Spektroskopia,

czyli nauka o duchach

(C) G. Karwasz

Rys. E. Rajch

Większość niezrozumiałych słów…

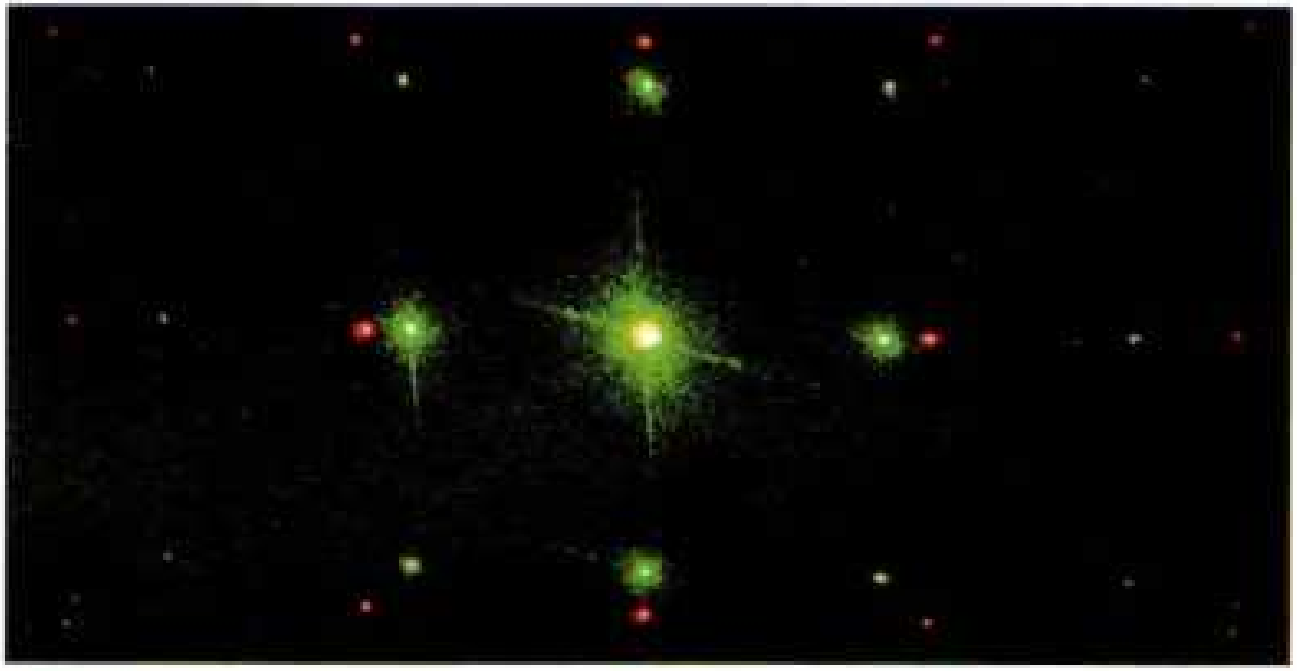
- Większość niezrozumiałych słów pochodzi ze starożytnej greki. Większość, z wyjątkiem słowa „spektrum”. Na próżno byłoby szukać go w słowniku greki; „spectrum” zostało użyte przez Cycerona, a powtórzone w 1672 roku przez Newtona: „Comparing the length of this coloured Spectrum with its breadth…” [5].

- Isaac Newton, *A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors,*
- Philosophical Transactions of the Royal Society, No. 80 (19 Feb. 1671/2), pp. 3075-3087.
- http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/view/texts/normalized/NATP00006

Spektroskopia, czyli nauka o duchach

- U Cycerona „spectrum” oznaczało „wyobrażenie”, „przedstawienie”, „obraz”, a nawet „widmo”. Stąd „spektroskopia”, czyli nauka o duchach.
- Jak zobaczyć „ducha”?

Skąd się biorą kolory?



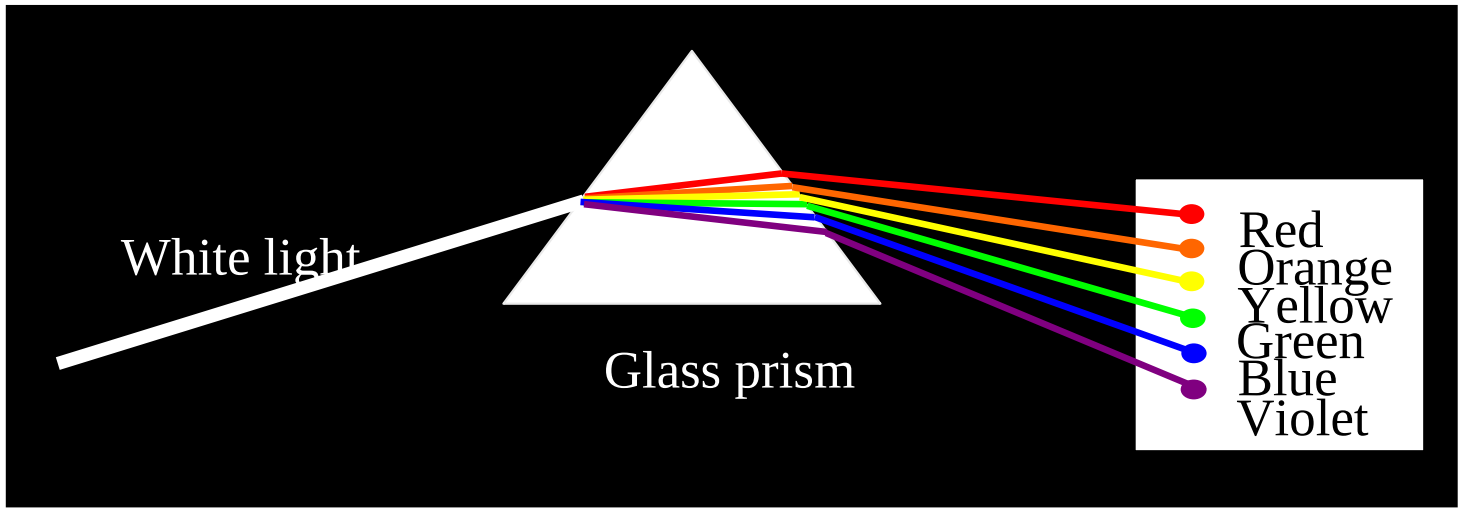
Fot. 1. Aby określić, jakie jest widmo światła, czyli jakie kolory „podstawowe" składają się na obserwowaną barwę, musimy użyć elementu, który rozdziela światło w zależności od długości fali. Takim urządzeniem jest na przykład pryzmat, ale też szereg blisko siebie położonych nacięć na płycie CD lub na przezroczystej kliszy fotograficznej. Taki układ nacięć tworzy tzw. siatkę dyfrakcyjną.

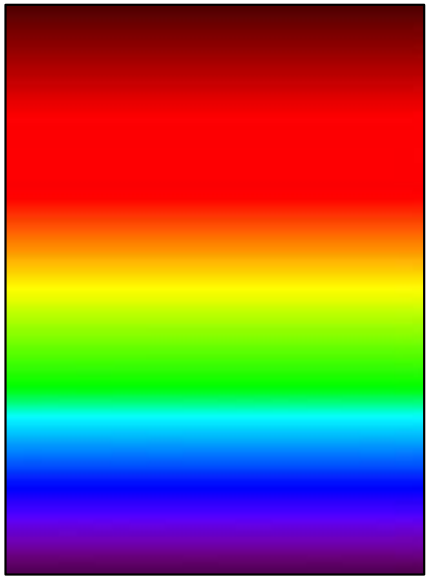
G. Karwasz, Chemia w Szkole, 2013

Spektroskopia, okiem fizyka

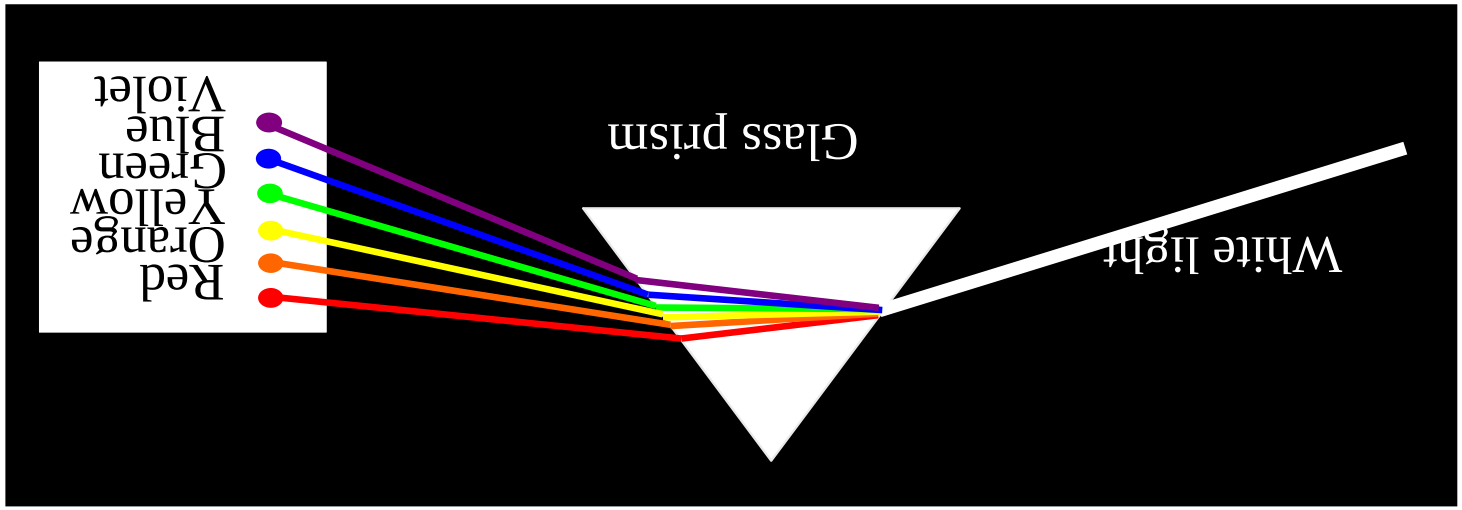
Spektroskopia, okiem fizyka

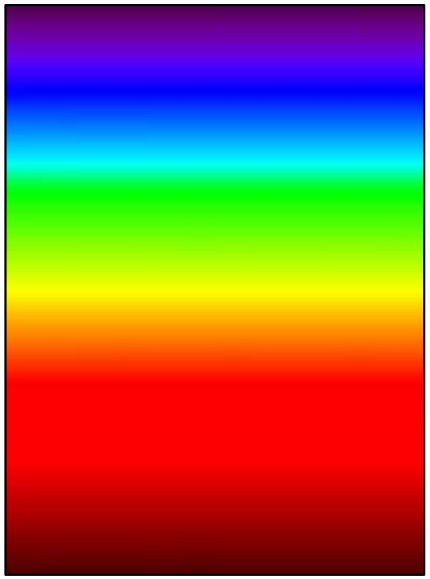
„tęcza”


White light
Glass prism
Red
Orange
Yellow
Green
Blue
Violet



Czy tak wygląda tęcza?





podczerwień,
nadfiolet

Jak wygląda tęcza?

Na pewno?

http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/tecza.html

A może jednak tak?

Na pewno?

Jak naprawdę wygląda tęcza?

rozszczepienie (dyspersja), interferencja..

http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/tecza galeria.

Dlaczego niebo jest niebieskie?

bo zachodzące Słońce jest czerwone!

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

Spektroskopia atmosferyczna

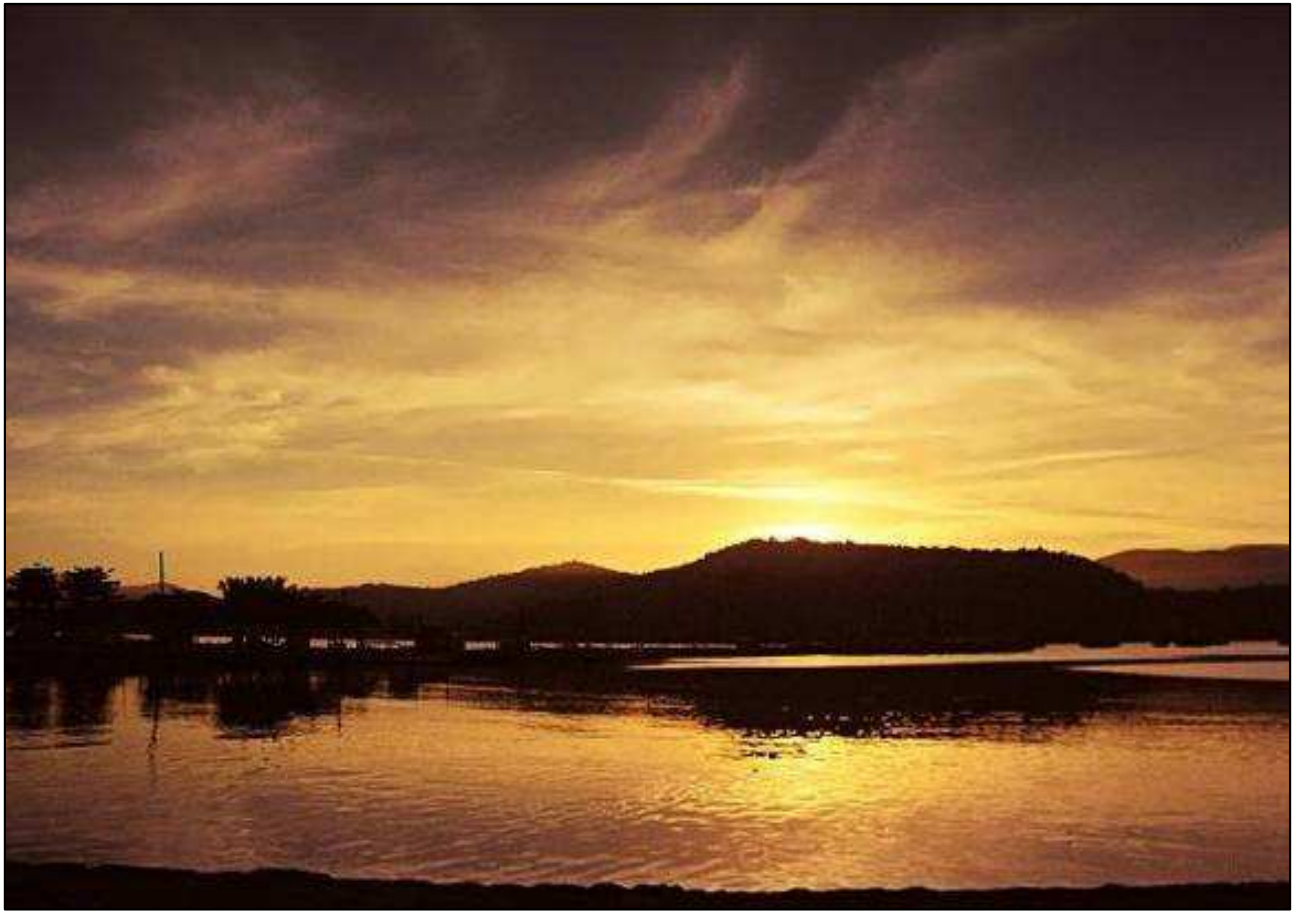


Foto: Carmen, Sao Paolo
With kind thanks!

Spektroskopia atmosferyczna

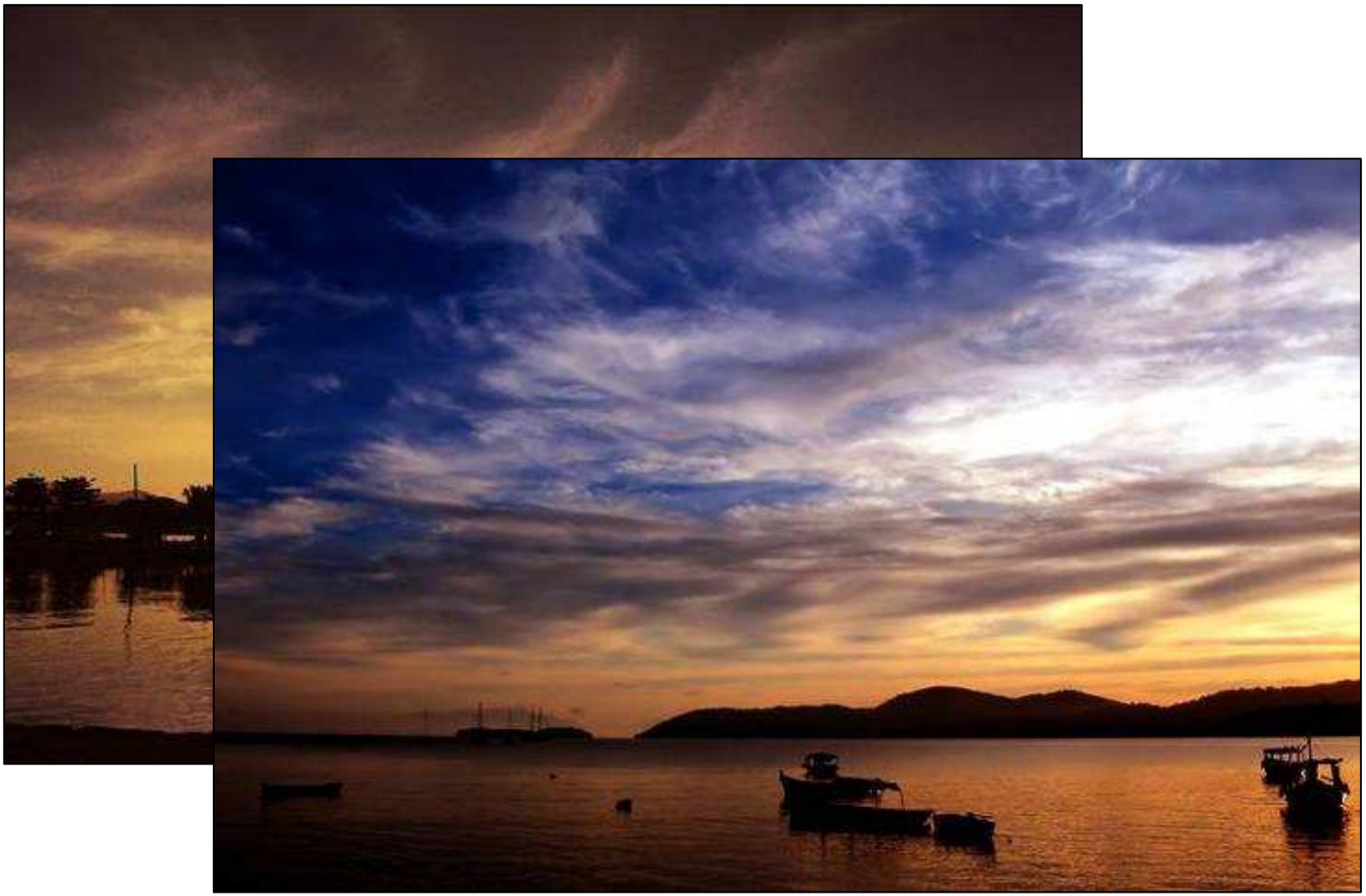


Foto: Carmen, Sao Paolo
With kind thanks!

