

Co w zeszycie

Zmysły słuchu i wzroku to obszar zainteresowań nie tylko fizjologów, ale i fizyków. To fizycy oraz biofizycy odkrywają tajniki tych zmysłów. Nie tylko budowę ucha czy oka, ostatnio również pomagają badać mózg, w którym sygnały z uszu i oczu są przetwarzane na informacje, na wrażenia słuchowe i obrazowe. Zmysłom słuchu i wzroku poświęcone są dwa artykuły w tym zeszycie.

II zasada termodynamiki, niesłuchanie ważna dla zrozumienia procesów fizycznych, dla funkcjonowania urządzeń technicznych jak i organizmów żywych, jest omówiona na przykładzie opisu działania lodówki i klimatyzatora. Zachęcamy do uważnej lektury.

W cyklu biograficznym przedstawiamy wam sylwetkę Konrada Rudnickiego – wybitnego astronoma, profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego. Konrad Rudnicki, rówieśnik bohaterów filmu „Kamienie na szaniec”, podobnie jak oni miał dramatyczny życiorys. Profesor, wyborny popularyzator astronomii, być może znany jest niektórym z was.

Cofamy się również do starożytności, by przedstawić wam urządzenie o dziwnej nazwie aeolipila. Skonstruował je Heron, uczony i wynalazca z Aleksandrii. Była to zmyślna maszyna parowa. Aż dziw bierze, że starożytni nie „poszli za ciosem” i nie rozwijali dalej tego wynalazku, a traktowali go raczej jako ciekawostkę. Może zbyt tania siła robocza, jaką byli niewolnicy, nie stwarzała takiej potrzeby.

Z.G-M



Spis treści

Zmysł słuchu	1
Widzenie barw.....	4
Lodówki i klimatyzatory – żeby chłodzić muszą grzać.....	10
Konrad Maria Paweł Rudnicki (1926–2013) – astronom, filozof, duchowny starokatolicki	14
Heron z Aleksandrii (I w. n.e.).....	17
Bania Herona – aeolipila	19
Zabawki fizyczne	21

Zmysł słuchu

Czy zastanawialiście się kiedyś, na jakiej zasadzie działa zmysł słuchu? Wrażliwość ludzkiego ucha jest naprawdę wyjątkowa. Jesteśmy w stanie zarejestrować drgania cząsteczek powietrza, których amplituda wynosi zaledwie kilkadziesiąt nanometrów ($1 \text{ nanometr} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm}$). Jest to możliwe dzięki bardzo wydajnemu sposobowi przekazywania dźwięków w głąb ucha, gdzie następnie drgania mechaniczne przetwarzane są na impulsy nerwowe wysyłane do mózgu.

Skala o imponującej rozpiętości

Dźwięki, które jesteśmy w stanie usłyszeć, to drgania powietrza o częstotliwości od 20 do 20 000 Hz. Dźwięki o częstotliwościach niższych niż 20 Hz noszą nazwę infradźwięków, a dźwięki o częstotliwościach przekraczających 20 000 Hz to ultradźwięki.

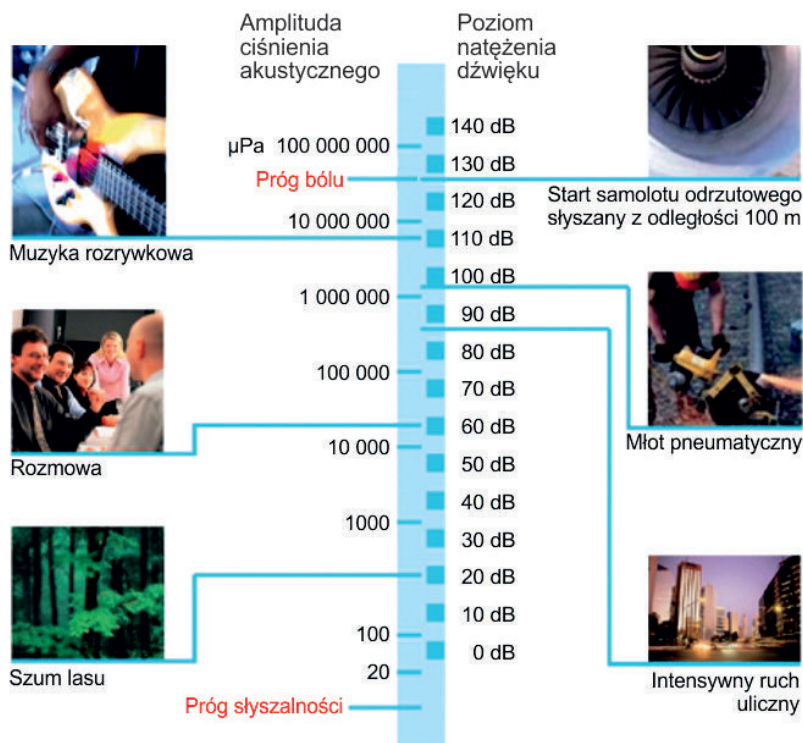
Na skutek przemieszczania się fali dźwiękowej ciśnienie powietrza w określonym punkcie okresowo rośnie i maleje. Różnica między chwilową wartością ciśnienia w danym miejscu a ciśnieniem atmosferycznym nazywa się *ciśnieniem akustycznym*. Amplituda ciśnienia akustycznego dla bardzo cichych dźwięków, takich jak np. słowa wypowiedane szeptem, wynosi około $10^{-5} \text{ Pa} = 0,00001 \text{ Pa}$. Dla porównania, ciśnienie atmosferyczne jest równe około $10^5 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ Pa}$. Natomiast w przypadku hałasu wytwarzanego przez pracujący w pobliżu młot pneumatyczny amplituda ciśnienia akustycznego jest rzędu 10 Pa. Zakres rejestrowanych przez ucho zmian ciśnienia jest więc bardzo duży.

Fizjolodzy, czyli naukowcy zajmujący się funkcjonowaniem organizmu ludzkiego, zaobserwowali, że porównywanie wysokości dźwięków polega na wyznaczaniu ilorazu ich częstotliwości. Rozróżnianie dźwięków o różnej wysokości jest bardzo ważne w muzyce. Na przykład, jeśli częstotliwość jednego dźwięku jest dwa razy większa od częstotliwości drugiego, to mówi się, że dźwięki te są odległe o oktawę.

Podobna zasada dotyczy rozróżniania głośności związanej z natężeniem dźwięku. Wyobraźmy sobie, że zwiększamy moc dźwięku od 1 do 10 W, a następnie od 10 do 100 W. Zaobserwowana przez nas zmiana natężenia głośności będzie jednakowa w obydwu przypadkach, ponieważ iloraz porównywanych natężeń wynosi za każdym razem 10.

Do opisywania wrażeń słuchowych dobrze nadaje się specjalna skala, która z matematycznego punktu widzenia jest *skalą logarytmiczną*¹. Jednostką tej skali jest 1 bel. Dla przykładu, jeśli iloraz natężenia dwóch dźwięków wynosi 10, to mówi się, że różnica między nimi wynosi 1 bel. Jeśli iloraz ten wynosi 100, różnica natężenia wynosi wówczas 2 bele itd. Bardzo często używa się też jednostki o nazwie decybel (dB); 1 bel = 10 dB.

¹ Patrz artykuły w *Neutrinie* 13, 2011 „O decybelach i natężeniu dźwięku” oraz „Rozchodzenie się dźwięku – fale dźwiękowe” (<http://www.neutrino.if.uj.edu.pl/>).

