



# Apprendimento attivo a distanza: un'esperienza di LRR mediata dal docente, per l'apprendimento della fisica del colore

**P. Sapia<sup>1</sup>, G. Bozzo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratorio di Fisica Applicata per le Nanotecnologie, i Beni Culturali e la Comunicazione della Scienza. Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra – Università della Calabria.*

<sup>2</sup> *Liceo Scientifico “G.B Quadri” – Vicenza.*

## IL CONTESTO

La pandemia ha provocato un repentino spostamento delle attività didattiche verso le modalità di fruizione remota.

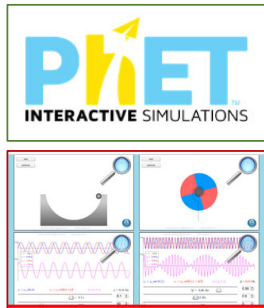
In tal modo ha messo duramente alla prova l'efficacia delle modalità di apprendimento a distanza  
(Specie nei contesti centrati su metodologie laboratoriali)



Specifica richiesta da parte delle scuole del territorio circa attività di stampo laboratoriale da svolgere a distanza, anche nell'ambito di percorsi P.C.T.O.

# Laboratorio a distanza: quale modello?

**Laboratorio VIRTUALE**  
(basato su simulazioni,  
anche quantitative,  
che consentono di  
effettuare «misure»)



**Laboratorio REALE a controllo REMOTO**  
(basato su strumentazione reale  
controllata da remoto attraverso  
interfacce web)



**VIDEO (analisi)**  
**di esperimenti reali**  
(applicabile soprattutto a  
tematiche di meccanica e ottica)



**Due di tali modalità sono state adottate in una nostra precedente esperienza**

 UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI  
BIOLOGIA, ECOLOGIA  
E SCIENZE DELLA TERRA  
DIBEST

**UniCal vs COVID19**

## Laboratorio virtuale di Fisica per non-fisici

*Attività di accoglienza telematica per gli studenti iscritti al primo anno dei CdS triennali del DiBEST*

*a.a. 2020/21*

*P. Sapia, G. Bozzo, L. Madeo, F. Napoli*

 **PhET**  
INTERACTIVE SIMULATIONS  
University of Colorado Boulder

 **Tracker**  
Video Analysis and Modeling Tool

 **ImageJ**  
Microscopy Image Analysis Software

# Laboratorio Reale Remoto (LRR)

Implementazione "forte"

Gli studenti svolgono esperimenti reali, accedendo da remoto all'apparato sperimentale opportunamente interfacciato

Richiede infrastrutture impegnative...

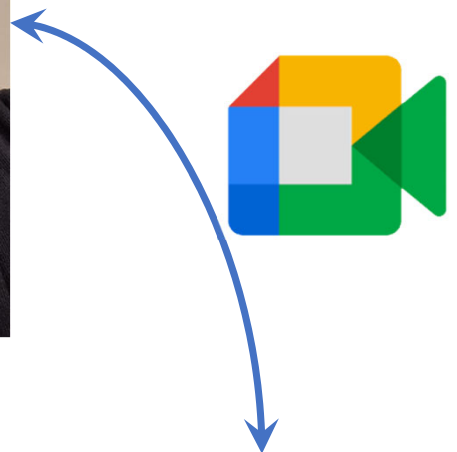
Difficile da implementare estemporaneamente in emergenza



... modello di azione laboratoriale *attiva* (lato discenti), ma attuabile a distanza senza necessità di infrastrutture dedicate?

**Modello misto:**

Docente @ Lab  
Discenti @ Casa



# UN diverso paradigma LRR-ibrido



Docente @ LAB



Discenti @ CASA



- a) I discenti vengono introdotti alla problematica che verrà affrontata sperimentalmente.
- b) L'istruttore esegue gli esperimenti (reali, in laboratorio) collegato in video-conferenza con i discenti da casa.
- c) I dati sperimentali acquisiti vengono trasmessi in tempo reale ai discenti,  
*che...*
- d) ... li elaborano (in gruppetti connessi tra loro in video-conferenze ristrette) ed eventualmente chiedono al docente l'esecuzione di altre misure da svolgere durante una successiva sessione, sempre in tempo reale.  
*Infine...*
- e) ... le informazioni ricavate dall'elaborazione dei dati vengono presentate dai gruppetti e discusse "in plenaria" (sempre telematica...).

# Tematica

## Il COLORE:

- Relazione tra aspetti fisici e percettivi.
- Rappresentazione digitale ed elaborazione.

... con particolare riferimento alle *applicazioni diagnostiche sulle opere d'arte*.

### ESPERIMENTI

Spettroscopia di riflettanza per la caratterizzazione di pigmenti pittorici.

Elaborazione digitale di immagini in falso colore



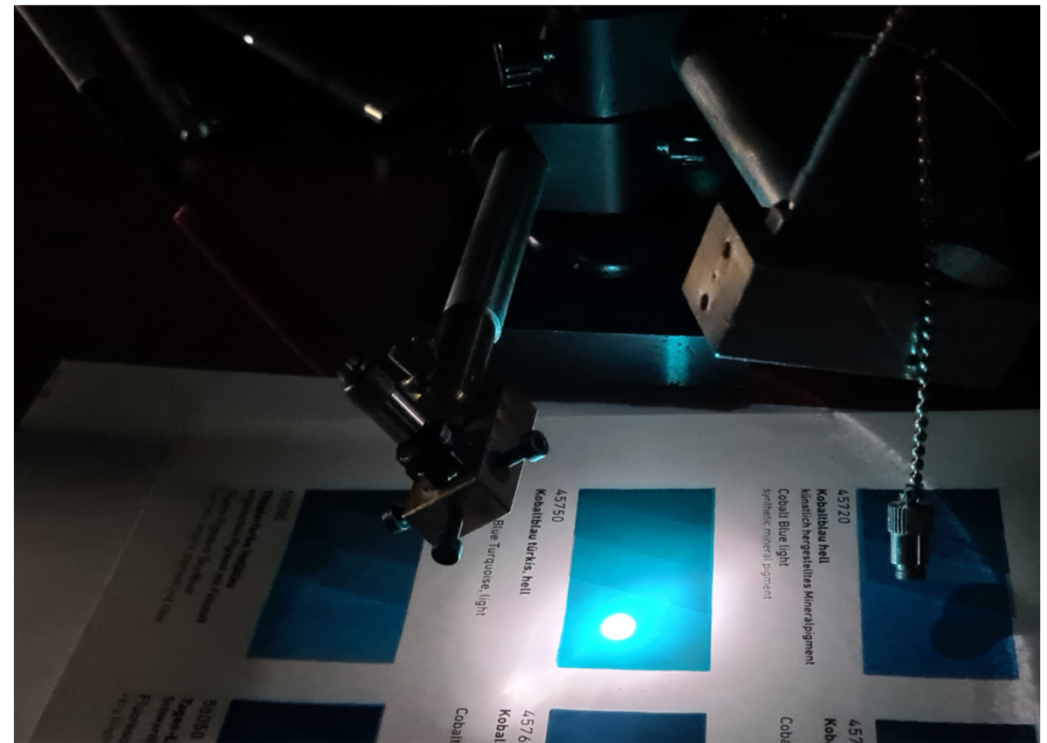
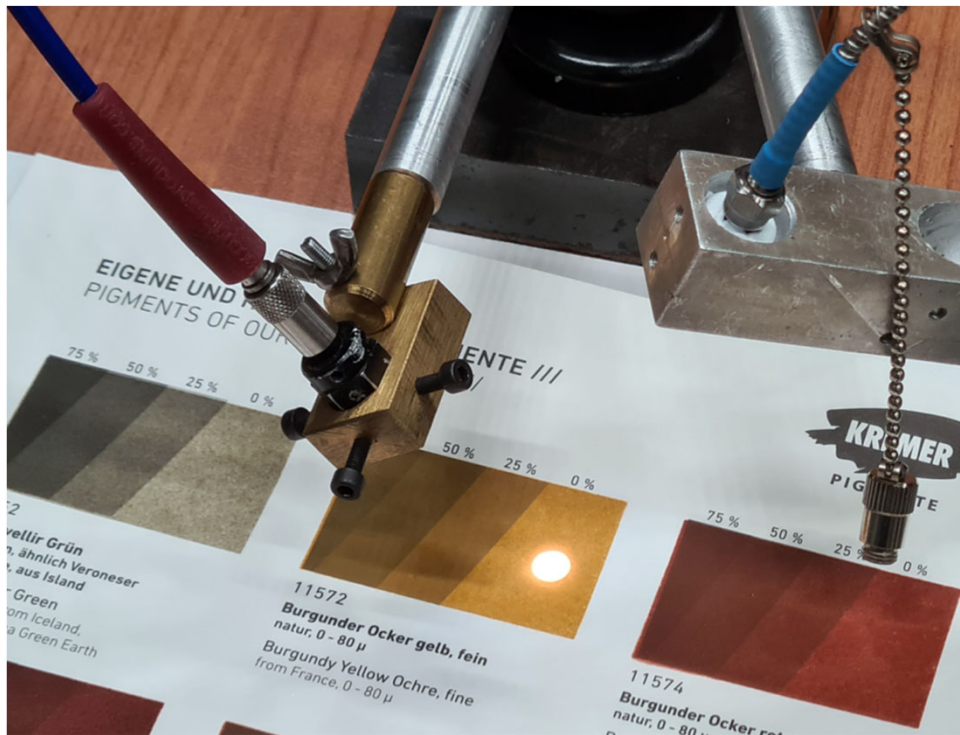
## Argomenti fisici e tecnologici coinvolti

