

Przyroda – zeszyty toruńskie

Zeszyt I

Wersja robocza

Autorzy:

mgr inż. Anna Kozłowska

mgr Justyna Chojnacka

pod redakcją prof. dr hab. Grzegorza Karwasza

Zakład Dydaktyki Fizyki

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Rysunki: Katarzyna Konieczna

Spis treści

8. Polscy badacze i ich odkrycia (J. Chojnacka).....	2
8.1. Fizyka i astronomia	2
Mikołaj Kopernik i system heliocentryczny	2
Maria Skłodowska – Curie i odkrycie promieniotwórczości	6
Kazimierz Fajans i badania reakcji jądrowych	9
Jan Czochrański – ojciec epoki krzemowej	9
Aleksander Jabłoński.....	12
Józef Rotblat – fizyk, Polak, noblista.....	14
8.2. Chemia	16
Zygmunt Wróblewski i Karol Olszewski – skroplenie azotu i tlenu	16
Jan Józef Ignacy Łukasiewicz	18
8.3. Geografia.....	19
Ignacy Domeyko - Chile	19
Paweł Edmund Strzelecki.....	21
Aleksander Czekanowski i Jan Czerski - Syberia.....	23
Pytania kontrolne.....	24
14. Współczesna diagnostyka i medycyna (A. Kozłowska).....	25
14.1. Od promieni „X” do tomografii komputerowej	25
14.2. Metody obrazowania narządów i terapii	27
Elektrokardiografia.....	29
Badanie dopplerowskie przepływu krwi	30
Rentgenowska tomografia komputerowa (CT)	31
Rezonans magnetyczny (MRI).....	31
Scyntygrafia	33
Laseroterapia	34
14.3. „Części zamienne“, czyli materiały, z których wykonuje się implanty	35
14.4. Czym są patogeny, jakie istnieją mutacje genowe i czym się zajmuje medycyna molekularna?	35
Kodowanie informacji genetycznej.....	36
Prawa Mendla.....	37
Czym są patogeny?.....	41
14.5. Czy choroby cywilizacyjne mogą zagrozić światu? Jak się ustrzec?.....	42
Pytania kontrolne.....	43
21. Układ szkieletowy człowieka (A. Kozłowska).....	44
Budowa szkieletu człowieka	46
21.1. Fizyka kręgosłupa a jego schorzenia.....	46
21.2. Znaczenie ruchu w życiu człowieka.....	49
Czym są witaminy?	50
Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach:.....	51
Witaminy rozpuszczalne w wodzie:.....	51
Mikroelementy (występują w skupiskach poniżej 100 mg).....	52
21.3. Chemiczne podłoże przemiany materii	53
Skuteczne odchudzanie	54
21.4. Biologiczne aspekty zdrowia	56
21.5. Zagrożenia cywilizacyjne.....	62
Pytania kontrolne.....	63

8. Polscy badacze i ich odkrycia

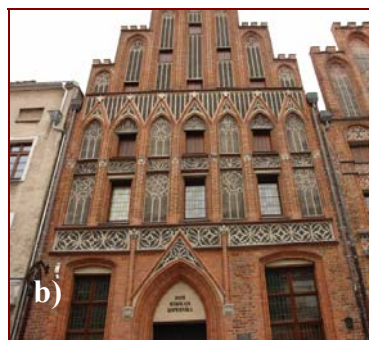
„Eureka” (gr. *heurisko*) wykrzyknął Archimedes odkrywając jedno z podstawowych praw hydrostatyki..., a bynajmniej Archimedesowi jest to przypisane. Po Archimedesie dobra passa odkrywców i badaczy nie kończy się i trwa nieprzerwanie do dziś, również wśród polskich naukowców.

8.1. Fizyka i astronomia

Mikołaj Kopernik i system heliocentryczny

Mikołaj Kopernik człowiek, który „Ruszył Ziemię, wstrzymał Słońce i Niebo” (łaciński napis umieszczony na cokole pomnika Mikołaja Kopernika głosi: „*Nicolaus Copernicus Thorunensis. Terrae motor, Solis Caelique stator*”), który sięgnął gwiazd, człowiek renesansu (wyprzedzał epokę w której żył – średniowiecze). Wielki myśliciel, wspaniały obserwator. Trudno znaleźć bardziej zasłużonego dla nauki Polaka.

