

Cultural understanding of Physics: instrument and methods

Grzegorz Karwasz
Didactics of Physics Division
Nicolaus Copernicus University
Toruń, Poland

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl>

Research question

- How to improve the social perception of physics?
- How to make physics more attractive to young people?
- How to make teaching interdisciplinary and interesting?
- How to bring a contribution from physics to the global (human) culture and not only to science? (A. Zicchichi: „Torri d’avorio”)

Answer

- Examples (of activities done and being done), not mere postulates
- Any place, any time, any subject, any age, any audience

Physics is Fun: Why do objects fall?

Grzegorz Karwasz
Didactics of Physics Division
Nicolaus Copernicus University
Toruń, Poland

송미영

선임 연구원

플라즈마물성데이터 센터

플라즈마물성연구팀 / 원천기술연구부/

플라즈마기술연구센터 /국가핵융합연구소

Toruń – medioeval city (*1227)



Established by German religious order

Toruń – Nicolaus Copernicus born (1473)



N. Copernicus (1473-1543)



House of Copernicus father,
rich merchant



Lucas Watzenrode
(Nicolaus' uncle,
Bishop)

Toruń – city of cathedrals



Church S.S. John's



Church S. Mary
(Ascension to Heavens)



Church S. James

Nicolaus Copernicus – laborious student



Kraków (1492-1496)

S. Mary Church



Bologna (1496-1500)

Tower of Donkeys



Padova (1501-1503)

S. Antonio Basilica

Nicolaus Copernicus: Earth is moving



„He stopped Sun and Heavens,
he moved Earth”

Terrae motor, solis caelique stator

Copernicus Monument
Toruń

Copernicus system: planets move around Sun

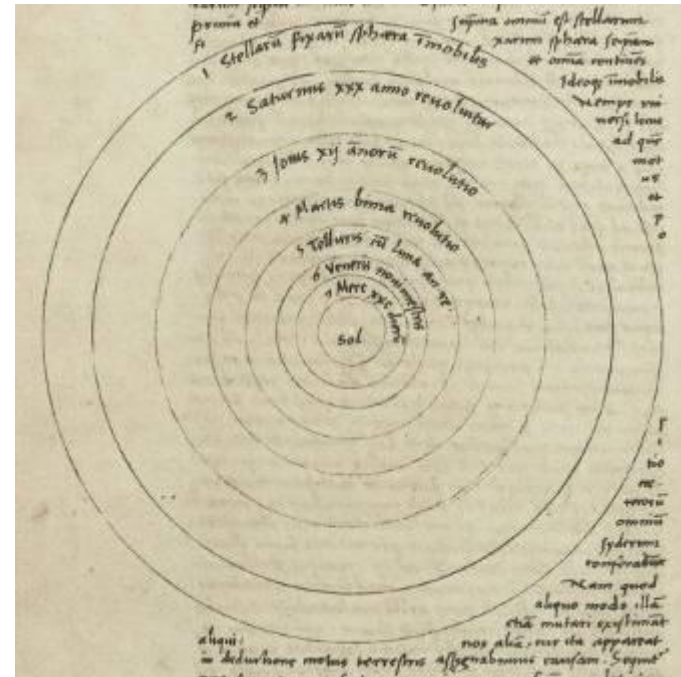
Mercury: - 1 orbit in 90 days

Venus: - 1 orbit in 9 months

Mars: - 1 orbit in 2 years

Jupiter: 1 orbit in 11 years

Saturn: 1 orbit in 30 years



Copernicus system: everything in movement

Earth: - 1 rotation in 24 hours (=1 day)

- 1 orbit in 365 days (=1 year)

Moon: - 1 orbit in 28 days (\approx 1 month)

- rotation in 28 days

Sun: - 1 rotation in 25 days



Whole Solar systems flies 400 km/s towards *Leon* constellation

Why do all objects fall down on the floor?

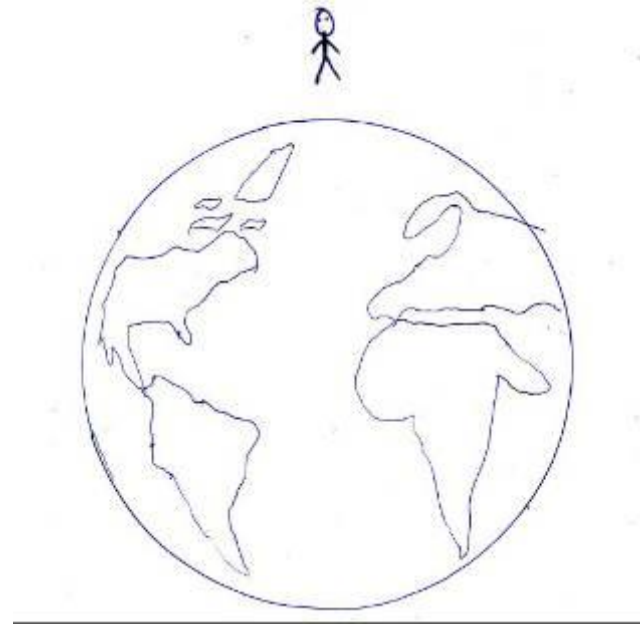
Because there is gravity!

What is gravity?

It is Earth's attraction

What is Earth's attraction? It is gravity

This is *tautology*: Rice is made of rice



Spectroscopy, or science on ghosts

- Motywacja: wykorzystujemy grę słów „spektrum = duch, zjawą”.
- W fizyce (chemii itd.) mianem widma nazywa się jakikolwiek zapis *własności* danego obiektu, jak np. natura białego światła ujawnia się w procesie jego rozłożenia na kolory składowe, jak ma to miejsce np. w tęczy czy na powierzchni płyty CD.
- O dziwo, słowo „spektrum” nie występuje w grece – użył go dopiero Cyncero.
- Gra słów i rozszerzenie pojęć pozwala na prezentację różnych zjawisk, na pograniczu fizyki, chemii, biologii, percepcji człowieka i sztuki.
- Wykład ma charakter interaktywny, gdzie element zdziwienia jest ważnym środkiem wspomagającym przekaz dydaktyczny.
- Pedagogicznie – korzystamy z zaskoczenia, zdziwienia, własnego poszukiwania
- Miał on szereg odsłoneń na festiwalach nauki, Współczesnej
- jako ogólnouniwersyteckiej



I colori del cielo

Quanti colori esistono?

I colori in fisica, chimica, biologia

Spettroscopia, cioè la scienza sugli spiriti

Grzegorz Karwasz

*Insegnare STEAM in chiave
interdisciplinare*

karwasz@fizyka.umk.pl

3286 449347

I colori nella fisica, chimica, biologia, industria alimentare ed arte

- 1 I capelli della ragazza bionda, di che colore sono ?
- 2 Di che colore è la lampadina rosa?
- 3 Quanti colori sono nell'arcobaleno?
- 4 Come nascono?
- 5 Di che colore è la grappa buona?
- 6 I «capusci» servono a qualcosa?

Che capelli porta la ragazza bionda?



Che capelli porta la ragazza bionda?



Nessun colore indovinato!

La fisica è il mondo attorno noi



La vetrina a Londra



Neve a Folgaria (TN)



Cadine (Trento)

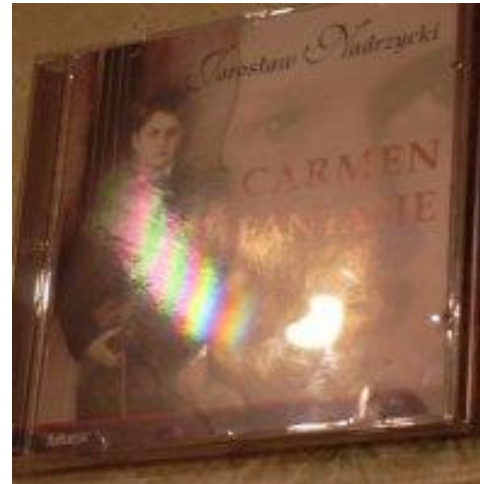


Foto GK

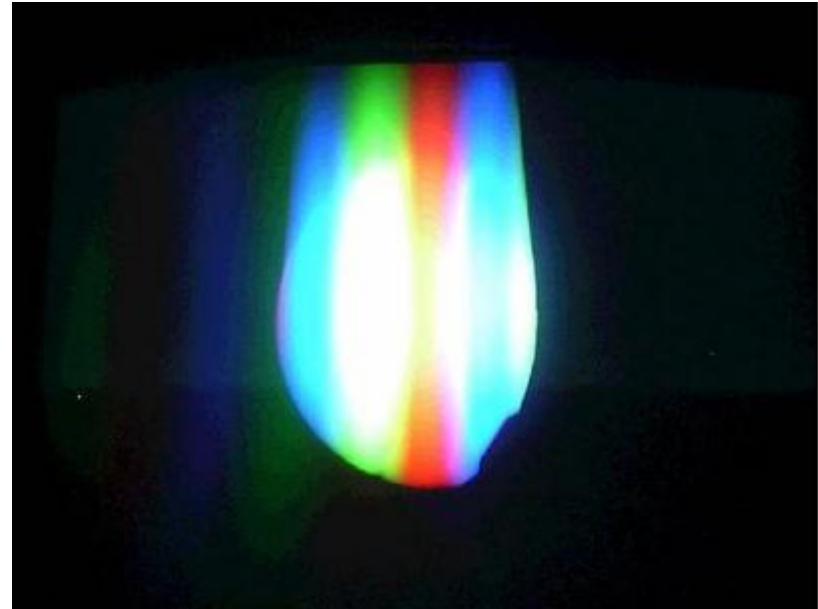


La vetrina del negozio a Berlino

Tutto il mondo attorno noi: basta guardare (e pensare)

I colori di base (in TV)

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



Perché bastano tre, piuttosto che quattro?

Lo spiegano caratteristiche di nostri *foto-ricettori* nell'occhio

FIAT LUX! Una mostra interattiva, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/

Un vecchio TV: Hotel André Latin, Paris, 2004

Quanti colori sono nell'arcobaleno?