- ❑ Aspetti generali delle onde e.m. e della loro interazione con la materia (assorbimento, diffusione, dispersione).
- ❑ Relazione qualitativa tra spettro e sensazione cromatica.
- ❑ 'Misura' delle percezioni: colorimetria e standard CIE.
- ❑ Sorgenti luminose e loro caratterizzazione spettrale (es.: *temperatura di colore*, illuminante *D65 – daylight*).
- ❑ Rappresentazione digitale delle immagini ed elaborazione (es.: canali di colore e loro manipolazione).
- ❑ Vedere l'invisibile: elaborazione di immagini in falso colore mediante la componente IR.

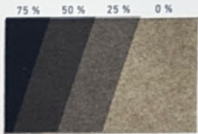
**A1**

A1

# Spettroscopia di riflettanza per la caratterizzazione di pigmenti pittorici.



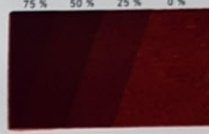
EIGENE UND HISTORISCHE PIGMENTE ///  
PIGMENTS OF OUR PRODUCTION ///



11552  
**Brimisvellir Grün**  
moosgrün, ähnlich Veroneser  
grüne Erde, aus Island  
Brimisvellir Green  
moss green, from Iceland,  
similar to Verona Green Earth



11572  
**Burgunder Ocker gelb, fein**  
natur, 0 - 80 µ  
Burgundy Yellow Ochre, fine  
from France, 0 - 80 µ



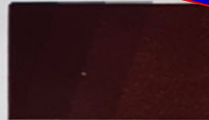
11574  
**Burgunder Ocker rot, fein**  
natur, 0 - 80 µ  
Burgundy Red Ochre, fine  
from France, 0 - 80 µ



11576  
**Burgunder Ocker rot dunkel, fein**  
Eisenoxidocker natur, Hämatit, 0 - 80 µ  
Burgundy Red Ochre Deep, fine  
from France, 0 - 80 µ



11585  
**Spanischer roter Ocker, fein**  
aus Kastilien,  
extra feine Mahlung, 0 - 63 µ  
Spanish Red Ochre, extra fine  
Bauxite, 0 - 63 µ



11620  
**Braune Erde von Otranto**  
eigene Grabung, Bohnerz, braunrot  
Brown Earth from Otranto  
Italy, pea-ore, sanguine-rust brown,  
standard grind



11630  
**Iseo-Braun**  
rötlich-braune Umbra  
aus der Lombardei, lasierend  
Iseo Brown  
reddish brown umber, from Italy



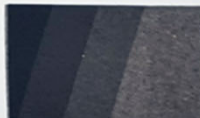
116421  
**Gelber marokkanischer Ocker, fein**  
brillanter Goldockerton, < 80 µ  
Yellow Moroccan Ochre, fine  
< 80 µ



116431  
**Roter marokkanischer Ocker, fein**  
warmer, satter Rotton, < 80 µ  
Red Moroccan Ochre, fine  
warm transparent red ochre, < 80 µ



116441  
**Dunkelroter marokkanischer Ocker, fein**  
kastanienbraun, < 80 µ  
Dark Red Moroccan Ochre, fine  
maroon, < 80 µ



11670  
**Onyx schwarz**  
0 - 120 µ  
Onyx Black  
0 - 120 µ



11674  
**Obsidian schwarz**  
Naturglas aus Mexiko  
Obsidian Black  
natural glass from Mexico

Oggetto dello studio:

Campioni di pigmenti pittorici Kremer

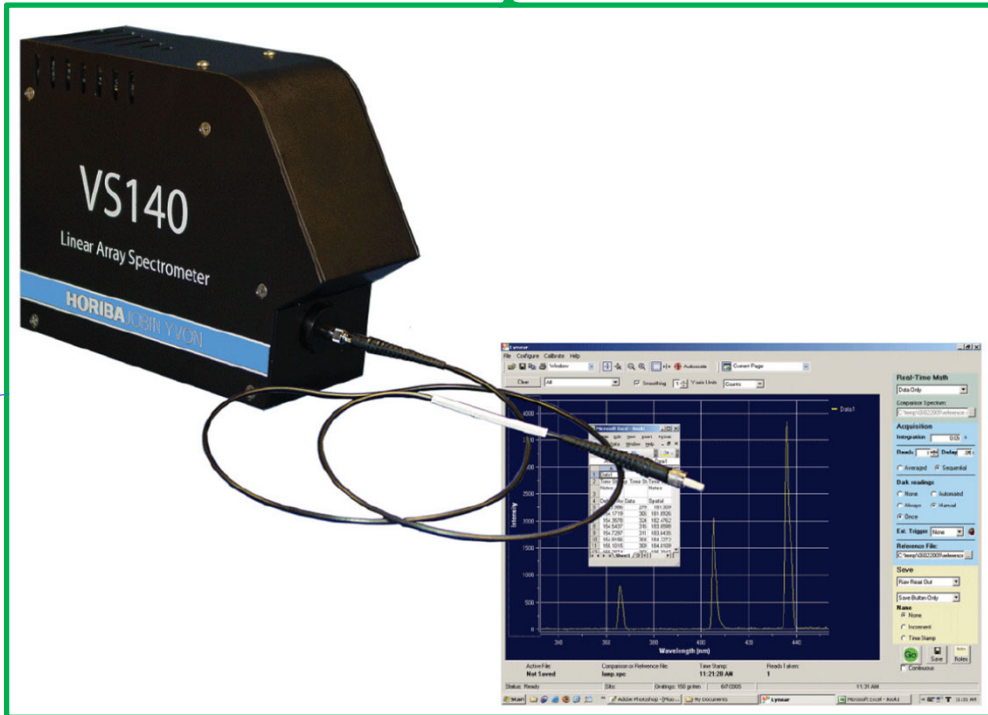


# STRUMENTAZIONE - 1



Lampada 'solare' (D65) con uscita a fibra ottica

Spettrometro USB portatile



07\_6sec\_45000.txt - Blocco note

File	Modifica	Formato	Visualizza
1,0000	4171		
2,0000	4170		
3,0000	4162		
4,0000	4186		
5,0000	4197		
6,0000	4216		
7,0000	4223		
8,0000	4234		
9,0000	4277		
10,0000	4318		
11,0000	4355		
12,0000	4383		
13,0000	4405		
14,0000	4441		
15,0000	4466		
16,0000	4510		
17,0000	4539		
18,0000	4597		
19,0000	4643		
20,0000	4717		
21,0000	4767		
22,0000	4821		
23,0000	4880		
24,0000	4962		
25,0000	5053		

