

Il disco di Newton, gli spettri stellari ed il reticolo di diffrazione

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza e IIS G. Ferraris)

Abstract The colorful Newton's disk when rotated appear white. The chromatic components of this additive synthesis can be obtained by the solar and stellar spectra integrating between opportune wavelengths. This permits to introduce black body radiation to pupils in a creative way, experimenting diffraction reticuli to measure spectral resolution Hg, and Fraunhofer lines.

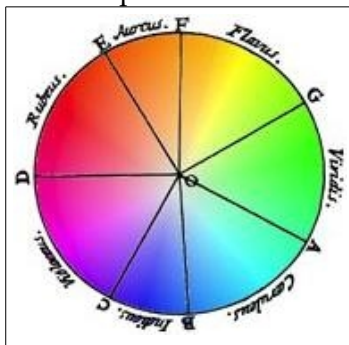
Sommario

Il disco di Newton colorato, quando ruota appare bianco. Le componenti cromatiche di questa sintesi additiva si ottengono dallo spettro solare o stellare integrando tra opportune lunghezze d'onda. Introduciamo radiazione di corpo nero e reticolo di diffrazione ai giovani studenti in modo creativo.

Introduzione: Newton, l'Opticks (1704) e il disco colorato

La pubblicazione dell'Optica in un trattato avviene nel 1704, dopo essere diventato segretario della Royal Society, ma Newton vi aveva lavorato già dal 1666.¹ Il disco di Newton è forse il più celebre esperimento sui colori sopravvissuto ai nostri giorni, nonostante la didattica sempre più alternativa.

Si introduce lo spettro di corpo nero per progettare un disco di Newton per simulare la luce di ogni stella, partendo dal Sole.



Cerchio Cromatico di Newton

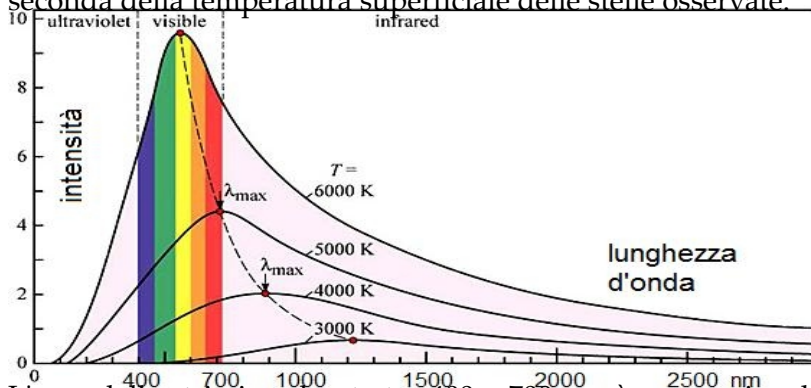
I 7 colori latini usati di Newton sono:
A. Caeruleus (colore del cielo, ceruleo, azzurro cupo, celeste); B. Indicus (indico=che viene dall'India, indaco); C. Violaceus (violaceo, porpora), D. Rubeus (rosso), E. Aureus (color oro), F. Flavus (giallo biondo, da cui i cd. flavonoidi), G. Viridis (verde).

Nel cerchio appare la transizione tra i colori, qui interessano le percentuali: i settori dei colori si possono disporre a caso.

¹ <https://cudl.lib.cam.ac.uk/view/MS-ADD-04002/> (Appunti per gli studenti di Cambridge, 1669) <http://www.boscarol.com/wikipdf/onlight.html> (Letter to the Royal Society, 1672) http://reader.digitale-sammlungen.de/en/fs1/object/display/bsb10053010_00001.html (ed.1729)

Il corpo nero e lo spettro di Planck

Argomento cruciale per la storia della fisica e dell'astrofisica, il corpo nero resta avvolto nel mistero: perché lo si dice nero eppure emette radiazione? Fermi ce ne dà un'immagine chiara: in una facciata bianca di una chiesa è aperta una porta, che appare nera: la luce lì entra e viene assorbita, riflessa all'interno più volte; quando i fotoni luminosi riescono sono in equilibrio con le pareti interne, rappresentandone la temperatura nella loro distribuzione energetica.² Max Planck ha trovato la formula che rappresenta questa distribuzione dell'intensità luminosa prodotta da un «corpo nero», che sarebbe la cavità, la chiesa del nostro esempio, e che rappresenta molto bene ogni stella del cielo. L'altezza della curva Planckiana continua nello spettro visibile determina le percentuali dei vari colori nei nostri dischi di Newton, a seconda della temperatura superficiale delle stelle osservate.



L'area delle strisce colorate tra 400 e 700 nm è proporzionale all'ampiezza dei settori da colorare per il corrispondente valore della temperatura. I fotoni che ci giungono dalle stelle sono mescolati secondo proporzioni diverse, dandoci colori diversi. Da una Nova, invece del continuo abbiamo solo righe: rosse: H α e blu O III. **Esercizio:** preparare un disco per stelle a 3000 K.

² E. Fermi, Molecole e cristalli, Zanichelli, Bologna, 1934.

Esercitazione con uno spettroscopio a reticolo

Lo spettroscopio più semplice è composto da una fenditura tagliata con le forbici in un cartoncino e un reticolo di diffrazione a diapositiva, collegati da un tubo o una scatola per schermare la luce dell'ambiente.

