

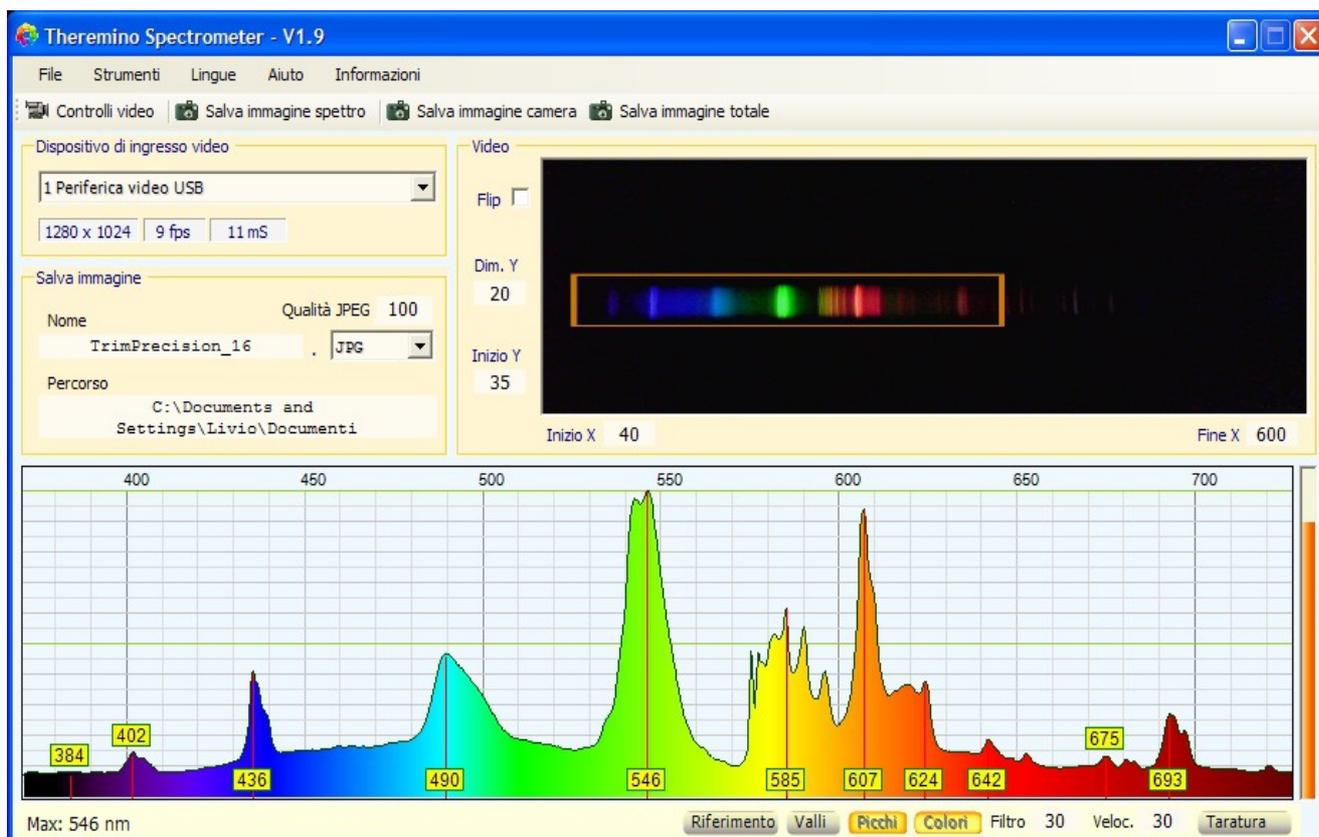
theremino
•the•real•modular•in-out•

Sistema theremino



Theremino Spectrometer Istruzioni

Theremino Spectrometer



Questa applicazione è scritta appositamente, per ricavare le migliori caratteristiche possibili da uno spettrometro basato su Webcam.

Se l'operatore conosce bene il suo strumento e mantiene le condizioni di misura nel range tollerabile, può risparmiare qualche migliaio di Euro e ottenere gli stessi risultati che otterrebbe con strumenti professionali.

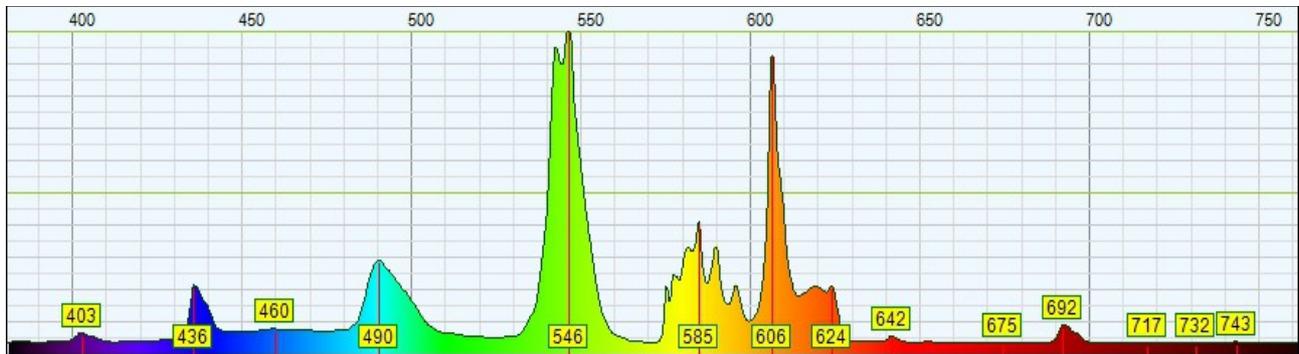
I punti deboli di uno spettrometro basato su webcam sono:

- ◆ Dinamica limitata. Si deve conoscere bene lo strumento e usare la giusta quantità di luce e le regolazioni di esposizione appropriate. Se la luce e la sensibilità sono troppo alte, appaiono artefatti che falsano lo spettro. Se sono troppo basse, le righe basse spariscono.
- ◆ Forte dipendenza dalle caratteristiche della WebCam. Con alcune WebCam i risultati sono molto migliori che con altre. Alcuni driver possono essere del tutto inadatti e anche le regolazioni di colore e sensibilità possono causare variazioni notevoli nella qualità delle misure.
- ◆ Precisione e risoluzione limitate. La risoluzione della telecamera e le non linearità provocate dal reticolo di deflessione e dalle lenti dell'obiettivo limitano la precisione a circa un nanometro.
- ◆ Misure delle sole lunghezze d'onda e non delle quantità di luce. Le Webcam (e tutte le telecamere) hanno una risposta troppo poco lineare per fare misure quantitative. Non è possibile misurare la quantità di luce, ma solo apprezzare le differenze in modo relativo e approssimato.