Agli studenti sono stati inviati gli spettri 'grezzi' (file di testo da elaborare mediante Excel)

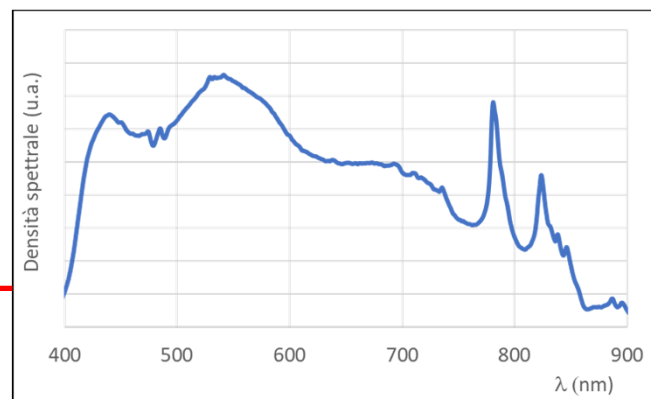
## Caratterizzazione dei pigmenti in riflettanza



## Caratterizzazione dei pigmenti in riflettanza



Illuminazione

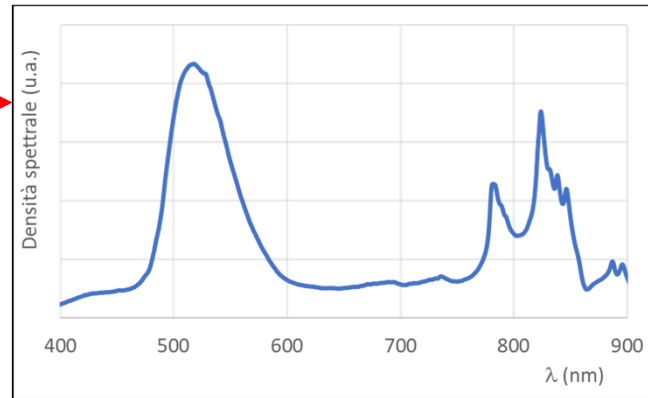


1

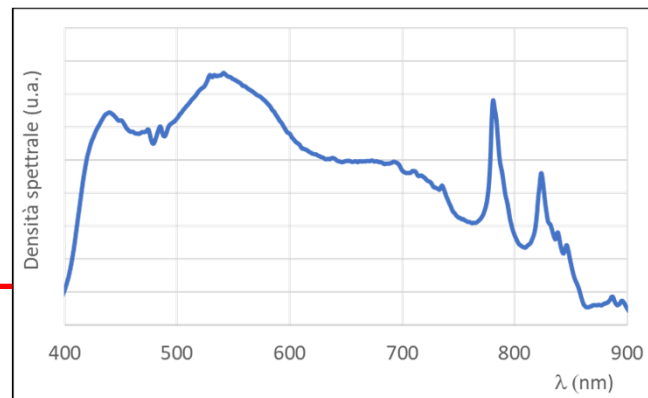
Il campione di pigmento viene illuminato mediante una sorgente il cui spettro è stato in precedenza determinato

## Caratterizzazione dei pigmenti in riflettanza

Luce diffusa



Illuminazione



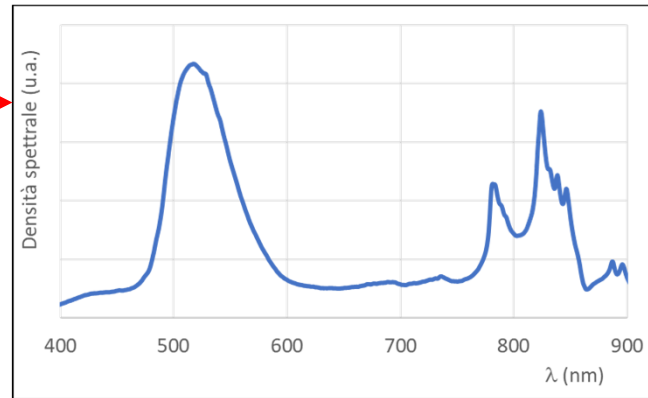
2

La luce diffusa dal campione viene raccolta con una fibra ottica e analizzata spettralmente

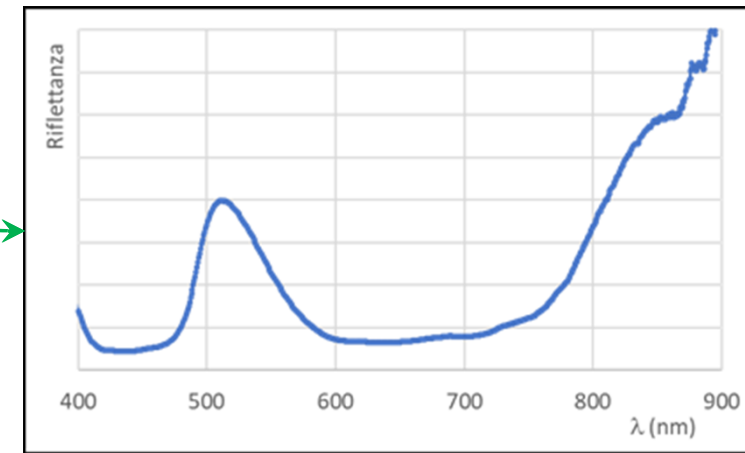


## Caratterizzazione dei pigmenti in riflettanza

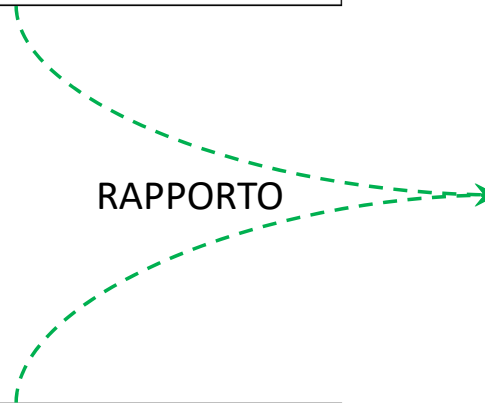
Luce diffusa



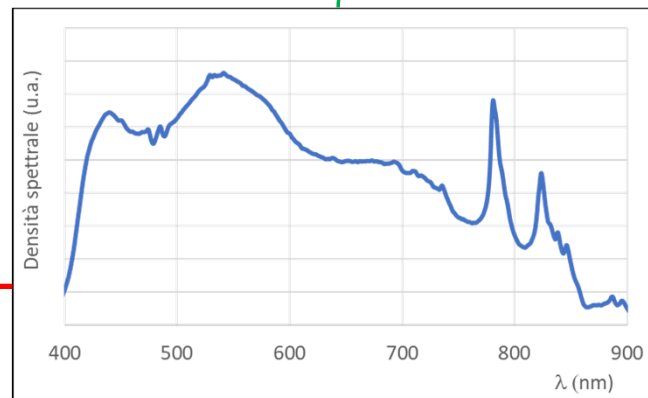
RIFLETTANZA



RAPPORTO



Illuminazione



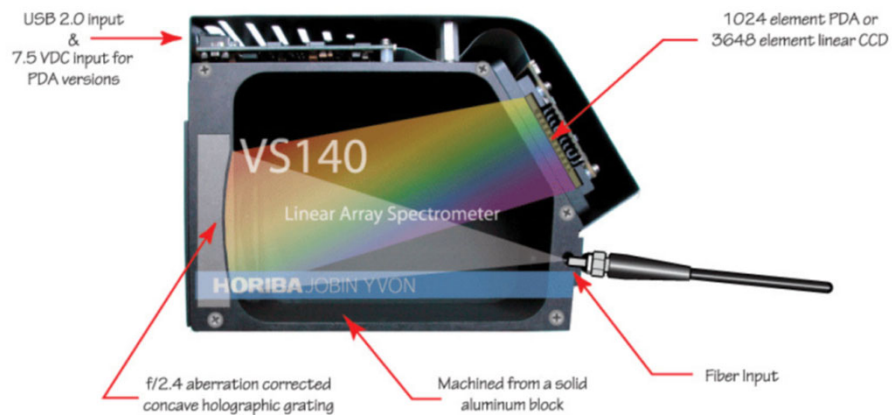
3

Viene determinato il rapporto (normalizzato all'area) tra i due spettri

## Qualche ESEMPIO di attività: Calibrazione dello spettrometro in lunghezza d'onda

Sarebbe stato possibile utilizzarlo «a scatola chiusa» mediante il software di elaborazione in dotazione, che fornisce  $I(\lambda)$

Tuttavia, dato lo scopo didattico...



