

# I colori del cielo

**Ile jest kolorów?**

**Kolory w fizyce, chemii, biologii**

**Spektroskopia, czyli nauka o duchach**

Grzegorz Karwasz

*Insegnare STEAM in chiave  
interdisciplinare*

[karwasz@fizyka.umk.pl](mailto:karwasz@fizyka.umk.pl)

3286 449347

# Kolory w fizyce, chemii, biologii, Przemysł spożywczym i sztuce

- 1 Włosy blondynki, jaki mają kolor?
- 2 Jaki kolor jest różowa żarówka?
- 3 Ile kolorów jest w tęczy?
- 4 Jak się rodzą?
- 5 Jaki kolor jest dobra grappa?
- 6 Czy "capusci" są do czegoś przydatne?

# Jakie włosy nosi blondynka?



# Che capelli porta la ragazza bionda?



Nessun colore indovinato!

# Fizyka to świat wokół nas



La vetrina a Londra

Neve a Folgaria (TN)



Cadine (Trento)



Foto GK



La vetrina del negozio a Berlino

**Cały świat wokół nas: po prostu spójrz (i pomyśl)**

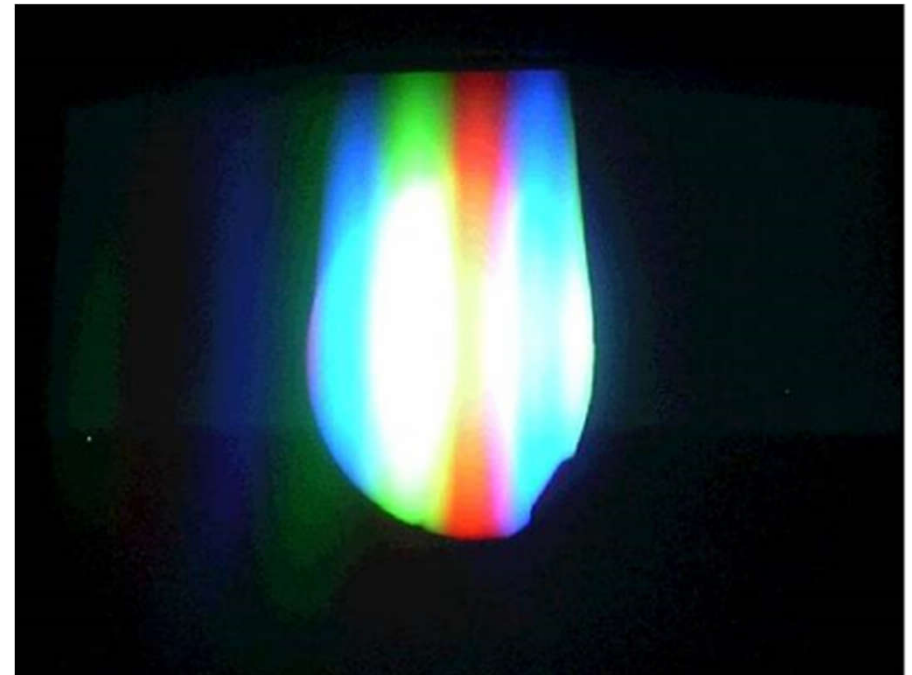
# Podstawowe kolory

**rosso**, **giallo**, **verde**, **blu**



# I colori di base (in TV)

**rosso**, **giallo**, **verde**, **blu**



Dlaczego trzy, a nie cztery, wystarczą?

Tłumaczą to cechy naszych fotoreceptorów w oku

FIAT LUX! Una mostra interattiva, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT\\_LUX/html/](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/)

Un vecchio TV: Hotel André Latin, Paris, 2004

# I colori fondamentali: addizione

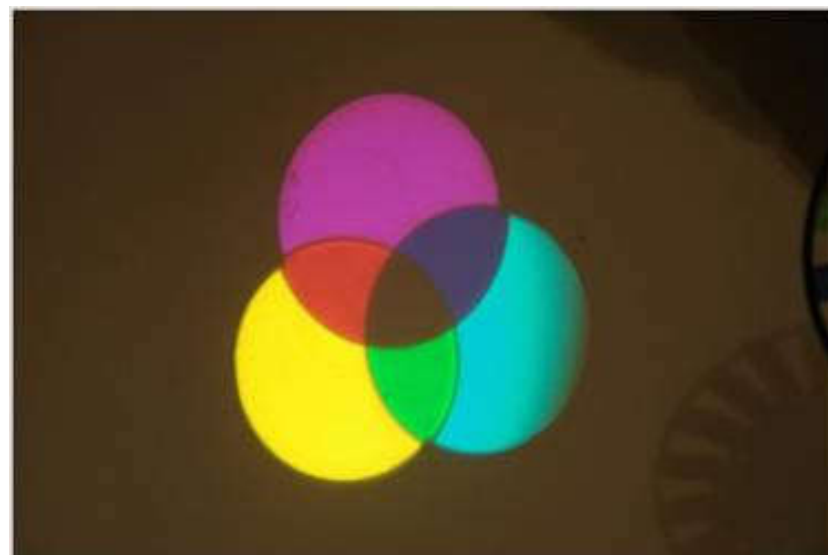
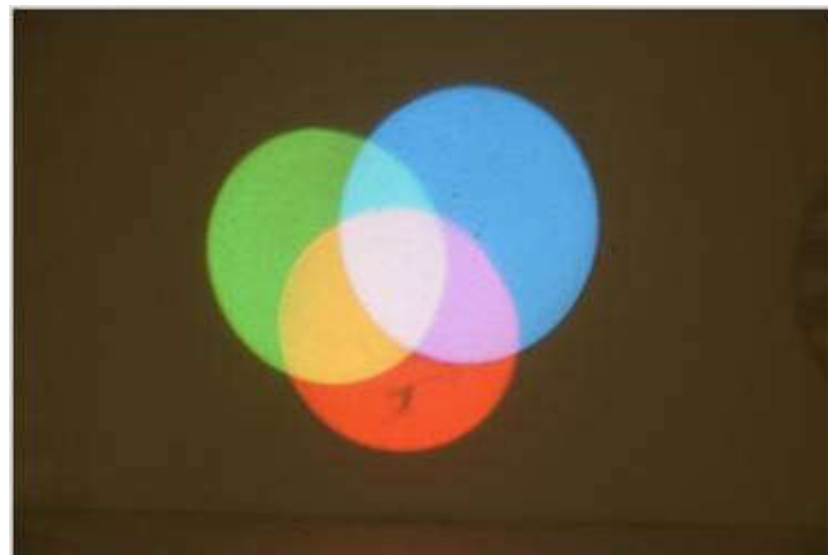
## Składanie kolorów

Eksperyment służy do wyjaśnienia pojęcia *składania addytywnego*. Jest to realizowane przez użycie płaskiego źródła światła, arkusza cienkiego kartonu z trzema otworami, z filtrem w każdym otworze (czerwony, zielony i niebieski) oraz trzech luster.

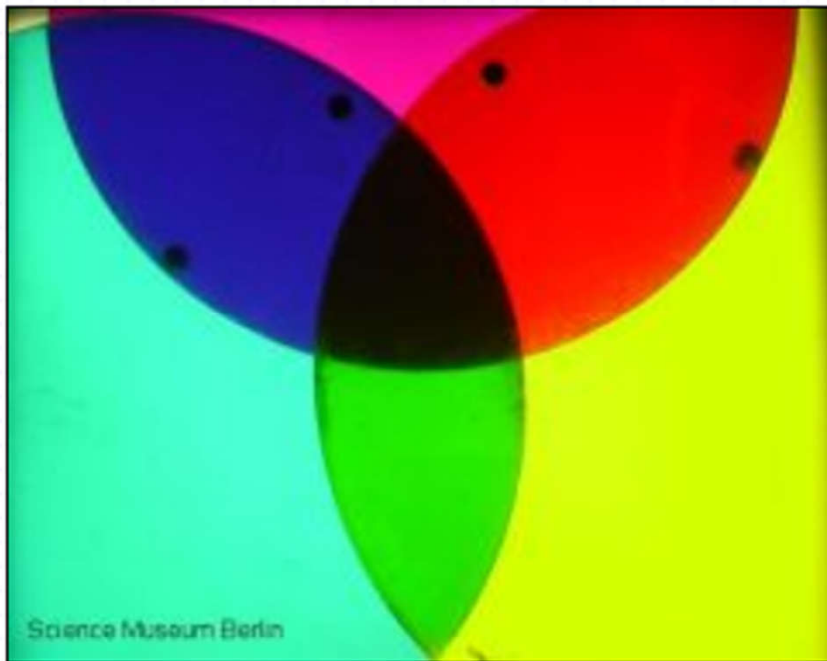
Doświadczenie pokazuje w jaki sposób można otrzymać każdy kolor używając tylko trzech kolorów o właściwym natężeniu. Jeśli ustawi się karton w płaszczyźnie źródła światła otrzyma się trzy barwne promienie. Za pomocą trzech luster można rzucać je na biały ekran. Teraz można na różne sposoby nakładać trzy kolory (*zobacz ilustracje*); w szczególności należy odnotować, że jeśli nałoży się na siebie wszystkie trzy kolory podstawowe otrzyma się światło "białe".



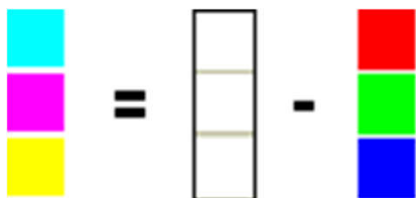
# Podstawowe kolory w emisji (dodawanie) i absorpcji (odejmowanie)



# Podstawowe kolory w absorpcji



La luce bianca si può ottenere sommando tre colori "principali": il rosso, verde e blu - questi tre fasci luminosi messi insieme danno l'impressione di luce bianca. Mescolando diversamente le proporzioni si può ottenere l'impressione di altri colori. Per questo motivo i colori rosso, verde e blu vengono chiamati i colori principali. Ma lo stesso colore può essere ottenuto in modi diversi – per esempio il colore giallo esiste come tale, oppure la stessa impressione si ottiene sommando il fascio luminoso rosso con il fascio verde. Nella stampa (e nella pittura) i colori principali sono diversi: giallo, magenta (rosa) e ciano (azzurro). Come mostra la foto di tre filtri che vedi qua.

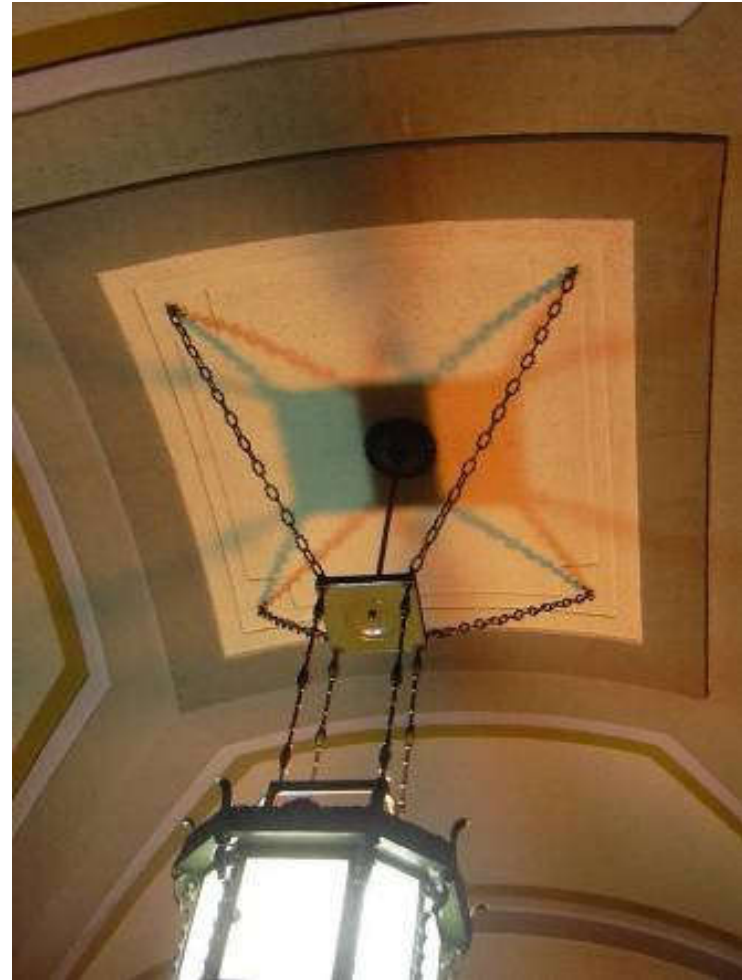


$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

# Kolory w odedjmowaniu



Questacom, Canberra:  
illuminazione RGB



Berlino, la metropolitana:  
giallo (Na) e bluastro (Hg)

# Ile kolorów jest w tęczy?



I sette colori  
sono: 1) rosso  
2) ...

**Podczerwień (góra), ultrafiolet (dół)**

**San Lorenzo in Banale (TN)**

# Quanti colori sono nell'arcobaleno?



**Tęcza wtórna (powyżej) – odwrócone kolory,  
z ciemnym pasem pośrodku**

# Quanti colori sono nell'arcobaleno?



**Ale pod spodem jeszcze jedna opaska, w innych kolorach?  
Tak! Kolory w odejmowaniu (interferencja destrukcyjna)...**

# Il prisma di Newton (RAI Scuola)

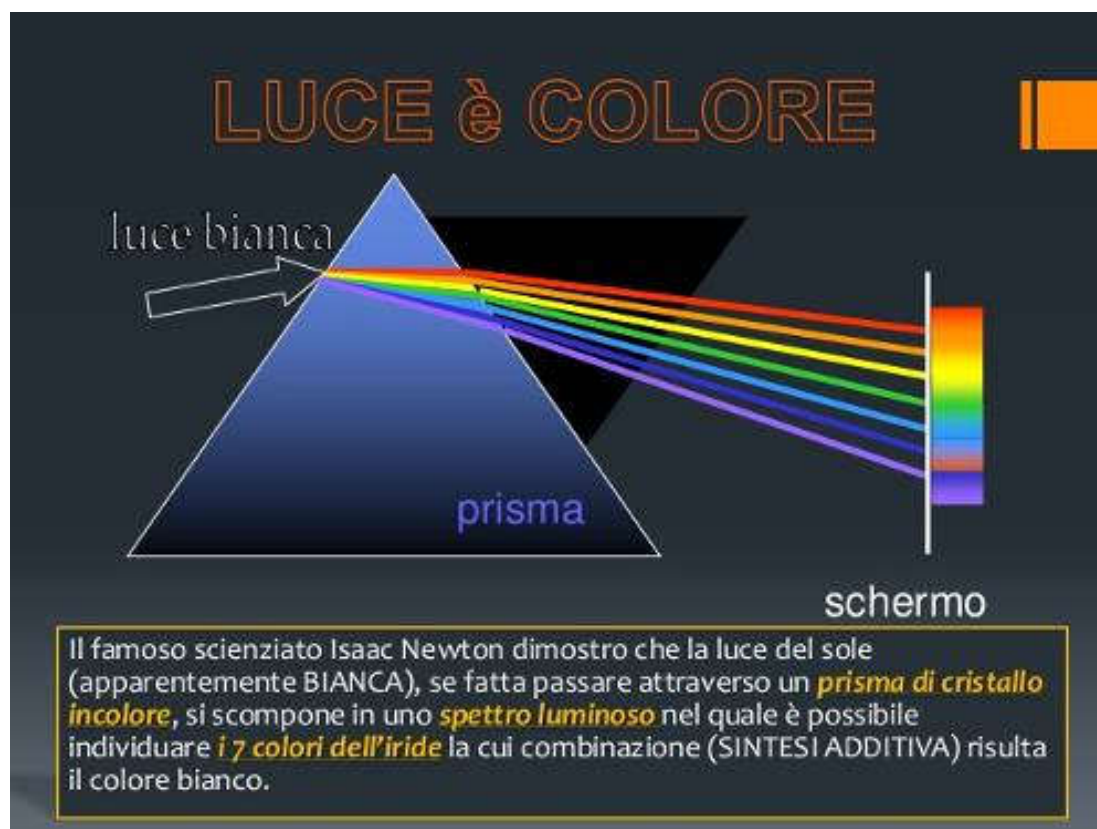


Uwaga:  
Układ kolorów  
jest błędny

Massimo Temporelli ricostruisce l'esperimento dello scienziato inglese Isaac Newton, che attraverso un prisma riuscì a svelare la natura della luce. Newton scoprì che la luce bianca è in realtà composta da miriadi di colori che passando attraverso un prisma si possono osservare.

<https://www.raiscuola.rai.it/scienze/articoli/2021/02/Officina-delle-idee-il-prisma-di-Newton--fc8e037d-ebd0-4fe0-a220-8fcdee03e390.html> 16/02/2022

# Il prisma di Newton



Uwaga: różowy kolor przed fioletowym jest fałszywką

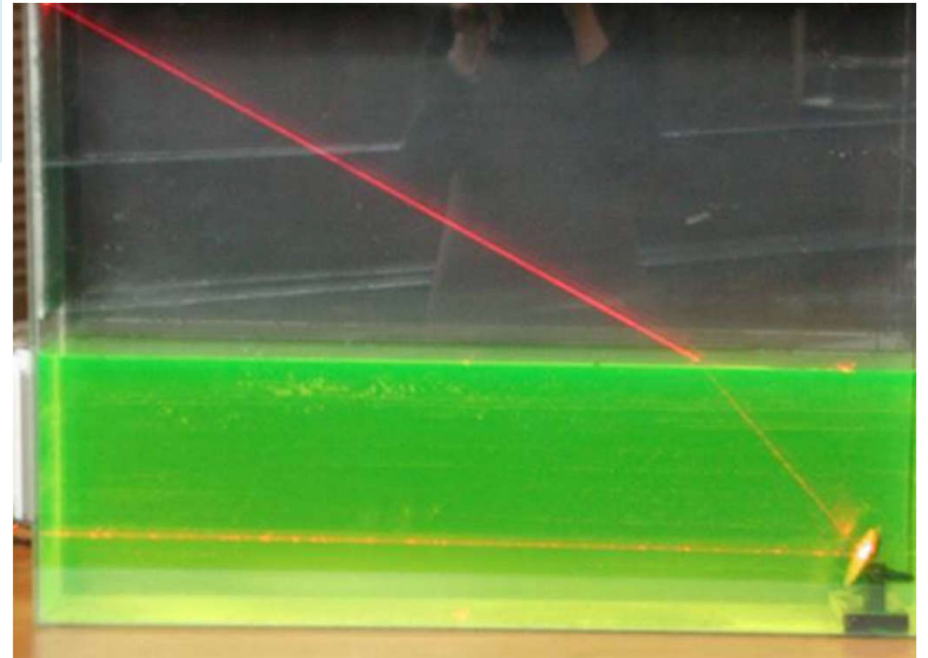
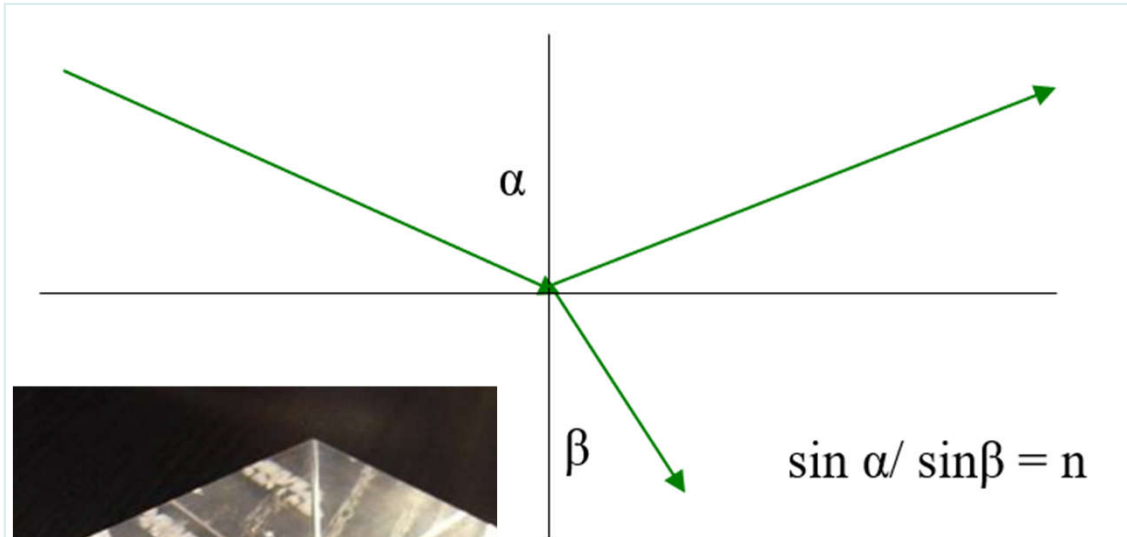
Współczynnik załamania zależy od koloru (długości fali)

Dla koloru czerwonego (najdłuższa fala, niższa częstotliwość) ten indeks jest niższy

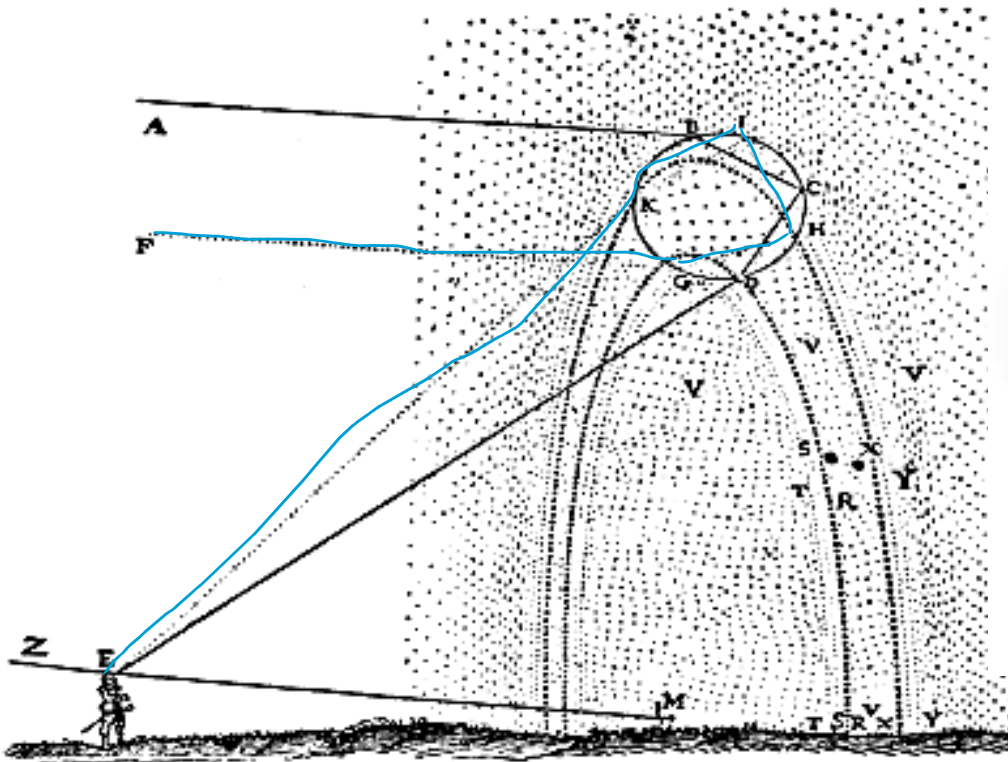
Dla koloru fioletowego (fala krótka, wyższa częstotliwość) współczynnik załamania jest wyższy

