

The Causality Between Frequency and Wavelength in the Spectral Analysis of Light

Kauzalita mezi frekvencí a vlnovou délkou při spektrální analýze světla

INTRO

When I first explored the colorimetry and the spectral analysis of visible light, I got the impression that something wasn't right (to the level that this area of science and technology is nothing for me). Every resource I encountered that worked with spectral power distribution as the measure of qualities of the visible light worked with wavelength - nanometers on axis x of the 2D spectral chart. We know that the wavelength depends on the light speed, the refractive index of the environment and the frequency. Such a relationship is very simple for one environment. It works using the equation

$$\lambda = \frac{c}{nf}$$

where λ is the wavelength, c is the speed of light in a vacuum, n is the refractive index of the environment and f is the frequency. So some scientists and engineers may claim that it doesn't matter if we put the wavelength or frequency of spectral distribution on the x-axis of the spectral chart. Let me show that it DOES matter.

EXPERIMENTS

Let's construct two very simple experiments. For the purpose of experiments, we will approximate the refractive index of water to 1.333, the refractive index of glass to 1.500 and the refractive index of air to 1.000 (equal to vacuum). As a source of light, we will use the reflection of the daylight from the regular plastic swimming pool, which has a dominant frequency of 638 THz (470 nm), that is simply blue. As a "garden" in the second experiment, we will use the light with frequencies from 385 THz to 789 THz, which is the visible light range (780 nm to 380 nm - please note the values grow in opposite directions).

1) Glassless swimmer

Let's verify the properties of our measuring tool, the eye. Consider, there's a swimmer in a blue swimming pool, who doesn't use swimming glasses. Such a swimmer may be in two situations, above the water or in the water. At the moment, when the swimmer looks at the swimming pool surface above the water when she/he's above the water, the light propagates from the pool surface to the eye via air, so there's a 638 THz (470 nm) light that travels via the environment with a refractive index equal to 1. The swimmer sees the pool as the 638 THz (470 nm) light, which is blue. Now the swimmer dives into the water and looks at the underwater surface of the pool via the environment with a refractive index 1.333. So the light emitted by the pool surface is approximately 638 THz (470 nm) again (blue, as we've verified above the water). The light from the surface of the pool now propagates through the different environments. Such light propagates in the water with a wavelength approximately $470 \text{ nm} / 1,333 \approx 353 \text{ nm}$. It would not be possible to see this light in a vacuum, because this wavelength is outside the visible spectrum (it's ultraviolet) in a vacuum, but the swimmer

sees the BLUE swimming pool. This means that while the light is traveling through the environment, where the waves are shorter, she/he sees the same color in the water as outside the water. The wavelength between the object and the eye changes, but the observed quality of light is the same. Therefore it's a frequency and not a wavelength that carries the quality and properties of light!

$$f = \frac{c}{n\lambda}$$

This experiment shows that we can not fool our eye by putting it into the environment with a different refractive index. The process of seeing (the transformation of a physical reality to the information, mostly about the intensity and the color) happens inside the eye, and the receptors are in a well-defined environment, where it doesn't matter if we calculate a frequency from a wavelength or a wavelength from a frequency. What does matter is the possibility to group environments, not the receptors themselves. If we group the water inside the eye with the optical part of the eye and a certain part of the environment outside the eye, we can recalculate the power distribution of wavelengths from the power distribution of frequencies calculated using refractive indices, and we have a constant frequency spectrum available for that.

For full verification of this principle it is possible to add sight from the air into the water and then to the surface of the pool and to add sight from the water into the air and then to the surface of the pool. All these observations show the BLUE pool, whose color mainly doesn't depend on refraction, reflection, polarization, nor the full water environment between our sight tool eye and the surface.

2) Reality behind the glass

Now let's consider another very simple situation. We observe the exterior flower garden (full of colors) through the closed and opened window consisting of 1 cm of regular glass. When we look at the garden without the window itself in our path, we see many objects of different colors. But when we close the window and look through the glass, we see the same garden colors as we've seen without the glass. There was a significant environment with a refractive index of 1.500 in the path of light. So the light with the plenty of colors was propagating in a glass with a wavelength of $\lambda_G = \lambda_A / 1.500$, but what we saw was λ_A . The wavelength gets "restored" if we think in wavelengths physics description of reality. Nothing in physics can "get restored", everything that looks like it's restored is just the secondary, indirect variable. What was the same was a FREQUENCY. The frequency carried the INFORMATION about the quality of light, including the light's spectral power distribution.