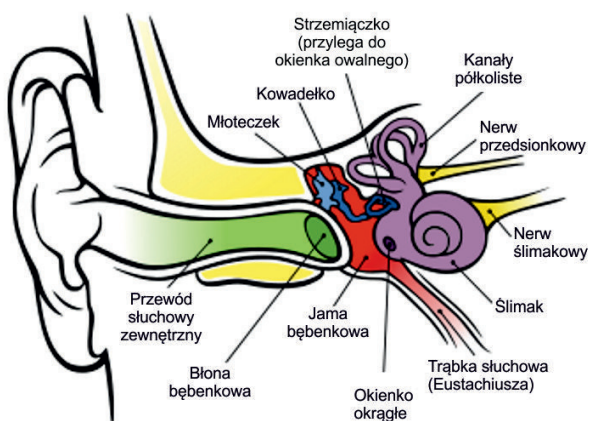


Źródło: <http://www.hsprofile.pl/text/14/kiedy-halas-staje-sie-niebezpieczny.htm>

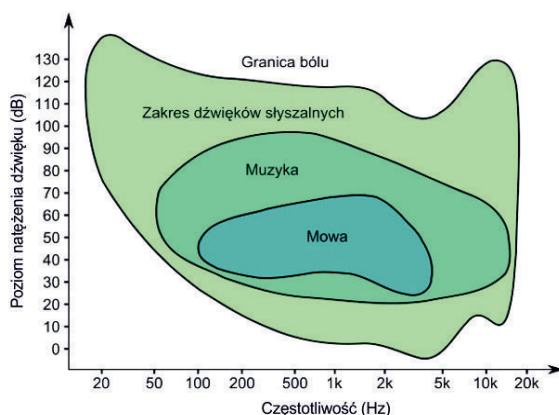
Od ucha zewnętrznego do komórek rzęsatych

Docierający do człowieka dźwięk pada najpierw na małżowinę uszną o powierzchni około 10 cm², a następnie przez kanał słuchowy dociera do błony bębenkowej o powierzchni około 0,6 cm². Dzięki tej różnicy między wielkością powierzchni, z której zbierany jest dźwięk i rozmiarem błony bębenkowej dochodzi do skupienia energii fali dźwiękowej. Kanał słuchowy służy także jako pudło rezonansowe. Podobnie jak w przypadku instrumentów muzycznych, rola kanału słuchowego polega na wzmacnianiu dźwięków o określonych częstotliwościach. W przypadku kanału słuchowego dźwięki wysokie (o dużej częstotliwości) są wzmacniane lepiej niż dźwięki niskie. Dlatego ucho ludzkie jest czulsze w zakresie tonów wysokich.

Błona bębenkowa odgradza kanał słuchowy od



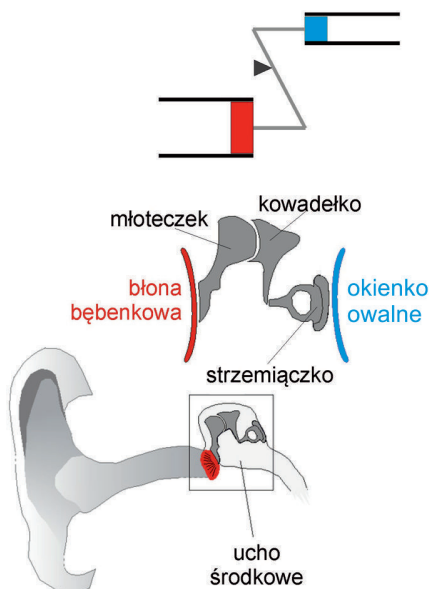
ucha środkowego, za którym znajduje się ucho wewnętrzne, wypełnione płynem. Ciecze są dużo mniej ściśliwe od gazów, w związku z tym, różnica ciśnień wystarczająca żeby pobudzić do drgań powietrze jest zbyt mała, aby wzbudzić drgania w cieczy. Gdyby błona bębenkowa odgradzała bezpośrednio kanał słuchowy od ucha wewnętrznego, stanowiłaby ona poważną przeszkodę dla fali dźwiękowej, która w dużej części uległaby odbiciu. Jedynie około jednej tysięcznej mocy padającej fali dźwiękowej przedostawałaby się przez błonę bębenkową do ucha wewnętrznego.



Straty zostają skompensowane dzięki temu, że ucho środkowe wyposażone jest w system trzech kosteczek słuchowych: młoteczek, kowadełko i strzemiączko. System ten działa jak połączenie dźwigni dwustronnej z prasą hydrauliczną, zmniejszając amplitudę drgań i jednocześnie zwiększając ciśnienie. Efekt dźwigni wynika z nierównej długości kosteczek: ramię kowadełka jest około 1,3 razy krótsze od ramienia młoteczka, co prowadzi do 1,3-krotnego zwiększenia siły. Zwiększenie ciśnienia natomiast następuje ze względu na to, że powierzchnia styku strzemiączka z uchem wewnętrznym jest 17 razy mniejsza niż powierzchnia błony bębenkowej będąca w styku z młoteczkiem, co powoduje 17-krotny wzrost ciśnienia. Dzięki systemowi kosteczek słuchowych dochodzi więc do 22-krotnego zwiększenia ciśnienia akustycznego w uchu wewnętrznym.

Transmisja dźwięku z ucha środkowego do wewnętrznego odbywa się w ten sposób, że strzemiączko wprawia w ruch błonę okienka owalnego, co z kolei powoduje ruch cieczy wewnątrz ślimaka – spiralnie zwiniętego przewodu o długości około 30 mm. Ślimak rozdzielony jest na całej długości na dwie części za pomocą przegrody zwanej błoną podstawną. W miarę oddalania się od okienka owalnego błona ta staje się szersza, cieńsza i bardziej napięta, co powoduje, że jej własności mechaniczne nie są jednakowe na całej długości. Ruch cieczy w ślimaku wprawia tę błonę w drgania, dzięki czemu pobudzone zostają znajdujące się na jej powierzchni komórki zmysłowe, tzw. komórki rzęsaty. To właśnie dzięki tym komórkom dochodzi do wstępnej analizy dźwięków oraz zamiany sygnału mechanicznego na sygnał elektryczny, przekazywany następnie do mózgu przez nerw ślimakowy.

Fala poruszająca się w cieczy wypełniającej ślimak od okienka owalnego,



wprawia w ruch błonę podstawną. Jednak amplituda tych drgań nie jest jednaka na całej długości błony. W zależności od częstotliwości padającego dźwięku maksimum drgań przypada w różnych miejscach na błonę podstawnej. Wysokie częstotliwości pobudzają obszary w pobliżu okienka owalnego, natomiast niskie – obszary znajdujące się bliżej szczytu ślimaka. Tak więc komórki poszczególnych obszarów są „dostrojone” do określonych zakresów częstotliwości, co umożliwia różnicowanie wysokości dźwięku. Informacja o natężeniu kodowana jest w inny sposób. W przypadku fali akustycznej o dużym natężeniu sygnał przesyłany do mózgu ma postać serii impulsów nerwowych o bardzo dużej częstotliwości. Częstotliwość impulsów nerwowych spada, jeśli natężenie maleje.

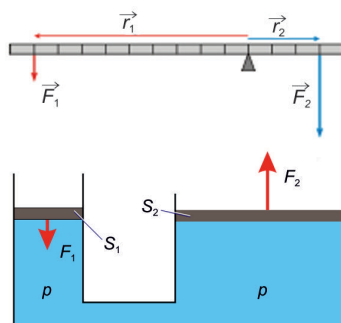
Dzięki temu skomplikowanemu systemowi detekcji jesteśmy w stanie rozróżnić prawie 20 000 dźwięków różniących się częstotliwością i natężeniem.

Zasada działania dźwigni dwustronnej

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

Zasada działania prasy hydraulicznej

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$



KC

Testowanie słuchu

– w szumie:

<http://www.hear-it.org/Online-Hearing-Test?gclid=CMWzkobtiL0CFUcTwwodU0sAPg>

– wysokie częstotliwości:

http://www.audiocheck.net/audiotests_frequencycheckhigh.php

Widzenie barw

Oko

Oko ludzkie jest urządzeniem podobnym do aparatu fotograficznego. Jego układ optyczny wytwarza w tylnej części oka rzeczywisty, pomniejszony i odwrócony obraz widzianych przedmiotów. Ta część oka wyścielona jest błoną, zwaną siatkówką, w której znajdują się komórki światłoczułe. Są dwa rodzaje takich komórek¹:

- pręciki, przeznaczone do widzenia o zmroku, kiedy natężenie światła jest małe; za pomocą pręcików nie można rozróżniać barw.
- czopki, przeznaczone do widzenia dziennego, kiedy natężenie światła jest duże; te komórki odpowiedzialne są za widzenie barw.

¹ Mowa o tym była na przykład w numerze 17 *Neutrino*, w artykule poświęconym efektowi Purkinjego.

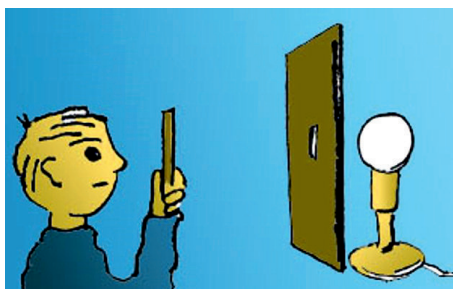
Barwy widmowe

Przypomnijmy najpierw, jakie barwy występują w widmie światła tradycyjnej żarówki z włóknem wolframowym. Wykonajmy w tym celu doświadczenie.

Doświadczenie 1

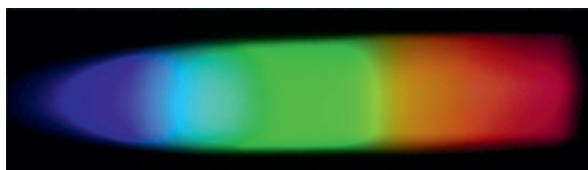
Potrzebne nam będą: siatka dyfrakcyjna² 500 rys/mm, przesłona z czarnego kartonu o szerokości około 0,5 m ze szczeliną o szerokości około 1 mm, matowa żarówka z włóknem wolframowym.