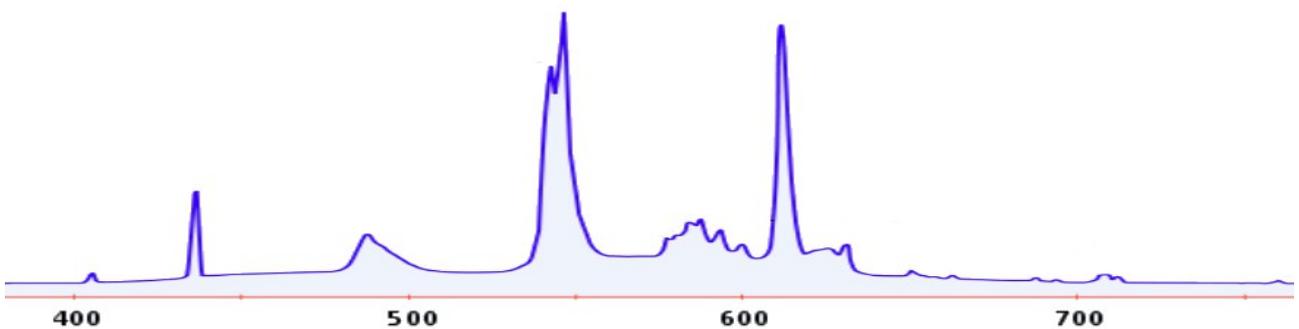
Si tratta comunque di buone caratteristiche, sufficienti per la didattica e per piccoli laboratori.

Prestazioni

Con una buona costruzione, una buona WebCam e regolando bene i suoi parametri, si possono ottenere grafici molto simili a quelli dei migliori spettrometri professionali.



Spettro di una lampada fluorescente ottenuto con Theremino Spectrometer



Spettro di una lampada fluorescente ottenuto con un apparecchio professionale (un "Ocean Optics HR2000 High-resolution Fiber Optic Spectrometer" che costa circa 1200 dollari, chi fosse interessato può trovarli su eBay usati per circa 600 dollari)

L'alto costo degli apparecchi professionali è comunque giustificato da altre caratteristiche, non visibili in questi spettri. Gli apparecchi professionali sono più sensibili, hanno una maggiore dinamica (rapporto tra la minima e la massima luce misurabile) e possono anche fare misure quantitative.

Spettrometri simili

Non abbiamo inventato nulla di nuovo, esiste ad esempio lo spettrometro di PublicLab. Il nostro però non richiede di essere connessi a internet e non chiede l'indirizzo di mail per funzionare. Ci sarebbe anche qualche altro vantaggio non da poco a usare il nostro Theremino Spectrometer (principalmente che funziona). Per provare il loro software iniziare da qui: <http://spectralworkbench.org>

Abbiamo tentato a lungo di usare il loro Spectral Workbench, ma non siamo riusciti a fare la calibrazione e la riga gialla, su Firefox e su GoogleChrome, non si sposta (loro stessi scrivono che non funziona bene). Abbiamo provato anche con Internet Explorer ma è anche peggio (il "Legacy" non si apre proprio). Ma un punto interessante di PublicLab è che vendono un KIT a soli 40 dollari, WebCam compresa. Qualcuno potrebbe essere interessato a comprarlo: <http://store.publiclab.org/products/desktop-spectrometry-kit>

Il loro KIT funziona di sicuro con il nostro software. Nelle immagini pubblicate ha poca risoluzione ma potrebbe anche dipendere da una cattiva regolazione. Eventualmente provatelo e fateci sapere, grazie.

I comandi del menu



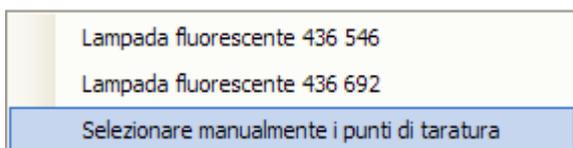
Il menu "File" ha solo il comando "Esci" che si usa per chiudere la applicazione.

Per chiudere l'applicazione si può anche usare la croce bianca su fondo rosso, nell'angolo in alto a destra della finestra.



Apertura del pannello di regolazione della webcam.

Apertura del sotto-menu dei punti di taratura.



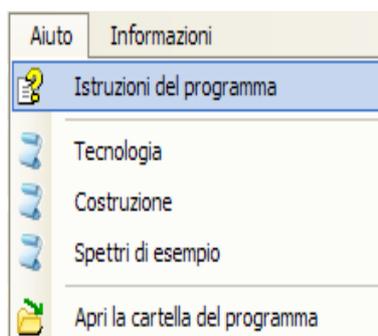
Impostazione della taratura standard.

Impostazione della taratura alternativa.

Impostazione manuale dei punti di taratura.



Scelta della lingua.



Istruzioni per l'uso (questo stesso documento).

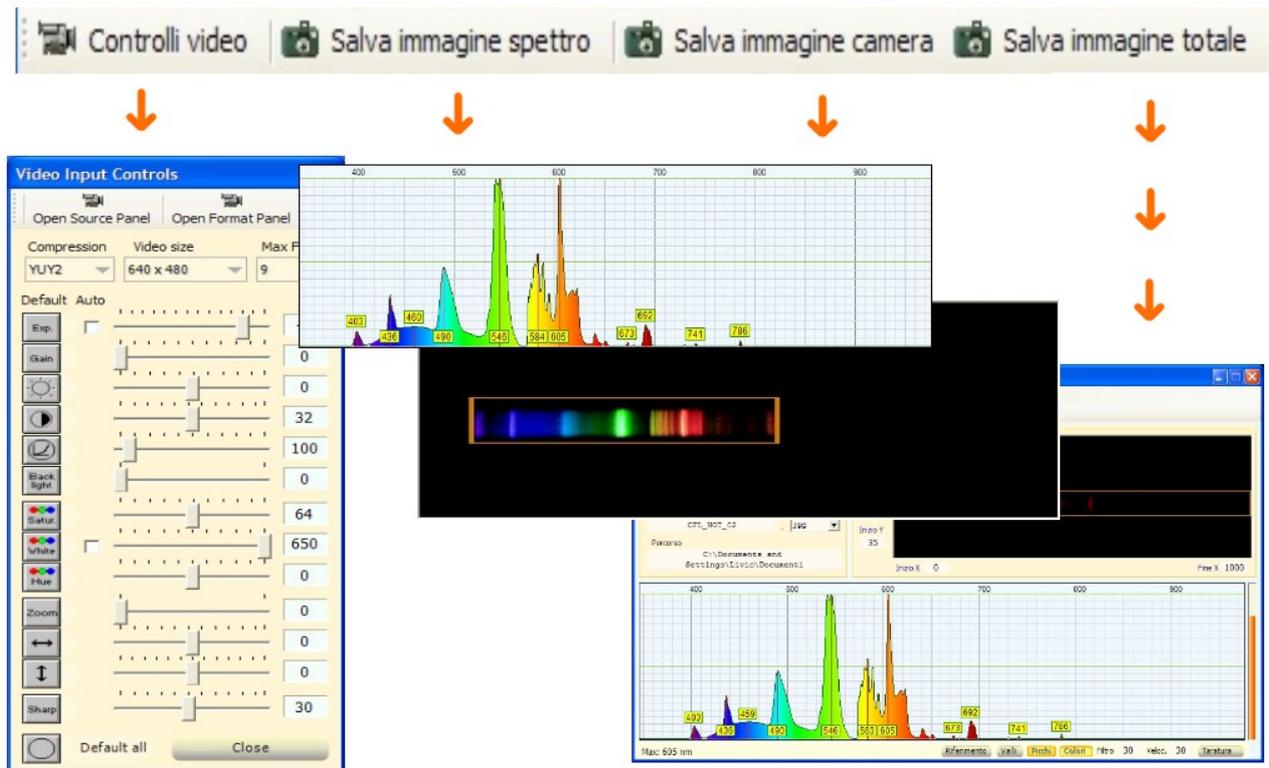
Principi di funzionamento dello spettrometro.