# Qualche ESEMPIO di attività: Calibrazione dello spettrometro in lunghezza d'onda

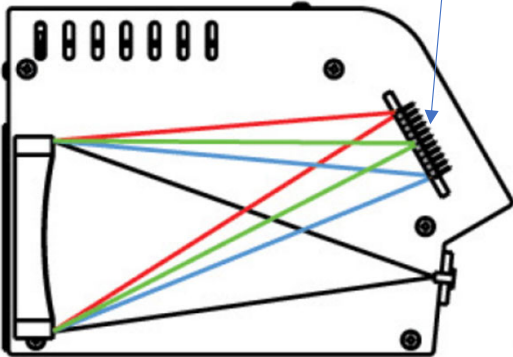
07\_6sec\_45000.txt - Blocco note

File	Modifica	Formato	Visualizza
1,0000			4171
2,0000			4170
3,0000			4162
4,0000			4186
5,0000			4197
6,0000			4216
7,0000			4223
8,0000			4234
9,0000			4277
10,0000			4318
11,0000			4355
12,0000			4383
13,0000			4405
14,0000			4441
15,0000			4466
16,0000			4510
17,0000			4539
18,0000			4597
19,0000			4643
20,0000			4717
21,0000			4767
22,0000			4821
23,0000			4880
24,0000			4962
25,0000			5053

OUT:  
1024 valori  
(ordinati) di  
intensità

$I(\#px) \rightarrow I(\lambda)$

Sensore: array lineare da 1024 pixel



# Qualche ESEMPIO di attività: Calibrazione dello spettrometro in lunghezza d'onda

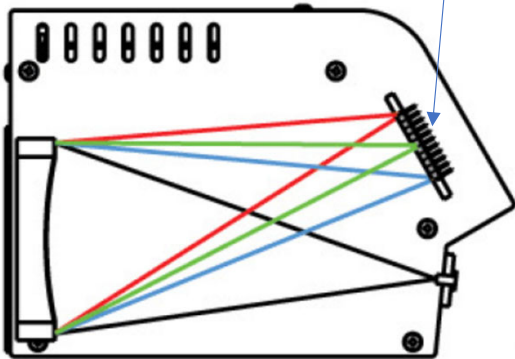
07\_6sec\_45000.txt - Blocco note

File	Modifica	Formato	Visualizza
1,0000			4171
2,0000			4170
3,0000			4162
4,0000			4186
5,0000			4197
6,0000			4216
7,0000			4223
8,0000			4234
9,0000			4277
10,0000			4318
11,0000			4355
12,0000			4383
13,0000			4405
14,0000			4441
15,0000			4466
16,0000			4510
17,0000			4539
18,0000			4597
19,0000			4643
20,0000			4717
21,0000			4767
22,0000			4821
23,0000			4880
24,0000			4962
25,0000			5053



OUT:  
1024 valori  
(ordinati)  
di intensità

Sensore: array lineare da 1024 pixel



CALIBRAZIONE:  
#pixel ↔ lambda

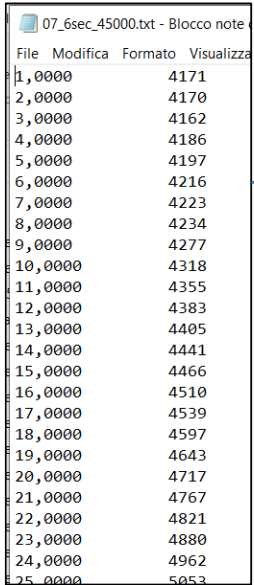
	Appunti	Carattere	Allineam
SOMMA			
	A	B	C
1			
2	# px	λ	I
3			
4	1	358,8864	3174
5	2	359,6924	3158
6	3	360,498	3132
7	4	358,08	3154
8	5	362,108	3160
9	6	362,9124	3167

$=-0,0002*A7^2 + 0,8066*A7 + 358,08$

$$\lambda = f(\#px)$$

Funzione (quadratica)  
di calibrazione

# Qualche ESEMPIO di attività: Calibrazione dello spettrometro in lunghezza d'onda

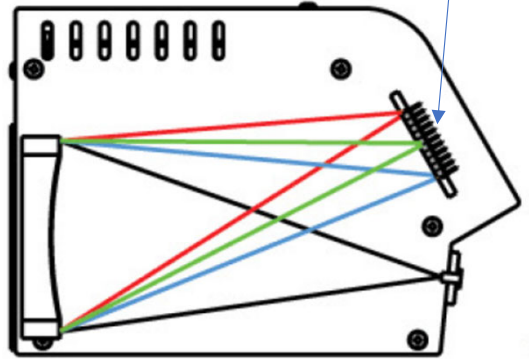


File	Modifica	Formato	Visualizza
1,0000			4171
2,0000			4170
3,0000			4162
4,0000			4186
5,0000			4197
6,0000			4216
7,0000			4223
8,0000			4234
9,0000			4277
10,0000			4318
11,0000			4355
12,0000			4383
13,0000			4405
14,0000			4441
15,0000			4466
16,0000			4510
17,0000			4539
18,0000			4597
19,0000			4643
20,0000			4717
21,0000			4767
22,0000			4821
23,0000			4880
24,0000			4962
25,0000			5053

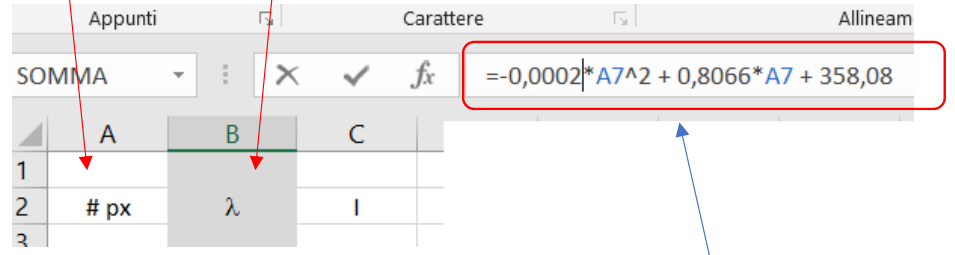
Excel

OUT:  
1024 valori  
(ordinati) di  
intensità

Sensore: array lineare da 1024 pixel

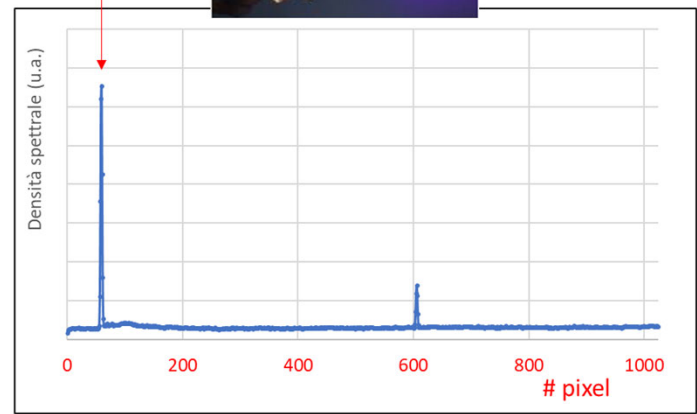


CALIBRAZIONE:  
#pixel ↔ lambda



Appunti	Carattere	Allineam
SOMMA	$=-0,0002 * A7^2 + 0,8066 * A7 + 358,08$	
A	B	C
1		
2	# px	λ
3		

... ottenuta fittando gli  
spettri di tre puntatori  
laser (rosso, verde,  
violetto) di lambda note.