<https://www.milannight.com/redazionali/voglio-essere-chiara/il-prisma-di-newton/>

# Prawo załamania



# Tęcza (według Descartes'a)



Odbija się wewnątrz i dzieli na "tęczowe" kolory

A raczej "naukowo": w kropli pojawia się wewnętrzne odbicie, a załamanie optyczne zachodzi podczas przejścia między dwoma ośrodkami optycznymi (powietrzem i wodą)

# Dlaczego niebo jest niebieskie (jasnoniebieskie)?



**Bo zachodzące słońce jest czerwone!**

GK <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/bluesky.html>

By optick - <https://www.flickr.com/photos/optick/112909824/>,

CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10653821>

# Kolory nieba (São Paulo, Brazylia)



Foto: Carmen Busco Sao Paol

# I colori del cielo (San Paolo, Brasile)

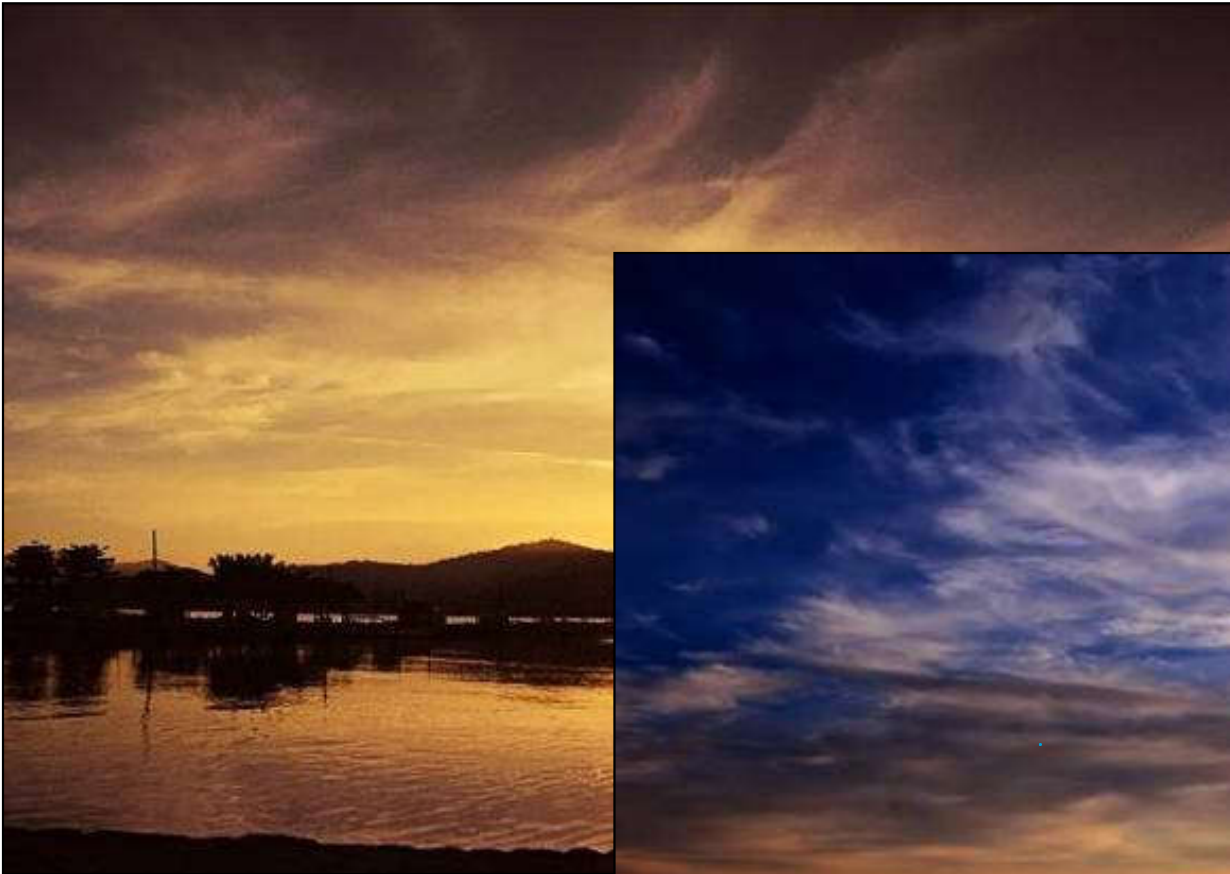


Foto: Carmen Busco Sao Paol



**Sempre i colori complementari: viola/giallo, blu/arancione**

# I colori del cielo (San Paolo, Brasile)

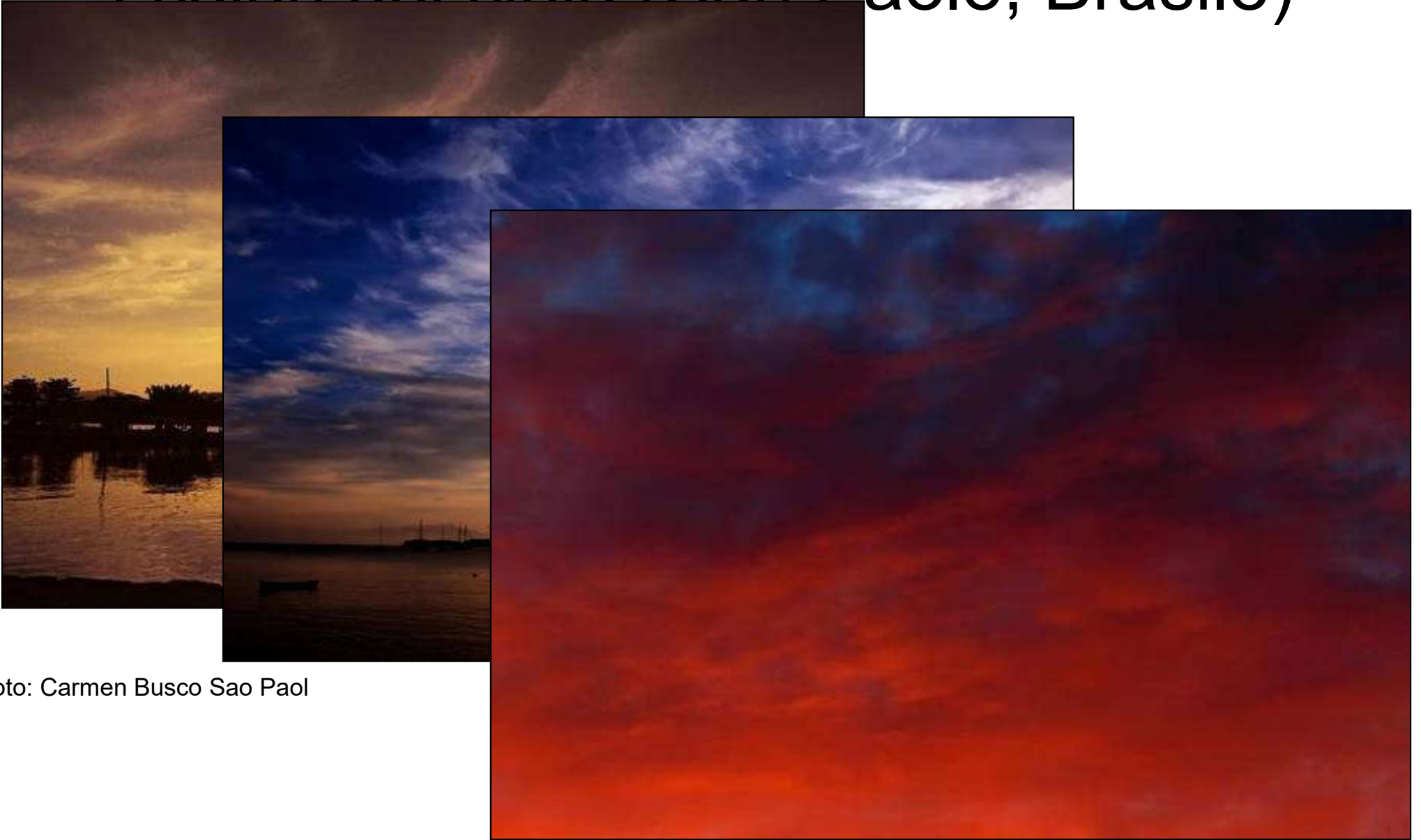


Foto: Carmen Busco Sao Paol

# Kolory nieba (zachód słońca na Rodos)



Rosso di sera – bel tempo si spera:

$$\sigma = \frac{2\pi^5}{3} \frac{d^6}{\lambda^4} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2$$

Rayleigh scattering: più forte per le onde corte  
(colore blu)  
Ma sulla Terra c'è l'ossigeno nell' atmosfera

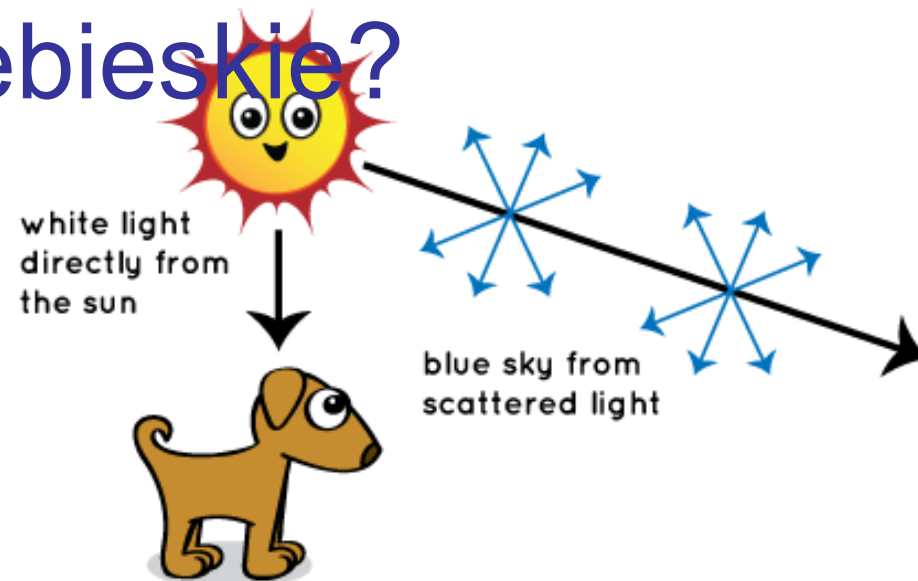
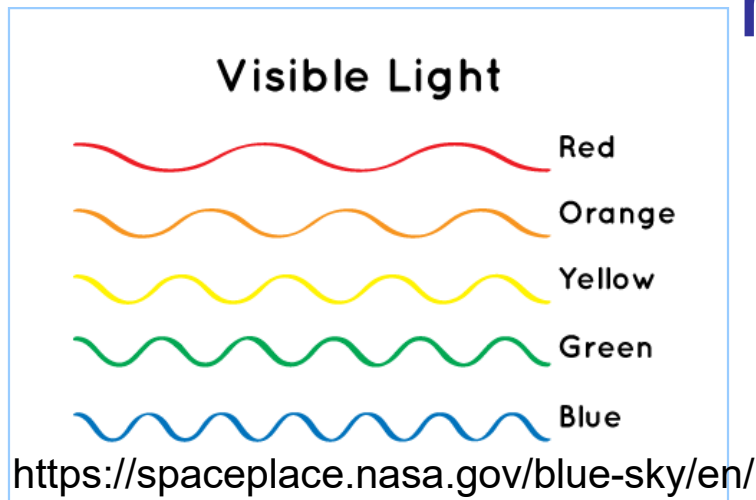
# Kolory nieba (po letniej burzy w Berlinie)



Berlin, 24.06.2009

Różowy zachód słońca zimą – nadchodzi silny chłód  
Czy kolor pasuje do składu powietrza?

# Dlaczego niebo (na Ziemi) jest niebieskie?



Na Marsie (dużo pyłu i CO<sub>2</sub> w atmosferze)

Zachody słońca są fioletowe, a niebo w południe czerwone



# Okulary przeciwsłoneczne

dydaktyka fizyka - Risultati di Yah x Fisica e giocatoli x +

Non sicuro | dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-it.html

Home

Meccanica

Ottica

Termodinamica

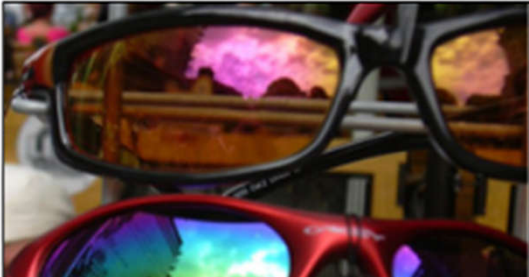

Eletti

## Occhiali da sole

Gli occhiali da sole sono di due tipi: il primo, "normale" – vetri oscurati – e il secondo, dove gli occhiali guardati dall'esterno danno l'impressione di uno specchio colorato.

1° Il primo tipo sono occhiali che danno l'impressione dello stesso colore, sia che li guardiamo dall'esterno, sia che vi guardiamo attraverso. Questo tipo costituisce un filtro assorbente, cioè tale che fa passare la luce di un determinato colore, p.es. verde, ed assorbe le altre tinte.

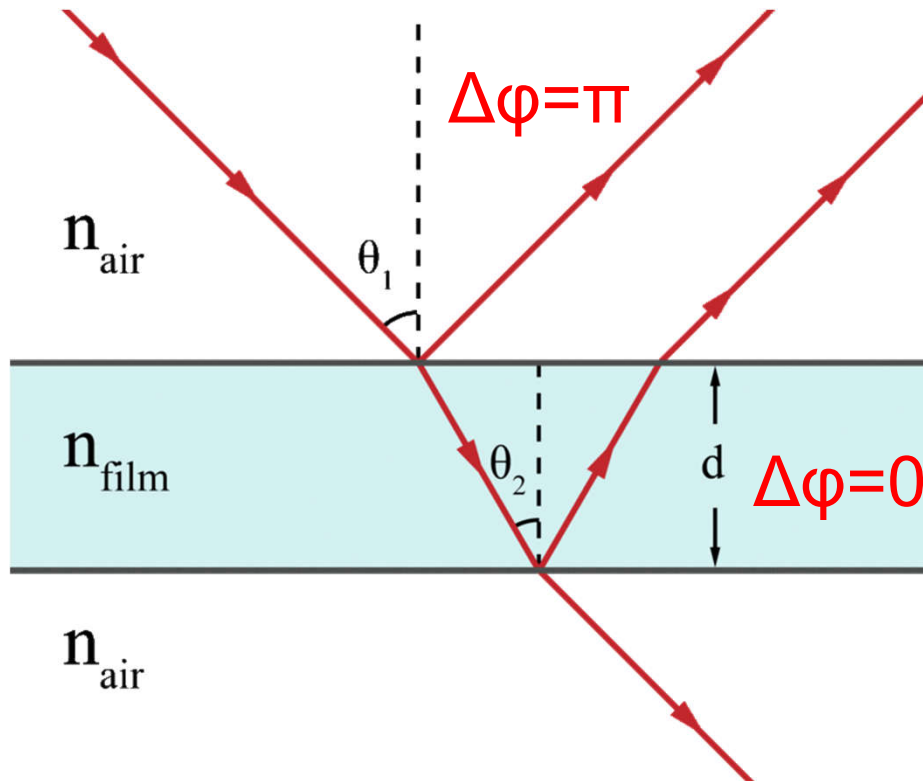
2° Il secondo tipo si basa su un principio fisico completamente differente, che consiste nella riflessione di un determinato colore. Così degli occhiali che sembrano, per esempio, rossi dall'esterno, riflettono proprio la luce rossa. Questo indica che nel mondo osservato con questi occhiali, manca proprio la luce rossa. C'è dunque relativamente più dei colori altri che il rosso – il mondo sembra più blu.



Sono i cosiddetti filtri riflettenti – sulla parte anteriore del vetro è apposta un sottile e selettivo strato riflettente. Un simile delicato strato si trova sul monitor del tuo computer.

[dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/optyka/okulary-sun-it.html](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/optyka/okulary-sun-it.html)

# Bańki mydlane



**Kolory są "komplementarne": magenta, żółty, "cyjan,,**

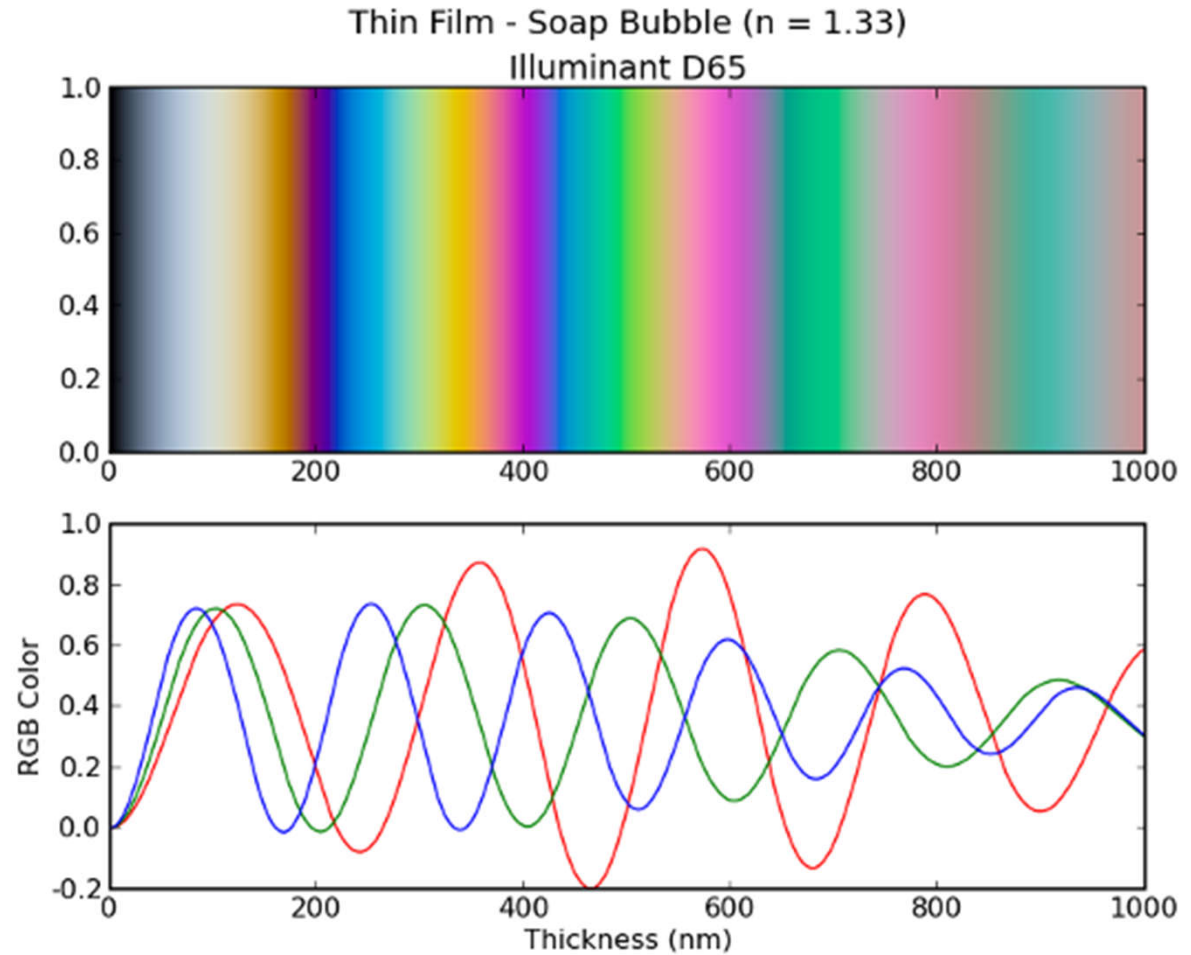
Bolle di sapone, ricetta chimica.