CONCLUSION

We saw in two experiments that the wavelength doesn't describe physical properties of light directly, because it changes in environments. The entire path between the object and the

sight tool (the eye) was fully composed of the environment with a refractive index much larger than the one that is in a vacuum, but we saw the object in colors identical to those seen when observing the object via air (close to a vacuum). We found out that we may group environments (the eye consists of many parts) and still the physics behind light propagation and sight applies when we work with the information about the light based on the frequency and not the wavelength.

Spectral analysis usually happens when we want to measure qualities of some light source. We measure bulbs, LEDs, sometimes we measure simply the daylight. A typical environment is space (air) close to a vacuum and in a vacuum the calculation between the wavelength and the frequency is direct and easy to calculate. But in reality we live in some sort of “steam of three states of matter” (very low levels of ice, water and steam in the air), and even on a short distance this water (and other chemical elements) in the air distorts the vision very significantly. To explain what exactly happens in our difficult reality, we cannot describe the reality using indirect physical quantity, which wavelength is. There’s a one-direction causality between light frequency and wavelength, wavelength in different environments depends on frequency, but frequency does not depend on wavelength (because environments change); wavelength is just our tool to get to the frequency. All calculations and measurements of qualities point to frequencies of the light spectrum, while the measurement/calculation itself has an assumption, that sets some well-defined environment for such measurement/calculation, letting us exchange frequency with wavelength freely. We calculate the frequency as a consequence and not as a cause. This is wrong. We should not use wavelengths and nanometers in spectral charts and the range of visible light determination in electromagnetic field types, as they are indirect information depending on the environment and not the direct information based on frequency, the real bearer of information about the qualities of light.

The most important thing that made me write this article is that light in a wave model is a very fast thing, and if we look everywhere at wavelengths, we don’t intuitively notice that more is not more in such information sources. As the frequency grows, the wavelength decreases. So we immediately don’t see that the more frequency, the faster the light is (light has 2+ speeds, the propagation speed of light and at least one frequency, where frequency is frequently referred to for simplicity as a speed).

There’s nothing really new in this article, but we should consider a few things in everyday physics and classical physics publications simply old.

Čeněk Svoboda

All resources are from the public domain via anonymous parts of the 2024-2025 internet, or their authors don’t want to be cited.

Note: Light has an acceleration of propagation; this acceleration is always equal to zero.

Note 2: In this article, we discussed causality between wavelength and frequency of the wave model of visible light. This model is used as a practical simplification of a model based on quantum physics. Nevertheless, wave modeling is by no means as simple as considering just a single basic wave (such as a sinusoidal wave on a plane surface in 3D). The behavior

of light waves is far more complex. I hope I didn't make a statement that is in contradiction with quantum physics.

v2.0.1

ÚVOD

Když jsem se poprvé zabýval kolorimetrií a spektrální analýzou viditelného světla, nabyl jsem dojmu, že něco není v pořádku (do té míry, že tato oblast vědy a technologie není pro mě). Každý zdroj, se kterým jsem se setkal a který pracoval se spektrálním výkonovým rozložením jako s měřítkem vlastností viditelného světla, používal na ose x dvourozměrného spektrálního grafu vlnovou délku – nanometry. Víme, že vlnová délka závisí na rychlosti světla (s přihlédnutím k indexu lomu prostředí) a frekvenci. Tento vztah je v jednom prostředí velmi jednoduchý. Funguje podle rovnice

$$\lambda = \frac{c}{nf}$$

kde λ (lambda) je vlnová délka, c je rychlost světla ve vakuu, n je index lomu prostředí a f je frekvence. Někteří vědci a technici mohou tvrdit, že nezáleží na tom, zda na osu x spektrálního grafu umístíme vlnovou délku nebo frekvenci spektrálního rozložení. Dovolte mi ukázat, že na tom ZÁLEŽÍ.