Spektroskopia atmosferyczna

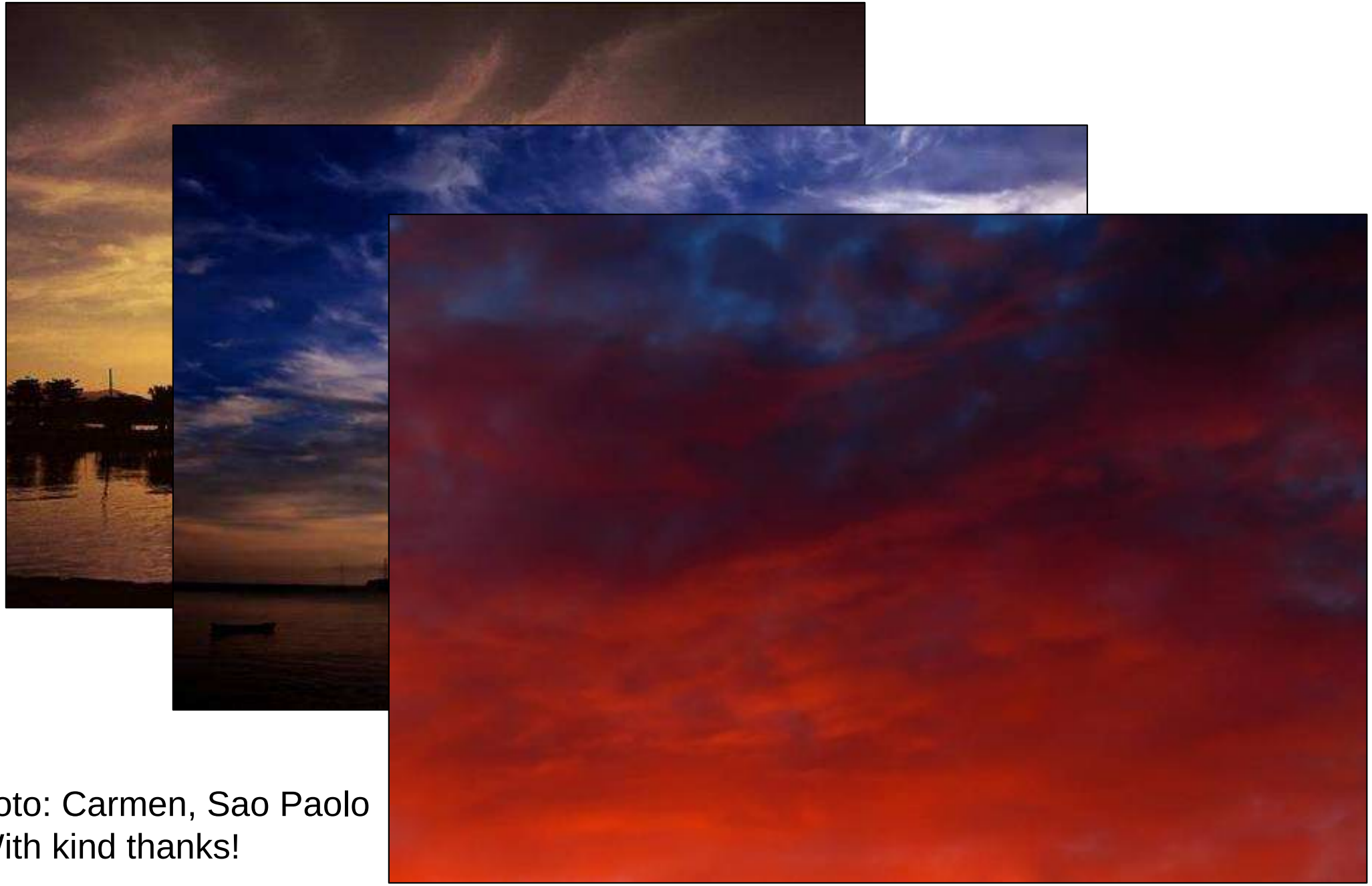


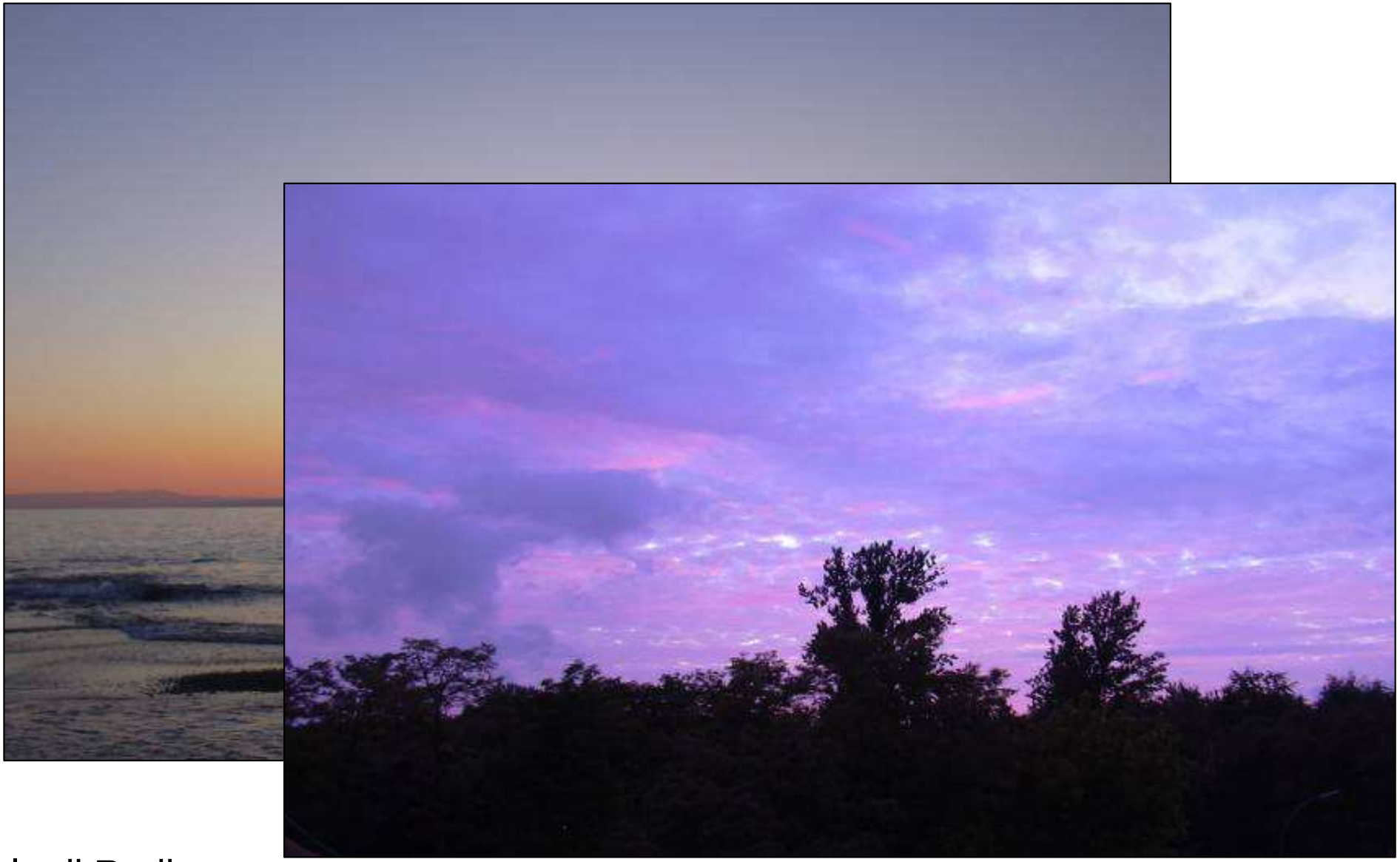
Foto: Carmen, Sao Paolo
With kind thanks!

Spektroskopia atmosferyczna

Isola di Rodi,
Foto Federico Fedrizzi

Rozpraszanie Rayleigha
Berlin, 22.06.2005, foto GK

Spektroskopia atmosferyczna



Isola di Rodi,
Foto Federico Fedrizzi

Rozpraszanie Rayleigha
Berlin, 22.06.2005, foto GK

Spektroskopia, okiem rzeki

Spektroskopia, okiem aparatu

Muzeum Orsay, foto MK

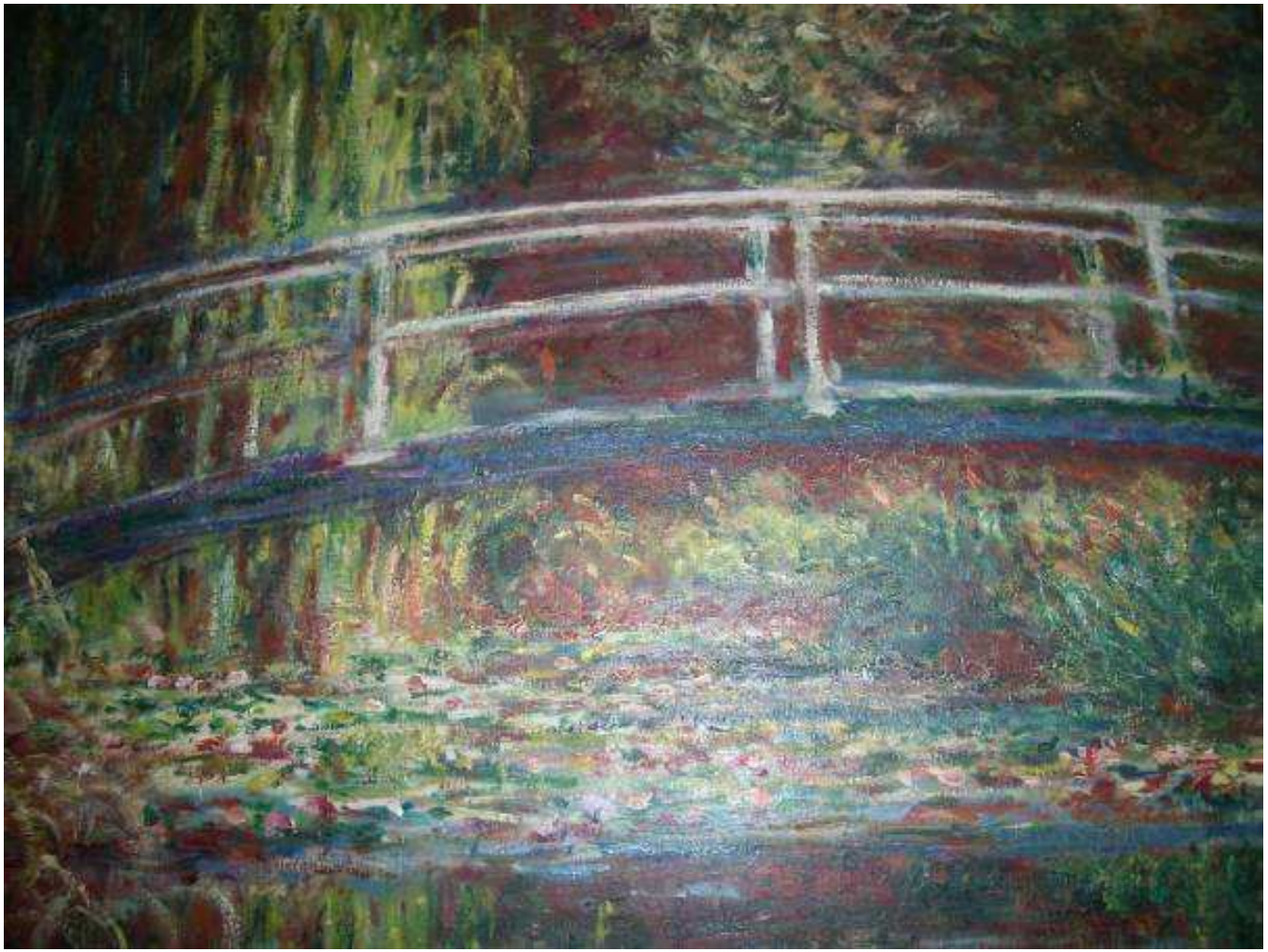
Spektroskopia, okiem artystów

Czy ktoś widział niebieski dym?

Spektroskopia, okiem artysty

Paul Signac, Le château de Papes (1900)

Spektroskopia, okiem artystów



Mostek w ?

Spektroskopia, okiem artystów

Mostek w ?

Spektroskopia, okiem artystów

Mostek w ?

Spektroskopia, okiem artystów

Katedra w Chartres

Spektroskopia, okiem artystów

Katedra w Chartres

Spektroskopia, okiem artystów

Katedra w Chartres

Spektroskopia, okiem artystów

Katedra w Chartres

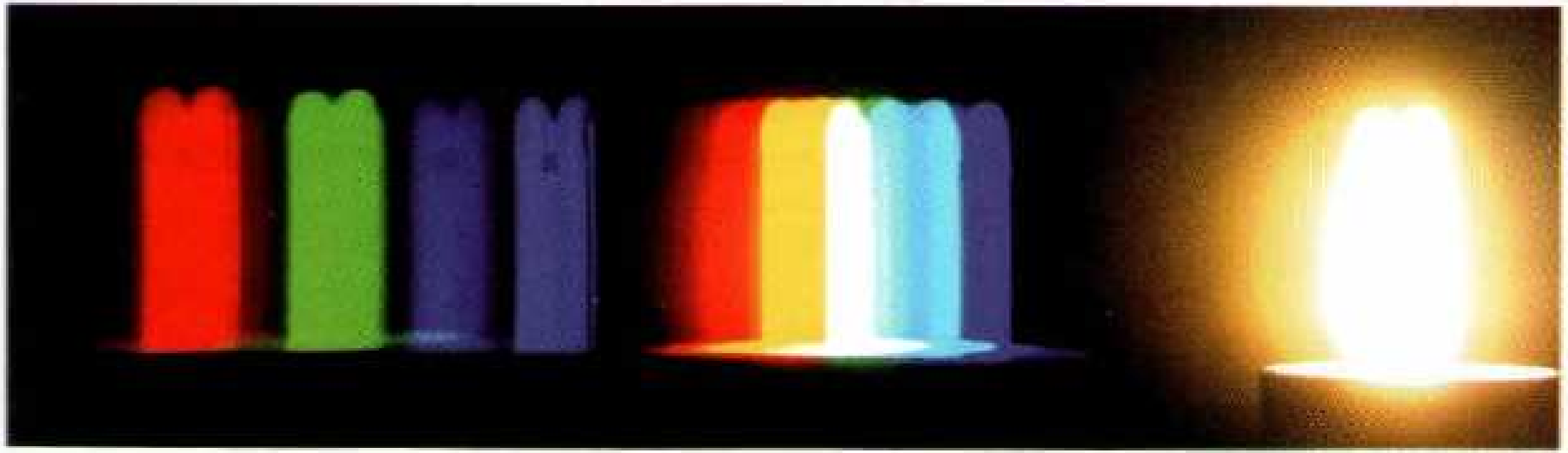
Spektroskopia, okiem artystów

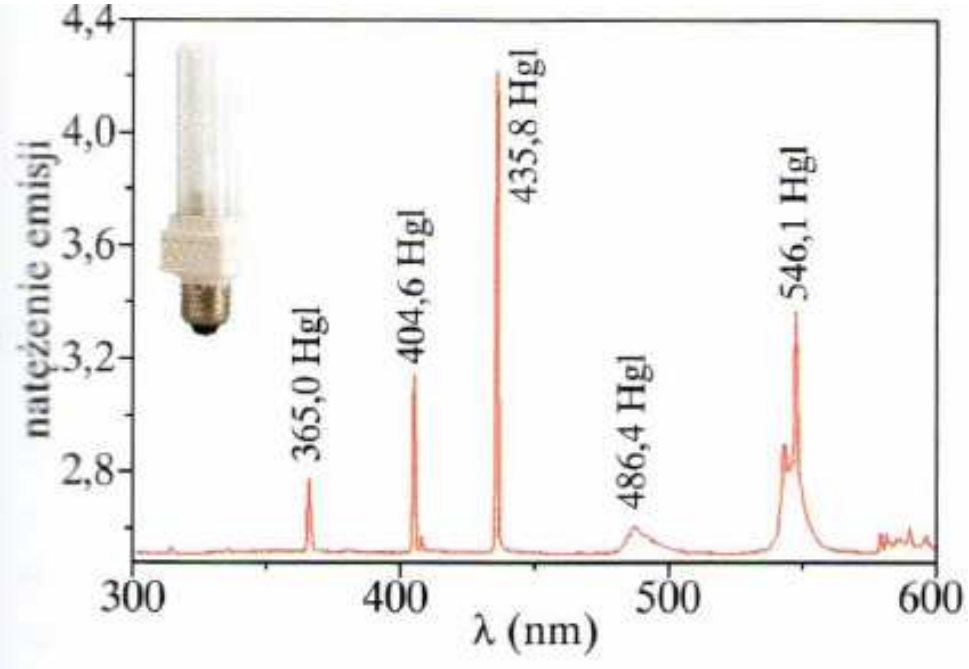
Katedra w Chartres

Skąd się biorą kolory?

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)

Skąd się biorą kolory?



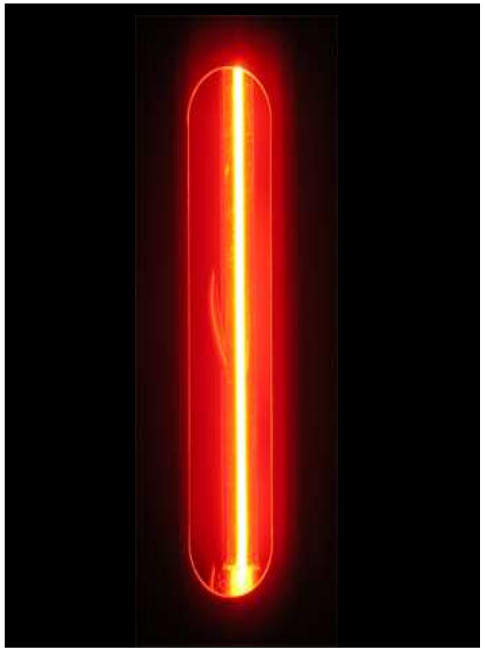


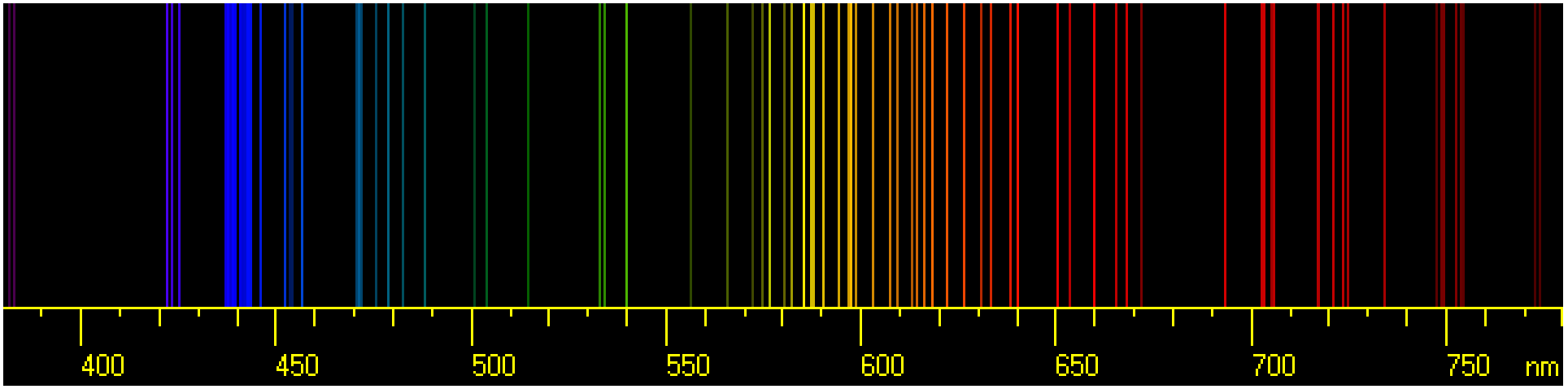
Spektroskopia wschodu Słońca

Lampa „energo-osczędna”

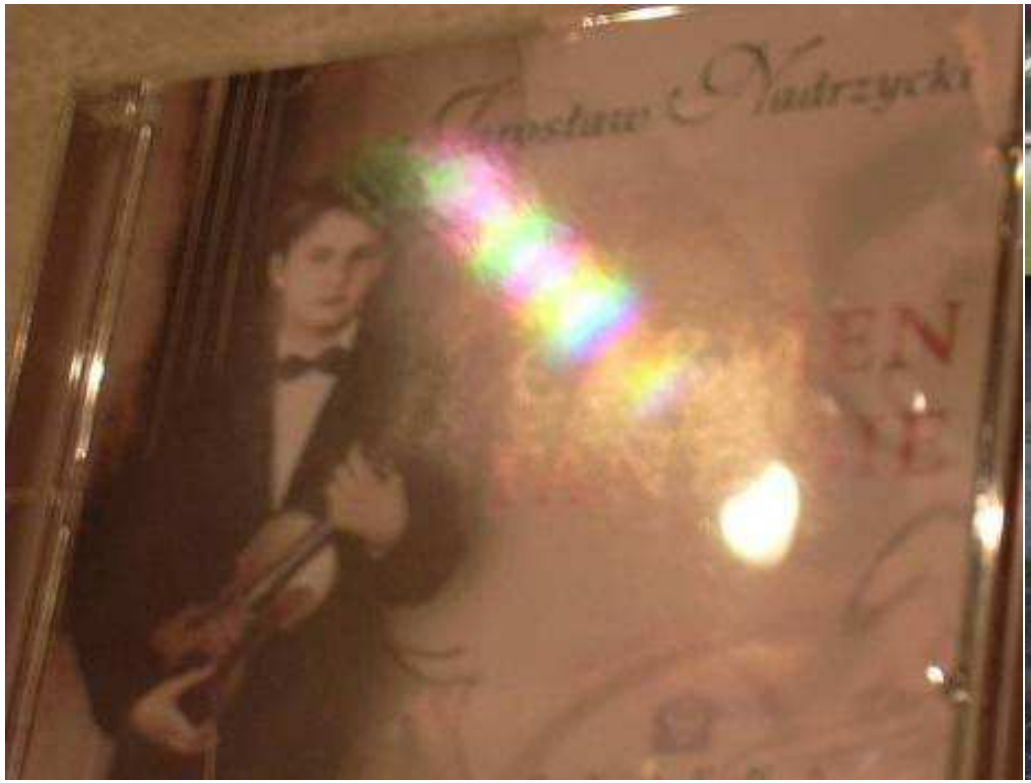
Wchód Słońca

Lampa neonowa (prawdziwa)