Obejrzyj przez siatkę dyfrakcyjną widmo światła przechodzącego przez szczelinę (rys. 1).

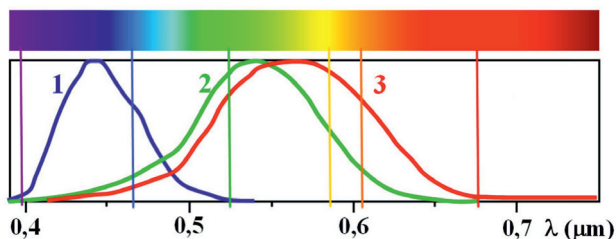


Rys. 1. Obserwujemy widmo za pomocą siatki dyfrakcyjnej

W doświadczeniu widzimy barwne pasmo (rys. 2). Światło białe o widmie ciągłym zostało rozszczepione na światła jednobarwne, czyli monochromatyczne, o różnych długościach fali świetlnej. Długość fali promieniowania fioletowego jest najmniejsza spośród całego zakresu widzialnego i wynosi około $0,4 \mu\text{m}$ (mikrometra, $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), długość fali promieniowania czerwonego jest największa i wynosi około $0,7 \mu\text{m}$ (rys. 3).



Rys. 2. Ciągłe widmo żarówki tradycyjnej (wolframowej)



Rys. 3. Zależność czułości czopków od długości fali świetlnej

² Siatkę dyfrakcyjną można kupić przez internet (np. w wydawnictwie ZamKor) lub samodzielnie wykonać z kawałka płytki CD (opis w *Neutrino* 7, s.14).

Trzy rodzaje czopków

Wyniki doświadczenia 1 nasuwają pytanie: jak to się dzieje, że oko ludzkie rozróżnia barwy? Żeby to zrozumieć, trzeba wiedzieć, że w normalnym oku ludzkim są trzy rodzaje czopków. Rysunek 3 przedstawia zależność czułości tych komórek od długości fali światła (jednobarwnego):

1. Pierwszy rodzaj komórek najsilniej reaguje na światło niebiesko-fioletowe (krzywa niebieska). Światła żółtego, pomarańczowego i czerwonego „nie widzi” niemal zupełnie.
2. Drugi rodzaj komórek najsilniej reaguje na światło zielone (krzywa zielona). Nie reaguje na światło fioletowe i czerwone.
3. Trzeci rodzaj komórek najsilniej reaguje na światło żółte (krzywa czerwona). Nie widzi światła fioletowego.

Hipoteza, że widzenie barwne jest wynikiem istnienia trzech rodzajów detektorów w oku, pochodzi od Thomasa Younga³. Przez bardzo wiele lat nie była jednak znana dokładna zależność ich czułości od długości fali. Ostateczne rozwiązanie tego problemu przyniosły badania w połowie ubiegłego wieku. Polegały one na pomiarze napięć elektrycznych, powstających pod wpływem oświetlenia, na pojedynczych żywych czopkach wypreparowanych z oka.

Widzenie barw widmowych

Zastanówmy się najpierw, jak reaguje oko, kiedy pada na nie światło o ściśle określonej długości fali (rys. 3).

1. Jeżeli jest to światło **fioletowe**, pobudza tylko komórki pierwszego rodzaju. Wskazuje to pionowa linia fioletowa. Tylko te komórki wysyłają sygnały do mózgu, co ostatecznie interpretowane jest jako barwa fioletowa.
2. Światło **czerwone** pobudza tylko komórki trzeciego rodzaju. Odczuwamy to jako barwę czerwoną.

Wszystkie inne barwy widmowe pobudzają jednocześnie więcej niż jeden rodzaj komórek:

3. Światło **pomarańczowe** pobudza silnie komórki trzeciego rodzaju, słabo – komórki drugiego rodzaju, a komórki pierwszego rodzaju – wcale.
4. Światło **żółte** pobudza bardzo silnie komórki trzeciego rodzaju i silnie, choć nieco słabiej – komórki drugiego rodzaju.
5. Światło **zielone** pobudza bardzo silnie komórki drugiego rodzaju, silnie, choć nieco słabiej – komórki trzeciego rodzaju i słabo komórki pierwszego rodzaju.
6. Światło **niebieskie** pobudza silnie komórki pierwszego rodzaju i znacznie słabiej – komórki drugiego i trzeciego rodzaju.

Za każdym razem mózg porównuje sygnały docierające do niego od różnych rodzajów komórek i wytwarza wrażenie określonej barwy światła.

Czarne i białe

1. Wrażenie **czerni** (ciemności) mamy wtedy, gdy do komórek nie dobiega żadne światło – i żaden rodzaj komórek nie jest pobudzony.
2. Widzimy światło **białe**, jeżeli wszystkie trzy rodzaje komórek pobudzane są jednakowo silnie. Może to zachodzić pod wpływem światła o widmie ciągłym – takim, jak obserwowane w doświadczeniu 1.

³ Thomas Young (1773–1827) wybitny fizyk i lekarz angielski. Jeden z twórców fałowej teorii światła. Słynne doświadczenie Younga polegało na zaobserwowaniu dyfrakcji i interferencji światła na dwóch szczelinach.

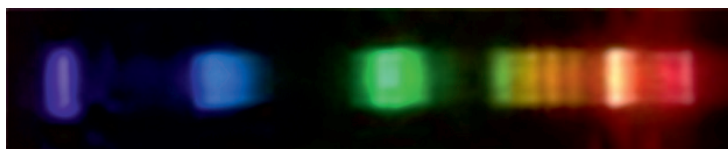
Kiedy widzimy światło białe?

Stwierdziliśmy, że mamy odczucie światła białego, jeżeli oświetlimy oko światłem o widmie ciągłym, takim jakie wysyłają ciała rozgrzane do wysokiej temperatury – jak włókno wolframowe żarówki czy Słońce. Odczucie światła białego może jednak powstawać i w innych przypadkach.

Doświadczenie 2

Powtórz doświadczenie 1 używając zamiast żarówki tradycyjnej, białej żarówki energooszczędnej.

W doświadczeniu stwierdzamy, że światło tej żarówki wcale nie ma widma ciągłego (rys. 4). Widmo żarówki energooszczędnej składa się z oddzielnych wąskich pasm i linii. Pomiędzy nimi istnieją całkiem ciemne obszary. Światło to jest złożone – ale ma zupełnie inny charakter, niż widmo żarówki tradycyjnej.



Rys. 4. Widmo żarówki energooszczędnej

Doświadczenie 3

Do doświadczenia potrzebny jest komputer z ekranem LCD. Narysuj na nim za pomocą dowolnego programu graficznego pionową białą linię na czarnym tle. Obejrzyj widmo świecenia tej linii za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Doświadczenie musisz przeprowadzić w zaciemnionym pokoju, bo świecenie ekranu telewizora (lub monitora) jest dość słabe.

W doświadczeniu stwierdzamy, że ekran nie wysyła światła o szerokim widmie ciągłym. Obserwuje się przede wszystkim wąskie linie – czerwoną i zieloną oraz niezbyt szerokie pasmo niebieskie. Oprócz tego występuje jeszcze słabe świecenie pomarańczowe.

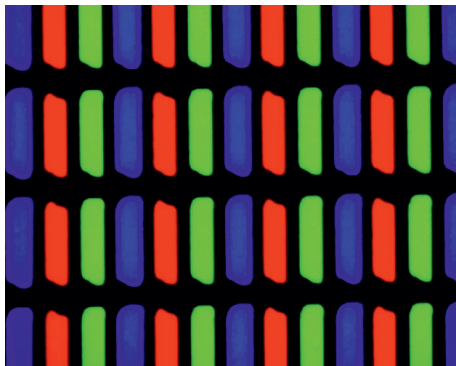
Podsumujmy nasze wyniki: odczucie światła białego powstaje wtedy, gdy równomiernie pobudzimy trzy rodzaje czopków. Można tego dokonać na różne sposoby.

Składanie barw, system RGB

Kiedy patrzymy na kolorowy telewizor czy monitor komputerowy (rys. 5), mamy odczucie pełnej gamy barw – od fioletu do czerwieni. Będziemy zakładać dla uproszczenia, że ekran telewizora wysyła tylko trzy rodzaje światła monochromatycznego: czerwone, zielone i niebieskie. Na ekranie świecą rzeczywiście małe barwne punkciki tylko tych trzech kolorów (rys. 6). Łatwo to samemu zobaczyć (doświadczenie 4).