Urodził się w toruńskiej rodzinie kupieckiej, która przybyła do Torunia przypuszczalnie z okolic Wrocławia. Ojciec Astronoma, też Mikołaj, pożyczał pieniądze na wojnę z Zakonem Krzyżackim królowi polskiemu, Kazimierzowi Jagiellończykowi. Mikołaj junior urodził się w 1473 roku, siedem lat po tym, jak Toruń przeszedł pod panowanie polskie. Został ochrzczony w katedrze p. w. Św. Jana Chrzciciela i Św. Jana Ewangelisty. Przy katedrze młody Kopernik rozpoczął naukę w szkole miejskiej.



Rys.8.1. a) Katedra p.w. św. Janów – miejsce, w którym prawdopodobnie został ochrzczony Mikołaj Kopernik. **b)** Muzeum „Dom Kopernika” widok od ulicy Żeglarskiej.

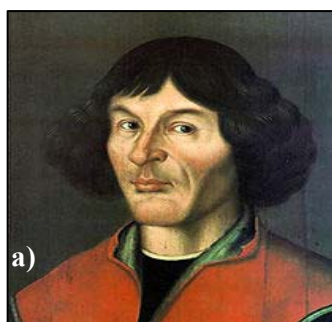
W wieku 18 lat (w 1491 r.) podjął studia na wydziale sztuk wyzwolonych¹ w Krakowie (na wniosek wuja biskupa Łukasza Watzenrode). Studia skończył w 1495 roku nie uzyskując tytułu magistra atrium. W tym samym roku wyjechał do Fromborka, gdzie miał objąć godność kanonika kapituły warmińskiej. Nie otrzymał jednak tego stanowiska od razu wobec oporu pozostałych członków kapituły. W 1497 roku podjął studia prawa kanonicznego na Uniwersytecie w Bolonii gdzie pogłębiał również znajomość literatury klasycznej. W tym okresie mieszkał u Domenico Maria Novara, profesora matematyki, jednego z pierwszych krytyków „Geografii” greckiego astronoma, Ptolemeusza. Kopernik i Novara 9 marca 1497 obserwowali razem zaćmienie jasnej gwiazdy, Aldebarana przez Księżyc w nowiu.

¹ **sztuki wyzwolone** (artes liberales), nauki świeckie wykładane w szkołach starożytnego Rzymu i średniowiecznej Europy; dzieliły się na trivium (gramatyka, retoryka, dialektyka) i quadrivium (arytmetyka, geometria, astronomia, muzyka). [Encyklopedia PWN]

Obserwacja ta miała na celu wykazanie, że w nowiu Księżyc nie jest bliższy Ziemi, jak to wynikałoby z teorii Ptolemeusza.

W 1500 roku Kopernik wykładał astronomię w Rzymie, a rok później uzyskał zgodę na studia w zakresie medycyny na Uniwersytecie w Padwie. Uzyskał dyplom w 1592 roku (w archiwach Uniwersytetu do dziś znajduje się jego podpis w rejestrze wydanych dyplomów) a jednocześnie prawie, w 1503 roku uzyskał dyplom w zakresie prawa kanonicznego w Ferrarze. W Padwie, z pomocą kolegów doskonalił również znajomość greki, niezbędną aby w oryginale poznać pisma starożytnych uczonych. Dzieło swe *De Revolutionibus* zaczyna, zresztą, od cytowania poglądów starożytnych Greków.