<https://www.giovanigenitori.it/lifestyle/bolle-di-sapone/>

Interferenza costruttiva  $2nd \cos(\theta_2) = (m - \frac{1}{2})\lambda$

Interferenza distruttiva  $2nd \cos(\theta_2) = m\lambda$

# Bańki mydlane (zadanie domowe)



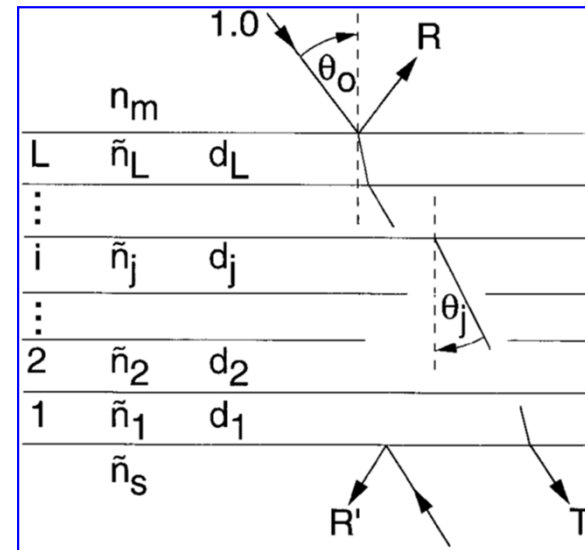
Interferencja: fale sumują się lub znoszą nawzajem

# Quanti colori sono nell'arcobaleno?

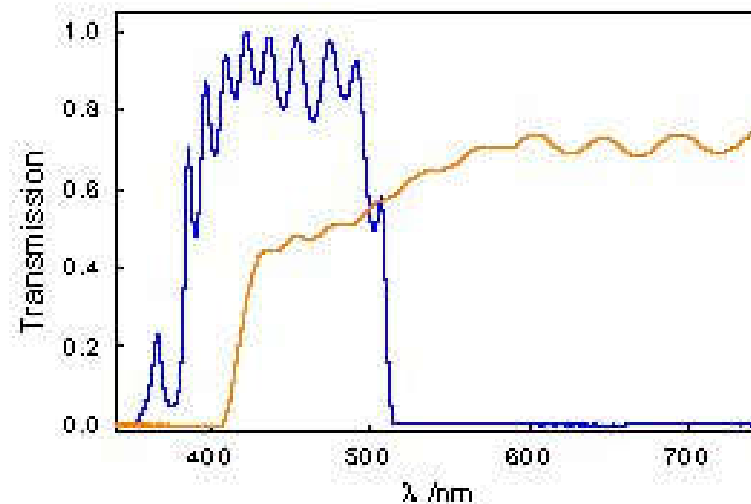


Pasma „dodatkowe” spowodowane jest zjawiskiem interferencyjnym wewnątrz kropli woda: szerokość zależy od wielkości kropel

# Okulary kolorowe

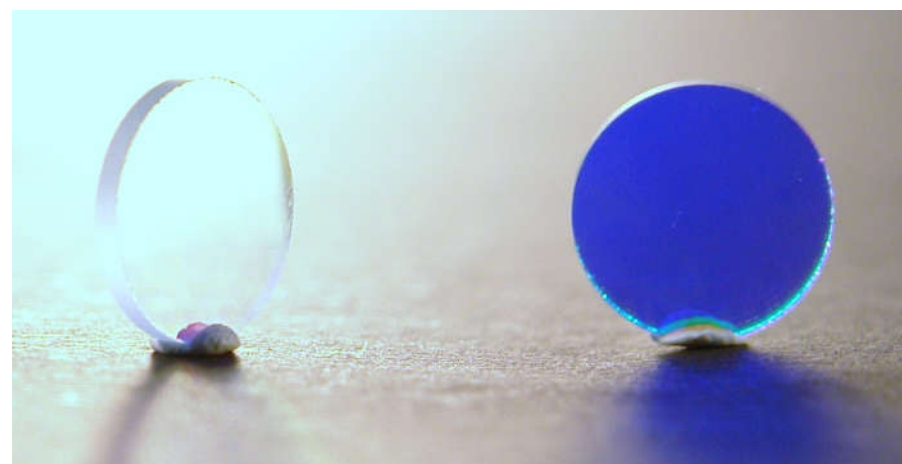


Dobrowolski, [http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res\\_handbook/v1ch42.pdf](http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res_handbook/v1ch42.pdf)



Transmisja jest selektywna: odbite kolory są komplementarne  
(Pozorne) kolory odbić zależą od kąta

# Złota Wieża



Filtr wysoce selektywny

# „Piramide di Swarovski”



Kolory  
wcale nie  
podstawe

# „Sfera di Swarovski”



Kolory zależą od kąta (jak w pryzmacie)

Podobna kula, ale bez (selektywnego?) lustra pod spodem

Nie działa

# I colori del cielo

Quanti colori esistono?

**Spettroscopia, cioè la scienza sugli spiriti**

I colori in fisica, chimica, biologia

Grzegorz Karwasz

*Insegnare STEAM in chiave  
interdisciplinare*



# ‘Spettroscopia’

Wszystkie trudne słowa pochodzą z greki. Wszystkie, poza "spektrum". Po raz pierwszy użyty przez Cyserona, po włosku oznacza ducha, cień, symulakrum.

Spektroskopia dotyczy obrazów: kolorowej tęczy, zachodu słońca lub po prostu pochmurnego nieba.

Innymi słowy: spektrum to duch, a spektroskopia to nauka o duchach.

Widmo to obraz, coś wytworzonego przez obiekt, na przykład światło odbite lub emitowane.

Potrzebujesz analizatora do wizualizacji poszczególnych komponentów. Może to być pryzmat, siatka dyfrakcyjna, ale także kryształ śniegu lub CD.

Oddzielne kolory tworzą spektrum.



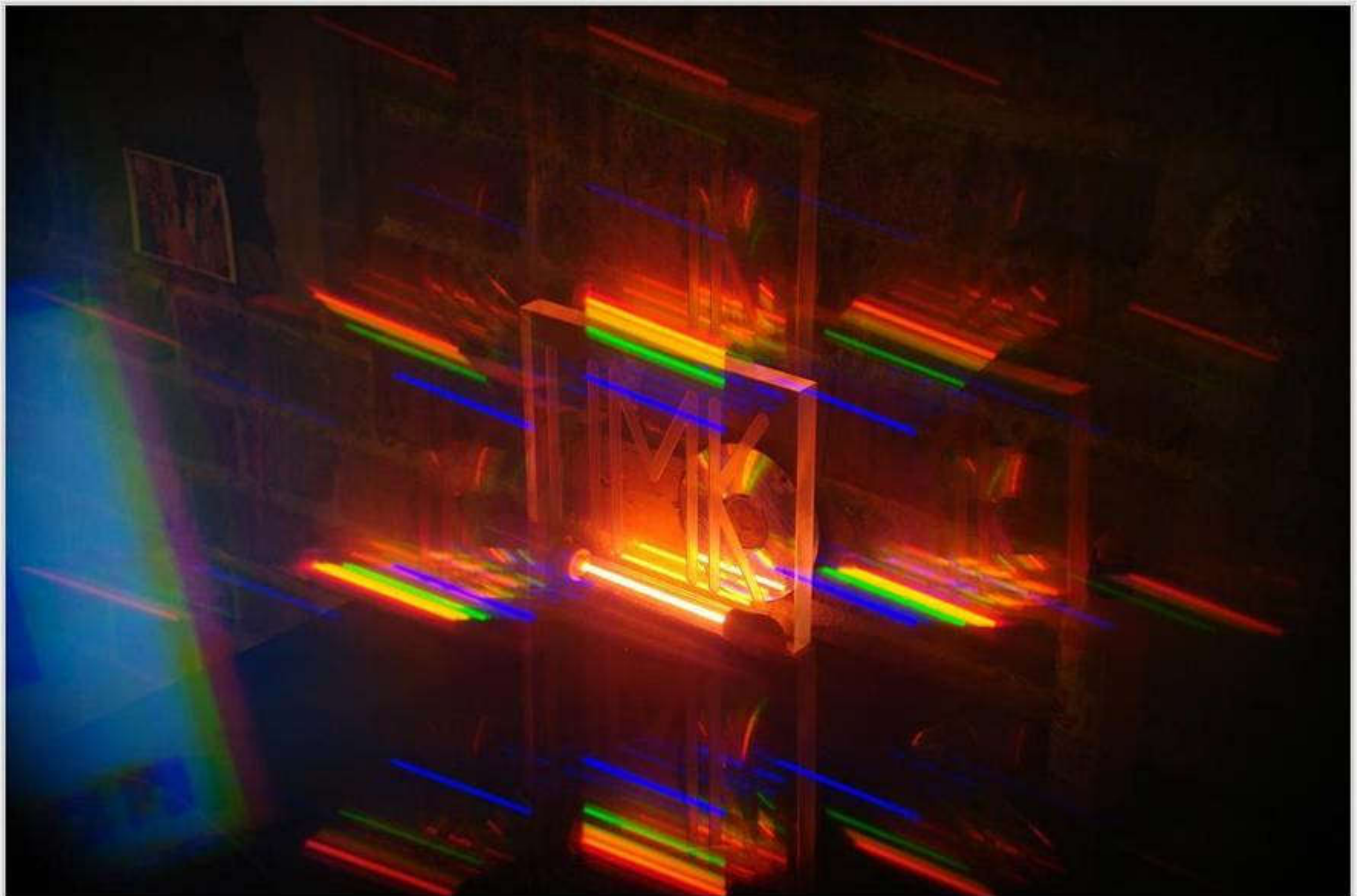
# Jaki kolor jest różowa lampka?



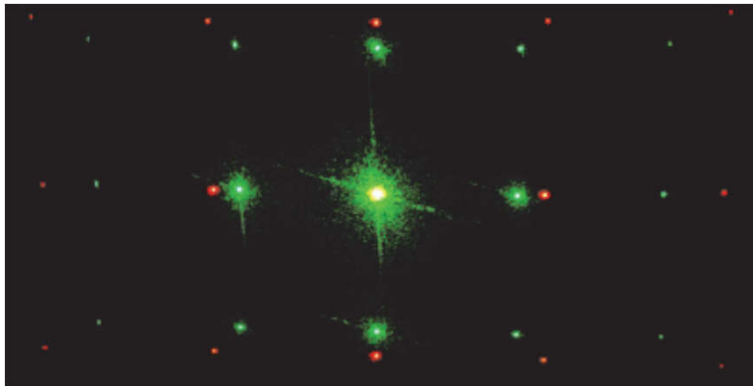
Neonowa lampka z neonem (Ne) w środku

(GK) [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa\\_lampka.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa_lampka.pdf)

Wygląda na zielono-niebieskie, prawda?



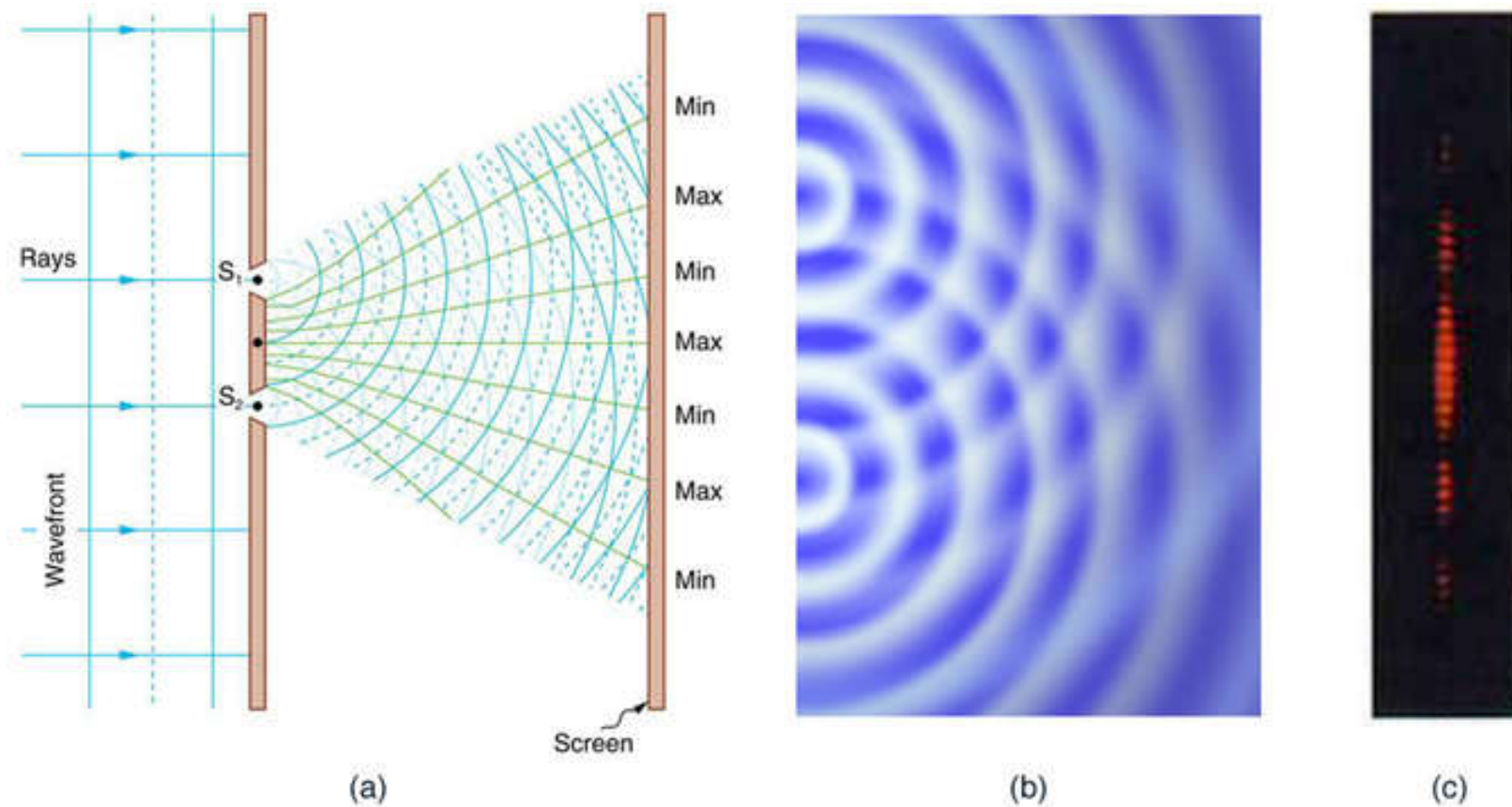
# Robocza hipoteza: kolory są "złożone", a nie elementarne



- Instrumenty: - siatka dyfrakcyjna  
- Rurki Pluckera (odłącz przed dotknięciem!)

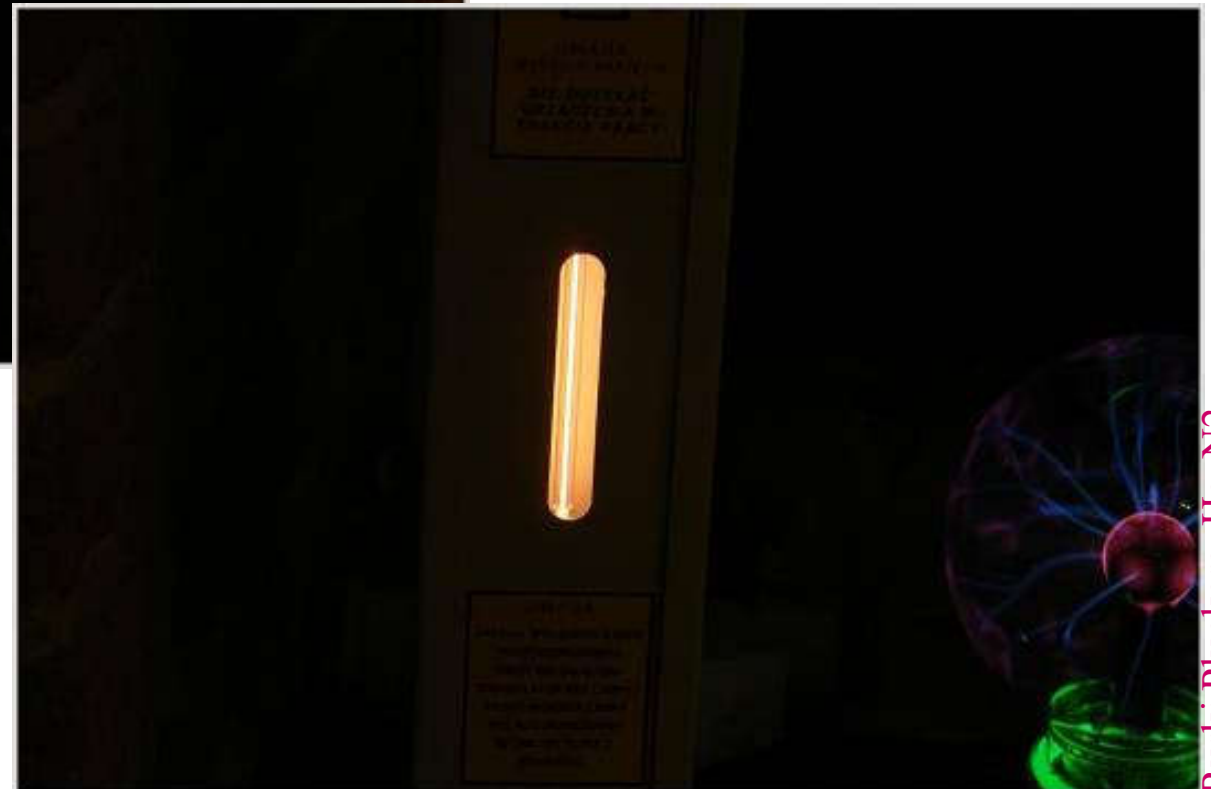
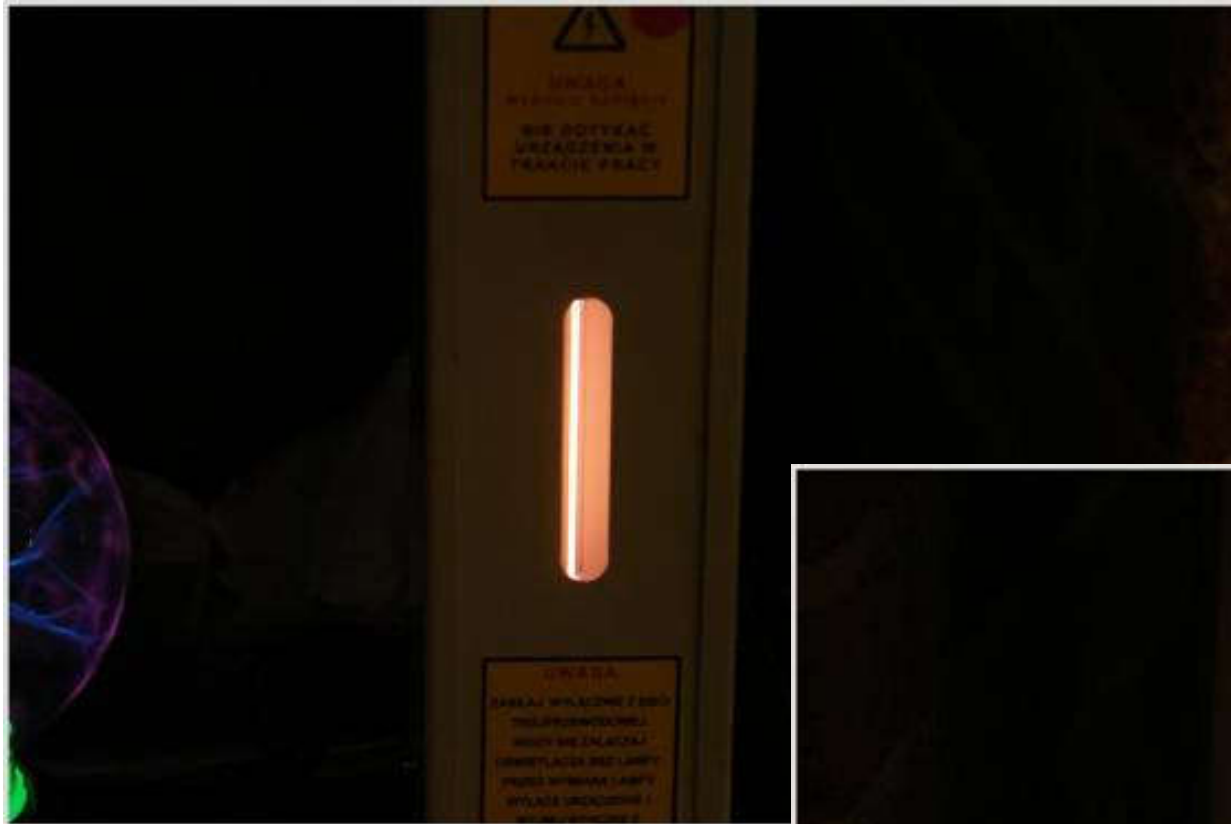
<https://www.mlsystems.it/prodotto/tubo-spettrale-di-plucher-al-na-and-he/>