Istruzioni per la costruzione e le regolazioni dello strumento.

Informazioni varie sugli spettri e le sorgenti di luce.

Questo comando apre la cartella di lavoro del software, per controllare e modificare i documenti delle lingue e gli altri file.

I comandi della barra degli attrezzi



Controlli video

Con il bottone "Controlli video" si apre il pannello di regolazione dei parametri di input video (vedere pagina 7).

Salva immagine spettro

Con questo bottone si salva l'immagine della sola zona dello spettro.

Salva immagine camera

Con questo bottone si salva l'immagine della sola zona della camera.

Salva immagine totale

Con questo bottone si salva l'immagine totale della applicazione.

Il pannello del dispositivo video

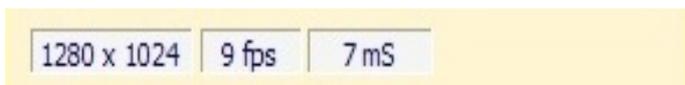


Scelta del dispositivo di input video

Cliccando sul nome si sceglie il dispositivo di input.

Quando si acquista un dispositivo fare attenzione che sia almeno 640 x 480 o anche meglio HD 720p (1280 x 720). E attenzione a non farsi ingannare dai molti mega-pixel che vengono spesso dichiarati. I mega pixel interpolati dal software sono sempre molto maggiori della risoluzione reale dell'hardware, ma si deve individuare la vera risoluzione, che purtroppo spesso è la solita 640 x 480.

Caselle di informazioni del dispositivo di input video



La prima casella indica la risoluzione attualmente impostata.

La seconda casella indica i fotogrammi al secondo "effettivi". Quando si imposta un valore alto per il parametro "Esposizione" non si raggiunge più il valore dei fotogrammi al secondo impostati nel pannello di regolazione.

La terza casella indica i millisecondi impiegati dal software per elaborare l'immagine. Questo tempo determina l'uso della CPU ed è bene che sia più basso possibile. A seconda delle caratteristiche del PC e di quali opzioni si usano nel programma, questo tempo può salire da pochi millisecondi, fino a un massimo di qualche decina. Il consumo totale di CPU è dato dai millisecondi moltiplicati per i fotogrammi al secondo.

Per limitare il consumo di CPU è bene non esagerare con la risoluzione della camera. Impostare oltre 1024 o al massimo 1280 è un inutile spreco, perché si tratta sicuramente di risoluzione "finta", interpolata dentro al driver.

Sempre per limitare il consumo di CPU è bene limitare i fotogrammi per secondo nelle regolazioni del dispositivo video (pannello della prossima pagina). Impostando 9 o 10 fotogrammi per secondo si ottiene un notevole risparmio di CPU, pur mantenendo una ragionevole velocità di risposta.

Regolazione dei parametri di input video

Queste proprietà sono accessibili solo se si usano dispositivi video con driver di tipo "WMV". Se si dispone solo di drivers "VFW" si dovrà necessariamente usare "Open source panel" e "Open format panel" come illustrato nella pagina seguente.

A seconda del dispositivo video selezionato alcune di queste proprietà possono mancare o essere disabilitate.

	Video Input Controls		
	Open Source Panel		Open Format Panel
	Compression	Video size	Max FPS
	YUY2	640 x 480	9
	Default Auto		
Tempo di esposizione	Exp.	<input type="checkbox"/>	-3
Guadagno	Gain	<input type="checkbox"/>	0
Luminosità		<input type="checkbox"/>	0
Contrasto		<input type="checkbox"/>	32
Gamma		<input type="checkbox"/>	100
Controluce	Back light	<input type="checkbox"/>	0
Saturazione	Satur.	<input type="checkbox"/>	64
Bilanciamento del bianco	White	<input type="checkbox"/>	650
Tinta	Hue	<input type="checkbox"/>	0
Zoom	Zoom	<input type="checkbox"/>	0
Pan		<input type="checkbox"/>	0
Tilt		<input type="checkbox"/>	0
Sharpness	Sharp	<input type="checkbox"/>	30
Default per tutti i parametri		Default all	Close

Molti driver dei dispositivi video contengono errori o sono stati scritti in modo "approssimativo". Uno dei difetti più comuni è perdere le impostazioni (si riapre il programma e qualcosa di questo pannello è cambiato). Alcuni driver riabilitano le caselle "Auto" ogni volta che si accende il computer o si cambia porta USB. In altri casi succede anche che alla partenza, le impostazioni effettive del "Bilanciamento del bianco" o della "Compressione" non siano quelle che vengono mostrate in questo pannello.

Questi difetti non sono dovuti alla applicazione Theremino Spectrometer, se si sostituisce il driver tutto va a posto (oppure i difetti cambiano).