EXPERIMENTY

Provedeme dva velice jednoduché experimenty. Pro účely těchto experimentů budeme přibližně uvažovat index lomu vody jako 1,333, index lomu skla jako 1,500 a index lomu vzduchu jako 1,000 (což odpovídá vakuu). Jako zdroj světla použijeme odraz denního světla od běžného plastového bazénu, který má dominantní frekvenci 638 THz (470 nm), tedy jednoduše modrou barvu. Jako „zahradu“ ve druhém experimentu použijeme světlo s frekvencemi od 385 THz do 789 THz, což je rozsah viditelného světla (780 nm až 380 nm – všimněte si, že hodnoty rostou v opačném směru).

1) Plavec bez brýlí

Ověřme vlastnosti našeho měřicího nástroje – oka. Představme si plavce v modrém bazénu, který nepoužívá plavecké brýle. Takový plavec se může nacházet ve dvou situacích – nad vodou nebo ve vodě. V okamžiku, kdy se plavec dívá na povrch bazénu nad vodou, světlo se šíří z povrchu bazénu k oku přes vzduch, tedy prostředím s indexem lomu 1. Plavec vnímá bazén jako 638 THz (470 nm) světlo, tedy modrý. Nyní se plavec ponoří do vody a dívá se na podvodní povrch bazénu přes prostředí s indexem lomu 1,333. Světlo vycházející z povrchu bazénu má opět přibližně 638 THz (470 nm) (modrou barvu, jak jsme ověřili nad vodou). Světlo nyní prochází různými prostředím a ve vodě má vlnovou délku přibližně $470 \text{ nm} / 1,333 \approx 353 \text{ nm}$. Toto světlo by nebylo ve vakuu viditelné, protože by tato vlnová délka ve vakuu spadala do ultrafialové oblasti, ale plavec přesto vidí MODRÝ bazén. To znamená, že i když světlo cestuje prostředím, kde jsou vlny kratší, plavec vidí stejnou barvu pod vodou i nad vodou. Vlnová délka mezi objektem a okem se mění, ale vnímaná kvalita světla zůstává stejná. Proto je to frekvence, nikoliv vlnová délka, která nese kvalitu a vlastnosti světla!

$$f = \frac{c}{n\lambda}$$

Tento experiment ukazuje, že nemůžeme oklamat naše oko tím, že ho umístíme do prostředí s jiným indexem lomu. Proces vidění (transformace fyzikální reality na informaci, především o intenzitě a barvě) probíhá uvnitř oka a receptory se nacházejí v dobře definovaném prostředí, kde nezáleží na tom, zda počítáme frekvenci z vlnové délky nebo vlnovou délku z frekvence. Důležité je seskupování prostředí, nikoli samotné receptory. Pokud seskupíme vodu uvnitř oka s optickou částí oka a s určitou částí prostředí mimo oko, můžeme přepočítat výkonové rozložení vlnových délek jednotlivých prostředí z výkonového rozložení frekvencí pomocí indexů lomu a máme k tomu k dispozici konstantní frekvenční spektrum.

Pro úplné ověření tohoto principu je možné zahrnout pohled ze vzduchu do vody a následně na hladinu bazénu, stejně jako pohled z vody do vzduchu a poté na hladinu bazénu. Všechna tato pozorování ukazují MODRÝ bazén, jehož barva nezávisí na lomu, odrazu, polarizaci ani na celém vodním prostředí mezi naším zrakovým orgánem a hladinou.

2) Realita za sklem

Nyní zvažme další velmi jednoduchou situaci. Pozorujeme venkovní květinovou zahradu (plnou barev) skrz zavřené a otevřené okno složené z běžného skla tloušťky 1 cm. Když se díváme na zahradu bez přítomnosti okna v naší cestě, vidíme mnoho objektů různých barev. Když zavřeme okno a podíváme se skrz sklo, vidíme stejné barvy zahrady, jaké jsme viděli beze skla. V cestě světla bylo významné prostředí s indexem lomu 1,500. Světlo s mnoha barvami se tedy šířilo sklem s vlnovou délkou $\lambda_G = \lambda_A / 1,500$, ale to, co jsme viděli, bylo λ_A . Pokud bychom popisovali realitu fyziky pouze vlnovou délkou, mohli bychom říct, že se vlnová délka "obnovila". Ve fyzice se však nic nemůže "obnovit", vše, co vypadá jako obnovené, je pouze sekundární, nepřímá proměnná. Co zůstalo stejné, byla FREKVENCE. Frekvence nesla INFORMACI o kvalitě světla, včetně spektrálního výkonového rozložení světla.