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

Infra-rosso (sopra), ultra-violetto (sotto)

San Lorenzo in Banale (TN)

http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/tecza.html S. Lorenzo in Banale, GK, 19.09.2014)

Quanti colori sono nell'arcobaleno?



Arcobaleno secondario (sopra) – colori invertiti, con una fascia scura in mezzo

Quanti colori sono nell'arcobaleno?



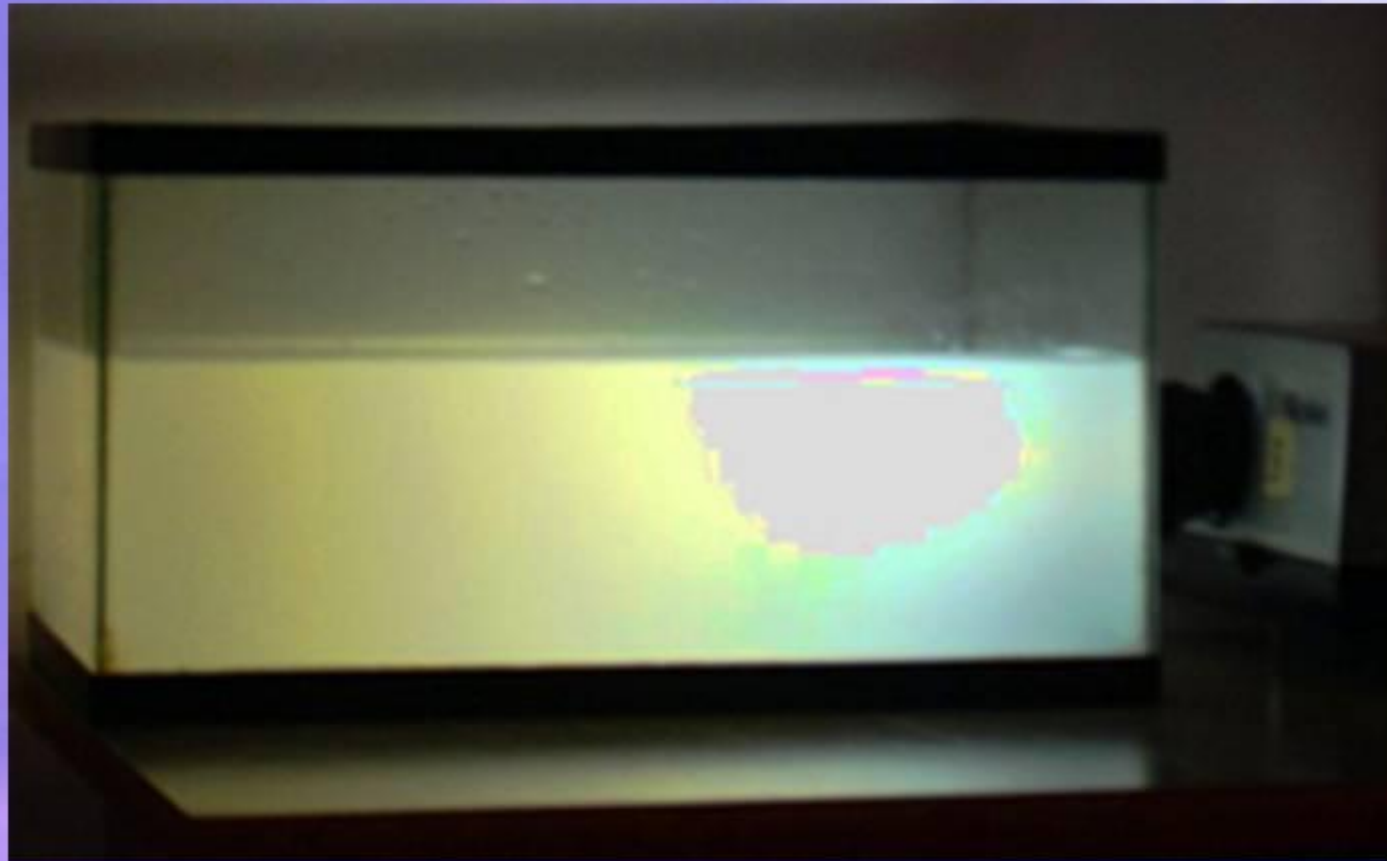
I sette colori
sono: 1) rosso
2) ...

Infra-rosso (sopra), ultra-violetto (sotto)

San Lorenzo in Banale (TN)

http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/tecza.html S. Lorenzo in Banale, GK, 19.09.2014)

Perché il cielo è azzurro (celeste)?



Perché il sole al tramonto è rosso!

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>

I colori del cielo (tramonto Rodi)



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

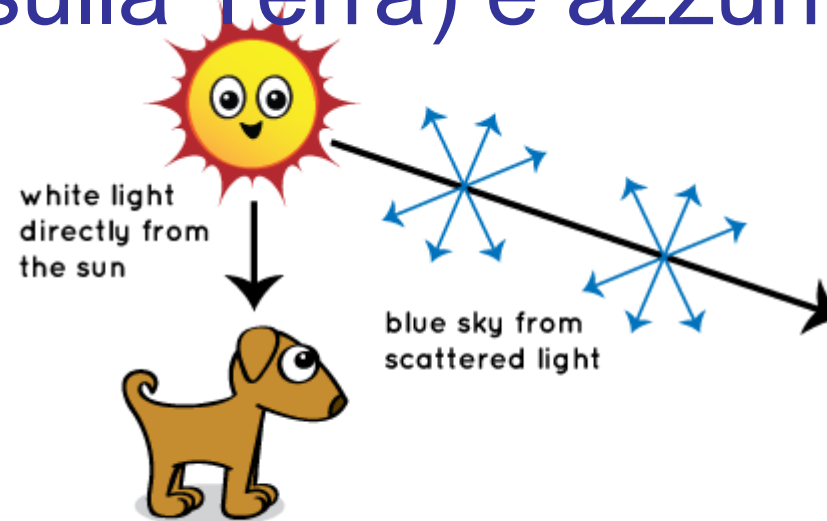
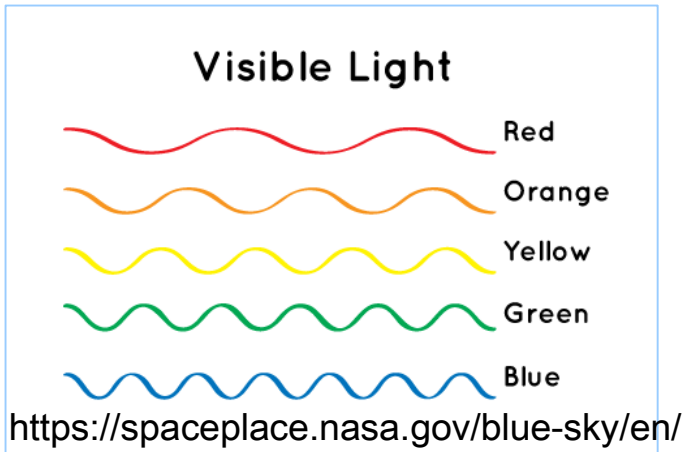
I colori del cielo (dopo una tempesta estiva a Berlino)



Berlin, 24.06.2009

Tramonto rosa in inverno - arriva il freddo forte
il colore corrisponde alla composizione dell'aria?

Perché il cielo (sulla Terra) è azzurro?



Sul Marte (tanta polvere e CO₂ in atmosfera)
i tramonti sono viola e i cielo a mezzogiorno è rosso



Occhiali da sole

dydaktyka fizyka - Risultati di Yale x Fisica e giocattoli x +

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



Home Meccanica Ottica Termodinamica Elettr

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.

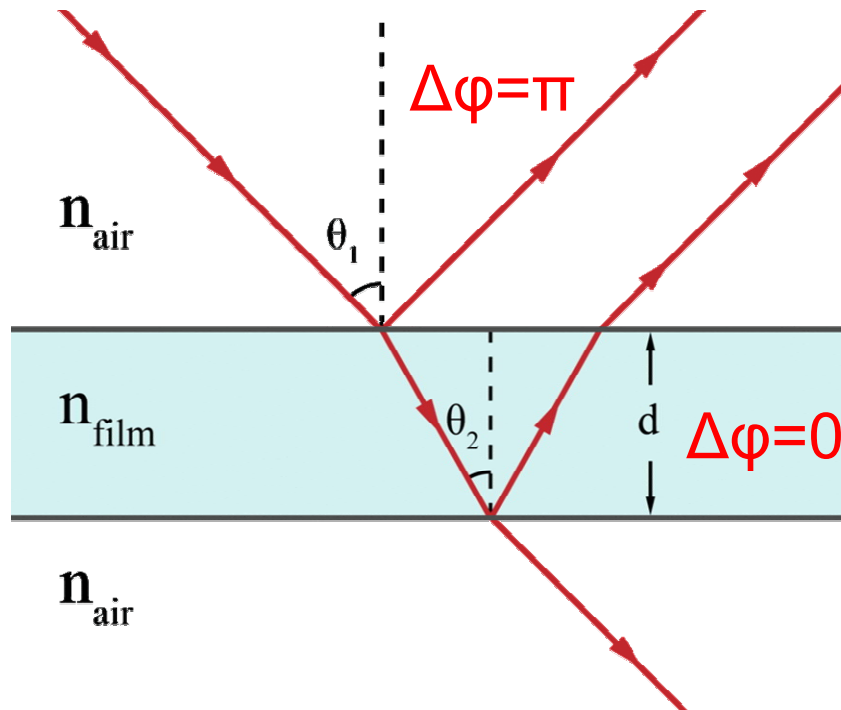
2° Il secondo tipo si basa su un principio fisico completamente differente, che consiste nella riflessione di un determinato colore. Così degli occhiali che sembrano, per esempio, rossi dall'esterno, riflettono proprio la luce rossa. Questo indica che nel mondo osservato con questi occhiali, manca proprio 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

Bolle di sapone



I colori sono quelli «complementari»: magenta, giallo, 'ciano'