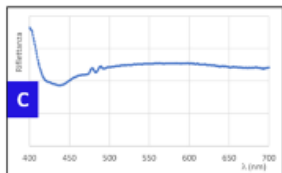
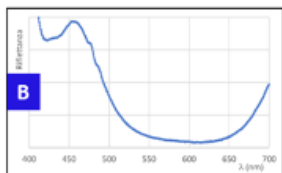
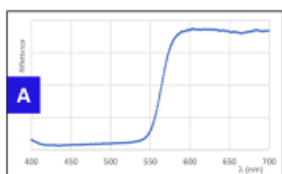


1



Uno dei tre spettri di riflettanza mostrati si riferisce al pigmento blu cobalto rappresentato nel campione in basso.

Di quale spettro si tratta?



A

B

C

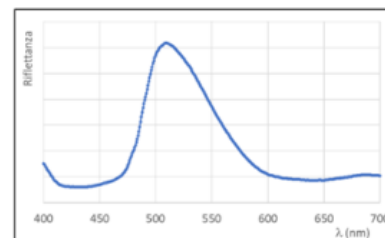
**Verifiche FORMATIVE**  
(in tempo reale  
durante la sessione,  
con discussione in  
diretta)



**DUE TIPOLOGIE**  
(entrambe  
abbinamento  
COLORE-SPETTRO)



2



Lo spettro di riflettanza in alto si riferisce a uno dei tre pigmenti mostrati.

Di quale pigmento si tratta?



A

B

C

**A2**

A2

## Elaborazione digitale di immagini in falso colore





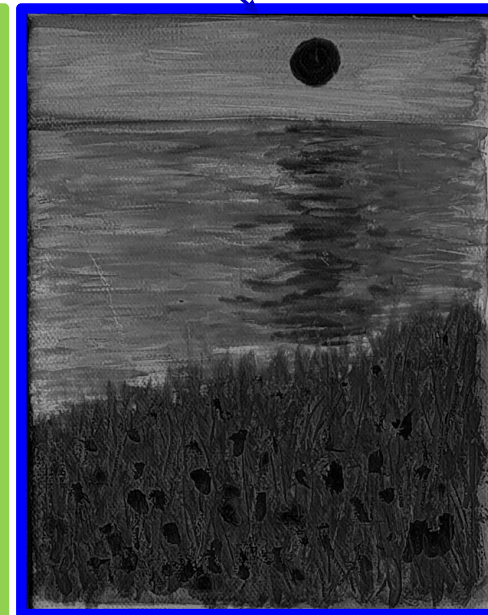
Un'immagine **acquisita** da una normale fotocamera è...

Mappa spaziale di intensità  
delle 3 **componenti cromatiche**

$\xi_R$

$\xi_G$

$\xi_B$



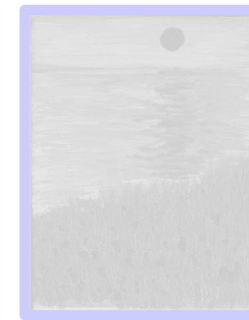
**Come funziona un sistema  
che **riproduce** l'immagine a  
partire dai dati digitali?  
(es. un display o una  
stampante)**



$\xi_R$



$\xi_G$



$\xi_B$

Come funziona un sistema  
che **riproduce** l'immagine a  
partire dai dati digitali?  
(es. un display o una  
stampante)

... tipicamente è dotato  
di 3 'contenitori'...

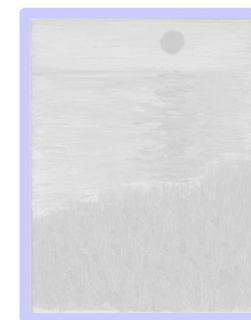
CANALI  
di colore



$\xi_R$

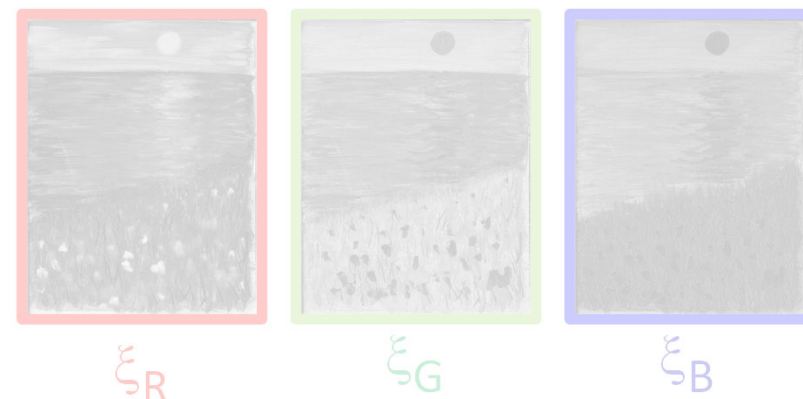


$\xi_G$



$\xi_B$

Tutto ciò che viene inserito in un dato 'contenitore' (cioè la mappa di intensità 'inserita' nel dato canale) viene interpretata dal dispositivo di rendering come contributo del colore corrispondente  
AL CANALE



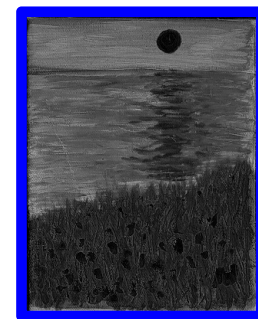
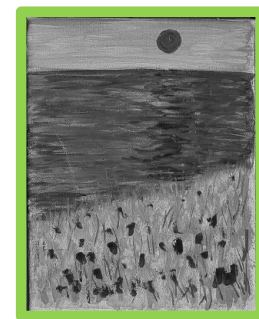
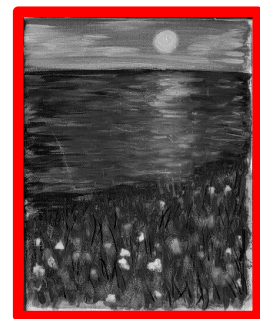
... tipicamente è dotato di 3 'contenitori'...

CANALI  
di colore



NORMALMENTE...

COMPONENTI



$\xi_R$

$\xi_G$

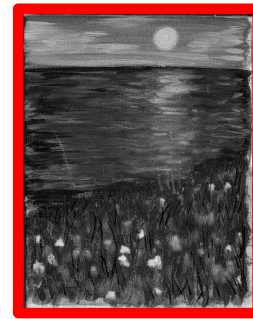
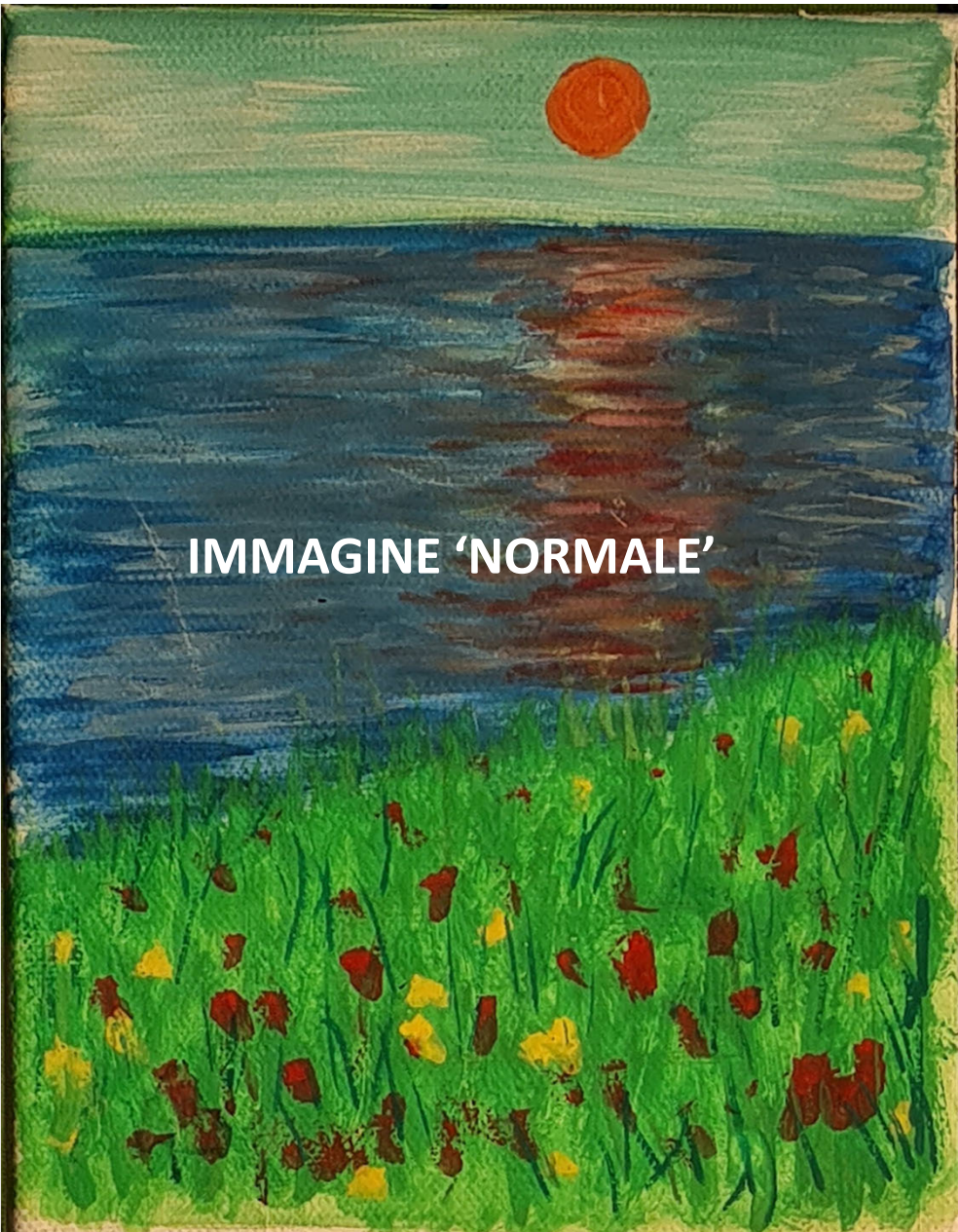
$\xi_B$