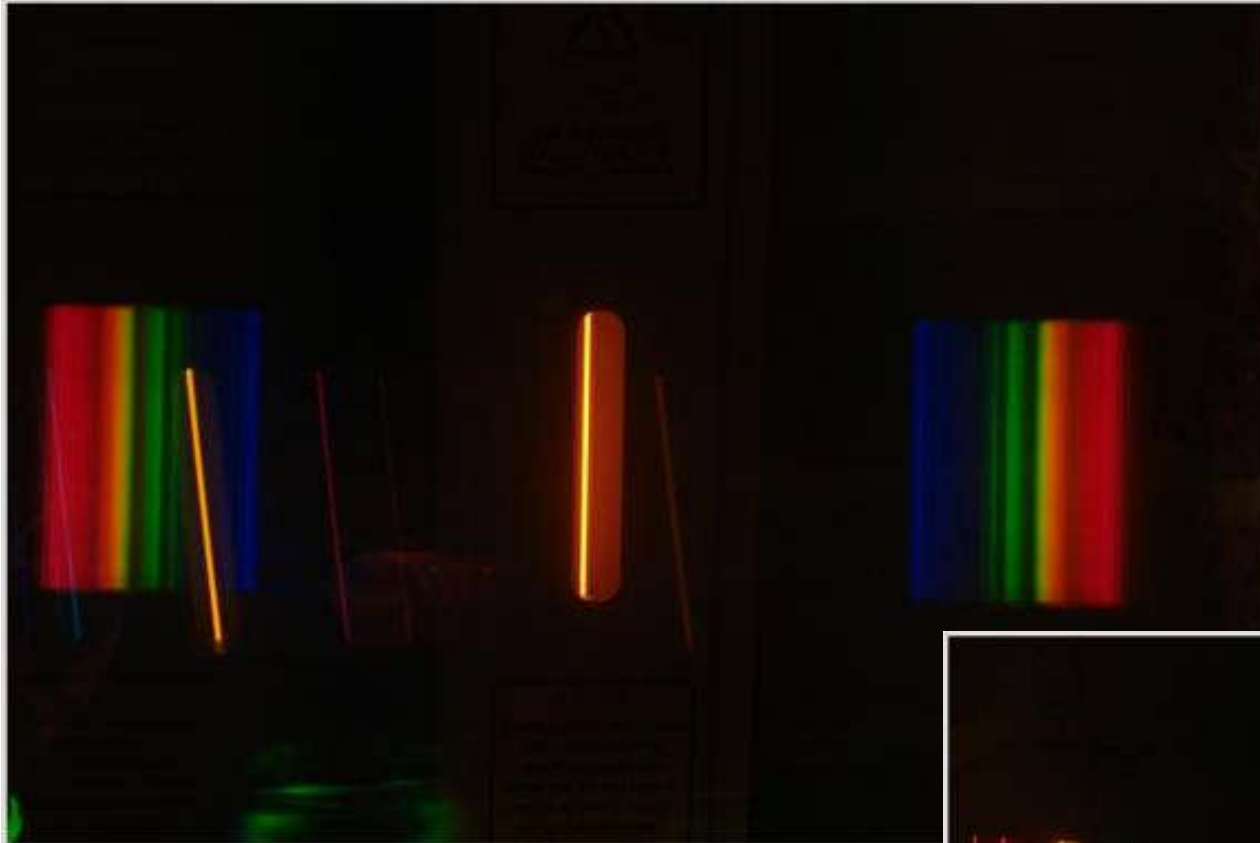
# Siatka dyfrakcyjna



Zasada Huyghensa: każdy punkt staje się źródłem fali sferycznej

# Dwie inne "różowe" lampki

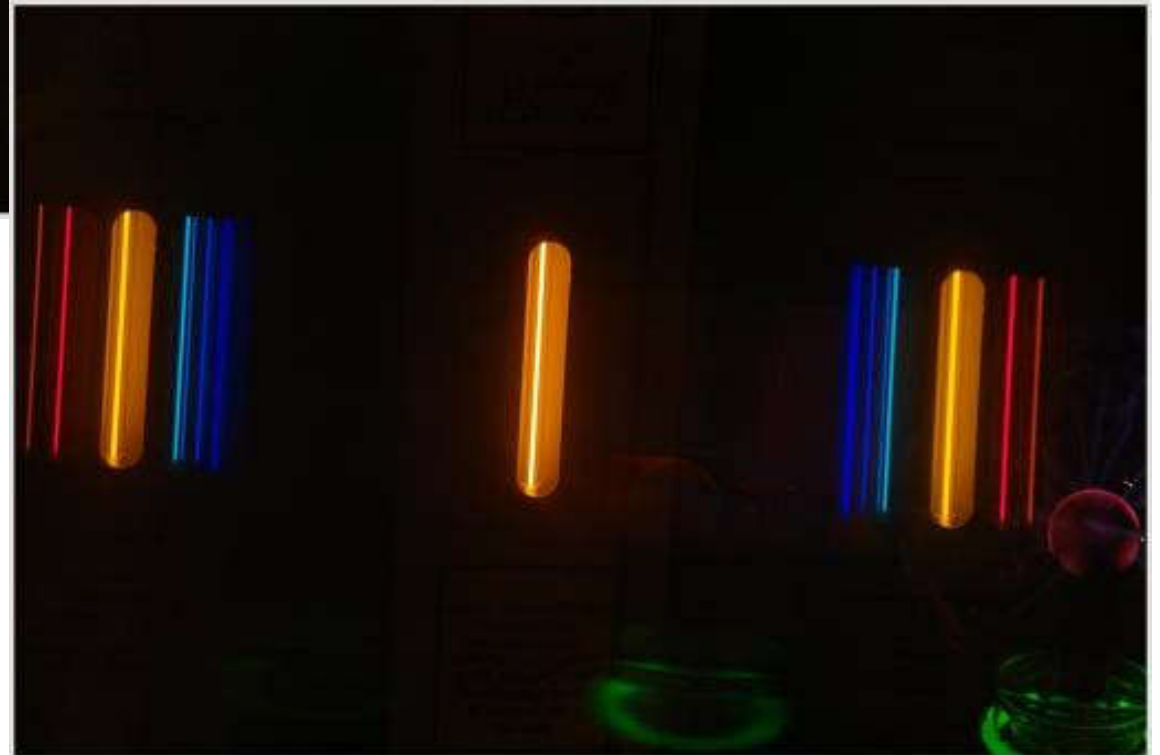




Hel, He,  
czyli atom

Podobne?  
Wcale nie

N<sub>2</sub>, czyli cząsteczka

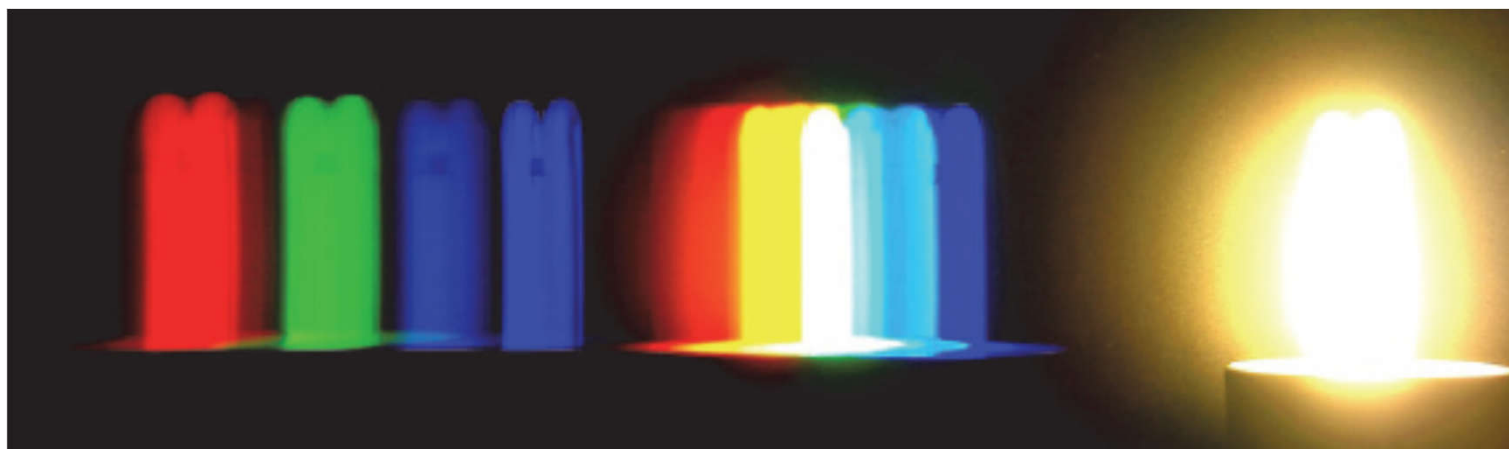


# Spektroskopia, czyli składowe światła



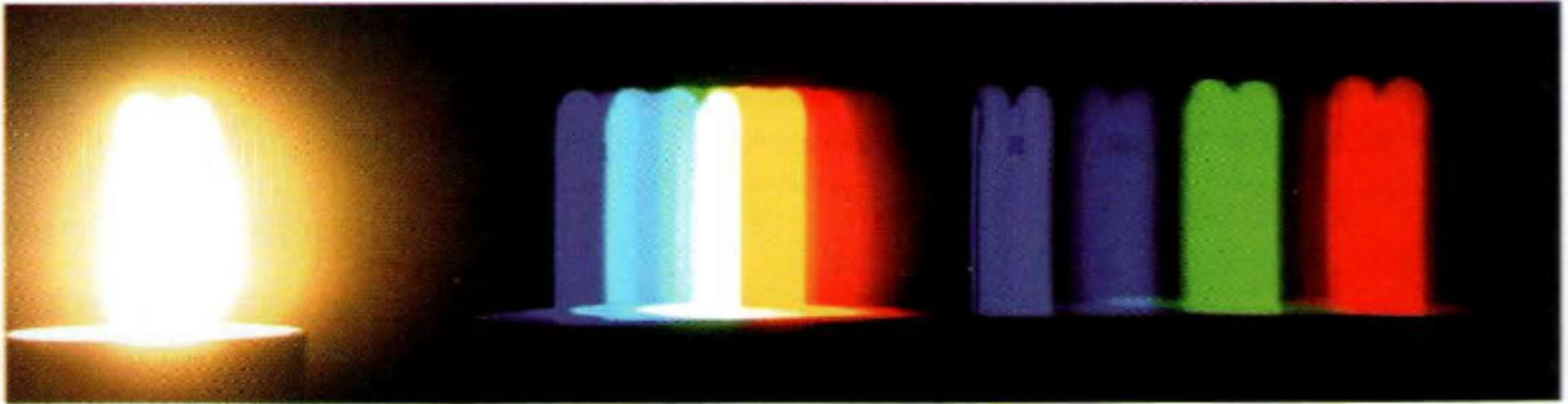
CD pełni również funkcję "spektrometru":

1) Żarówka 2) "energetyczna" żarówka 3) Wschód słońca w Cadine

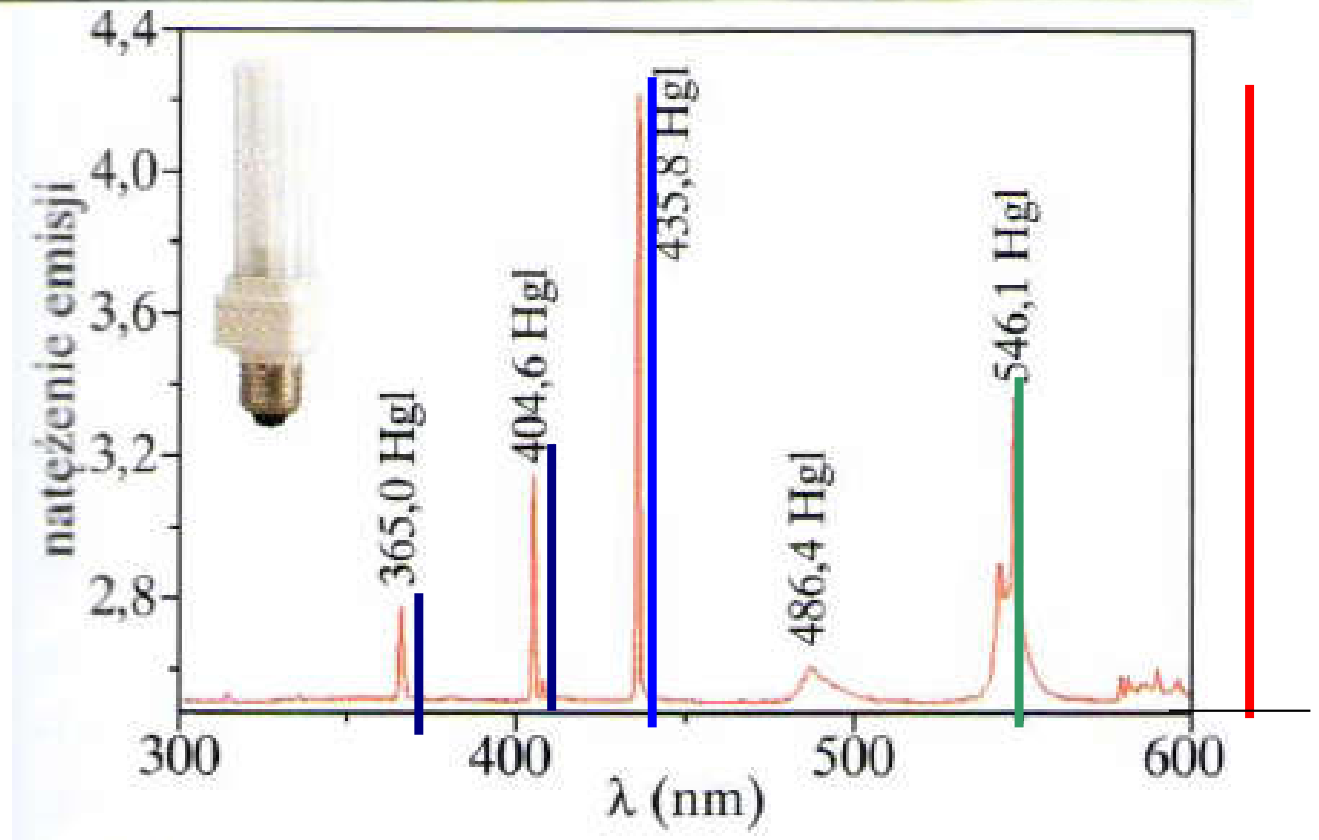


Żarówka oszczędzająca energię oszczędza kolory:  
tylko w drugim rzędzie dyfrakcji kolory są dobrze rozdzielone

# Jak mierzy się kolory?



Żarówka energo-oszczędna



Tako obraz nazywa się  
widmo

# Paryż – Dzień Republiki

## Kształcenie nauczycieli chemii



Fot. 2. Sztuczne ognie nad Paryżem w Święto Republiki (14 lipca). Te czerwone zawierają połączenia zapewne rubidu, te zielone – zapewne miedzi (Fot. Piotr P. Karwasz)

Czy kolor rubinowy to (Rb), a zielony to miedź (Cu)?

# Kolory fajerwerków



Rzeka działa jak spektrometr: odbija składnik czerwony, pochłania Fioletowy komponent (w środku basenu wszystko wygląda na niebieskie)

# Rozpoznaj $H_2$ na własne oczy

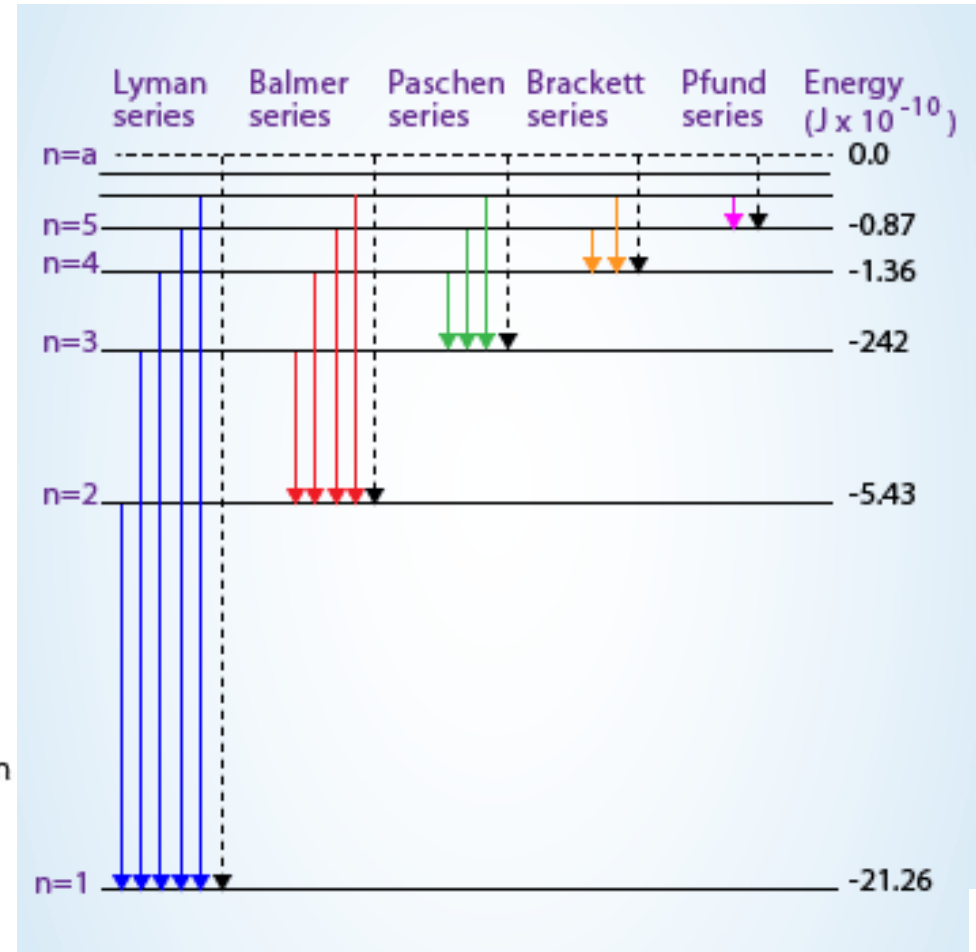
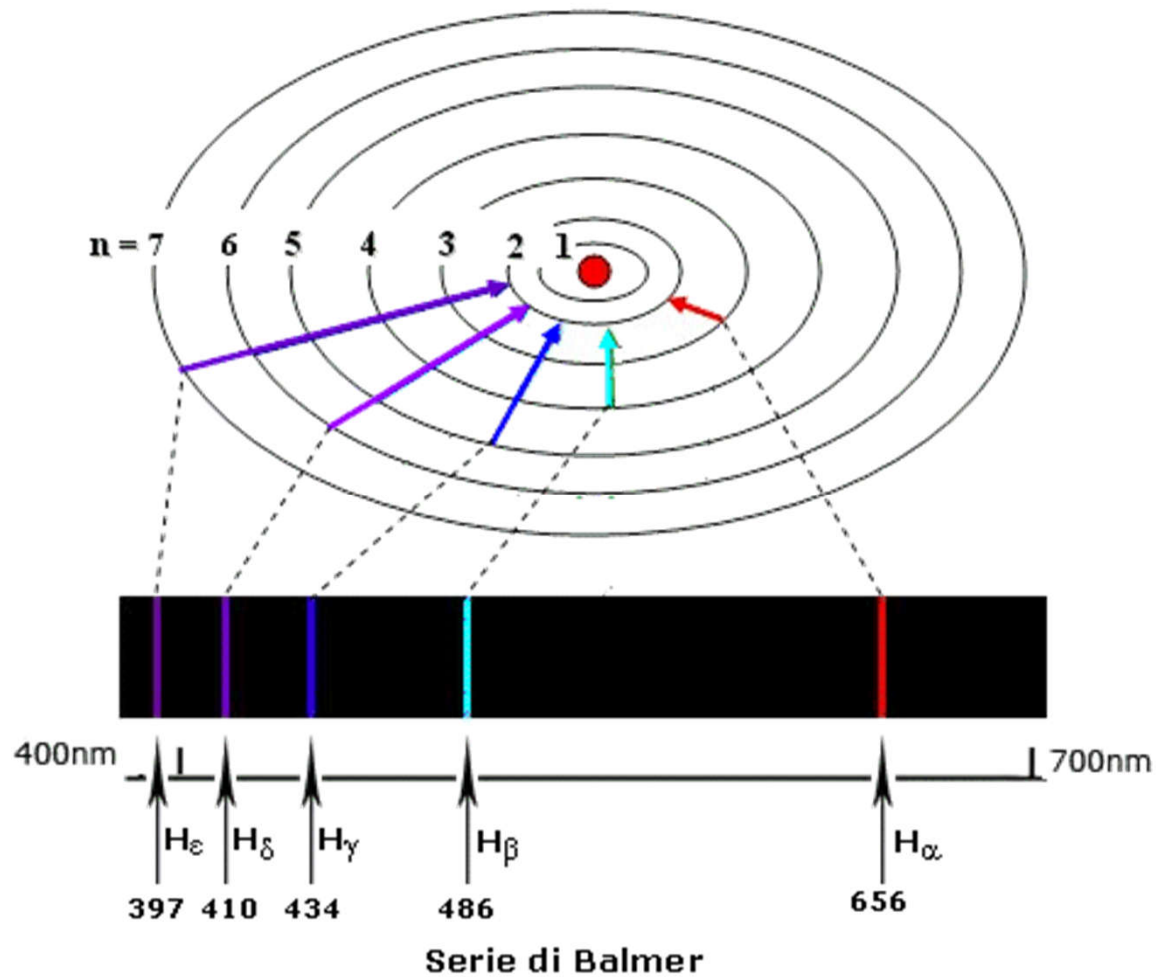


(Widoczne) spektrum H składa się z 4 linii, z których 2 fioletowe są niezbyt widoczne (zwłaszcza dla aparatu)



W praktyce w rurze mamy  $H_2$ , a nie H. Dodatkowe linie niedaleko od siebie są spowodowane drganiami dwóch atomów w H-H.

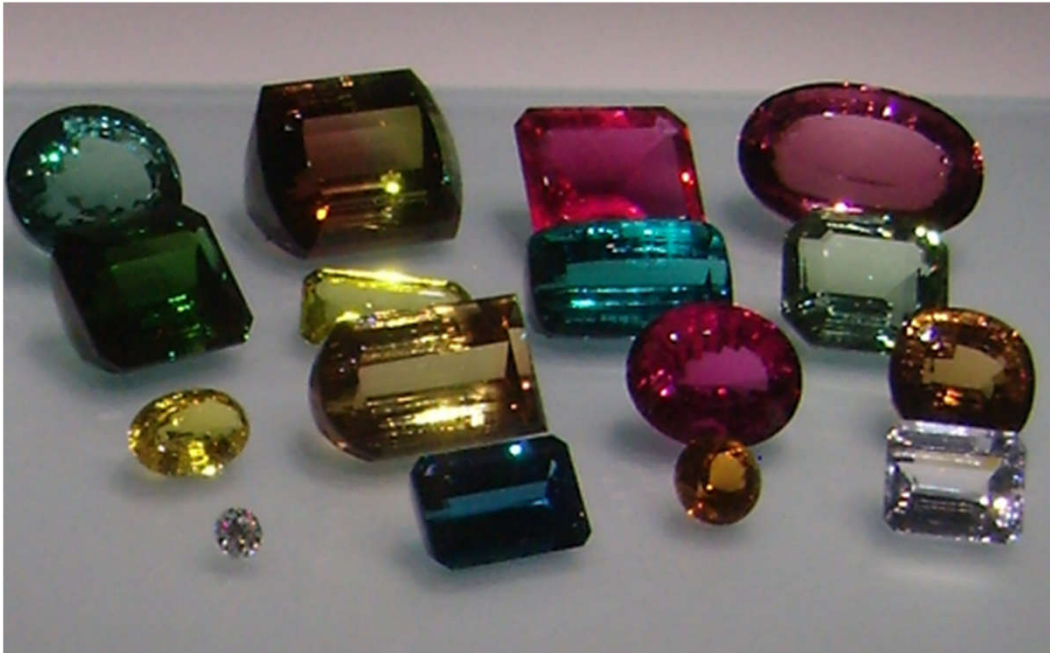
# Linie odpowiadają strukturze elektronowej atomu



<https://www.chimica-online.it/download/spettro-dell-idrogeno.htm>

# Kamienie szlachetne

Zawsze jest to bezbarwny (przezroczysty) kamień, taki jak kwarc  $\text{SiO}_2$  lub korund  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , z niewielkimi dodatkami tlenków z innych metali



Tormalina



granati

Tutti i colori tranne il blu

# Jak powstają kolory? Chemia + Fizyka



Atomi nella rete cristallina:

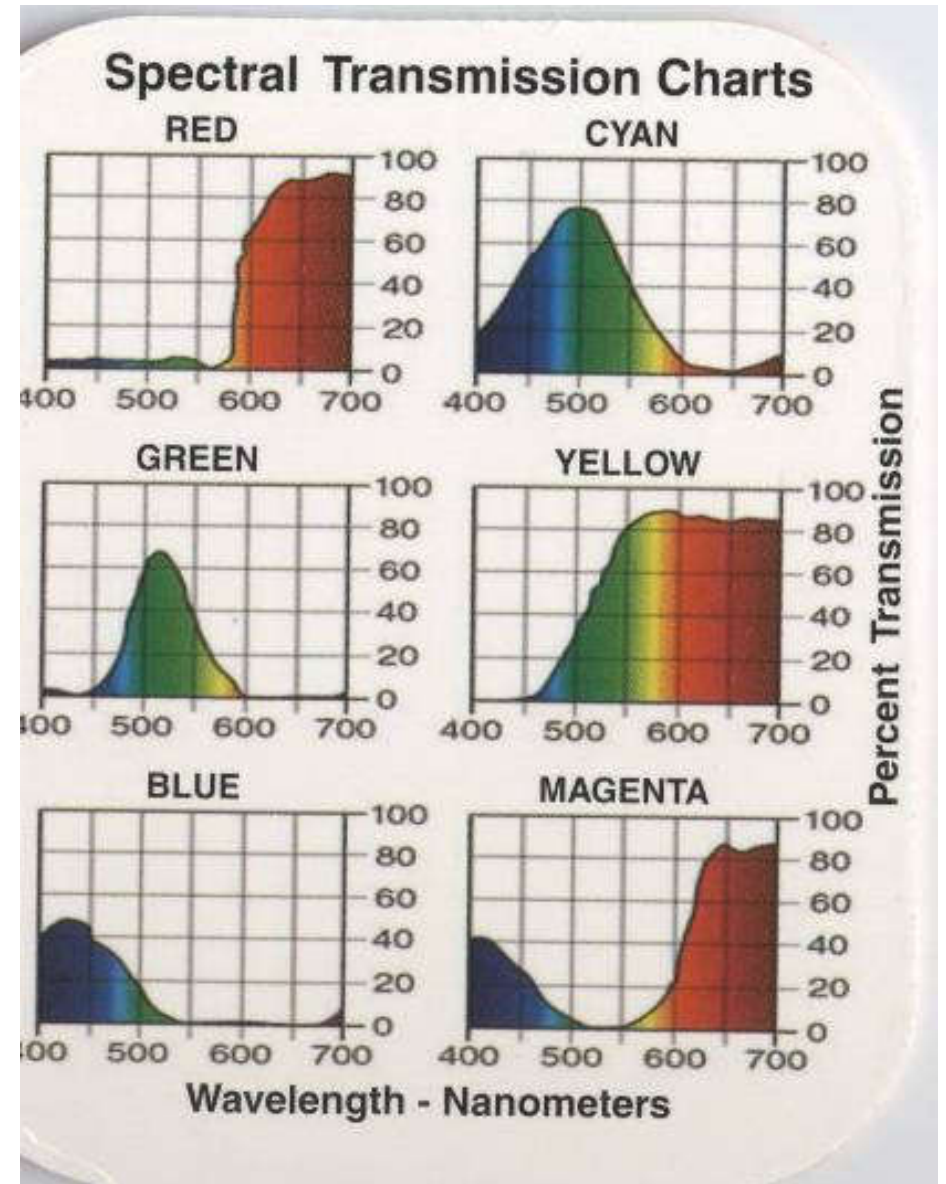
a) quarzo:  $\text{SiO}_2$

b) ametista:  $\text{Fe}^{+2}$  in  $\text{SiO}_2$

c) azzurrite:  $\text{CuSO}_4$

Zaffiro:  $\text{Fe}^{+2}$  in  $\text{Al}_2\text{O}_3$

# Od kolorowego szkła po filtry spektralne



Rosso: 600-700 nm (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ )

Verde: 450-600 nm

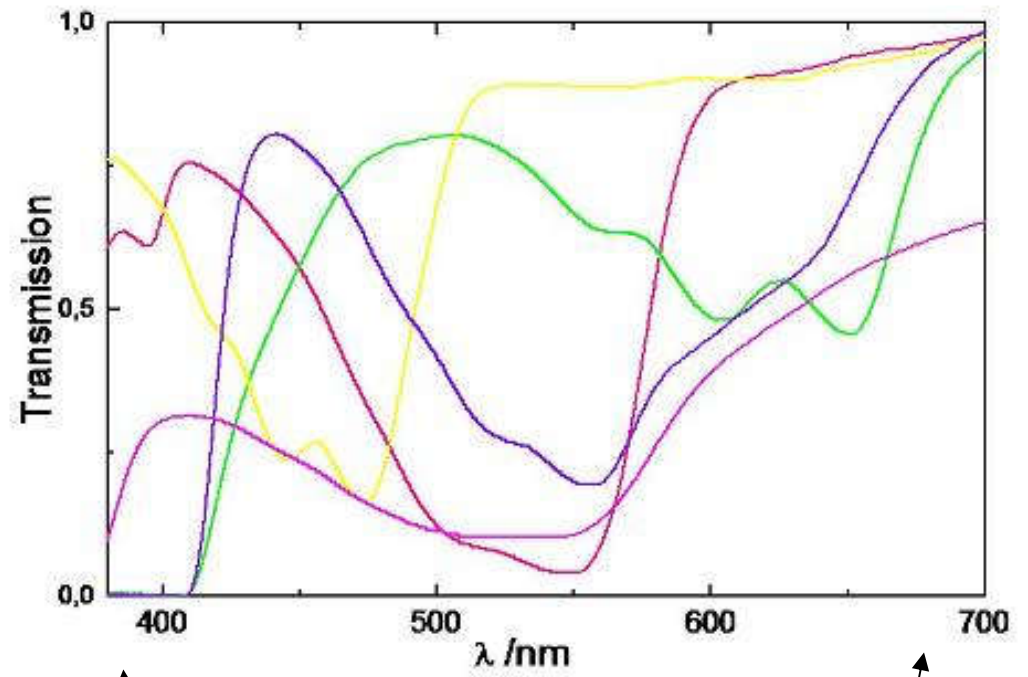
'Giallo' 500-700 nm

Ciano: 400-580 nm, etc.

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT\\_LUX](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX)

<https://www.teachersource.com/>

# Okulary dziecięce



violetto

rosso

# Odbicie i transmisja

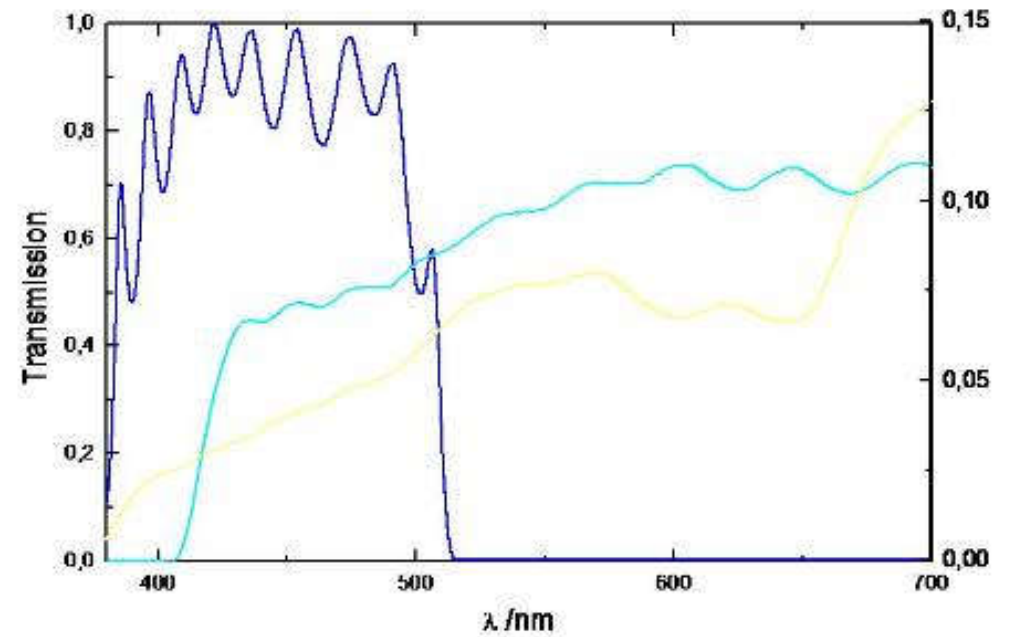
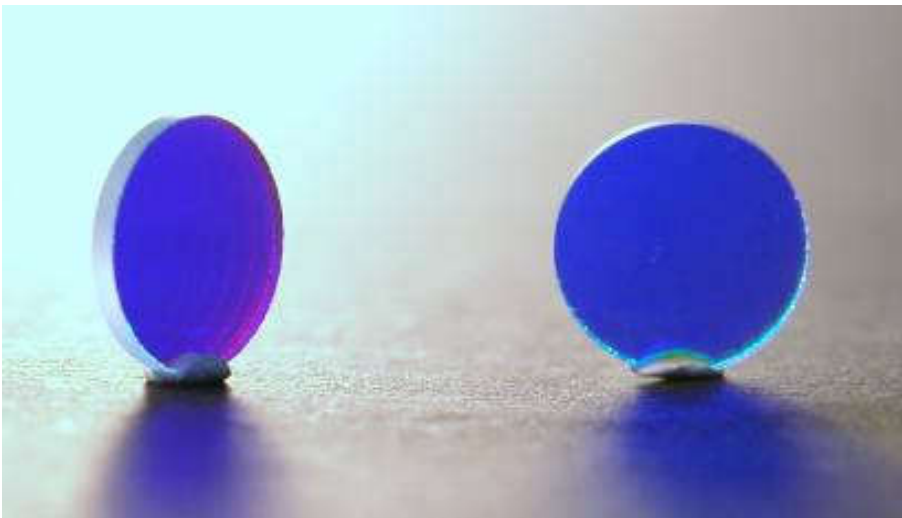
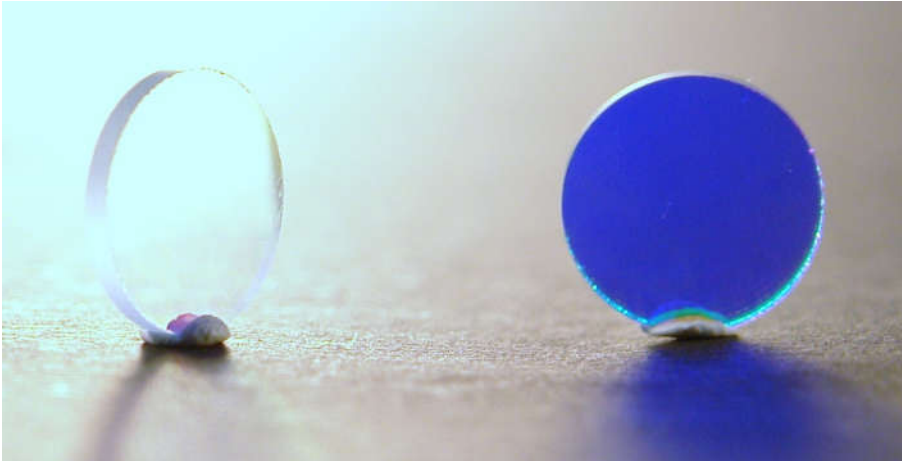
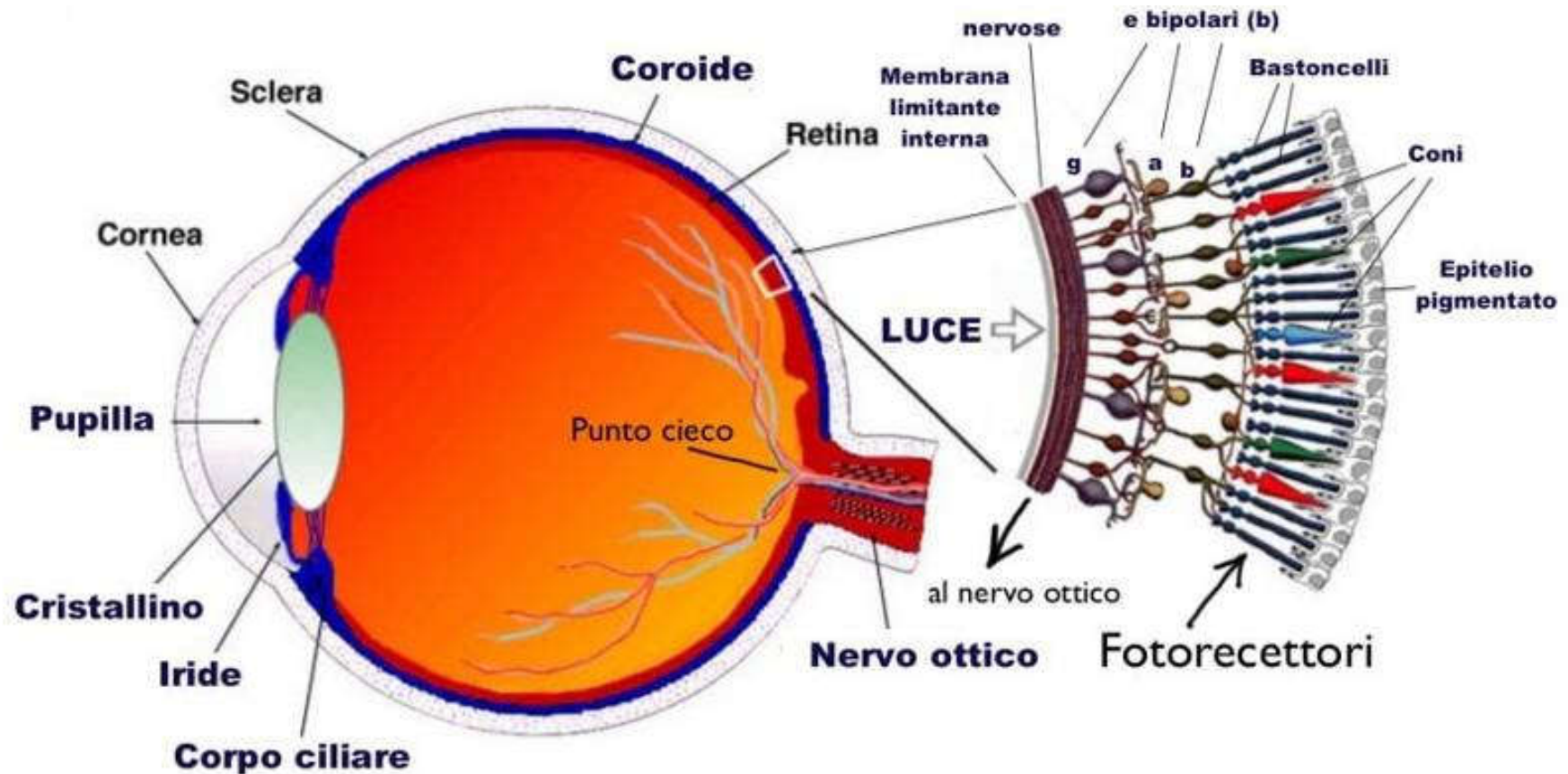


Foto: K. Służewski

Spettro: A. Krzysztofowicz

# Ludzkie oko: 3 kolory czopków + pręciki

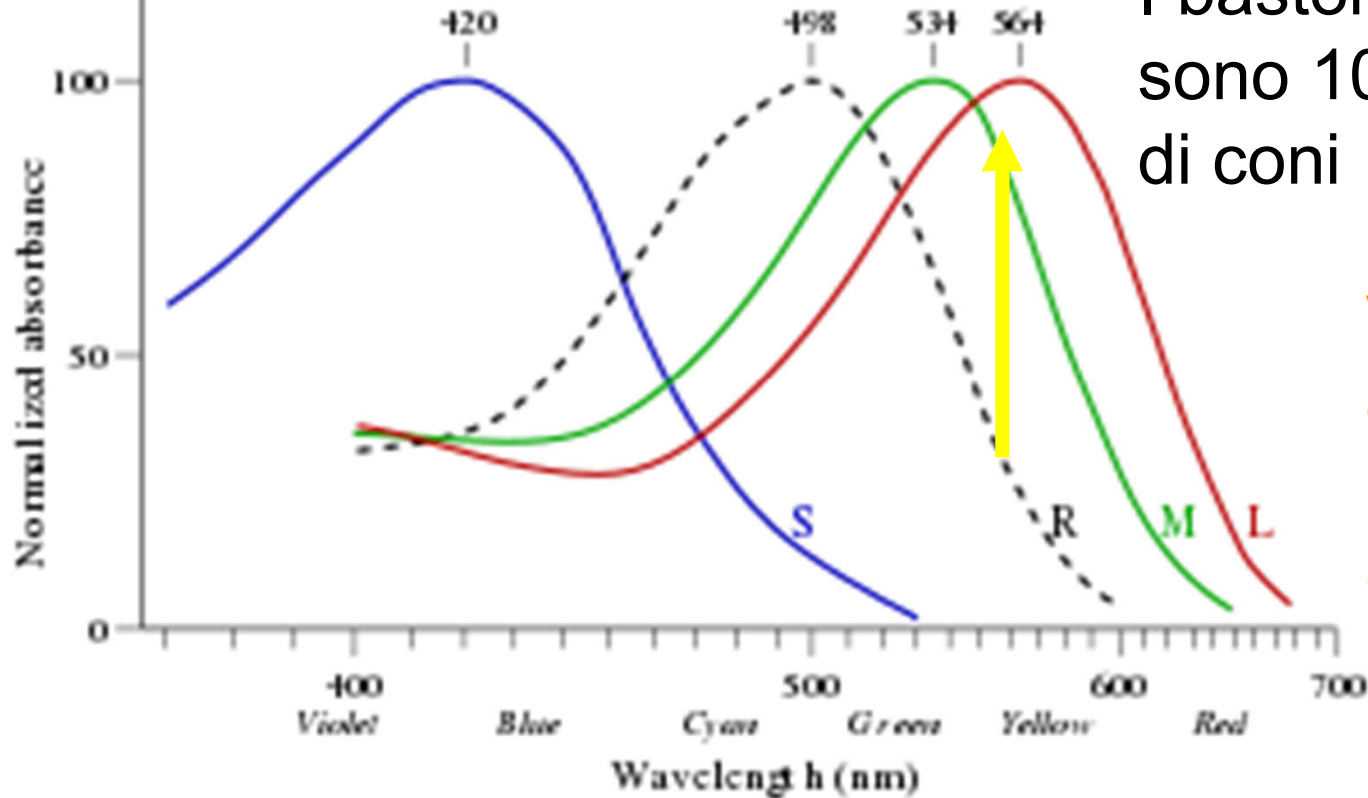


<https://www.repubblica.it/dossier/salute/retina-in-salute/2019/07/11>

"Widzialne jest w istocie kolorem, a kolor to to, co jest widoczne dla samego siebie: mówię 'dla samego siebie' nie dlatego, że jest widoczne ze względu na swoją istotę, lecz dlatego, że posiada w sobie przyczynę swojej widoczności"  
Arystoteles, O duszy, 418°, 30..

# Dlaczego RGB jest wystarczające?

[https://en.wikipedia.org/wiki/Rod\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Rod_cell)



I bastoncelli (visione B/W) sono 100 volte più sensibili di coni

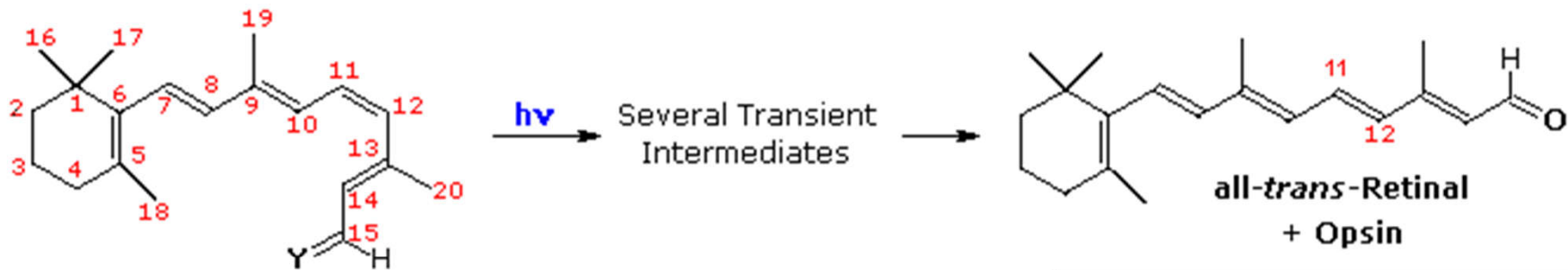
Vedendo il colore giallo, funzionano in contemporanea due tipi di coni

"Dlatego kolor nie jest widoczny bez światła, lecz każdy kolor każdej rzeczy jest widziany w świetle" Arystoteles, De Anima, 418b, 2

"Przezroczystość jest niebarwna, a co więcej, to, czego nie widzimy lub ledwo widzimy, bo wydaje się być ciemnością.", 418b, 27

# Rodopsyna – pigment siatkówki ssaków

Zmiany konformacji (uwalniany jest jeden elektron)  
gdy cząsteczka pochłania foton



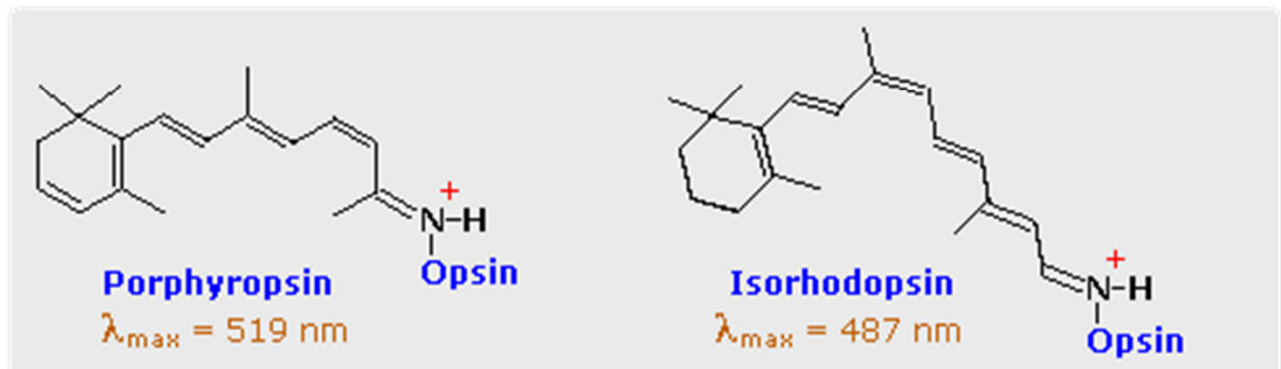
**11-cis-Retinal**  $Y = O$

**Rhodopsin**  $Y = \overset{+}{N}H(CH_2)_4CH(\overset{\sim}{N}H)CO_2^-$   
a Schiff Base

$\lambda_{max} = 504 \text{ nm}$

**Opsin**

**Retinal has 16 configurational isomers**  
4 are mono-cis; 6 are di-cis; 4 are tri-cis  
one is all-cis and one is all-trans

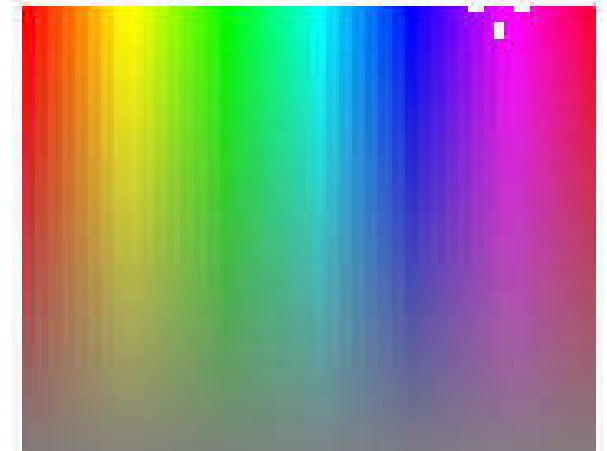
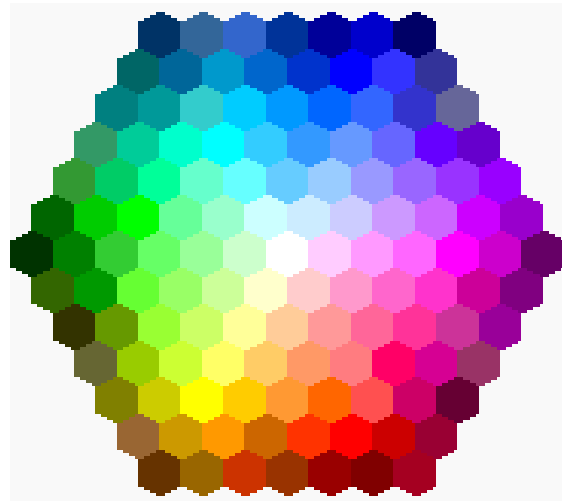


# Visione in B/W?



Lago Kamien, Pomerania, 23-01-2022, foto Maria Karwasz

# Gdzie zniknął kolor fioletu (w telewizji)?



Idea e foto: Maria Karwasz. Fiori – Giardino Botanico di Berlino

# Perché non ci sono fiori blu (impollinati dalle api)?



*Baptisia australis* (falso indigo)



*Centaurea cyanus* (fiordaliso)

# Il mondo visto dalle api

Oko pszczoły różni się znacznie od naszego.