Rys. 5. Telewizor



Rys. 6. Świecące „plamki” ekranu telewizora. Powiększenie około 100 razy

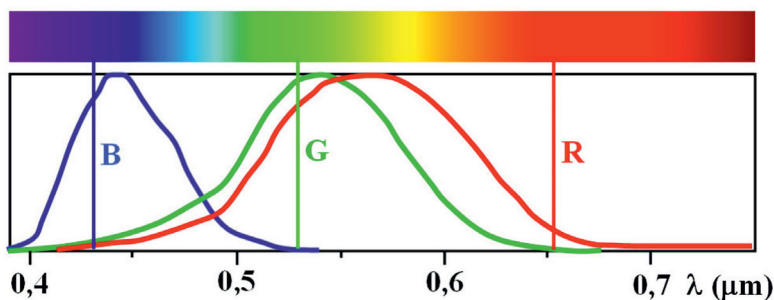
Doświadczenie 4

Włącz na ekranie telewizora lub monitora komputerowego wielobarwny obraz. Obejrzyj świecący ekran przez silne szkło powiększające (możesz spojrzeć przez dwie złożone ze sobą typowe lupy). Zaobserwuj, jak świecą poszczególne „plamki” dla barw różnego rodzaju.

Obserwujemy na przykład, że w miejscach niebieskich, zielonych i czerwonych ekranu świecą tylko odpowiednie plamki jednego rodzaju. W miejscach żółtych świecą jednocześnie plamki zielone i czerwone. W miejscach białych świecą równomiernie trzy rodzaje plamek itp.

Działanie barwnego telewizora polega na swojego rodzaju „oszukiwaniu” oka. Na przykład:

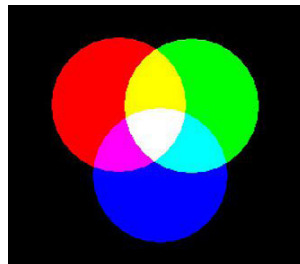
1. Widmowe światło żółte pobudzało jednocześnie komórki drugiego i trzeciego rodzaju (rys. 3). Taki sam efekt można uzyskać, oświetlając równocześnie oko światłem zielonym i czerwonym (G i R na rys. 7). A więc zmieszanie światła zielonego i czerwonego daje odczucie barwy żółtej.



Rys. 7. Barwy systemu RGB

2. Światło białe pobudzało jednakowo komórki wszystkich trzech rodzajów. Taki sam efekt można uzyskać przez zmieszanie światła niebieskiego, zielonego i czerwonego w odpowiednich proporcjach.
3. Odcienie „pastelowe”, jak kremowy, różowy czy seledynowy, także są wywołane pobudzeniem wszystkich trzech rodzajów komórek jednocześnie – ale w nieco różnych proporcjach.

4. Pobudzając komórki oka jednocześnie światłem czerwonym i niebieskim uzyskujemy wrażenie fioletu. Możemy jednak otrzymać także barwę pośrednią pomiędzy czerwienią a fioletem, czyli **purpurę**⁴ (rys. 8). Taka barwa nie występuje w widmie światła białego.

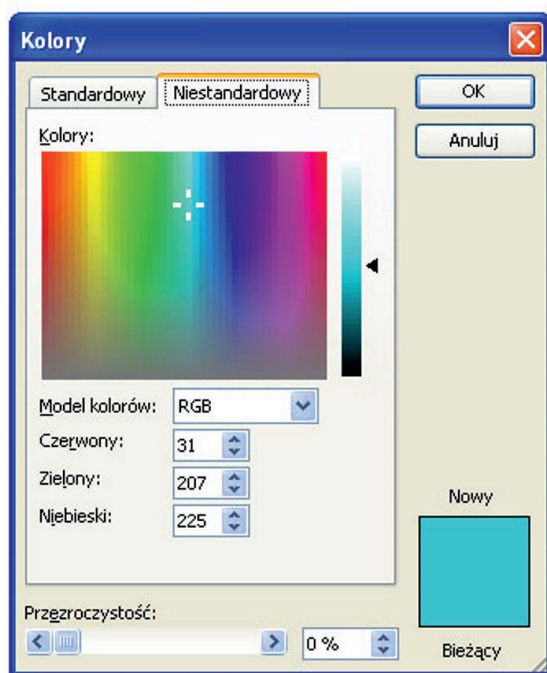


Rys. 8. Składanie barw RGB

Sposób uzyskiwania wrażenia różnych barw za pomocą trzech rodzajów światła jednobarwnego – czerwonego, zielonego i niebieskiego, po angielsku **Red**, **Green** i **Blue** – nazywamy **systemem RGB**.

Doświadczenie 5

I jeszcze propozycja zabawy komputerowej. Narysuj w programie Word dowolny prostokąt i nadaj mu dowolny kolor. A teraz uruchom *Kolory i linie* → *Wypełnienie kolor* → *Więcej kolorów* → *Niestandardowy*. Ustaw myszą znacznik na dowolnym wybranym kolorze (rys. 9). Odczytaj liczby, odpowiadające za wartości poszczególnych składników systemu RGB. Brak składnika to 0, pełny kolor to 255.



Rys. 9. Składanie barw RGB w programie Word

Możesz też postąpić odwrotnie: wyprodukować kolor, wpisując w okienka dowolnie wybrane przez siebie liczby.

⁴ Dawniej używano też nazwy: kolor *amarantowy*. Anglicy ten kolor nazywają *magenta*.

Przy okazji widać, że używany w monitorze komputerowym system RGB nie jest doskonały. Za jego pomocą nie można na przykład uzyskać nasyczonej barwy niebiesko-zielonej.

Jak powstają kolorowe obrazy przez mieszanie barw w systemie RGB pomoże ci zrozumieć prezentacja FOTO RGB (w internecie).

Daltonizm

Około 5% chłopców i 0,5% dziewcząt nie rozróżnia prawidłowo barw. Wiąże się to z wrodzonym brakiem któregoś z rodzajów komórek do widzenia dziennego. Najczęściej brakuje u takich ludzi komórek trzeciego rodzaju. Nie widzą oni światła czerwonego, a poza tym nie odróżniają czerwieni od zieleni.

Nazwa zaburzenia tego rodzaju – **daltonizm**⁵ – **pochodzi od nazwiska Daltona**⁶, który rozpoznał je u siebie.

Podsumowanie

W tym artykule przedstawiliśmy podstawy mechanizmu widzenia barwnego. Omówiliśmy także barwy, powstające przez dodawanie do siebie barw podstawowych. Takie zjawisko nazywamy **addytywnym**⁷ **mieszaniem barw**.



W następnym *Neutrinie* zajmiemy się powstawaniem barw, kiedy światło przechodzi przez kolorowe szyby albo warstwy farb drukarskich.

Jerzy Ginter

Lodówki i klimatyzatory – żeby chłodzić muszą grać

Życie bez używania lodówek byłoby bardzo utrudnione. Lodówki służą do przechowywania żywności, która w temperaturze pokojowej ulega szybkiemu zepsuciu przede wszystkim ze względu na obecność bakterii, których namnażaniu sprzyja wysoka temperatura. Na przykład bakterie mlekowe nie pozwoliłyby przetrwać świeżemu mleku na blacie kuchennym nawet kilku godzin (choć z drugiej strony dzięki nim stosunkowo szybko możemy otrzymać inny produkt mleczny, czyli zsiadłe mleko).

Już Wikingowie używali lodówek – przechowywali żywność w głębokich, wyłożonych lodem i zasypanych ziemią dołach. Rzeczywiście lód, ze względu na swoje fizykochemiczne właściwości, a zwłaszcza duże ciepło topnienia, pełni rolę substancji pochłaniającej energię cieplną i był używany do chłodzenia pożywienia (stąd pochodzi słowo *lodówka*).

Jeszcze po II wojnie światowej były w użyciu lodówki z wkładem z lodu. Lód był w mieście przez całe lato rozwożony przez wozaków. Magazynowany w dołach i ziemiankach. Rosjanie na Zimową Olimpiadę 2014 magazynowali śnieg w dolinie przez dwa lata. Był on pokryty specjalną „kołderką”.



⁵ W wyszukiwarce internetowej wpisz hasło „test na daltonizm” i samodzielnie sprawdź, czy masz wadę wzroku.

⁶ Dalton John (1766–1844), wybitny fizyk i chemik angielski.

⁷ Nazwa pochodzi z łaciny: *additio* – dodawanie.