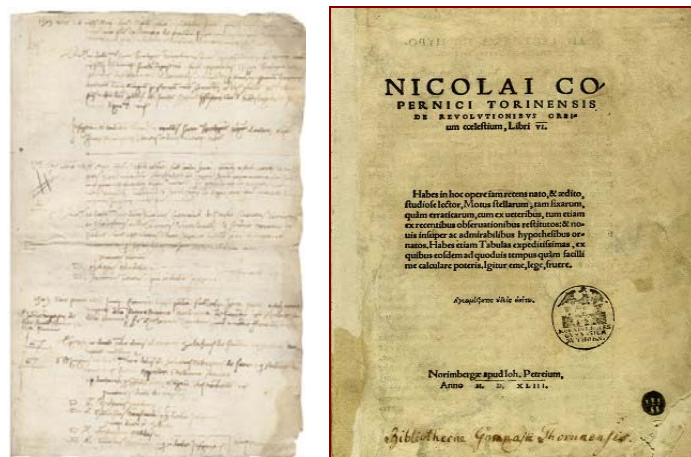
W międzyczasie został także kanonikiem warmińskim. W 1503 roku powrócił na Warmię, gdzie głównie dzięki wujowi, zdobywał doświadczenie w dziedzinie polityki. Administrował dobrami biskupa i dowodził obroną zamku w Olsztynie w trakcie najazdu Krzyżaków. Był on świadkiem przyjmowania przez Watzenrodego wielu poselstw, poznał także kuluary polityki prowadzonej ze stanami pruskimi, zakonem krzyżackim a także dworem polskim. Był świadkiem koronowania Zygmunta I.



Rys.8.2. a) Portret z Sali Mieszczańskiej w Ratuszu Staromiejskim w Toruniu, według portretu z Katedry w Metz. b) Rekonstrukcja rzekomej twarzy Mikołaja Kopernika na podstawie czaski znalezionej w Katedrze we Fromborku w 2006 roku.

W wolnych chwilach Kopernik realizował swoje zainteresowania korzystając przy tym z bogatego księgozbioru biskupstwa. W Lidzbarku Warmińskim powstał pierwszy zarys teorii heliocentrycznej, która zostaje opublikowana jako tzw. *Komentarzyk* (*De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*) opublikowany około 1512 roku i krążący przez następne lata w licznych odpisach po całej Europie. W 1512 roku Kopernik przenosi się do Fromborka, gdzie obejmuje funkcję kanonika w Katedrze. W 1515 roku uczestniczy w posiedzeniach komisji ds. reformy kalendarza V Soboru Laterańskiego. W 1517 roku wydaje w Grudziądzu „Traktat o monecie”, w którym jako pierwszy sformułował prawo ekonomiczne o wypieraniu monety lepszej przez gorszą, zwane prawem Grashama.

Kopernik w swoich rozważaniach poszukiwał rozwiązań najprostszych i logicznych, które wyjaśniałyby nie tylko obserwacje wprost nieba (gwiazd i planet) ale inne nieścisłości (zbyt pochopnie wprowadzone hipotezy), które odnalazł w dziełach Ptolemeusza oraz innych starożytnych astronomów. Chodzi tu m.in. o błędne wytłumaczenie „cofania się” planet zewnętrznych, Marsa, Jowisza, Saturna, tj. ich ruchu na tle gwiazdozbiorów Zodiaku przeciwnie do ruchu rocznego Słońca (czyli „z lewa na prawo”). Kopernik przywołuje pisma Platona, Arystotelesa a także Arystacha z Samos, którzy dopuszczali możliwość ruchu Ziemi.



Rys.8.3. a) Przywilej doktoratu prawa kanonicznego przyznany Mikołajowi Kopernikowi, Ferrara, 31 maja 1503. <http://web.unife.it/progetti/comunicare-la-matematica/filemat/pdf/Copernico.pdf> **b)** Strona tytułowa pierwszego wydania dzieła Kopernika, wydrukowanego w marcu 1543 r. w Norymberdze.

Kopernik zmienia nasze widzenie świata: Ziemia przestaje być punktem centralnym Wszechświata. Planety, według słów *De Revolutionibus* krążą „dookoła środka Słońca, albo punktu który jest niedaleko tego środka”. Do końca XVIII wieku brakowało nam przekonujących dowodów na ruch Ziemi – dopiero angielski astronom Bradley odkrywając aberrację roczną położenia gwiazd na dowiódł ruch *obiegowy* Ziemi; sto lat później Foucault w doświadczeniu z wahadłem udowodnił ruch *obrotowy* Ziemi. Kopernik pisał o trzech rodzajach ruchu – tym trzecim jest precesja osi ziemskiej, jakby gigantycznego wirującego bąka, powracającego do tego samego pochylenia po 25 tysiącach lat.

