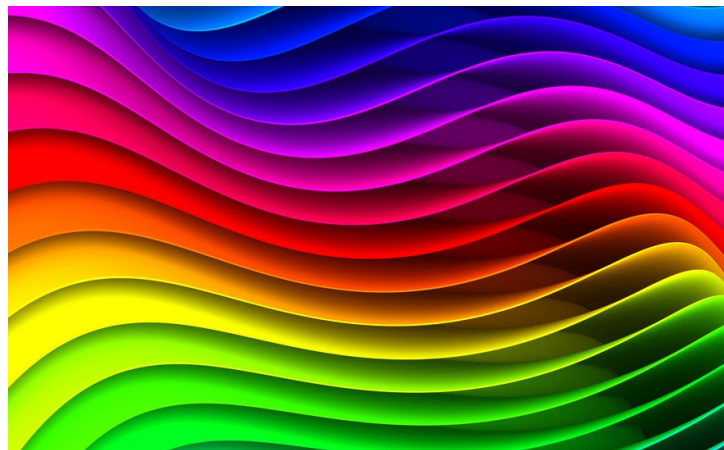


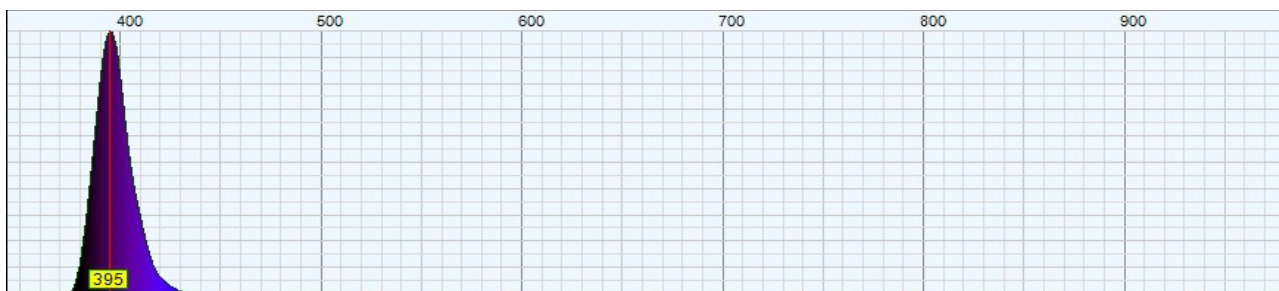
theremino
•the•real•modular•in-out•

Sistema theremino

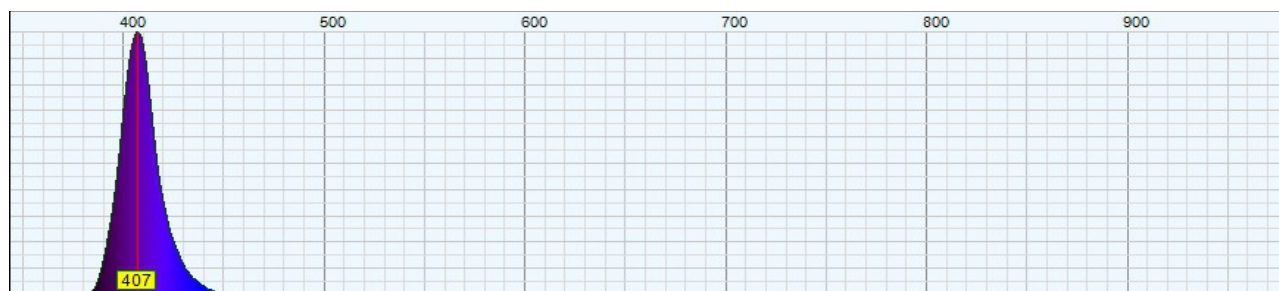


Theremino Spectrometer Spettri di esempio

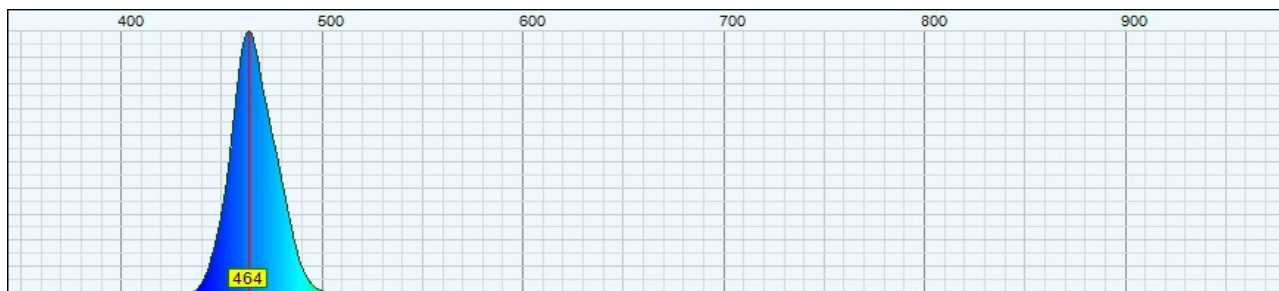
Spettri dei LED



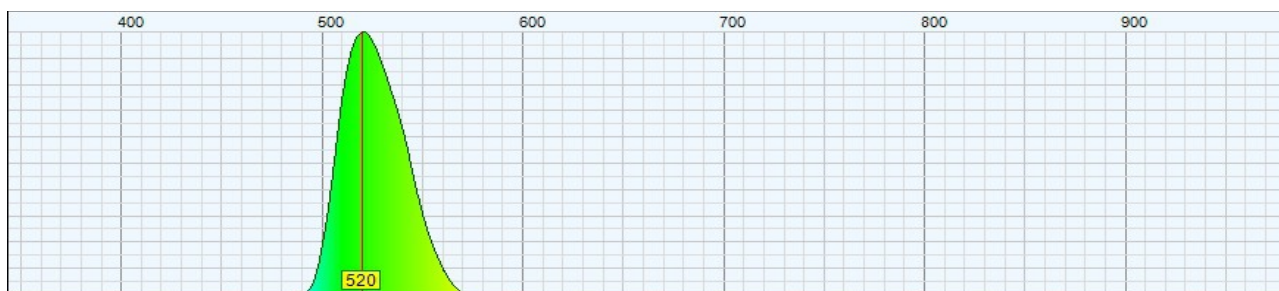
Led ultravioletto - 395 nm



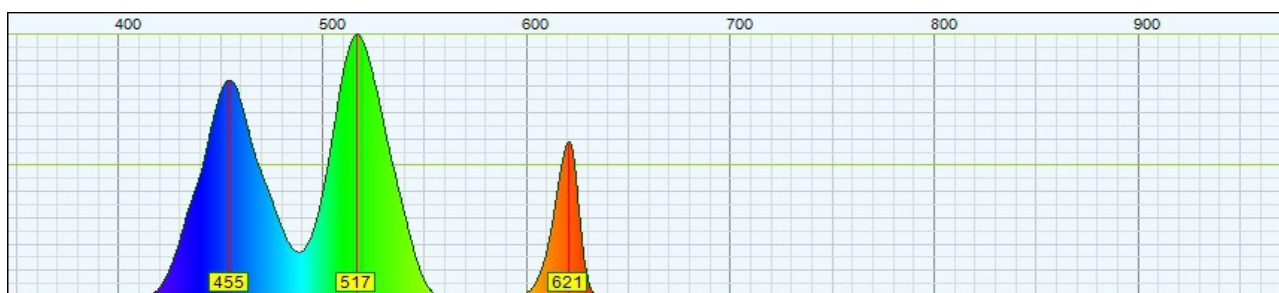
Led ultravioletto - 407 nm (il migliore per la fluorescenza della clorofilla dell'olio di oliva)