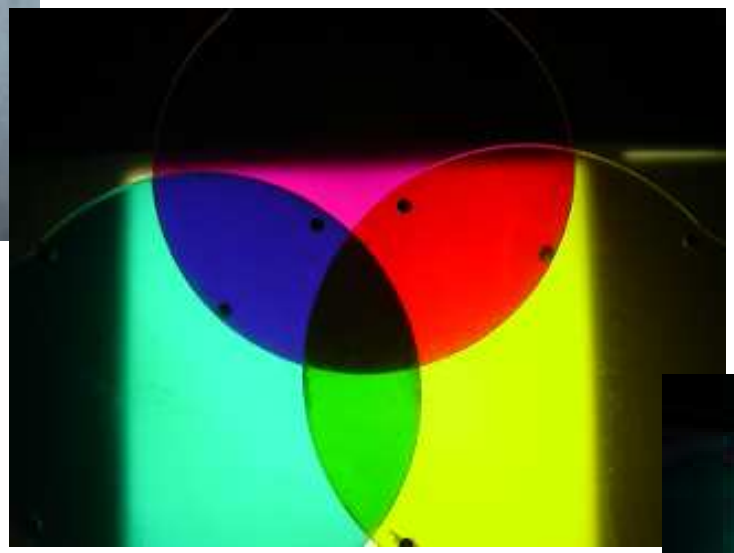
Spektroskopia, okiem fizyka

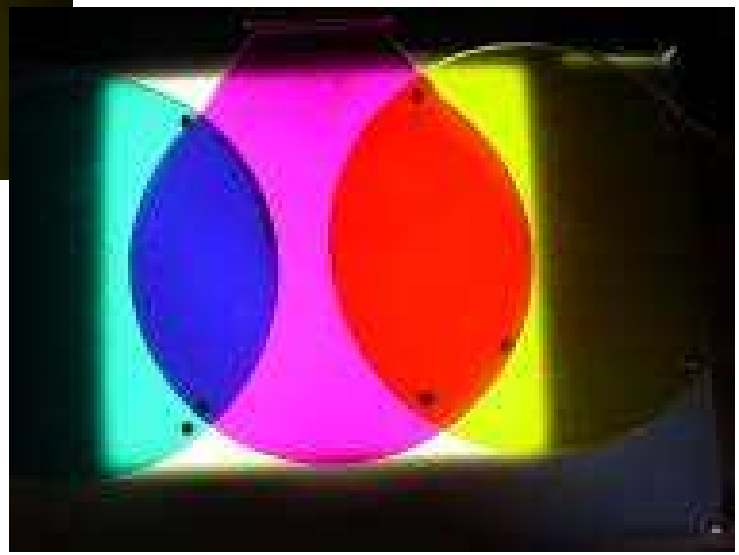


Okładka płyty CD, w świetle żarówki (specjalny przypadek, zdeformowanego polimeru w trakcie formowania)

Witryna sklapu w Berlinie, 2005, foto GK

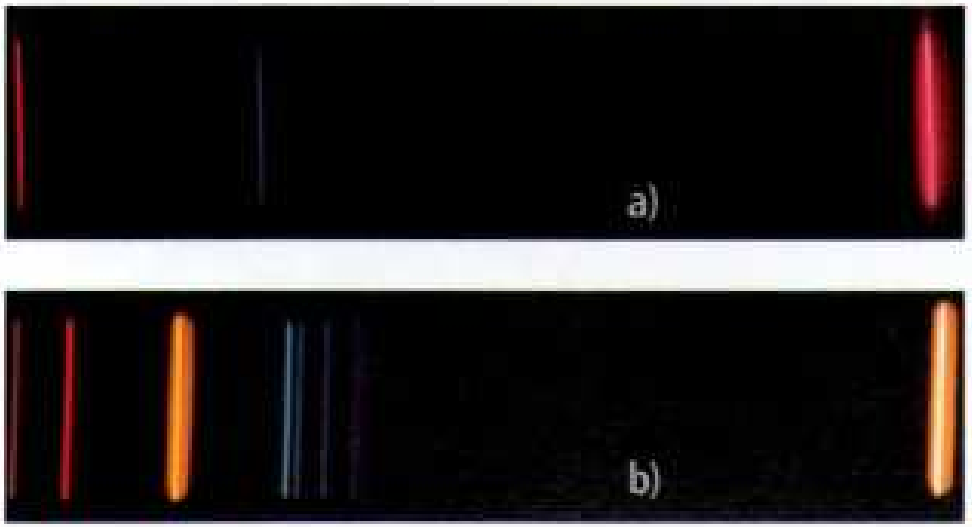
Kolory „podstawowe”



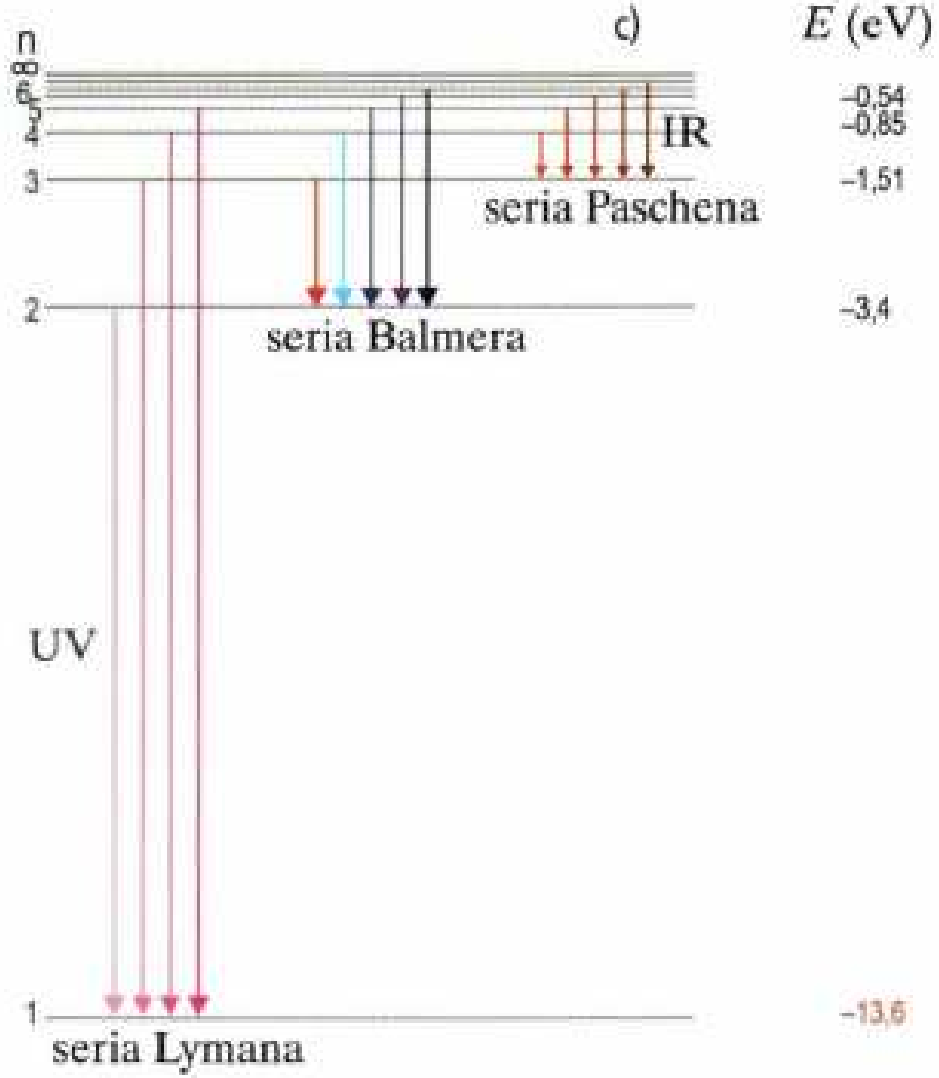


Kolory „nie-podstawowe”

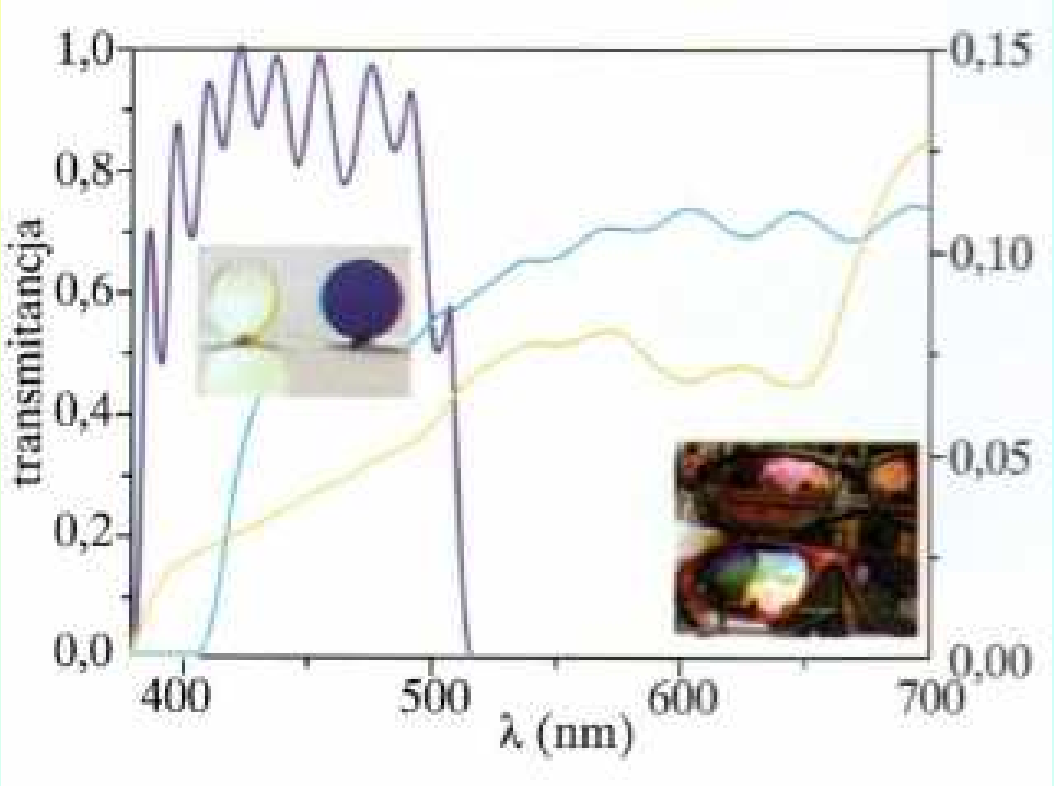
Skąd się biorą kolory? Wodór

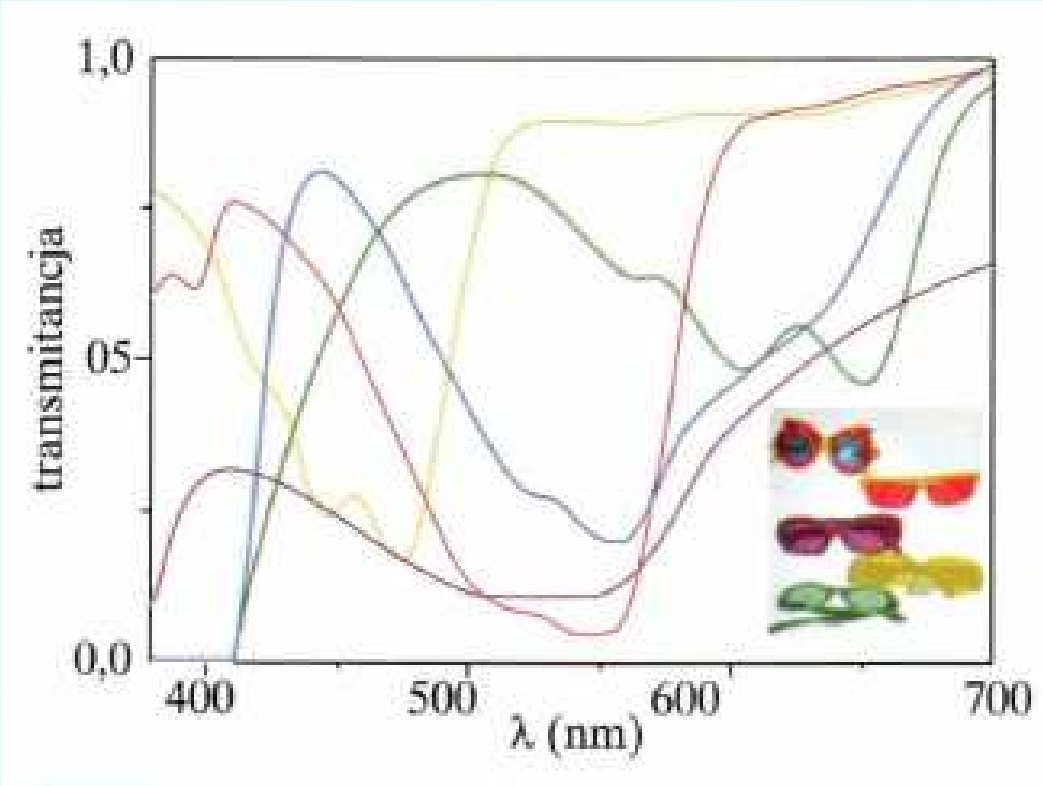


Fot. 5. Widma emisji wodoru (a) i helu (b) w rurkach Plückera uzyskane za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Prążek zerowy (światło nieugięte) położony jest po prawej stronie widma. W widmie wodoru oprócz ostrych linii widać „pasma" wynikające z drobinowej natury gazu (i niepełnej dysocjacji H_2 na atomy w wyładowaniu elektrycznym). Obserwowane prążki nie muszą odpowiadać przejściom na poziom podstawowy. Dla wodoru (c) w zakresie widzialnym, tzw. seria Balmera odpowiada przejściom na poziom $n = 2$. Dla helu pierwszy poziom wzbudzony

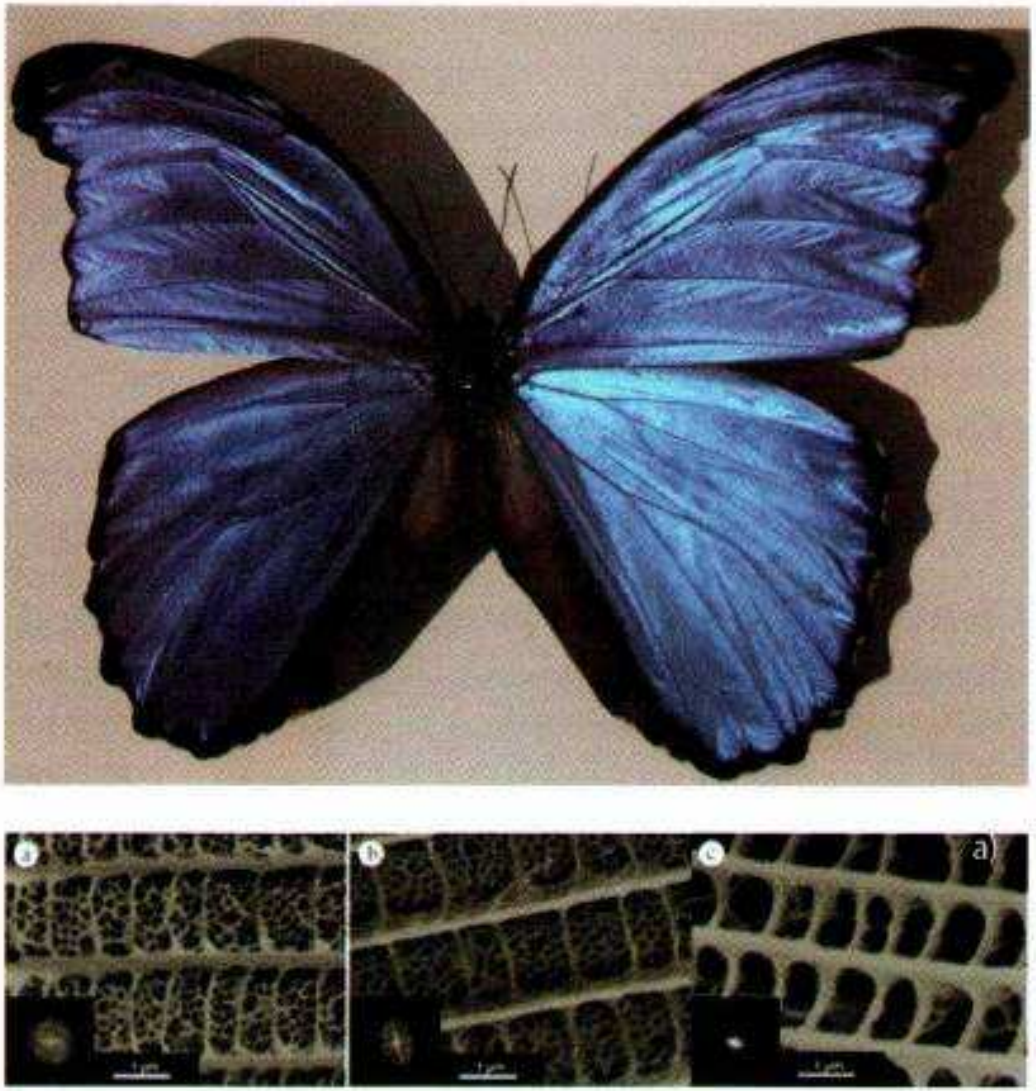


Skąd się biorą kolory? – okulary „przeciwsłoneczne”



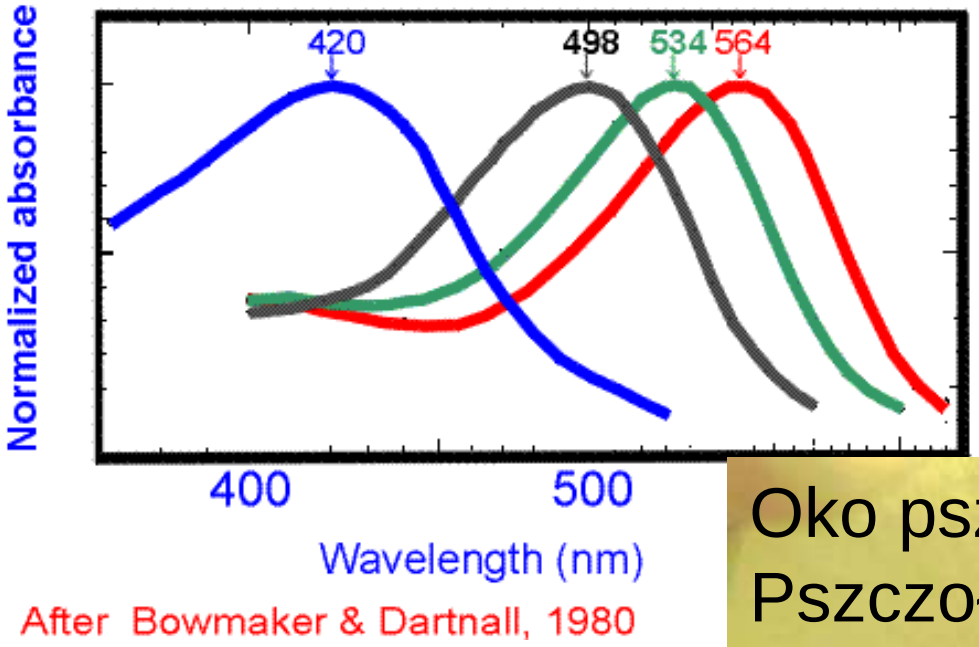


Skąd się biorą kolory (fizyka)?



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

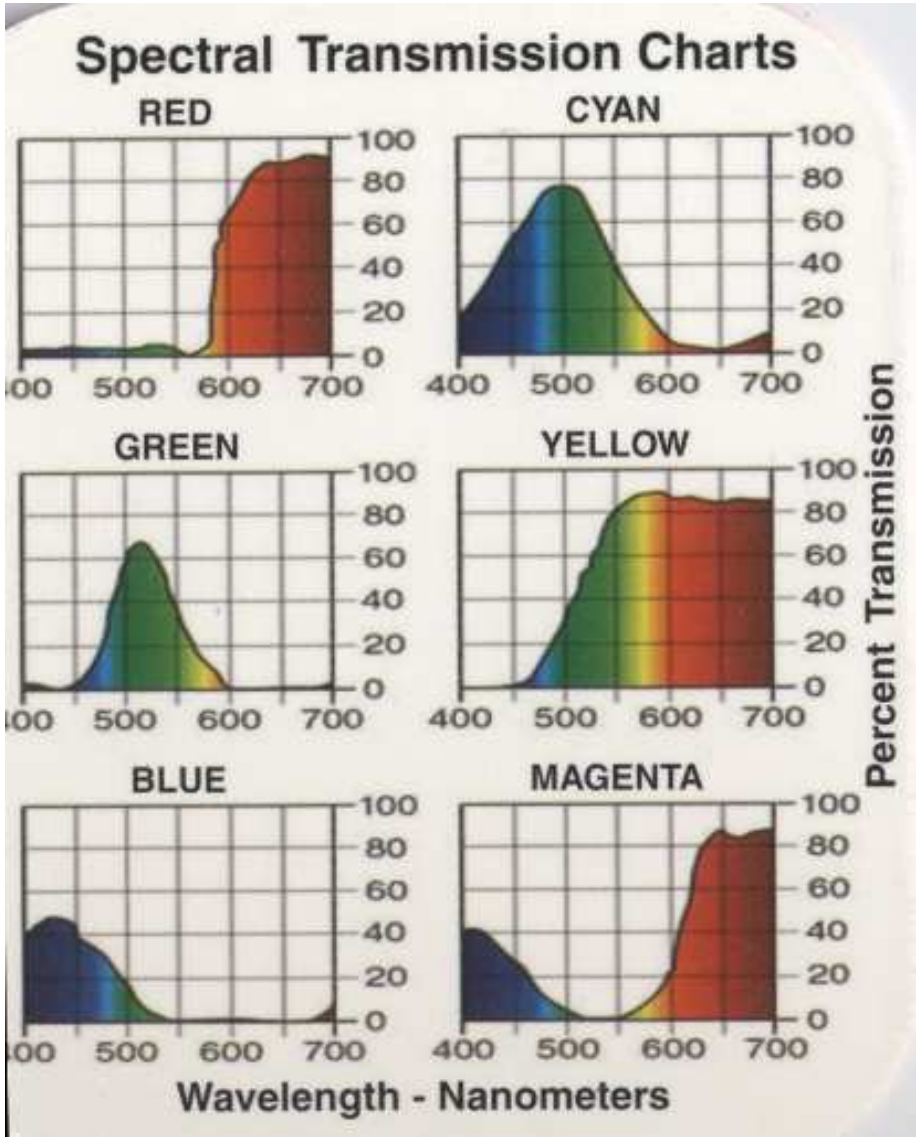
Spektroskopia, okiem pszczoły



Oko pszczoły różni się od naszego. Pszczoły najlepiej widzą jednolite kolory, w szczególności kolor żółty, ale widzą też nadfiolet (maksimum czułości dla 344 nm).