Chłodzenie może odbywać się również przez odparowanie. Podczas upalnej pogody pocimy się. Następnie pot paruje, co powoduje obniżenie temperatury powierzchni naszego ciała. Układ, w którym następuje odparowanie cieczy, ochładza się. W czasie parowania z układu pobierane jest ciepło, które wykorzystywane jest na zmianę stanu skupienia cieczy (tzw. ciepło parowania). Beduini na pustyni mają w swoich bukłakach chłodną wodę – jakim sposobem? Bukłaki, które najczęściej wykonane są ze skóry zwierzęcej, są wilgotne z zewnątrz. Ta warstwa wody odparowując pobiera energię od wody pozostającej w bukłaku, co powoduje, że ta ciągle jest ochładzana. Starzy harcerze pamiętają aluminiowe manierki w futerałach z filcu. Filc był wilgotny i parująca z niego woda chłodziła zawartość.

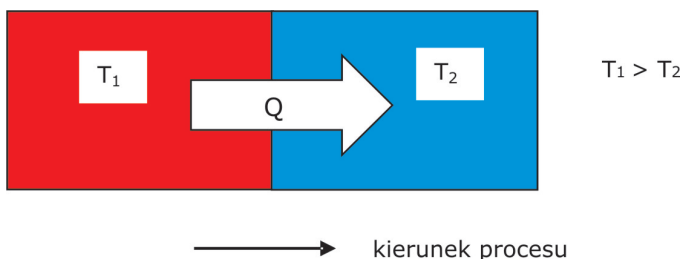


Rys. 1. Przykładowa manierka

(źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Manierka.JPG>)

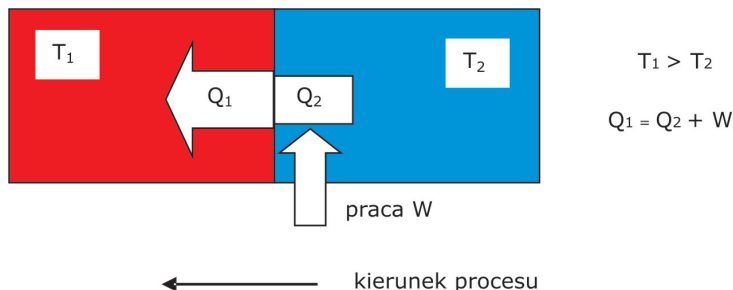
Pierwsze lodówki przemysłowe zostały skonstruowane w XIX w. dla browarów w USA i Niemczech, a pierwsze lodówki dla gospodarstw domowych pojawiły się na początku XX w. Obniżają one temperaturę kosztem dostarczonej pracy. W domowych lodówkach pracę wykonuje sprężarka zasilana prądem elektrycznym, która znajduje się na tylnej, zewnętrznej ścianie urządzenia. Dzięki pracy sprężarki energia wewnętrzna powietrza w lodówce jest wydalana na zewnątrz, czyli jest oddawana otoczeniu. Dlatego „plecy” lodówki grzeją i z tego powodu lodówka musi stać odsunięta od ściany pomieszczenia.

Przepływ ciepła zachodzi spontanicznie między dwoma stykającymi się ciałami o różnych temperaturach – od ciała cieplejszego do zimniejszego.



Tyle samo ciepła wypływa od ciała cieplejszego, ile wpływa do chłodniejszego. **Proces, w którym ciepło miałyby wypływać od ciała chłodniejszego o niższej temperaturze do ciała cieplejszego nie zachodzi spontanicznie. Musi zostać wykonana praca!** O tym mówi II zasada termodynamiki.

Ilość ciepła wyprowadzana z ciała chłodniejszego nie jest równa ilości ciepła doprowadzanego do ciała cieplejszego. Ta ilość ciepła odprowadzanego do ciała zewnętrznego – w przypadku lodówki: na zewnątrz, do otoczenia, jest większa o pracę wykonaną przez sprężarkę.



Jakie zadanie wykonuje sprężarka

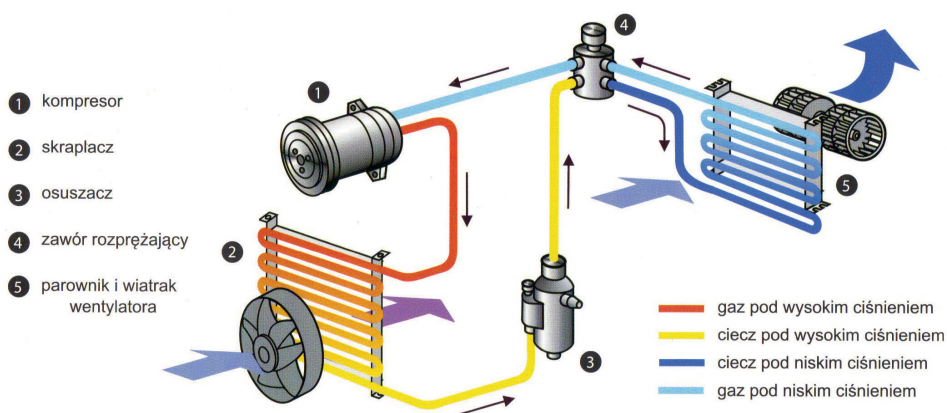
Zadaniem sprężarki jest zwiększanie ciśnienia (sprężanie) substancji chłodzącej – gazu, który krąży w specjalnych rurkach. Efektem gwałtownego podnoszenia ciśnienia jest wzrost temperatury sprężanego gazu. Najprostszym przykładem takiego sprężania gazu jest energiczne pompowanie koła pompką rowerową (zaobserwuj to zjawisko przy najbliższej okazji). Gdy przepływający w rurkach gaz dociera do wnętrza lodówki, podlega on nagłemu rozprężeniu, co powoduje obniżenie jego temperatury i gaz pochłania ciepło przechowywanych w lodówce produktów. O tym, że rozprężany gwałtownie gaz zmniejsza temperaturę (tzw. rozprężanie adiabatyczne) łatwo się samemu przekonać, np. po odkręceniu wentylka przy kole rowerowym następuje ochłodzenie wentylka.

Lodówka chłodzi dzięki wytwarzanej przez sprężarkę różnicy ciśnień pomiędzy gazem krążącym w rurkach na zewnątrz (wysokie ciśnienie i wyższa temperatura) i wewnątrz (niskie ciśnienie i niższa temperatura) lodówki. Transport ciepła – z wnętrza na zewnątrz lodówki – nie może być wykonany bez poniesienia kosztów. Ten koszt ponosi sprężarka wykonując pracę mechaniczną kosztem prądu elektrycznego.

W jakim celu w lodówkach są termostaty

Aby ustawić temperaturę w lodówce stosuje się urządzenie zwane termostatem. Czujnik ten steruje agregatem, czyli „silnikiem” lodówki, obejmującym cały zespół chłodzący – sprężarkę, parownik, rurki itp. Termostat uruchamia agregat, gdy temperatura w lodówce podniesie się powyżej ustalonej wcześniej wartości. Gdy temperatura we wnętrzu lodówki spadnie poniżej ustalonej temperatury – agregat się wyłącza. Otwarte drzwi lodówki powodują, że termostat „czuje” ciągle zbyt wysoką temperaturę i zmusza agregat do pracy. Praca agregatu, a zwłaszcza sprężarki, powoduje charakterystyczne buczenie, zwłaszcza dla starszych modeli lodówek.

Nasza strefa klimatyczna nie zmusza nas do ciągłego stosowania klimatyzatorów, ale ostatnie upalne lata coraz częściej zachęcają nas do korzystania z tego wynalazku. Klimatyzator działa na tej samej zasadzie, co lodówka. Nie dmuchamy zatem do wnętrza chłodnym powietrzem z zewnątrz (tak działają nawiewy), tylko zabieramy ciepło z gorącego powietrza wypełniającego pomieszczenie, a zbiornikiem o niższej temperaturze jest ochładzane pomieszczenie, a zbiornikiem o wyższej temperaturze powietrze na zewnątrz budynku. Substancja chłodząca w rurkach klimatyzatora chłodzi otaczające go powietrze, a pochłaniane przez nią ciepło jest transportowane na zewnątrz. Ponownie mamy do czynienia z etapem „niechcianego” ogrzewania. Ale nie przejmujemy się tym; to zewnątrz się grzeje. Cykl pracy, podobnie jak w lodówkach, podtrzymywany jest przez sprężarkę zasilaną prądem elektrycznym. W klimatyzatorach zainstalowany jest wentylator, który zwiększa przepływ powietrza wokół przewodów z substancją chłodzącą i stąd może pojawiać się złudny efekt nawiewania chłodnego powietrza z zewnątrz.