Led blu

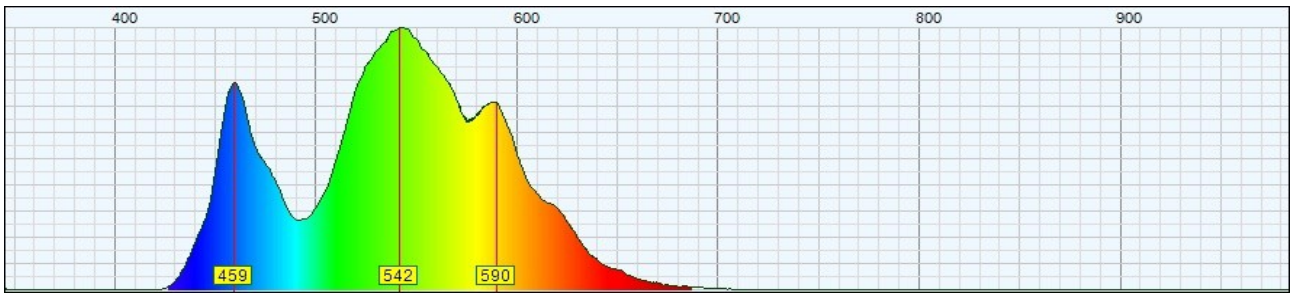


Led verde

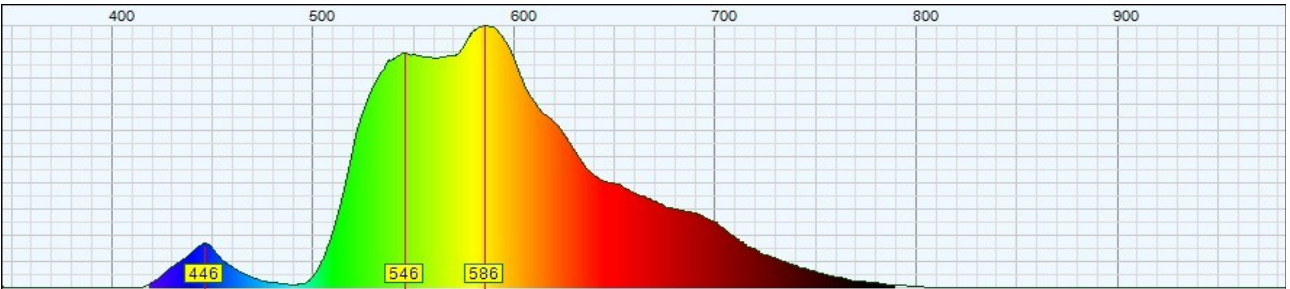


Led RGB (da striscia di led SMD 5050 trichip)