De revolutionibus zostaje opublikowane w Norymberdze, dopiero w 1543 roku, na krótko przed śmiercią Kopernika i dzięki staraniom jego młodego współpracownika, austriackiego matematyka Jana Joachima Retyka, który spędził z Kopernikiem trzy lata². Publikacja nie odbyła się bez kłopotów - Norymberga była wówczas stolicą duchową rodzącego się protestantyzmu a Marcin Luter był zdecydowanym wrogiem idei heliocentrycznej. „Nie ma nic bardziej absurdałnego jak twierdzenie, że Ziemia krąży dookoła Słońca. To Słońce podtrzymywał [biblijny] Jozue w czasie bitwy Izrealitów”. Wydawca książki dodał własny wstęp, umniejszający znaczenie teorii Kopernika a sprowadzający ją do poziomu hipotezy. Przypuszczalnie wydawca zmienił również tytuł, z „O obrotach ciał niebieskich” na bardziej abstrakcyjny, a przez to i błędny „O obrotach sfer niebieskich”.

W *De Revolutionibus* Kopernik podejmuje jeszcze wiele zagadnień, w tym zagadnienie kulistości Ziemi. W intuicyjny sposób rozumie zagadnienie grawitacji, sformułowane w sposób jasny dopiero przez Izaaka Newtona 150 lat później. Kopernik pisał: „[...] jako ląd i woda wspierają się na jednym środku ciężkości Ziemi, który jest zarazem środkiem jej objętości. Woda, będąc lżejszą, wypełnia rozpadliny ziemskie i dlatego mało jest wody w stosunku do lądu, chociaż może na powierzchni więcej widać wody”. Podobnie intuicyjnie formułuje zagadnienie względności ruchu, przypisywane w literaturze Galileuszowi.

Niedługo po wysłaniu do druku rękopisu Kopernik doznaje udaru mózgu i paraliżu lewego boku. Umiera między 7 a 21 V 1543 r. być może nie wiedząc, że *De revolutionibus* zostało wydane.

² Więcej o współpracy Retyka z Kopernikiem jak i o życiu samego Kopernika znajdzie Czytelnik w książce J. Repchecka *Sekret Kopernika*.

Mikołaj Kopernik pozostawił po sobie wielce oryginalny instrument badawczy w postaci tablicy astronomicznej³. Zakłada się, że powstała ona w czasie prac astronoma nad reformą kalendarza juliańskiego. Tablica ta przypuszczalnie wyznaczała dzień równonocy wiosennej w 1517 roku na 11 marca obowiązującego wówczas kalendarza. Wyznaczenie dnia równonocy wiosennej okazało się nieocenione przy wyznaczaniu dat ruchomych świąt kościelnych, zwłaszcza Wielkanocy, która przypada w najbliższą niedzielę po pierwszej wiosennej pełni Księżyca czyli po równonocy wiosennej. Kopernik wyznaczając dzień równonocy posłużył się metodą odbiciową. Metoda ta polega na zaznaczaniu na płaszczyźnie punktów skupienia promieni słonecznych po odbiciu ich od zwierciadła. Punkty te Kopernik zaznaczał kilkakrotnie w ciągu dnia. Na ich podstawie wykreślił krzywe (hiperbole), które w miarę zbliżania się do dnia równonocy przechodziły w linię prostą⁴.



Rys.8.4. Pozostałe fragmenty tablicy astronomicznej na zamku w Olsztynie. Tablica sporządzona przez Kopernika ma wymiary 120x705 cm. Do dziś pozostała linia równonocy oraz kilka równoległych do niej krótkich odcinków hiperbol. Z napisu *Ecliptica* zachowały się tylko trzy litery.

Jeszcze wiele lat po wydaniu dzieła Kopernika nie znajdowało ono uznania. Wybitny astronom-observator, Tycho de Brahe stworzył własny system, łączący elementy teorii Kopernika i Ptolemeusza. Dopiero Galileusz (1654 - 1642) w *Dialogu o dwóch największych systemach* opowiada się zdecydowanie po stronie Kopernika. Galileusz miał, zresztą, ku temu nowe dane obserwacyjne: zauważył 4 szybko krążące księżyce dookoła Jowisza i sierpowaty kształt Wenus.