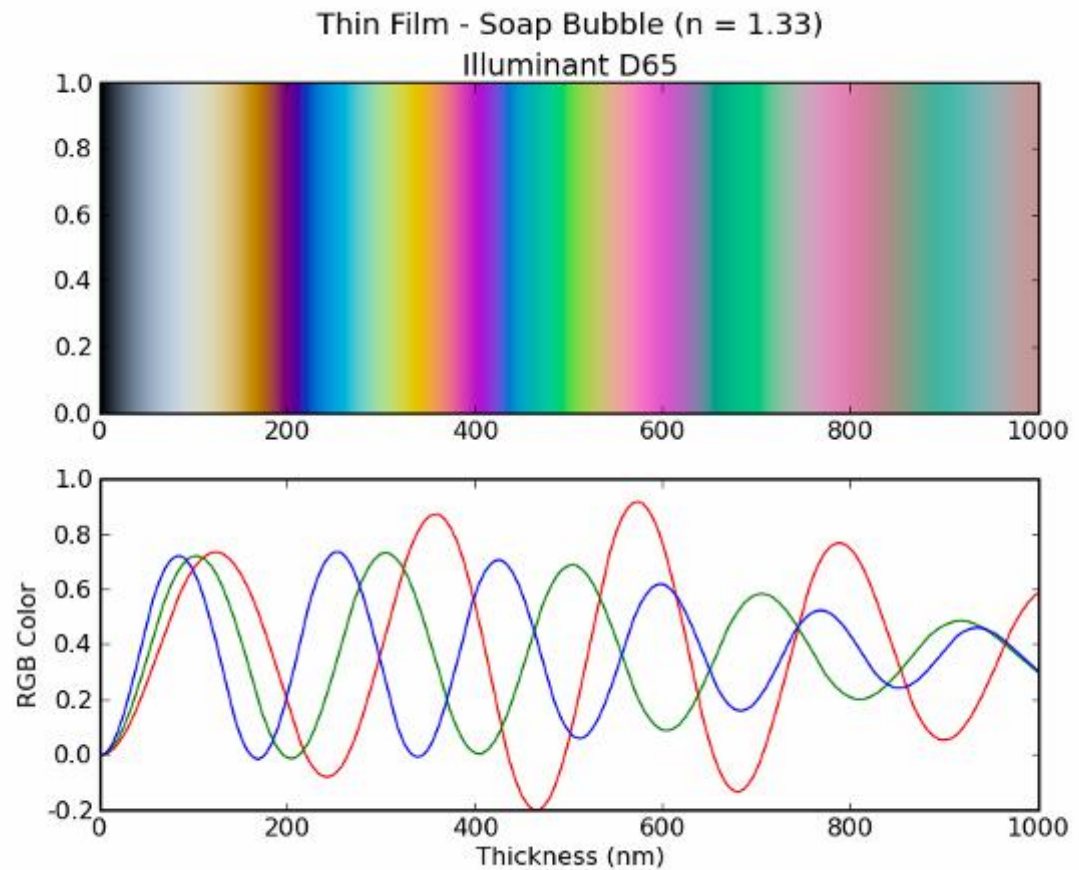
Bolle di sapone, ricetta chimica.

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

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

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

Bolle di sapone



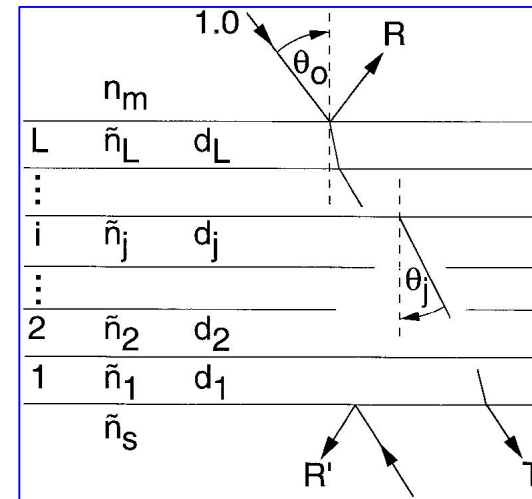
L'interferenza: onde si sommano o si annullano a vicenda

Quanti colori sono nell'arcobaleno?

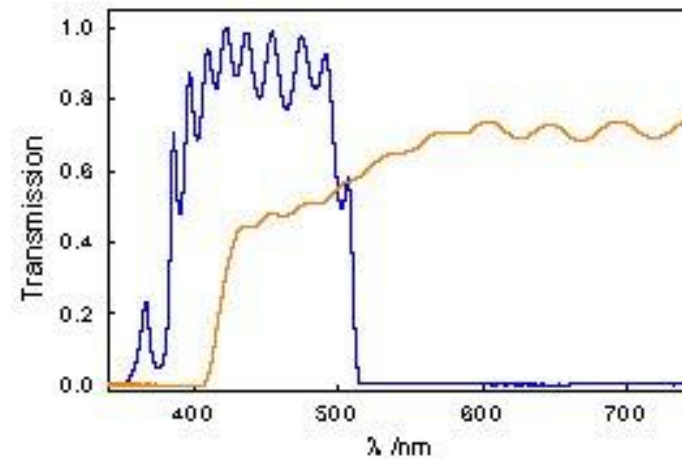


Una fascia dovuta agli fenomeni di interferenza dentro la goccia d'acqua: lo spessore dipende dalle dimensioni delle gocce

Gli occhiali colorati

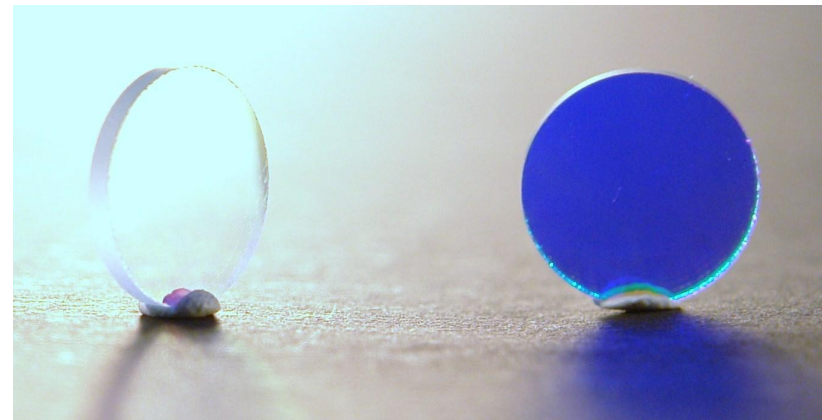


Dobrowolski, http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res_handbook/v1ch42.pdf



La trasmissione è selettiva: il colori riflessi sono complementari
 Il colori (apparenti) delle riflessioni dipendono dall'angolo

Torre dorata



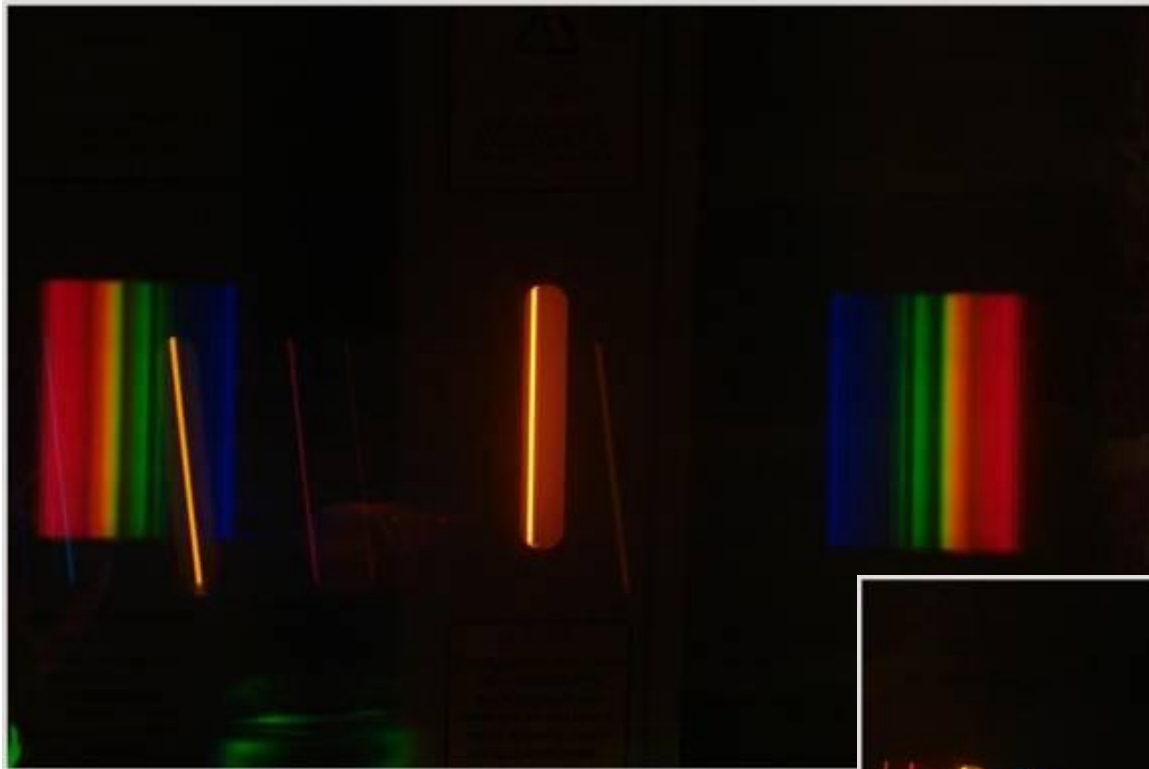
Il filtro altamente selettivo

„Sfera di Swarovski”



I colori dipendono dall'angolo
(come nel prisma)

