



Ultrafiolet z umiarem

Nasza gwiazda, Słońce, emituje fale elektromagnetyczne w pełnym zakresie energetycznym, czyli począwszy od promieniowania (γ) poprzez promieniowanie rentgenowskie (X), ultrafioletowe (UV), aż do widzialnego dla ludzi zakresu, zwanego „światłem” (Vis), a potem dalej podczerwieni (IR), mikrofal (MW) i fal radiowych (RF). Światło rejestrowane ludzkim okiem to zakres fal elektromagnetycznych od ok. 400 do 700 nm (1 nanometr to jedna miliardowa część metra). Pszczoły, które ostatnio wymierają, mają inną budowę oka (oko fasetkowe) i widzą świat nieco inaczej, gdyż ich „światło” to zakres promieniowania w obszarze ultrafioletu, czyli od ok. 350 nm. Ultrafiolet (dawniej nazywany promieniowaniem pozafioletkowym) to zakres fal elektromagnetycznych od 10 do 400 nm, w którym wyróżnia się pewne charakterystyczne podzakresy ze względu na skutki ich działania na organizmy żywe. Prawie 97 % tego promieniowania słonecznego z zakresu UV-A (315-380 nm) dociera do powierzchni Ziemi. Zakresy UV-B (280-315 nm) i UV-C (100-280 nm) to zaledwie około 3%. Promieniowanie UV-A jest promieniowaniem niebezpiecznym dla organizmów żywych, chociaż np. pszczoły częściowo widzą w tym zakresie.

W słoneczny dzień często zakładamy okulary przeciwsłoneczne w trosce o ochronę oczu przed UV-A. Należy pamiętać, że budowa ludzkiego oka, a w szczególności rogówki i soczewki, powoduje filtrowanie tego zakresu długości fal niemal w całości. Istnieją także inne mechanizmy obronne, niedawno odkryte przez biofizyków z Instytutu Fizyki UMCS, tzw. dynamiczne „żaluzje” molekularne, blokujące penetrację oka nie tylko przez promieniowanie UV, ale także szkodliwe w nadmiarze światło niebieskie. Zakładanie przyciemnianych okularów powoduje rozszerzenie się źrenicy oka, nagłe ich zdejmowanie przy dużym nasłonecznieniu może narazić nas na nadmierną ekspozycję żółtej plamki w oku, która zawiera najwięcej receptorów światła, czopków i indukować jej drobne uszkodzenia. Wiadomo, że nadmierna ekspozycja na promieniowanie UV-A może prowadzić do zmętnienia soczewki oka mimo różnych opisanych powyżej mechanizmów jego protekcji. Zwykłe szklane okulary lub zwykła szyba także w całości absorbują

promieniowanie UV. Na przykład nie da się nabyć opalenizny w szklarni. Naukowcy badający molekuly muszą kupować bardzo drogie kuwety kwarcowe, które przepuszczają ultrafiolet, aby badać metodami spektroskopowymi cząsteczki w tym obszarze.

Należy pamiętać, że woda w pełni przepuszcza UV-A, UV-B oraz częściowo UV-C. Zatem nawet pływając pod wodą, można się opalić. Zbyt obfite kąpiele słoneczne połączone z kąpielami np. w morzu mogą nam zaszkodzić. Należy w tym miejscu wspomnieć, że kolor naszej skóry zależy głównie od ilości zawartych w niej barwników – melanin. Synteza melanin jest procesem obronnym skóry, który zapobiega dalszym zniszczeniom przez np. wygaszanie wolnych rodników, których powstawanie jest indukowane przez promieniowanie UV. W tym miejscu warto dodać, że wolnym rodnikiem jest atom lub cząsteczka, która zawiera przynajmniej jeden niesparowany elektron (para tworzy wiązanie chemiczne), więc chętnie go przyjmie od innej cząsteczki, zmieniając jej właściwości. Musimy unikać wolnych rodników np. spożywając dużo zielonych roślin, zawierających chlorofile, karotenoidy, ksantofile i flawonoidy, które posiadają bardzo wiele elektronów łatwych do przekazania. Ponadto włókna kolagenowe zawarte w skórze są także uszkodzane przez promieniowanie UV, co przyspiesza efekty starzenia się skóry. Jednakże promieniowanie UV, a zwłaszcza z obszaru UV-B wpływa korzystnie na syntezę witaminy D₃ w naszej skórze. Dlatego zasada złotego środka, jeśli chodzi o ekspozycję na promieniowanie UV, jest najlepsza.