Rys. 2. Klimatyzacja samochodowa

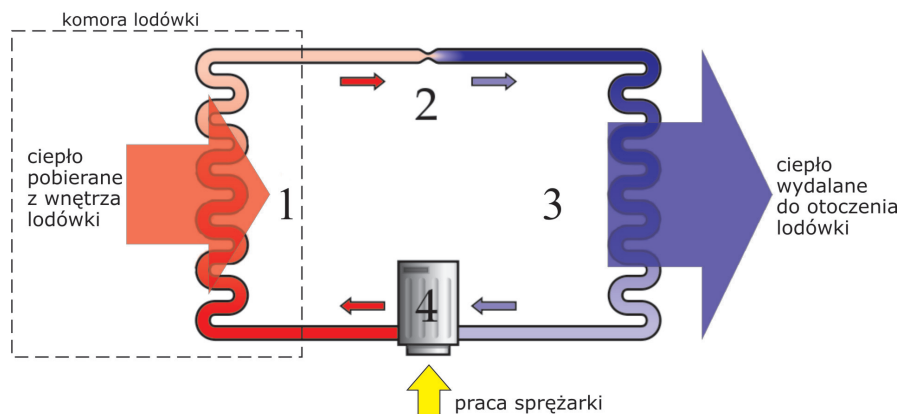
(źródło: http://www.proauto.com.pl/attachments/Image/schemat_klima_3.jpg)

Istnieją modele lodówek pracujące bez sprężarek, które nie mają tak rozbudowanego mechanizmu chłodzącego, tym samym pracują ciszej. Można je również zasilać przez USB. Chłodzą one na zasadzie zupełnie innego efektu, w którym zmiana temperatury zależy od kierunku przepływu prądu w specjalnie skonstruowanym termoelektrycznym złączu półprzewodników lub przewodników. „Cuda” te mają jednak jedną wadę – są dużo mniej efektywne od tradycyjnych lodówek.

Chłodziarka sprężarkowa

Najprostszy układ chłodniczy (rys. 3) składa się z następujących elementów:

1. skraplacza,
2. elementu dławiącego (w urządzeniach domowych rolę tę pełni rurka kapilarna),
3. parownika.
4. sprężarki.



Rys. 3. Schemat układu chłodniczego

W parowniku, który jest umiejscowiony w środowisku chłodzonym, panuje niskie ciśnienie, więc i niska temperatura. Znajdujący się tam czynnik chłodniczy wrze, intensywnie odbierając ciepło. Następnie jest zasysany i sprężany przez sprężarkę, po czym trafia do skraplacza, gdzie pod wysokim ciśnieniem ulega skropleniu. Ciekły czynnik o temperaturze wyższej od temperatury otoczenia trafia do elementu dławiącego, ponieważ jego ciśnienie musi zostać obniżone do ciśnienia panującego w parowniku. Podczas dławienia część czynnika chłodniczego odparowuje powodując spadek temperatury pozostałej cieczy. Zimna mieszanina cieczoowo-parowa trafia do parownika i cykl się powtarza.

K.D-K

Konrad Maria Paweł Rudnicki (1926–2013) – astronom, filozof, duchowny starokatolicki

W listopadzie 2013 roku zmarł w wieku 87 lat wybitny astronom, niezwykle człowiek. Do kin wchodzi teraz film „Kamienie na szaniec”, który obejrzy zapewne większość czytelników *Neutrino*. Profesor Rudnicki był w czasie okupacji hitlerowskiej i Powstania Warszawskiego rówieśnikiem bohaterów filmu. Jego losy były równie dramatyczne. Uczył się i zdawał maturę na tajnych kompletach, należał do partyzantki, był więziony przez Gestapo. Na szczęście ocalał i zasłużył się nie tylko polskiej astronomii.

Pochodził z patriotycznej rodziny o lewicowych poglądach. Mama, oczywiście jeszcze przed I wojną światową, była działaczką partii socjalistycznej i bliską współpracownicą późniejszego Marszałka Piłsudskiego. Ojciec za carskiej Rosji został zesłany na trzy lata do Guberni Archangielskiej.

Przez pierwsze lata szkoły powszechnej Konrad uczył się w Sulejowie koło Piotrkowa (skąd pochodził jego ojciec). Szkołę powszechną ukończył już w Warszawie. Kolejne klasy szkolne, jak wielu rówieśników, zaliczał na tajnych kompletach. Niemieckiego uczyła go nauczycielka, która przerabiała z nim klasyków niemieckiego romantyzmu w oryginale i nauczyła go odróżniać bogatą kulturę niemiecką od hitleryzmu, co w tamtym czasie było bardzo emocjonal-

nie trudne. Znajomość języka niemieckiego przydała mu się podczas pobytu w więzieniu Gestapo.

Nas interesuje, jak to się stało, że młody Konrad Rudnicki zainteresował się astronomią. Oddajmy głos samemu Rudnickiemu. Oto co napisał w 2003 roku dla *Uranii* (2/2003):

Kiedy się zostaje astronomem? Czy od chwili otrzymania dyplomu uniwersyteckiego? Czy od pierwszej publikacji? Czy od pierwszego poważnego spojrzenia na niebo? Można dyskutować...

Od kiedy ja jestem astronomem? Chyba byłem nim od zawsze. Moi rodzice opowiadali, że mając cztery lata, na pytanie kim będę, odpowiadałem już nieodmiennie – astronomem. Mój brat Kazimierz, zmarły przed moim urodzeniem, pozostawił po sobie lunetę ze starego niwelatora, atlasik astronomiczny M. Arcta i kilka nakreślonych własnoręcznie mappek nieba. Dużo w domu opowiadano o bracie, jaki był mądry, zdolny i dobry. Moim nieśmiałym marzeniem było dorównać bratu. Odnosiłem się z szacunkiem do pozostawionych przez niego książek, instrumentów i notatek. Czulem się szczęśliwy, gdy w miarę jak roستم, coraz więcej pozwalano mi z nich korzystać.

Moją pierwszą pracą astronomiczną było opracowanie metody pomiarów odległości Księżyca od Ziemi. Lunetka mego brata miała wyciąg okularowy z zębatką. Zauważyłem, że inaczej trzeba wysunąć okular do oglądania ściany pokoju, inaczej – sąsiedniego domu. Postanowiłem więc wykreślić eksperymentalnie przy zębatce podziałkę odległości, ekstrapolować ją, nastawić ostro na Księżyc i odczytać odległość. Niestety z ekstrapolacją były kłopoty. Nastawienia na odległą stodołę i na szczyt dalekiej góry niczym się od siebie nie różniły. Odległości Księżyca od Ziemi nie zmierzyłem, ale zrozumiałem, co znaczy „ogniskować na nieskończoność”.

Była wojna. Przenieśliśmy się na stałe z Warszawy do Sulejowa nad Pilicą. Materiał kolejnych klas gimnazjum i liceum zdawałem jako ekstern na kompletach tajnego nauczania w pobliskim Piotrkowie Trybunalskim. Pamiętam, jak w czasie egzaminu z kolejnej klasy do pokoju wszedł niespodziewanie zakwaterowany właśnie w tym domu oficer niemiecki. Sytuacja była niebezpieczna. Rozłożona przede mną praca pisemna nie pozostawiała wątpliwości co do charakteru mojej wizyty. Profesorka, w pełni opanowana, powiedziała nieomal prawdę: „To mój prywatny uczeń”. Wojskowy się uśmiechnął, skłonił i wyszedł. Uznał sytuację za normalną. Frontowy oficer nie orientował się w warunkach panujących w Generalnej Guberni. Gorszych wpadek nie było.

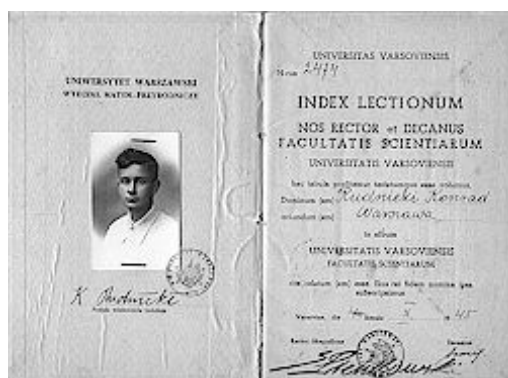
Wraz z czworgiem rodzeństwa Wójcików założyliśmy instytucję nazwaną szumnie – od dzielnicy Sulejowa gdzie stał ich dom – Obserwatorium Astronomicznym na Dobrej Wodzie. Łącznie obserwatorów było około dziesięcioro. To obserwatorium było chyba prawdziwe, bo wychowało dwóch profesorów astronomii i dwóch innych pracowników badawczych. Nasze obserwacje robione bez żadnych instrukcji nie miały najmniejszego znaczenia naukowego, ale udało się nam wyznaczyć okresy obiegów Galileuszowych księżyców Jowisza, obliczyć dla nich efemerydy i stwierdzić ich poprawność. Odnotowaliśmy to dumnie w wydawanej i rozposzczelnianej przez nas co miesiąc gazetce astronomicznej. Za tę gazetkę można się było dostać do obozu koncentracyjnego. Ale to byłby powód drobny. Istniały ważniejsze. Pracowaliśmy wszyscy również w poważnej konspiracji, każdy w innej. Od zimy 1943/44 wypadło nam zapomnieć o obserwacjach (...).