Pszczoły lepiej widzą kolory proste,  
a w szczególności kolor żółty.

Widzą także ultrafiolet (maksymalna czułość przypada  
na 344 nm).

Pszczoły to widzą ze względu na kontrast z zielenią, a  
brązowy kolor jest dla nich czarny

# Kwiaty przeznaczone do zapylania świecą w promieniowaniu UV



**Fiori del ciliegio in UV**

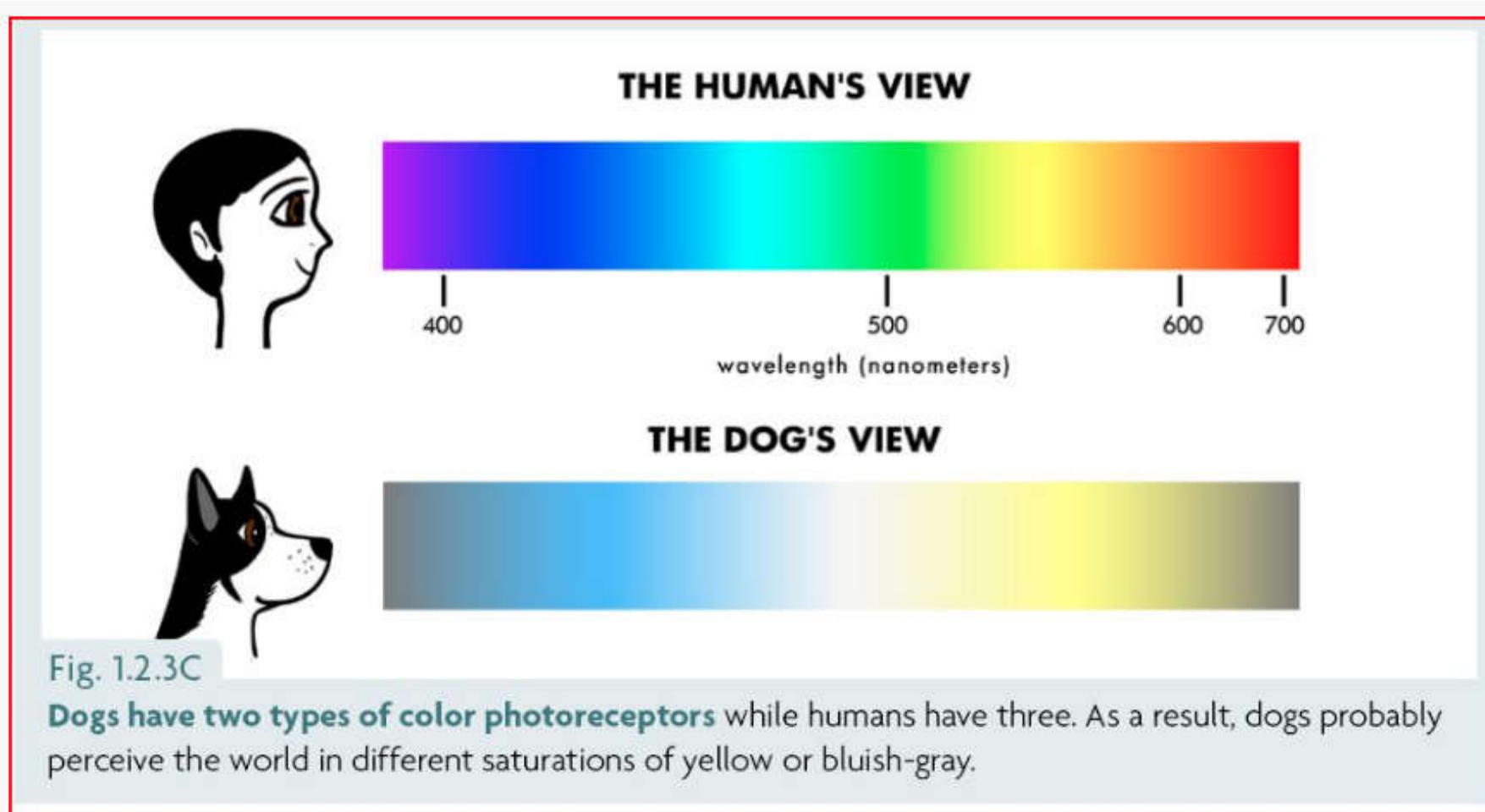
# Kwiaty zawsze są białe (?)



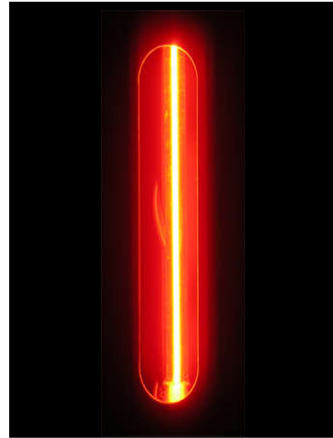
**Nie dla pszczoł, które widzą nektar błyszczący © w GK**

# Psi wzrok

- Psy mają tylko dwa receptory kolorów:
- Rozróżniają niebieski i żółty.



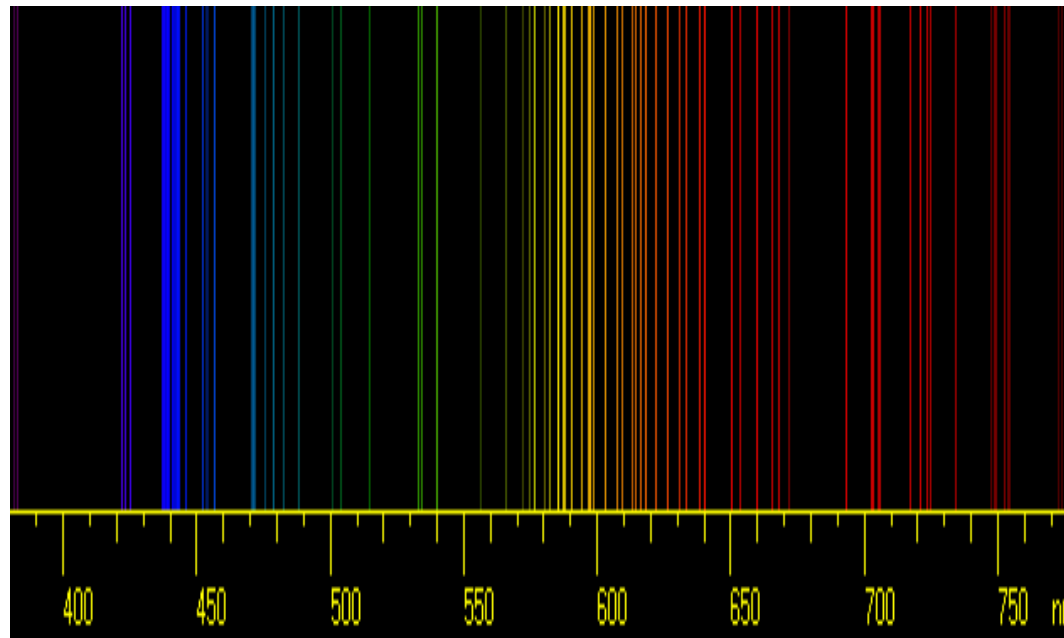
# Ultraviolet i podczerwień



Lo spettro di Ne

UV

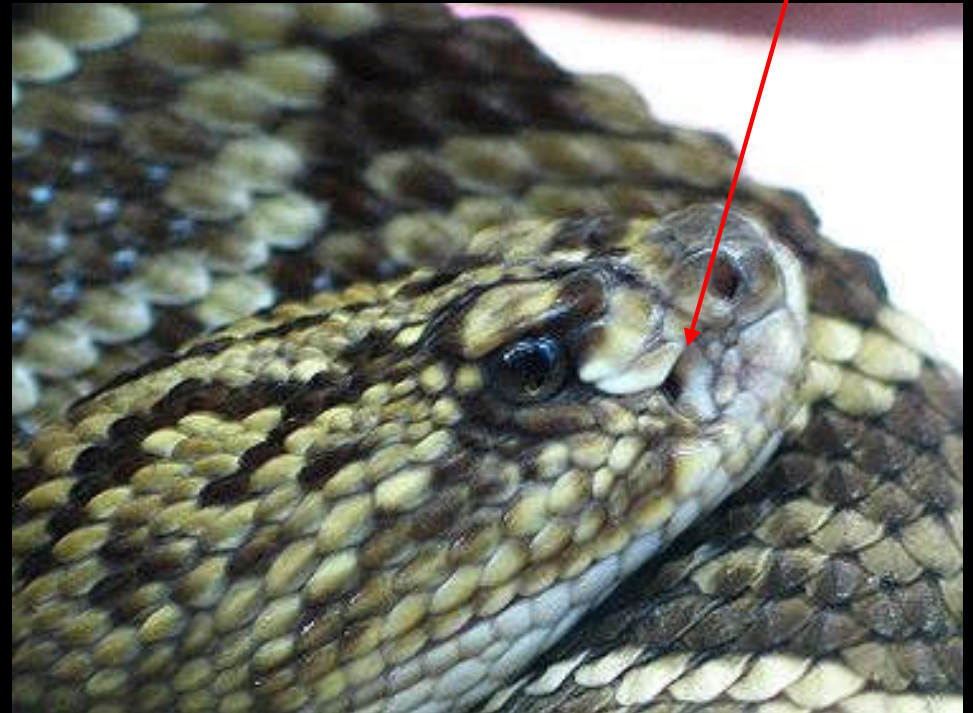
IR



Tavoletta UV e lampada UV

Carte termica i lampada IR

# Czy podczerwień jest widoczna?



Proszę wyjąć komórki

Czujniki podczerwieni wykorzystują żmije:  
Żmija jest zimna, a mysz gorąca  
Wierzch dłoni człowieka też czuje IR

Foto GK i <https://it.wikipedia.org/wiki/Crotalus>

# Motyl impresjonista



15 różnych receptorów kolorów w oku

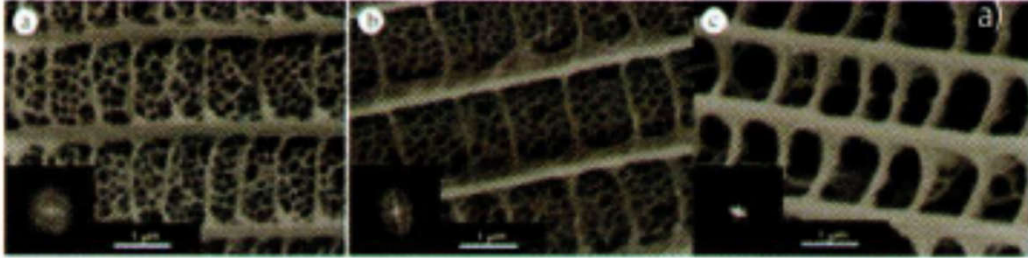
Foto GK

[http://www.sciencemag.org/news/2016/03/butterfly-has-extreme-color-vision?utm\\_campaign=email-news-latest&et rid=35353469&et\\_cid=327254](http://www.sciencemag.org/news/2016/03/butterfly-has-extreme-color-vision?utm_campaign=email-news-latest&et rid=35353469&et_cid=327254)

# Aggiunto: motyl impresjonista

- **This butterfly has extreme color vision**
- By [Virginia Morell](#) Mar. 8, 2016 , 4:00 PM
- Butterflies may not have a human's sharp vision, but their eyes beat us in other ways. Their visual fields are larger, they're better at perceiving fast-moving objects, and they can distinguish ultraviolet and polarized light. Now, it turns out that one species of swallowtail butterfly from Australasia, the common bluebottle (*Graphium sarpedon*, pictured), known for its conspicuous blue-green markings, is even better equipped for such visual tasks. Each of their eyes, scientists report in *Frontiers in Ecology and Evolution*, [contains at least 15 different types of photoreceptors](#), the light-detecting cells required for color vision. These are comparable to the rods and cones found in our eyes.
- To understand how the spectrally complex retinas of butterflies evolved, the researchers used physiological, anatomical, and molecular experiments to examine the eyes of 200 male bluebottles collected in Japan. (Only males were used because the scientists failed to catch a sufficient number of females.) They found that different colors stimulate each class of receptor. For instance, UV light stimulates one, while slightly different blue lights set off three others; and green lights trigger four more.
- Most insect species have only three classes of photoreceptors. Even humans have only three cones, yet we still see millions of colors. Butterflies need only four receptor classes for color vision, including spectra in the UV region. So why did this species evolve **11 more?** The scientists suspect that some of the receptors must be tuned to perceive specific things of great ecological importance to these iridescent butterflies—such as sex. For instance, with eyes alert to the slightest variation in the blue-green spectrum, male bluebottles can spot and chase their rivals, even when they're flying against a blue sky.

# Siatka dyfrakcyjna 3D



Fot. 7. *Morpho Menelaus* (a) (fot. autor) i jego skrzydło (b) widziane pod mikroskopem elektronowym [11]. Struktura skrzydła jest trójwymiarową siatką dyfrakcyjną, co daje piękny, połyskujący niebieski kolor



## **Morpho menelaus**

- Samiec ma piękne niebieskie ubarwienie, ponieważ struktura skrzydła przypomina idealną siatkę dyfrakcyjną
- Skrzydło samicy ma podobną, choć nie idealną budowę i nie jest tak kolorowe

# I colori del cielo

Quanti colori esistono?

Spettroscopia, cioè la scienza sugli spirti

**I colori in fisica, chimica, biologia**

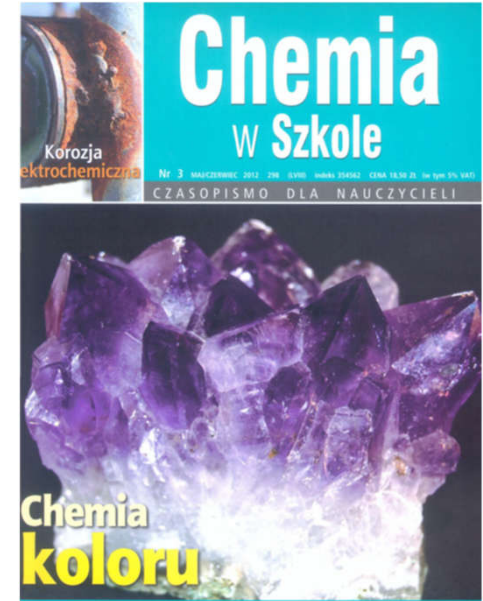
Grzegorz Karwasz

*Insegnare STEAM in chiave  
interdisciplinare*



# Co pokazuje test lakmusowy?

- Wskaźnik pH.
- - A co oznacza pH?
- pH jest logarytmem stężenia  $H^+$
- - A jak papier lakmusowy wskazuje pH?
- Zmieniaj kolor według pH...
- - I dlaczego?



Fot. 1a: Lecanora rufula to popularny porost rosnący na podłożach wapiennych (na zdjęciu murak betonowy przy stacji kolejowej w Nancy, ale identyczny porost rośnie też w Polsce).



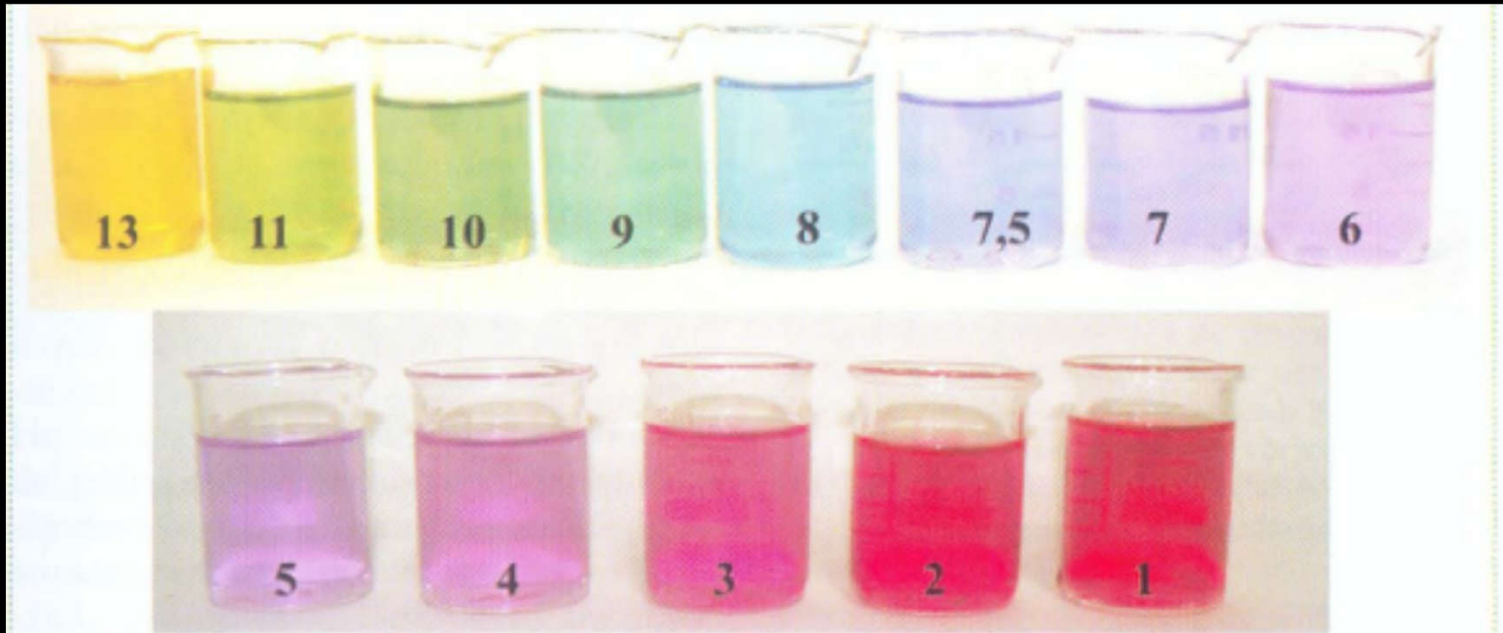
Fot. 1b: Złoty znak białej barwy papierków lakmusowych!

Jako wskaźników kwasowo-zasadowych można używać też innych produktów naturalnych. Nawet zwykła herbata staje się ciekawobrazowa po dosypaniu odrobiny

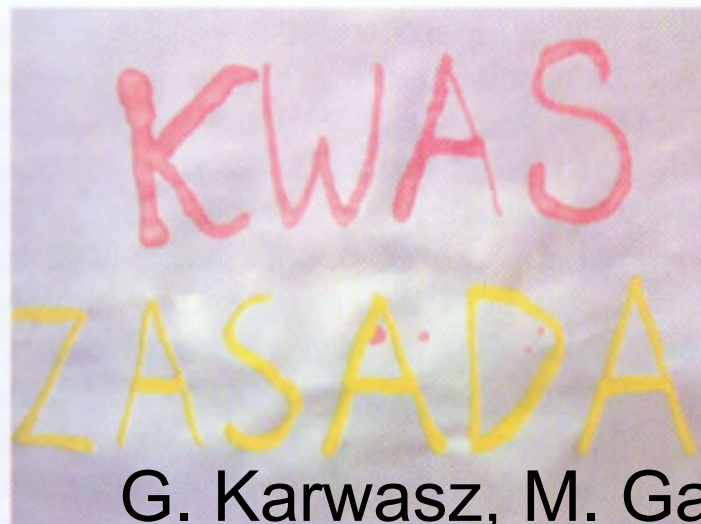


Rocella fuciformis

# Kapusta, nie tylko czerwona

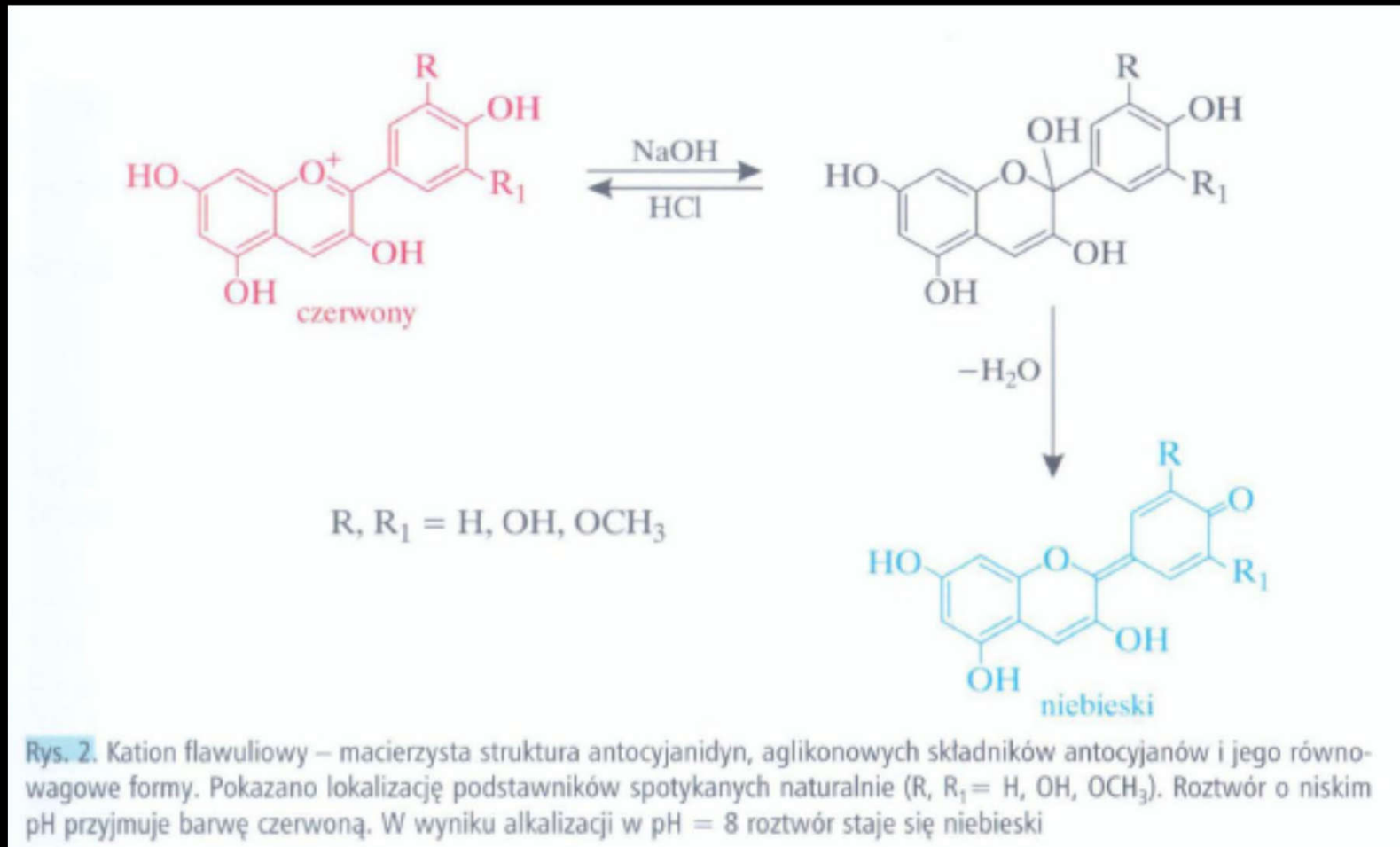


Fot. 2. Barwy roztworów soku z czerwonej kapusty dla różnych wartości pH roztworów (Fot. M. Gagoś)