Una sfera simile, ma senza
lo specchio (selettivo?) sotto
non funziona



Simili?
Per niente

N₂ , cioè una
molecola

He, cioè
un atomo

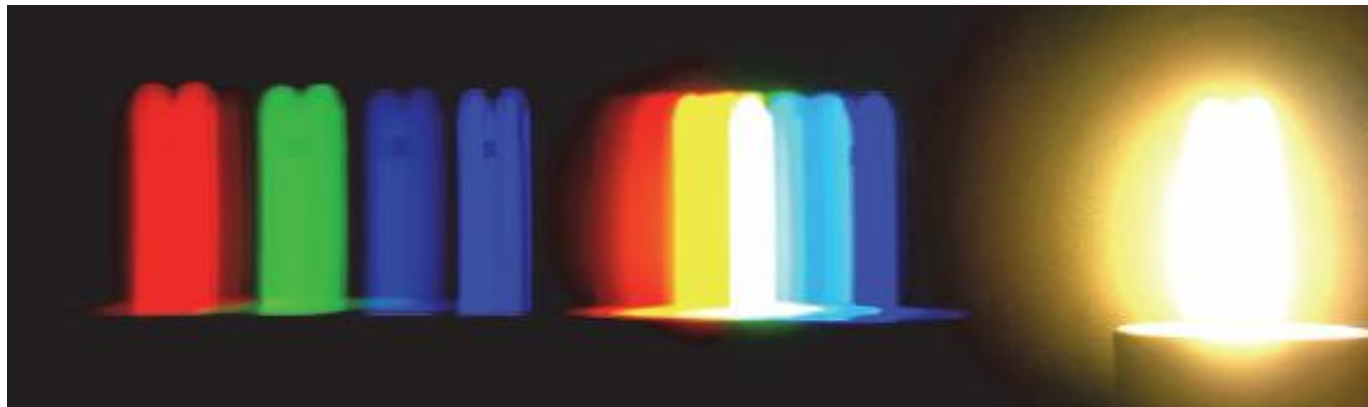


Spettroscopia, cioè i componenti della luce



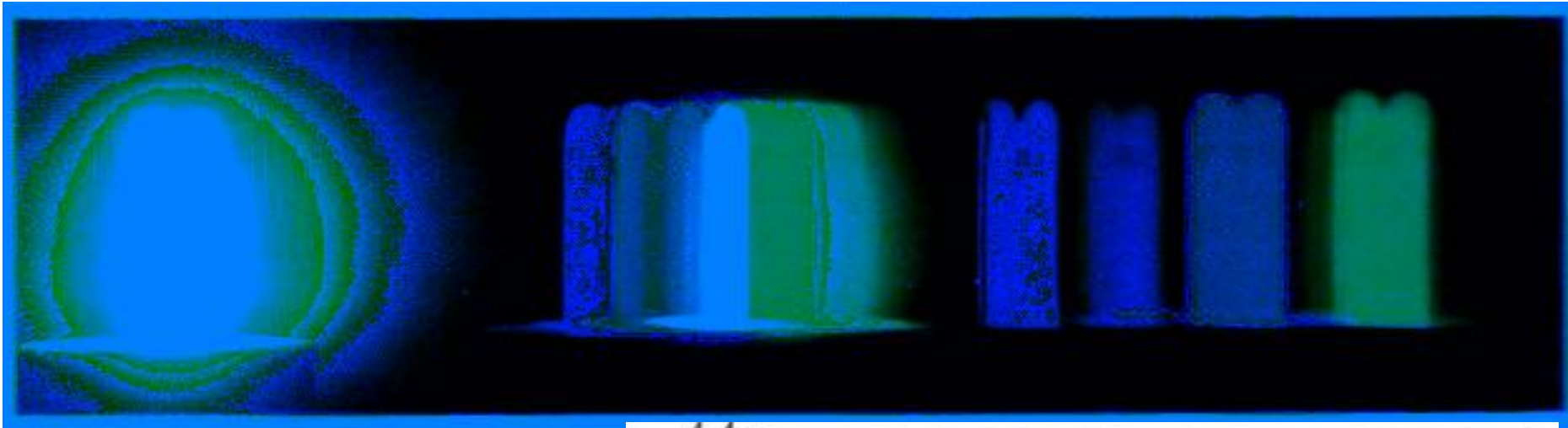
Anche un CD fa da «spettrometro»:

1) Lampadina incandescente 2) lampadina 'energetica' 3) alba a Cadine

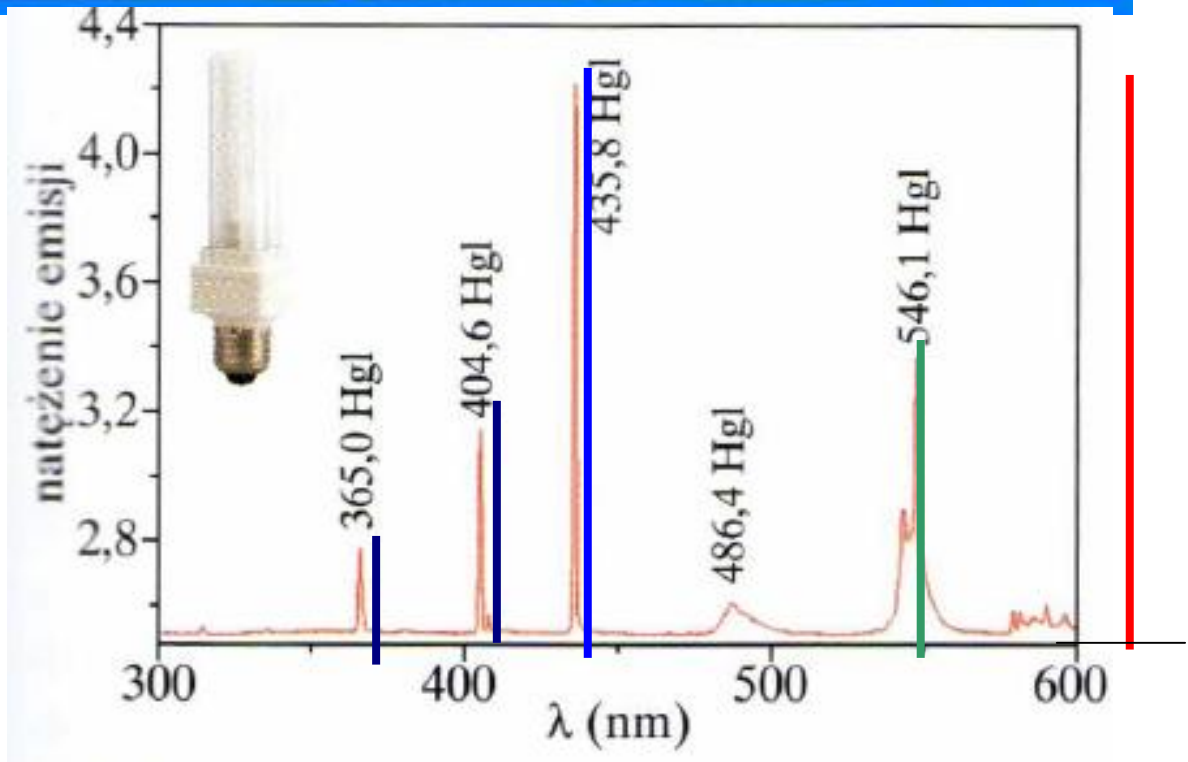


Lampadina a risparmio energetico risparmia sui colori:
solo nel secondo ordine di diffrazione i colori sono ben separati

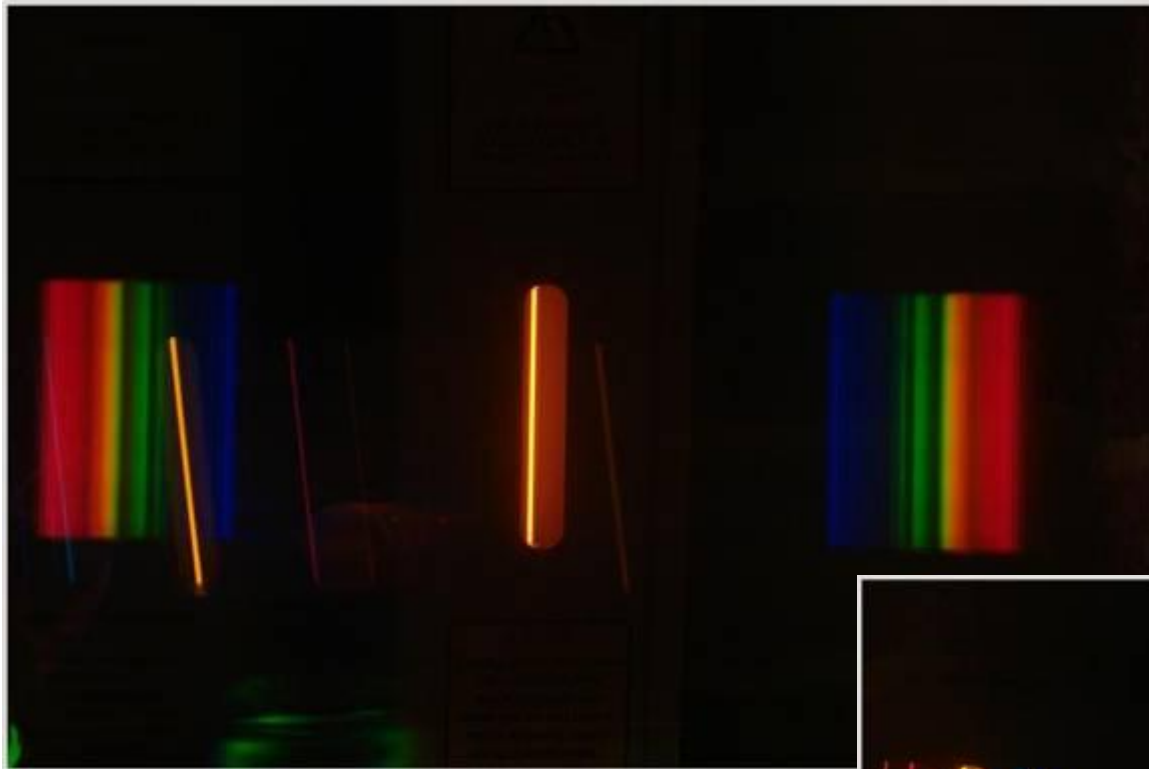
Come si *misurano* i colori?



