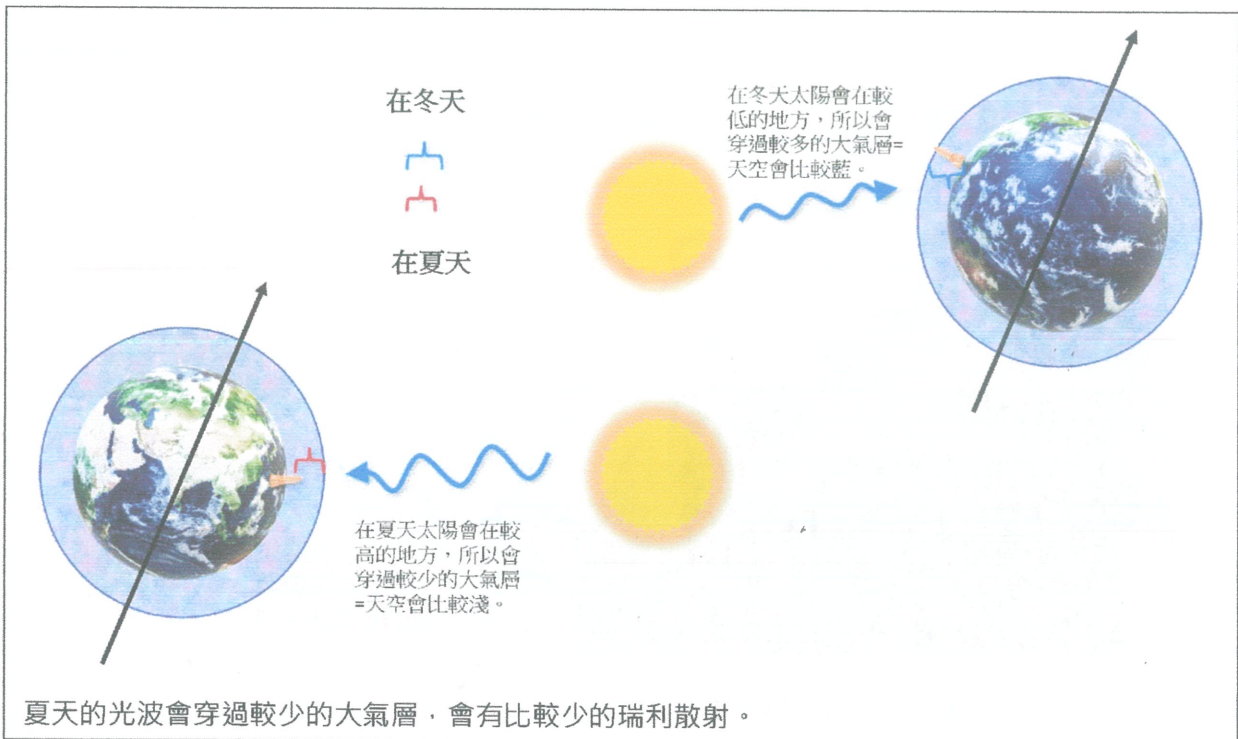
當濕度很高，空氣裏面會有比較多的水蒸氣，所以天空會因為米氏散射看起來白一點。[7]

在臺灣臺北濕度一整年差不多都一樣，所以一整年天空的藍色都差不多。在日本東京，夏天濕度很高，所以夏天的天空是淺藍色，但在冬天濕度很低所以天空是寶藍色。[8]



還有一種原因天空顏色常會隨季節而變化，那就是夏天的太陽會比冬天的太陽在更高的地方。因為夏天的光波會穿過較少的大氣層，所以會有比較少的瑞利散射。這樣代表會有比較少的藍色光波被散射，所以天空會是淺藍色的(見下圖)

冬天的光波會穿過較多的大氣層，所以會有比較多的瑞利散射。這樣代表會有比較多的藍色光波被散射，所以天空是深藍色的。

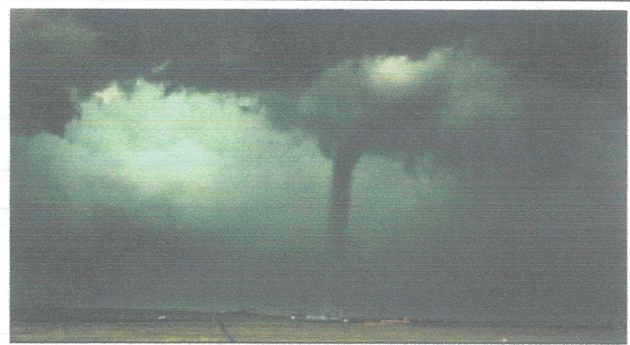




還有時候天空會是綠色的。當有很高的雲而且裡面有很多水蒸氣(這是雷暴雲)，傍晚時那個雲看起來會是綠色的。

雲中的許多水滴最能反射藍光和綠光，但由於當太陽低落時所有藍光都被散射掉了，所以只有綠光被反射。

那些雲通常會導致一些很強大的暴風雨，所以當你看到綠色的雲時要趕快回家喔! [9]