W tym samym też mniej więcej czasie (1605) Johannes Kepler zauważył, że orbity planet nie są kołowe, ale eliptyczne⁵. Kepler wyjaśnia również cytowaną w *De revolutionibus* zależność między odległością planet a okresem ich obiegu dookoła Słońca: „Mars 2 lata, Jowisz 11 lat, Saturn 32 lata”. III prawo Keplera głosi, że stosunek kwadratów odległości od Słońca do sześciątów ich okresu obiegu pozostaje stały. Dlaczego, to dopiero wyjaśnia prawo ciążenia powszechnego Izaaka Newtona.

Trudno przecenić znaczenie rewolucji kopernikańskiej dla nowożytnej nauki. Doświadczenie Michelsona z 1889 roku miało na celu sprawdzenie ruchu obiegowego Ziemi a doprowadziło Einsteina do sformułowania teorii względności. Współczesna kosmologia boryka się z problem rozmiarów Wszechświata. Kopernik zaś pisał: „Ziemia, jakkolwiek wielka by nie była, nie ma żadnego porównania z Wszechświatem, którego rozmiarów nie znamy, ani zapewne znać nie możemy.”

³Fragment tablicy astronomicznej znajduje się na sklepieniu Zamku w Olsztynie.

⁴ W dniu równonocy Słońca zakreśla na niebie dokładnie półkoło – punkt wschodu i zachodu leżą dokładnie na prostej, na której znajduje się obserwator.

⁵ Orbita Ziemi jest niewiele spłaszczona – odległość Ziemi od Słońca zmienia się od 149 mln km (2 stycznia) do 151 mln km (2 lipca). Orbita Marsa jest spłaszczona nieco bardziej.

Maria Skłodowska – Curie i odkrycie promieniotwórczości

O Marii Skłodowskiej – Curie w wielu opracowaniach można przeczytać, że „wszystko robiła pierwsza...” i jest w tym sporo prawdy. To pierwsza kobieta, która otrzymała Nagrodę Nobla (w zasadzie dwie), pierwsza, która wykładała na Sorbonie. Była też pierwszą wśród swoich rodaczek, która otrzymała prawo jazdy na ciężarówkę, jedną z pierwszych, która nosiła kostium kąpielowy, jest jedyną kobietą pochowaną w paryskim Panteonie. W świecie znana nie tylko jako kobieta – naukowiec, ale także jako bohater narodowy Francji (i Polski).

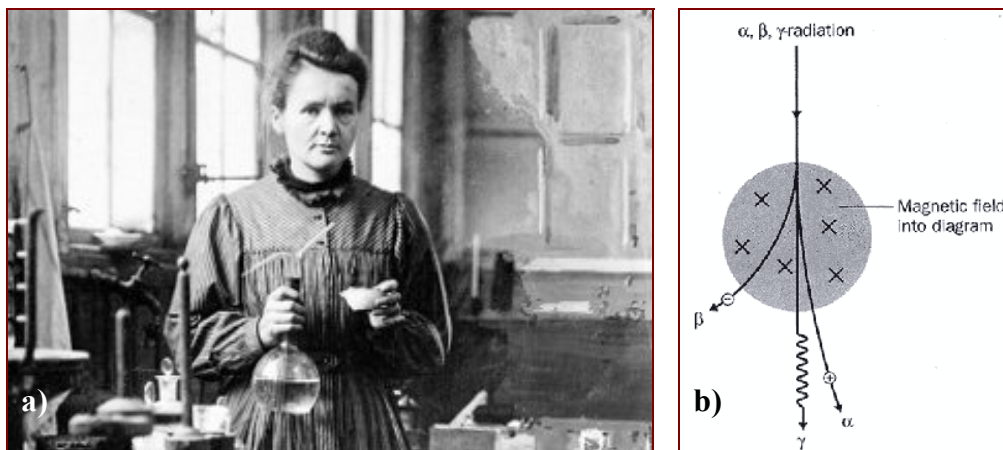
W 1892 roku Henri Becquerel prowadził pierwsze badania nad promieniotwórczością naturalną. Badając fluorescencję rud uranu zawinął ją w materiał światłoczuły po czym schował go do szuflady (czekając na bardziej słoneczne dni). Wyjmując go, po pewnym czasie, chcąc wystawić na działanie promieni słonecznych, zauważył, że już bez tego klisza jest zaczerniona. Becquerel twierdzi wówczas, że odkryte przez niego promieniowanie ulega odbiciu, załamaniu a także polaryzacji. W środowisku naukowym promieniowanie to zostało uznane (bez bliższych badań) za promieniowanie elektromagnetyczne. Po opublikowaniu kilku prac związanych z tymże promieniowaniem Becquerel porzucił dalsze badania na rzecz innych, bardziej intratnych zajęć. Problemem zajęła się Maria, która zamieszkała we Francji i podjęła studia w 1891 roku dzięki siostrze Broni.