Zarówka energo-oszczędna



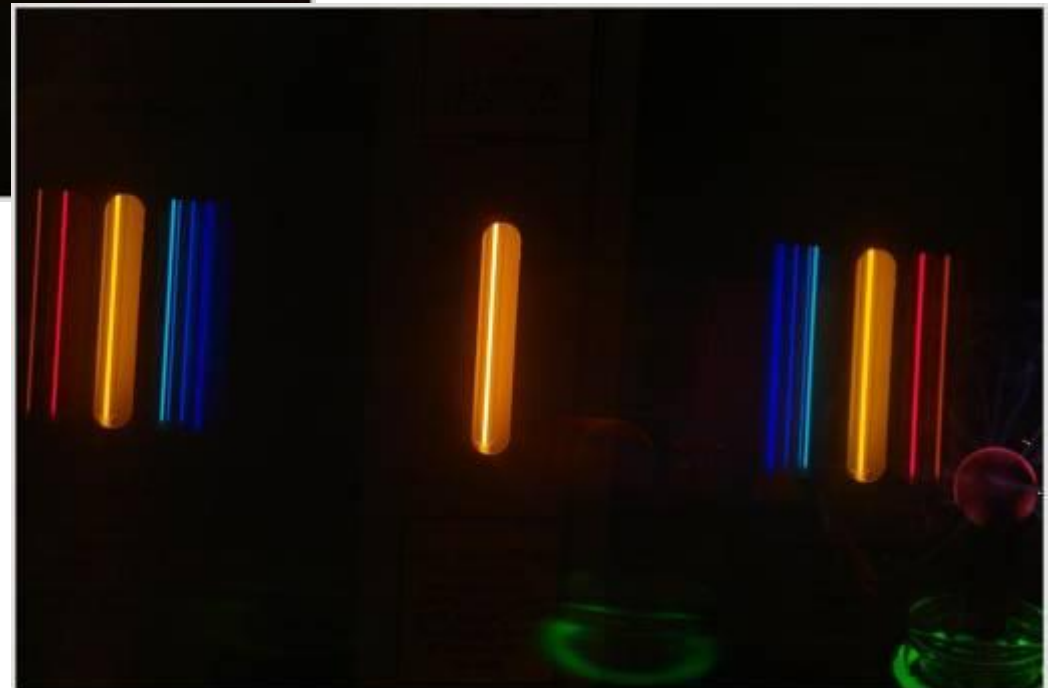
Il grafico così si chiama
lo spettro



Simili?
Per niente

N₂ , cioè una
molecola

He, cioè
un atomo

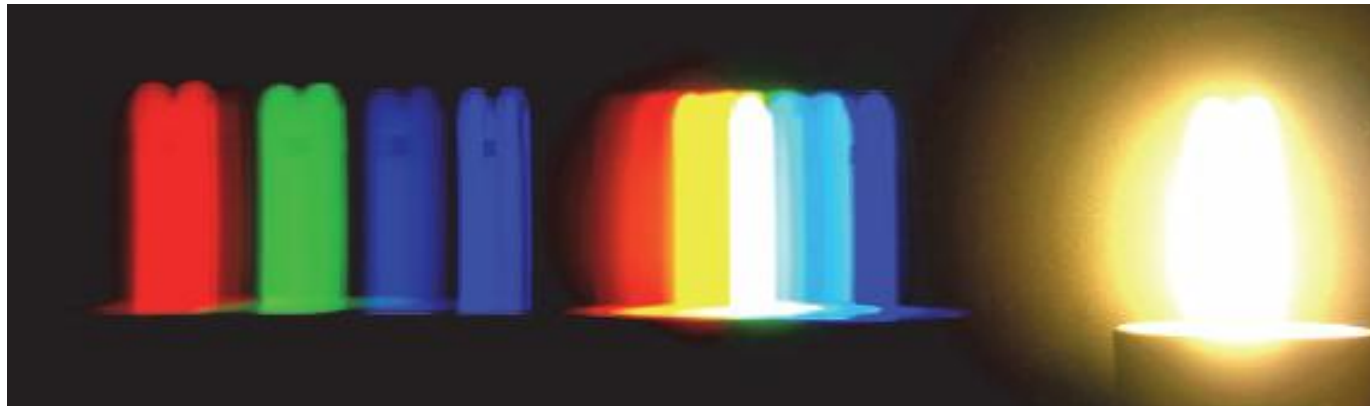


Spettroscopia, cioè i componenti della luce



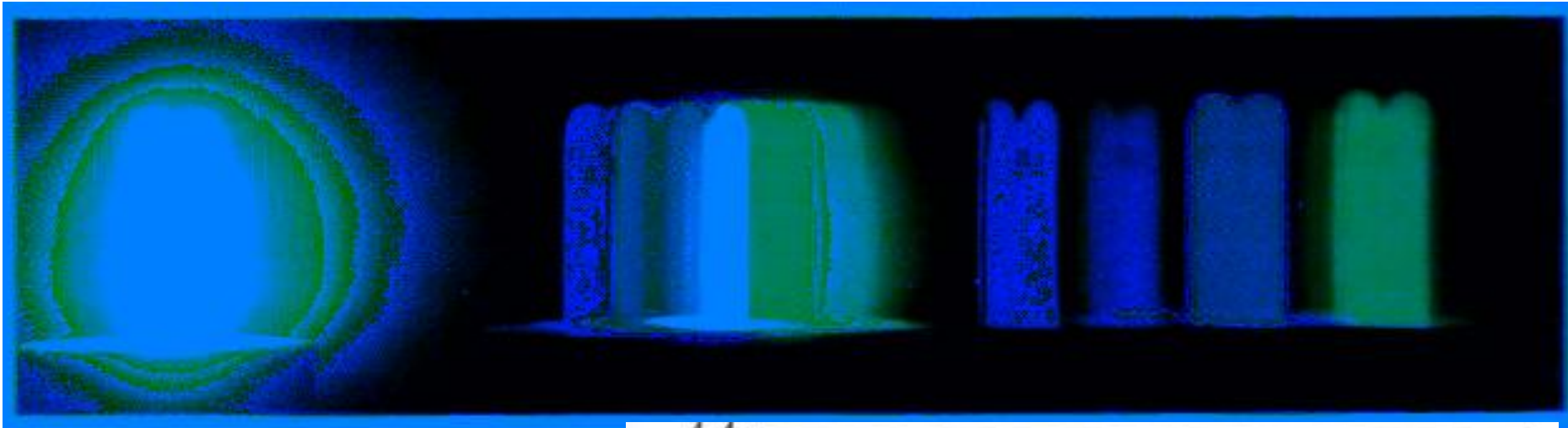
Anche un CD fa da «spettrometro»:

- 1) Lampadina incandescente 2) lampadina 'energetica' 3) alba a Cadine

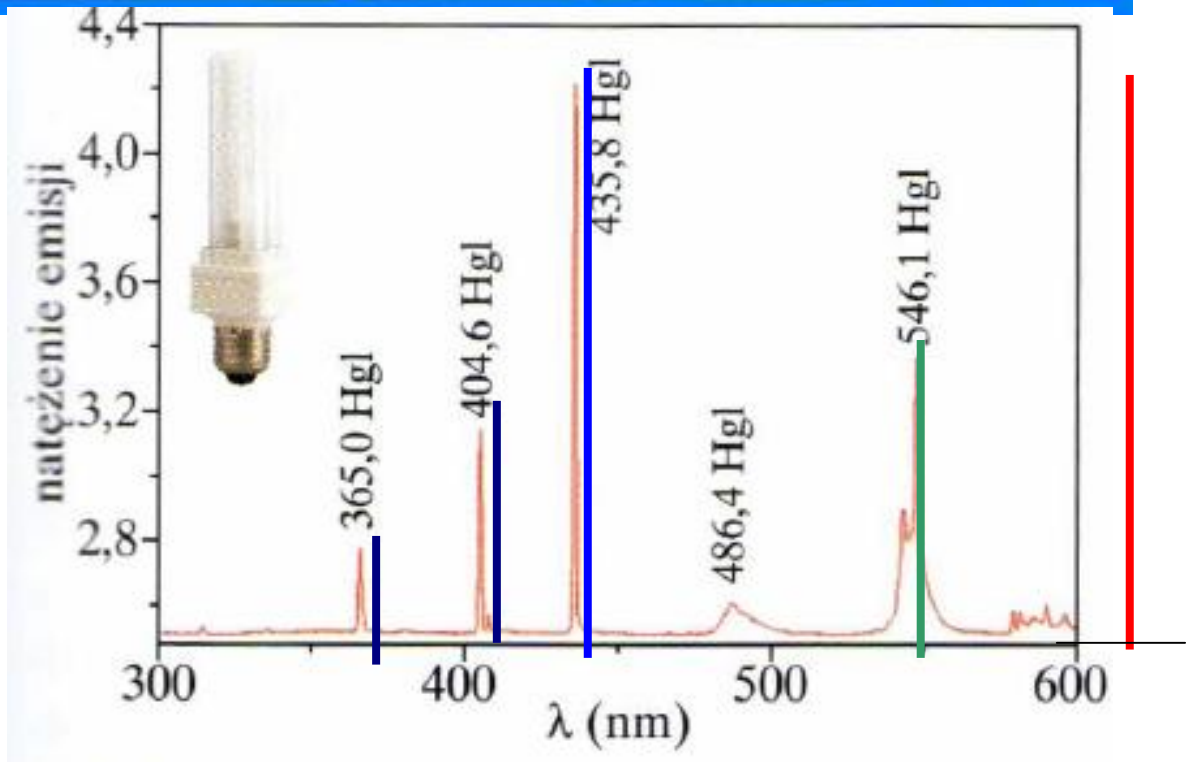


Lampadina a risparmio energetico risparmia sui colori:
solo nel secondo ordine di diffrazione i colori sono ben separati

Come si *misurano* i colori?



Zarówka energo-oszczędna



Il grafico così si chiama
lo spettro

Parigi – festa della Repubblica

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)

Il colore rubino di rubidio (Rb)

Il verde è di rame verde (Cu)?