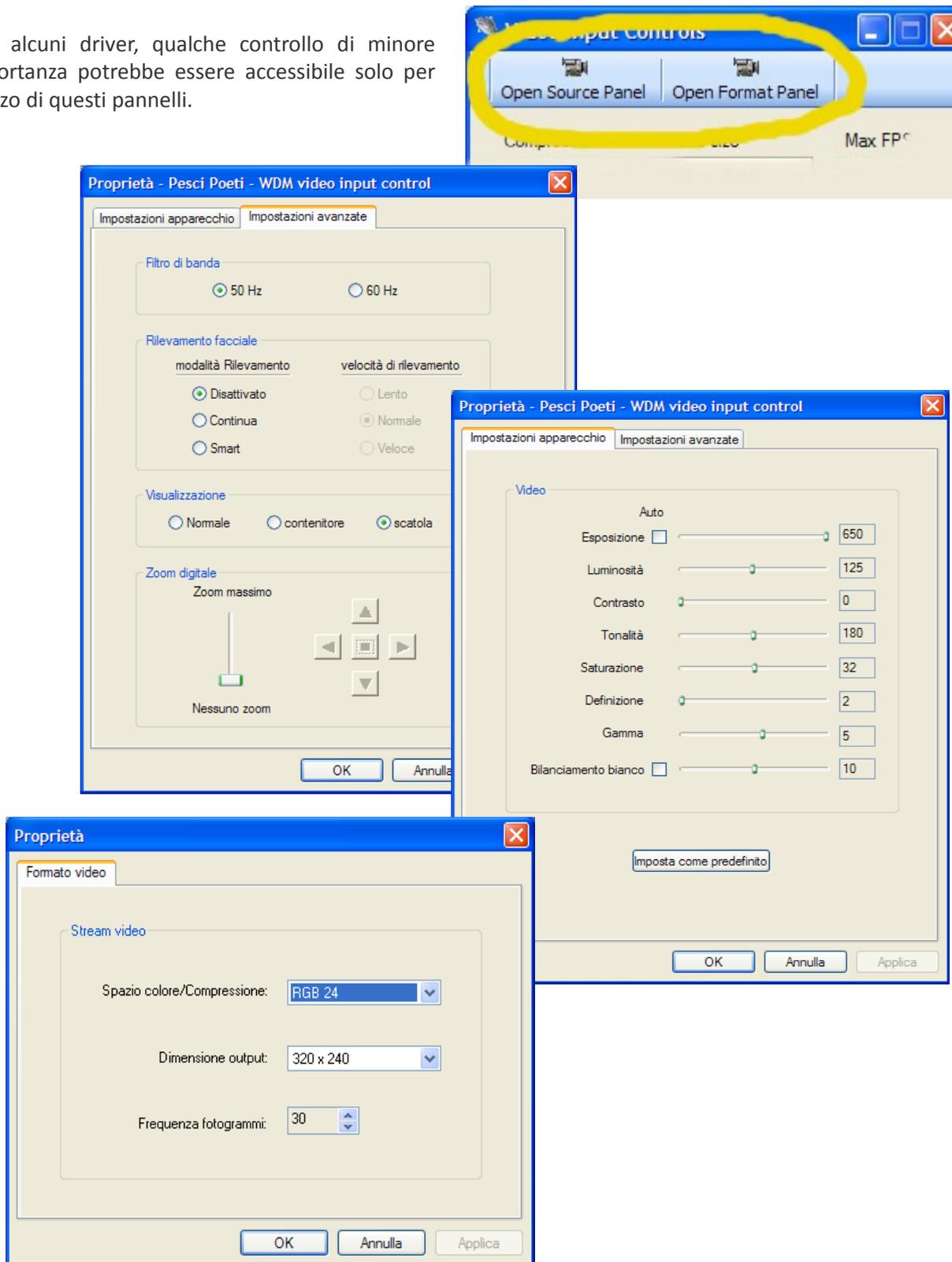
Se non si trova un driver migliore è necessario abituarsi ai suoi difetti. Dare una occhiata a queste impostazioni ogni volta che si inizia una sessione di misurazioni e eventualmente modificare alcuni controlli fino a che il dispositivo video si comporta correttamente.

Questo pannello può essere agganciato a destra o a sinistra della finestra principale, oppure posizionato dove si preferisce sullo schermo. Spostandolo con il mouse, la sua posizione verrà ricordata.

Regolazione delle proprietà per dispositivi VFW

Se il driver del dispositivo video (webcam) è di tipo WFM le sue proprietà sono accessibili solo tramite il "Pannello regolazioni" e il "Pannello formati".

Con alcuni driver, qualche controllo di minore importanza potrebbe essere accessibile solo per mezzo di questi pannelli.



Regolazioni per le immagini su file

Nome

Qui si imposta un nome per le immagini da salvare, ad ogni scatto le cifre finali verranno incrementate automaticamente.

Il numero di cifre viene rispettato pertanto se si vuole una numerazione a quattro cifre si deve partire, ad esempio, con "xxxx 0001" che verrà incrementato in "xxxx 0002", "xxxx 0003" etc...

Non importa cosa c'è a sinistra delle cifre, spazio o trattino o altro, il primo carattere non numerico a partire da destra viene considerato la fine del nome.

Il nome non può iniziare o finire con spazio, eventuali spazi iniziali o finali vengono automaticamente rimossi.

Percorso

La casella "Path" indica la cartella di destinazione, per cambiarla si fa doppio click sulla casella, si sceglie una cartella e si preme OK.

Si può anche modificare il "Path" manualmente oppure con copia e incolla.

Qualità JPEG

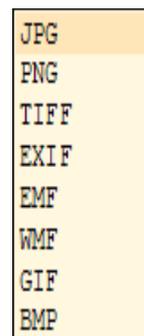
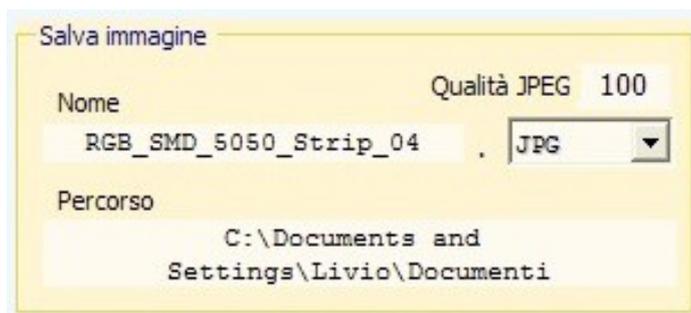
Normalmente si usa una qualità pari a 100, i file risultanti sono comunque abbastanza piccoli (circa da 100k a 300k). Se è proprio necessario avere file piccolissimi ridurre questo parametro. Con 50 le immagini sono ancora ragionevolmente buone, sotto a 30 i difetti diventano evidenti.

Formato del file

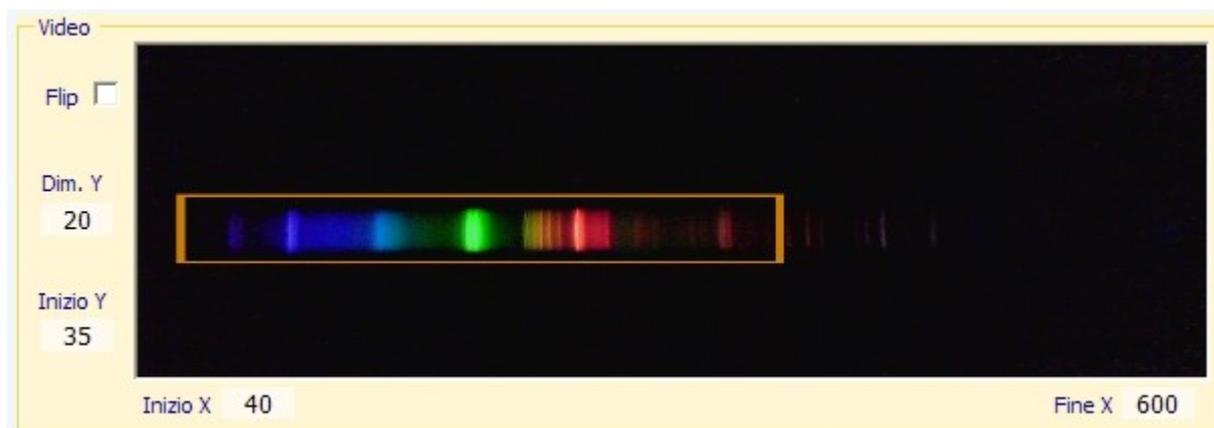
Normalmente si usa il formato JPG con qualità 100. Se si vuole una qualità maggiore un buon formato è il PNG che usa una compressione senza perdita di informazione.

Se una immagine JPG viene caricata e poi salvata un numero molto alto di volte, teoricamente dovrebbe peggiorare gradualmente (ma in pratica non si nota alcun cambiamento). Invece le immagini PNG possono essere salvate e ricaricate un numero infinito di volte e rimangono sempre identiche all'originale.