這是綠色的雷暴雲。

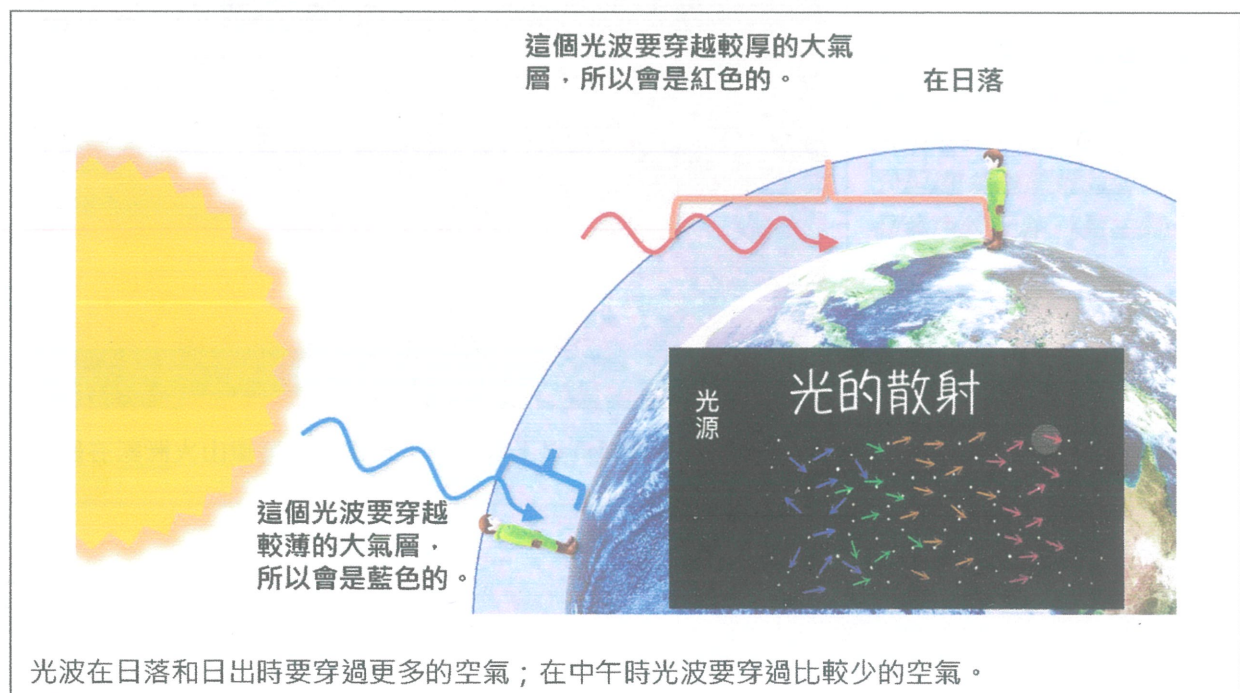
### 5. 請在日落時觀測你正上方的天空，為什麼天頂會轉換成深藍色? 天頂為何不像落日顯現出紅色?

但是在日落時上方的天空是深藍色的因為正上方沒有太陽光，而且正上方是外太空(外太空是黑色的)，所以天空是深藍色的。[10] [11] *說明其他長波光(色)在哪*

### 6. 落日可能是火紅的，但天空可不只有紅光。為什麼在夕陽霞光時，天空中會有多變色彩? (約在日落後 15 到 40 分鐘左右)西邊的天空，為什麼會出現紫光甚至接近粉紅色?

日落和日出時，太陽在天空中會變低。因為角度，光波會穿過更多的空氣。當光波穿過更多的空氣時，藍色的光都被散射掉了，只剩下紅光。(見下圖) [12]