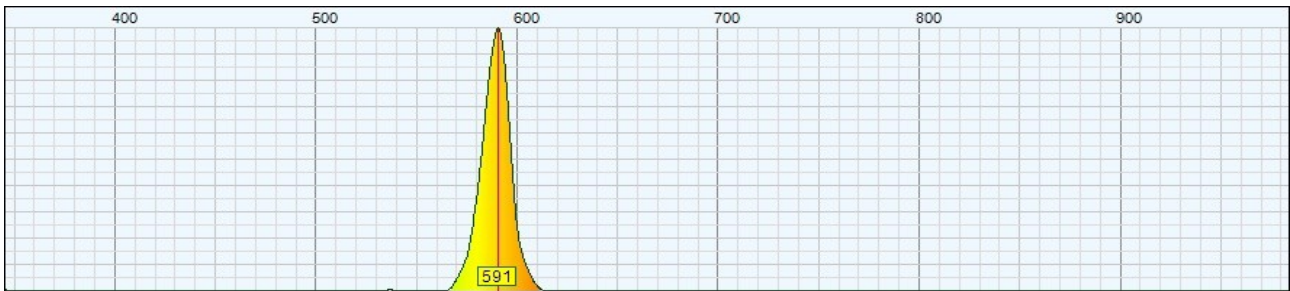
Spettri dei LED



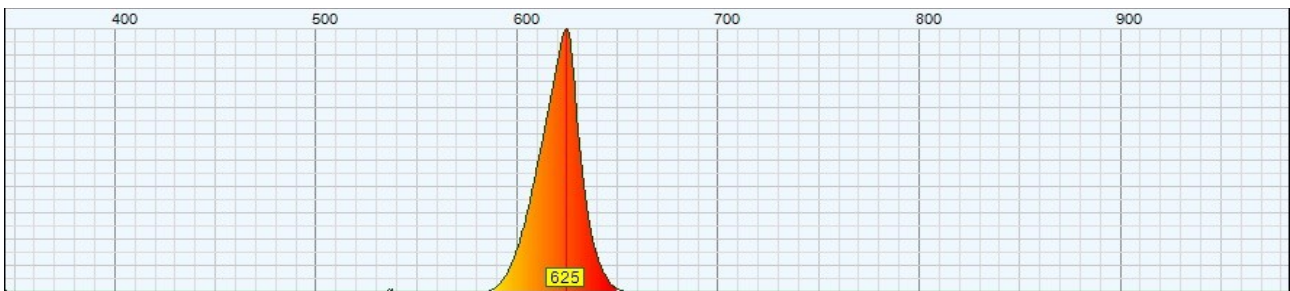
Led bianco freddo



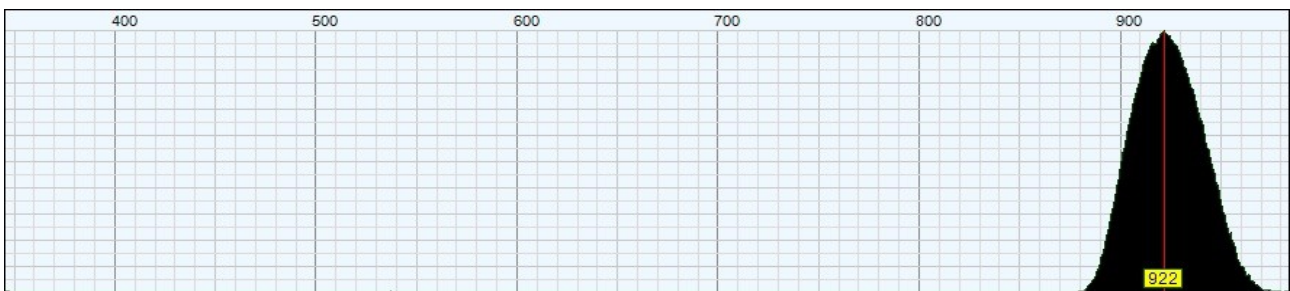
Led bianco caldo



Led ambra

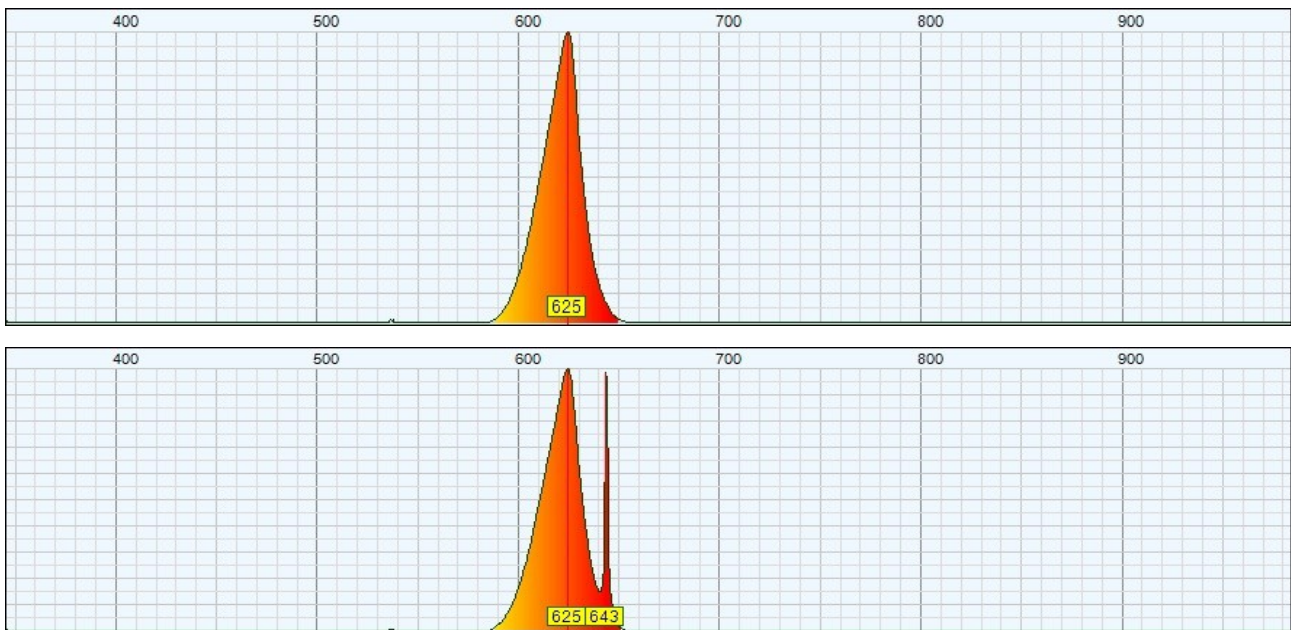


Led rosso



Led infrarosso

Confronto tra Led e Laser



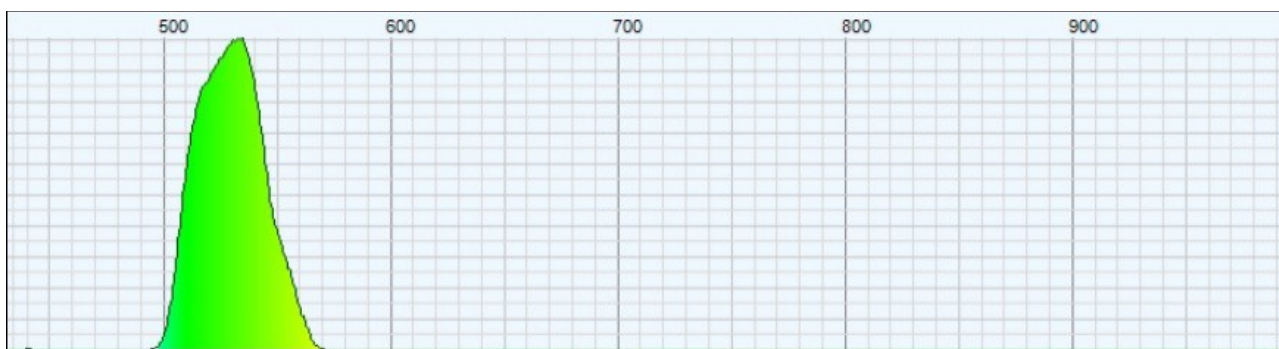
Led rosso + Laser rosso. Notare la risoluzione della riga del laser e che la riga del led rosso non viene influenzata dalla luce del laser, a pochi nanometri di distanza.

Lunghezze d'onda dei laser più comuni

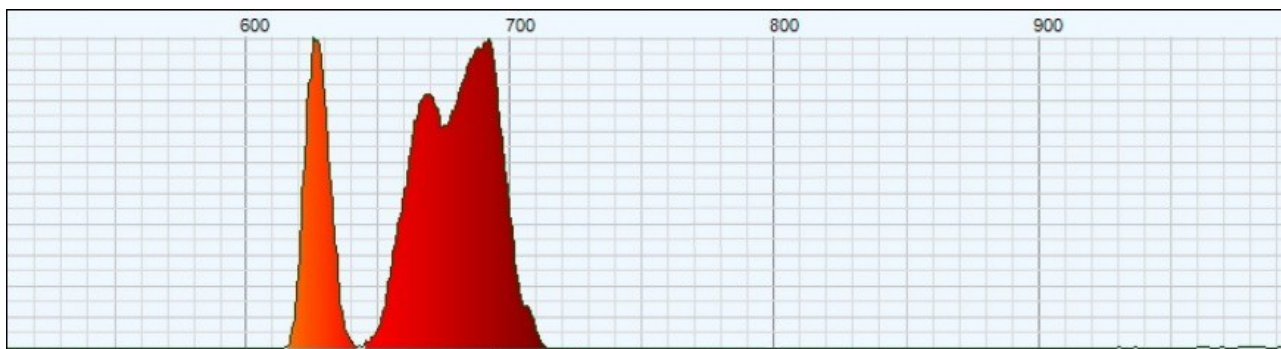
- ◆ Laser viola 405 nm (stessa lunghezza d'onda dei dischi "blu-ray" e dei led UV)
- ◆ Laser blu 473 nm
- ◆ Laser verdi 532 nm
- ◆ Laser a elio-neon 633 nm
- ◆ Laser rossi 635 nm (i più visibili) e fino a 640, 650 e 670 nm (i meno costosi)
- ◆ Laser infrarossi 808 nm (oppure 1064 nm con tracce di 808 nm)

Fluorescenza di alcuni materiali

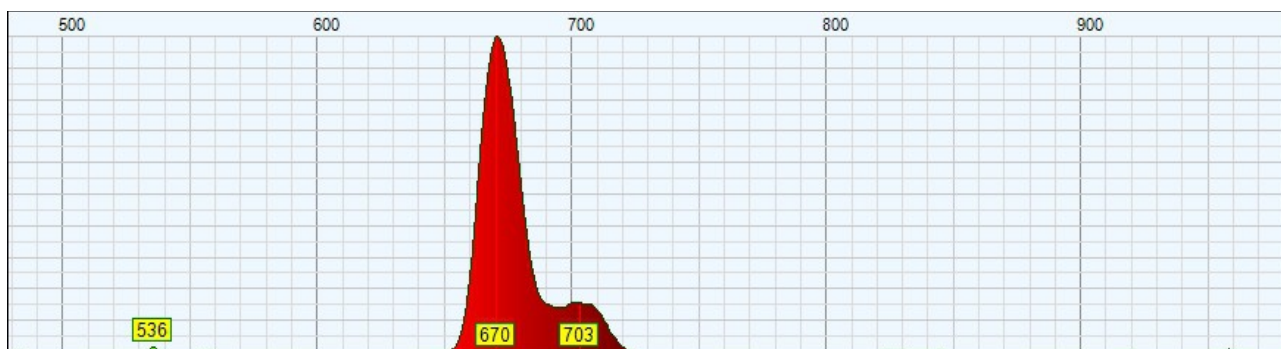
La fluorescenza delle immagini seguenti è stata eccitata con led ultravioletti a 407 nm.



Vetro all'uranio



Guscio d'uovo (porfirina)

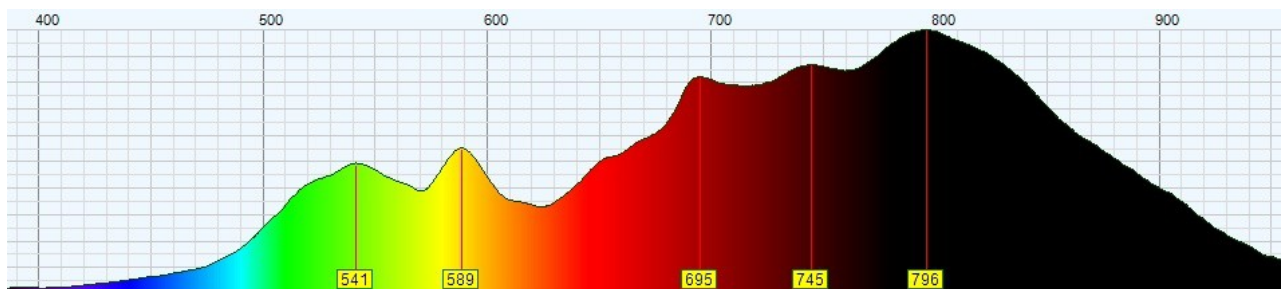


Olio extra vergine di oliva (clorofilla)

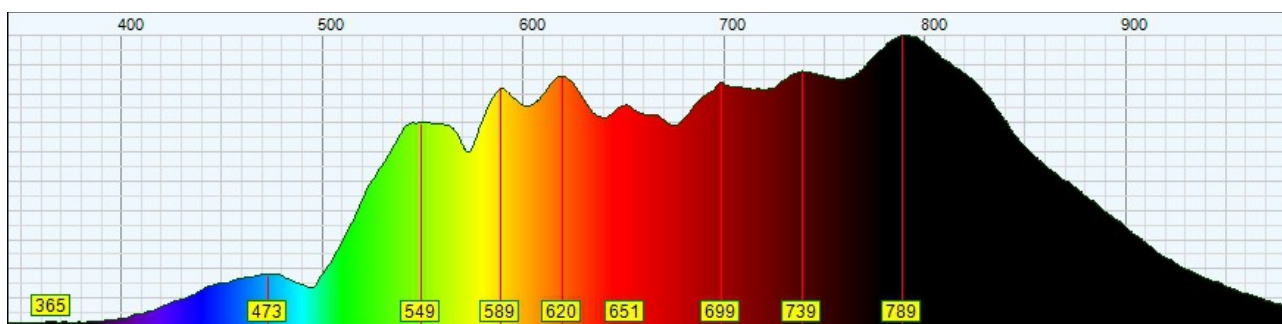
La fluorescenza della clorofilla è spiegata nei dettagli nel file "Theremino_OilMeter_TestMethods" che fa parte della documentazione del "Theremino Oil Meter".