Anche TIFF, EXIF e BMP sono formati senza perdita di informazione ma producono file inutilmente grandi.



Regolazioni della immagine



Flip

Ribaltamento orizzontale della immagine. Usare questo comando determina un piccolo carico di lavoro aggiuntivo per la CPU. Quindi lo si deve usare solo se si è fissata la webcam sulla parete sbagliata dello spettrometro oppure sottosopra. Se possibile modificare lo spettrometro per non doverlo usare.

Dim. Y

Questo valore determina il numero di righe di pixel usate per la analisi. Il software fa la media tra i valori di tutte le righe e questo migliora la sensibilità e riduce il rumore. Un altro vantaggio di usare un'area composta da molte righe è che sono sopportabili anche piccoli errori di posizione verticale dovuti a un imperfetto allineamento dello spettrometro. Si consiglia di usare normalmente un valore di almeno 10 o 20, in modo da lasciare un po' di margine sopra e sotto lo spettro. In alcuni casi particolari (reticolo di diffrazione allineato male) si può ottenere un leggero aumento della risoluzione, impostando questo valore da 1 a 5 e posizionando il rettangolo al centro dello spettro.

Inizio Y

Regolare in modo che l'area di misura sia centrata sullo spettro.

Inizio X

Con questa casella si imposta l'inizio della scala, con conseguente ingrandimento di una zona limitata dello spettro.

Fine X

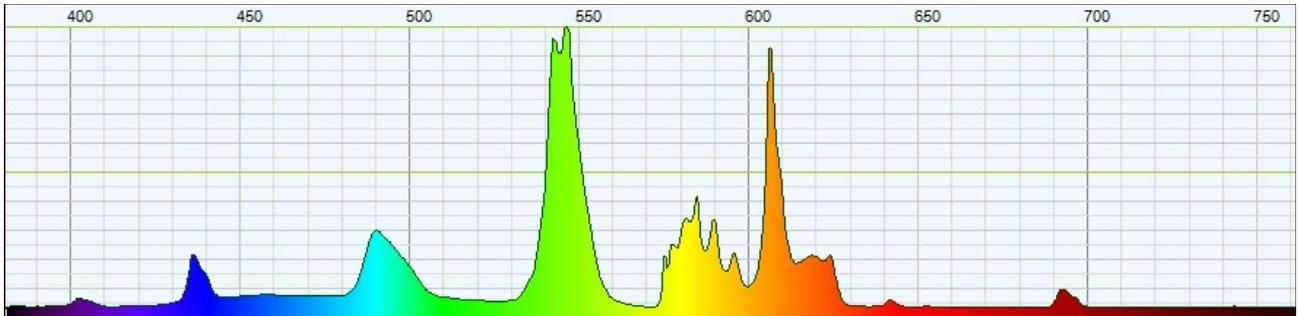
Con questa casella si imposta la fine della scala, con conseguente ingrandimento di una zona limitata dello spettro.

I parametri **Inizio X** e **Fine X** possono essere regolati anche ingrandendo e spostando il grafico dello spettro, come spiegato nella prossima pagina.

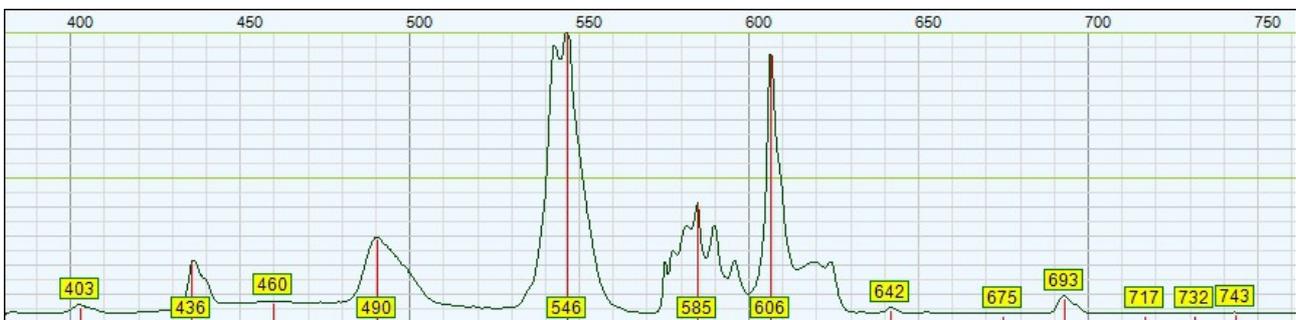
Lo spettro e la scala di misura

Per ingrandire lo spettro si clicca su di esso con il bottone sinistro del mouse e poi si usa la rotella.

Per spostarlo si clicca con il bottone sinistro del mouse e poi si muove il mouse a destra e a sinistra, mantenendo premuto il bottone.



Lo spettro può essere visualizzato in più modi, i comandi relativi sono spiegati nella prossima pagina.



Max: 546 nm

Riferimento Valli Picchi Colori Filtro 39 Veloc. 30 Taratura

La barra dei comandi inferiore



Indicatore di misura

La prima casella a sinistra di questa barra ha due funzioni:

- ◆ Quando il cursore del mouse si trova nell'area del grafico, la casella indica la posizione del cursore in percentuale rispetto al massimo e in orizzontale in nano-metri.
- ◆ Quando il cursore si trova all'esterno dell'area del grafico, la casella indica il valore in nanometri del picco più alto.

Riferimento

Abilitazione del riferimento per le misure di assorbimento. Vedere pagina 15.

Valli

Abilitazione delle etichette di misura per i minimi del grafico.

Picchi

Abilitazione delle etichette di misura per i massimi del grafico.

Colori

Abilitazione della colorazione relativa alle lunghezze d'onda.

Filtro

Filtraggio del rumore del grafico. Regolare normalmente a 30. Alzando questo valore fino a 50 o in casi estremi, fino a 100, si eliminano i disturbi e gli scalini dal grafico. Come contropartita si deve accettare un allargamento delle righe e una riduzione della risoluzione.

Velocità

Velocità di risposta. Regolare normalmente a 30. Abbassando questo valore fino a 10 o in casi estremi, fino a 1, si integra il segnale e si eliminano i disturbi di breve durata. Come contropartita si deve accettare un notevole rallentamento della risposta. Se si vuole una risposta veloce alzare questo valore fino a 100.

Taratura

Abilitazione delle etichette per la taratura della scala. Vedere pagina 14.

Appendice 1 - Regolazione dei valori nelle caselle numeriche

Le caselle numeriche di Theremino Spectrometer (e di tutte le altre applicazioni del sistema Theremino) sono state sviluppate da noi (nota 1) per essere più comode e flessibili delle TextBox originali di Microsoft.