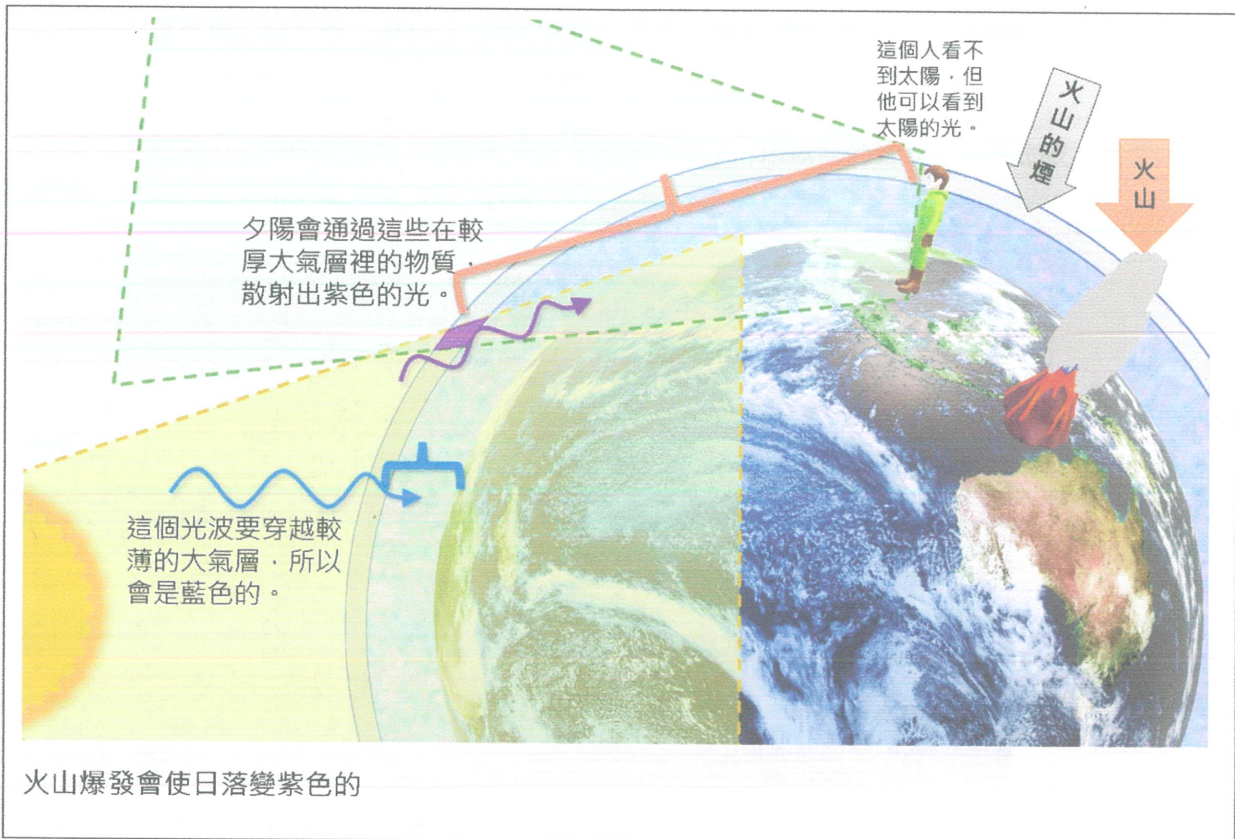
在夕陽霞光時，天空不只有一種顏色。如果日落時地平線上有白雲，白雲會變成粉紅色(紅色的日落加上白色的白雲)，白雲旁邊的天空也會是粉紅色的。橘、黃色跟紅色一樣，有很長的波長，所以日落時會看到橘色和黃色。(或橘色跟黃色混的色彩)。





大約在日落後 15 到 40 分鐘左右，太陽會在地平線的下方，所以我們看不到太陽。但是我們還能在較高的大氣層，看到太陽的光。

火山噴發之後的幾個星期裡，地球的平流層都會浮著精細的火山氣溶膠，而我們所看到的夕陽會通過這些在較厚大氣層裡的物質散，射出紫色的光。 [13]



額外小知識：在洪加湯加島 2022/1/14、1/15 發生了一個火山爆發，它的煙竟然衝到 57 公里高！這讓附近的國家都有看到紫色的日落。(見左圖) [14]

這是在澳洲火山爆發後的落日，你看是不是有紫色和黃色。 [14]