I colori di fuochi d'artificio



Il fiume fa da spettrometro: riflette la componente rossa, assorbe la componente viola (dentro la piscina tutto sembra azzurro)

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



Baptisia australis (falso indigo)



Centaurea cyanus (fiordaliso)

Il mondo visto dalle api

Occhio dell'ape è molto diverso dal nostro.

Le api vedono meglio le tinte uniche,
e in particolar il colore giallo.

Vedono anche l'ultra-violetto (il massimo della sensibilità
cade a 344 nm).

Le api vedono per il contrasto col verde e il colore
marrone risulta per loro nero.

Kwiaty wiśni i lampa UV

I fiori da impollinare brillano in UV



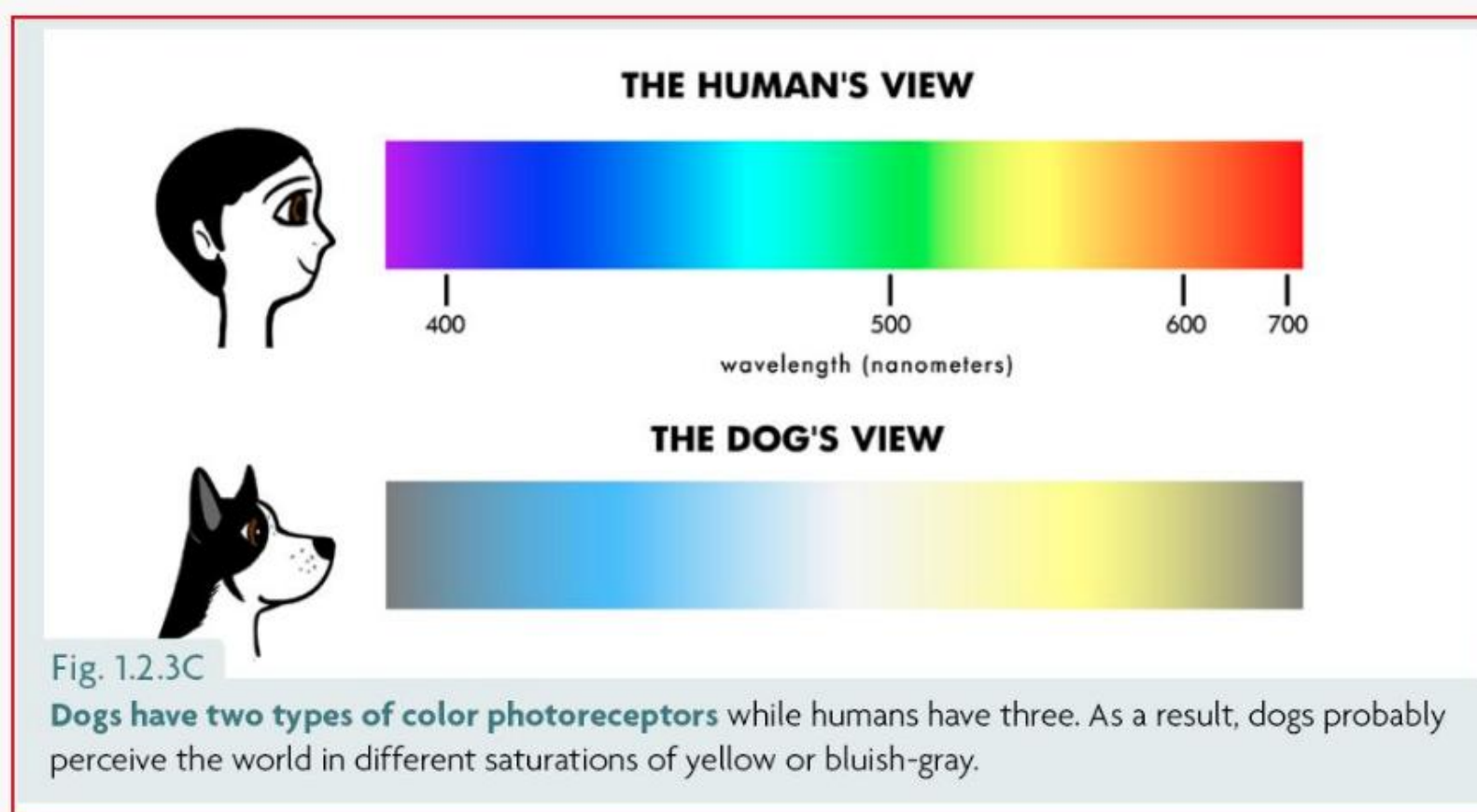
I fiori sono sempre bianchi (?)



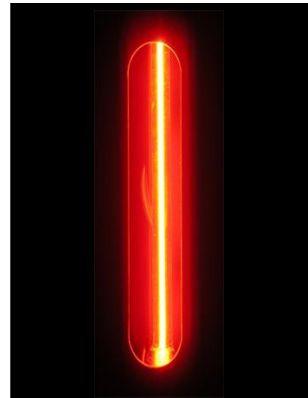
Non per le api, che vedono il nettare a brillare © GK

Vista da cane

- I cani hanno solo due ricettori del colore: Distinguono l'azzurro e il giallo.



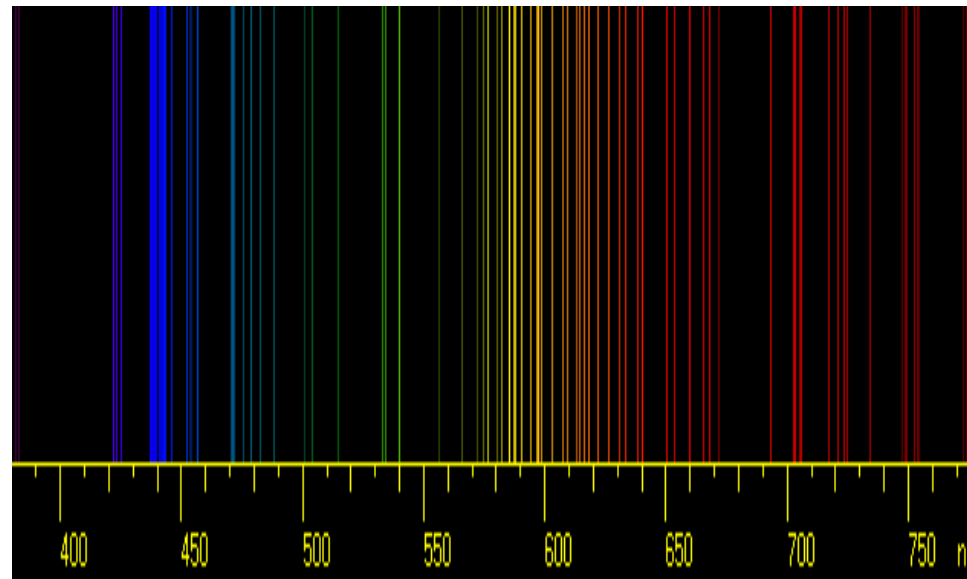
Ultravioletto ed infrarosso



Lo spettro di Ne

UV

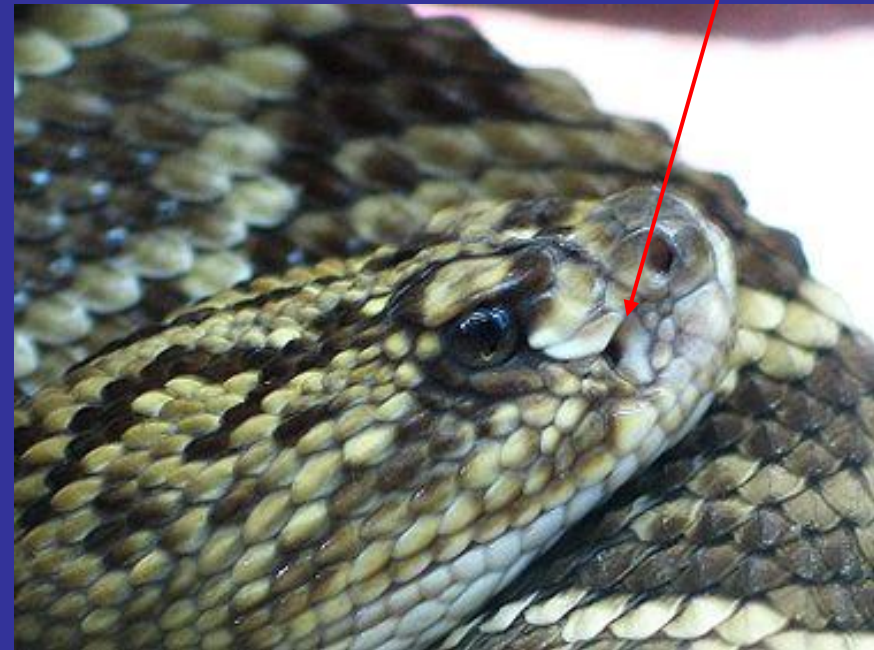
IR



Tavoletta UV e lampada UV

Carte termica i lampada IR

Si può vedere l'infrarosso?



Proszę wyjąć komórki

I sensori dell'infrarosso usano le vipere:
la vipera è fredda e il topolino caldo

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

Reticolo di diffrazione 3D



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



Morpho melenaus

-maschio ha una stupenda colorazione blu perché la struttura dell'ala

assomiglia a un perfetto reticolo di diffrazione

-L'ala della femmina ha una struttura simile, ma non perfetta, e non è così colorata

Cosa mostra la cartina «tornasole»?

- L'indice pH.
- - E il pH che significa?
- pH è un logaritmo della concentrazione H^+
- - E la cartina tornasole come indica pH?
- Cambia il colore secondo pH...
- - E perché?