Il "Theremino Oil Meter" è un tester per l'olio di oliva basato sulla misura della fluorescenza e della trasmissione della luce nell'olio nelle bande da 450 a 500 nm e da 650 a 700 nm. Per mettere a punto l'Oil Meter abbiamo dovuto scegliere i migliori filtri colorati, led e fototransistor. In queste ricerche "Theremino Spectrometer" è stato essenziale e ha permesso di rendere più affidabile il test dell'olio di oliva.

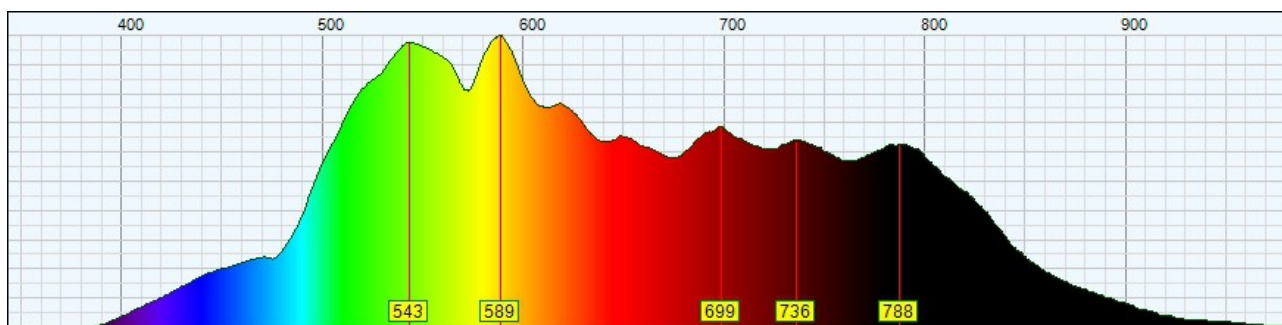
Lampadine a filamento



Piccola lampadina incandescente da mezzo watt (100 mA a 5 Volt)



Classica lampada incandescente da 100 Watt

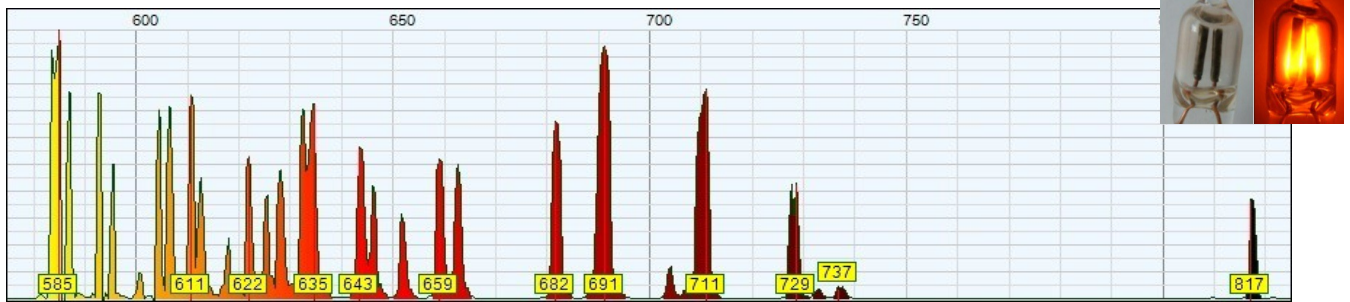


Lampada alogena da 50 Watt

Le lampade a filamento emettono energia su tutto lo spettro visibile e negli infrarossi. Più è alta la temperatura del filamento e maggiore è la produzione di luce visibile, rispetto alla luce "sprecata" nella zona invisibile degli infrarossi.

Le lampade alogene hanno il filamento più caldo e quindi emettono meno infrarossi.

Lampadine al neon



Piccola lampadina al neon.

Il numero di righe prodotte è incredibile. Pur disponendo di poca luce, lo spettrometro è riuscito a risolvere ben trenta righe.

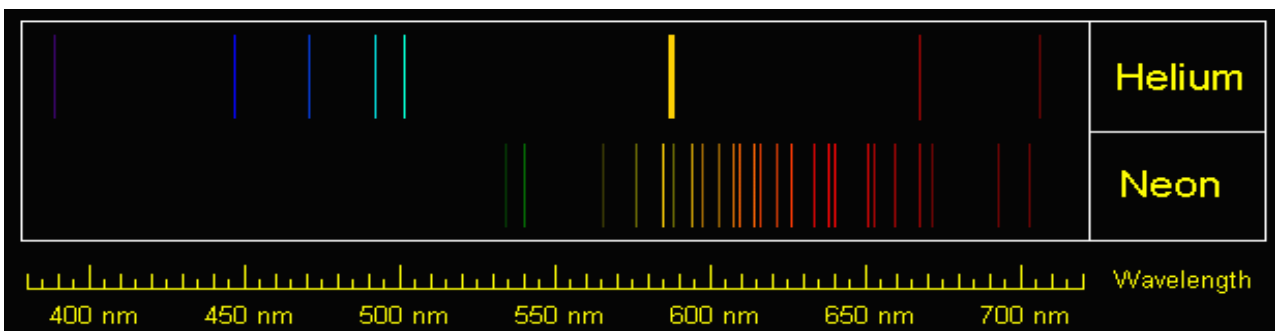
Questa è una semplice lampadina al neon, ma è anche una camera di plasma che dimostra il funzionamento degli elettroni e degli atomi. Il plasma ionizzato all'interno della lampadina, emette solo lunghezze d'onda molto specifiche, con poca o nessuna emissione tra queste linee. Il meccanismo di produzione di queste righe spettrali è stato un mistero per molti anni. Poi, nel 1913, Niels Bohr lo ha spiegato con un modello di atomo in cui gli elettroni orbitano intorno al nucleo. Nel suo modello esistevano un certo numero di elettroni per ciascuno dei diversi elementi, e questi elettroni avevano livelli di energia molto specifici.

Quando l'elemento viene riscaldato, o elettricamente eccitato, gli elettroni saltano a un livello più alto di energia orbitale, poi ricadono al livello iniziale, emettendo fotoni di luce per liberare la differenza di energia. La lunghezza d'onda, o colore, dei fotoni è la esatta differenza tra i due livelli di energia. Dato che le righe visibili sono strette, senza valori di energia in mezzo, ne deriva che esistono solo specifiche quantità di energia per le orbite degli atomi.

Da queste considerazioni e da questa semplice lampadina, sono nate le orbite degli elettroni, i "quantum", gli atomi come li conosciamo oggi e tutta la meccanica quantistica.

Altre sostanze che producono righe

Non solo il neon ma praticamente tutti gli elementi della tavola periodica producono righe caratteristiche. I più conosciuti (usati nelle lampade) sono l'Elio, il Neon, l'Argon, il Krypton, lo Xenon, il Mercurio e il Sodio.



Righe dell'Elio e del Neon (righe teoriche, calcolate in base alla teoria quantistica)

Le lampade fluorescenti

Le lampade fluorescenti sono di vari tipi: Tubi Fluorescenti, Lampade a Risparmio Energetico (CFL - Compact Fluorescent Lamp) e Lampade a Catodo Freddo (CCFL - Cold Cathode Fluorescent Lamp)



Tutte queste lampade hanno spettri di emissione simili tra loro. Contengono mercurio, neon, argon e krypton, che producono ultravioletti e alcune righe azzurre verdi e rosse. Il rivestimento bianco, di pigmento fluorescente, allarga un po' queste righe e produce una luce che appare bianca all'occhio umano.

Le lampade fluorescenti, a differenza della luce solare, non emettono tutte le lunghezze d'onda, ma concentrano la loro energia in alcune zone, chiamate "righe di emissione caratteristiche".