Maria próbowała ustalić związek natężenia promieniowania pochodzącego od różnych związków uranu z jego zawartością w próbce. Wykorzystywała w tym celu, dokładniejszą od stosowanej przez Becquerela, metodę elektrometryczną stwarzającą możliwość nie tylko jakościowego, ale przede wszystkim ilościowego pomiaru promieniowania. Posłużył do tego elektrometr skonstruowany przez Piotra Curie (wówczas już męża Marii) i jego brata. W większości przebadanych przez Marię substancji promieniowanie było tym silniejsze im więcej w nich uranu. Wyodrębniła wówczas dwie substancje: blendę smolistą i chalkolit dla, których promieniowanie było znacznie większe niż wynikać by to miało z samej obecności tylko uranu. Maria natrafia także na promieniotwórcze związki toru. W pierwszej połowie 1898 roku opublikowała doniesienie, w którym przewiduje iż w badanych przez nią substancjach występują nie znane jeszcze nikomu pierwiastki o znacznej promieniotwórczości. Zaznaczyła także iż swoje badania kieruje na wyodrębnienie tych pierwiastków.

Wyniki osiągnięte przez Marię sprawiły iż Piotr przerywa swoją pracę i dołącza do żony. Już trzy miesiące później małżonkowie donoszą o odkryciu nowego pierwiastka, dla którego proponują nazwę polon. Po raz pierwszy używają też określenia „radioaktywny” określając własności promieniowania, które badają, a samo zjawisko nazywają promieniotwórczością. Informacje o wydzieleniu polonu (Po) ukazują się w sprawozdaniu z posiedzenia Akademii Nauki w Paryżu. Wyniki badań trafiają także do Polski za sprawą Józefa Boguskiego (kuzyna Marii, asystenta Dimitrija Mendelejewa), który opublikował je w miesięczniku „Światło”. Dalsze badania Marii przyczyniły się do odkrycia radu (w okolicach Świąt Bożego Narodzenia roku 1903). Otrzymała go w postaci czystego chlorku i pomimo iż masa próbki wynosiła zaledwie 0,1 g umożliwiła Marii wyznaczenie jego masy atomowej.

Prace Marii i jej męża nie skupiały się wyłącznie na pozyskaniu nowych – promieniotwórczych - pierwiastków, ale również na określeniu ich właściwości oraz zrozumieniu procesów, w wyniku których pierwiastki te wysyłają promieniowanie. Już w latach 1899 – 1900 wysunęli oni hipotezę o prawdopodobnym przekształcaniu się atomu, którą potwierdził ponad dwa lata później inny fizyk o międzynarodowej sławie Ernest Rutherford. Za swoje odkrycia Maria i Piotr Curie otrzymali w 1903 roku Nagrodę Nobla, którą podzielili się z Henri Bequerem, „w uznaniu niezwykle zasług przy wspólnych badaniach nad zjawiskiem promieniotwórczości odkrytego przez profesora Henri

Becquerela.” Nagrody jednak nie odbierają osobiście, jako powód podając złe samopoczucie obojga małżonków a także nawał pracy na uczelni. Wymówka ta jednak tylko po części była prawdziwą. Przeglądając dokumenty archiwalne dotyczące małżeństwa Curie można natrafić na informacje iż Maria w tym samym roku rodzi córeczkę, która umiera, natomiast Piotr zaczyna odczuwać skutki pracy z materiałami radioaktywnymi.



Rys.8.5. a) Maria Skłodowska – Curie w laboratorium w Paryżu. **b)** Rysunek znany z podręczników szkolnych stanowi część doktoratu Marii Skłodowskiej – Curie.