Pszczoły widzą przez kontrast z zielonym, a brązowy jest dla nich czarny.

Spektroskopia, okiem fizyka



Filtry dydaktyczne (USA)

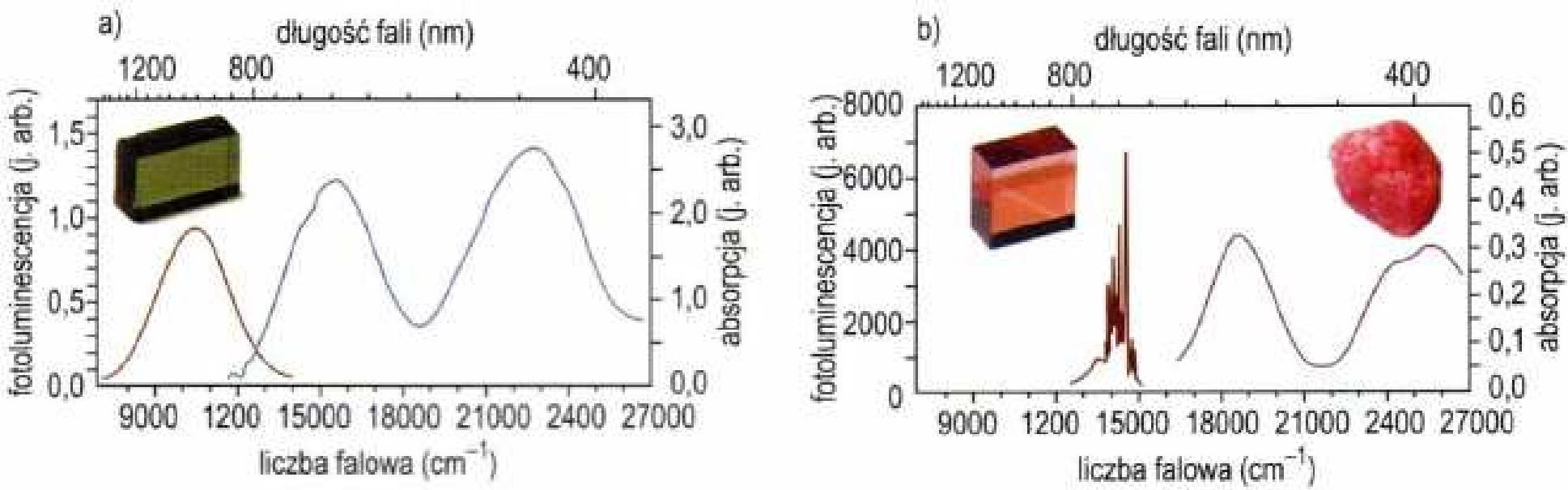
Fizyka i chemia koloru

G. Karwasz, M. Gagoś, Chemia w Szkole, nr 3/ 2012

Skąd się biorą kolory?

Fot. 10. Kwarc (SiO_2) jest bezbarwny (a), a ten sam tlenek domieszkowany jonami żelaza staje się fioletowy (b – ametyst), azuryt $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$, małe wytrącenia na wapieniu, jest niebieski (c). Zbiory autora, fot. K. Służewski

Skąd się biorą kolory - fizyka

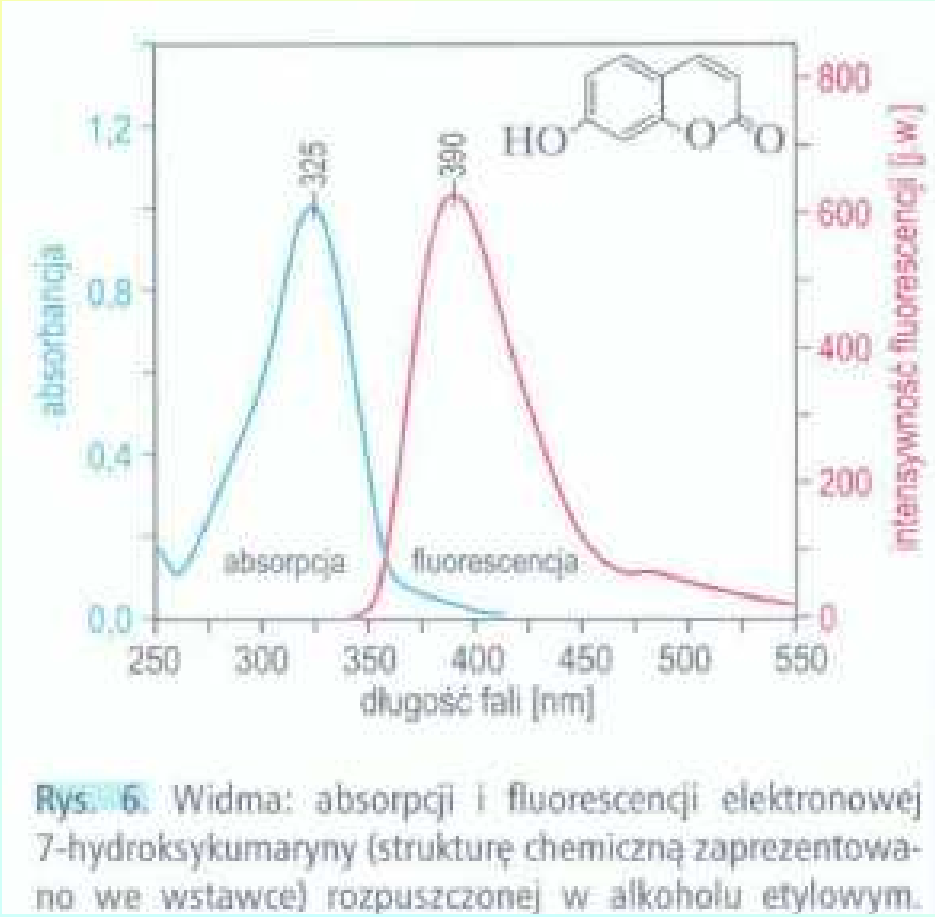


Fot. 11. Absorpcja (krzywe po prawej stronie) i emisja (krzywe po lewej stronie) jonów Cr^{3+} w szkle (a) i ceramice ganitowej (SiO_2:Al_2O_3:ZnO) (b). Próbki były wzbudzane światłem laserowym 515 nm (a) i 476 nm (b). Silne lokalne pole elektryczne w ceramice powoduje przesunięcie pasm absorpcji i emisji jonów Cr^{3+} w kierunku krótszych długości fal – w ceramice maksimum emisji fotoluminescencji przypada na barwę czerwoną, w szkle – na podczerwień. (Zakres widzialny światła to 380–760 nm.) Dolna skala to skala energii, w tzw. „liczbach falowych" używanych w spektroskopii: 1 eV = 8065 cm^{-1}. W prawym dolnym okienku naturalny, zanieczyszczony rubin. Adoptowane z pracy [14] za zgodą autorów (K. Służewski)

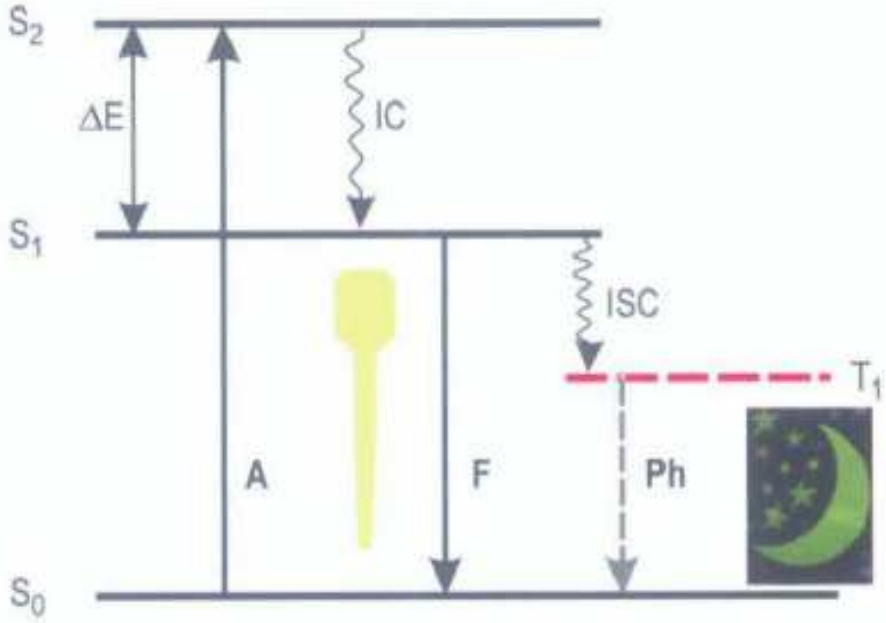
Skąd się biorą kolory - chemia

Lakmus, czyli porost

Skąd się biorą kolory - chemia

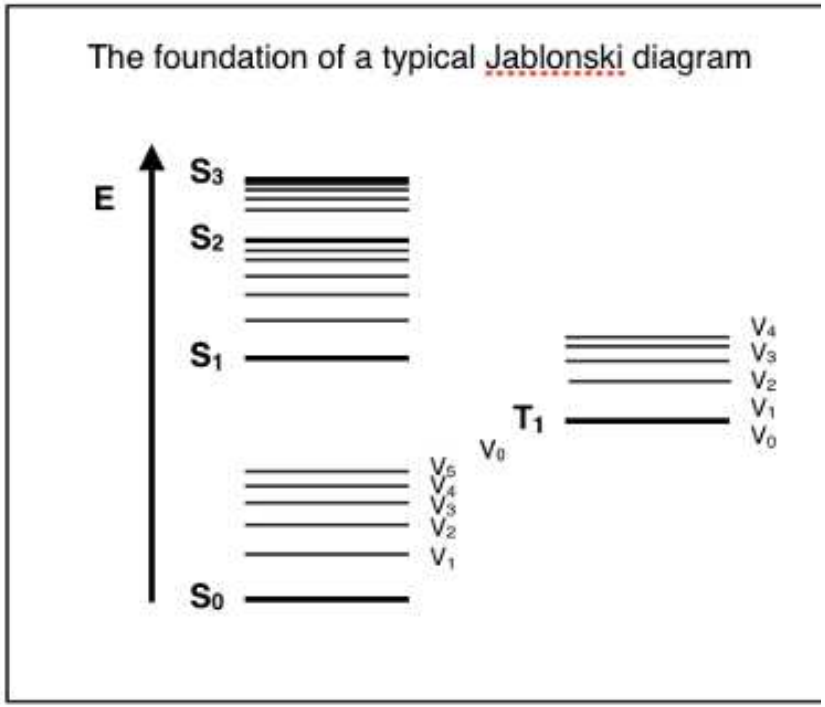


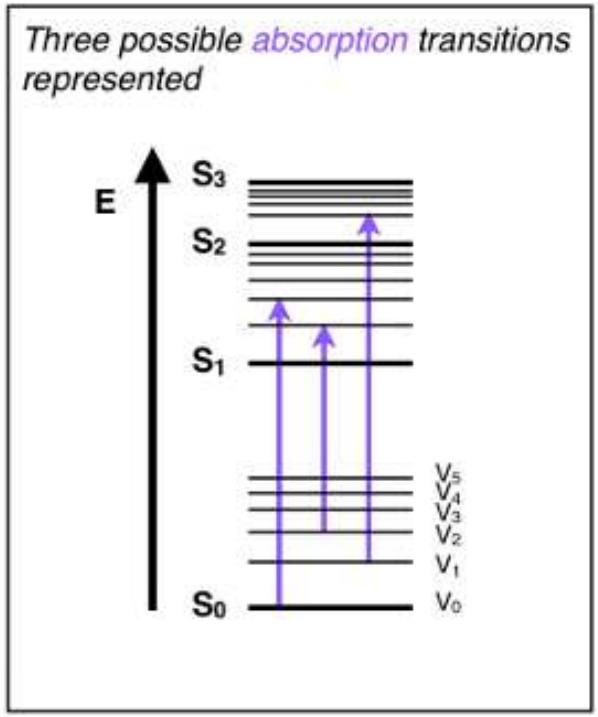
Rys. 6. Widma: absorpcji i fluorescencji elektronowej 7-hydroksykumaryny (strukturę chemiczną zaprezentowano we wstawce) rozpuszczonej w alkoholu etylowym.

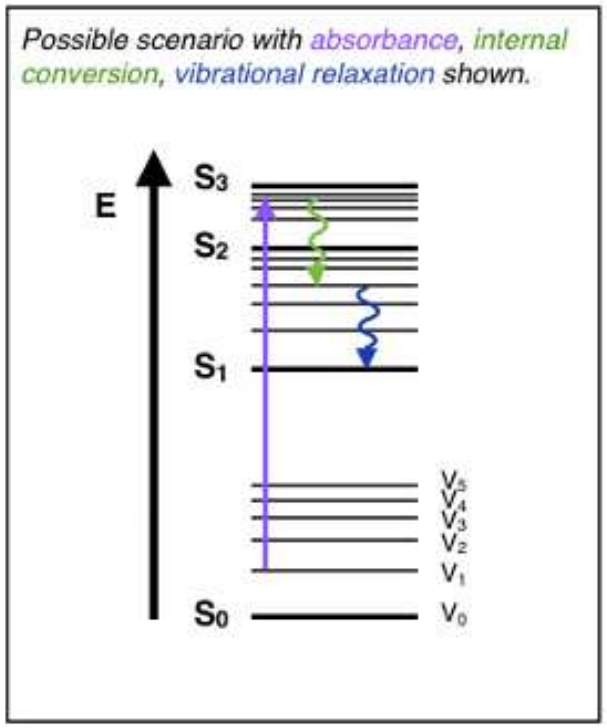


Rys. 5. Uproszczony schemat poziomów energetycznych Jabłońskiego przedstawiający wzbudzone stany o różnych wartościach kwantowej liczby spinowej (stany singletowe oznaczone S, a trypletowe T). Strzałki proste ilustrują procesy promieniste, a strzałki faliste procesy bezpromieniste. Literami oznaczono poszczególne procesy fizyczne. A – absorpcja, F – fluorescencja (fotoluminescencja natychmiastowa), Ph – fosforescencja (fotoluminescencja opóźniona), IC – konwersja wewnętrzna, ISC – konwersja interkombinacyjna (międzysystemowa). „Fluoryzuje" łyżeczka do lodów zabarwiona kumaryną, a „fosforyzują" gwiazdki do dziecięcej sypialni

Diagram Jabłońskiego

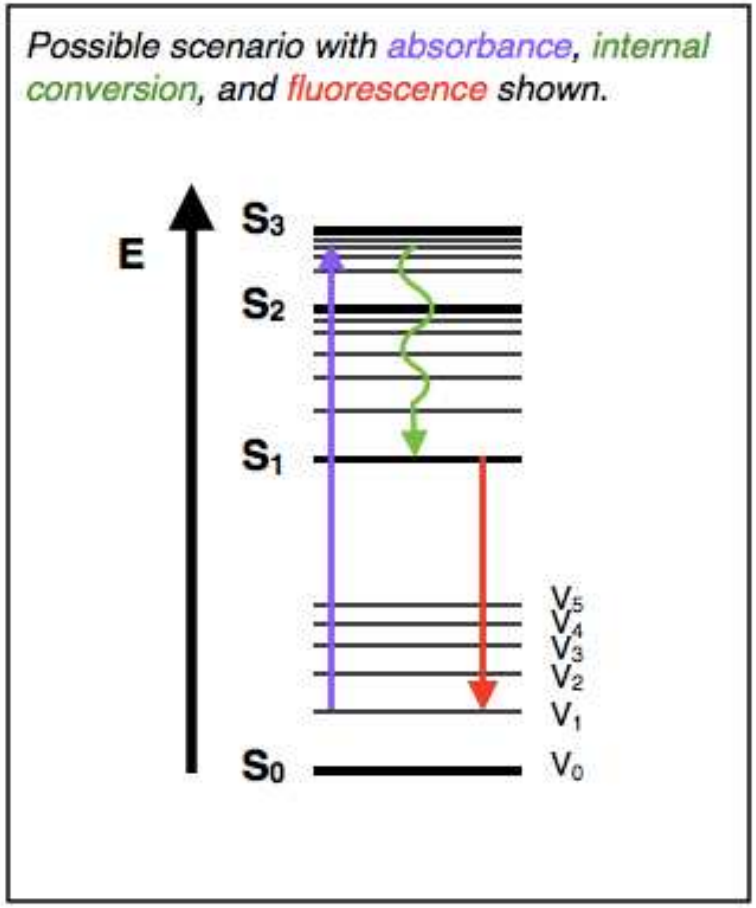




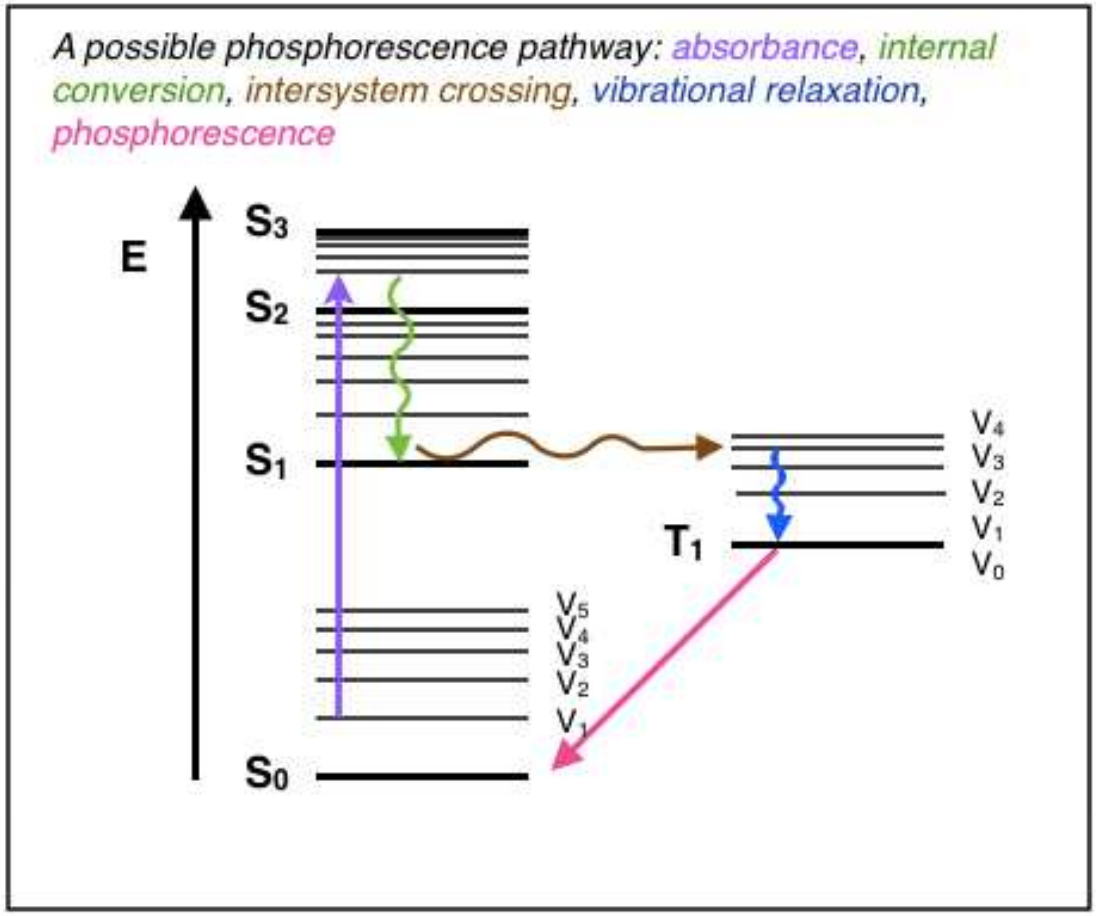


Source: chemwiki

Diagram Jabłońskiego



np. chlorofil



Fluorescencja („natychmiastowa”
Fosforescencja (opóźniona)

Diagram Jabłońskiego

chemwiki.ucdavis.edu/Core/Physical_Chemistry/Spectroscopy/Elect

Szukaj

Time Scale

It is important to note that a Jablonski diagram shows what sorts of transitions that can possibly happen in a particular molecule. Each of these possibilities is dependent on the time scales of each transition. The faster the transition, the more likely it is to happen as determined by selection rules. Therefore, understanding the time scales each process can happen is imperative to understanding if the process may happen. Below is a table of time scales for basic radiative and non-radiative processes.