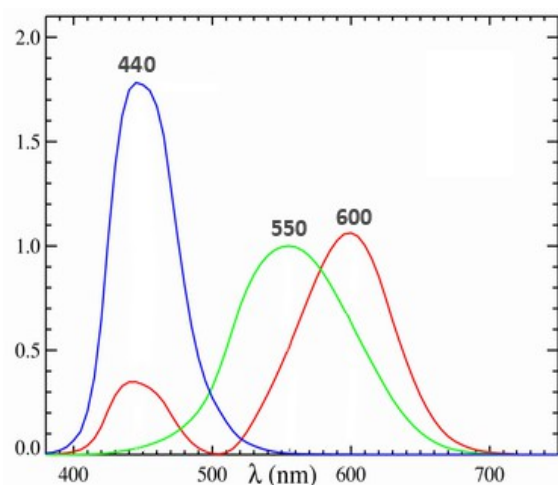


Luce solare



Luce delle lampade fluorescenti

Le lampade fluorescenti sembrano bianche, perché l'occhio umano vede solo tre colori: il blu, il verde e il rosso, chiamati "colori fondamentali".



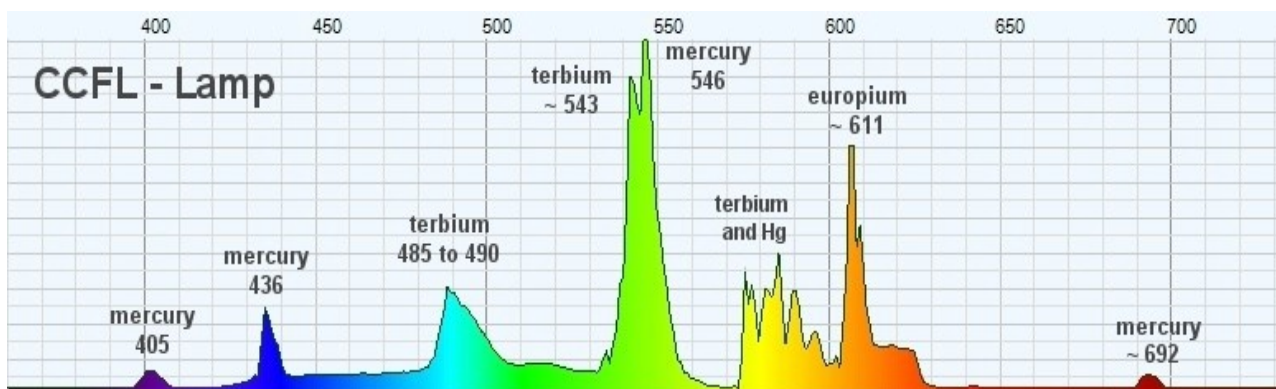
Curve di risposta dell'occhio umano

L'occhio riceve e misura separatamente i tre colori fondamentali. Una lampada appare bianca, se emette le giuste proporzioni di energia in queste tre zone.

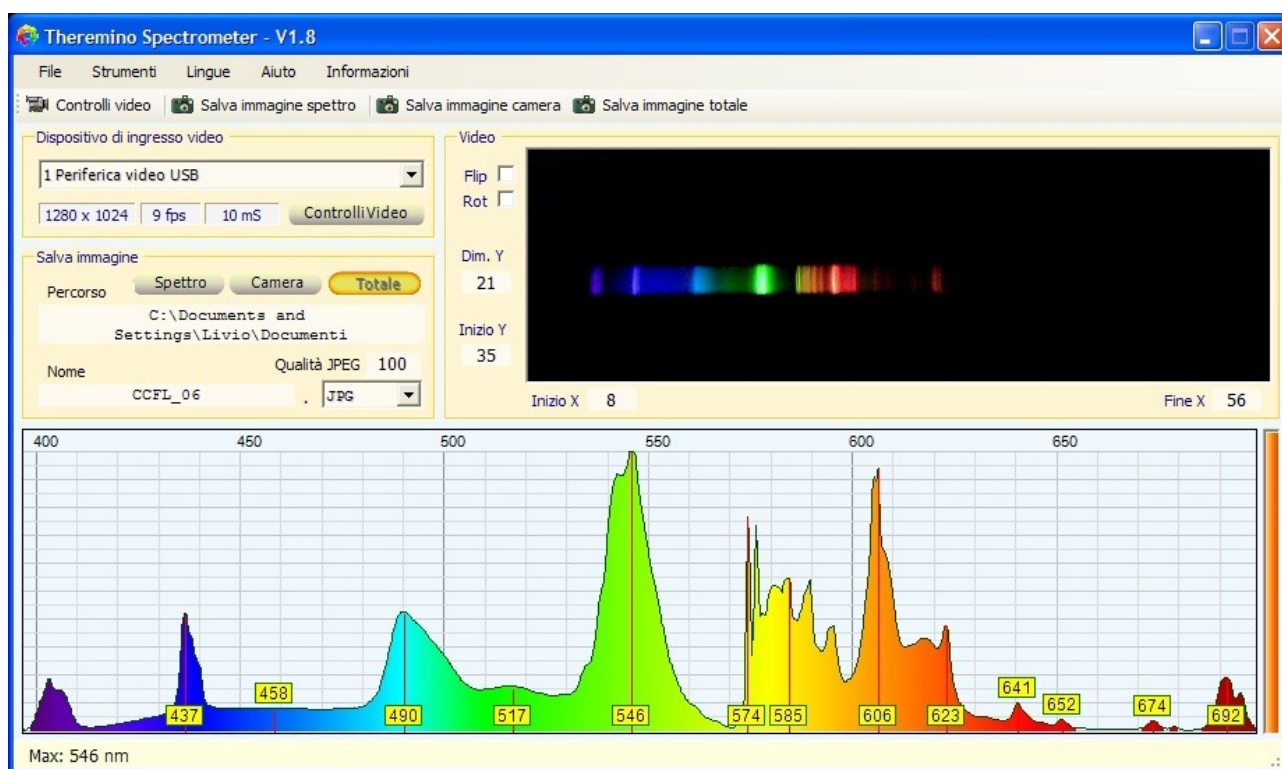
I colori intermedi non sono realmente visibili, ma vengono calcolati dal sistema nervoso, a partire da questi tre colori. Questo comporta che per l'occhio umano un colore intermedio (ad esempio il giallo) è indistinguibile da una giusta miscela di verde e rosso. Uno spettrometro invece non vede il giallo, ma i due picchi verde e rosso separati.

Le righe caratteristiche delle lampade fluorescenti

Lo spettro delle lampade fluorescenti contiene due righe utili per tarare lo spettrometro. Le due lunghezze d'onda caratteristiche sono quelle prodotte dal mercurio a 436 nm e a 546 nm.



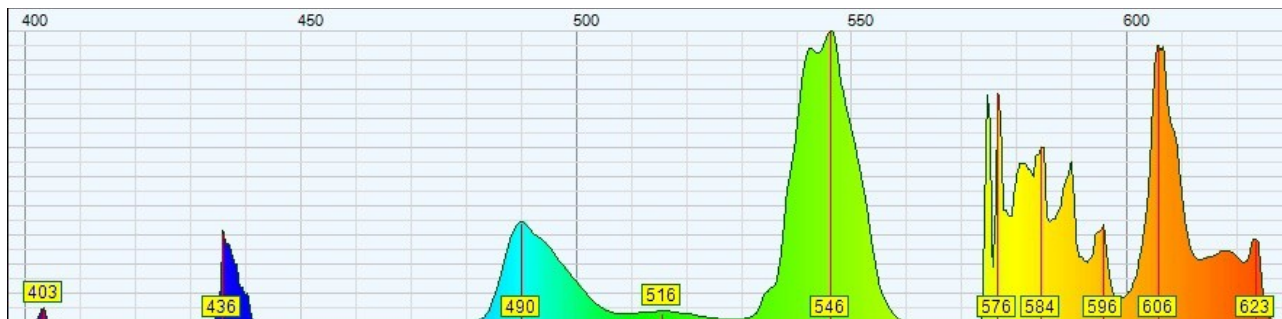
Le righe a 436 e 546 nm sono precise. La posizione delle altre righe non è stabile e può cambiare da una lampada all'altra.