G. Karwasz, M. Gagoś, Chemia w Szkole

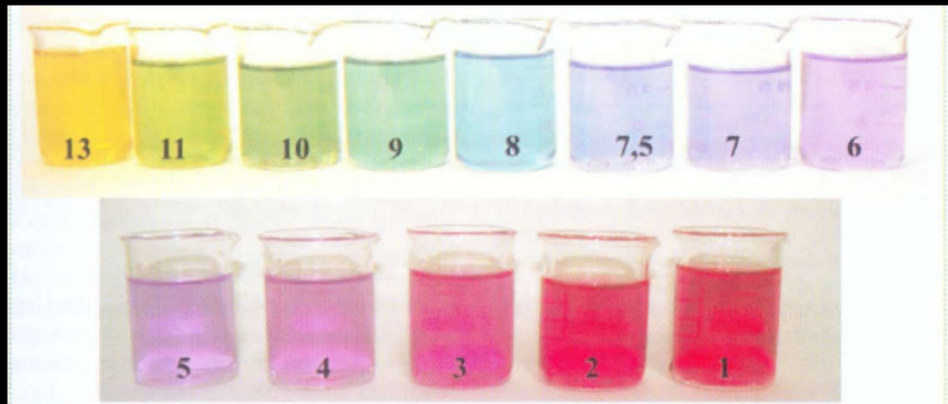
# Bardzo kwaśny sok



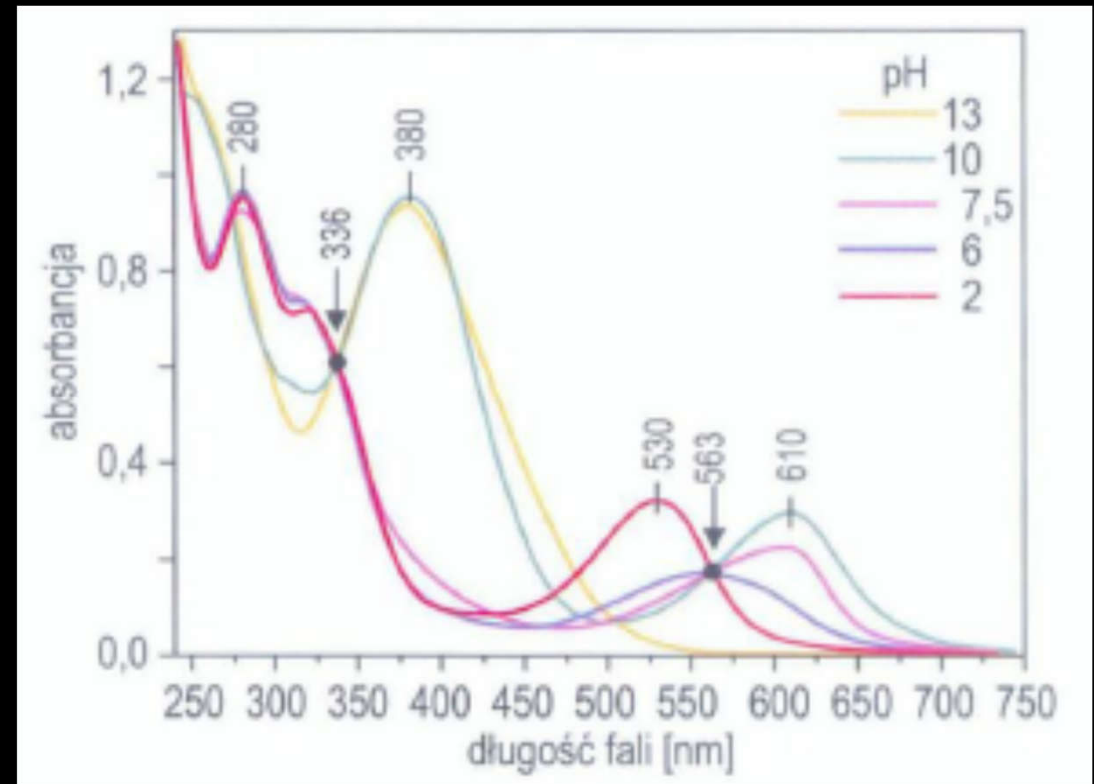
**Pigmenty pelargonii zmieniają konfigurację w zależności od pH**

M. Gagoś, G. Karwasz, *Chemia w Szkole*,

# Konformacja → widma → Kolor

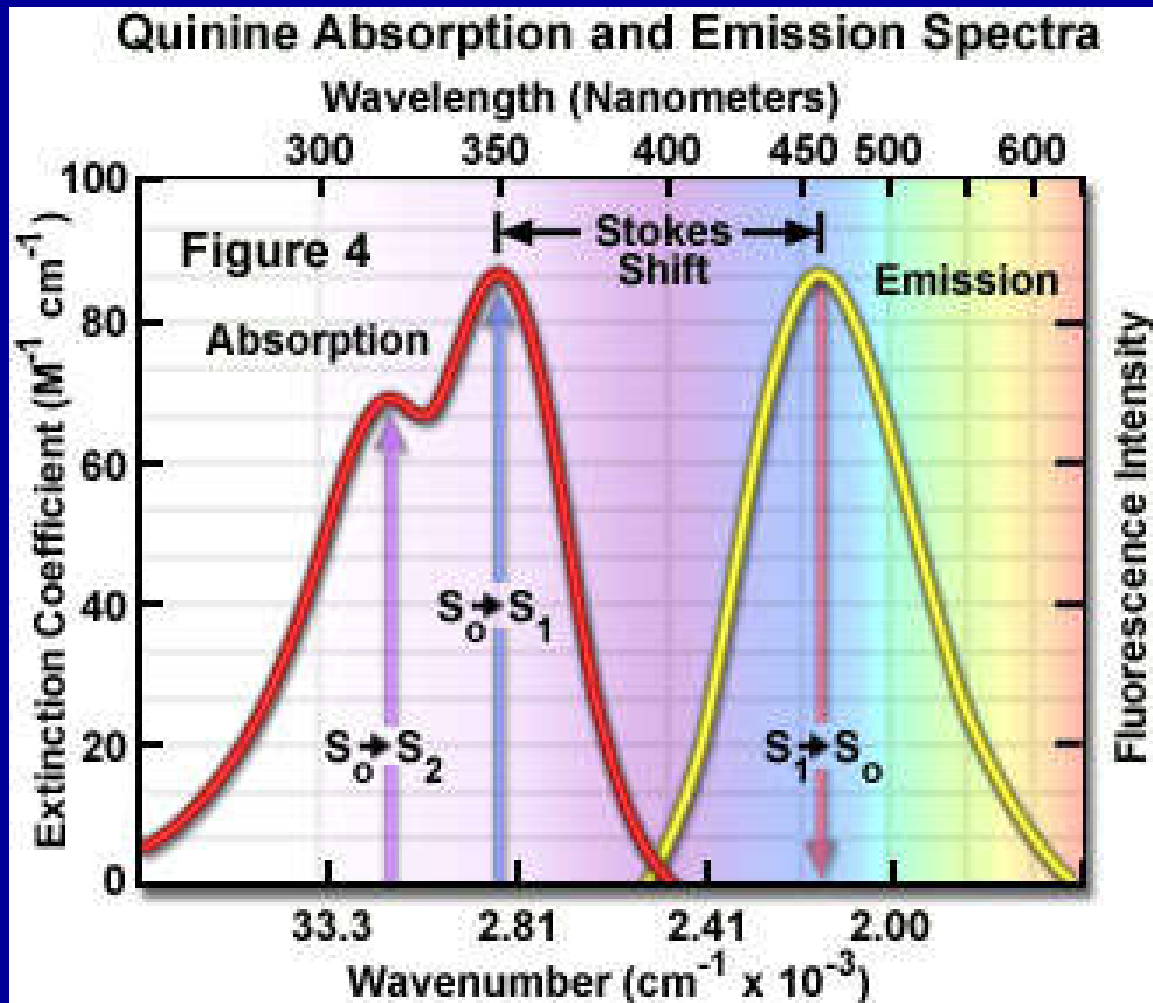
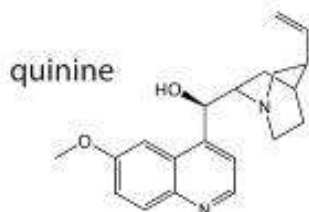


Fot. 2. Barwy roztworów soku z czerwonej kapusty dla różnych wartości pH roztworów (Fot. M. Gagoś)



Widma absorpcji soku z czerwonej kapusty o różnych wartościach pH (G. Karwasz, M. Gagos)

# Czy ten tonik jest smaczny?

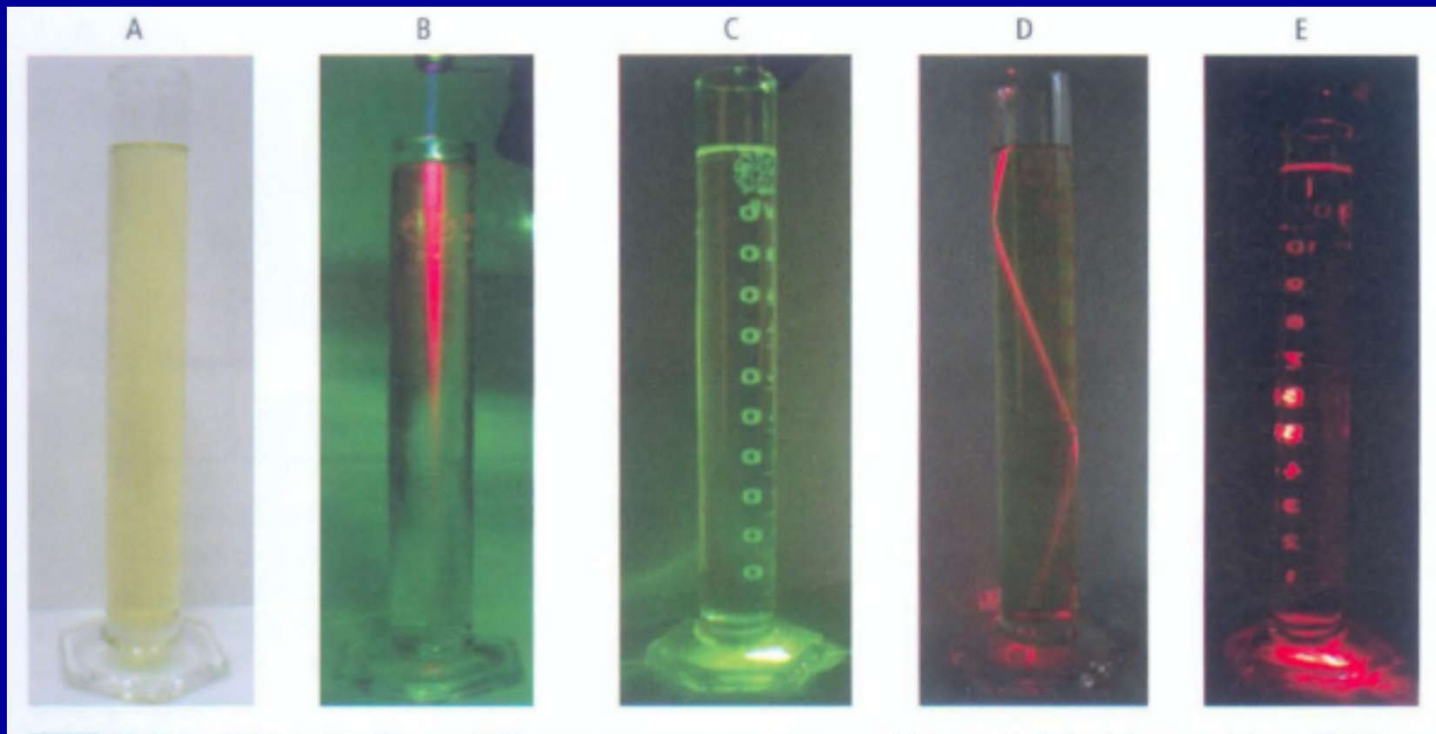


[http://chemwiki.ucdavis.edu/Core/Analytical\\_Chemistry/](http://chemwiki.ucdavis.edu/Core/Analytical_Chemistry/)

Analytical\_Chemistry\_2.0/10\_Spectroscopic\_Methods/10F%3A\_Photoluminescence\_Spectroscopy

<http://www.olympusmicro.com/primer/techniques/confocal/fluoroexciteemit.html>

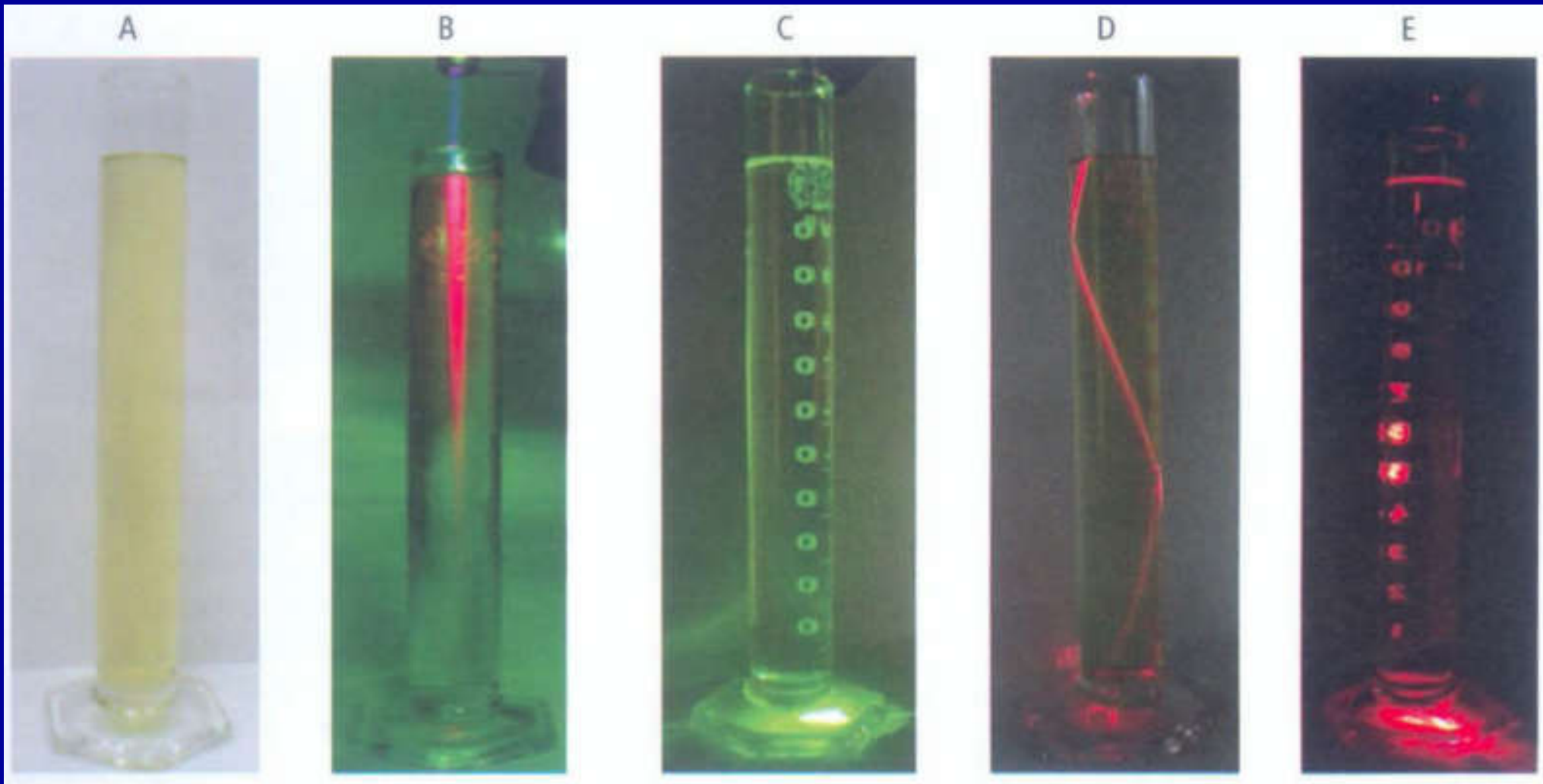
# Chlorofil jest zielony?



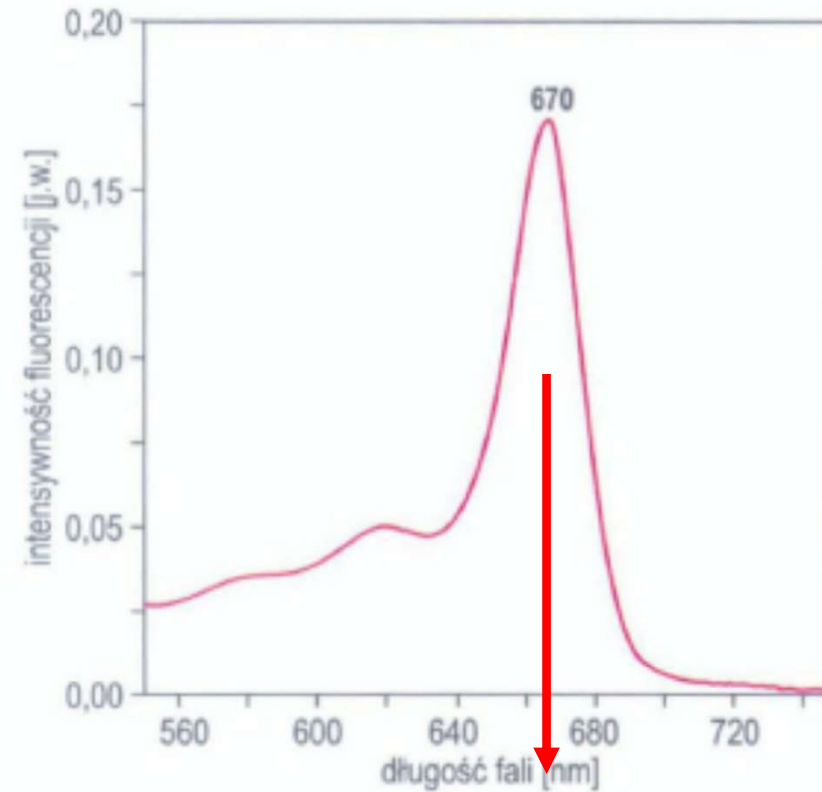
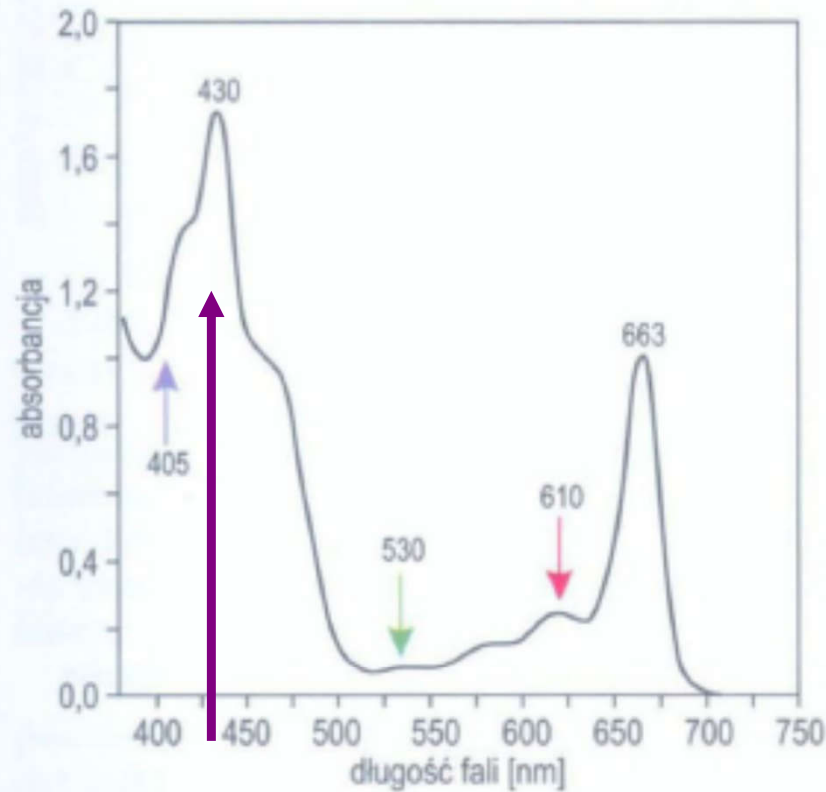
"Być" zielonym (rys. 1°) oznacza – odbijać zieleń, czyli nie pochłaniać koloru zielonego (rys. 1c)

Chlorofil pochłania światło czerwone (rys. 1d) i światło fioletowe (ale świeci na czerwono, rys. 1b).

