

Co w zeszycie

Po lekturze tego zeszytu *Neutrino* możemy się zadumać, o ile nasze życie byłoby mniej urozmaicone i wręcz trudniejsze, gdyby nie rzesze fizyków oddających inżynierom, technologom i lekarzom swoje odkrycia.

Dowiecie się, co to są powierzchnie hydrofobowe – ktoś z nas nie marzy na przykład o ubraniach wykonanych z niebrudzących się materiałów? Cieszymy się z rozwijającej się technologii baterii fotowoltaicznych, marzymy też o pojazdach napędzanych za ich pomocą. Napawają nas także dumą odkrycia astrofizyków. Czarne dziury we Wszechświecie wydają się rzeczywistymi, w pewien sposób obserwowalnymi obiektami. Coraz bardziej przybliżamy się do zrozumienia struktury Wszechświata.

Fizyka XX i XXI wieku opiera się na symetriach. Milowy krok w tej dziedzinie uczyniła matematyczka niemiecka Emmy Noether (ur. w 1882 roku). Chodziła ona do szkoły podobnej do waszych szkół. Jako dziewczyna, jak to się mówi, „miała pod górkę”, jednak jej determinacja w studiowaniu i uprawianiu matematyki była wielka i dzięki temu, między innymi, fizyka zyskała ważne narzędzie pracy.

Z.G-M



Spis treści

Farma fotowoltaiczna	1
Emmy Noether (1882–1935) – wielka matematyczka, zasłużona dla współczesnej fizyki	4
Co to są czarne dziury?	6
Iryzacja.....	9
Powierzchnie hydrofobowe	14
Badanie przewodnictwa ciepła	17
Zadania.....	18
Rok 2015 Międzynarodowym Rokiem Światła i Technologii	
Wykorzystujących Światło.....	20
Doświadczenie „Efekt lotosu”.....	21

Farma fotowoltaiczna

Zgodnie z wymogami Unii Europejskiej każde należące do niej państwo powinno produkować około 20% energii pochodzącej z tzw. źródeł odnawialnych. Nieodnawialne źródła energii to węgiel, ropa, łupki, rudy uranu. Odnawialnymi źródłami energii nazywamy np. wodospady, spiętrzoną na zaporze wodę, wiatr, fale morskie, ale przede wszystkim bezpośrednio energię słoneczną. Mówimy tak, ponieważ zasoby energii słonecznej w naszej ziemskiej skali są nieograniczone. Chociaż woda z zapory napędzająca elektrownię wodną może się wyczerpać przy niekorzystnych zmianach klimatu, to i tak zasłużyła ona na miano energii odnawialnej.

Energię odnawialną często uważa się za ekologiczną, ponieważ przy jej produkcji nie zużywa się zapasów nośników energii. Przymiotnik „ekologiczny” powinien być przypisywany takim źródłom energii, które nie zaburzają środowiska naturalnego, nie szkodzą mu. Odnawialne źródła energii mogą takimi być, ale zawsze należy to starannie przeanalizować.

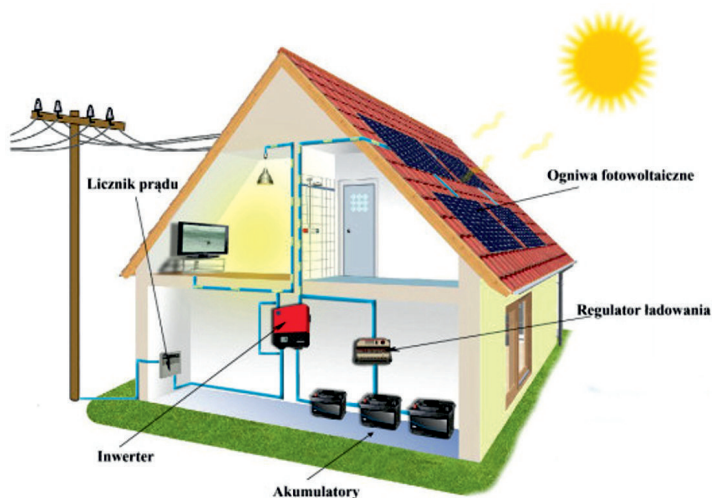
Niestety, w Polsce wciąż brakuje miejsc z odnawialnymi źródłami energii, z których można by pozyskać „ekologiczną energię”, inaczej niż np. w Norwegii, gdzie królują hydroelektrownie. W Polsce tzw. odnawialne źródła energii zaspokajają niecałe 4% naszego zapotrzebowania.

Jedną z przykrych konsekwencji niespełnienia wymogu narzuconego przez Unię są wysokie kary pieniężne, jakie ponosi państwo. Na szczęście wydaje się, że sytuacja ulega poprawie. Coraz więcej firm oraz prywatnych przedsiębiorstw zaczyna inwestować w odnawialne źródła energii, tworząc np. niewielkie elektrownie zaopatrujące w prąd domy, wsie czy nawet całe gminy. Ostatnio, werdyktem Unii Europejskiej, polska gmina Kisielice w województwie warmińsko-mazurskim uzyskała miano najbardziej samowystarczalnej energetycznie miejscowości w całej Unii. W swojej kategorii Kisielice pokonały miasto Sztokholm, Autonomiczny Region Sardynia z Włoch, Andaluzijską Agencję Energetyczną z Hiszpanii i angielską agencję energetyczną Swern Wye Energy.

Również Małopolska może pochwalić się tego rodzaju inwestycją. We wsi Gierczyce na terenie gminy Bochnia powstała największa w Polsce farma fotowoltaiczna. Wspomaga ona energetycznie całą gminę.

Moduły fotowoltaiczne (fotowoltaiki) to rodzaj baterii słonecznych wykorzystujących zjawisko fotowoltaiczne do zamiany promieniowania słonecznego na prąd elektryczny (czyli powstania siły elektromotorycznej w ciele stałym pod wpływem promieniowania świetlnego). Energia w panelach (odbiornikach światła słonecznego) przekazywana jest przez połączenia kablowe do inwerterów. Ogniwa fotowoltaiczne zbudowane są z płytek krzemu pokrytych hartowanym szkłem o grubości 4 mm, co czyni je odpornymi na grad wielkości piłeczki pingpongowej. W razie uszkodzenia jednego z paneli, możliwe jest wyłączenie go z obwodu bez przerywania ciągłości produkcji energii. Wydajność ogniw tego rodzaju wynosi od 99 do 110% (wydajność ponad 100% ogniwa osiągają przy dużym nasłonecznieniu, kiedy ilość wyprodukowanego prądu przewyższa wartość nominalną, zapewnioną przez producenta). Nadwyżki prądu wykorzystywane są do nocnego oświetlania całego kompleksu, co pozwala zwiększyć bezpieczeństwo obiektu. Niestety panele nie są długowieczne, ich żywotność zależy od intensywności pracy, czyli nasłonecznienia, i wynosi

od 15 (przy bardzo intensywnym i długotrwałym nasłonecznieniu) do 30 lat (podczas pracy równomiernej przy nasłonecznieniu umiarkowanym).