Table 1

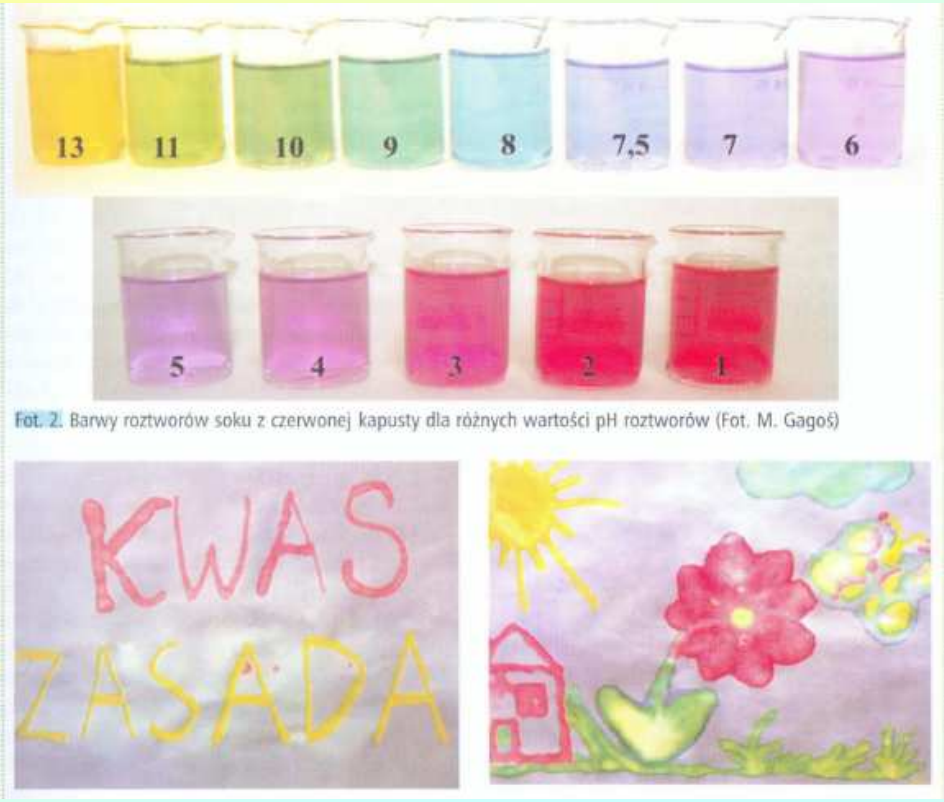
Transition	Time Scale	Radiative Process?
Absorption	10^{-15} s	yes
Internal Conversion	10^{-14} - 10^{-11} s	no
Vibrational Relaxation	10^{-14} - 10^{-11} s	no
Fluorescence	10^{-9} - 10^{-7} s	yes
Intersystem Crossing	10^{-8} - 10^{-3} s	no
Phosphorescence	10^{-4} - 10^{-1} s	yes

Each process outlined above can be combined into a single Jablonski diagram for a particular molecule to give a overall picture of possible results of perturbation of a molecule by light energy. Jablonski diagrams are used to easily visualize the complex inner workings of how electrons change eigenstates in different conditions. Through this simple model, specific quantum mechanical phenomena are easily communicated.

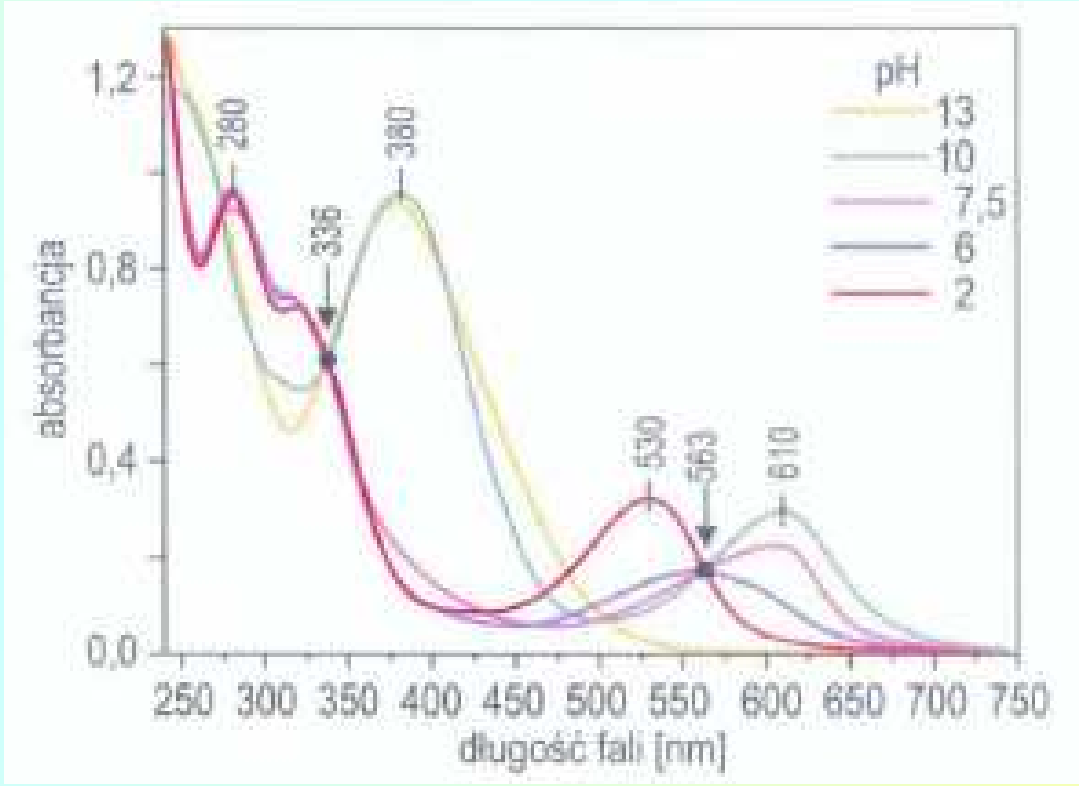
Skąd się biorą kolory - kapusta

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

Skąd się biorą kolory - kapusta

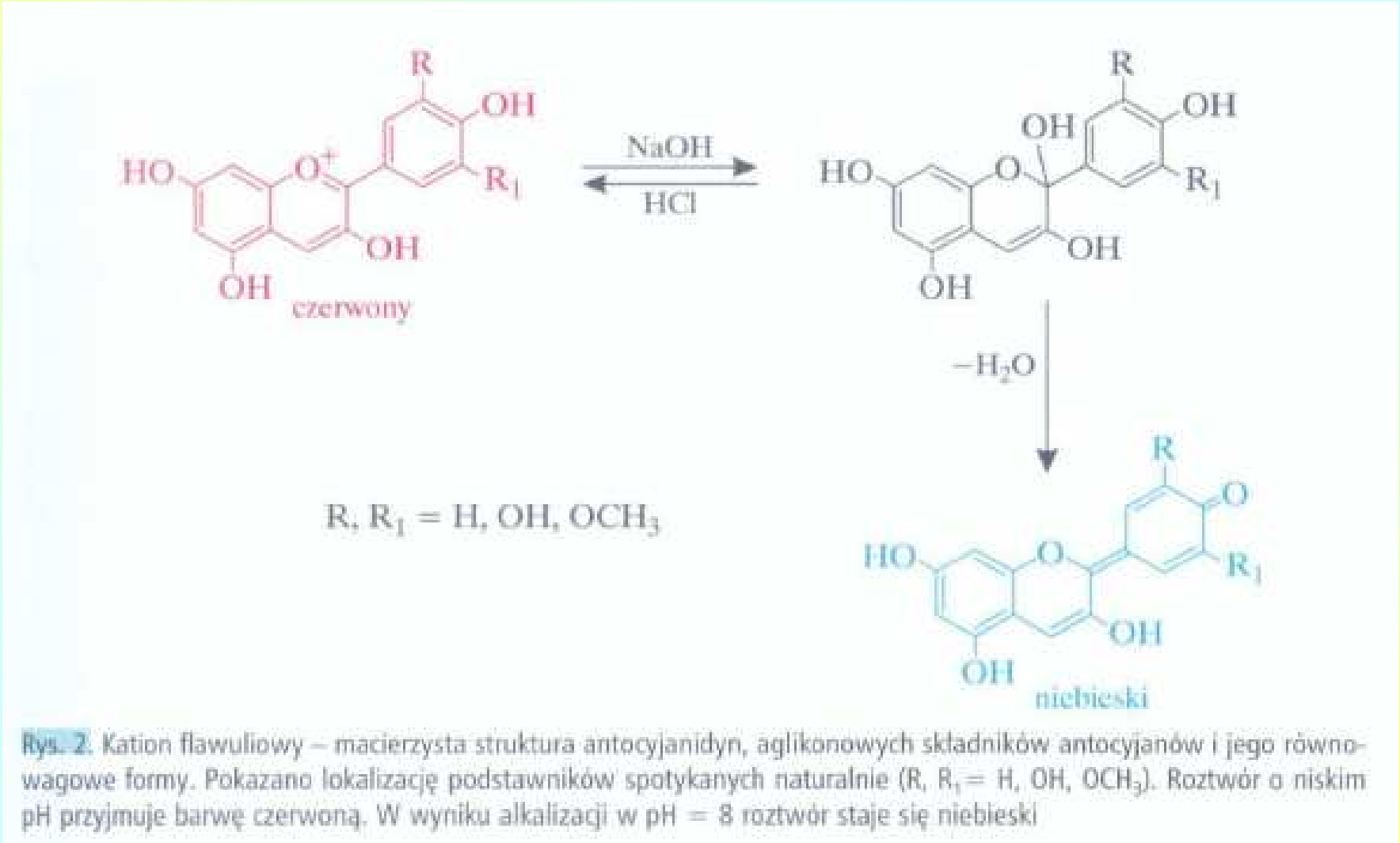


Fot. 2. Barwy roztworów soku z czerwonej kapusty dla różnych wartości pH roztworów (Fot. M. Gagoś)



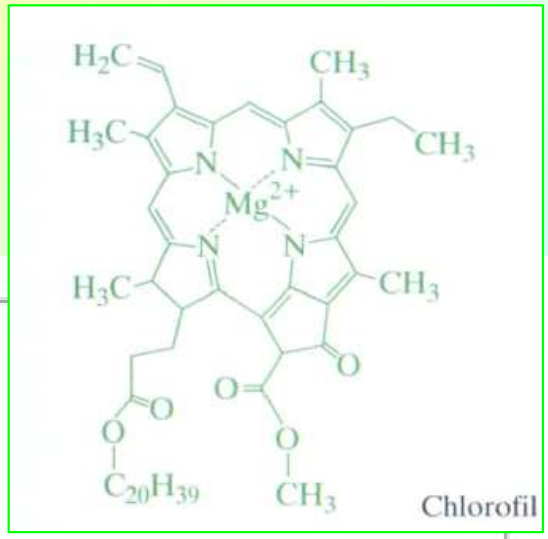
Rys. 1. Widma absorpcji (czyli zależność absorbancji od długości fali) w zakresie widzialnym i nadfioletu soku z czerwonej kapusty dla wybranych wartości pH. Różne widma przecinają się w dwóch punktach, co świadczy o przynajmniej dwóch formach chemicznych barwnika, pozostających w równowadze dla różnych pH. Widma zostały zmierzone za pomocą spektrofotometru Cary 300 Bio (Varian) w Zakładzie Biofizyki UP w Lublinie

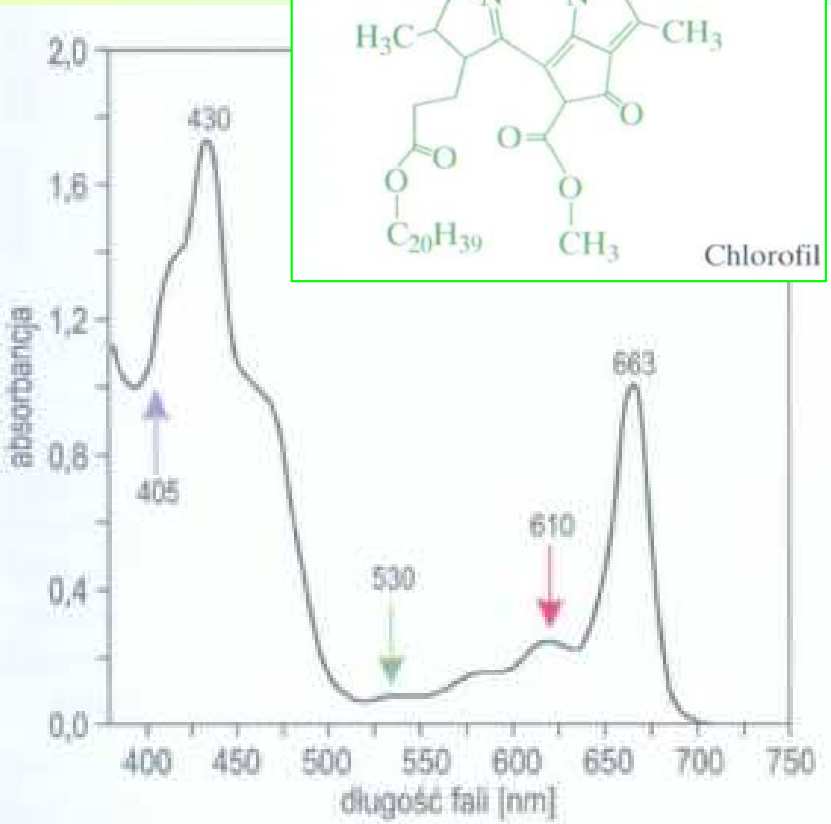
Skąd się biorą kolory - kapusta

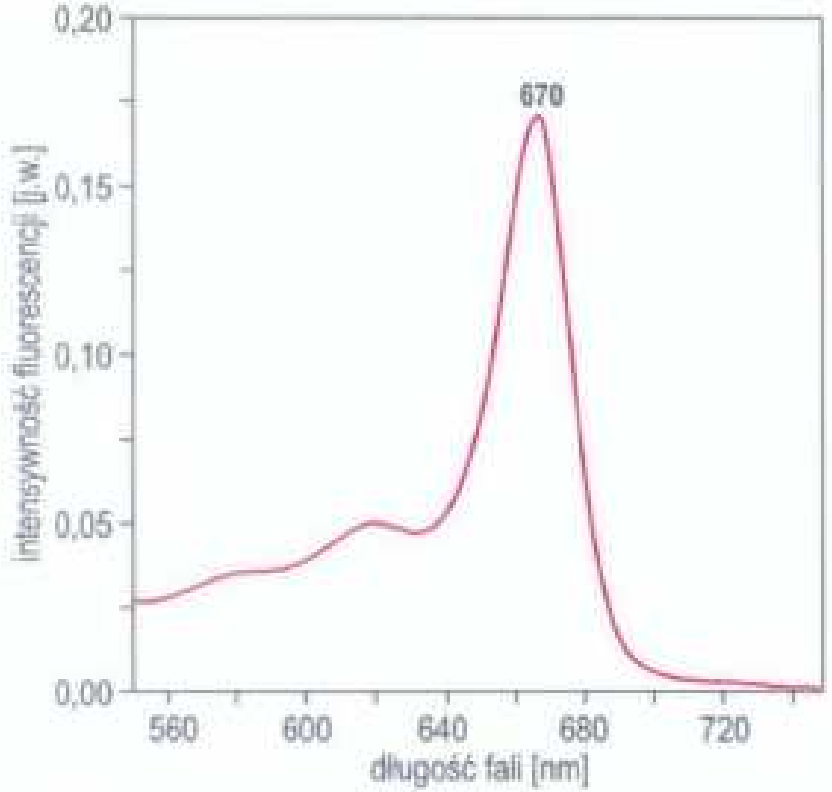

, aglikonowych składników antocyjanów i jego równowagowe formy. Pokazano lokalizację podstawników spotykanych naturalnie (R, R$_1$ = H, OH, OCH$_3$). Roztwór o niskim pH przyjmuje barwę czerwoną. W wyniku alkalizacji w pH = 8 roztwór staje się niebieski
<R, R1 = H, OH, OCH3>
<czerwony>
<niebieski>
<NaOH>
<HCl>
<−H2O>

Rys. 2. Kation flawuliowy – macierzysta struktura antocyjanidyn, aglikonowych składników antocyjanów i jego równowagowe formy. Pokazano lokalizację podstawników spotykanych naturalnie (R, R_1 = H, OH, OCH_3). Roztwór o niskim pH przyjmuje barwę czerwoną. W wyniku alkalizacji w pH = 8 roztwór staje się niebieski

Skąd się biorą kolory - chlorofil

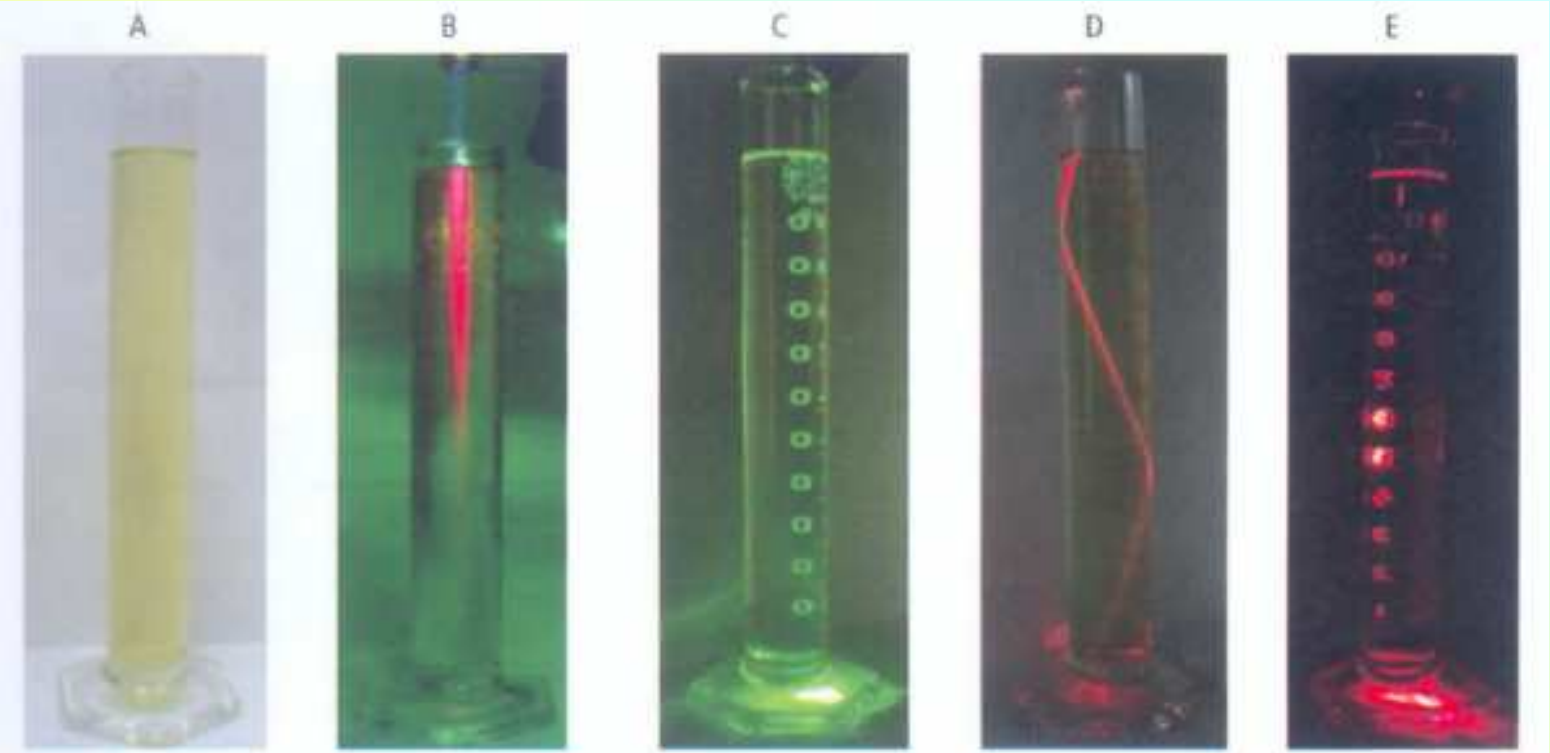






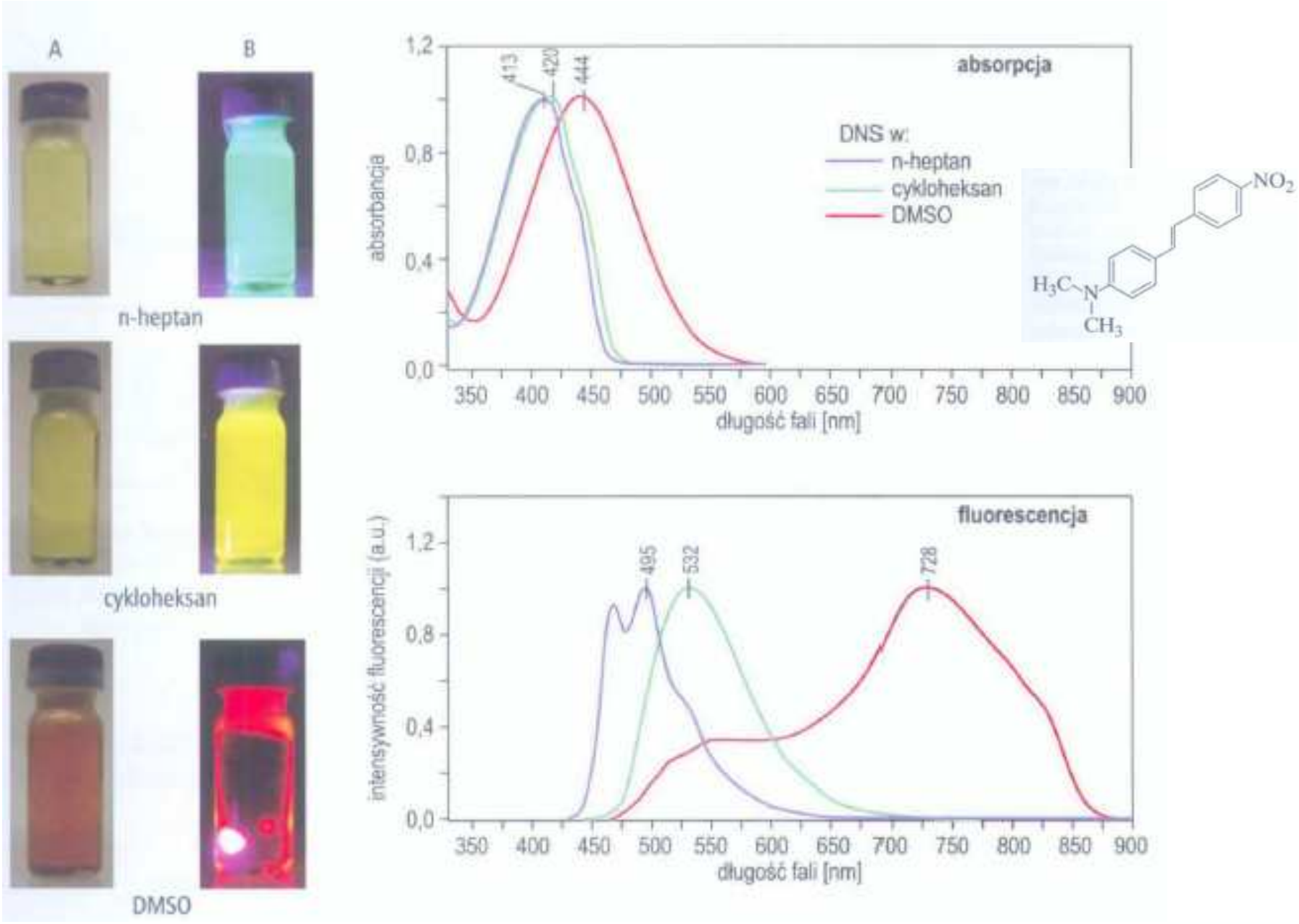
Rys. 4. Widma absorpcji (panel lewy) i fluorescencji (panel prawy) ekstraktu chlorofilowego prezentowanego na Fot. 4. Kolorowymi strzałkami zaprezentowano miejsca (długości fal) wzbudzenia ekstraktu. Wzbudzenie fioletowe (405 nm) oraz czerwone (610 nm) indukują zjawisko fluorescencji (Fot. 4B i D), którego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

