

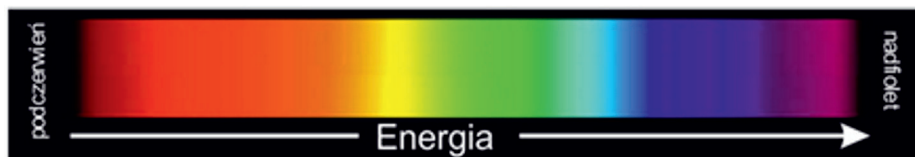
## Co to jest fluorescencja

Pewnie wielokrotnie zdarzyło się wam używać fluorescencyjnych pisaków, plasteliny czy samoprzylepnych karteczek. Ich kolory są bardzo intensywne, wyróżniają się na tle innych przedmiotów o „zwykłych” barwach, sprawiają nawet wrażenie jakby świeciły. Skąd się biorą te niezwykle właściwości? Czy to tylko nasze złudzenie?

To nie złudzenie! Te przedmioty naprawdę świecą, a odpowiedzialne za to jest zjawisko fluorescencji.

### Kolorowy świat

Zacznijmy od początku. Otaczające nas przedmioty widzimy, ponieważ światło (słoneczne lub z lampy) odbija się od nich, a następnie trafia do naszych oczu. Może wicie, że białe światło składa się z wielu różnych kolorów – żeby się o tym przekonać wystarczy zaobserwować tęczę. Można to też sprawdzić budując własny domowy *spektroskop* – doświadczenie to zostało opisane w *Neutrinie 7* z 2009 roku (lekturę tego numeru polecam także tym, którzy chcą się dowiedzieć więcej o właściwościach światła). Na razie potrzebna jest nam informacja o tym, że światło niesie z sobą energię, a każdy z kolorów ma tę energię nieco inną. Najmniej energii niesie kolor czerwony, najwięcej – fioletowy. Pozostałe barwy plasują się pomiędzy nimi w takiej kolejności, w jakiej występują w tęczy (rys. 1). Promieniowanie elektromagnetyczne o energii nieco mniejszej niż światło czerwone nazywamy podczerwienią, a to o energii nieco większej od światła fioletowego – nadfioletem (lub ultrafioletem – UV). Zarówno podczerwień jak i nadfiolet są niewidoczne dla naszych oczu.



Rys. 1. Barwy tęczy uporządkowane według rosnącej energii

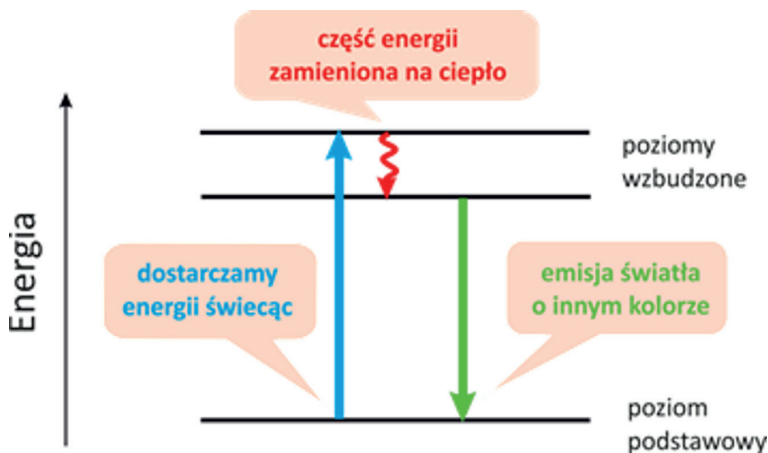
Patrząc teraz na niebieski kubek. Ma taki kolor, ponieważ z białego światła, które go oświetla, do moich oczu trafia tylko barwa niebieska. Mówiąc ściślej, może to być mieszanina kolorów, które razem dadzą ten konkretny odcień. A co się dzieje z resztą kolorów, czyli resztą energii? Otóż barwnik, którego

użyto do pomalowania mojego kubka, pochłonał pozostałe światło! (Fizycy powiedzą, że *zaabsorbował*).