Inizio X	40	Fine X	600	Filtro	30	Veloc.	30
----------	----	--------	-----	--------	----	--------	----

I valori numerici sono regolabili in più modi

- ◆ Cliccando, e tenendo premuto, il bottone sinistro del mouse e muovendo il mouse su e giù.
 - ◆ Con la rotella del mouse.
 - ◆ Con i tasti freccia-su e freccia-giù della tastiera.
 - ◆ Con i normali metodi che si usano per scrivere numeri con la tastiera.
 - ◆ Con i normali metodi di selezione e di copia-incolla.
-
- ➔ Il metodo di muovere il mouse su e giù permette ampie e veloci regolazioni.
 - ➔ La rotella del mouse permette una regolazione comoda e immediata.
 - ➔ I tasti freccia permettono regolazioni fini, senza dover distogliere lo sguardo dall'operazione in atto.

(Nota 1) Come tutto il nostro software, i file sorgenti sono disponibili (Freeware e OpenSource sotto licenza Creative Commons) e sono scaricabili da qui: www.theremino.com/downloads/uncategorized (sezione "Custom controls") Questi controlli possono essere usati a piacere in ogni progetto anche senza nominarne la fonte. I sorgenti "Open" servono anche come garanzia che non vi abbiamo incluso malware.

Appendice 2 - Taratura della scala

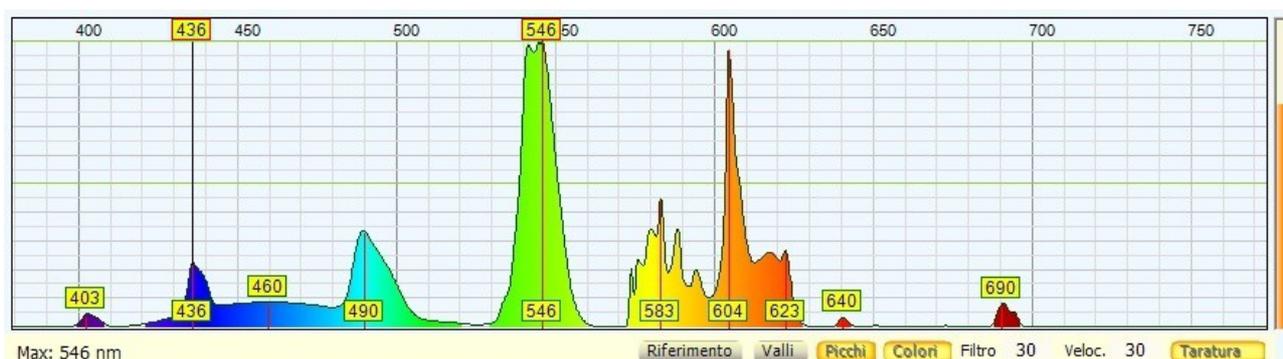
Per tarare la scala dello spettrometro serve una lampada fluorescente.

Si può usare una delle lampade a risparmio energetico che si usa per la illuminazione di casa, oppure si può preparare una comoda sorgente di taratura, seguendo le istruzioni a pagina 19 del file "Theremino Spectrometer Construction".



Effettuare la taratura

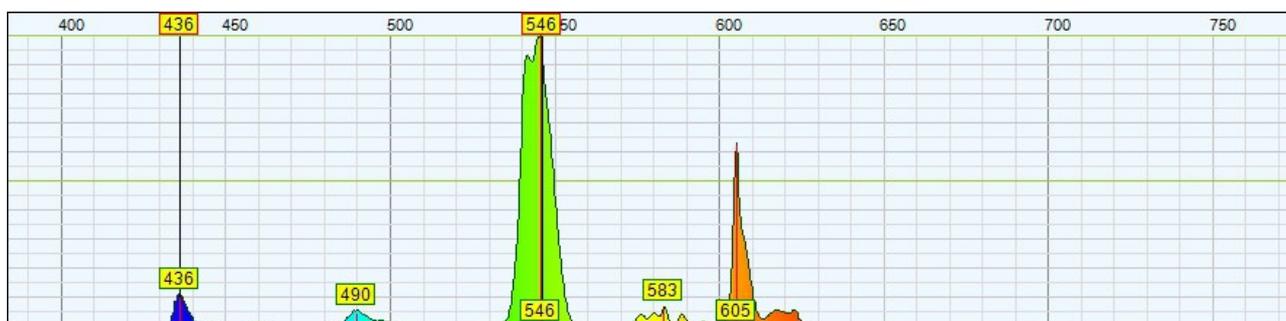
- ◆ Disporre la lampada vicino alla fessura di ingresso dello spettrometro e regolare la "Esposizione" per avere un grafico simile al seguente.
- ◆ Assicurarsi che i pulsanti "Riferimento" e "Valli" non siano premuti e che "Picchi" e "Colori" lo siano.
- ◆ Premere il pulsante "Taratura" e individuare le due nuove etichette che appaiono in alto, nella zona dei numeri della scala.
- ◆ Trascinare, una per volta, le etichette, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, fino a che si trovano sulla punta dei due picchi caratteristici del mercurio a 436 e 546 nm.



Qui si vedono i due picchi del mercurio e le etichette a 436 e 546 che appaiono premendo "Taratura"

I punti di taratura potrebbero anche non essere 436 e 546. Per impostarli, vedere i comandi del menu a pagina 4.

Per tarare con maggiore precisione, ingrandire la zona di interesse con la rotella e con il pulsante sinistro del mouse. Allontanare anche la lampada in modo che i picchi non abbiano la punta appiattita e che il loro massimo risulti più evidente.



Allontanando la lampada i picchi si restringono e i loro massimi diventano più precisi.

Appendice 3 - Misure di assorbimento

Le misure di assorbimento si effettuano con il bottone "Riferimento" e servono per misurare la curva di risposta dei filtri colorati e l'assorbimento di varie sostanze, ad esempio l'olio di oliva.

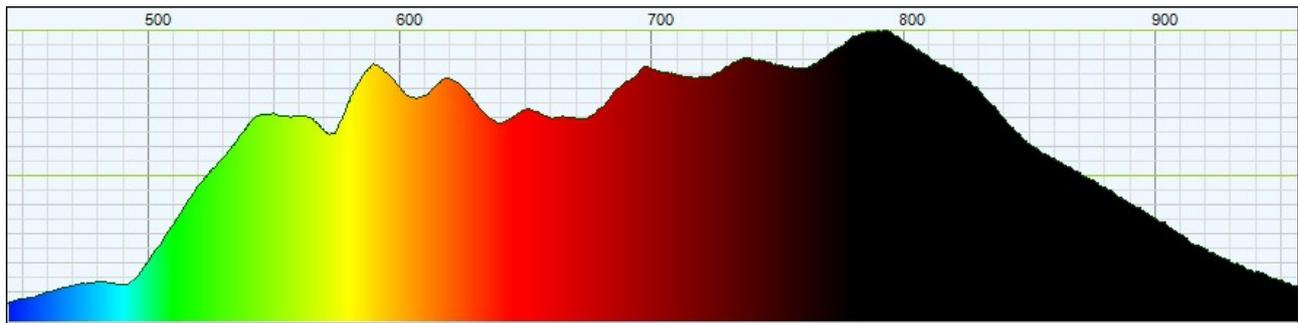
Per queste misure, è necessario disporre di una sorgente che emetta luce in tutto lo spettro (o almeno nella zona da misurare). Le sorgenti di questo tipo si chiamano "Broadband" (a larga banda). Le istruzioni per preparare sorgenti Broadband sono nelle ultime pagine del file "Theremino Spectrometer Construction".