Skąd się biorą kolory - chemia

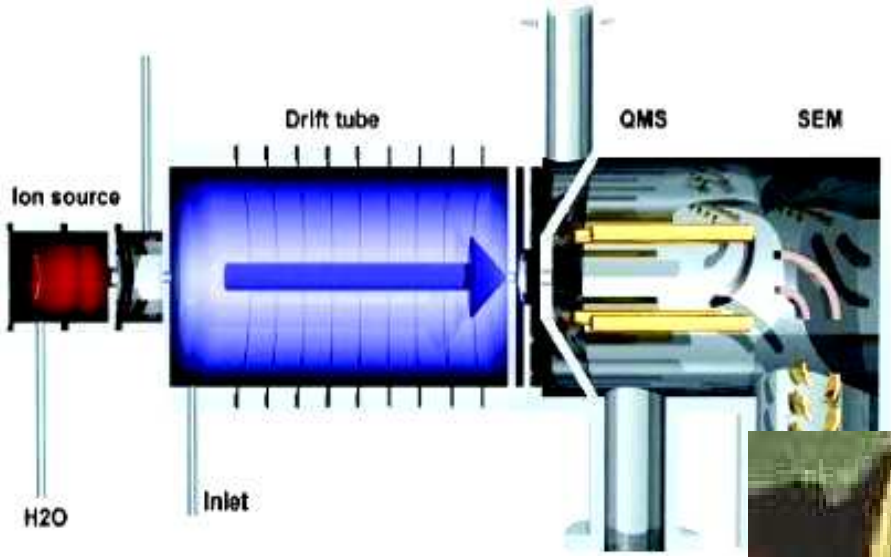


Fot. 4. (A) Chlorofil (ekstrakt z liścia w 80% -wym roztworze acetonu z wodą) jest w świetle dziennym zielony. (B) Wiązka światła z fioletowego wskaźnika laserowego (o długości fali 405 nm, słabo widoczna nad cylindrem miarowym jako niebieskawa smuga w papierosowym dymie) powoduje czerwoną (!) fluorescencję chlorofilu. (C) Zielone światło wskaźnika laserowego (530 nm) nie powoduje fluorescencji – chlorofil nie absorbuje światła zielonego, widoczne jest tylko rozpraszanie światła na ściankach cylindra miarowego. (D) oświetlenie ekstraktu czerwonym wskaźnikiem laserowym (610 nm), czyli o energii kwantów *niższej* niż światło zielone, ponownie powoduje fluorescencję chlorofilu. (E) Obraz świecenia tym samym wskaźnikiem laserowym, co na Fot. (D), lecz w roztworze acetonowo-wodnym bez chlorofilu. Widoczny jest tylko efekt rozpraszania światła czerwonego, słabszy niż światła zielonego – podobnie jak dla kolorów nieba, (część pierwsza artykułu). Ponadto bardzo dobrze widoczny jest efekt całkowitego wewnętrznego odbicia światła we wnętrzu naczynia (D) oraz efekt osłabienia natężenia fluorescencji w wyniku tzw. wygaszania stężeniowego (B i D)

Skąd się biorą kolory - chemia



Co to tak pięknie pachnie?



Spektrometria masowa przekazu protonu

$M + H_3O^+ \rightarrow MH^+ + H_2O$

cps

m/e

Jak przyrządzać sałatę?

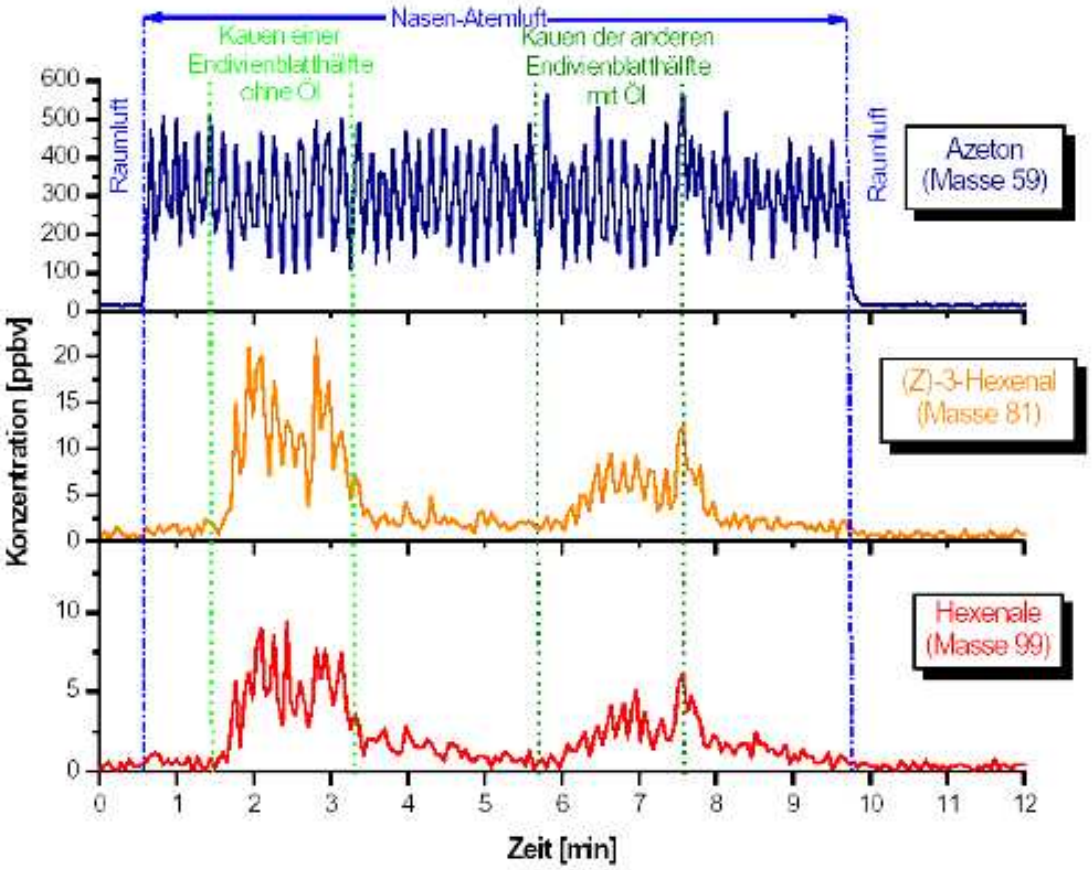
How to dress a salat?

Poles would do it with sauer-cream, Italians with oil and vinegar, French and Americans with a special, mayonnaise-like dressing.

What do these dressings have in common? **A fat!**

A fat to a vegetarian course?

Impossible!



Jaką kawę wybrać?

Food Research International 53 (2013) 433–439

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Food Research International

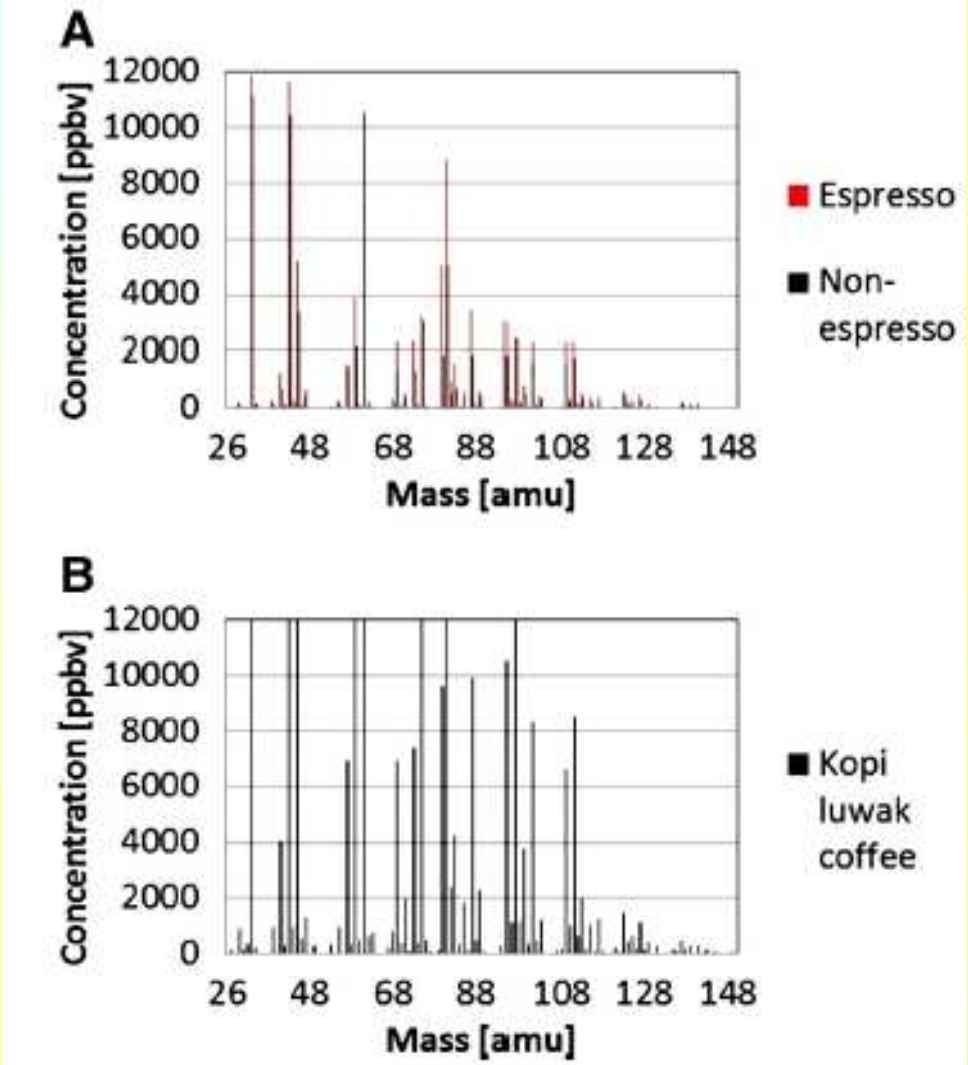
journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodres

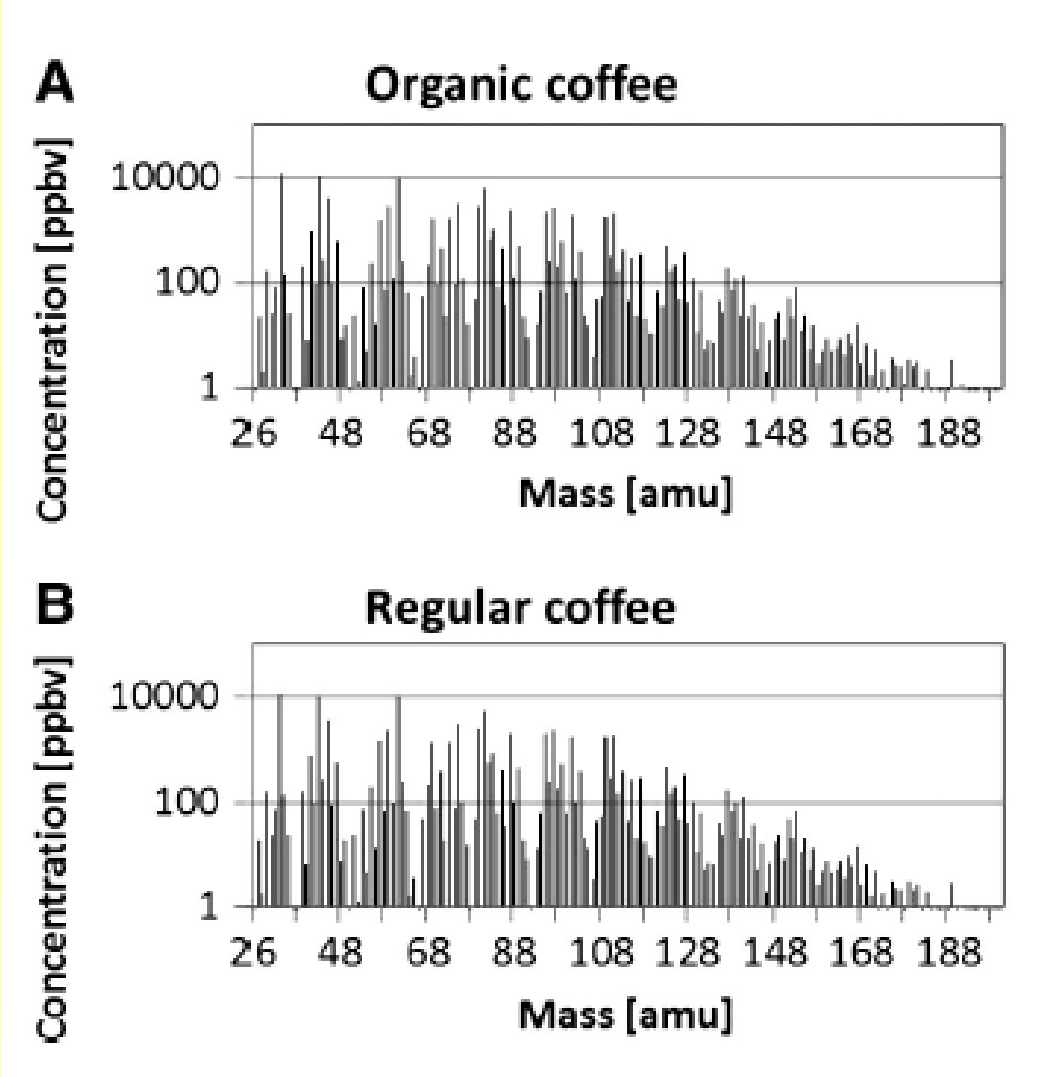
Differentiation of specialty coffees by proton transfer reaction-mass spectrometry

Özgül Özdestan [a,b], Saskia M. van Ruth [a,c,*], Martin Alewijn [a], Alex Koot [a], Andrea Romano [d], Luca Cappellin [d], Franco Biasioli [d]

[a] RIKILT – Institute of Food Safety, Wageningen UR, P.O. Box 230, 6700 AE Wageningen, The Netherlands
[b] Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Bornova, Izmir 35100, Turkey
[c] Food Quality and Design Group, Wageningen University, P.O. Box 8129, 6700 EV Wageningen, The Netherlands
[d] IASMA Research and Innovation Centre, Fondazione Edmund Mach, Food Quality and Nutrition Area, Via E. Mach, 1, 38010 S. Michele a/A, Italy

Jaką kawę Panu podać?





Czy podać też tiazole?

Table 5
Results of PTR-ToF-MS analysis performed on a subset ($n = 9$) of coffee samples: tentative identifications, mean concentrations and standard deviations are presented for 45 mass peaks, for which significant different headspace concentrations were observed between the organic and regular coffee samples (ANOVA, $p < 0.01$).

m/z		Sum formula	Tentative identification	Volatile compounds headspace concentration (ppbv)[a]		Reference[b]
Measured	Expected			Organic ($n = 4$)	Regular ($n = 5$)	
41.0389	41.039	$C_3H_5^+$	Alkylic fragment	552 ± 145	363 ± 120	1
67.0542	67.054	$C_5H_7^+$	Terpene fragment	85 ± 26	47 ± 16	2
68.0500	68.049	$C_4H_6N^+$	Pyrrole	192 ± 79	85 ± 37	3
69.0336	69.033	$C_4H_5O^+$	Furan	1514 ± 410	841 ± 220	3
71.0861	71.086	$C_5H_{11}^+$	Terpene fragment	5 ± 2	4 ± 1	2
74.0667	74.068	$C_3^{[13]}CH_9O^+$	Methylpropanal	2790[a] ± 1155	1578[a] ± 688	1
80.0493	80.049	$C_5H_6N^+$	Pyridine	1738 ± 989	566 ± 283	1
81.0330	81.033	$C_5H_5O^+$	Furan fragment	8601 ± 2523	4327 ± 1097	3
82.0656	82.065	$C_5H_8N^+$	Methylpyrrole	155 ± 52	82 ± 25	3
83.0490	83.049	$C_5H_7O^+$	Methylfuran	432 ± 131	265 ± 102	3
85.0649	85.065	$C_5H_9O^+$	Methylbutenal	149 ± 42	84 ± 27	4
86.0065	86.006	$C_3H_4NS^+$	Thiazol	11 ± 3.5	7 ± 2	5
87.0440	87.044	$C_4H_7O2^+$	2,3-Butanedione/butyrolactone	855 ± 330	423 ± 138	3
93.0694	93.070	$C_7H_9^+$	Terpene fragment	21 ± 4.6	12 ± 3	6
95.0597	95.060	$C_5H_7N_2^+$	Methylpyrazine	1326 ± 406	850 ± 273	1
97.0645	97.065	$C_6H_9O^+$	Dimethylfuran/2-methylpentadienal	189 ± 62	93 ± 30	3
99.0435	99.044	$C_5H_7O_2^+$	Furfuryl alcohol/a-angelic lactone	434 ± 103	276 ± 82	1, 4
100.0218	100.022	$C_4H_6NS^+$	Methylthiazole	18 ± 6	11 ± 3	5
103.0749	103.075	$C_5H_{11}O_2^+$	2-Hydroxy-3-pentanone 2-Methylbutanoic acid Methyl-butanoic acid	392 ± 45	286 ± 57	1
107.0857	107.086	$C_8H_{11}^+$	Terpene fragment	6 ± 1	4 ± 1	6
109.0749	109.076	$C_6H_9N_2^+$	Dimethylpyrazine/ethylpyrazine	1467 ± 442	942 ± 247	1
111.0431	111.044	$C_6H_7O_2^+$	2-Acetylfuran/5-methylfurfural	1851 ± 375	1387 ± 373	3
111.0774	111.080	$C_7H_{11}O^+$	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	147 ± 44	73 ± 18	4
112.0777	112.076	$C_6H_{10}ON^+$	Trimethyl-oxazole	26 ± 8	12 ± 3	4
113.0589	113.060	$C_6H_9O_2^+$	Methylfurfuryl alcohol 2,5-Dimethyl-3-(2*H*)-furanone Methylcyclopentanedione/cyclotene	413 ± 87	263 ± 75	1

Arabica czy Robusta?