Theremino Spectrometer che visualizza lo spettro di una lampada fluorescente

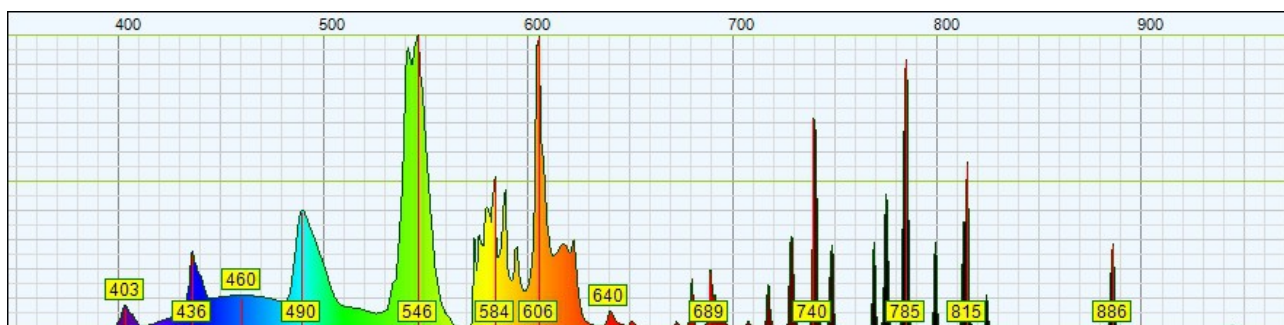
Altri spettri di lampade fluorescenti

Questa immagine mostra la risoluzione dello spettrometro. Le due righe gialle a 574 e 576 sono perfettamente separate. Normalmente gli spettrometri economici e "fai da te" non hanno questa risoluzione.

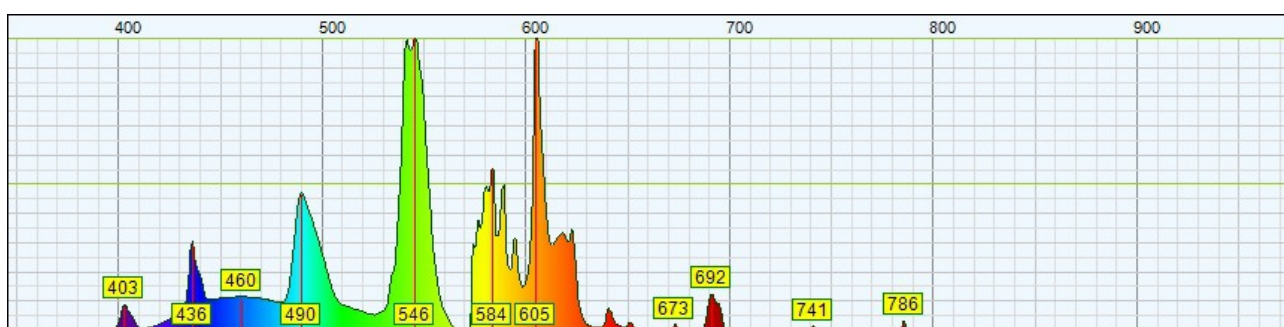


Lampada CFL con la zona della luce visibile ingrandita.

Nelle due immagini seguenti si vede che una lampada fluorescente appena accesa, emette molte righe nella zona degli infrarossi, oltre i 700 nm. Dopo il riscaldamento l'energia emessa nella regione visibile aumenta e le righe negli infrarossi si attenuano.



Lampada CFL appena accesa



Lampada CFL dopo alcuni minuti di riscaldamento

Lampade a luce nera (luce di "Wood")



Queste lampade contengono un filtro che elimina quasi tutta la luce visibile, in modo da far risaltare al massimo gli effetti di fluorescenza.



Spettro di un tubo fluorescente marcato "BLB" (il BL sta per "black light" e il B sta per "black")

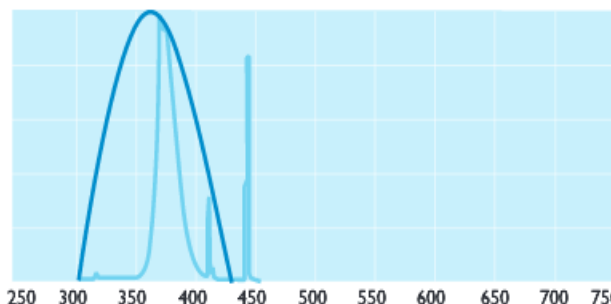
Lo spettro mostra che quasi tutta l'energia viene emessa sotto ai 400 nm. L'occhio umano vede solo una debole luce di colore viola scuro ma gli oggetti fluorescenti si illuminano fortemente.

La lunghezza d'onda di queste lampade (circa 360 nm) è adatta per il controllo delle banconote e per rivelare tracce di liquidi organici, ma non è adatta per controllare l'olio di oliva.

La fluorescenza della clorofilla dell'olio di oliva si ottiene con i led ultravioletti e i laser viola (lunghezza d'onda intorno ai 405 nm).

Lampade a luce "Attinica"

Queste lampade sono usate per attrarre gli insetti. Sono simili alle lampade a luce nera (luce di Wood), ma non avendo un filtro scuro, emettono anche molta luce visibile. Le lampade attiniche Sylvania sono marcate "BL350" oppure "BL368" (il numero dopo al BL indica i nanometri del picco di energia), quelle Philips sono marcate "05".



In colore scuro la sensibilità dell'occhio della mosca domestica e in colore chiaro la luce prodotta da una lampada "attinica".



Spettro di una lampada attinica Philips 6W/05. Notare la grande somiglianza con le caratteristiche pubblicate da Philips (spettro piccolo in alto)

Lampade abbronzanti

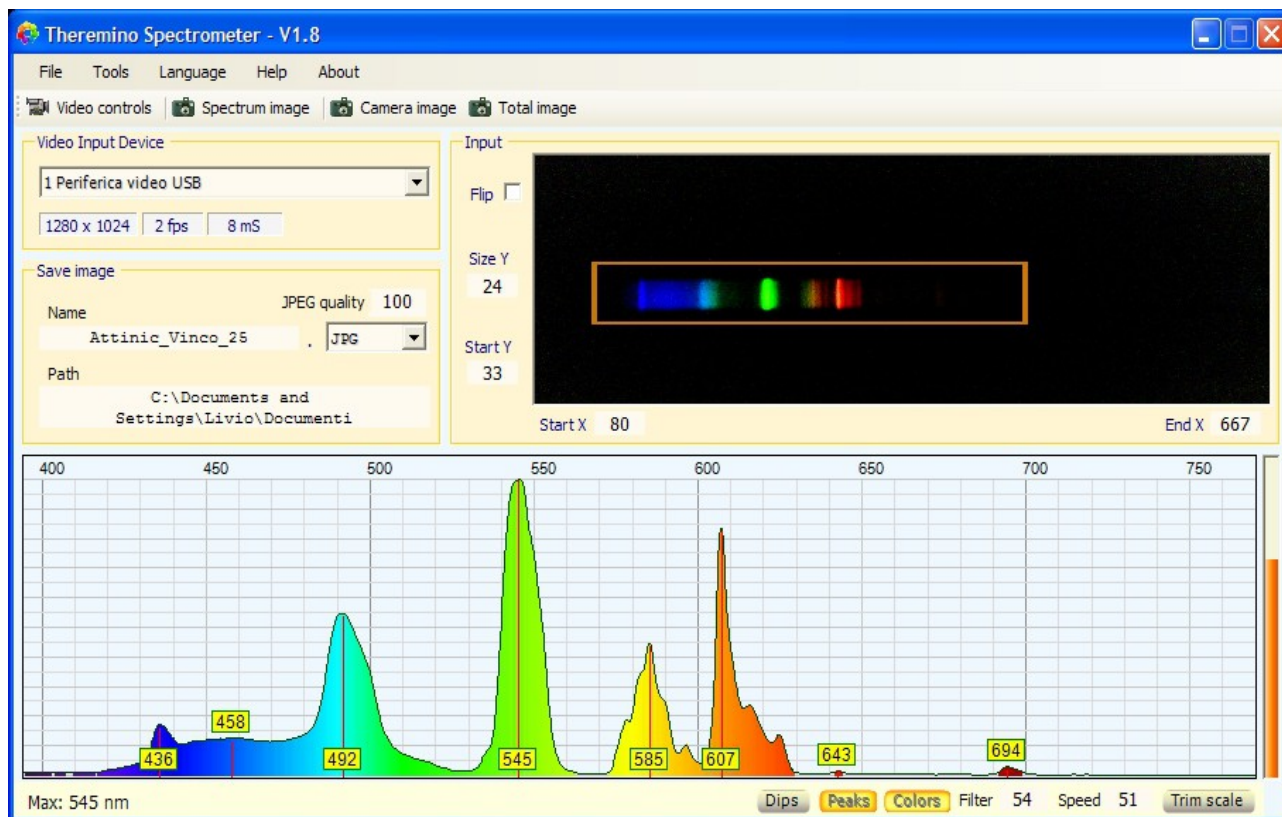
Hanno uno spettro molto simile alle lampade attiniche ma il picco di emissione è più in basso (intorno ai 350-360nm).