Rok 1936; w tym roku Rudnicki opracowywał metodę pomiaru odległości Księżyca od Ziemi

W czasie okupacji w Piotrkowie Trybunalskim Konrad wraz z matką ochraniał kilku Żydów. Za tę heroiczną działalność został odznaczony medalem „Sprawiedliwy Wśród Narodów Świata *Yad Vashem*” w Jerozolimie. Był też w partyzancie Gwardii Ludowej, miał pseudonimy „Zemsta” i „Twardowski”. Dosłownie cudem przeżył palenie Gdańska przez Rosjan. Profesor opowiadał, że wprawdzie jeden z Rosjan przyszedł ostrzec jego oddział, ale z powodu nieznajomości języka nie skorzystali z ostrzeżenia. Ocknęli się w nocy, gdy wszystko wokół płonęło. Skakali przez okno z trzeciego piętra. Konrad przeżył skok, bo upadek zamortyzowały zwłoki jednego z kolegów, który skoczył wcześniej. Była to wstrząsająca relacja (na podstawie bloga Małgorzaty Karoliny Piekarskiej pt. „W świecie absurdów”).

Od września 1945 roku Konrad Rudnicki studiował astronomię na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie pracował naukowo przez następnych kilkanaście lat. W 1965 roku podczas pobytu w amerykańskim *Palomar Observatory* odkrył nową kometa i zarejestrował ją na kliszy fotograficznej. Była to pierwsza kometa odkryta przez Polaka po II wojnie światowej i od nazwiska odkrywcy nazwano ją **C/1966 T1 Rudnicki**.



Indeks Konrada Rudnickiego, studenta Uniwersytetu Warszawskiego

Jako duchowny Kościoła starokatolickiego był ministrem generalnym Zgromadzenia Mariawitów. W czasie jednego z pobytów w Castel Gandolfo¹, na sympozjach organizowanych przez papieża Jana Pawła II (papież zapraszał rozmaitych wybitnych uczonych, by zapoznawać się z najnowszymi osiągnięciami nauki i dyskutować z uczonymi na temat roli nauki) odprawił mszę mariawicką.

Od 1968 pracował w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, gdzie wykładał niemal do końca swoich dni. W latach 1984–1989 był tam również dyrektorem.

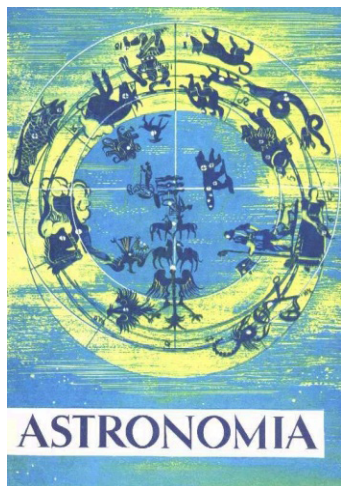
Specjalności Konrada Rudnickiego jako astronoma to astronomia gwiazdowa, astronomia pozagalaktyczna, kosmologia, metodologia astronomii, metodologia nauk.

¹ Po traktatach laterańskich, jakie miały miejsce w 1929 roku, Castel Gandolfo zostało uznane za eksterytorialną własność Watykanu. Miasto rozkwitło po II wojnie światowej, głównie w czasie pontyfikatów Piusa XII i Jana Pawła II. Polski papież organizował tu liczne sympozja, na które oprócz duchownych przybywały także osoby świeckie.

Na terenie rezydencji papieskiej znajduje się też słynne obserwatorium astronomiczne.

Profesor Rudnicki był nie tylko wybitnym astronomem, wykładającym na wielu uniwersytetach, odznaczonym wyróżnieniami naukowymi, lecz był również filozofem, antropozofem². Jako teolog był także mistykiem.

Z.G-M



Podręcznik autorstwa prof. M.P.R. Rudnickiego

Heron z Aleksandrii (I w. n.e.)

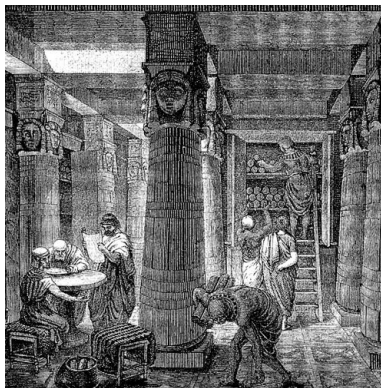
W pierwszym wieku naszej ery we wspaniałym mieście Aleksandrii, stolicy Egiptu, którym od trzech stuleci władała dynastia Ptolemeuszów, żył i działał wszechstronny uczony, którego w naszych czasach nazwalibyśmy matematykiem i fizykiem stosowanym oraz inżynierem. To Heron.

Aleksandrię założył Aleksander Macedoński w 332 r. p.n.e. na miejscu miasta istniejącego już od przeszło dwóch tysięcy lat. Sprowadził znakomitego urbanistę i architekta Dejnocharesa. Zaplanował on stolicę Egiptu, która stała się na parę stuleci ważnym ośrodkiem handlu i kultury w basenie Morza Śródziemnego.

Ptolemeusze byli światłymi władcami, dbającymi również o naukę i kulturę. Założyli największą w tamtych czasach bibliotekę (330 r. p.n.e.), liczącą około 700 tys. dzieł. Była ona najważniejszą częścią prototypu uczelni czy też akademii nauk – muzeum.



² Antropozofia według Steinera: „Przez antropozofię rozumiem naukowe badanie świata duchowego, które przekracza jednostronność zarówno czystego przyrodoznawstwa, jak i zwykłej mistyki, i które – zanim podejmie próbę wnikięcia w świat ponadzmysłowy – w poznającej duszy rozwija najpierw nieznaną jeszcze zwykłej świadomości i zwykłej nauce siły, jakie wnikięcie takie umożliwiają”.



Wyobrażenie wnętrza starożytnej Biblioteki Aleksandryjskiej

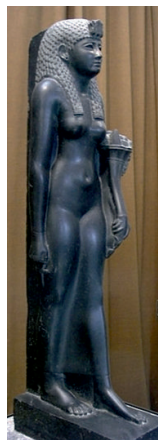


Współczesna Biblioteka Aleksandryjska

Przy muzeum działało obserwatorium astronomiczne, ogród botaniczny i zoologiczny. Uczni z całego basenu Morza Śródziemnego pielgrzymowali do Aleksandrii.

Znany wszystkim Euklides odkrywał w Aleksandrii prawa geometrii, której uczymy się do tej pory. W Aleksandrii tworzył również Archimedes i tu odkrył słynne „prawo Archimedes’a”. Tu też zginął w czasie drugiej wojny punickiej.

Za czasów Ptolemeusza prowadzono cały szereg prac inżynierskich, jak np. przekopanie kanału do Nilu czy też zbudowanie słynnej latarni morskiej na Faros.

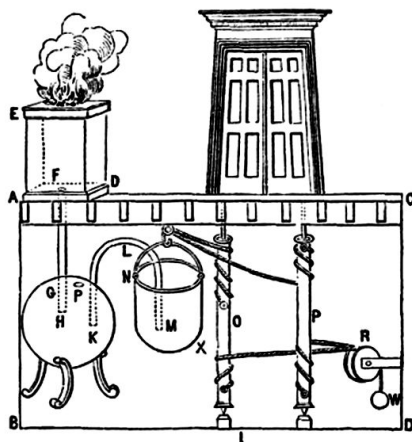


Pomimo, że czasy nie były spokojne, uczeni filozofowie byli cenieni i otrzymywali pensje od władców. Czasy, w których działał Heron też były burzliwe, były to czasy wojen domowych w Rzymie, czasy panowania ostatniej królowej z dynastii Ptolemeusza, Kleopatry VII.

Heron nie tylko był twórczym uczonym i wynalazcą, lecz także nauczycielem i autorem wielkich dzieł – kompendiów ówczesnej wiedzy. Na szczęście niektóre z nich przetrwały dzięki arabskim kopiom. Te dzieła to: *Pneumatyka*, *Mechanika*, *Zwierciadła*.

Heron wymyślał rozmaite, zmyślne urządzenia. Jest autorem automatycznie otwieranych bram do świątyni poprzez zapalenie ognia ofiarnego na ołtarzu.

Rozgrzane powietrze pod paleniskiem wypiera wodę ze zbiornika, ta przemieszcza się do wiadra wiszącego na systemie linek i bloczków, a w chwili, gdy wiadro jest wystarczająco ciężkie, wałki zaczynają się obracać i otwierają drzwi.