Dlaczego barwnik znajdujący się w farbie pochłania energię? Najprostsza odpowiedź brzmi – bo może! To czy jakaś substancja światło o danej energii odbije, zaabsorbuje czy przepuści dalej, zależy od jej budowy. Każdy materiał składa się z pojedynczych atomów lub z cząsteczek, czyli grup atomów połączonych z sobą. Te małe elementy mogą się kręcić, drgać, zmieniać wzajemne położenie lub swoją wewnętrzną strukturę. Okazuje się jednak, że nie są to dowolne zmiany. To, jakie ułożenia są dozwolone, opisuje mechanika kwantowa – teoria, która zrewolucjonizowała fizykę na początku XX wieku. Aby nastąpiła zmiana pierwotnego ułożenia (nazywamy je *stanem podstawowym*) na inne, musi być dostarczona energia – zgodnie z mechaniką kwantową, ściśle określona ilość energii. Ten proces nazywamy wzbudzeniem (rys. 2).

Jeżeli więc światło ma odpowiednią energię – czyli odpowiedni kolor – aby wzbudzić cząsteczkę (lub atom), to cząsteczka z tego chętnie skorzysta. Tym samym z białego światła „wybrane” zostaną te kolory, które niosą dokładnie ilość energii potrzebną do wzbudzenia. Cały ten proces nazywamy absorpcją. W przypadku mojego kubka niepochłonięte światło zostanie odbite dając barwę niebieską.

Zastanówmy się co dalej dzieje się z taką cząsteczką po zaabsorbowaniu energii w postaci światła. Wzbudzona cząsteczka jest zazwyczaj bardzo niestabilna i będzie „chciała” szybko wrócić do swojego stanu podstawowego, pozbywając się nadmiarowej energii. Im bardziej skomplikowaną ma budowę, tym więcej sposobów pozbycia się nadmiaru energii. Może ją na przykład oddać w postaci ciepła lub przekazać ją innej cząsteczce. Ale może ją też wyświecić – mówimy, że *emituje* światło. I tu dochodzimy do sedna sprawy.



Rys. 2. Schemat poziomów energetycznych cząsteczki. Niebieska strzałka obrazuje absorpcję promieniowania prowadzącą do wzbudzenia cząsteczki, czerwona strzałka – oddanie energii pod postacią ciepła, a zielona – emisję promieniowania

## Fluorescencja

Absorpcja światła, a następnie jego bardzo szybka emisja, to właśnie *fluorescencja*. Bardzo szybka oznacza w tym przypadku, że nastąpi ona po czasie krótszym niż  $10^{-8}$  sekundy (taki zapis oznacza jedną stumilionową część sekundy!). Jako pierwszy wyjaśnił to zjawisko irlandzki naukowiec George Ga-

briel Stokes i nadał mu nazwę pochodzącą od minerału, którego badaniem się zajmował – fluorytu.

Najefektowniejszy rodzaj fluorescencji to taki, gdy światło wyemitowane przez substancję ma inny kolor niż to, którym ją oświetlamy. Jak taka zamiana jest możliwa?

Zazwyczaj obiekt, który pochłonie energię, nie oddaje jej całej w takiej samej postaci. Może jej część zamienić na ciepło, a część na światło (rys. 2). Dostaniemy więc emisję światła o energii mniejszej niż została zaabsorbowana, czyli o innym kolorze.

### Zagadka pisaków wyjaśniona

Nasze oczy reagują na światło, czyli na promieniowanie elektromagnetyczne, o bardzo ograniczonym zakresie energii (tak jak na rys 1.: od czerwieni do fioletu). Typowe źródła białego światła, takie jak Słońce czy żarówka, świecą jednak w nieco szerszym zakresie – emitują także podczerwień i nadfiolet, których nasze oko nie widzi (no, chyba że byłibyśmy na przykład motylem). To, że czegoś nie widzimy, nie oznacza jednak, że tego nie ma. Barwniki użyte do pisaków fluorescencyjnych mogą pochłonąć promieniowanie nadfioletowe, a wyemitować widzialne. Podczas gdy „zwykle” przedmioty, aby zwrócić naszą uwagę, mogą użyć tylko odbitego światła widzialnego, te które nazywamy fluorescencyjnymi wykorzystują także tę część światła, która dla nas jest niewidoczna. Stąd wrażenie jakby były „jaśniejsze niż powinny”. Farby o takich właściwościach wykorzystuje się nie tylko do produkcji gadżetów jak pisaki lub linijki, ale też do malowania znaków rozpoznawczych na statkach i samolotach czy znaków drogowych.