Przykładowy schemat instalacji fotowoltaicznej

<http://www.zielonaenergia.eco.pl/slonce/s34.jpg>

Inwerter to urządzenie, dzięki któremu możliwe jest przetworzenie wytworzonego przez panele prądu o stałym napięciu na prąd przemienny 400 V. Natężenie prądu znamionowego na wyjściu każdego inwertera wynosi 87,6 A.

Stacja transformatorowa to serce całej elektrowni. Z zewnątrz przypomina betonowy bunkier, ale to właśnie w jego środku dzieje się „elektryczna magia”. Mieszczą się tu kilometry kabli, urządzenia kontrolujące pracę i wydajność paneli, czujniki bezpieczeństwa oraz setki kolorowych przycisków jak w kabinie pilota. Bunkier spełnia także funkcję ochronną przed ewentualnym szkodliwym promieniowaniem.

Dane techniczne farmy fotowoltaicznej w Gierczach

Farma znajduje się na działce wielkości 3,5 ha, co w przybliżeniu odpowiada powierzchni Rynku Głównego w Krakowie. Mieści się tu 5,5 tys. paneli o wymiarach 1 m × 1,5 m w 26 rzędach. Fotowoltaiki zamontowane są na ogromnych konstrukcjach przypominających stoły, wykonanych ze stali galwanizowanej, dzięki czemu nie wpływają w żaden sposób na środowisko. Stoły zostały wbite w ziemię na taką głębokość, która zabezpiecza je przed wyrwaniem nawet w czasie huraganu.

Na terenie, gdzie powstała farma, zostały przeprowadzone badania geograficzno-geologiczne, pomiary nasłonecznienia i zacienienia oraz kalibracja satelitarna, dzięki którym ustalono, w jakich warunkach ogniwa osiągną maksimum swojej wydajności.

Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych badań ustalono, że panele powinny być zwrócone na południowy wschód, a stoły, na których leżą, muszą być nachylone pod kątem 17° względem podłoża. Pojedyncze rzędy baterii są od siebie oddalone na taką odległość, aby w chwili zachodu Słońca, cień poprzedniego panelu kończył się 10 cm przed następnym, czyli go nie zasłaniał.



Ciekawostki

- Stacja transformatorowa (betonowy bunkier) waży 40 ton, przywieziono ją w całości z Niemiec, jej koszt to 0,5 mln złotych.
- Płyty fotowoltaiczne nie mają jednolitego koloru ze względu na naturalny materiał, z którego są wykonane (płatki krzemu).
- Wybudowanie całej farmy trwało około pół roku, a jej całkowity koszt to 11 mln złotych.
- Farma może zaopatrzyć w prąd niewielką wioskę.
- Do połączenia wszystkich urządzeń elektrycznych użyto około 70 km kabli, które zakopano w ziemi.
- Farma fotowoltaiczna w Gierczycach jest największą tego typu elektrownią w Polsce.

Zjawisko fotowoltaiczne – przemiana energii promieniowania elektromagnetycznego (np. światła) w energię elektryczną. Zjawisko zachodzi wtedy, gdy fotony o odpowiedniej energii padają na półprzewodnikowe złącze p-n, w wyniku czego następuje przemieszczenie ładunków i na złączu wytwarza się różnica potencjału, która następnie może być źródłem prądu elektrycznego.

Daria Solarz , studentka III roku Biofizyki na Wydziale FAiS

Autorka dziękuje inwestorom – pani Urszuli Iwulskiej oraz panu Piotrowi Iwulskiemu za udostępnienie danych technicznych i możliwość wykonania dokumentacji fotograficznej farmy fotowoltaicznej.

Emmy Noether (1882–1935) – wielka matematyczka, zasłużona dla współczesnej fizyki

Postać matematyczki Emmy Noether jest warta poznania nie tylko z powodu jej doniosłej dla dwudziestowiecznej fizyki roli, lecz także dla jej losów, w których odbija się historia XX wieku.

Fizyka XX wieku i symetrie

Czytelnikom *Neutrina* znane jest ze szkoły prawo zachowania energii oraz prawo zachowania pędu, a bardziej zaawansowanym prawo zachowania krętu (momentu pędu). Może się wydawać zdumiewający fakt, że te prawa zachowania związane są z symetriami przestrzeni. Symetrie okazały się bowiem podstawowym narzędziem fizyki teoretycznej XX wieku.

Na początku XX stulecia młoda niemiecka matematyczka Emmy Noether udowodniła twierdzenie, które stanowiło wielki krok naprzód w fizyce teoretycznej i dało rozumienie fundamentalnych praw rządzących przyrodą. Twierdzenie to bezpośrednio łączy symetrie przestrzeni z prawami zachowania w fizyce, które mówią, że pewne mierzalne wielkości fizyczne (całkowita energia, pęd, moment pędu itp.) w izolowanym układzie pozostają niezmiennie w każdym procesie. Z twierdzenia Noether wynika, że prawa te są skutkiem istnienia tzw. ciągłych symetrii przestrzeni i czasu. Z niezmienniczości translacyjnej przestrzeni wynika wprost zasada zachowania pędu, z niezmienniczości rotacyjnej zasada zachowania momentu pędu, a z niezmienniczości translacyjnej czasu zasada zachowania energii. **Emmy Noether wiążąc symetrię (niezmienniczości) praw ruchu z zachowaniem pewnych wielkości fizycznych, rozpoczęła nowy etap w nauce.**



Emmy, a właściwie Amalie Emmy Noether, urodziła się w uniwersyteckim mieście bawarskim Erlangen w Niemczech w 1882 roku.

W tamtych czasach, prawie 150 lat temu, nie było zwykłą rzeczą, że dziewczyna studiowała i zostawała matematyczką. Na przykład w Krakowie w CK Austrii dopuszczono kobiety do studiów dopiero w 1897 roku. W przypadku Emmy decydujący stał się fakt, iż oj-

ciec Max Noether był profesorem matematyki na uniwersytecie w Erlangen. Max Noether dał początek całemu klanowi matematyków. Jego syn Fritz Alexander, dwa lata młodszy od Emmy, oraz wnuk, bratanek Emmy Gottfried Noether, też zostali matematykami. Emmy była młodsza o cztery lata od swojej wiedeńskiej koleżanki, znanej fizyczki Lise Meitner. Obie pochodziły z żydowskich rodzin, co miało dramatyczny wpływ na ich kariery naukowe. Emmy Noether w 1900 roku zdała egzamin nauczycielski uprawniający ją do nauczania języków francuskiego i angielskiego. Postanowiła jednak studiować matematykę. Fotografia przedstawia Emmy jako młodą kobietę, ubraną podobnie jak Maria Skłodowska na słynnym