Corrispondenza  
'canonica' tra:

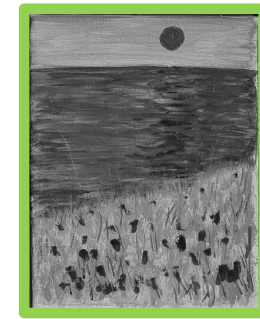
e

CANALI

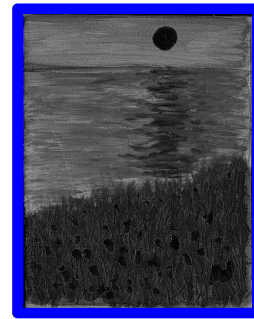




$\xi_R$

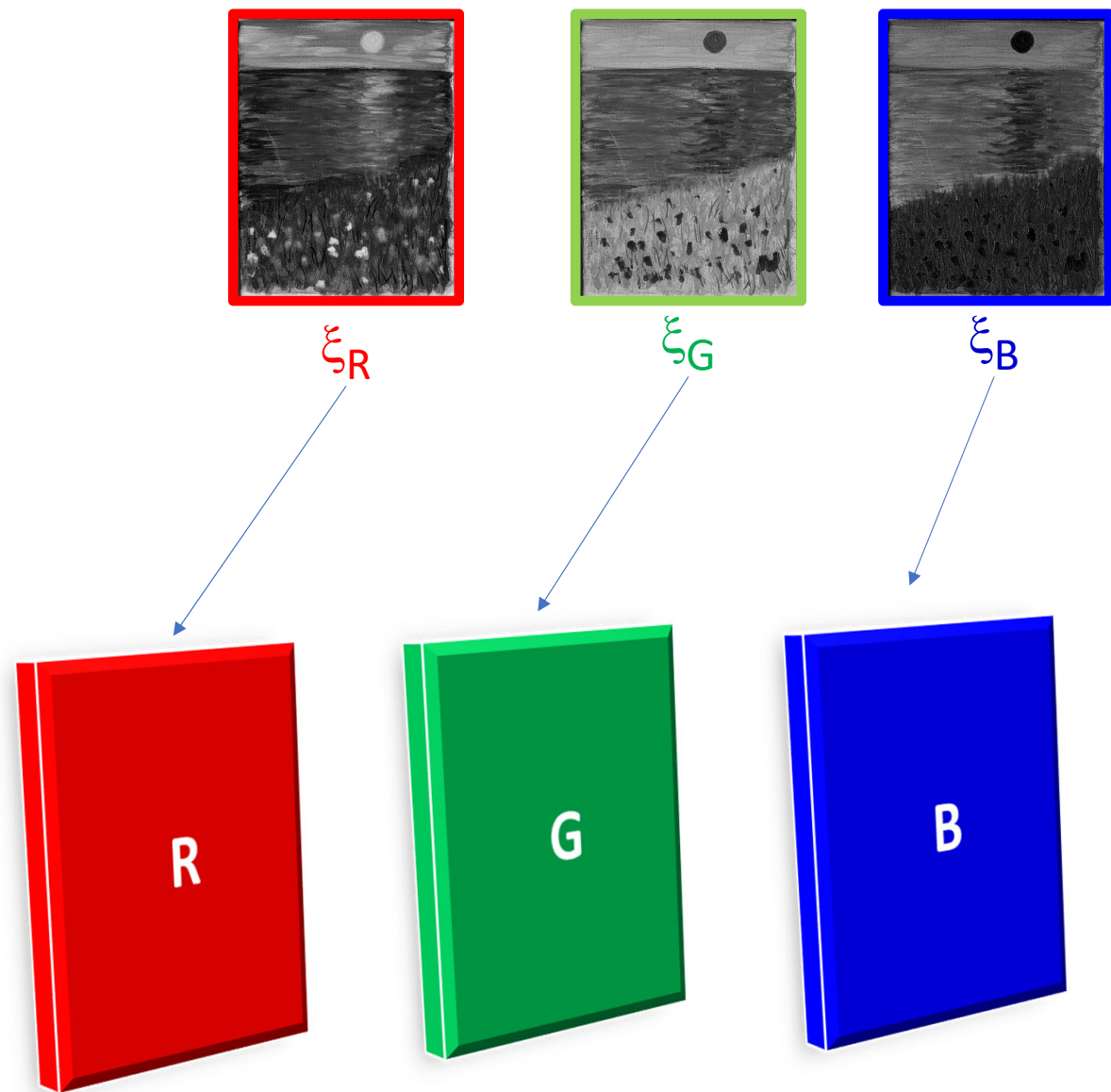


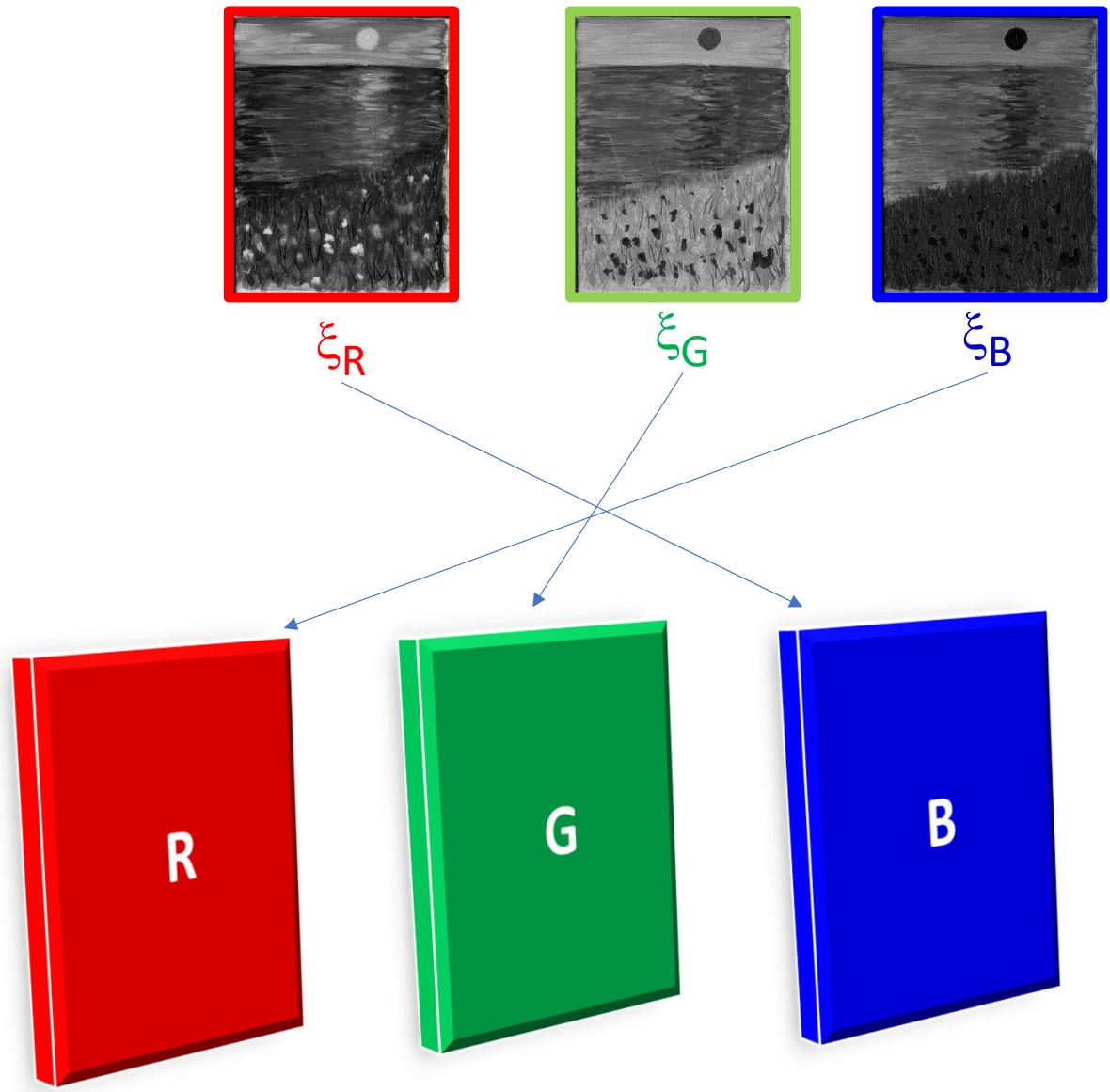
$\xi_G$



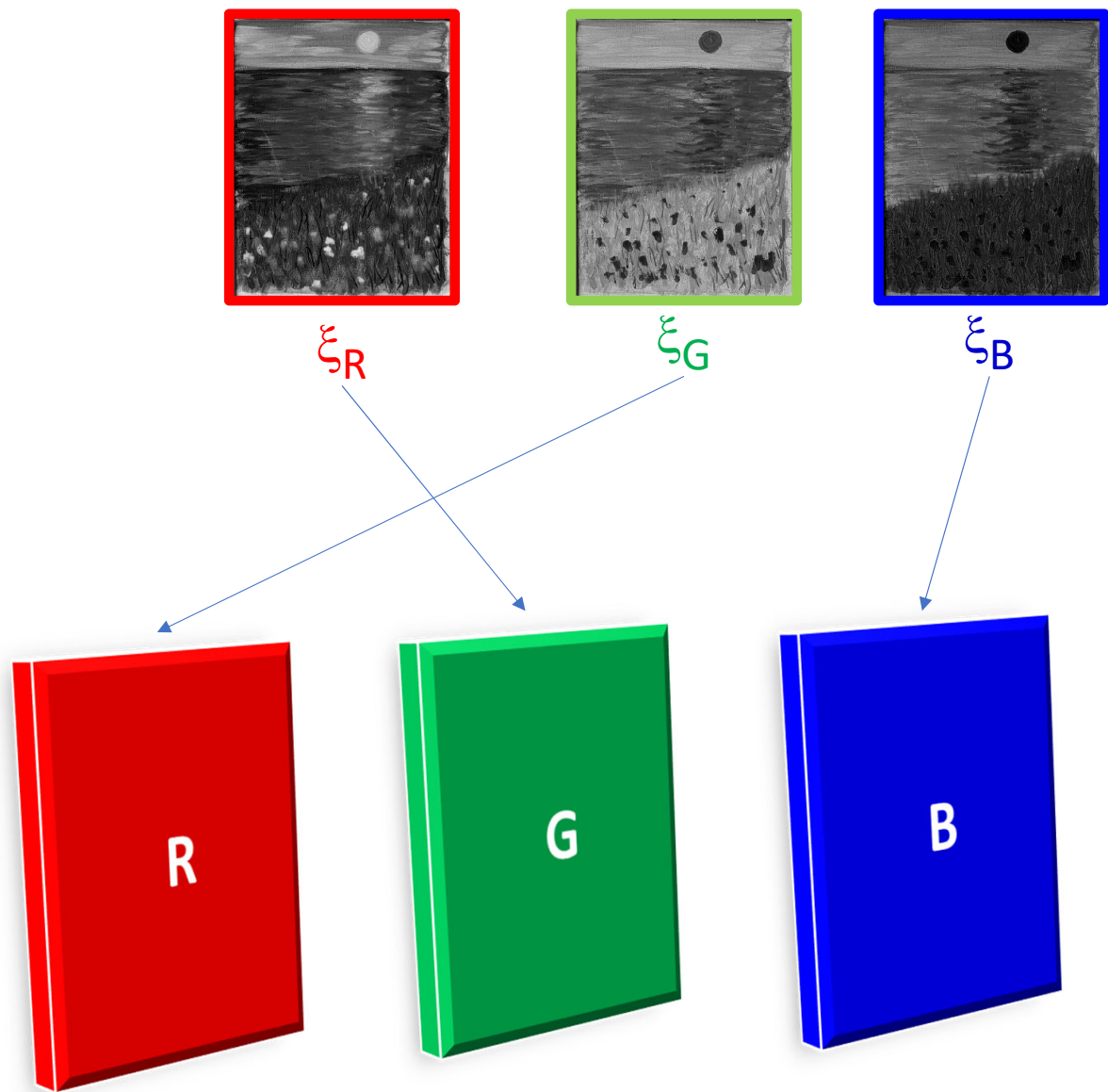