Ö. Özdestan et al. / Food Research International 53 (2013) 433–439

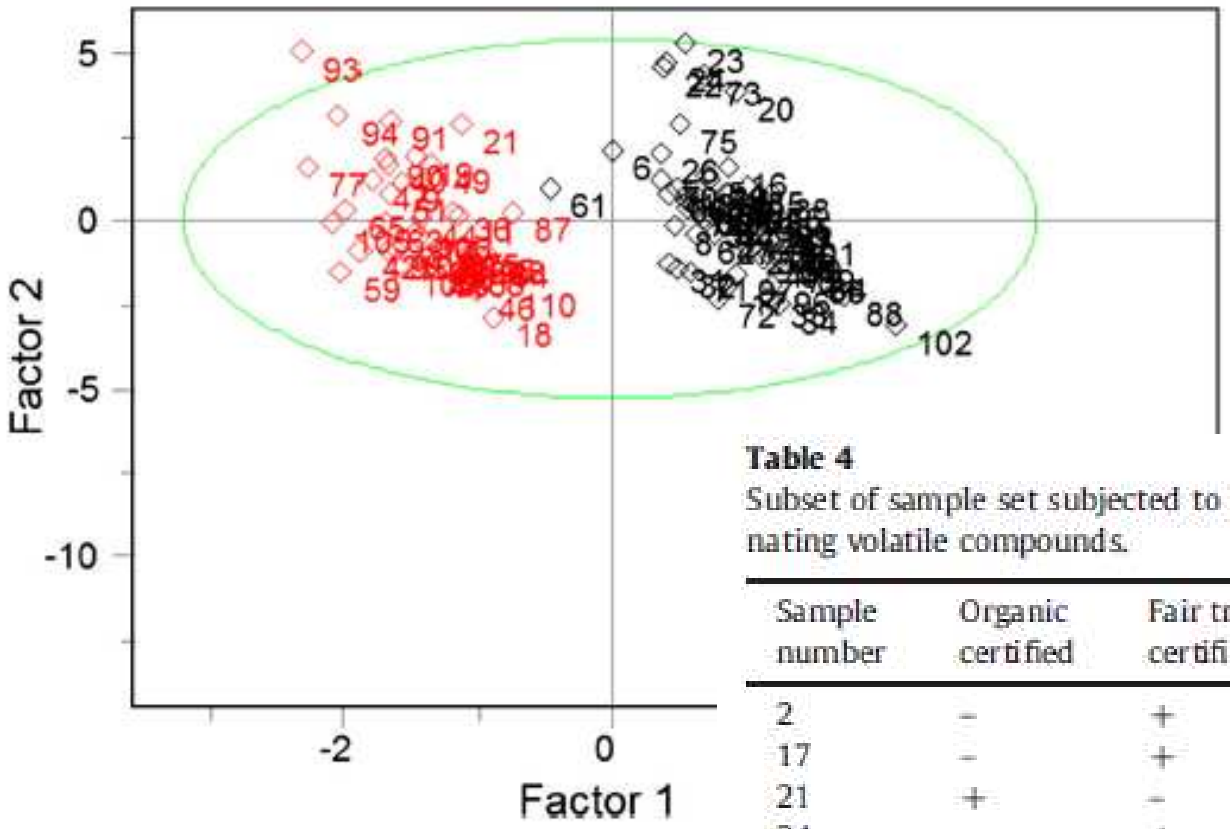
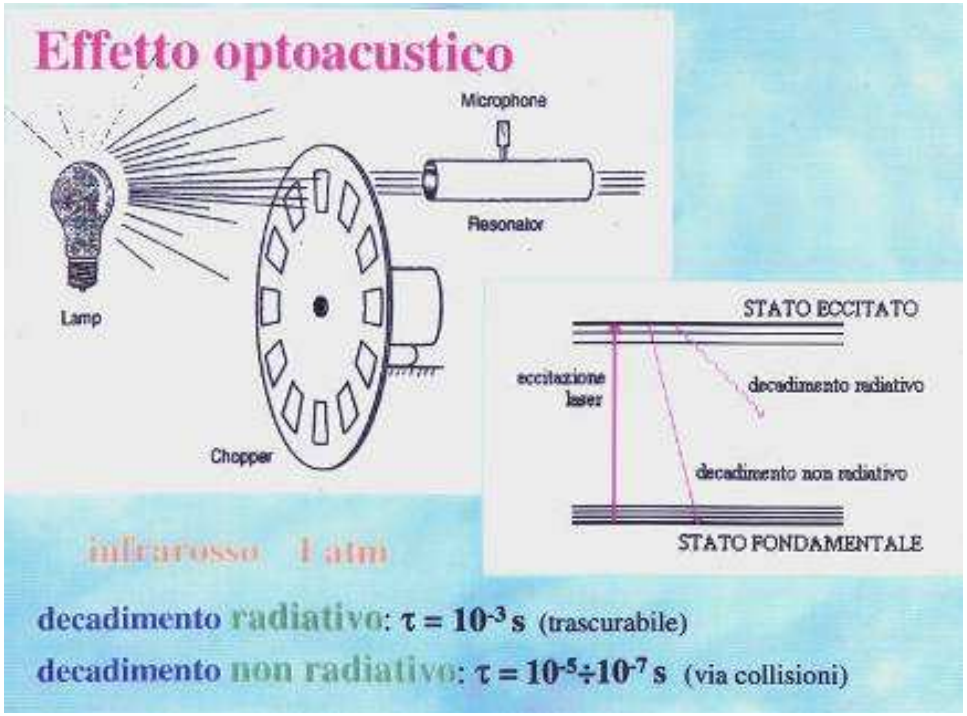


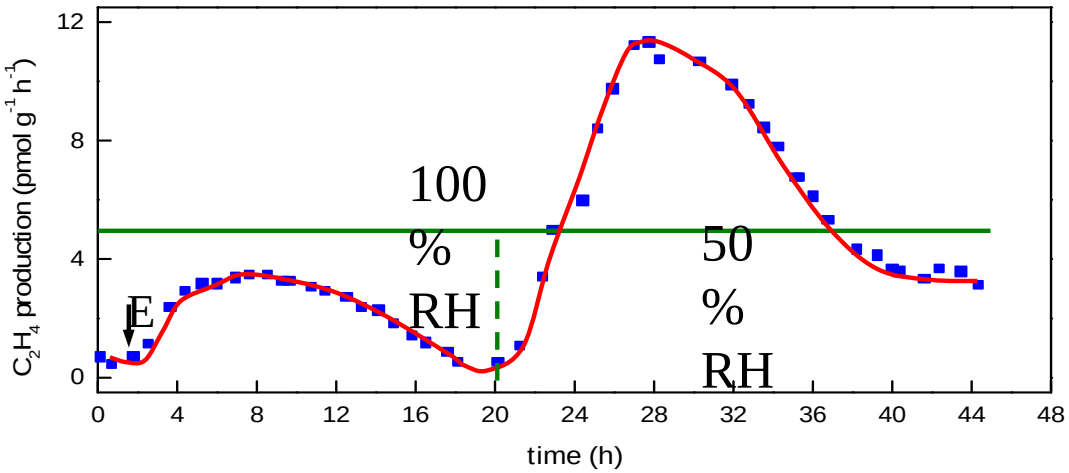
Table 4
Subset of sample set subjected to PTR-ToF-MS for tentative identification of discriminating volatile compounds.

Sample number	Organic certified	Fair trade certified	Espresso	Geographical origin
2	–	+	–	Mix
17	–	+	–	Africa
21	+	–	+	Mix
34	–	+	–	Central and South America
72	–	–	–	South America
77	+	+	+	Central and South America
94	+	–	+	Mix
96	–	–	–	Africa
98	+	+	–	Africa
103[a]	–	–	–	Asia

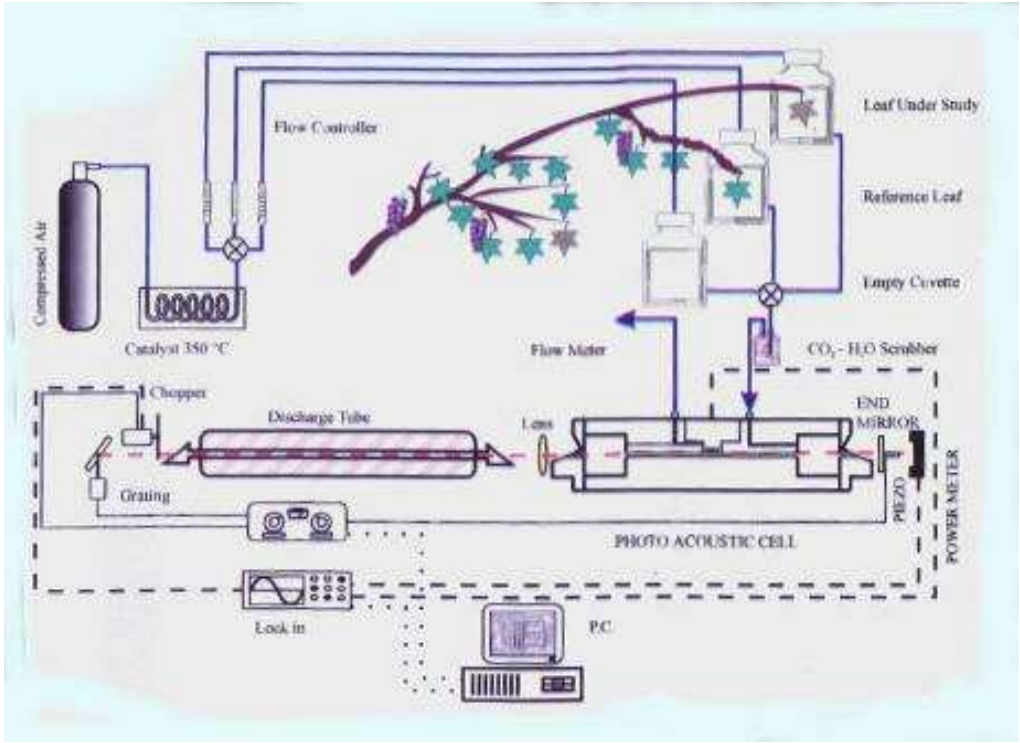
[a] Kopi Luwak coffee.

Jak się Pani czuje, Pani orchideo?





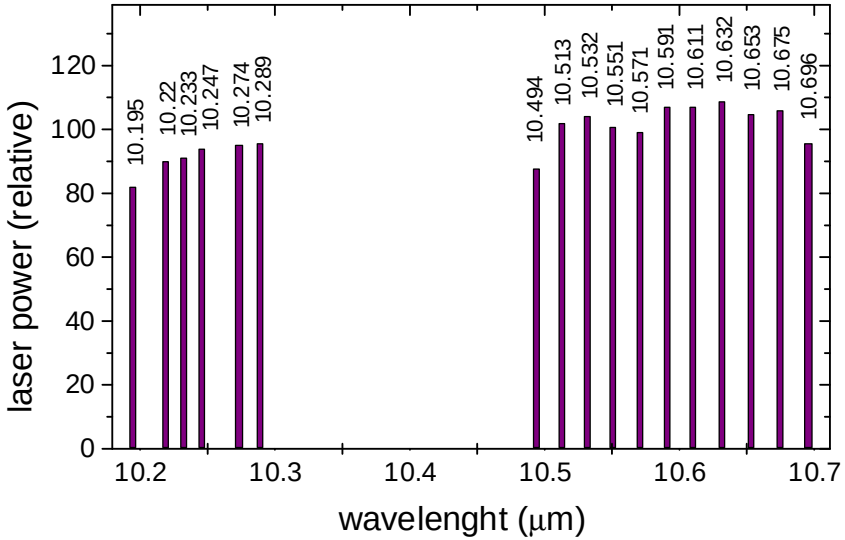
Spektroskopia foto-akustyczna

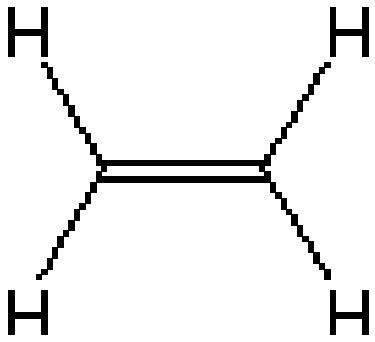


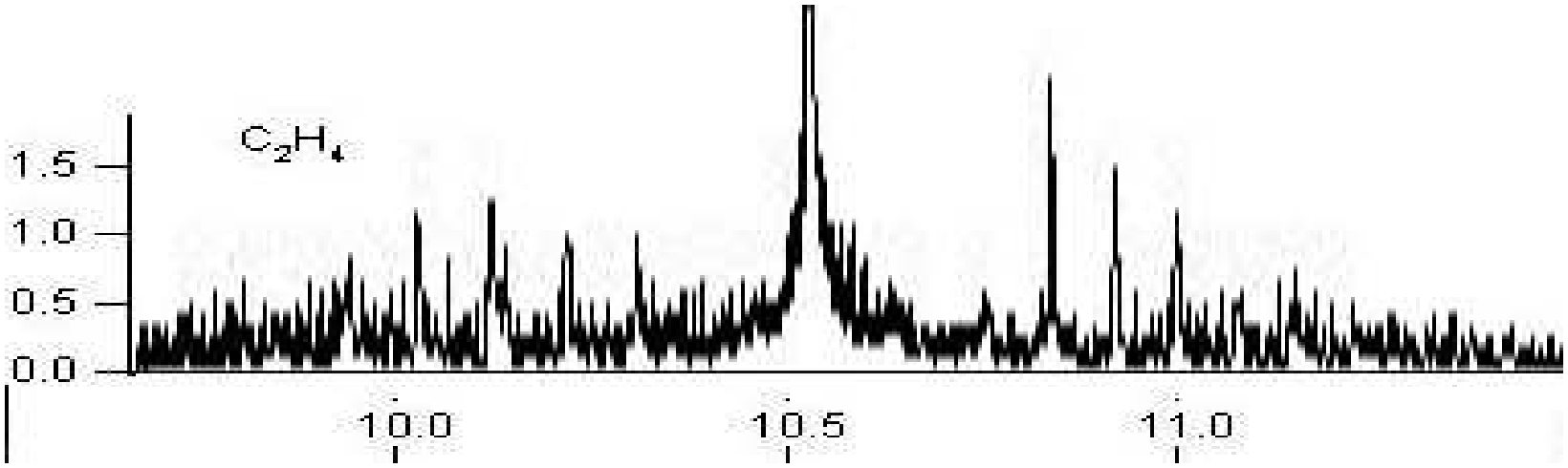
Pładczący liść winogrona
Courtesy: Andrea Boschetti

Spektroskopia fotoakustyczna

CO_2 laser: ethylene „fingerprints”



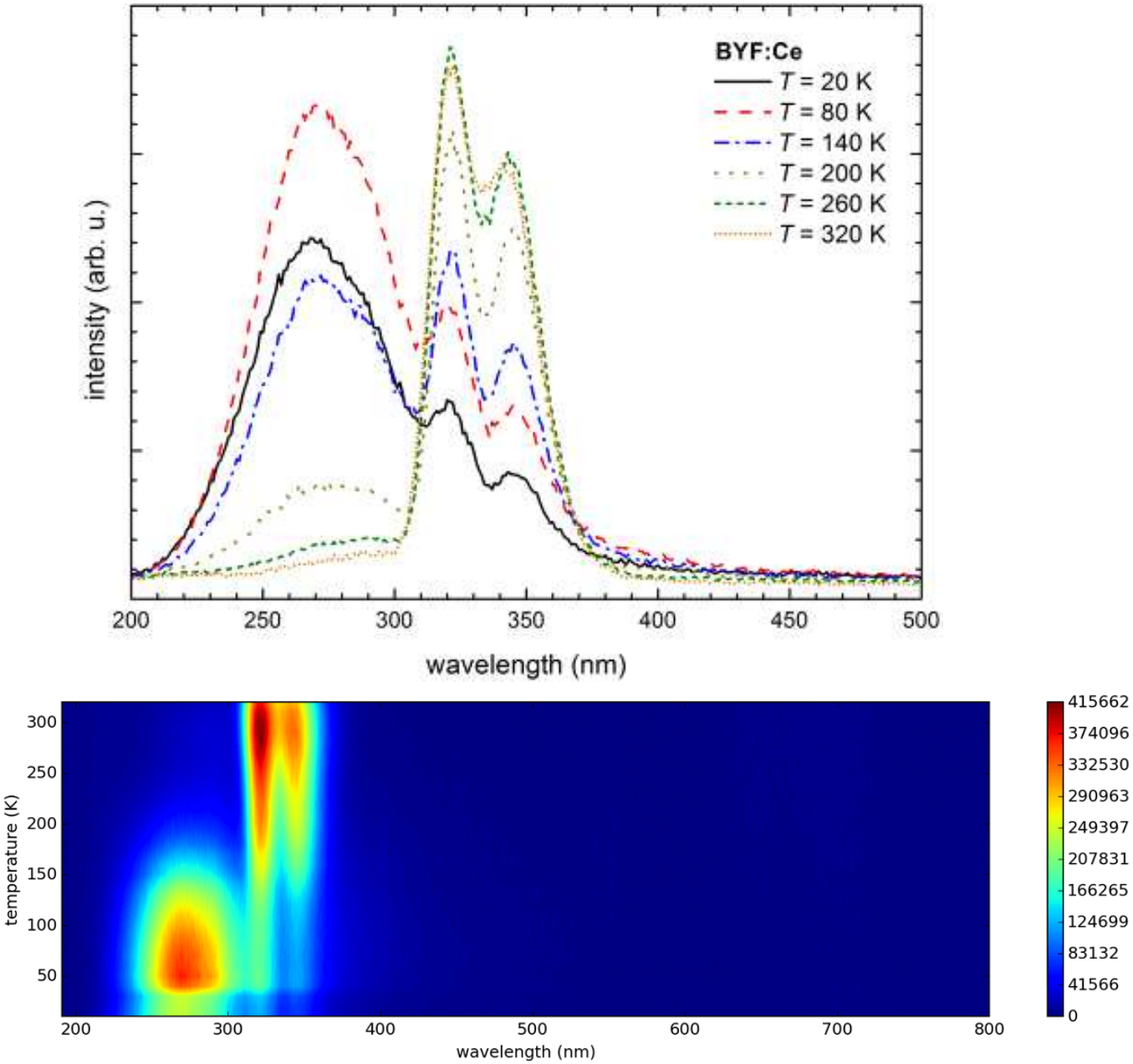




Jak się Pani czuje, Panno Orchi-Deo?

Botanische Garten, Berlin
Foto MK

Szkła „laserowe”



Cortesy: prof. dr hab. Winicjusz Drozdowski, Optoelectronics Lab, UMK

→sztuczna fotosynteza

Materials Chemistry and Physics 140 (2013) 674–682

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Materials Chemistry and Physics

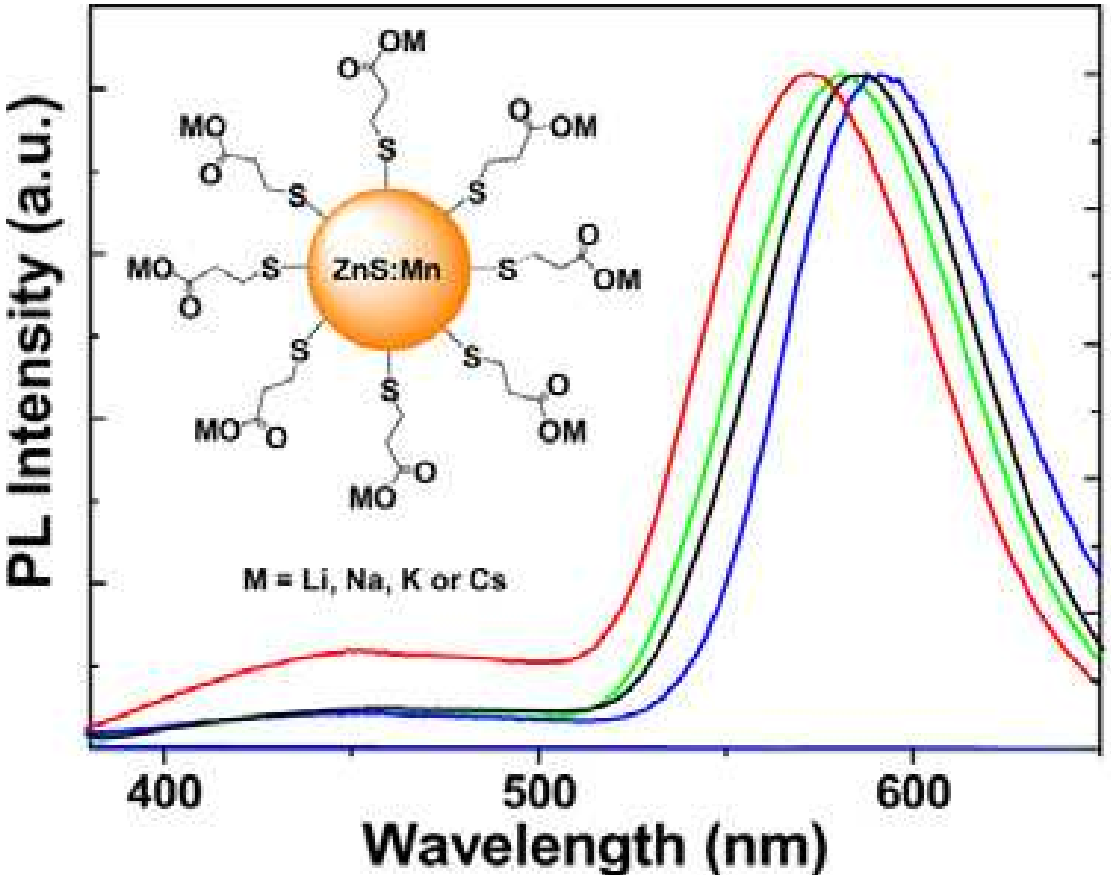
journal homepage: www.elsevier.com/locate/matchemphys

Aqueous route to color-tunable Mn-doped ZnS quantum dots

Houcine Labiadh [a], Tahar Ben Chaabane [a], David Piatkowski [b], Sebastian Mackowski [b], Jacques Lalevée [c], Jaafar Ghanbaja [d], Fadi Aldeek [e], Raphaël Schneider [e,*]