Spettro di un tubo Philips 15W CLEO

I colori dei pixel dei monitor LCD

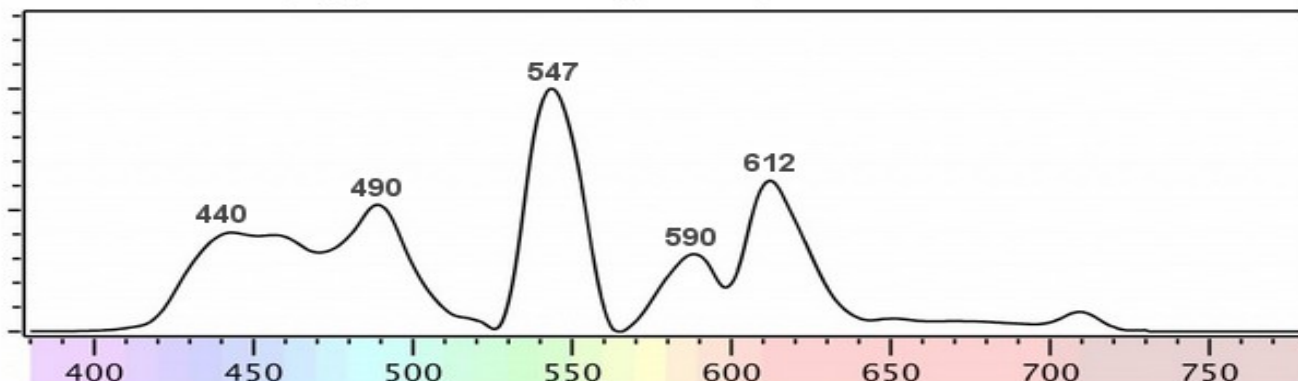
Qui si vede un interessante confronto con uno spettrometro commerciale (X-Rite i1 Pro2). I grafici sono abbastanza simili ma la risoluzione di Theremino Spectrometer è migliore.



Come Theremino Spectrometer vede il bianco dei monitor Samsung SyncMaster 913

Per misurare i monitor LCD si deve impostare un'area bianca sullo schermo, alzare molto luminosità e contrasto, togliere il filtro diffusore dallo spettrometro e regolare l'esposizione per la massima sensibilità.

Monitor LCD (Apple Cinema HD) with spectrometer X-Rite i1 Pro2

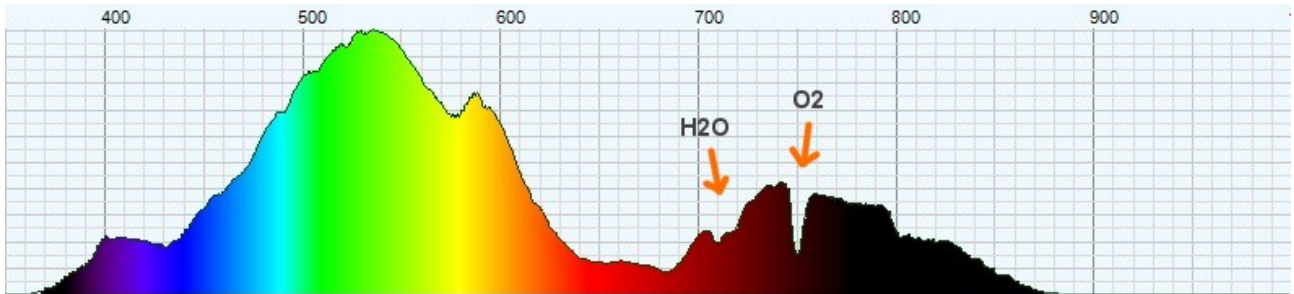


Un grafico simile prodotto da uno spettrometro commerciale che costa oltre 1000 dollari

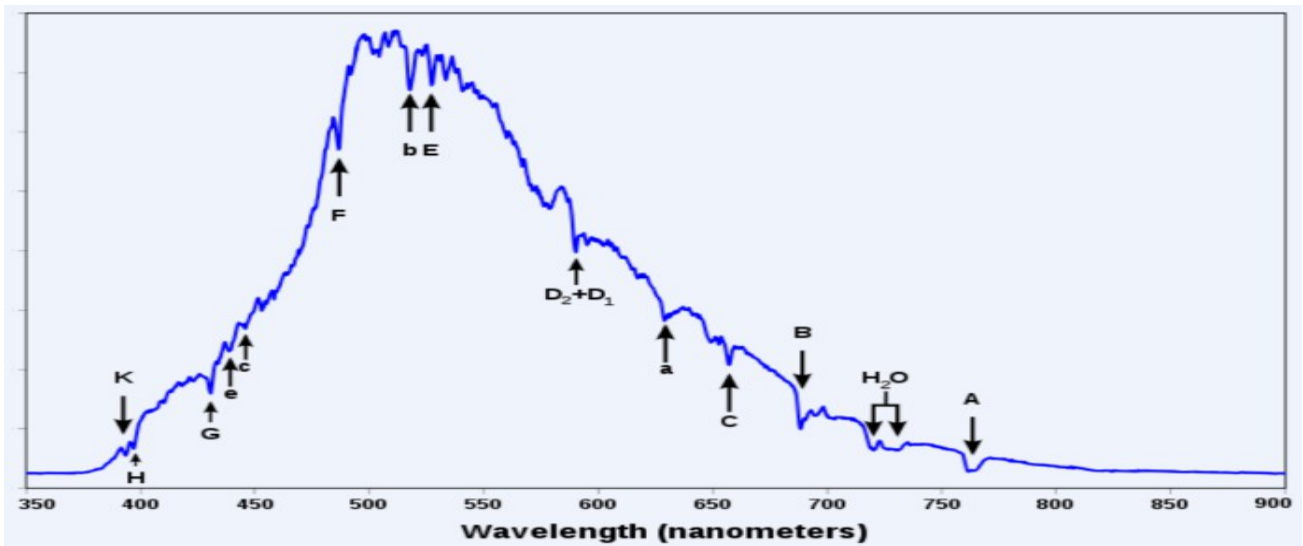
L'alto costo dello X-Rite è in parte giustificato dal fatto che fornisce anche informazioni sulla "quantità" di luce mentre Theremino Spectrometer non può farlo (le webcam rispondono in maniera troppo poco lineare per poter misurare la quantità di luce che ricevono).

Spettro della luce solare

L'aspetto di questo spettro varia a seconda dell'ora del giorno, della zona di cielo che si misura e della altezza sul livello del mare. L'atmosfera assorbe fortemente alcune lunghezze d'onda e le proporzioni tra ultravioletti, luce visibile e infrarossi possono variare moltissimo.



L'immagine seguente mostra le righe di assorbimento (linee di Fraunhofer), prodotte dalle sostanze presenti nella atmosfera.

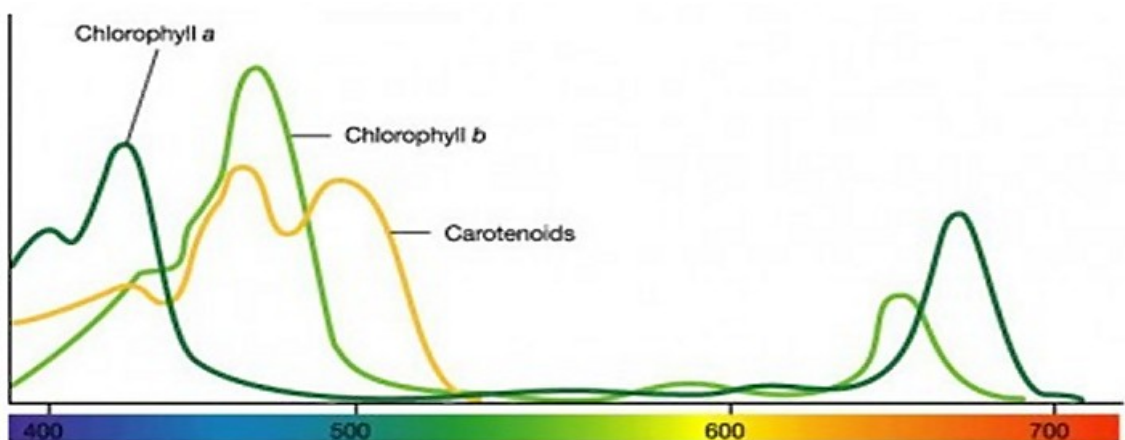


Designation	Element	Wavelength (nm)
y	O₂	898.765
Z	O₂	822.696
A	O₂	759.370
B	O₂	686.719
C	Hα	656.281
a	O₂	627.661
D ₁	Na	589.592
D ₂	Na	588.995
D ₃ or d	He	587.5618
e	Hg	546.073
E ₂	Fe	527.039
b ₁	Mg	518.362
b ₂	Mg	517.270
b ₃	Fe	516.891
b ₄	Mg	516.733