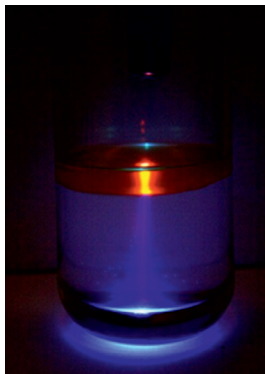
Z fluorescencją mamy bliski kontakt znacznie częściej niż myślicie. Obserwujemy ją niemal codziennie, na przykład zakładając białe ubrania. Z biegiem czasu jasne rzeczy mogą pożółknąć. Barwą dopełniającą do żółtego (czyli taką, która połączona z nią da kolor biały) jest barwa niebieska. Tak więc, aby odyskać biel trzeba zmusić materiał do emisji światła niebieskiego. Robi się to dodając do proszków do prania tak zwane wybielacze optyczne, które absorbują nadfiolet ze światła dziennego, emitują niebieskie światło widzialne.

Fluorescencję wykorzystano też w świetłówkach, które ostatnio wypierają tradycyjne żarówki. Ich wewnętrzna strona pokryta jest specjalnymi związkami chemicznymi zwanymi *luminoforami*. Pod wpływem wyładowania elektrycznego gaz znajdujący się wewnątrz świetlówki (zazwyczaj jest to para rtęci) emituje promieniowanie nadfioletowe. Luminofor poprzez fluorescencję przetwarza niewidzialne promieniowanie w światło widzialne o odcieniu zależnym od budowy jego cząsteczek (np. zbliżone do światła dziennego, ciepły lub zimny odcień bieli czy nawet światło kolorowe w celach dekoracyjnych tzw. reklamy neonowe).

Fascynujące przykłady fluorescencji można też obserwować w przyrodzie. Fluoryzujące właściwości posiadają między innymi żyjące pod wodą koralowce. Najgłębiej pod wodę dociera promieniowanie z zakresu niebieskiego i nadfioletu. Przetworzenie tego światła w światło widzialne pomaga koralowcom w procesie fotosyntezy oraz leczeniu uszkodzonych tkanek. Piękne kolorowe zdjęcia podwodnych koralowców wraz z ciekawym opisami możecie zobaczyć na stronie <http://www.fluorescencja.com>.

Na koniec należy się wam jeszcze jedno wyjaśnienie. Niektóre substancje świecą znacznie dłużej niż  $10^{-8}$  sekundy. Dzieje się tak, gdy znajdują się w tak zwanym stanie *metastabilnym*. W takim wypadku nie spieszy im się tak bar-

dzo z oddaniem energii i mogą to robić stopniowo. Takie zjawisko nazywamy *fosforescencją*, a zaobserwować je możecie np. na tabliczkach ze strzałkami ewakuacyjnymi w budynkach.



### Fluorescencja oliwy z oliwek

Do szklanki nalewamy wodę, a następnie oliwę. Ciecze ułożą się warstwami. Całość od góry oświetlamy niebieskim laserem. Światło laserowe jest monochromatyczne, czyli jednokolorowe. Niebieska wiązka przechodząc przez oliwę „zmienia” swój kolor na czerwony. W rzeczywistości część światła niebieskiego jest zaabsorbowana, powodując świecenie oliwy na czerwono. Ta część światła, która przejdzie przez oliwę – niezaabsorbowana – jest nadal niebieska i obserwujemy ją jako niebieski promień w dolnej warstwie.



Agata Mendys