Często stosujemy różnego rodzaju płyny lub kremy do opalania zawierające tzw. filtry. Są to substancje zawierające molekuly posiadające tzw. chromofory, które nie tylko absorbują fale elektromagnetyczne, ale także wygaszają wspomniane powyżej wolne rodniki przez oddawanie elektronów. Rodzi się pytanie, dlaczego wiele substancji, jak na przykład woda, alkohol czy rozpuszczony w wodzie cukier, są bezbarwne, tzn. nie absorbują promieniowania w zakresie widzialnym. Nie wystarczy obecność odpowiednich poziomów energetycznych. W skomplikowanych cząsteczkach organicznych jest tych poziomów bardzo wiele. Niezbędne są jeszcze dwa warunki. Po pierwsze, niektóre elektrony muszą być gotowe do przejścia na wyższy poziom energetyczny i nie mogą to być elektrony tworzące wiązania chemiczne (gdyż zazwyczaj skończyłoby się to destrukcją cząsteczki). Dobrymi kandydatami są elektrony z tzw. podwójnych wiązań. I tak, na przykład, absorpcja promieniowania przez wiązanie podwójne C=C powoduje wzbudzenie elektronów. Wiązanie to jest więc miejscem odpowiedzialnym za pochłanianie (i emisję) fal elektromagnetycznych, dlatego jest nazywane chromoforem. Chromofory mogą istnieć także w związkach kompleksowych metali.

Jest jeszcze drugi istotny warunek: aby energia światła była skutecznie pochłonięta, potrzebne są (w miarę) swobodne elektrony, aby mogły się w cząsteczce przemieszczać. Takie dość luźno związane (nadmiarowe) elektrony są np. w długich łańcuchach węglowodorowych, zawierających wiązanie podwójne (nazywają się alkenami). Karotenoidy, barwniki „marchewkowe” czy „pomidorowe” posiadają jako element swoich cząstek właśnie takie łańcuchy. Liczebność sprzężonych wiązań podwójnych wprowadza duże zmiany w widmie, co do jego położenia w skali energii. O ile pojedyncze wiązanie C=C charakteryzuje się pasmem absorpcji światła z maksimum przy 180 nm (UV-C), układy wielokrotnych wiązań podwójnych sprzężonych cechują się maksimum pochłaniania przy większych długościach fal, nawet w granicach światła widzialnego (stąd piękne kolory marchwi, pomidorów i bratków). Filtry kremów do opalania zawierają molekuly absorbujące fale elektromagnetyczne, posiadają w swojej budowie chemicznej chromofory. Używanie takich filtrów zapobiega oparzeniom skóry i poważnym skutkom nadmiernej jej degradacji. Należy dodać, że filtry odcinające UV w kremach mogą być kolorowe lub bezbarwne. Zazwyczaj związki o kolorach żółtych absorbują UV-A jednakże jest wiele związków bezbarwnych, które także absorbują to promieniowanie. Wszystko zależy od budowy cząsteczki, a szczególnie od sąsiedztwa chromoforów z grupami polarnymi wbudowanymi w strukturę np. z grupą –OH .

Omówiony powyżej mechanizm absorpcji światła związany jest z tzw. filtrami chemicznymi. Występują ponadto tzw. filtry fizyczne takie jak np. TiO_2 czy ZnO , których celem jest odbijanie bądź rozpraszanie promieniowania. Na pewno wszyscy zauważyli, że w pogodną noc na niebie widoczne są gwiazdy, a w pogodny dzień ich nie widać. Jak to możliwe? Zawdzięczamy to atmosferze Ziemi. Nasza planeta to takie niezwykle, cudowne miejsce nie za blisko i nie za daleko od Słońca. Biorąc pod uwagę podróż z prędkością światła, to jakieś 500 sekund stąd. To oaza życia osłonięta płaszczem linii sił pola magnetycznego chroniącego wszystkie żywe istoty przed śmiertelnie niebezpiecznym bombardowaniem z kosmosu (tak na marginesie, Ziemia należy do nielicznych planet układu słonecznego z tak silnym stałym polem magnetycznym). Nasza atmosfera gazowa chroni nas przed niebezpiecznym promieniowaniem ze Słońca i to jej zawdzięczamy efekt błękitnego nieba w południe i czerwieniącego w trakcie jego zachodu. To efekt zwany rozpraszaniem światła na cząsteczkach powietrza odpowiada za to zjawisko. Światło niebieskie rozprasza się na cząsteczkach obecnych w atmosferze wiele razy bardziej niż czerwone. Podobnie działają wspomniane wyżej filtry rozpraszające.