## 7. 滿月時的夜晚，天空顏色非藍非黑，為什麼？

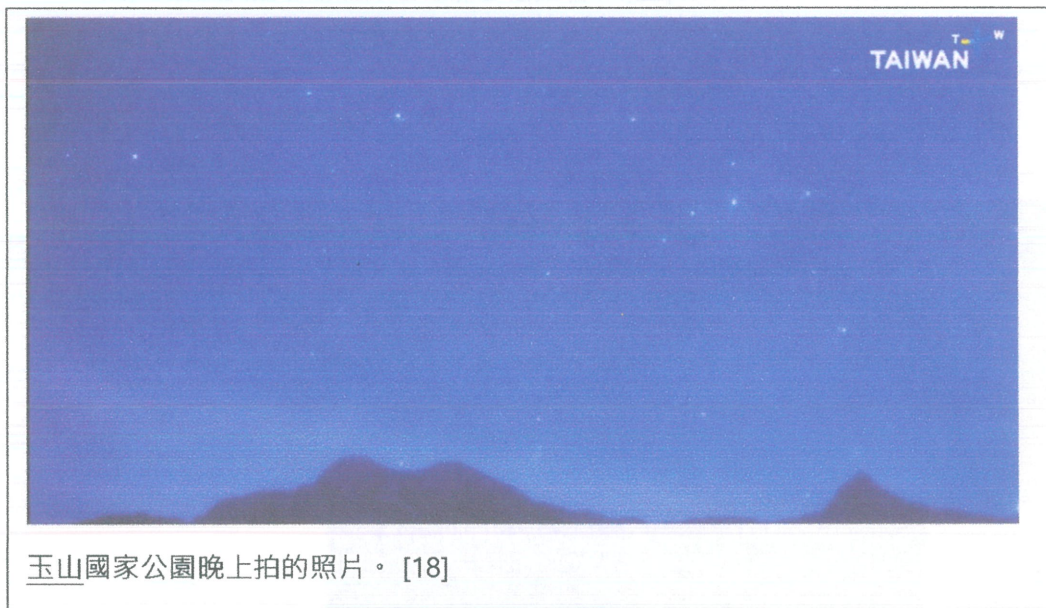
首先，我們須要了解眼睛在夜晚是如何工作的。眼睛裡面有兩種細胞，視桿細胞和視錐細胞。

視桿細胞負責辨別形狀，它在晚上也不會有問題。視錐細胞負責辨別顏色，它在晚上看不清楚。

所以在晚上有比較少的光時，我們可以看到形狀，但看不清楚顏色。

在滿月的晚上沒有燈時，天空會是藍色的，因為月亮把太陽照過來的光反射到地球。

但是亮光不夠亮（月亮的光是 1000 萬分之 1 太陽的光），所以我們看到的顏色比較不清楚。因為比較暗，所以天空看以來是深藍色的。[16] [17]



*額外小知識：如果你在晚上拍了一張曝光很長的照片，天空會看起來像早上的藍色，因為照相機把很多的光都吸收進去了。（記得那天晚上不能有白雲）[19]*

## 8. 從太空看地球，為什麼跟我們從地球看月亮顏色不一樣？

從太空看地球，地球有白、綠、藍、咖啡色。

藍色的是大海，白色的是白雲和颱風，綠色的是樹和草，咖啡色的是沙漠、石頭和土。

月亮上有很多石頭，而且大部分都是從火山爆發來的(是灰色的石頭)，所以月亮看起來會是灰色的。

從太空中看月亮是灰色的，但從地球看月亮是黃色的，而且月出和月落是紅色的。因為月亮就等於是一面鏡子，它會把另外一面太陽照過來的光反射到地球，也就是說月亮等於是一個迷你的太陽，跟太陽有一樣的顏色。[20]