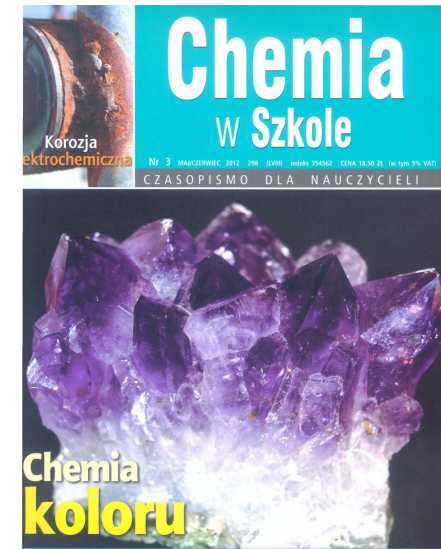


Foto: RA. Lecanora rivuli to popularny porost rosnący na podłożach wapiennych (na zdjęciu murki betonowy przy stacji kolejowej w Nancy, ale identyczny pasaż reżiś tuż w Polsce)



Foto: TBC. Złoty wskaźnik barwy papierków lakmusowych

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



Rocella fuciformis

Cavolo, che è non solo rosso

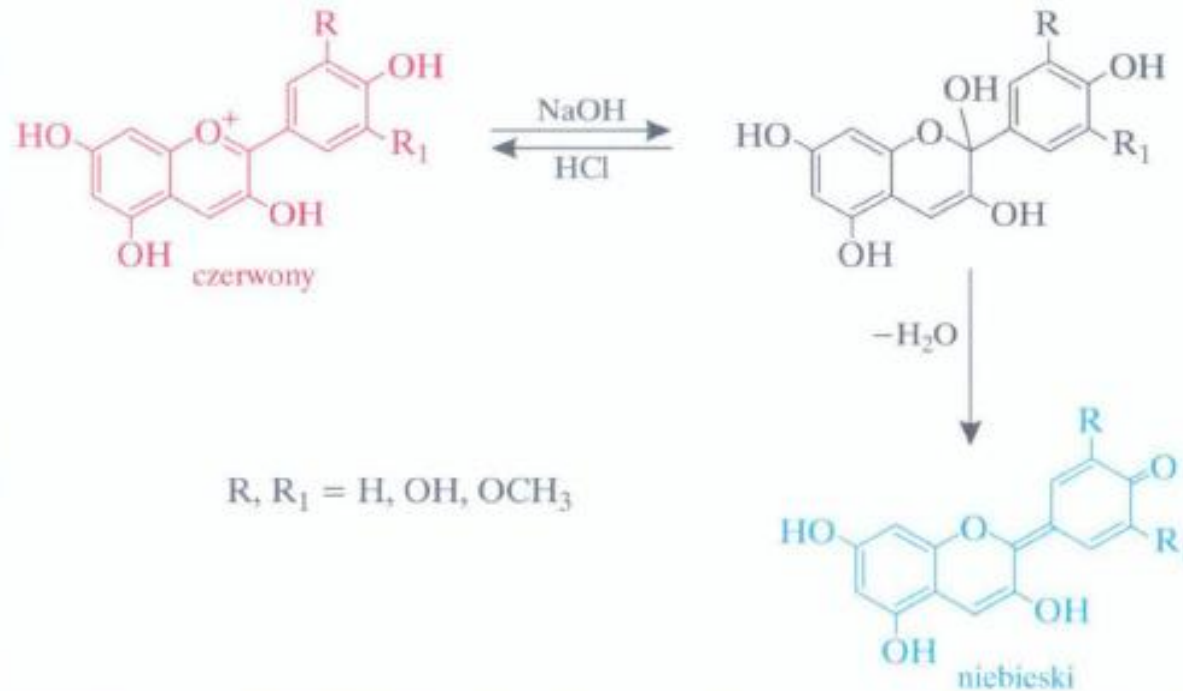


Fot. 2. Barwy roztworów soku z czerwonej kapusty dla różnych wartości pH roztworów (Fot. M. Gagoś)



G. Karwasz, M. Gagoś, Chemia w Szkole

Un succo molto acido

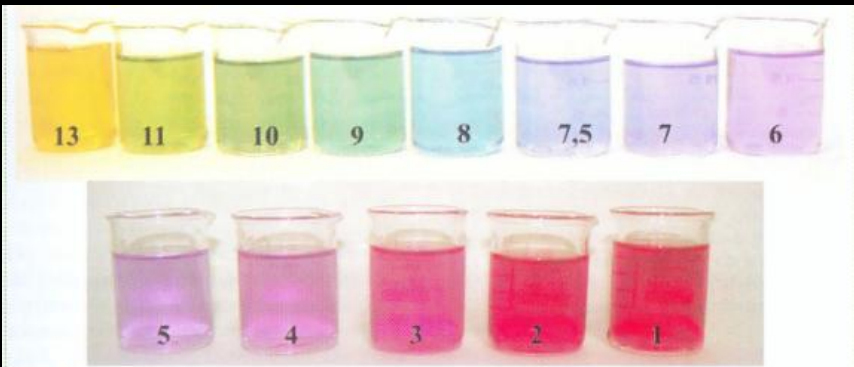


Rys. 2. Kation flawuliowy – macierzysta struktura antocyjanidyn, aglikonowych składników antocyjanów i jego równowagowe formy. Pokazano lokalizację podstawników spotykanych naturalnie ($R, R_1 = H, OH, OCH_3$). Roztwór o niskim pH przyjmuje barwę czerwoną. W wyniku alkalizacji w $pH = 8$ roztwór staje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

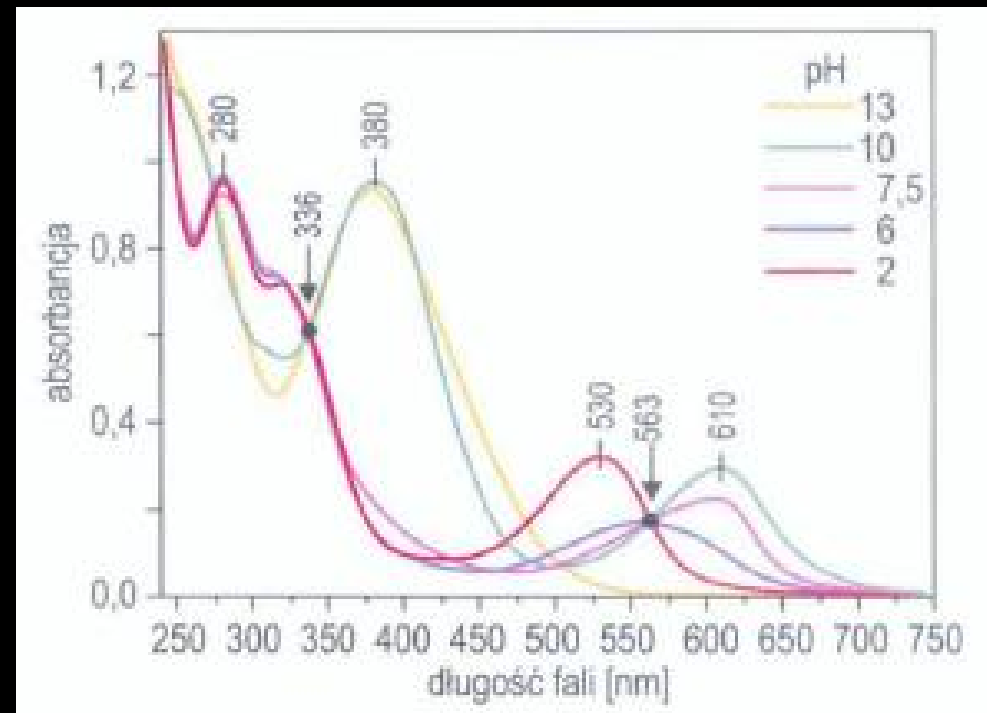
Pigmenti del pelargonio che cambiano la configurazione

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

La conformazione → lo spettro → il colore



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



L'impressione e la chimica di colori



Figura 3.7. (a) Tiziano ha usato il colore rosso vermiglione (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 (CoAl_2O_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.

G. Karwasz, *Scienza e Fede. Un breve manual*. Aracne Editrice, 2019

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*

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

Three are the maxima sciences, said
Aristotle

Grzegorz Karwasz
Didactics of Physics Division
Nicolaus Copernicus University
Toruń, Poland

Kosice, 06/07/2023

Quantum entanglement experiments
Nobel awarded: philosophical
consequences

Grzegorz Karwasz
Didactics of Physics Division
Nicolaus Copernicus University
Toruń, Poland

Kosice, 05/07/2023

Physics & Philosophy

We use this quotation from the book VI of *Metaphysics* to stress that from ever physics is both an experimental and theoretical science.

“**Physics** deals with objects that are extended and exist in matter, **mathematics** deals with objects that are extended but need not exist in matter, and **metaphysics** deals with objects that are extended but *can not* exist in matter.”

We deduce from this statement the essential indications, also for the didactics of physics: it must use real, material objects (we call this requirement “**neo-realism**” [1]) but it works, similarly to mathematics, with abstract *concepts*.

Therefore, real objects used in didactics are not the aim *per se* but must fit a process of constructing notions, done (almost) independently by the students, under a subtle guide of the teacher.

Didactics of physics does not transmit mere notions, but allows students to build-up their own (but scientifically correct) understanding of the world. We call this concept the “**hyper-constructivism**”.

Quantum entanglement experiments
Nobel awarded: philosophical
consequences

Grzegorz Karwasz
Didactics of Physics Division
Nicolaus Copernicus University
Toruń, Poland

Kosice, 05/07/2023

Realism, locality or free choice?

RESEARCH ARTICLE | PHYSICAL SCIENCES | 



Violations of locality and free choice are equivalent resources in Bell experiments

Pawel Blasiak  , Emmanuel M. Pothos , James M. Yearsley , Christoph Gallus , and Ewa Borsuk  

[Authors Info & Affiliations](#)

Edited by Anthony Leggett, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, and approved March 11, 2021 (received for review October 1, 2020)

<https://doi.org/10.1073/pnas.2020569118>

April 22, 2021 | 118 (17) e2020569118 | <https://doi.org/10.1073/pnas.2020569118>

Bell inequalities rest on three fundamental assumptions: **realism**, **locality**, and **free choice**, which lead to nontrivial constraints on correlations in very simple experiments. **If we retain realism**, then violation of the inequalities implies that **at least one of the remaining two assumptions must fail**, which can have profound consequences for the causal explanation of the experiment.