Jak nazwa wskazuje, również „fontanna Herona” jest jego pomysłu. Heron był autorem pierwszego silnika parowego zwanego aeolipilą, czyli inaczej Banią Herona. Niestety, potraktowano tę banię bardziej jako gadżet czy zabawkę, nie dostrzeżono w niej potencjału przemysłowego. Może na szczęście, może świat wyglądałby dzisiaj zupełnie inaczej, gdyby rewolucja maszyn parowych nastąpiła na początku pierwszego tysiąclecia.

Przykład Aten, Aleksandrii czy Rzymu pokazuje, że nawet bardzo wysokie cywilizacje, jak wspaniała kultura helleńska, mogą upaść. Dobrze, że dzięki Arabom wielkie dzieła antycznej kultury przechowały się, by stanowić bazę do rozwoju już naszej cywilizacji.

Zapraszamy do wirtualnej wizyty w starożytnej Bibliotece Aleksandryjskiej:

http://www.wsp.krakow.pl/whk/biblioteki/wir_wyc.html

Z.G-M

Bania Herona – aeolipila

Bania Herona to jedno z wielu urządzeń skonstruowanych przez Herona z Aleksandrii, prawdopodobnie jako gadżet ku ucieście uczniów, władców – mecenasów czy obserwatorów. Była to pierwsza maszyna parowa.



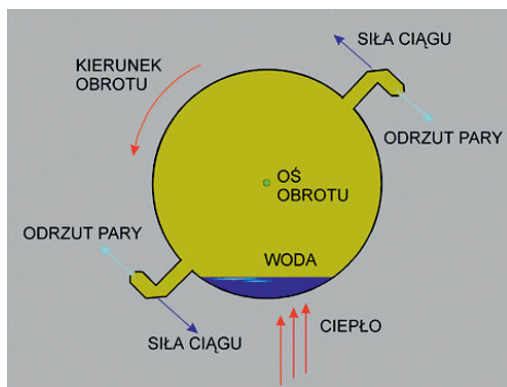
Rycina przedstawiająca
banię w działaniu



Współczesna rekonstrukcja
Bani Herona

Według rekonstrukcji angielskich uczonych maszyna mogła osiągać aż 1500 obrotów na minutę. Bania Herona wykazywała jednak nadmierne zużycie paliwa, a połączenie wirującej kuli z łożyskowaniem było nieskuteczne przy zmianach temperatury.

Jak widać na załączonej rycinie, urządzenie składa się z podgrzewanego ogniem kotła oraz z umocowanej nad nim turbiny w formie kuli zamocowanej na osi. Na jej obwodzie znajdują się dwie dysze skierowane przeciwniebieżnie. Powstająca w kotle para doprowadzana jest do kuli przez wydrążone przewody, a następnie wyrzucana z niej pod ciśnieniem poprzez dysze umieszczone jak na schemacie (http://portalwiedzy.onet.pl/68763,1,,,herona_bania,haslo.html).



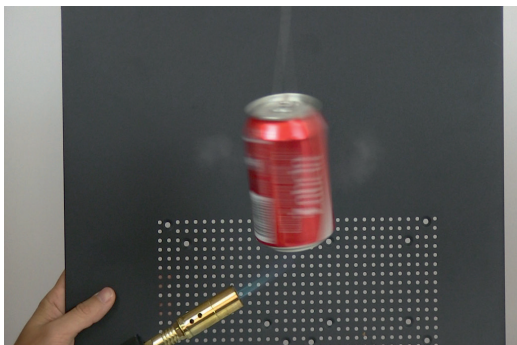
Wywołane przez wypływ pary z dysz siły odrzutu powodują obrót kuli. Obracającą się kulę można było ulepszyć i zaprząć do pracy. Tego jednak w starożytności nie zrobiono, może dlatego, że nie było takiej potrzeby; do pracy zaprzęcano wtedy niewolników.

W internecie można znaleźć bardzo dużo propozycji zbudowania modeli bani Herona. Trzeba jednak koniecznie pamiętać, że „zabawy z banią” mogą być niebezpieczne, bo banię napędza gorąca para wodna.

Czytelnikom *Neutrino* proponujemy bardzo prostą wersję, również dla mało sprawnych demonstratorów. Autorem pomysłu jest pan Darek Hoffmann, znany z portalu SciFan (<http://www.youtube.com/watch?v=9BIVf0lrTSQ>).



Wirującą kulę zastępuje puszka po coli z odrobiną wody, podgrzewana palnikiem gazowym.



Dysze zastąpiono otworami po przeciwnych stronach puszk (rys. 2 i 3).



Iglę należy wbić prostopadle, a następnie powstały otwór wygiąć tak, aby skierowany został na bok. Otwory muszą być na tej samej wysokości, w ułożeniu stycznym do powierzchni puszk i posiadać przeciwne zwroty.

Sprawniejszym technicznie demonstratorom polecamy wyszukany przez nas w internecie „prosty silnik parowy według Herona” (<http://docs9.chomikuj.pl/1641536178,PL,0,0,Prosty-silnik-parowy-wed%C5%82ug-Herona.docx>), gdzie można znaleźć bardzo dokładną instrukcję budowy.

Polecamy lekturę „Nowoczesna” Starożytność – <http://spryciarze.pl/app/webroot/forum/viewtopic.php?f=45&t=3086>.

Z.G-M

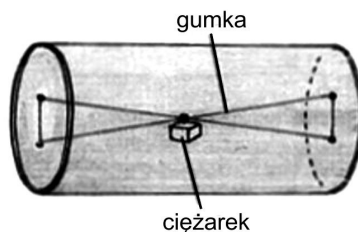
Zabawki fizyczne

Zabawki przygotowane na święto nauk matematyczno-przyrodniczych organizowane w Gimnazjum nr 2 w Ciechanowie.

Powracający walec

Cylindryczną puszkę metalową (np. po napoju lub farbie) znajdującą się na wypoziomowanym stole popychamy i pozwalamy jej swobodnie się toczyć. Stwierdzamy zaskakujący fakt: puszka po zatrzymaniu zaczyna poruszać się z powrotem i wraca prawie do miejsca startu. Co znajduje się wewnątrz puszk? Rozwiązanie przedstawia rysunek.

Energia kinetyczna podczas pierwszej fazy ruchu puszk zamienia się w energię sprężystości (gumka skręca się dzięki ciężarkowi – może to być np. nakrętka), która po zatrzymaniu puszk ponownie zamienia się w energię kinetyczną.



„Zaprzeczenie” prawa grawitacji

W drewnianym stojaku umieszczamy zamkniętą butelkę wypełnioną wodą. Stojak razem z butelką tworzą układ, którego środek ciężkości znajduje się w miejscu podparcia (dolny koniec stojaka), dlatego butelka nie przewraca się. Butelka zachowuje równowagę przy różnym napełnieniu cieczą.

Stojak wykonany jest z drewnianej listwy, której końce ścięte są pod kątem 45°. W części centralnej listwy wykonany jest otwór o średnicy niewiele większej od szyjki butelki (ok. 3 cm) również pod kątem 45°.



Wojciech Zalewski
nauczyciel fizyki w Gimnazjum nr 2 w Ciechanowie

FOTO RGB



Jeżeli chcesz dodać kolor, przyciśnij znaczek ± na czarnym polu. Jeżeli chcesz usunąć kolor, przyciśnij znaczek ± na barwnym polu.

FOTO RGB



FOTO RGB



	$\pm$
	$\pm$
	$\pm$

FOTO RGB



	$\pm$
	$\pm$
	$\pm$

FOTO RGB

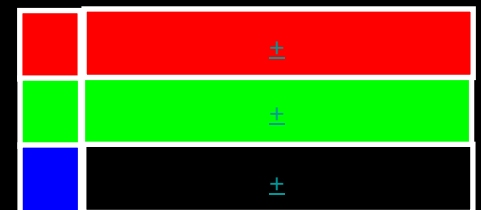


FOTO RGB

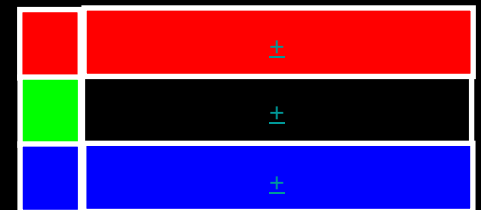


FOTO RGB

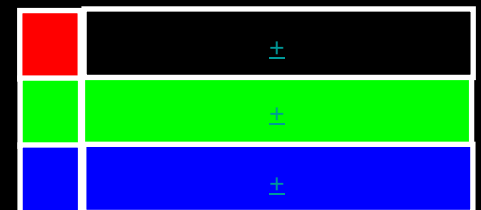


FOTO RGB