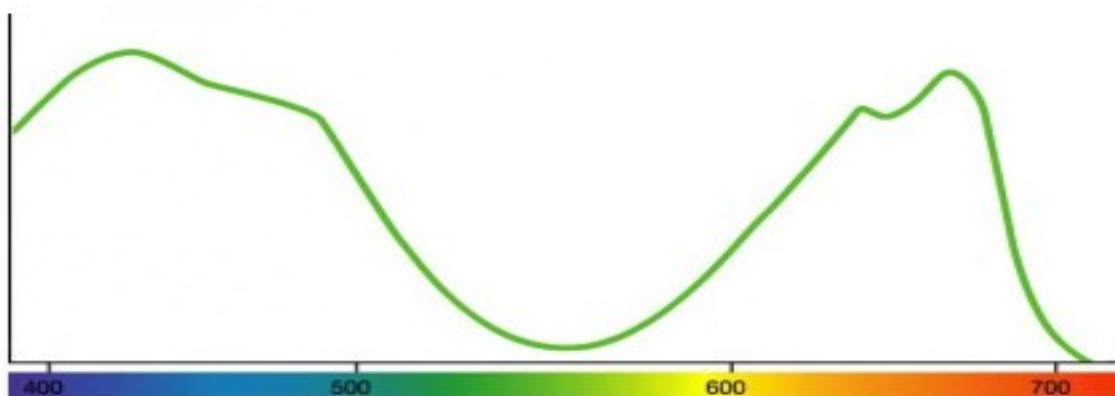
Designation	Element	Wavelength (nm)
c	Fe	495.761
F	Hβ	486.134
d	Fe	466.814
e	Fe	438.355
G'	Hy	434.047
G	Fe	430.790
G	Ca	430.774
h	Hδ	410.175
H	Ca⁺	396.847
K	Ca⁺	393.368
L	Fe	382.044
N	Fe	358.121
P	Ti⁺	336.112
T	Fe	302.108
t	Ni	299.444

Lunghezze d'onda assorbite dalla vegetazione

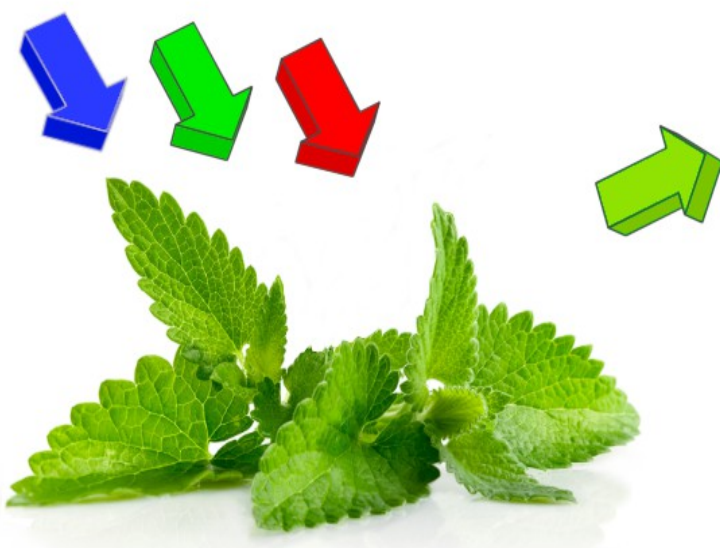
La vegetazione assorbe preferibilmente le lunghezze d'onda utili per produrre energia (per mezzo della fotosintesi della clorofilla).



Lunghezze d'onda maggiormente assorbite dalla vegetazione



Lunghezze d'onda che forniscono maggiore energia alla fotosintesi



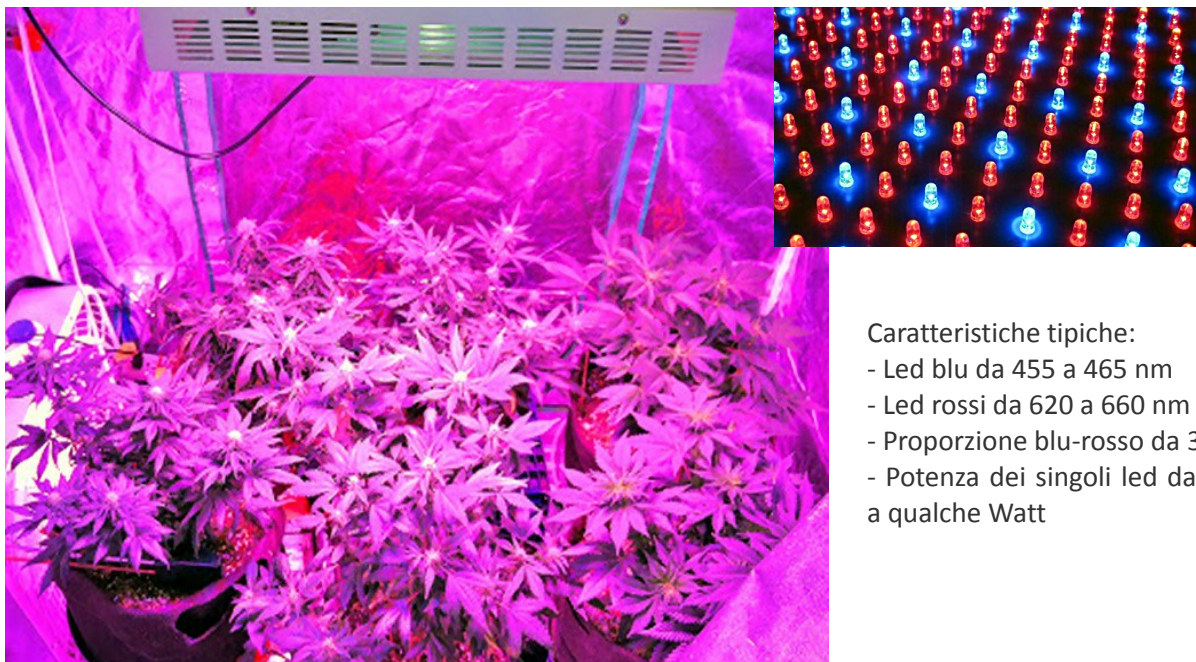
I vegetali ricavano energia dalla luce rossa e blu, ma riflettono la luce verde.

Le componenti di luce verde e verde-gialla, scalderebbero inutilmente le foglie, senza fornire molta energia.

Per questo le piante sono verdi.

Lampade per la crescita delle piante

Per far crescere la vegetazione in modo efficiente, senza sprecare energia nella zona del verde, si usano lampade composte da led blu e rossi.



- Caratteristiche tipiche:
- Led blu da 455 a 465 nm
 - Led rossi da 620 a 660 nm
 - Proporzione blu-rosso da 3:1 a 7:2
 - Potenza dei singoli led da 60 mW a qualche Watt

Una lampada per la coltivazione delle piante



Emissione dei led ultravioletti, blu e rossi con sovrapposta la curva di efficienza della fotosintesi

Da questo spettro si nota che i normali led ultravioletti e blu hanno una buona efficienza per la fotosintesi (oltre l'80%), ma che i normali led rossi (da 625 nm) hanno solo il 50% di efficienza. Per la coltivazione **sono preferibili led rossi con lunghezza d'onda maggiore** (circa 660 nm).

La minore efficienza dei led rossi e altre considerazioni sulla chimica delle piante, portano al fatto che le lampade hanno circa tre led rossi per ogni led blu. Il rosso influisce sulla fioritura e la resa, il blu sulla distanza tra i nodi del fusto e la rapidità di crescita.