Dimensioni angolari della fenditura vista dal reticolo

Attraverso la fenditura riesco a vedere la testa di un compagno a 4 metri di distanza, quanto vale in gradi il campo di vista della fenditura? **Dimensioni angolari dello spettro** Lo spettro

elettromagnetico dal rosso (più vicino) al violetto (più lontano dalla fenditura) si estende per 10 gradi quando ho un reticolo di 600 righe/mm. Verificare che è la stessa ampiezza di un pugno a mano tesa. **Risoluzione spettrale dello spettroscopio a reticolo** Lo spettro è ottenuto ripetendo l'immagine della

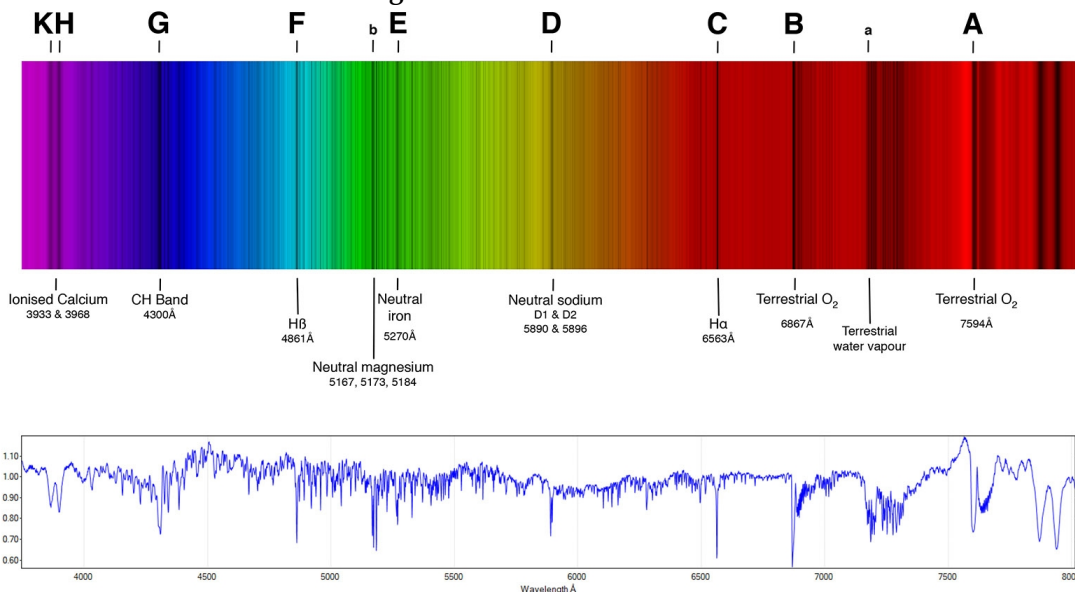
fenditura una per ciascuna lunghezza d'onda (da 400 nm violetto a 700 nm rosso), se la fenditura abbraccia un angolo visuale di 1° e tutto lo spettro occupa 10° quanto vale in nm la risoluzione di questo spettroscopio? **Risoluzione al variare delle dimensioni dello spettroscopio o della sorgente**

Se osserviamo le lampade a tubo a fluorescenza sul soffitto queste sono larghe 3 cm e sono a 3 metri d'altezza, è come se la fenditura abbracciasse un certo angolo. Quale? Se ponessimo davanti al tubo lungo 30 cm una fenditura di 1 mm la sorgente, sempre a 3 metri, che ampiezza angolare avrebbe?

Quale risoluzione in nanometri avrebbe il reticolo che osservasse questa fenditura? **Osservazione delle righe del Mercurio delle lampade a fluorescenza** Con uno

spettroscopio a reticolo sono visibili chiaramente 5 colori distinti e non mescolati in un continuo come quando si osserva la luce del Sole riflessa dalle nuvole. Lo spettro è compreso tra 400 e 700 nm qual è la lunghezza d'onda della riga verde che si trova a $\frac{3}{5}$ della distanza tra rosso e blu, verso il blu?

Osservazione delle righe di assorbimento di Fraunhofer del Sole



Le righe B, C, D, E, F si riescono a vedere se la risoluzione è almeno 5 nm, o 50 Å. Restando 10° l'estensione di tutto lo spettro visibile tra 400 e 700 nm, quanti gradi deve abbracciare la fenditura? A che distanza devo porre una fenditura di 1mm e di 0.5 mm? Si pone la fenditura tra la sorgente e il reticolo.

Taratura di un reticolo

Di notte, osservando col reticolo la luce di una lampada a fluorescenza a 100 metri di distanza, senza fenditura: si formano 2 spettri simmetrici rispetto alla sorgente con il lato violetto più vicino al centro (dov'è la sorgente) e il lato rosso più lontano. Col reticolo da 600 righe per mm a 20° (palmo della mano a braccio teso) siamo sul giallo a circa 600 nm.

Se con un altro reticolo bastano 8° per trovarsi sul giallo, questo reticolo sarà di $8/20 \times 600 = 240$ righe/mm. Con uno da 530 righe/mm a 20° siamo sull'inizio del rosso a circa 650 nm.

Referenze: S. I. Vavilov, L'occhio e il Sole, Feltrinelli MI 1959

F. Giudice, Lo spettro di Newton, Donzelli, Roma, 2009.