zdjęciu w sztywnym gorsecie. W przeciwieństwie do Marii, Emmy nie była zbyt atrakcyjną dziewczyną i nie przywiązywała wielkiej wagi do ubioru. Była natomiast równie zdolna i pracowita. W 1907 roku w wieku 25 lat obroniła doktorat, a następnie pracowała przez 7 lat na uniwersytecie w Erlangen jako wolontariuszka. Jej wyniki zostały zauważone przez największych matematyków niemieckich. Słynni David Hilbert i Felix Klein zaproponowali Wydziałowi Filozoficznemu (wtedy fizyka i matematyka były na wydziałach filozoficznych) zaproszenie jej na uniwersytet w Getyndze, który wiódł w tym czasie prym w matematyce. To z tych czasów pochodzi anegdota, że wobec obiekcji rady wydziału Hilbert miał powiedzieć: – „Ależ, proszę panów, to, że pani Noether jest kobietą, nie powinno stanowić przeszkody, przecież chodzi o jej wykłady, a nie obecność w łaźni”. Na uniwersytecie w Getyndze Emmy wykładała na kursach ogłaszanych jako wykłady Hilberta. W 1919 roku habilitowała się i uzyskiwała prawo wykładania pod własnym nazwiskiem. Pracowała bardzo intensywnie, prowadziła seminarium, miała grupę oddanych sobie współpracowników, nazywanych chłopcami Emmy. Wypromowała w krótkim czasie kilkunastu doktorów. Zachowywała się anegdotalnie o ekspresji Emmy Noether. Dyskutując z kolegami o problemach matematycznych podczas posiłków w podnieceniu wymachiwała rękami, nic sobie nie robiąc z tego, że kaski jedzenia spadają i palą jej sukienkę. Pewnego razu podczas wykładu zsunęła się jej niedbale założona halka. Schyliła się, zdjęła ją, wyrzuciła do kosza i jakby nigdy nic kontynuowała wykład.

Jej wykłady miały często formę dyskusji, słabszym studentom sprawiało to trudność. Tym oddanym sobie poświęcała się bez reszty. Wykłady czasami odbywały się w lesie, w kawiarni lub u niej w domu (wówczas, gdy naziści zabronili jej kontaktów ze studentami). Nie miała ambicji robienia kariery, cieszyła się uprawianiem matematyki.

Dzieliła się chętnie pomysłami. Prawdopodobnie to pozwoliło jej skupić się na pracy naukowej i przetrwać w nieprzyjnym otoczeniu w nadchodzących czasach hitlerizmu.

W roku akademickim 1928/1929 Emmy Noether przyjęła zaproszenie uniwersytetu w Moskwie, gdzie działali słynni matematycy, między innymi Alexandrow. Młody jeszcze wówczas Związek Radziecki był otwarty na ludzi z Zachodu, a wielu europejskich intelektualistów było zafascynowanych ideami rewolucji. Na szczęście dla Emmy, spędziła ona w Moskwie tylko jeden sezon. Gorszy los spotkał jej młodszego brata, matematyka Fritza Noethera. Objął on w 1932 roku, uciekając przed nadchodzącym nazizmem, profesurę w Tomsku i niestety w 1933 roku w czasie wielkiej czystki został skazany i zesłany do łagru, gdzie zmarł w 1942 roku.

Dokonania Emmy Noether zostały docenione i w 1932 roku zaproszono ją do wygłoszenia referatu plenarnego na kongresie matematyków (przy 800 uczestnikach). Została w ten sposób powszechnie uznana przez społeczność międzynarodową.

Kiedy w 1933 roku Hitler doszedł do władzy, musiała emigrować. Wyjechała do Stanów Zjednoczonych. Dostała profesurę w żeńskim Bryn Mawr College, gdzie dalej uprawiała matematykę. Niestety w 1935 roku choroba nowotworowa przerwała jej krótkie życie.



Literatura uzupełniająca:

Andrzej Wróblewski. *Czy ona jest kobietą?*. „Wiedza i Życie”, s. 65, czerwiec 2009, Warszawa, Prószyński Media.

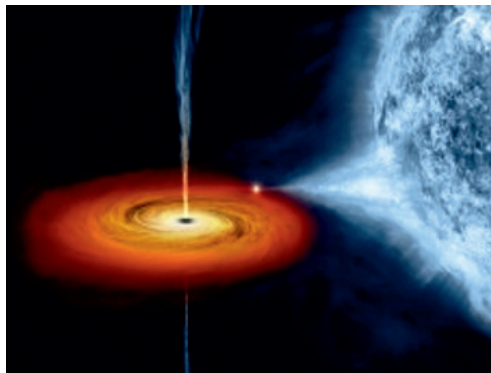
Bardziej zaawansowanym czytelnikom polecamy artykuł A. Staruszkiewicza „Krótka historia pojęcia energii”, *Foton* 114, 2001.

http://pl.wikipedia.org/wiki/Emmy_Noether

Z.G-M

Co to są czarne dziury?

Nazwa „czarna dziura” jest myląca, bo w istocie nie jest ona dziurą w czymś, lecz właśnie na odwrót, miejscem w przestrzeni, które jest upakowane niezmiernie gęstą materią. Czarna dziura o masie Ziemi byłaby rozmiaru ziarenka kukurydzy (ok. 1 cm)!



Fot. 1. Wizja artysty czarnej dziury *Cygnus X-1*. Czarna dziura powstała, gdy duża gwiazda zapadła się. Czarna dziura przyciąga materię z sąsiedniej niebieskiej gwiazdy.
Źródło: NASA/CXC/M.Weiss

Czarna dziura to miejsce w przestrzeni, gdzie przyciąganie grawitacyjne jest tak duże, że nawet światło nie może się wydostać z wpływu tego przyciągania. Grawitacja dlatego jest tak ogromna, że materia została ściśnięta w maleńkiej przestrzeni. Taki proces może się wydarzyć, kiedy gwiazdy „umierają”.

Ponieważ światło nie może się wydostać z czarnej dziury, obiektu takiego nie widzimy, tak jak widzimy inne gwiazdy. Jest niewidoczny. Mamy na szczęście sposoby, by go jednak „zaobserwować”. Do tego celu używane są teleskopy kosmiczne (*space telescope*). Mogą one obserwować zachowanie gwiazd w bliskości czarnych dziur. Zachowują się bowiem w ich pobliżu odmiennie niż inne gwiazdy.

Jak duże są czarne dziury?

Czarne dziury mogą być zarówno duże jak i małe. Naukowcy uważają, że najmniejsze mają rozmiar jednego atomu. I pomimo, że są tak małe, mają masę wielkiej góry. Istnieją także duże czarne dziury, nazywane czasem stelarnymi

(z ang. *stellar* – gwiazdowy). Ich masa może być dwadzieścia razy większa od masy Słońca. Podejrzewamy, że w naszej Galaktyce może być ich wiele.



Fot. 2. Wizja artysty naszej Drogi Mlecznej. Astrofizycy uważają, że w jej środku znajduje się superciężka czarna dziura. Źródło: NASA/JPL-Caltech

Olbrzymie czarne dziury nazywane są superciężkimi lub supermasywnymi. Mają one masy większe niż milion Słońc razem. Naukowcy posiadają dowody, by uważać, że każda duża galaktyka ma w swoim centrum czarną dziurę. Ta w naszej Drodze Mlecznej nosi nazwę *Sagittarius A*. Ma masę ponad 4 miliony mas Słońca i promień około 9 mln kilometrów.

Jak powstały czarne dziury?

