

Proprietà ottiche dei pollini di Cipresso in aria

Costantino Sigismondi

prof.sigismondi@icra.it

(ICRA/Sapienza Università di Roma e ITIS G. Ferraris, Roma)

Lorenzo Ricciardi (Università di Roma 3)

Submitted February 28th 2022, accepted March 4th 2022

Abstract The cypress' pollens act like a diffracting spectrometer when near the line of sight with the Sun. Calibrated photos allow to measure the angular distribution of diffraction rainbow and the average diameter of the particles. An ellipsoid of 15x14 micron (horizontal major axis) and three orders of diffracted rainbow have been clearly identified in photos. To the naked eye the rainbow is evident as well as rapidly vanishing, up to 7th ord.

Sommario I pollini che hanno dimensioni molto simili tra loro, agiscono in aria come un reticolo di diffrazione. La loro forma è un ellissoide con l'asse maggiore in orizzontale di 15x14 micron, tre ordini di diffrazione sono stati misurati nelle foto, e un pezzo dell'ordine 7 identificato.

Keywords: Diffraction, Spherical particles, Pollens, Cypress.

Introduzione: Nel mese di febbraio i Cipressi Sempervirens dell'ITIS G. Ferraris di Roma maturano e rilasciano i loro pollini. Scuotendoli con una canna abbiamo prodotto delle nubi di pollini contro Sole, in modo da osservarne l'alone.



Fig. 1 nubi di polline e terzo ordine dell'arcobaleno contro luce

Rifrazione, riflessione totale della luce e arcobaleni di pioggia

È ben noto il fenomeno dell'arcobaleno artificiale spruzzando acqua nella zona a 180° dal Sole, che è la replica del fenomeno naturale compreso da Newton.



Fig.2 Pelagio Pelagi: Newton comprende la rifrazione della luce
In ottica geometrica i raggi di luce, rettilinei, entrano nelle goccioline sferiche, vengono rifratti all'ingresso, riflessi sulla parete opposta (solo entro una certa gamma di angoli), e rifratti riuscendo dalla goccia quasi all'indietro.

L'indice di rifrazione aria-acqua vale circa $1.33=4/3$ e governa questi due fenomeni: rifrazione e riflessione totale. Le piccole differenze dell'indice di rifrazione tra le lunghezze d'onda dello spettro della luce solare, determinano l'effetto prismatico che operano le goccioline nel mostrarci l'arcobaleno.

Arcobaleni da diffrazione a confronto con legge di Snell

Quando un raggio di luce incontra ostacoli la cui dimensione è simile alla sua lunghezza d'onda, abbiamo diffrazione, ossia il raggio ci gira intorno. Questo è un fenomeno ondulatorio.

L'angolo di deviazione è $\theta = \lambda/D$ in radianti, in gradi $\theta \approx \lambda/60D$.

La legge di Snell (1619) $n_i \cdot \sin(i) = n_r \cdot \sin(r)$ tra aria e acqua si declina $\sin(i) = 4/3 \cdot \sin(r)$, e per angoli vicini a zero (caso contro Sole) $i = 4r/3$, da cui l'angolo di rifrazione $r = 3 \cdot i/4$

Tenuto conto che l'arcobaleno di Newton si verifica per le differenze tra gli indici di rifrazioni tra i vari colori (quindi differenze sulla terza cifra decimale di $n = 1.33$) l'ampiezza angolare dell'arcobaleno sarebbe compresa tra $r_1 = i/1.33$ e $r_2 = i/1.34$ ossia meno di 0.56% dell'angolo di incidenza.

Con $i = 90^\circ$ non si arriverebbe a $1/2^\circ$ di arcobaleno, ma noi osserviamo questi aloni a pochi gradi angolari dal Sole.

Queste proprietà matematiche ci fanno capire che l'arcobaleno è di diffrazione, e non di rifrazione.

Aloni del genere si possono vedere attorno al Sole in presenza di nubi a velo (composte da cristalli di ghiaccio tutti uguali).

Reticolo di diffrazione e nubi di pollini

La formula che dà l'angolo di diffrazione da un reticolo a passo fisso D è $\sin(\theta) = \lambda \cdot m/D$ con λ lunghezza d'onda della luce, m numero d'ordine dello spettro e D distanza tra le righe dello spettrografo, che per noi diventa il diametro dei pollini.

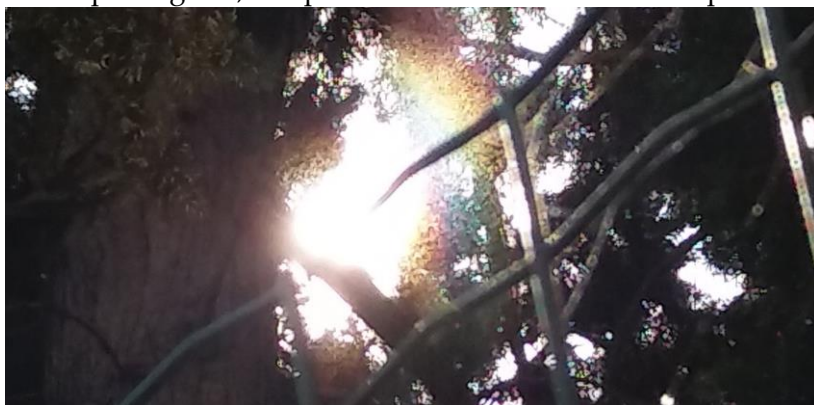


Fig. 3 L'alone colorato è composto di tanti punti brillanti, sfuocati a dischi con un punto oscuro al centro (1 mar 14:14:57)

Foto di aloni di pollini

ISO 64 (molto basso) e immagine fuori fuoco sono state le condizioni migliori che hanno permesso di fotografare gli aloni. Con lo stesso zoom digitale è stato fotografato il Sole per ottenere la ghost image al fine di calibrazione angolare.



Fig. 4 L'alone, un po' ellittico, e la ghost image da 32.3' del Sole. L'alone risulta con l'asse maggiore in verticale, prodotto da pollini di $14 \times 15 \mu\text{m}$ con l'asse maggiore in orizzontale. L'alone si vede meglio nelle immagini fuori fuoco, la sua intensità luminosa è molto minore di quella del Sole, e il controluce deve essere all'angolo giusto come per l'alone lunare (da web).

Conclusioni: aloni da diffrazione vs rifrazione/riflessione

Quando gli elementi diffusori hanno le stesse dimensioni e la stessa forma, come i pollini o i cristalli di ghiaccio in alcune nubi, **vicino alla linea di vista col Sole**, possiamo avere aloni di diffrazione. Siamo certi che è diffrazione perché per avere un arcobaleno completo largo 2° la legge di Snell-Cartesio non sarebbe sufficiente entro $2-4^\circ$ dal Sole. Solo la diffrazione può far "girare attorno" ai pollini il raggio luminoso di un angolo tanto grande, e produrre diverse serie con $m=1, 2, 3$ e oltre.

Referenze web <https://www.atoptics.co.uk/droplets/pollen1.htm>
<https://opentextbc.ca/universityphysicsv3openstax/chapter/diffraction-gratings/> <http://philiplaven.com/index1.html>
<https://www.universetoday.com/120577/allergies-must-be-pollen-corona-season-again/> C. Sigismondi, L. Ricciardi, Gerbertus **14**, 149 (2021) **11**, 25 e 35 (2018).