Błękitne niebo i palące słońce sprawia, że w upalne dni dobrze jest schronić się pod drzewem. Liście roślin absorbują ultrafiolet przekształcając energię słoneczną, dwutlenek

węgla oraz wodę w tlen cząsteczkowy i biomasę. Tę najważniejszą reakcję chemiczną na naszej planecie nazywamy fotosyntezą. Chlorofil zawarty w liściach jest zielony – rozprasza światło zielone, a pochłania światło UV, niebieskie i czerwone. Chlorofil jest więc również filtrem odbiciowym. Dwa obszary absorpcji chlorofilu są wyraźnie oddzielone, a kolor zielony jest prawie w całości przepuszczany przez liście. Biologicznie to dziwne pozornie obszary. Jest jednak powód takiej jego struktury – pasma absorpcji są przejawem dopasowania ewolucyjnego. Światła zielonego w widmie słonecznym jest tak dużo, że aparat fotosyntetyczny mógłby ulec uszkodzeniu, jeśli absorbowałoby światło zielone. Natomiast absorpcja światła słonecznego na krańcach widma widzialnego, tam gdzie względne natężenia są słabsze, jest mechanizmem obronnym roślin. Gdybyśmy użyli termometru i zmierzili temperaturę np. chodnika betonowego, powierzchnię asfaltu, powierzchnię maski samochodu i porównali z temperaturą powierzchni zielonego trawnika oraz liści drzewa wystawionych na działanie tego samego Słońca, okazałoby się, że liść i trawnik będą najchłodniejsze, natomiast dotykając maski samochodu czy asfaltu, możemy się nawet oparzyć. Dzięki odbijaniu światła długofalowego rośliny radzą sobie z promieniowaniem termicznym, natomiast my mieszkamy w betonowych miastach, gdzie jest bardzo mało drzew i poddani jesteśmy ekspozycji na promieniowanie znacząco podnoszące temperaturę. Biorąc pod uwagę wyłącznie ochronę środowiska, w którym żyjemy, sadźmy drzewa, a zwłaszcza te miododajne, gdyż wpływają one znacznie na wzrost bioróżnorodności gatunkowej ekosystemu.

Słoneczny, upalny dzień proponuję spędzić pod lipą, popijając schłodzoną wodę z miodem i cytryną, obserwując pszczoły spijające nektar z jej kwiatów i czekając na miodobranie.

Ale to już zupełnie inna historia...

Źródła:

- Encyklopedia fizyki współczesnej PWN (Warszawa 1983), Komitet Redakcyjny pod kierunkiem prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego.
- M. Gagoś, G. Karwasz, Barwa a struktura związku chemicznego, *Chemia w szkole*, 3/2012, 14-25.
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2012/Chemia_1strona.pdf
- G. Karwasz, M. Gagoś, Jeszcze raz o soku z kapusty, czyli kolory w chemii, biologii i na wychowaniu plastycznym, *Foton* 120, Wiosna 2013
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2013/Foton_GK_2013.pdf
- R. Luchowski i inni, *J. Phys. Chem. B* 2021, 125, 23, 6090–6102
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.1c01198>

Prof. dr hab. Mariusz Gagoś – kierownik Katedry Biologii Komórki na Wydziale Biologii i Biotechnologii UMCS w Lublinie. Jego zainteresowania naukowe związane są głównie z zastosowaniem metod spektroskopii i mikroskopii w badaniach organizacji molekularnej związków biologicznie czynnych w modelowych układach biologicznych. Twórca wielu wynalazków o zasięgu międzynarodowym, posiadający doświadczenie we wdrożeniach technologii w przemyśle. Kierownik licznych projektów, popularyzator nauki w ramach Uniwersytetu Dziecięcego (UMCS oraz Unikids) oraz festiwalu nauki w Lublinie. W dorobku naukowym prof. Gagosia znajduje się ponad 120 publikacji naukowych i popularnonaukowych, spośród których blisko 90 publikacji zostało opublikowanych w języku angielskim na tzw. liście filadelfijskiej. Indeks H=22, liczba cytowań ok. 1200. Jego pasją – poza pracą naukowo-dydaktyczną – jest pszczelarstwo.