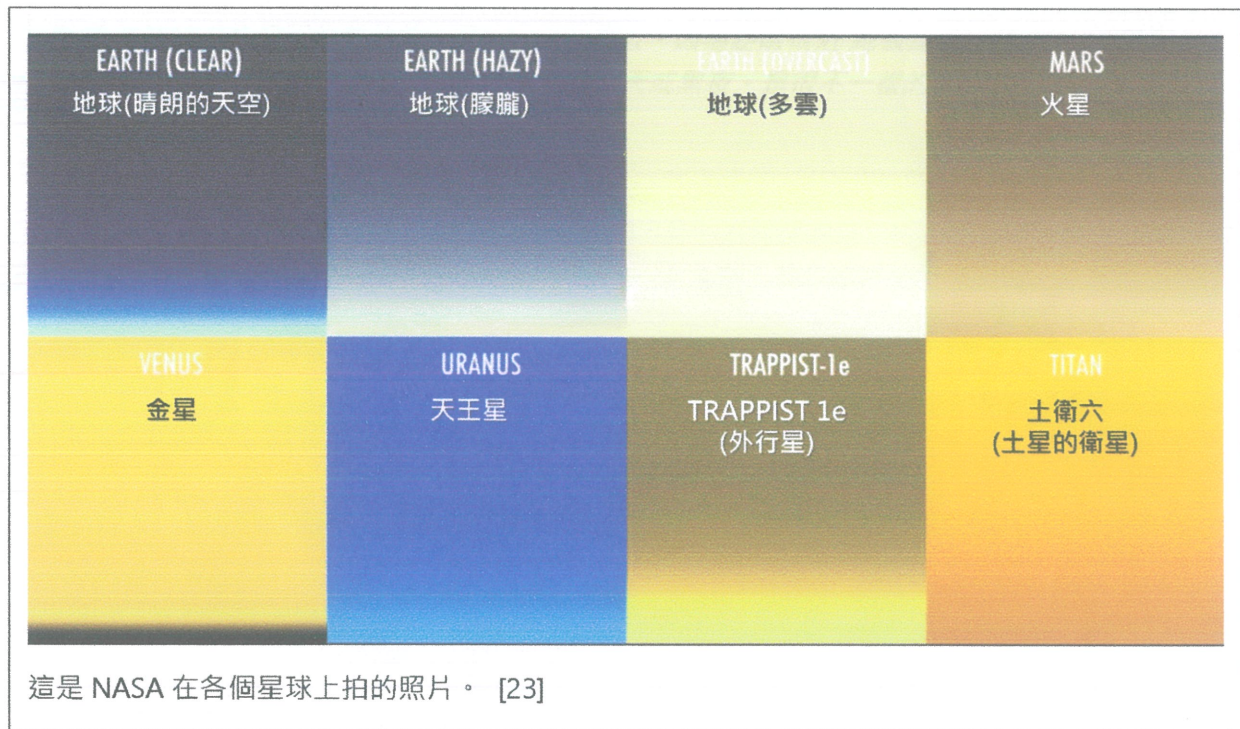
*額外小知識：臺灣發射的衛星福衛5號可以通過觀察大地的顏色，找出稻田分佈，還可以計算會有多少的收成。福衛5號也可以算出海底地形，還可以看到很清楚的顏色呢！而且太空中心打算在2024年或2025年發射一個叫福衛8號的衛星喔！[18]*

### 9. 你知道，火星的天空只有在地平線附近幾乎是藍色的，再上面就呈現黑色，為什麼？其他星球呢？

在火星的白天，當有灰塵在空氣裡，(在火星上很常發生) 火星的天空顏色是深黃色。當沒有灰塵時，天空看起來是快要變成黑色的藍色。[21] [26]

為甚麼天空是不同的顏色？

1. 地球上的空氣，是火星的 80 倍。火星有的空氣很少，所以當空氣裡沒有灰塵時，天空看起來是黑色的（像外太空）。
2. 火星大氣層裡的物質大多都是氧化鐵，這些物質會吸走藍光，剩下紅 / 黃 / 咖啡色的的光的)，所以天空會看起來會是那 3 種顏色。 [22]
3. 在日落時，光在大氣層中傳播的距離更長（就像在地球上一樣）。但在火星上，由於塵埃上的米氏散射散射掉了更多的紅光，剩下的光呈現藍色，所以火星上的太陽的圓盤在日落時在地平線上會呈現藍色。 [22]



Good!



額外小知識：2022 年 11 月 22 日，英國牛津大學太空大學的蔡尚旻博士宣布，詹姆斯韋伯太空望遠鏡遠距離分析了一顆名為 WASP-39b 的行星的大氣層，該行星圍繞 距離地球約 700 光年的恆星。

[27]

我和姐姐給蔡博士發了一封電子郵件，問他認為 WASP-39b 星球上的天空會是什麼顏色。蔡博士回信：[28]

...

關於 WASP-39b 的顏色 我沒有一個真正的答案。目前也沒有人有 因為我們沒辦法直接看到。

不過我們確實可以看得到你們所說的瑞利散射。所以我覺得他的基底可能是某種藍色的。

然後我們發現她跟地球有點像 有些地方有雲。不過這些雲不像我們的雲是水做的 因為溫度很高(接近 1000 度) 水不會凝結。而會凝結的是矽化合物 就是類似沙子或是玻璃的東西。你們覺得這些石頭雲看起來會是什麼顏色呢?