$\xi_B$



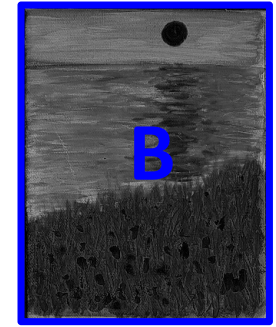
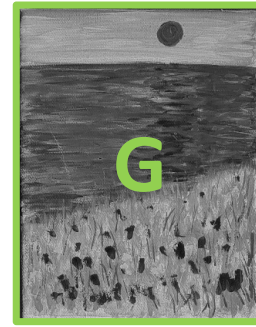






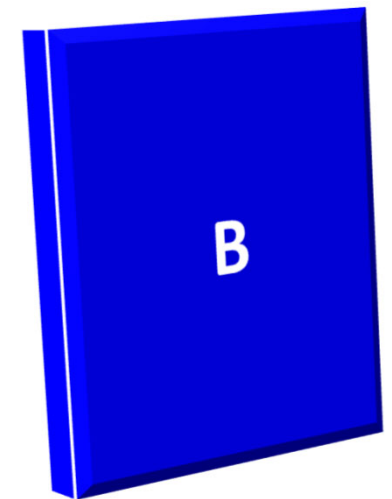


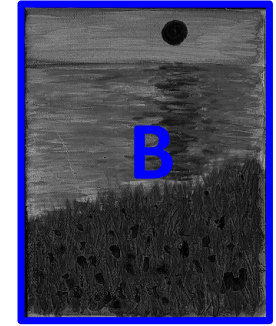
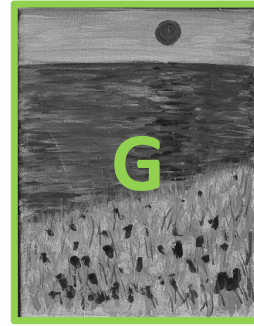
3 componenti



... potete divertirvi solo a PERMUTARE!