We investigate the extent to which a given assumption needs to be relaxed for the other to hold at all costs, based on the observation that a violation need not occur on every experimental trial, even when describing correlations violating Bell inequalities. How often this needs to be the case determines the degree of, respectively, locality or free choice in the observed experimental behavior. Despite their disparate character, we show that **both assumptions are equally costly**.

Causality, locality, free choice

- "Realism is a physical concept in which we describe the world in terms of **cause-and-effect relationships**. Locality means that **actions cannot disseminate instantaneously**. So if physical reality is to meet the requirements of local realism, the result of the experiment will be influenced only by what is in its immediate vicinity, and not by what is happening right now in a distant galaxy," explains Dr. Pawel Blasiak, the first author of the article.
- „Spooke action at distance” (A. Einstein)
- Free choice, an apparently typically philosophical concept, can also be treated as a physical or even mathematical problem. In this approach, free choice refers to the variables that describe the parameters of an experiment, i.e. what we measure in the laboratory. We assume that we can choose these variables freely, **regardless of what has happened in the past**.
- <https://www.eurekalert.org/news-releases/671079>

Locality < Determinism < Causality

ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom LXIX, numer 4 – 2021

DOI: <http://doi.org/10.18290/rf21694-1>

DOI: <http://doi.org/10.18290/rf21694-1>

GRZEGORZ P. KARWASZ

ON DETERMINISM, CAUSALITY, AND FREE WILL:
CONTRIBUTION FROM PHYSICS

1. INTRODUCTION

Determinism, causality, chance, free will and divine providence form a class of interlaced problems lying in three domains: philosophy, theology, and physics.¹ Dariusz Łukasiewicz in recent issue of *Roczniki Filozoficzne* opened a discussion on chance in nature and compatibility of such chance with divine providence. He writes in the introduction: “Contemporary science is the best source of knowledge available to us about the world we live in” (ŁUKASIEWICZ 2020, 5). Physics — that starting from Copernicus, Kepler, Galileo and Newton, with its deductive theories and the paradigm of repeatable experiments is a prototype *par excellence* of natural sciences. Nature became mathematical and predictable with Newtonian physics. Robert Crease, physicist and

Bi-directional time arrow < Determinism < Causality

Between Physics and Metaphysics — on Determinism, Arrow of Time and Causality

Grzegorz P. Karwasz



Doctor of Science (Physics), Professor, Didactics of Physics Division,
Head of Faculty of Physics, Astronomy and Applied Informatics,
University Nicolaus Copernicus
(Toruń, Poland)

E-mail: karwasz@fizyka.umk.pl
<https://orcid.org/0000-0001-7090-3123>

**PHILOSOPHY &
COSMOLOGY**

Volume 24

Contemporary physics, with two Einstein's theories (called "relativity" what can be interpreted erroneously) and with Heisenberg's principle of indeterminacy (better: "lack of epistemic determinism") are frequently interpreted as a removal of the causality from physics. We argue that this is wrong. There are no indications in physics, either classical or quantum, that physical laws are indeterministic, on the ontological level. On the other hand, both classical and quantum physics are, practically, indeterministic on the epistemic level: there are no means for us to predict the detailed future of the world. Additionally, essentially all physical principles, including the arrow of time and the

Kyiv, 2020

The goat to be sacrificed?

- Locality
- Determinism
- Causality

Please, vote!

On the constant movement...

Scientia et Fides 4(1)/2016

ISSN 2300-7648 (print) / ISSN 2353-5636 (online)

Received: February 27, 2016. Accepted: April 23, 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/SetF.2016.012>

Il costante progredire
della frontiera tra teologia e scienza
Parte 2°: Metafisica

On constant movement of frontiers between
Science and Theology. Part 2: Metaphysics

GRZEGORZ KARWASZ

Division Didactics of Physics, Faculty of Physics, Astronomy and Applied

On the constant movement...

3.2. Tempo e spazio

Il libro IV della *Fisica* discute spazio, vuoto, tempo. La contraddizione, individuata da Aristotele era tra lo spazio definito come l'estensione della materia (*Timaios* di Platone), lo spazio come un "contenitore" per la materia, come una "forma" della materia, oppure un oggetto della matematica, indipendente dalla materia. Aristotele era propenso per lo spazio in relazione con la materia, ma né la sua forma né la materia stessa (*Fisica*, L. IV, cap 4). Il Filosofo combatté l'idea del vuoto, sia fuori che dentro i corpi e spiegava correttamente che il moto avviene sempre nella materia, anche se rarefatta, come l'aria. La definizione dello spazio cercava allora una relazione con la materia – come dei bordi (dimensioni) degli oggetti materiali, vedasi per es. (Moreau, 1965).

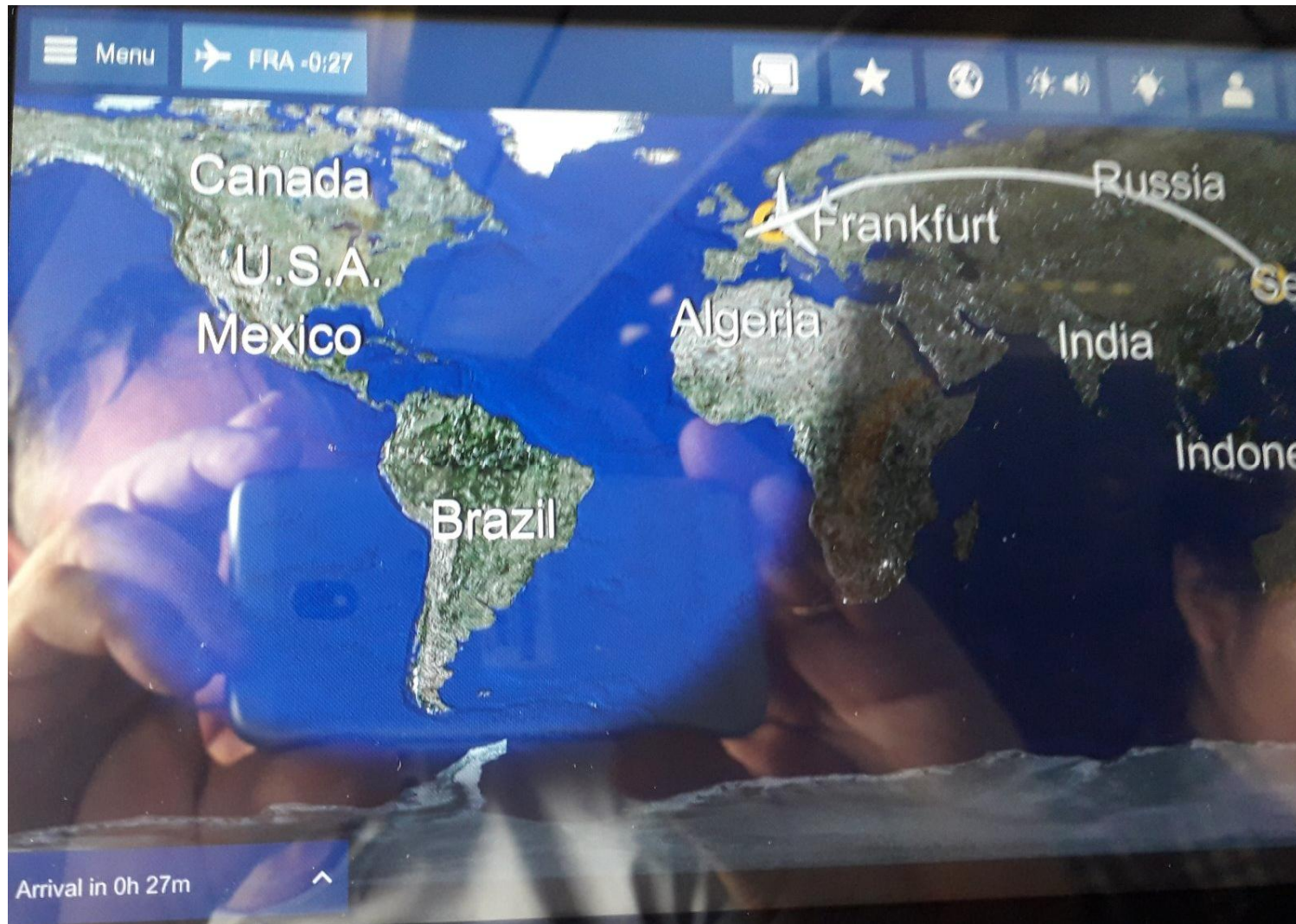
On the constant movement...

L'elettrodinamica quantistica, fondata nella seconda parte del XX secolo (tra altri da R. Feynman) riempì lo spazio anche con una miriade di particelle “virtuali” – che nascono e muoiono prima di essere rivelati, ma cambiano le proprietà del vuoto. Nel modello dell'atomo degli inizi del XX

Aggiungendo le scoperte cosmologiche – la radiazione di fondo (vedasi la parte prima dell'articolo), il vento di particelle che proviene dal Sole (che è ancora più energetico al di fuori del Sistema Solare, come mostrò in questi anni la sonda spaziale “Voyager”), gli onnipresenti neutrini (in ogni secondo il nostro corpo viene attraversato da una decina di miliardi di essi) – il vuoto non è mai vuoto. Ma, in questa visione il vuoto rimane ancora platonico-galileano: matematico, indipendente dalla materia, un contenitore per essa, pian piano riempito.

La teoria generalizzata della relatività aggiunse un ulteriore elemento al quadro “materiale” dello spazio: gli oggetti pesanti (cioè gravi, e tutti, tranne i fotoni, sono pesanti) modificano lo spazio e il tempo. L'equazione di questa teoria, $G=8\pi T$ apparentemente è molto semplice. “Questo signifi-

On the constant movement...



Universe ends at distance 13.8 bln light yrs



Flammarion,
~ 1880

Copernicus: Earth, even if being a huge sphere, is nothing as compared to the size of the Universe, that dimensions we do not know, or probably, even ***can not*** know.

Cultural understanding of Physics: instrument and methods?

All methods possible,
All instrument possible,
but the subject must reflect thinking of the
addressee, not of the physicist

This is called Cognitive Didactics,
and we will speak about it in Kraków, 2024
All of you are invited

Thank you!