對了 她溫度很高是因為離他的太陽(wasp39)很近。因為距離很近 她被重力"鎖定"住 永遠同一面朝她的太陽。如果你住在那上面 是永遠的白天或黑夜。是很不一樣的世界。

...

ok

10. 你能根據以上問題所知道的原理，設計一些實驗操作或模擬呈現上述某些現象嗎？請寫出來。

我做了 2 個實驗。第一個實驗是關於米氏散射和白雲散射了水蒸氣。第二個實驗是關於瑞利散射和藍色的天空。(兩個實驗都建議關燈喔)

### 實驗 1

道具：塑膠瓶，火柴，水，手電筒(方便觀察)

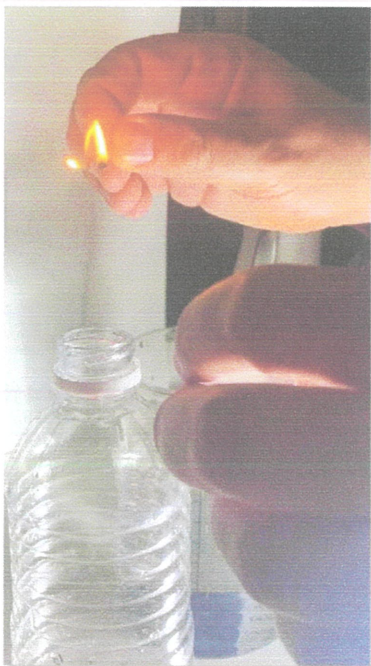
步驟：

1. 把水加入塑膠瓶 (大約 30%滿)
2. 將火柴點燃
3. 快速丟進塑膠瓶裡並轉緊蓋子
4. 用手電筒照塑膠瓶
5. 擠壓塑膠瓶，然後看裡面的空氣
6. 鬆手(把手打開)，然後看裡面的空氣

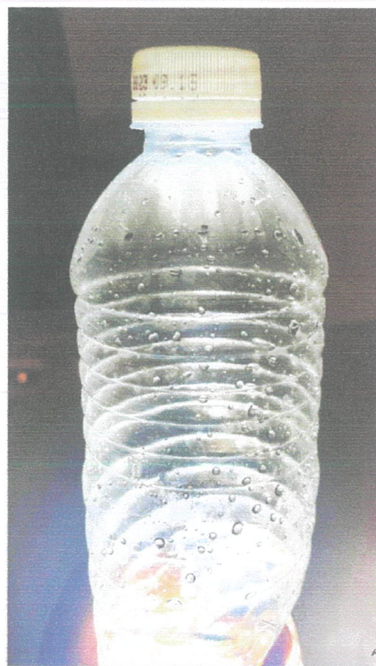
[24]

結果：

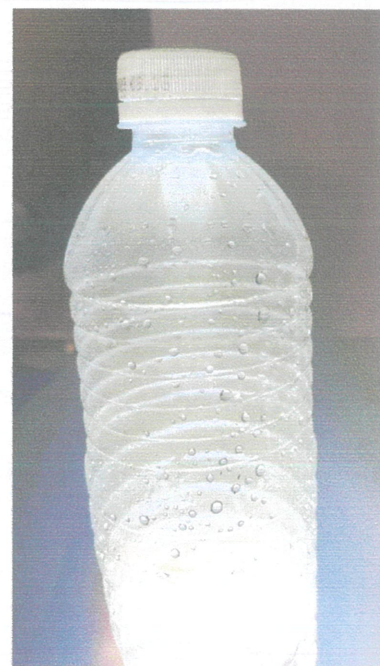
擠壓之後再放手就會出現白雲。白雲出現是因為火柴產生的煙霧產生了一些微小的塵埃，然後當你擠壓和放手時，它會導致一些水以水蒸氣的形狀進入空氣中。這些水蒸氣附在煙霧上形成雲，由於米氏散射，雲看起來是白色的。