Effettuare una misura di assorbimento

- ◆ Assicurarsi che i pulsanti "Valli" e "Picchi" non siano premuti e che "Colori" lo sia.
- ◆ Aprire il diaframma completamente per avere più luce possibile (le misure sui filtri non richiedono molta risoluzione).
- ◆ Regolare i controlli "Filtro" e "Velocità" con il valore 30 (con valori molto alti o bassi diventa difficile effettuare le misure di assorbimento).
- ◆ Disporre la lampada "broadband" vicino alla fessura di ingresso dello spettrometro ma lasciando tra la lampada e lo spettrometro uno spazio sufficiente per il filtro o la provetta da misurare.
- ◆ Regolare la posizione della lampada per avere una buona illuminazione.
- ◆ Alzare il controllo di esposizione per coprire una ampia zona di spettro. Ma non si deve esagerare con la luce e l'esposizione, altrimenti si verificano fenomeni di abbagliamento (visibili nella finestrina nera della telecamera) e le misure verranno falsate. Se c'è troppa luce e troppa esposizione lo spettro non andrà mai a zero, nemmeno nelle zone dove i filtri assorbono tutta la luce.
- ◆ Provare premendo il pulsante "Riferimento" se la zona coperta è sufficiente.
- ◆ Inquadrare la zona di interesse con "Start X" e "End X" o con il mouse.
- ◆ Prima di inserire il campione da misurare, premere il pulsante "Riferimento"
- ◆ Da questo momento tenere ben fermi sia la lampada che lo spettrometro. Se li si toccano inserendo il campione allora si dovrà ripetere il riferimento.
- ◆ Inserire il campione, verificare lo spettro e eventualmente salvare la sua immagine senza far passare troppo tempo (il riferimento si deteriora col tempo per il riscaldamento della sorgente di luce e altre cause meccaniche).
- ◆ Nel caso che sia passato molto tempo o che si sia mossa la sorgente di luce, togliere il campione e controllare che il riferimento sia ancora valido (parte superiore dello spettro allineata con la linea colorata superiore).
- ◆ Per ripristinare il riferimento, prima si toglie il campione e poi si disabilita e riabilita il pulsante "Riferimento".

Nelle prossime pagine il procedimento di misura è spiegato con le immagini.

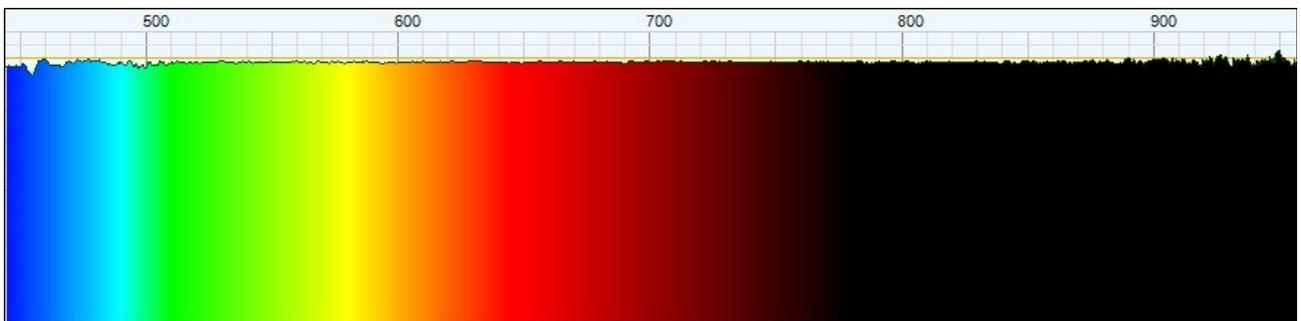
Appendice 3 - Misure di assorbimento (immagini)



Questo è lo spettro di una piccola lampada incandescente.

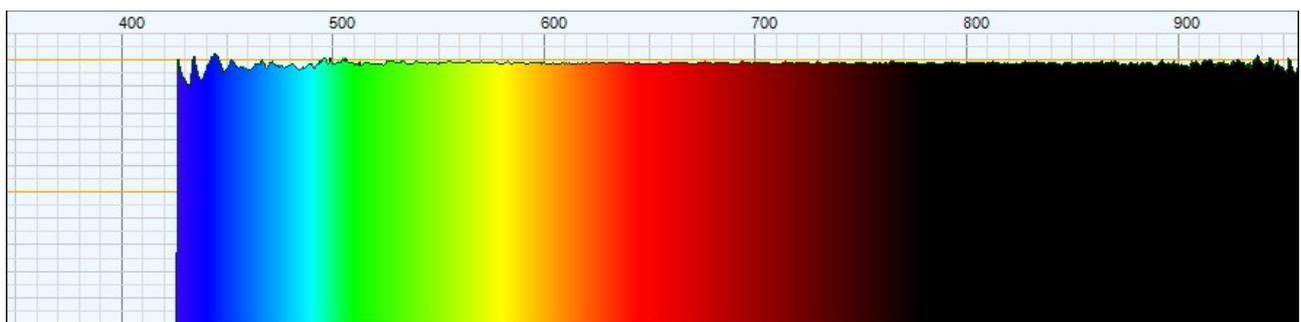
Per questa lampada la zona utile va da 450 a 950 nm per cui abbiamo regolato la scala per vedere solo questa zona. (Si considera come "zona utile" la zona in cui la lampada emette almeno un 15-20% di energia).

Sarebbe stato preferibile disporre di una sorgente di luce più uniforme (una broadband o per lo meno una alogena), ma tali sorgenti sono costose, difficili da costruire e scaldano molto. Quindi per questi esempi ci accontenteremo.



Premendo il pulsante "Riferimento" si verifica che la zona prescelta sia effettivamente tutta usabile.

Si noti che nelle zone terminali, dove l'energia è poca, la linea diventa più ruvida. In queste zone le misure sono ancora possibili ma saranno meno precise.



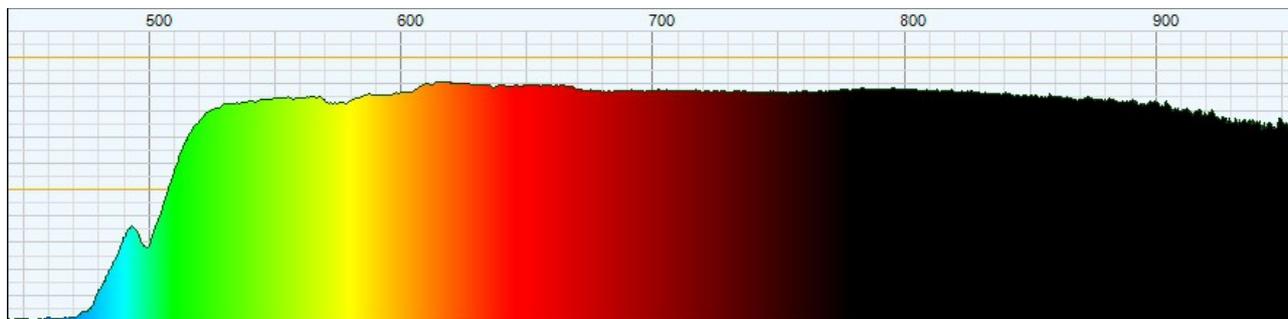
Qui si vede cosa succede se si preme "Riferimento" usando una zona troppo ampia.