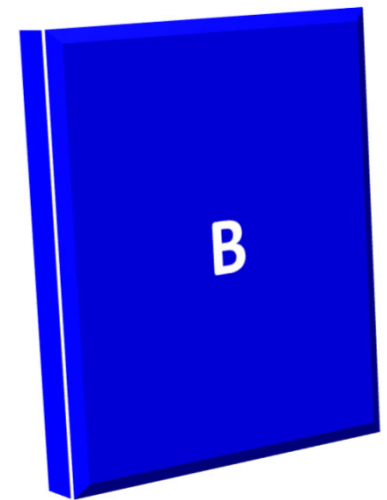
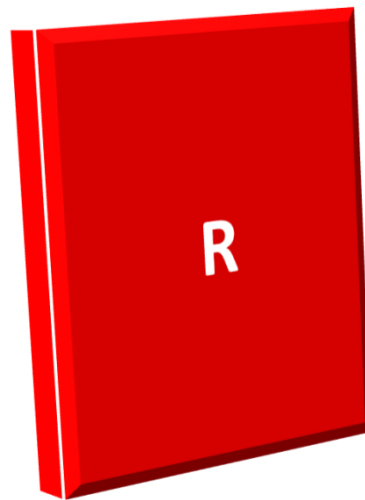
3 canali

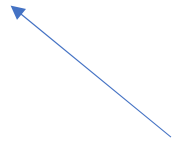
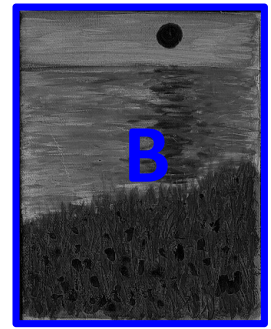
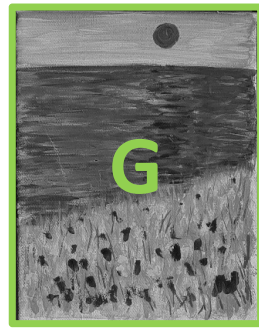




Se aveste **4 componenti cromatiche** il gioco diventerebbe più interessante:  
non sareste limitati alle permutazioni...

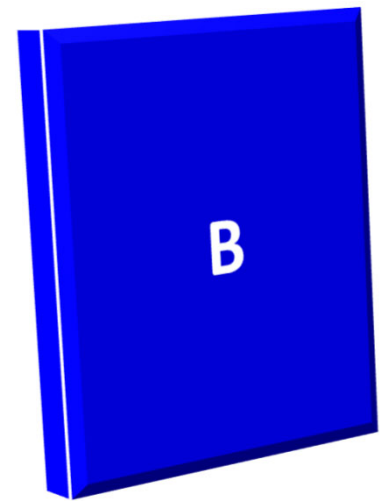
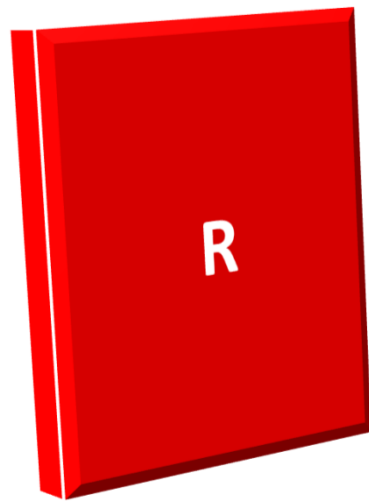
**3 canali**





Infrarosso

4 componenti  
per  
3 canali



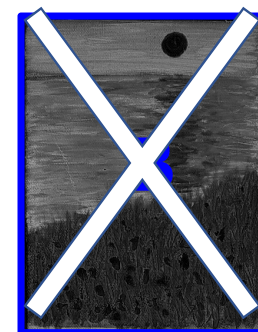


Immagine in FALSO COLORE (nell'accezione standard): IRG

Combinazione più usata





Normale  
RGB



Falso colore  
IRG

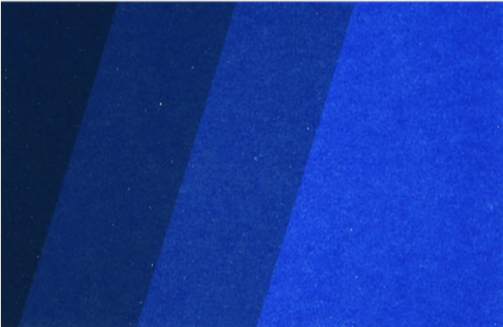
# **A cosa serve l'elaborazione in F.C. di un'immagine?**

... a molte cose, nell'ambito delle indagini sulle opere pittoriche...

Ad esempio, talvolta permette di discriminare tra pigmenti che a occhio nudo sembrano pressochè identici

# ESEMPIO di discriminazione di pigmenti mediante analisi F.C.

VISIBILE

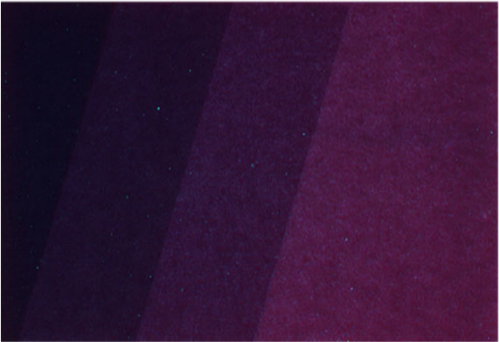


**Blu cobalto**



**Blu oltremare**

FALSO COLORE



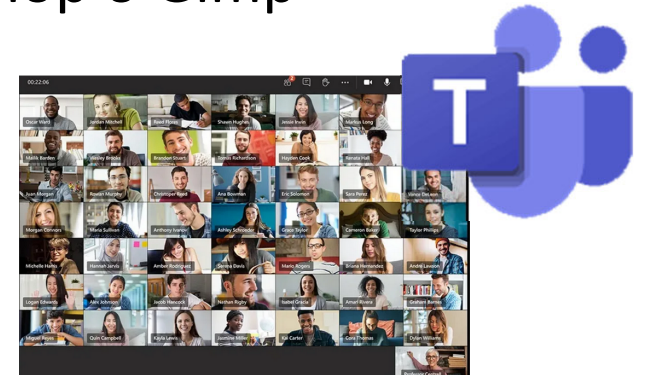


# A2

## Attività

Le riprese (visibile e IR) sono state inviate agli studenti, che le hanno elaborate mediante Photoshop o Gimp

Argomenti coinvolti nell'elaborazione dei dati...



- Risoluzione di un'immagine.
- Canali di colore e rappresentazione digitale del colore.
- Elementi di fotografia, nel visibile e IR.
- Livelli fotografici.
- Istogrammi di composizione cromatica di un'immagine.
- Caratterizzazione di pigmenti pittorici.
- .....

## CONCLUSIONI

- ❑ È stata realizzata un'attività di LRR, in modalità ibrida: docente conduttore in laboratorio, discenti a casa. Tutti connessi con tutti telematicamente.
- ❑ L'iniziativa è scaturita in risposta a specifiche richieste delle scuole del territorio volte a tenere alto il livello delle attività PCTO (usualmente in presenza) anche in periodo pandemico.
- ❑ L'attività presenta elementi tipici della flipped classroom ed è arricchita di interazioni in tempo reale.
- ❑ I discenti sono chiamati a un ruolo attivo durante la 'lezione'. In particolare, operano attivamente nell'elaborazione dei dati sperimentali.
- ❑ Il contesto disciplinare scelto è il colore (fisica, percezione, tecnologia digitale) con particolare riferimento alle applicazioni nel campo dei beni artistici pittorici.
- ❑ Il modello proposto permette a un numero elevato di studenti di essere partecipi attivamente di esperimenti 'disponibili in un solo esemplare', che per loro natura sarebbero solo di tipo dimostrativo (il modello è quello delle Interactive Lecture Demonstrations (*Sokoloff*)).



Grazie per l'attenzione

[peppino.sapia@unical.it](mailto:peppino.sapia@unical.it)

[giacomo.bozzo@liceoquadri.it](mailto:giacomo.bozzo@liceoquadri.it)

F  
I  
N  
E