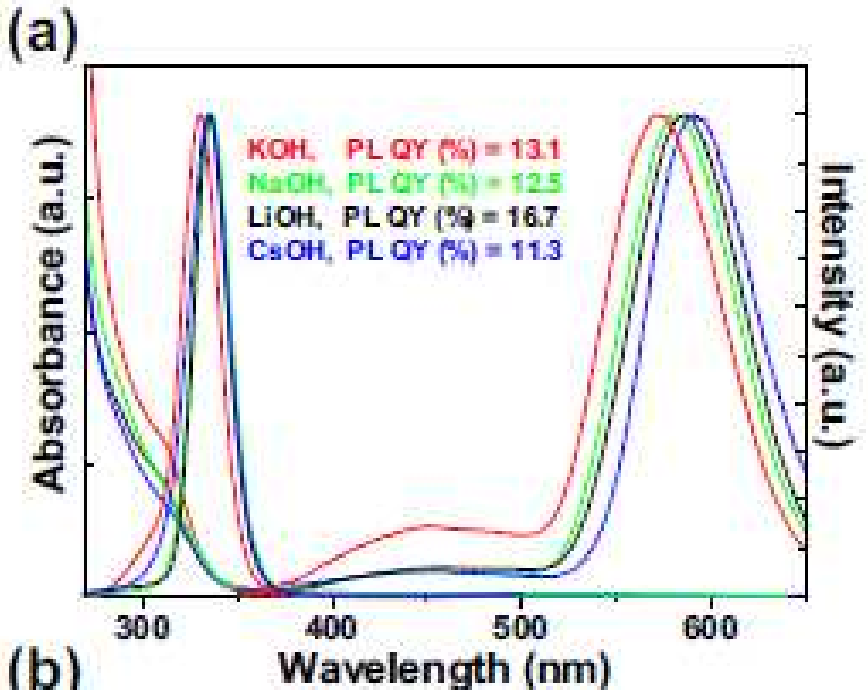
[a] Unité de Recherche UR11ES30 de Synthèse et Structures de Nanomatériaux, Faculté des Sciences de Bizerte, 7021 Jarzouna, Tunisia
[b] Optics of Hybrid Nanostructures Group, Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University, Grudziadzka 5/7, 87-100 Torun, Poland
[c] Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M), LRC 7228, 15 rue Jean Starcky, 68093 Mulhouse, France
[d] Université de Lorraine, Institut Jean Lamour (IJL), UMR 7198, CNRS, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[e] Université de Lorraine, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP), UMR 7274, CNRS, 1 rue Grandville, BP 20451, 54001 Nancy Cedex, France

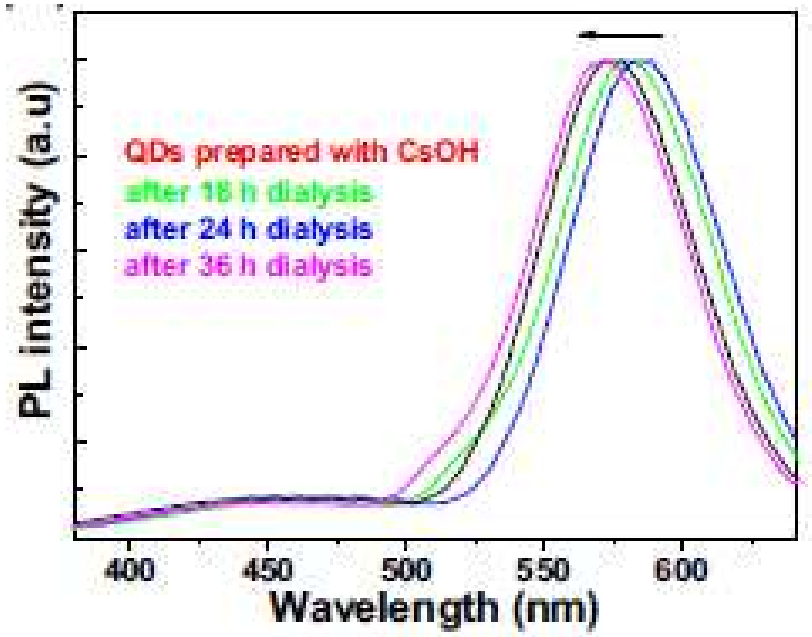
Sztuczny chlorofil



Cortesy: prof. dr hab. Sebastian Maćkowski, Optoelectronics Lab, UMK

Sztuczny chlorofil





Cortesy: prof. dr hab. Sebastian Maćkowski, Optoelectronics Lab, UMK

Multi-sensor studies of apples

Postharvest Biology and Technology 96 (2014) 135–144

Contents lists available at ScienceDirect

Postharvest Biology and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/postharvbio

A combined sensory-instrumental tool for apple quality evaluation

Maria Laura Corollaro[a,b], Eugenio Aprea[a], Isabella Endrizzi[a], Emanuela Betta[a], M. Luisa Demattè[a], Mathilde Charles[a], Matteo Bergamaschi[a], Fabrizio Costa[a], Franco Biasioli[a], Luca Corelli Grappadelli[b], Flavia Gasperi[a,*]

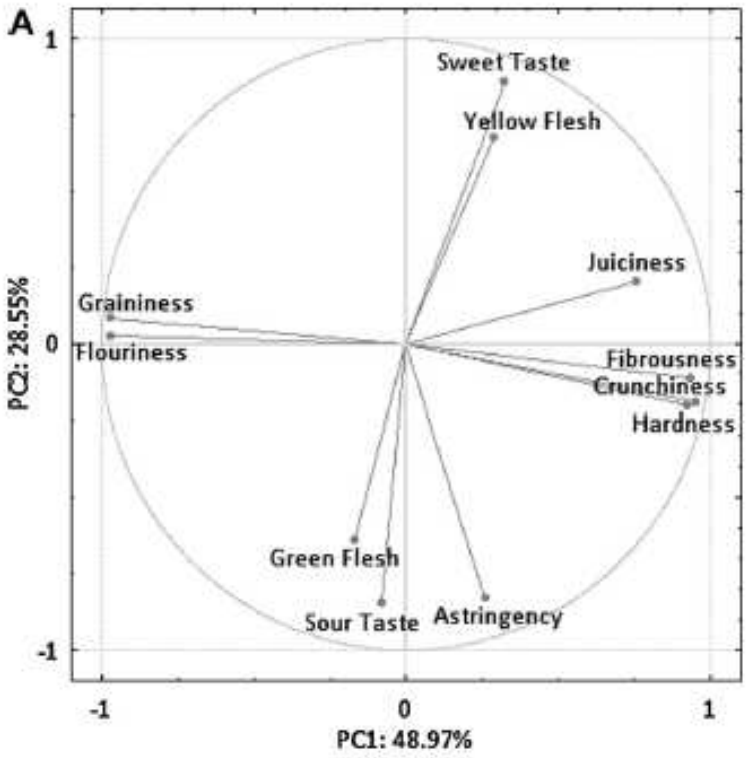
[a] *Research and Innovation Centre, Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige, TN, Italy*
[b] *Dipartimento Scienze Agrarie, University of Bologna, V.le Fanin 46, 40127 Bologna, Italy*

Table 1
Apple cultivars analysed during 2010 and 2011 seasons. "Code" refers to the codes used in Figs. 1–3; "0" and "1" following the codes refer to 2010 and 2011, respectively. Where present, the letters "a", "b", "c", and "d" refer to the different orchards for cultivars having more than one origin, as specified in column "Location". The specific clones employed in this work are reported between brackets.

Cultivar	Code	Location	Harvest	Analysis	Fruit weight[a]
Braeburn	BRN_0a	Giaroni	30/09/2010	26/11/2010	210
Braeburn	BRN_0b	Maso Part	01/10/2010	30/11/2010	239
Braeburn	BRN_1	Maso Part	27/09/2011	07/12/2011	252
Crimson Crisp™	CRI_1	Maso Maiano	18/08/2011	19/10/2011	224
Cripps Pink	PIN_0a	Giaroni	20/10/2010	22/12/2010	201
Cripps Pink	PIN_0b	Maso Part	26/10/2010	22/12/2010	188
Cripps Pink	PIN_1	Maso Part	24/10/2011	21/12/2011	209
Dalinette	DAL_1	Maso Part	11/10/2011	14/12/2011	224
Delblush	DLB_1	Maso Part	22/09/2011	25/11/2011	262
Delearly	DEL_0	Giaroni	04/08/2010	06/10/2010	166
Florina	FLO_0	Laimburg	14/09/2010	10/11/2010	246
Fuji (Kiku 8)	FUJ_0a	Giaroni	01/10/2010	30/11/2010	268
Fuji (Kiku 8)	FUJ_0b	Maso Part	05/10/2010	07/12/2010	271
Fuji (Kiku 8)	FUJ_1	Maso Part	06/10/2011	07/12/2011	270
Gala (Schniga)	GAL_0	Giaroni	23/08/2010	20/10/2010	170
Gala (Schniga)	GAL_1	Maso Part	09/08/2011	12/10/2011	186
Gloster	GLO_0	Giaroni	14/09/2010	10/11/2010	250
Gloster	GLO_1	Maso Part	08/09/2011	09/11/2011	257
Goldrush™	GDR_0	Giaroni	30/10/2010	22/12/2010	271
Goldrush™	GDR_1	Maso Part	24/10/2011	16/12/2011	281
Golden Delicious (B)	GOL_0a	Giaroni	16/09/2010	17/11/2010	222
Golden Delicious (B)	GOL_0b	Maso Part	24/09/2010	24/11/2010	248
Golden Delicious (B)	GOL_1	Maso Part	12/09/2011	11/11/2011	255
Granny Smith	GRA_0a	Giaroni	30/09/2010	26/11/2010	227
Granny Smith	GRA_0b	Maso Part	30/09/2010	30/11/2010	257
Granny Smith	GRA_1	Maso Part	22/09/2011	25/11/2011	268
Idared	IDA_0	Giaroni	30/09/2010	26/11/2010	250
Jazz™	JAZ_1	Laimburg	27/09/2011	30/11/2011	214
Kanzi™	KAN_1	Laimburg	16/09/2011	23/11/2011	216
Modi™	MOD_0	Giaroni	07/09/2010	03/11/2010	175

i wiele, wiele innych...

Correlation chart



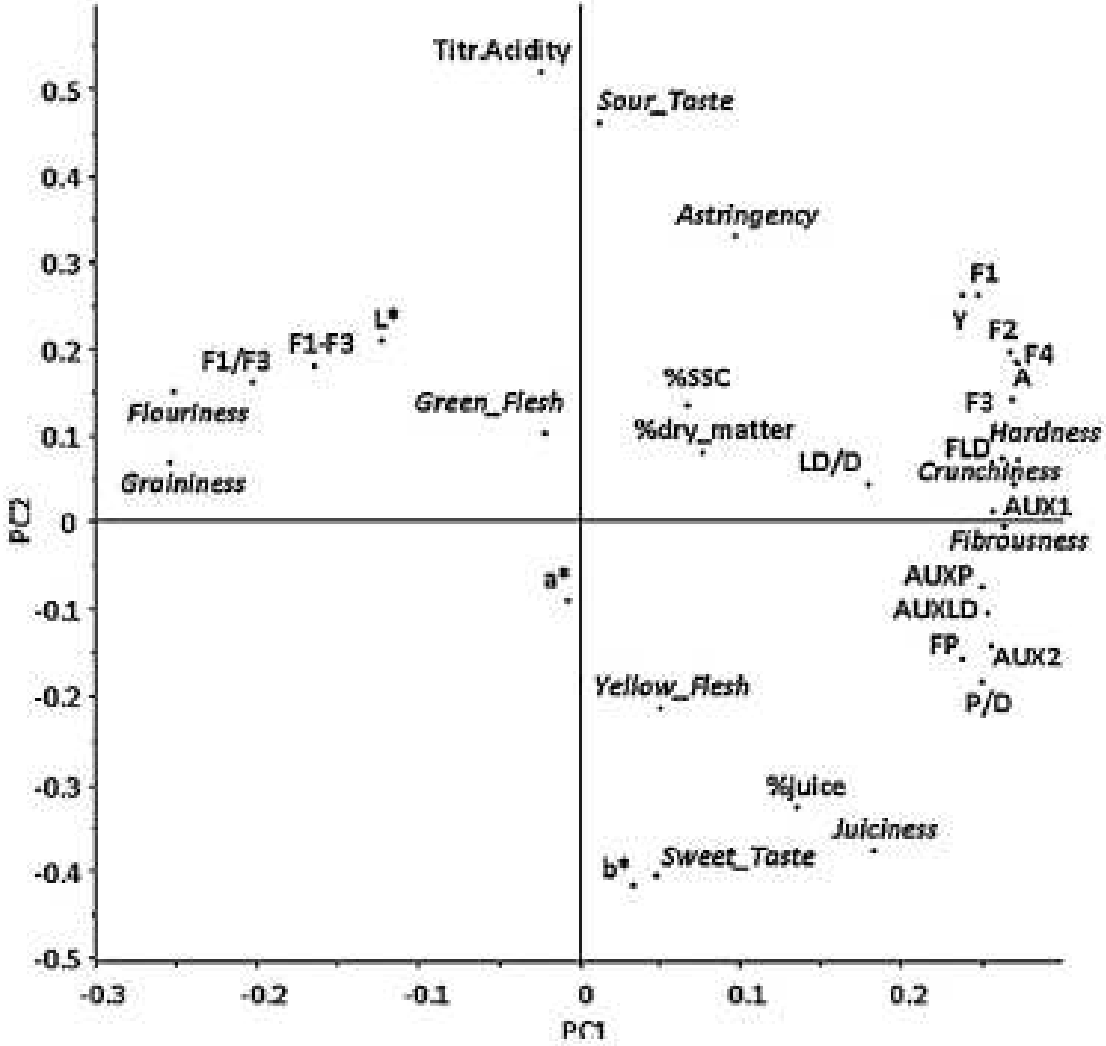


Fig. 1. Loadings (a) and scores (b) plots from Principal Component Analysis (PCA) on sensory data-set. For apple products coding, see "Code" column in Table 1.

, czyli jak chrupią jabłka?

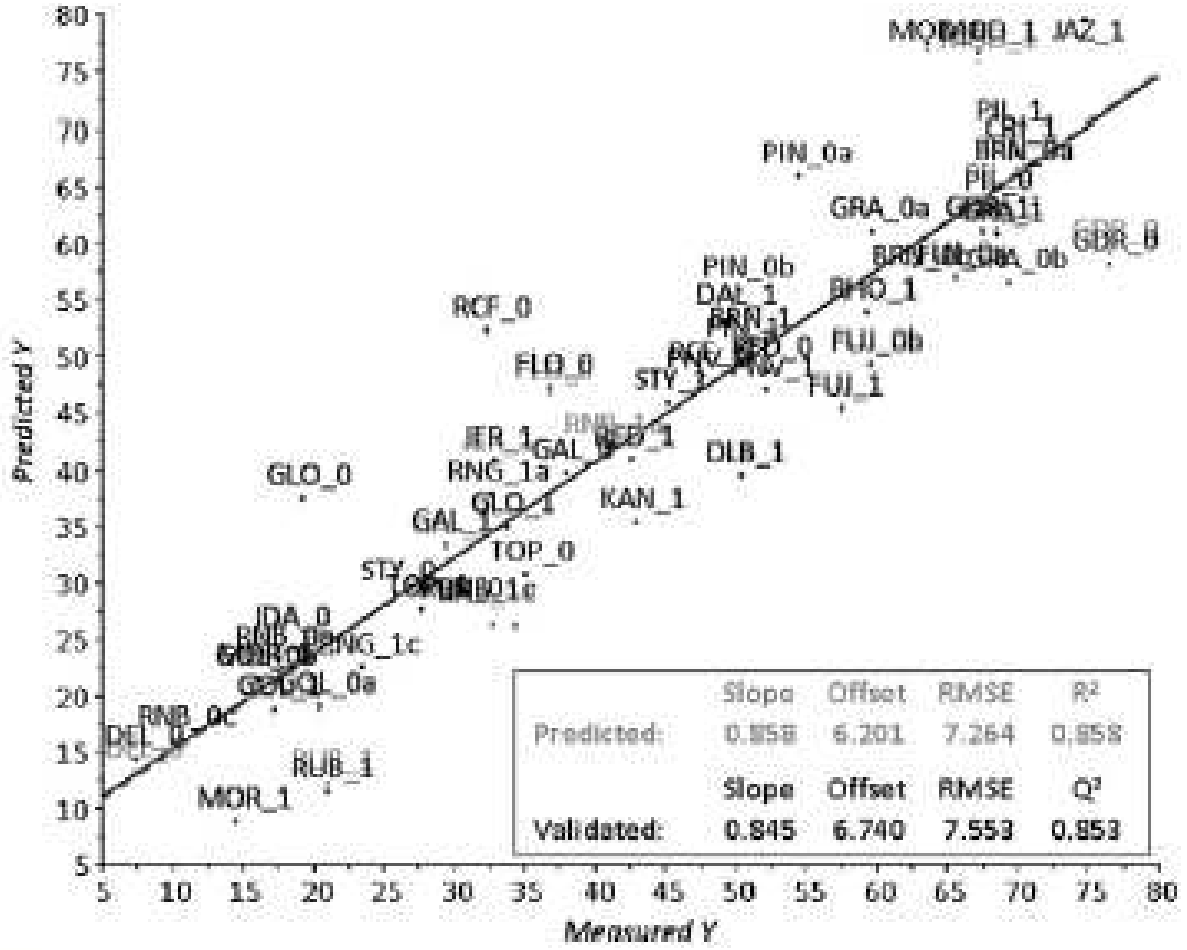
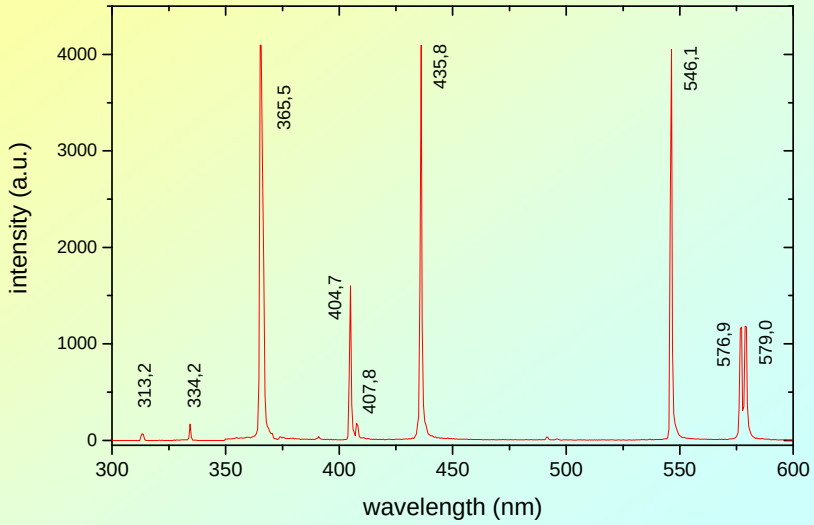
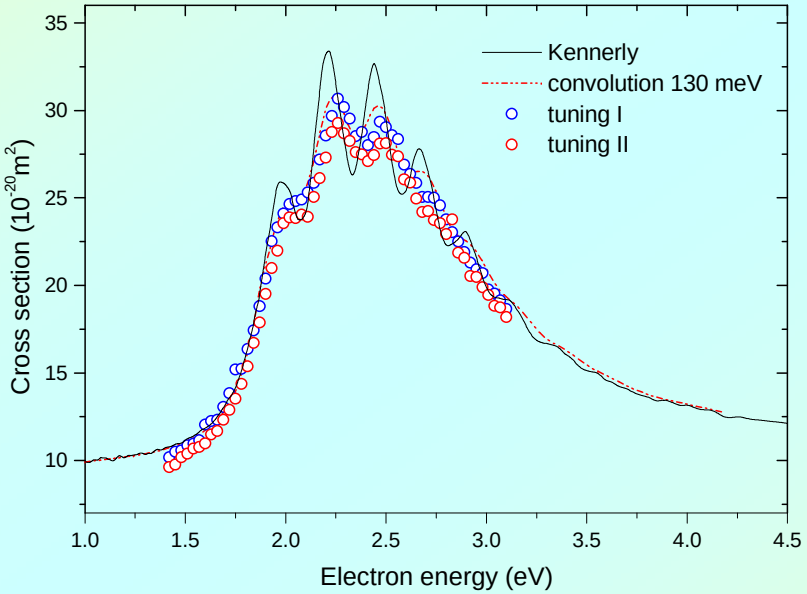


Fig. 3. Predicted vs. measured plot from PLS-1 model developed for "crunchiness" sensory attribute by means of acoustic and mechanical data from texture analyser analysis. Predicted and validated interpolation lines are shown as dotted (grey) and continuous (black) lines, respectively. Slope, offset, Root Mean Square Error (RMSE), are reported for both. R^2 and Q^2 are also reported.

Co to jest spektroskopia?





- So, separating features of an object is to make a *spectrum.* This can be the mass of positive ions in strawberries smell, the energy of photons from an annihilating antimatter, faint hints in the energy dependence for muon production or infrared absorption by silicon.

- All these, we call *spectra.*
- And all are so beautiful for scientists, as a purple morning sky. Hoping, also for You!

(C) GK

Zaproszenie z całą klasą:

15-18.09.2016

- Dr Andrzej Karbowski

Tel. 56-611-3291

akarb@fizyka.umk.pl

Spektroskopia, według mnie…