La zona sotto ai 450 nm dispone di troppa poca luce per le misure, e diventa progressivamente meno liscia. Qui non si vedono i movimenti ma questa zona oltre che imprecisa è anche molto instabile.

Scendendo ancora, sotto ai 425 nm, il software decide che la zona è troppo debole e instabile e la scarta completamente.

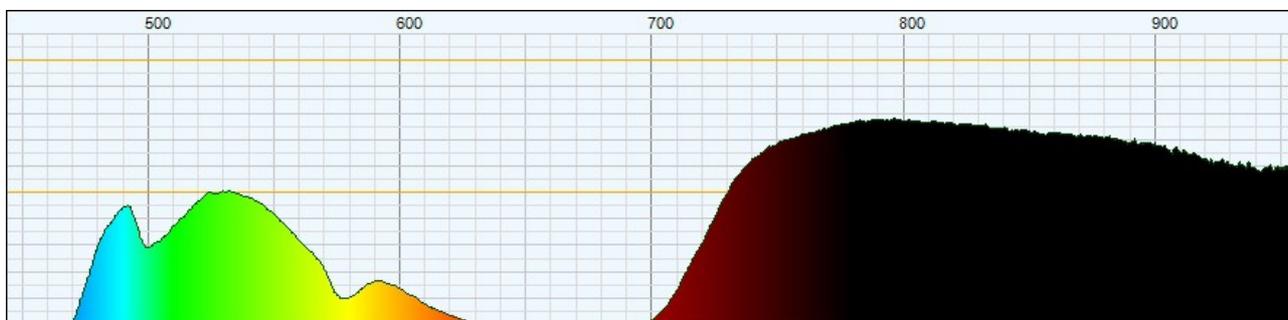
Appendice 3 - Misure di assorbimento (immagini)

Nelle prossime immagini si vede lo spettro di alcuni filtri colorati.



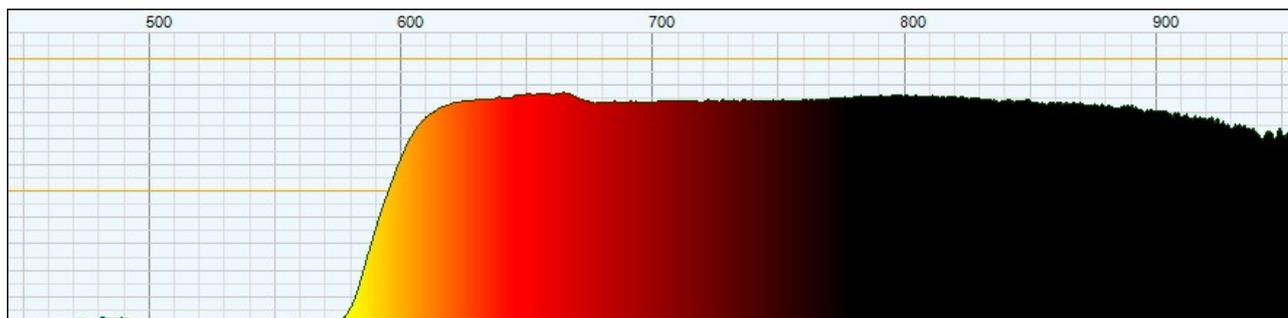
Interponendo un filtro giallo lo spettro non è più al 100% (dove è la riga colorata superiore).

Questo filtro giallo attenua in modo deciso da 500 nm in giù e lascia passare bene, dall'80 al 90%, tutti gli altri colori, fino all'infrarosso.



Questo è lo spettro di un filtro verde.

Questo filtro lascia passare il verde con il 50% di energia e attenua tutti gli altri colori tranne l'infrarosso. Quasi tutti i filtri lasciano passare l'infrarosso perché altrimenti i fari li scalderebbero fino a rovinarli.



Questo è lo spettro di un filtro rosso.

Anche questo filtro oltre al suo colore preferito lascia passare gli infrarossi molto bene.

Questi spettri mostrano la luce che riesce a passare, non l'assorbimento. Sarebbe più giusto chiamarli "Spettri di trasmissione" ma il termine "assorbimento" è più usato.

Per capirsi, quando la riga dello spettro è alta vuol dire che molta luce è riuscita a passare, quando è bassa vuol dire che il campione ha "assorbito" molta luce.

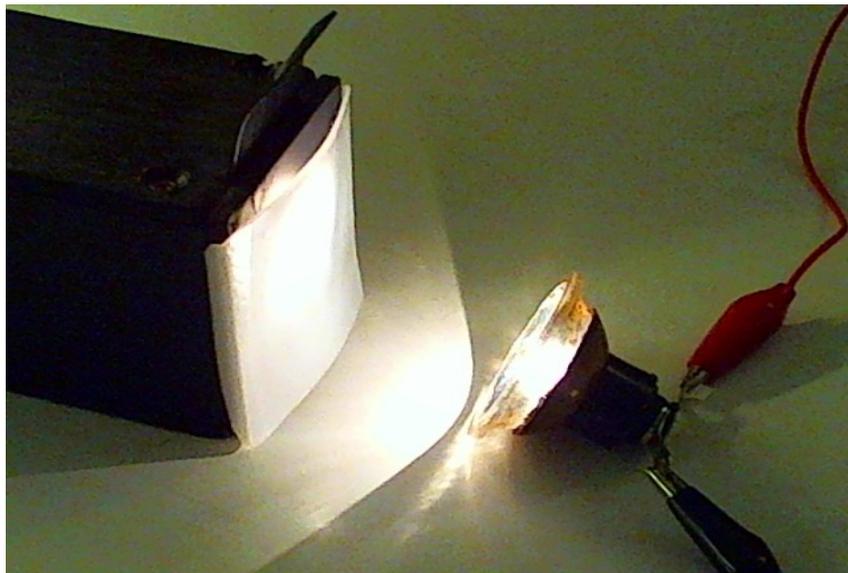
Appendice 3 - Misure di assorbimento (immagini)

Qui si vede un semplice allestimento per la misura dei filtri colorati, utilizzando una piccola lampadina ricavata da una torcia elettrica.

Per consumare poco e far durare di più le pile, abbiamo utilizzato una lampadina da poco più di 1 Watt (300mA a 6 Volt) che alimentata a 4.5 Volt, consuma solo 200mA.

Con così poca potenza è necessario avere anche un buon riflettore parabolico.

Si possono ricavare dalla torcia, sia la lampadina che il riflettore, oppure si potrebbe utilizzare la torcia completa.



Le piccole lampadine al tungsteno come questa emettono poca luce nel blu e quasi nessuna luce negli ultravioletti.

Sarebbe preferibile utilizzare una lampada broadband allo xenon, o una alogena.

Leggere i consigli per le lampade nelle ultime pagine del documento "Theremino Spectrometer Construction".