Naukowcy uważają, że najmniejsze czarne dziury pojawiły się wtedy, gdy powstawał nasz Wszechświat. Duże stelarne czarne dziury powstają, gdy wielkie gwiazdy „zapadają się”, jak się mówi potocznie, kolapsują pod wpływem grawitacji, a następnie eksplodują wyrzucając w przestrzeń kosmiczną nie tylko światło (rozbłysk) i inne promieniowanie, lecz także ogromne ilości materii. Obserwować możemy to jako pojawienie się supernowej. Astrofizycy uważają, że te wielkie czarne dziury powstały w tym samym czasie co galaktyki.



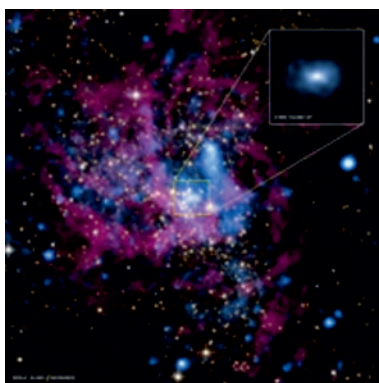
Fot. 3. Obraz centrum Drogi Mlecznej widziany przez Obserwatorium Chandra X-ray. Źródło: NASA/CXC/MIT/F.K.Baganoff et al.

Skąd naukowcy wiedzą, że są czarne dziury, skoro ich nie widać?

Z powodu olbrzymiego przyciągania grawitacyjnego światło, które również tak jak i masywna materia podlega prawu grawitacji, nie może opuścić czarnej dziury, zatem czarna dziura nie jest widoczna. Astrofizycy jednak wiedzą, jak taka silna grawitacja oddziałuje na bliskie czarnej dziurze gwiazdy i pył kosmiczny. Potrafią rozpoznać, czy gwiazda orbituje wokół czarnej dziury, czy przelatuje obok niej. W czasie tego oddziaływania wytwarzane jest wysokoenergetyczne promieniowanie (X, gamma). Nie możemy tego zaobserwować gołym okiem ani ziemskimi teleskopami, staje się to jednak możliwe dzięki teleskopom umieszczonym na satelitach. Fotografie 3 i 4 przedstawiają obrazy wykonane przez takie satelitarne teleskopy.

Czy czarne dziury mogą zniszczyć Ziemię?

Czarne dziury nie wędrują w przestrzeni „połykając” gwiazdy, planety i księżyce. W szczególności nasza Ziemia nie zostanie wciągnięta do czarnej dziury, ponieważ takowej nie ma w pobliżu naszego układu planetarnego. I gdyby nawet w miejscu naszego Słońca znajdowała się czarna dziura o tej samej co Słońce masie, Ziemia by na nią nie spadła, ponieważ pole grawitacyjne wytworzone przez tę dziurę byłoby takie samo, jak wytworzone przez Słońce, a więc i planety krążyłyby tak samo.



Fot. 4. Sagittarius A* to czarna dziura w centrum Drogi Mlecznej. Źródło: X-ray: NASA/UMass/D.Wang et al., IR: NASA/STScI

Jak w NASA bada się czarne dziury?

NASA wykorzystuje satelity i umieszczone na nich teleskopy. Obserwacje prowadzi się też ze stacji kosmicznych.

Jeden z kosmicznych teleskopów nosi nazwę XMM Newton. Został umieszczony na orbicie w 1999 roku przez NASA i Europejską Agencję Kosmiczną. Ma obserwować wysokoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie. Jest ono wytwarzane, gdy gazy i pył kosmiczny przyspieszają, na skutek wciągania przez czarną dziurę. Wytwarza się wtedy wysokoenergetyczne promieniowanie X. Na fot. 5 widoczny jest teleskop XMM Newton. To nie jedyny teleskop w przestrzeni okołozemskiej. Inne to „Chandra X-ray Observatory”, satelita „Swift” oraz tzw. teleskop Fermiego – „Fermi Gamma-ray Space Telescope”. Fermi został umieszczony na orbicie w 2008 roku. Obserwuje i analizuje najbardziej energetyczne promieniowanie i w ten sposób poszukuje supermasyw-

nych czarnych dziur. Po co to wszystko? **Chcemy rozszyfrować zagadkę pochodzenia, ewolucji i przyszłości Wszechświata.**

Więcej na temat czarnych dziur:

http://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/multimedia/index.html#.VHo-99KG-pM

<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/what-is-a-black-hole-k4.html#.VHpBDNKG-pN>

http://pl.wikipedia.org/wiki/Czarna_dziura



Fot. 5. Wizja artysty teleskopu XMM Newton; *Image courtesy of D. Ducros and the European Space Agency (ESA)*

Z.G-M

Iryzacja

Większość ludzi nie doświadcza żadnych trudności w postrzeganiu kolorów, może się więc wydawać, że mechanizm widzenia barwnego jest bardzo prosty. Z tego powodu niektóre z „wynalazków przyrody” mogą nas bardzo zaskoczyć. Na przykład, czy możliwe, żeby skrzydła motyla rodzaju *Morpho* lub owoce rośliny *Polia condensata* nie zawierały ani odrobiny niebieskiego barwnika? Jeśli tak, to skąd bierze się ich intensywny metaliczny kolor?



Rys. 1. Motyl *Morpho*



Rys. 2. Roślina *Polia condensata*

Barwy pigmentowe i strukturalne

Kolor zależy przede wszystkim od składu chemicznego danego przedmiotu i jego mikroskopowej struktury. Wpływa na niego także rodzaj padającego światła, cechy indywidualne ludzkiego oka lub innego przyrządu rejestrującego światło (klisza fotograficzna w tradycyjnych aparatach, matryca CCD w aparatach cyfrowych). Barwa, którą obserwujemy, powstaje w wyniku oddziaływania światła z oświetlanym przedmiotem. W zależności od tego, co dzieje się z padającym na przedmiot światłem, powstający kolor określa się jako *pigmentowy* lub jako *strukturalny*.

Światło padające na przedmiot nieprzezroczysty jest częściowo pochłaniane, a częściowo odbijane od powierzchni przedmiotu. Odbite światło padające na siatkówkę oka pobudza znajdujące się w niej światłoczułe komórki, co wywołuje wrażenie koloru. Komórki siatkówki wrażliwe są na światło w całym zakresie widzialnym – od czerwieni do fioletu. Kolor obserwowanego przedmiotu zależy więc od barwy odbitego od obiektu światła. Nosi on nazwę *koloru pigmentowego*, ponieważ zależy on od wchodzących w skład przedmiotu substancji barwiących, wybiórczo pochłaniających niektóre z kolorów padającego światła. Jeśli do oświetlenia użyjemy światła białego, to światło odbite będzie miało barwę dopełniającą w stosunku do barwy pochłoniętej. Na przykład skórka banana zawiera substancje pochłaniające światło niebieskie, a mieszanina odbitych kolorów daje wrażenie koloru żółtego. Pary barw dopełniających można łatwo określić przy użyciu tzw. *koła barw*. Kolory dopełniające znajdują się po przeciwnej stronie środka koła, na przykład czerwony-cyjan, zielony-magenta, niebieski-żółty.