把火柴丟入水裡，快速轉緊。



擠壓瓶子，因為沒有水蒸氣，所以裡面沒有霧氣(白雲)。



把手鬆開，水蒸氣會進到空氣裡，所以水蒸氣會跟煙的物質合在一起變成白雲，看起來是白色，因為米氏散射。



## 實驗2

道具：玻璃杯，肥皂，水，白色的光的手電筒，白色的背景

步驟：

1. 放一張白色的紙(在玻璃杯後面)
2. 將水倒入玻璃杯
3. 先把燈從正前方照過去看水跟紙是什麼顏色的
4. 把肥皂加入水中，攪一下
5. 再把燈從正前方照過去看水跟紙上是什麼顏色的

[25]

結果：

當沒有東西在水裡時，從側面看會是透明色的，白色光的手電筒照過去紙上會是白色的。

這像是在外太空時，太陽會是白色的，天空會是沒有顏色的，因為沒有大氣層。

當有肥皂在水裡時，從側面看會是藍色的，白色光的手電筒照過去紙上會是橘黃色的。

這像是在地球上，因為瑞利散射天空是藍色的，太陽是橘黃色的。（這其實是瑞利散射的表弟，廷得耳效應，非常相似）



從側面看會是透明的，白色光的手電筒照過去紙上會是白色的。



把肥皂加進水裡當做大氣層中的物質。



從側面看會是藍色的，白色光的手電筒照過去紙上會是橘黃色的。



這裡是一些天空的照片：



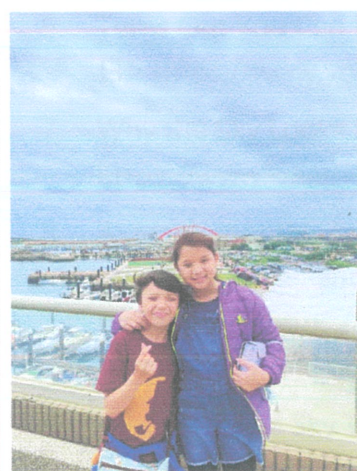
在海洋的日出



晴朗的天空，在臺北



阿里山的日出



多雲的天空，在大鵬灣



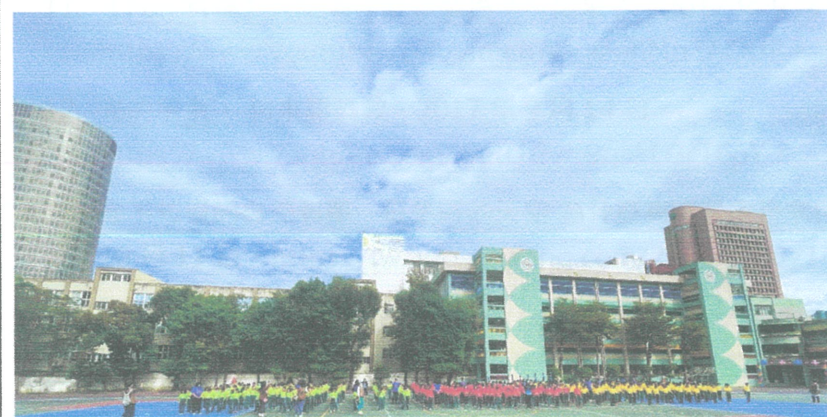
有彩虹的天空，在仁愛國中



晴朗的天空，在家裡的陽臺



在正上方有較深的藍色



多雲的天空，在仁愛國小



很少溼氣的天空，在瀑布



## 資料來源:

1. 再見彩雲。跟著正大師玩科學，2021年8月3日。  
<https://www.masters.tw/284164/cloud-iridescence2>。
2. 森林大火為什麼會導致天空變成橘紅色 - 專家QA。台灣科技媒體中心，2020年10月3日8。  
<https://smctw.tw/7488/>。
3. 國家地理終極氣象百科。大石文化，2020年7月出版。P200。
4. 為什麼天空是藍的。國家圖書館-知識共享圈 - 自然科學。  
<https://ref.ncl.edu.tw/學科專家諮詢平台/知識共享圈-文章/檢視文章/867->。
5. 瑞利散射。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/瑞利散射>。
6. Turns Out You Can Make a Brick From China's Smog。Wochit News，2015年12月1日。  
[https://www.youtube.com/watch?v=HI8q\\_wDTARE](https://www.youtube.com/watch?v=HI8q_wDTARE)。
7. Why the Sky Looks Bluer in Autumn。The Weather Gamut，2019年11月21日。  
<https://www.weathergamut.com/2019/11/21/why-the-sky-looks-bluer-in-autumn/>。
8. Average monthly humidity in Taipei/Tokyo。Weather & Climate，2022。  
<https://weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc,taipei-tw,Taiwan>，  
<https://weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc,Tokyo,Japan>。
9. Why Does the Sky Turn Green Before a Tornado?。Green Matters，2021年3月26日。  
<https://www.greenmatters.com/p/green-sky-before-tornado>。
10. Why does the sky look darker blue directly above me, but get lighter in the distant sky?。Physics Stack Exchange，2016年8月8日。  
<https://physics.stackexchange.com/questions/273087/why-does-the-sky-look-darker-blue-directly-above-me-but-get-lighter-in-the-dist>。
11. 【Fun 科學】天空為什麼是藍色?。佑來了，2017年9月14日。  
<https://www.youtube.com/watch?v=xeehNpZAQU8>。
12. 光的散射。佑來認真教，2017年9月14日。  
<https://www.youtube.com/watch?v=9qakEGcT6pY>。
13. 你不知道的自然科學：日落時的天空 為什麼有時候會是紫色的?。阿波羅新聞，2019年10月11日。  
<https://tw.aboluowang.com/2019/1011/1354076.html>。