ZÁVĚR

Ve dvou experimentech jsme viděli, že vlnová délka přímo nepopisuje fyzikální vlastnosti světla, protože se mění v různých prostředích. Celá dráha mezi objektem a zrakovým nástrojem (okem) byla složena z prostředí s indexem lomu mnohem větším než ve vakuu, ale objekt jsme viděli ve stejných barvách jako při pozorování přes vzduch (blízko vakua). Zjistili jsme, že můžeme seskupovat prostředí (i oko se skládá z mnoha částí) a přesto platí fyzika šíření světla a vidění, pokud pracujeme s informací o světle na základě frekvence, a nikoliv vlnové délky.

Spektrální analýza se obvykle provádí, když chceme měřit vlastnosti nějakého světelného zdroje. Měříme žárovky, LED diody, někdy jednoduše denní světlo. Typické prostředí je prostor (vzduch) blízko vakua a ve vakuu je výpočet mezi vlnovou délkou a frekvencí přímý a snadno proveditelný. Ve skutečnosti však žijeme v jakési "páře tří skupenství hmoty" (velmi nízké množství ledu, vody a páry ve vzduchu) a i na krátké vzdálenosti tato voda (a další chemické prvky) ve vzduchu výrazně zkresluje vidění. Abychom přesně vysvětlili, co se děje

v naší složité realitě, nemůžeme popisovat realitu pomocí nepřímé fyzikální veličiny, kterou je vlnová délka. Mezi frekvencí světla a vlnovou délkou existuje jednosměrná kauzalita – vlnová délka v různých prostředích závisí na frekvenci, ale frekvence nezávisí na vlnové délce (protože se prostředí mění). Vlnová délka je pouze nástrojem k získání frekvence. Všechny výpočty a měření vlastností světla ukazují na frekvenci světelného spektra, zatímco samotné měření nebo výpočet předpokládá určité dobře definované prostředí pro takové měření/výpočet, díky kterému je možné zaměřovat frekvenci a vlnovou délku. Frekvenci počítáme jako důsledek, nikoli jako příčinu. To je špatně. Neměli bychom používat vlnové délky a nanometry ve spektrálních grafech a při určování rozsahu viditelného světla v jednotlivých typech elektromagnetických polí, protože představují nepřímou informaci závislou na prostředí, a nikoli přímou informaci založenou na frekvenci, skutečném nositeli informací o vlastnostech světla.

Nejdůležitější věcí, která mě přiměla napsat tento článek, je skutečnost, že světlo je ve vlnovém modelu velmi rychlé, a pokud se všude díváme pouze na vlnové délky, intuitivně si neuvědomíme, že v takových informačních zdrojích více neznamená více. Jak frekvence roste, vlnová délka se zmenšuje. Takže okamžitě nevidíme, že čím vyšší je frekvence, tím rychlejší je světlo (světlo má více než jednu rychlost – rychlost šíření světla a alespoň jednu frekvenci, kde se frekvence často zjednodušeně označuje jako rychlost).

V tomto článku není nic skutečně nového, ale některé věci v každodenní fyzice a klasických fyzikálních publikacích bychom měli začít považovat za zastaralé.

Čeněk Svoboda

Všechny zdroje pocházejí z public domain prostřednictvím anonymních částí internetu z let 2024–2025 a/nebo jejich autoři nechtějí být citováni.

Poznámka: Světlo má akceleraci (zrychlení) svého šíření, akcelerace je vždy rovna nule.

Poznámka 2: V tomto článku jsme diskutovali kauzalitu mezi vlnovou délkou a frekvencí vlnového modelu viditelného světla. Tento model je používán jako praktické zjednodušení modelu založeného na kvantové fyzice. I přes to však není vlnové modelování ani zdaleka tak jednoduché, jako když se uvažuje kupříkladu pouze jedna jednoduchá vlna (například sinusová vlna na ploše v 3D a čase). Vlnění světla je mnohem složitější. Doufám, že jsem neuvedl žádné tvrzení, které by bylo v rozporu s kvantovou fyzikou.

v2.0.1