Rys. 3. Koło barw

W przypadku przedmiotów przezroczystych pochłanianie światła w zakresie widzialnym zachodzi jedynie w niewielkim stopniu. Przedmioty takie mogą na przykład pochłaniać promieniowanie ultrafioletowe (szkło) lub podczerwone (woda). Światło wnikające do wnętrza przedmiotu jest częściowo pochłaniane, jednak w dużym stopniu przechodzi ono przez substancję. Na przykład większość szkła przepuszcza 80–90% światła. Przezroczyste przedmioty wydają się pozbawione koloru, ponieważ przechodzące przez nie światło zawiera wszystkie barwy wchodzące w skład światła padającego. Dzięki temu krajobraz oglądany przez okno ma takie same barwy, jak oglądany bezpośrednio.

W szczególnych przypadkach, jeśli przezroczysty materiał składa się z uporządkowanych struktur w postaci mikroskopijnych warstw przezroczystych substancji, może dojść do tzw. *interferencji w cienkich warstwach*. Zjawisko to odpowiedzialne jest za tęcze ubarwienie baniek mydlanych, plam benzyny, niektórych minerałów (np. aragonitu wchodzącego w skład macicy perłowej), a także skrzydeł niektórych motyli, pancerzy owadów, ptasich piór (np. piór pawia) i gadzich łusek. Efekt ten nosi nazwę *iryzacji*, *tęczowania* lub *ubarwienia strukturalnego*.



Rys. 4. Plama benzyny



Rys. 5. Macica perłowa

W przeciwieństwie do barw pigmentowych kolory strukturalne nie bledną z czasem. Obserwowany kolor zależy natomiast od ośrodka, w którym znajduje się przedmiot (a dokładniej od współczynnika załamania światła tego ośrodka) i ulega zmianie w zależności od kąta padania światła.

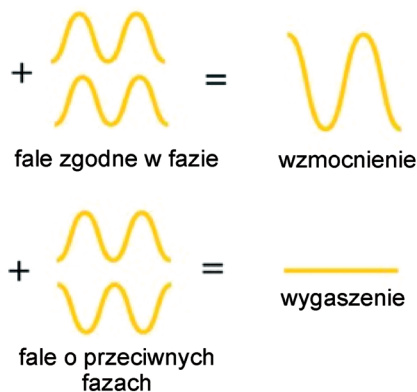


Rys. 6. Zależność barwy strukturalnej od rodzaju ośrodka, w którym znajduje się obserwowany przedmiot

Interferencja w cienkich warstwach

Zjawisko interferencji można zaobserwować w przypadku wszystkich rodzajów fal, zarówno mechanicznych, takich jak fale na wodzie, jak i elektromagnetycznych, takich jak światło. Interferencja polega na nakładaniu się fal, co może prowadzić do miejscowego wzmocnienia lub wygaszenia fali. Jeśli w danym

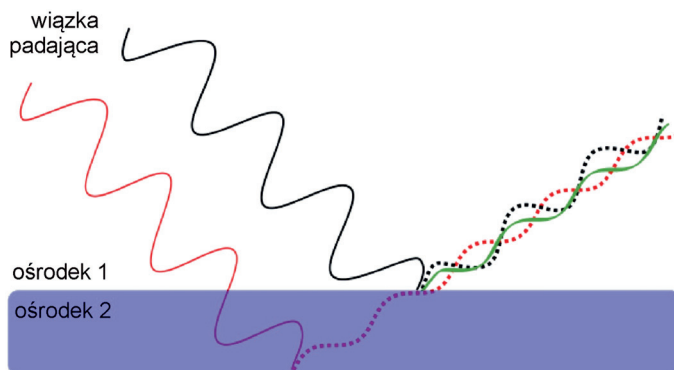
punkcie przestrzeni spotkają się grzbiety dwóch fal, to mówi się, że fale te są zgodne w fazie i w wyniku ich nakładania następuje wzmocnienie fali. Jeśli natomiast grzbiet jednej z fal napotka dolinę drugiej (fale o przeciwnych fazach), dochodzi do wygaszenia fali. Jeśli fale nie są ani zgodne, ani przeciwne w fazie, ich nakładanie się powoduje częściowe osłabienie lub wzmocnienie fali.



Rys. 7. Interferencja fal zgodnych i przeciwnych w fazie

W przypadku fal świetlnych wzmocnienie oznacza wzrost intensywności światła, a całkowite wygaszenie oznacza brak światła.

W przypadku, gdy światło pada na powierzchnię cienkiej warstewki przezroczystego materiału, promienie odbite od górnej granicy ośrodków mogą interferować z promieniami ulegającymi odbiciu od dolnej granicy.

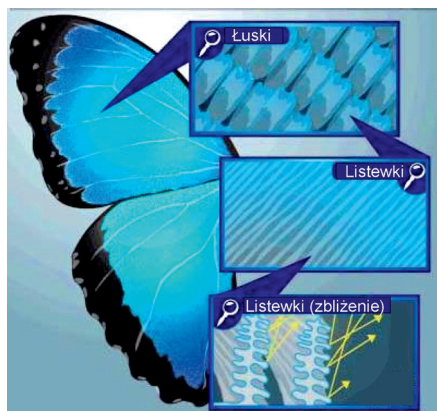


Rys. 8. Interferencja w cienkiej warstwie

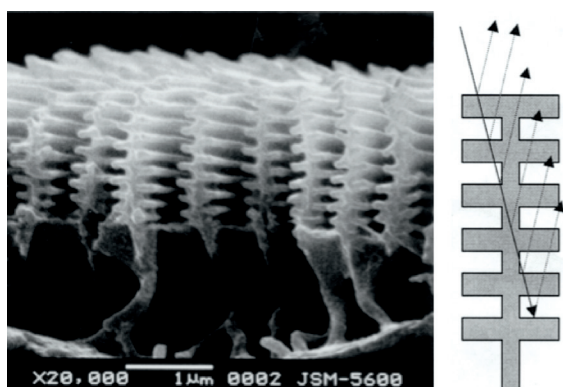
Jeśli oświetlimy warstwę światłem białym to, w zależności od grubości warstwy i kąta padania światła, niektóre z kolorów ulegną wzmocnieniu, a inne osłabieniu. Jeśli jakiś kolor ulegnie całkowitemu wygaszeniu, to efekt będzie taki sam, jak gdyby kolor ten uległ pochłonięciu w ośrodku. W wyniku wzmocnienia jednych kolorów i osłabienia innych, wiązka docierająca do oka obserwatora nie będzie więc biała. W przypadku, gdy warstwa przezroczystego materiału nie ma stałej grubości, tak jak w przypadku baniek mydlanych lub plam benzyny, można zaobserwować prążki o różnych kolorach.

Zagadka metalicznych kolorów

Jednym z najbardziej spektakularnych przykładów ubarwienia strukturalnego są skrzydła motyla rodzaju *Morpho*. Jego skrzydła pokryte są tysiącami drobnych łusek zbudowanych z cienkich przezroczystych warstewek chityny oddzielonych warstwami powietrza. Warstwy chityny mają postać tzw. listewek o regularnym kształcie. Padające na listewki światło ulega wielokrotnej interferencji, co prowadzi do znacznego wzmocnienia światła niebieskiego i intensywnego koloru skrzydeł motyla.