14. Australian sunsets and sunrises continue to dazzle in wake of Tonga volcanic eruption。ABC News，2022年6月22日。  
<https://www.abc.net.au/news/2022-06-22/tonga-volcano-eruption-causing-dazzling-sunrises-sunsets/101170012>。
15. 日本櫻島火山噴發「碎石噴飛 2.5 公里」!。阿波羅新聞，2022年7月25日。  
<https://tw.aboluowang.com/2022/0725/1780353.html>。

Great!

16. What color is the night sky? (Joseph Shaw) 。Optics and Photonics News, November 1996 · PP 54-55 。  
<https://osa.magnet.fsu.edu/teachersparents/articles/pdfs/what%20color%20is%20the%20night%20sky.pdf> 。
17. 【顏色測試】你是色盲或色弱嗎? 。維思維 Weis Way · 2020 年 2 月 8 日 。  
<https://www.youtube.com/watch?v=qL8Xfcp3JU> 。
18. 福衛五號太空拍攝影像 已多用途利用 。公視新聞網 · 2019 年 12 月 17 日 。  
<https://news.pts.org.tw/article/459068> 。
19. 長時間曝光攝影 。維基百科 。<https://zh.wikipedia.org/wiki/長時間曝光攝影> 。
20. What Color is the Moon? (Fraser Cain) 。Universe Today · 2008 年 10 月 13 日 。  
<https://www.universetoday.com/19626/color-of-the-moon/> 。
21. 為什麼天空是藍色的? (萬小申) 。啓思文化 · 1996 年 11 月 · PP12、18、23 。
22. Why Do Sunsets On Mars Look Blue? (Rugma Raveendran) 。Science ABC · 2022 年 4 月 29 日 。<https://www.scienceabc.com/nature/universe/why-do-sunsets-on-mars-look-blue.html> 。
23. NASA Scientist Simulates Kaleidoscope of Sunsets on Other Worlds 。NASA Goddard · 2020 年 6 月 23 日 <https://www.youtube.com/watch?v=vrLfHv6sze0> 。
24. Some simple physics demonstration experiments (Seán M. Stewart) 。Proceedings of the First Annual Conference for Middle East Teachers of Science, Mathematics and Computing · 2005 年 1 月 。  
[https://www.researchgate.net/publication/256120711\\_Some\\_simple\\_physics\\_demonstration\\_experiments](https://www.researchgate.net/publication/256120711_Some_simple_physics_demonstration_experiments)
25. Why is The Sky Blue? Simple Science 。Rookie Parenting Science · 2022 年 10 月 11 日 。<https://www.rookieparenting.com/why-is-the-sky-blue-science-experiment/> 。
26. What color is the sky on Mars? (Santiago Perez-Hoyos) 。Serious Science · 2016 年 10 月 19 日 。<https://serious-science.org/what-color-is-the-sky-on-mars-7310> 。
27. JWST snaps first chemical profile of an exoplanet atmosphere · Brandon Vigliarolo 。The Register · 2022 年 11 月 23 日 。  
[https://www.theregister.com/2022/11/23/jwst\\_wasp\\_atmosphere/](https://www.theregister.com/2022/11/23/jwst_wasp_atmosphere/) 。
28. 採訪牛津大學著名系外行星研究員蔡尚旻博士 ( 台灣人 ) 。  
<https://www.physics.ox.ac.uk/our-people/tsais> 。