# Chlorofil nie jest zielony



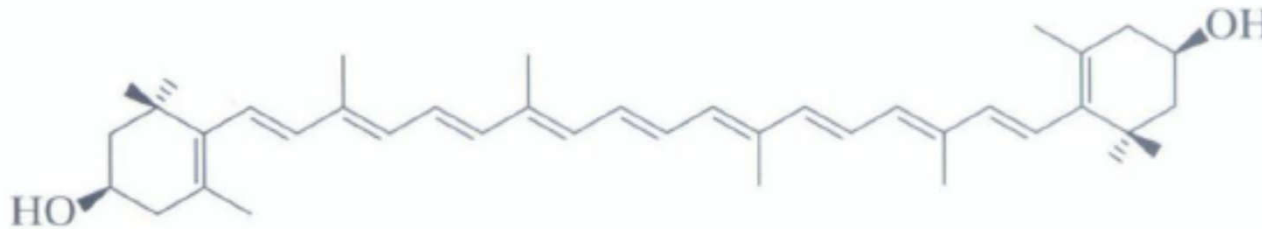
# Krzyk pelargonii!



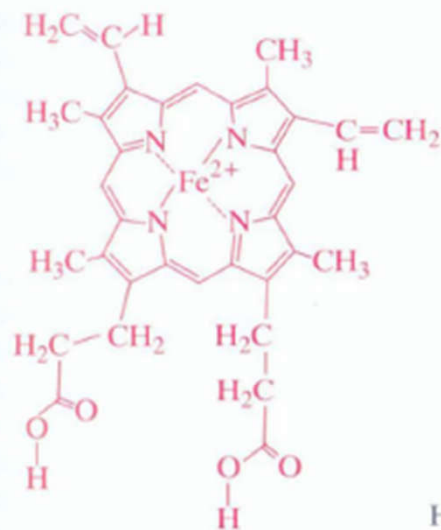
Rys. 4. Widma absorpcji (panel lewy) i fluorescencji (panel prawy) ekstraktu chlorofilowego prezentowanego na Fot. 4. Kolorowymi strzałkami zaprezentowano miejsca (długości fal) wzbudzenia ekstraktu. Wzbudzenie fioletowe (405 nm) oraz czerwone (610 nm) indukują zjawisko fluorescencji (Fot. 4B i D), którego widmo przypada w obszarze czerwonym przy 670 nm. Wzbudzenie światłem zielonym (Fot. 4C) nie powoduje fluorescencji

Chlorofil pochłania światło czerwone (660 nm) oraz fioletowe (430 nm), ale emituje czerwone światło (670 nm)

# Niebieska krew (ośmiornicy)



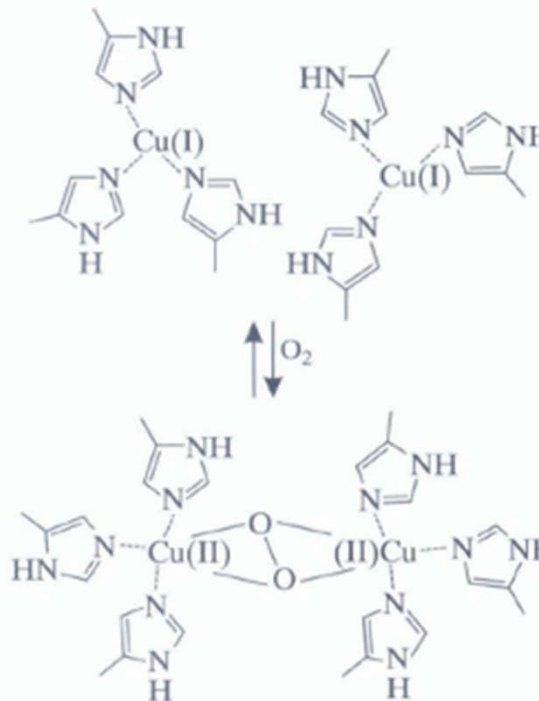
Rys. 3. Struktura chemiczna zeaksantyny, karotenoidu z grupy ksantofili. Zeaksantyna ma kolor żółty, występuje w kukurydzy, ale również w oku ludzkim pełniąc rolę fotoprotekcyjną (fotoochronną)



Hem

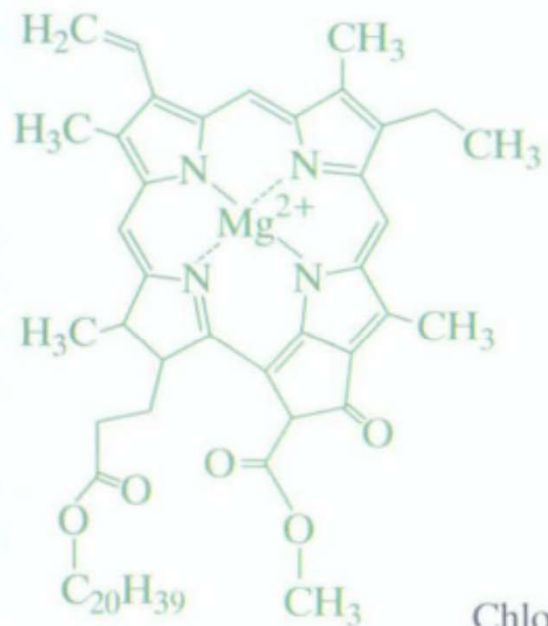
Rys. 9. Chlorofil i hemoglobina mają podobną strukturę chemiczną – pierścień porfirynowy, czyli cztery cząsteczki pirołu z centralnym jonem metalu

Pewne receptory światła i najnowsze,

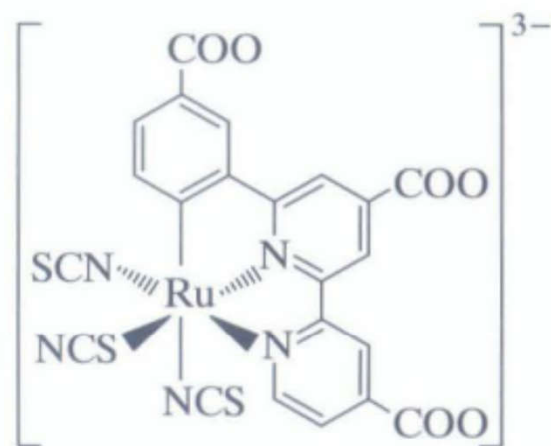


Rys. 11. Nośnik tlenu w krwi ośmiornic, hemocyanina w postaci beztlenowej i po przyłączeniu cząsteczki tlenu

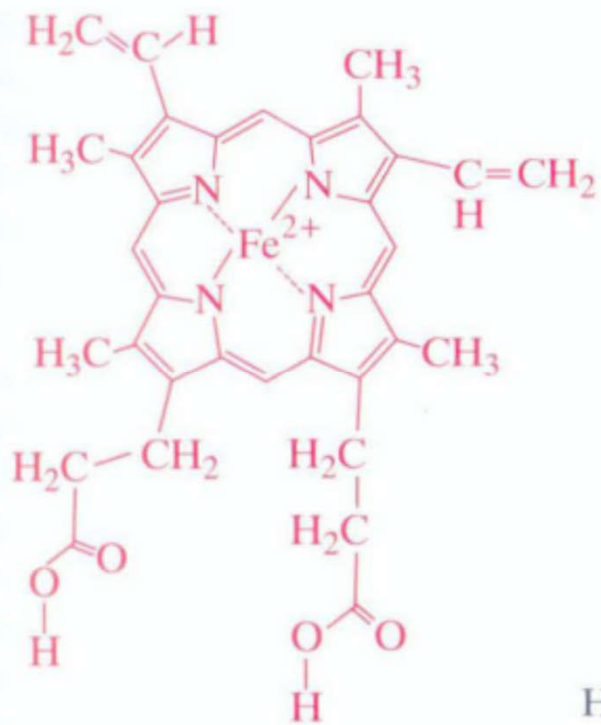
Ewolucja:  
Rozwiązanie  
Wiele zastosowań:  
chlorofil - Mg,  
hemoglobina - Fe,  
krew mięczaków Cu



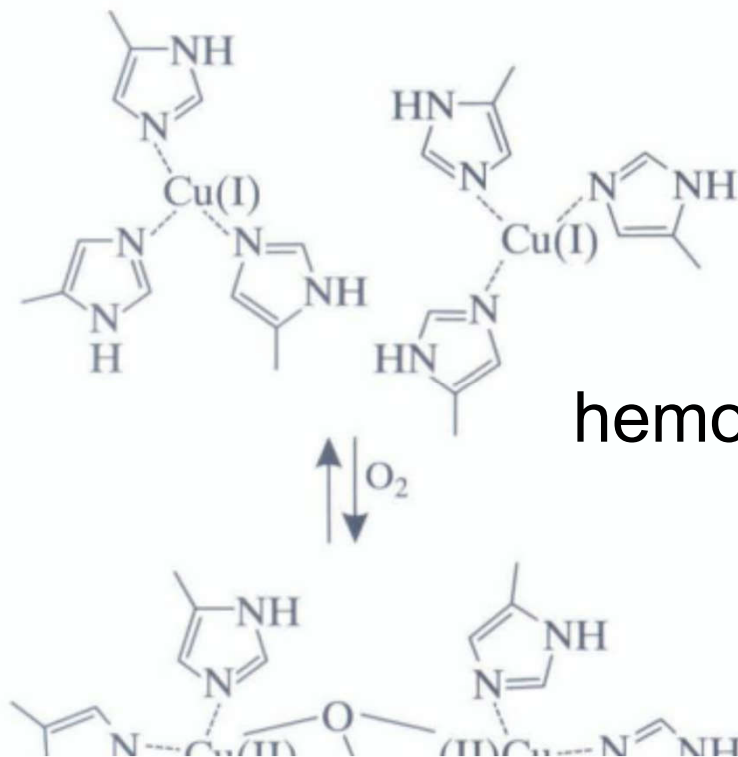
Chlorofil A



Rys. 10. Zaprojektowany metodami chemii kwantowej i sztucznie zsyntetyzowany brązowy barwnik wykorzystywany w nowej generacji ogniw słonecznych [7]

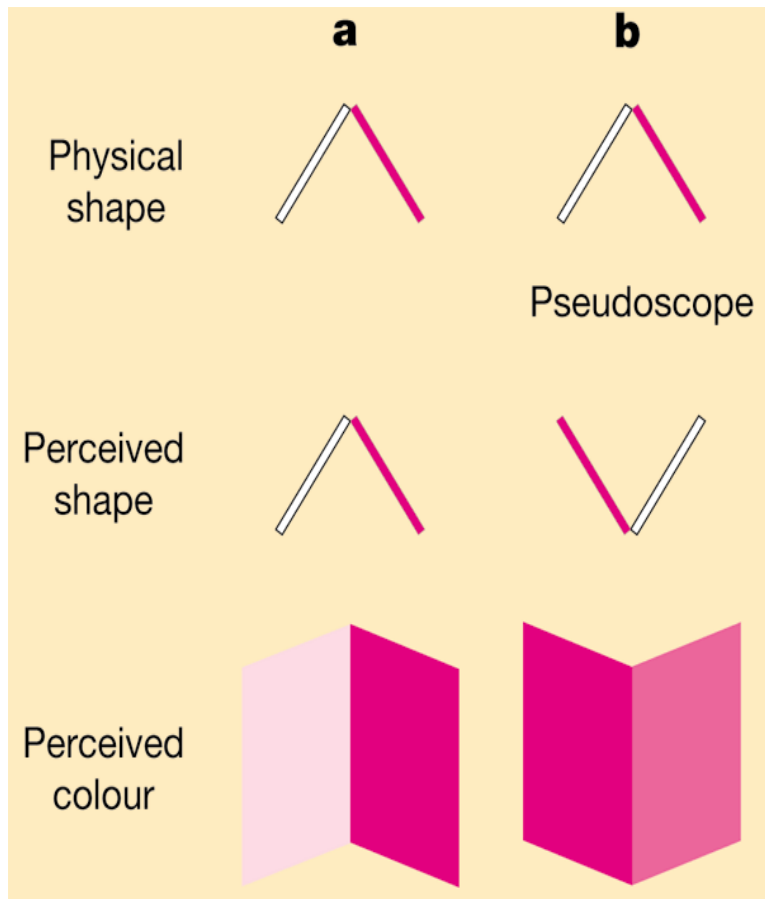


Hem



hemocyanina

# Impresja kolorów



*Nature* **402**, 855 - 856 (23/12/1999);  
**Visual Perception: Reflections on  
colour constancy**  
KARL R. GEGENFURTNER

# Wrażenie i chemia kolorów



**Figura 3.7.** (a) Tiziano ha usato il colore rosso vermiglione ( $\text{HgS}$ ) per l'effetto drammatico nella *Assunzione della Vergine* (Venezia, 1516–1518): le vesti rosse guidano l'occhio verso i personaggi principali. (b) Van Gogh per la notte stellata usò i pigmenti meno costosi: il blu di cobalto ( $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ ) e il blu di Prussia, un ferricianuro. (c) Per le vesti della Madonna Aldobrandini (1532) Tiziano ha usato l'ultramarina (lapis lazuli), un alluminio–silicato, un pigmento più costoso dell'oro.

FONTE:

Santa Maria Gloriosa dei Frari, Patriarcato di Venezia, concessione a titolo gratuito; Museum of Modern Arts, N.Y. & Scala Group; The National Gallery, London (permission gratis, educational waiver, with appreciation).

cinabro, blu di Parigi, acquamarina, turchese, porpora, etc.

# Spettroscopia o scienza dei fantasmi

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/html/posters-it.html](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/html/posters-it.html)



Guarda come i blu possono essere diversi!



Tutte le parole difficili vengono dal greco. Tutte, a parte "spectrum". Usata per la prima volta da Cicerone, in italiano significa *fantasma, ombra, simulacro*.

La spettroscopia ha a che fare con le immagini: un arcobaleno colorato, un tramonto oppure, semplicemente, un cielo nuvoloso.

In altre parole: *spectrum* è un *fantasma* e la Spettroscopia - una scienza sui fantasmi.



E anche i rossi diversi!



I colori sono prodotti non dalla riflessione dalla neve, bensì dalla riflessione all'interno dei cristalli di ghiaccio.



La riflessione in azzurre sui bordi di questo portacenero rosso *gold-doped(=?)*, è dovuta allo scattering di *Mie*, come nel cielo.

Lo spettro è un' *immagine*, qualcosa prodotto da un oggetto, come la luce riflessa o emessa.

Si ha bisogno poi di un analizzatore per visualizzare i singoli componenti. Questo può essere un prisma, un reticolo di diffrazione, ma anche un cristallo di neve o un CD.

I colori separati formano uno *spettro*.



La copertina di un CD "produce" colori, ma generalmente riflette luce *polarizzata*, cioè proveniente dal cielo blu. A meno che il polimero non sia fortemente orientato, come qui.

# Północne Niebo (Szwecja)



Śnieg jest albo zielony, albo pomarańczowy © B. Lidtke (2022)

# Colors, the eye of artists



Claude Monet, *Ponte Giaponese*

# Colors, the eye of artists



Claude Monet, *Ponte Giaponese*

# Colors, the eye of artists



Claude Monet, *Ponte Giaponese*

# Colors, the eye of artists: no automatic white adjustment



Cathédrale de Rouen

# Colors, the eye of artists: no automatic white adjustment



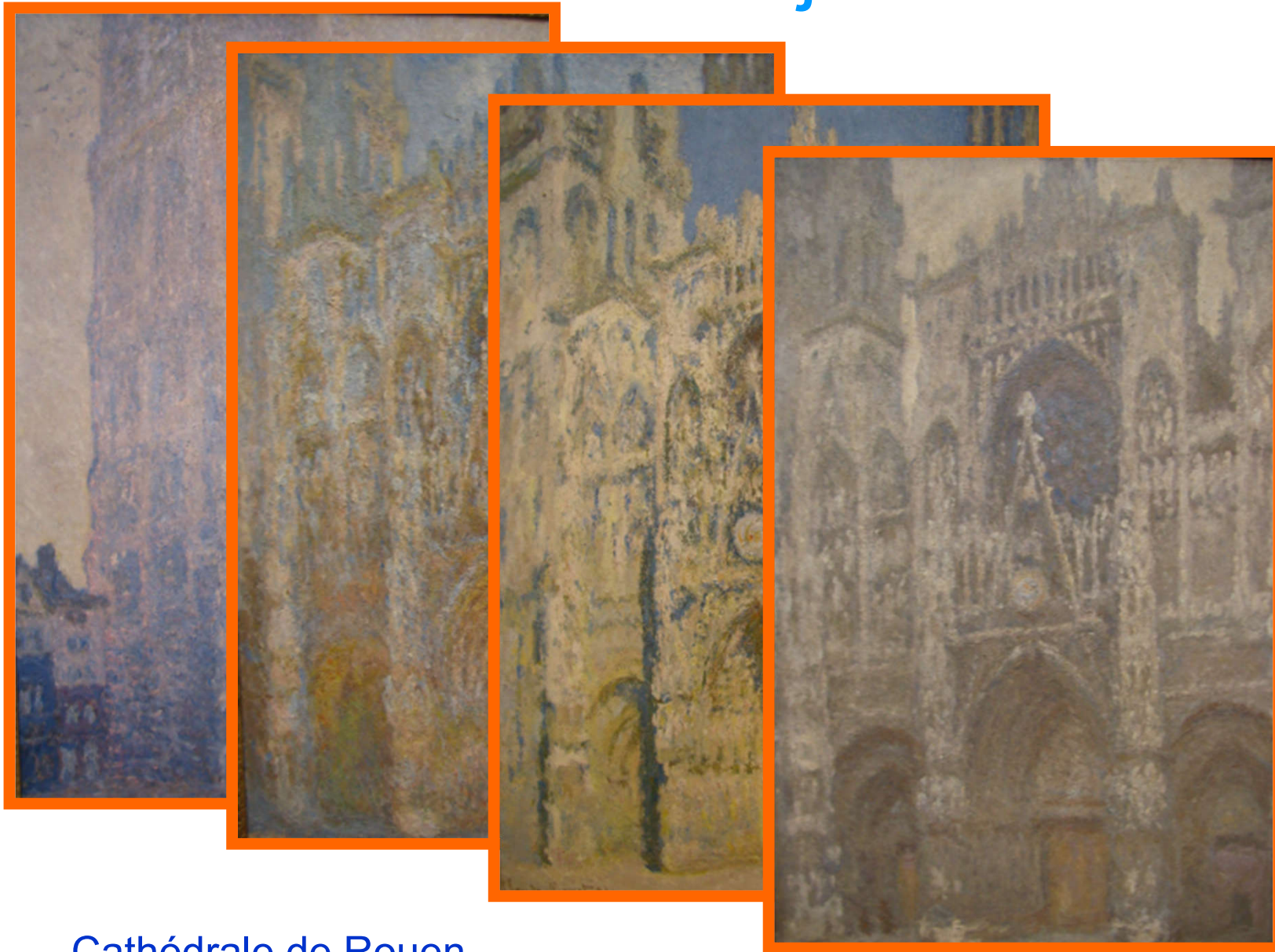
Cathédrale de Rouen

# Colors, the eye of artists: no automatic white adjustment



Cathédrale de Rouen

# Colors, the eye of artists: no automatic white adjustment



Cathédrale de Rouen

# Colors, the eye of artists: no automatic white adjustment



Cathédrale de Rouen

# Where do colours come from? Arts



Claude Monet, *Gare Saint Lazare*, (1877), Orsay, Photo GK  
Paul Signac, *Le château de Papes* (1900), Orsay, Photo GK

# Come nascono i colori? L'arte



Claude Monet, *Gare Saint Lazare*, (1877), Orsay, foto GK  
Paul Signac, *Le château de Papes* (1900), Orsay, foto GK

# Claude Monet



# Claude Monet



# Qualcosa extra

- Berlin Glass



Fot. 12. Szkło „plazmonowe” – szkło z dodatkiem nanowtrąceń złota. Jest ono czerwone w świetle przechodzącym, a niebieskawe w wewnętrznych odbiciach. Źródłem niebieskiej barwy są plazmony, kolektywne wzbudzenia elektronów w nanowtrąceniach złota. Materiał ten, wynaleziony w Berlinie w XVII wieku, jest rodem z wieku XXI (zbiory autora)

To szkło zawiera  
nanocząstki złota



W transparencji czerwony,  
w „odbiciu” niebieski

# Riassumendo

- Ludzkie oko to cud natury
- Widzi od niemal ciemności (kilka pojedynczych fotonów na sekundę) niemal do intensywności Słońca – z różnicą miliardów razy
- Wykorzystuje większość (40%) widma słonecznego, które jest bardzo szerokie.
- W przeciwieństwie do ucha, które słyszy 8 oktaw, oko widzi tylko jedną oktawę (380-760 nm).
- Ale ta oktawa zawiera siedem wspaniałych kolorów
- Sama natura stworzyła miliony kombinacji: od dwóch (różowy), trzech (brązowych) i bardziej "podstawowych" kolorów
- Nie wspominając o impresjonistach, którzy są prawdziwymi profesjonalistami ludzkiego widzenia

# Kilka gier edukacyjnych

- Zrób listę kolorów kwiatów występujących na polu i w ogrodzie
- Sfotografuj sygnał pilota telewizyjnego (i rozszyfruj sekwencję)
- Fotografowanie dziwnych kolorów nieba – wieczorem, a następnie obserwowanie pogody następnego dnia
- Fotografowanie morza z różnym zachmurzeniem
- Wytnij przezroczyste kolorowe (plastikowe) butelki napojów gazowanych i dodaj uzyskane filtry
- Szukanie kolorów w witrażach kościelnych i biżuterii matki
- Wypisz kolory cebulek choinek i spójrz na kolory złożone (czyli oświetlone dwoma różnymi żarówkami)
- Na Wielkanoc znajdź barwniki do jajek, pokoloruj z góry ustalone kolory, a potem mieszaj dwa kolory, aby znaleźć nowe kolory.

# Letteratura

- G. Karwasz et al. *Inside the didactics of colours – red-cabba juice as a teaching tool*, in *Colour and Colorimetry. Multidisciplinary Contributions. Vol. IX B*, edited by Maurizio Rossi, Dip. Design – Politecnico di Milano, Maggioli SpA, 2013

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje\\_2013/7\\_2013.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2013/7_2013.pdf)

- G. Karwasz et al.. *Fisica e giocattoli*, Collezione virtuale, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-it.html>
- G. Karwasz, *Spettroscopia, o la scienza dei fantasmi*, Poster didattico, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/posters/ita-ghost6.ppt](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/ita-ghost6.ppt)
- G. Karwasz, *Vedere per credere*, Poster didattico, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/posters/ita-specop5.ppt](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/ita-specop5.ppt)
- G. Karwasz, *Come stai, signorina Orchidea?*, Poster didattico, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/posters/ita1-orchid5.ppt](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/ita1-orchid5.ppt)
- G. Karwasz, *Condimento per l'insalata*, Poster didattico, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/posters/mass5-ita.ppt](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/mass5-ita.ppt)
- Congressi annuali del Gruppo del Colore, Politecnico di Milano

<https://www.gruppodelcolore.org/>

# Zaproszenie do spojrzenia na świat



Claude Monet, Santa Maria della Salute, Venezia



Grazie per la Vs attenzione!