Rys. 9. Schemat budowy skrzydeł motyla *Morpho*



Rys. 10. Obraz listewek wykonany przy użyciu elektronowego mikroskopu transmisyjnego i schemat interferencji wielowarstwowej



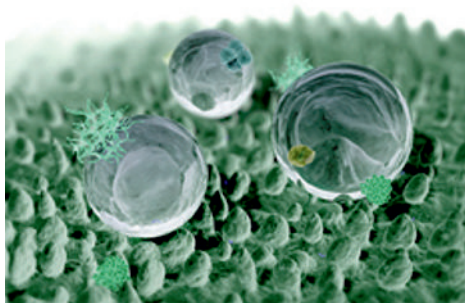
W przypadku rośliny *Pollia consensata* ścianki komórek zbudowane są z ciasno zwiniętych włókien celulozy tworzących regularne struktury na powierzchni owocu. Również w tym przypadku intensywny tęczowy połysk jest wynikiem wielokrotnej interferencji w cienkich warstwach.

Powierzchnie hydrofobowe

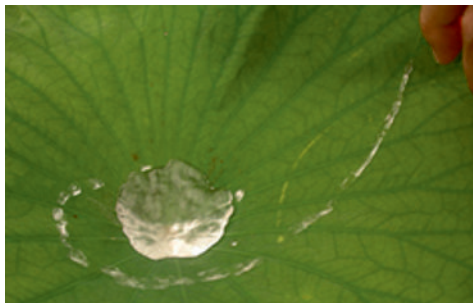
Powierzchnie hydrofobowe są przedmiotem zainteresowania technologów wielu dziedzin. Mają bowiem niezliczone zastosowania począwszy od materiałów na nieprzemakalne kurtki do niebrudzących się farb i lakierów. Ludzie od zarania dziejów podpatrywali naturę przy konstruowaniu urządzeń, maszyn i materiałów. Ostatnio nastąpił niebывały postęp, wynaleziono cały szereg substancji o niezwykłych właściwościach. Nanotechnologie wiodą tutaj prym. Przypominamy, że 1 nanometr to jedna miliardowa część metra, i jedna milionowa milimetra. W nanometrach podaje się wymiary dużych drobin. Setki nanometrów to na przykład długość fal świetlnych. Naukowym podpatrywaniem rozwiązań w naturze i adaptowaniem ich do potrzeb praktycznych zajmuje się **bionika**, a właściwie **biomimetyka** (nazwa pochodzi od greckiego słowa *bios* – życie i *mimesis* – naśladować).

Jednym z sukcesów bioniki są wynalazki wszelakich powierzchni hydrofobowych, czyli „niełubiących” wody. Ich przeciwieństwem są powierzchnie hydrofilne, czyli „lubiące wodę”. Hydrofilne będą na przykład szmaty i ścierki.

Wynalazki powierzchni hydrofobowych są przykładem podpatrzenia natury, w tym wypadku obserwacji kropli wody na liściach lotosu. Mówi się o efekcie lotosu. Poniżej przedstawiono zdjęcia liścia lotosu z kropkami wody na powierzchni i tego liścia w powiększeniu.



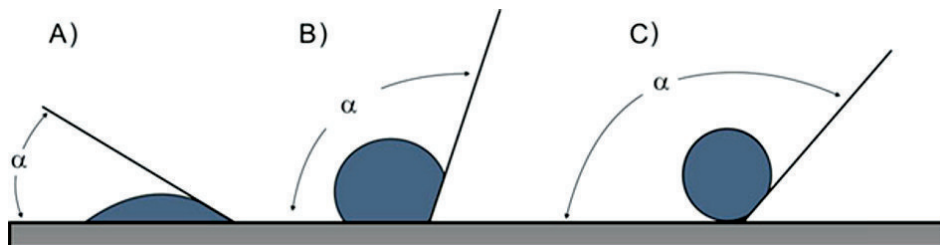
Liść lotosu (w powiększeniu) z kropelkami wody. Woda nie rozlewa się po powierzchni liścia, tylko w postaci kuleczek utrzymuje się na niegładkiej powierzchni



Źródło: Wikipedia.

Polecamy filmik na YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=LJtQ6dvcbOg>

Różnice między powierzchniami hydrofobowymi i hydrofilnymi określa się za pomocą tzw. kąta zwilżania. Kropla cieczy na powierzchni albo wypłaszcza się, albo zachowuje mniej lub bardziej kulisty kształt, stykając się z powierzchnią.



Rys. 1. Kropla wody na powierzchni

Gdy kąt α jest mniejszy od 90° powierzchnia jest hydrofilna (przypadek A), gdy jest kątem rozwartym – jest hydrofobowa (przypadek B), gdy jest większy niż 140° mówimy o powierzchni superhydrofobowej (przypadek C). Maksymalny kąt równy 180° jest wtedy, gdy kropla jest nieznkształconą kulą.

O powierzchniach hydrofobowych można poczytać na blogu „Węglowego szowinisty” – Mateusza Wielgosza: http://m.wyborcza.pl/wyborcza/1,105407,17060545,Magiczne_materiały_zmienia_swiat_na_lepszy.html

Dla ważącego 0,2 grama motyla w amazońskiej dżungli spadająca z nieba kropla wody mogłaby być wyrokiem śmierci. 50 mln lat ewolucji (nie) poszło jednak w las. Połyskliwe skrzydła motyla z gatunku *Morpho menelaus* tylko wyglądają na gładkie i płaskie.



Źródło: Wikipedia

Mikroskop ujawnia ich niezwykłą strukturę – drobną kratownicę o oczkach wielkości nanometrów. W tej skali napięcie powierzchniowe wody nie pozwala jej się rozlać. Jedynie około 1% powierzchni kropli dotyka powierzchni skrzydła. Dlatego woda z łatwością ześlizguje się z niego. Takie powierzchnie nazywa się superhydrofobowymi. Co więcej, ześlizgujące się z nich krople wody zabierają z sobą szkodliwe zanieczyszczenia, glony czy zarodniki grzybów.

Inżynierom i chemikom udało się skopiować to rozwiązanie i stworzyć farby nadające powierzchniom właściwości superhydrofobowe. Efekty wydają się surrealistyczne. Ubrania oblane błotem pozostają czyste, robocze rękawice zanurzone w misie wody po wyjęciu są suche, farba nie pozostawia ani śladu na lejku.

Producent jednego ze środków do nadawania takich właściwości prezentował go na poziomej szybie, której część powierzchni pokryto specyfikiem. Choć szkło wyglądało jednolicie, woda uciekała z części jego powierzchni i piętrzyła się jak rozdygotana galaretka na niewielkim prostokącie.

Spośród wielu ciekawych stron dotyczących tego tematu polecamy:

<http://www.biomech.pwr.wroc.pl/download/wyklad3.pdf>

<http://laboratoria.net/edukacja/3269.html>

<http://coating.jimdo.com/powloki-superhydrofobowe/>

<http://materialyinzynierskie.pl/najbardziej-wodoodporny-material-w-historii/>

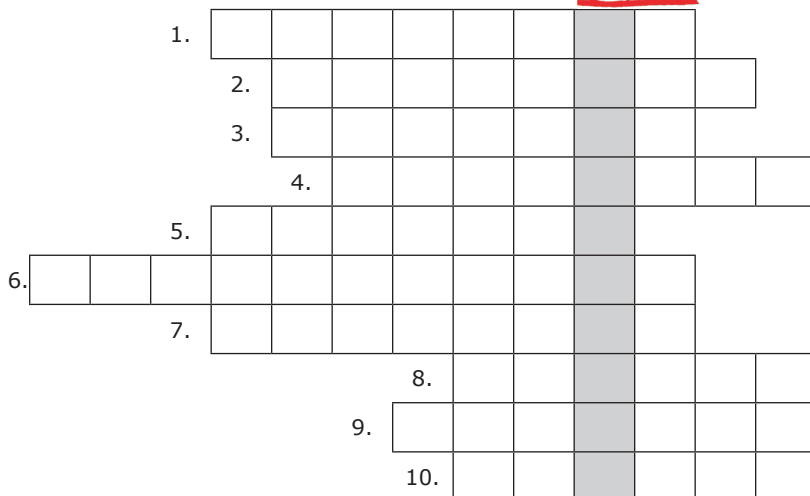
<http://pl.sci.inzynieria.narkive.com/kmx9lr00/jaki-sposob-na-uzyskanie-efektu-lotosu-superhydrofobowo>



Z.G-M

Pomyśl i rozwiąż krzyżówkę

1. Brak światła
2. Skupia światło
3. W niej światło porusza się z szybkością około 300 000 km/s
4. Ubarwienie strukturalne
5. Służy do rozszczepiania światła
6. Lustro
7. Do obserwacji gwiazd
8. Sir Isaak ...
9. Elektryczne źródło światła
10. ... Brockenu



Badanie przewodnictwa ciepła

Różne materiały lepiej lub gorzej przewodzą ciepło. Dobrym przewodnikiem ciepła są np. metale, dlatego z nich właśnie wykonuje się garnki. Natomiast kubeczki czy filiżanki najczęściej wykonuje się z porcelany lub ze szkła. Materiały te są złymi przewodnikami ciepła, dzięki czemu nie poparzymy się trzymając kubek z gorącym napojem. Fizyka nie polega jednak na odczuciach, lecz na pomiarach ilościowych. Proponujemy wykonanie prostego doświadczenia. Do jego wykonania potrzebujemy:

- 3 jednakowe duże plastikowe butelki (1,5 l),
- 3 jednakowe mniejsze plastikowe butelki (np. 200 ml),
- różne materiały, których przewodnictwo cieplne chcemy zbadać: piasek, trociny, papier itp.,
- termometry laboratoryjne (mierzące temperaturę w szerokim zakresie),
- zegarek,
- nożyczki.

1. Trzy duże butelki należy rozciąć w połowie i przygotować z nich „kubki”. Tak przygotowane „kubki” należy wypełnić do połowy różnymi badanymi substancjami, a jeden z nich pozostawić pusty – ten będzie „wypełniony” powietrzem.



2. Do trzech mniejszych butelek należy nalać jednakowe ilości ciepłej wody na przykład z kranu, ale o tej samej temperaturze.
3. Do butelek wkładamy termometry.
4. Butelki z wodą wstawiamy do „kubków”.
5. Rozpoczynamy obserwację stygnięcia wody w buteleczkach, co pewien czas mierząc temperaturę wody. Wyniki notujemy i zaznaczmy na wspólnym wykresie zależności temperatury (oś pionowa) od czasu (oś pozioma). Większy spadek temperatury w tym samym czasie oznacza lepszą przewodność cieplną materiału.

W podobny sposób można określić np. przewodność cieplną gleby. Gleba może być mokra lub sucha, luźna lub zbita. Możemy się przekonać, w jaki sposób będzie to wpływać na przewodność cieplną gleby. Czy potrafimy wysnuć wniosek, jaki rodzaj gleby szybciej zamrzanie?

K.D-K



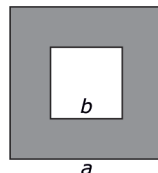
Na podstawie: *Poskusi s plastenkami*, B. Bezec, B. Cedilnik, B. Černilec, T. Gulič, J. Lorgier, V. Udir, D. Vončina, Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 1998, s. 66.

Zadania



Zadania pochodzą z Polsko-Ukraińskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko”

1. Płaską, kwadratową metalową płytkę o boku a , z kwadratowym otworem o boku b ($b < a$), wykonanym w jej środku, ogrzano nad palnikiem gazowym. Co się stało z wymiarami płytki? ($\uparrow$ – wzrasta, $\downarrow$ – maleje, $\leftrightarrow$ – pozostaje bez zmian)



- A. $a \uparrow, b \downarrow$,
 B. $a \uparrow, b \uparrow$,
 C. $a \uparrow, b \leftrightarrow$,
 D. $a \leftrightarrow, b \uparrow$,
 E. $a \leftrightarrow, b \downarrow$.
2. Gumowa piłeczka spadająca z wysokości 1 m (prędkość początkowa zero) po odbiciu wzniosła się na wysokość 0,8 m. Z jakiej wysokości powinna spadać, by wznieść się na wysokość 1 m? Przyjmij, że procentowa strata energii przy odbiciu jest taka sama oraz że można pominąć opór powietrza.
- A. 1,2 m.
 B. 1,25 m.
 C. 1,4 m.
 D. 1,8 m.
 E. 2 m.
3. Z łódki pływającej w małym zbiorniku wodnym wyrzucono kotwicę, która osiadła na dnie zbiornika. Poziom wody w zbiorniku
- A. nieznacznie podniósł się, a zanurzenie łódki zmalało,
 B. nieznacznie obniżył się, a zanurzenie łódki zmalało,
 C. nieznacznie podniósł się, a zanurzenie łódki wzrosło,
 D. nieznacznie obniżył się, a zanurzenie łódki wzrosło,
 E. nie zmienił się, a zanurzenie łódki zmalało.
4. Ludzkie ciało zawiera
- A. mniej elektronów niż protonów,
 B. mniej protonów niż neutronów,
 C. mniej neutronów niż elektronów,
 D. po tyle samo elektronów, protonów i neutronów,
 E. mniej elektronów niż neutronów.
5. Jakiego koloru jest roztopiony wolfram?
- A. białego,
 B. szarego,
 C. czarnego,
 D. czerwonego.
 E. Jest niewidoczny.



Zadania

Rozwiązania i prawidłowe odpowiedzi!

1. W wyniku rozszerzalności cieplnej cała płytką zwiększa wszystkie swoje wymiary proporcjonalnie do ich początkowej wielkości. Wielkość otworu (wymiar b) zwiększa się, gdyż bezwzględny przyrost długości boku a , jest większy niż przyrost szerokości "pasków" płytki. Inaczej: można wyobrazić sobie, że płytka nie ma wycięcia, a tylko zaznaczone miejsca, gdzie byłby wycięta. Przy podgrzewaniu płytki miejsca te oddalają się od siebie, czyli b również rośnie. **Odpowiedź B.**
2. Na podstawie podanych wysokości można stwierdzić, że przy odbiciu piłeczka traci $1/5$ swojej energii! początkowej, a zostaje $4/5$, $4/5 \times 1,25 \text{ m} = 1 \text{ m}$. **Odpowiedź B.**



- 5. Odpowiedz A.** W miarę wzrostu temperatury kolor rozżarzonych ciał zmienia się od czerwonego do białego, nawet z odcieniem niebieskawym. Wolframowe włókno żarówki świeci prawie białą, z lekkim odcieniem żółtawym, a jest to wolfram jeszcze w stanie stałym. Dodajmy, że roztopiony wolfram ma temperaturę powyżej 3300°C.

10.	W	I	D	M	O
9.	Z	A	R	Q	W
8.	N	E	W	T	O
7.	T	E	L	E	P
6.	Z	W	I	E	R
5.	P	R	Y	Z	M
4.	I	R	Y	Z	A
3.	P	R	O	Z	N
2.	S	P	O	C	Z
1.	C	I	E	M	N

Rok 2015 Międzynarodowym Rokiem Światła i Technologii Wykorzystujących Światło

20 grudnia 2013 roku Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych na swojej 68. Sesji proklamowało Międzynarodowy Rok Światła i Technologii Wykorzystujących Światło (*International Year of Light and Light-based Technologies*). Uroczystości inaugurujące Międzynarodowy Rok Światła odbyły się 19–20 stycznia 2015 roku w siedzibie UNESCO w Paryżu.

Proklamowanie Roku Światła miało na celu zwrócenie uwagi społeczności świata na znaczenie technologii wykorzystujących światło do promocji zrównoważonego rozwoju, a także do poszukiwania rozwiązań problemów związanych z zasobami energii na świecie, dostępem do edukacji, rolnictwem i ze zdrowiem. Światło obecne jest we wszystkich dziedzinach naszego codziennego życia, jak i we wszystkich obszarach nauki w XXI wieku. Dzięki niemu możliwe stały się rewolucyjne odkrycia w medycynie, rozwój międzynarodowej komunikacji za pomocą Internetu, a także poszukiwanie całościowych rozwiązań dla wielu ekonomicznych, społecznych i kulturowych problemów globalnego społeczeństwa. „Międzynarodowy Rok Światła stwarza niezwykłą okazję uświadomienia decydentom i wszystkim członkom społeczności międzynarodowej potencjalnych możliwości, jakie niesie ze sobą technologia świetlna” – powiedział Jon Dudley, Przewodniczący Komitetu Sterującego obchodów Międzynarodowego Roku Światła 2015.

Trudno wyobrazić sobie życie bez światła. Ponad 70% informacji odbieranych przez człowieka dociera właśnie za pomocą światła. Światło jest źródłem energii podtrzymującej ziemską roślinność, stoi za niezliczonymi technologiami, poczynając od zegarów słonecznych, a kończąc na światłowodach i procesorach optycznych. Jego fascynująca, skomplikowana natura doprowadziła do rewolucyjnych odkryć, takich jak:

- Opisanie zasad optyki przez Ibn Al Haythema w 1015 r.
- Przedstawienie falowej natury światła przez Augustyna-Jeana Fresnela w 1815 r.
- Opisanie fal elektromagnetycznych przez Jamesa Clerka Maxwella w 1865 r.
- Opisanie światła w czasie i przestrzeni przez Alberta Einsteina w jego Szczególnej Teorii Względności w 1915 r.
- Osiągnięcia Charlesa Kao dotyczące wykorzystania światłowodów do celów telekomunikacyjnych w 1965 r.

Z okazji Międzynarodowego Roku Światła na całym świecie będzie miało miejsce wiele wydarzeń naukowych związanych z tym tematem. Informacje dotyczące obchodów są publikowane na stronie internetowej <http://www.light2015.org>. Światło będzie również tematem wiodącym organizowanego w Warszawie 19. Pikniku Naukowego (<http://www.pikniknaukowy.pl/>).



**INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015**

Doświadczenie „Efekt lotosu”

Przygotuj:

- liść białej kapusty, najlepiej zewnętrzny
- liść sałaty
- szklankę z wodą
- stół
- ścierkę



Zadanie:

1. Zanurz czubki palców wskazującego i środkowego w szklance wody.
2. Spuść z palców na stół krople wody.
3. Poćwicz kilkukrotnie, aby spuszczone krople były jednakowej wielkości.
4. Wytrzyj stół do sucha.

Eksperyment – część 1:

1. Połóż na stole przed sobą liść sałaty i liść kapusty.
2. Na każdy z liści spuść po jednej kropli wody.

Obserwacja:

1. Sprawdź, która z kropli jest bardziej wypukła?

Eksperyment – część 2:

1. Spuść kilkanaście kropel wody na każdy z liści.
2. Podnieś liść sałaty i przechyl go tak, żeby woda spłynęła do szklanki. To samo zrób z liściem kapusty.
3. Dotknij palcem miejsca na liściach, na których przed chwilą była woda.

Obserwacja:

1. Czy liść sałaty jest mokry?
2. Czy liść kapusty jest mokry?



Komentarz:

Kropla wody na powierzchni liścia sałaty rozlewa się podobnie jak na drewnianym stole. Dzieje się tak, ponieważ materiały te są **hydrofilowe**, czyli „wodolubne” (z języka greckiego *hydro* – woda, *philia* – lubić). Gdy kropeł jest więcej tworzą one cienką warstwę wody, która pokrywa materiał i nie spływa całkowicie przy przechylaniu.

Natomiast na powierzchni liścia kapusty kropla wody jest znacznie bardziej wypukła. Jest to spowodowane tym, że powierzchnia liścia kapusty jest **hydrofobowa**, czyli „boi się wody” (z języka greckiego *hydro* – woda, *phobos* – strach). Pojedyncze kropelki łączą się w większe krople, które spływają, gdy liść się przechyla, pozostawiając powierzchnię liścia prawie całkowicie suchą. Dzieje się tak, ponieważ powierzchnia liścia kapusty pokryta jest specjalnym woskiem, który jest silnie hydrofobowy. Często liście z taką specjalną powłoką rosną blisko gruntu, gdzie istnieje duże ryzyko zabrudzenia kurzem czy brudem. Gdy woda spływa po takich liściach, w dużym stopniu oczyszcza je pozostawiając powierzchnię liścia suchą, co przeciwdziała ich psuciu się.

W przyrodzie istnieją rośliny, których liście są jeszcze silniej hydrofobowe niż kapusta, np. lotos. Obserwując zachowanie się wody na powierzchniach liści lotosu, ludzie odkryli tzw. **efekt lotosu**, który polega na samooczyszczaniu się powierzchni pod wpływem spływającej wody. Naśladując ten efekt, ludzie stworzyli specjalne farby, którymi pokrywa się np. szyby samochodowe lub okienne, dzięki czemu wystarczy, że spadnie na nie zwykły deszcz, by powróciły do czystości.