Siedem lat później (w roku 1910) Maria wydała swoją najważniejszą pracę poświęconą promieniotwórczości, w tym samym roku wraz z chemikiem Andre – Luis Debierne otrzymała też metaliczny rad. Za co m. in. otrzymuje drugą już, tym razem indywidualną, Nagrodę Nobla (1911)⁶, w dziedzinie chemii.

Czas jaki Maria spędziła nad poznaniem zjawiska promieniotwórczości sprawił iż dość trafnie odgadła ona jego przyczynę. Kolejne tezy i przypuszczenia wygłaszane przez Marię na konferencjach Solveyowskich⁷, znalazły potwierdzenie w rzeczywistości i przynosiły kolejne Nagrody Nobla dla ich odkrywców. Przewidywała ona chociażby iż za zjawisko promieniotwórczości odpowiedzialna jest wewnętrzna część atomu, prognozując tym samym odkrycie jądra atomowego. Podzieliła elektrony na „peryferyjne” i „jądrowe”, biorące udział w promieniowaniu, przewiduje także charakter sił występujących między cząstkami w jądrze atomu pisząc: *„...na małych odległościach między składowymi jądra działają siły o charakterze nieelektromagnetycznym...”*.

Wyniki jednak nie przysły bez poświęceń. Najwięcej czasu przyszło spędzić Marii w laboratorium, którym była właściwie stara drewniana maszynownia z przeciekającym szklanym dachem, wynajmowana wcześniej przez Wydział Medyczny jako kostnica. Z jednych z pierwszych zapisków Marii Skłodowskiej – Curie wynika iż notowano tam przeważnie temperaturę 6°C, a część badań prowadzono na dworze. Laboratorium wyposażone było jedynie w sprzęt wykonany przez małżeństwo Curie. Dzięki umiejętnością Piotra, który zbudował elektrometr, komorę jonizacyjną z puszek po konserwach, a pozostałą aparaturę z drutu, drewna, kleju, kryształów, blachy i szkła, małżeństwu udało się zbadać aktywność promieniotwórczą wielu pierwiastków i minerałów. Nie obyło się także bez problemów podczas pozyskiwania materiału do badań. 8 ton rudy (tzw. smółki) uranowej, z której wyodrębniono następnie rad sprowadzono z Czech dzięki dotacji niemieckiego barona.

⁶W 1911 roku Maria Skłodowska – Curie otrzymuje Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za jej rozwój dzięki odkryciu polonu i radu oraz za zbadanie metalicznego radu i jego związków chemicznych.

⁷Organizowane co dwa lata po dzień dzisiejszy zjazd najsłynniejszych fizyków i chemików, nazwane tak na cześć kupca, który przyczynił się do ich organizacji i finansowania.

Trudno przecenić ogrom pracy naukowej (i fizycznej) wykonanej przez Marię nad chemicznym oddzieleniem różnych składników rudy uranowej.

Zdobycie Nagrody Nobla przez państwa Curie w 1903 roku przyniosło im ogromną sławę i uznanie. Maria, jako pierwsza kobieta we Francji, obroniła swoją pracę doktorską. Egzaminatorzy do zdobytego przez nią tytułu dopisują *très honorable* (bardzo zaszczytnie).

Pracuje ona wówczas w Wyższej Szkole Normalnej w Sevres jako pierwsza kobieta profesor. Od 1904 roku jest kierownikiem laboratorium przy katedrze fizyki prowadzonej przez jej męża Piotra. Maria przejmuje obowiązki Piotra, po jego tragicznej śmierci, zostaje także mianowana tytularnym profesorem zwyczajnym (pierwsza kobieta – profesor na Sorbonie). Od tego czasu też zostaje zapraszana przez najśłynniejsze ośrodki uniwersyteckie na świecie, otrzymuje medale i dyplomy⁸, zostaje doktorem *honoris causa* wielu uczelni w tym Uniwersytetu Warszawskiego. W 1914 roku zakłada w Warszawie Instytut Radowy, gdzie pracuje aż do śmierci.

Maria Skłodowska swój czas dzieliła między pracę, naukę a rodzinę. 26 lipca 1895 roku bierze ślub cywilny z Piotrem Curie, który okazał się także jej partnerem naukowym. Dwa lata później rodzi się ich pierwsza córka Irene, która niewątpliwie dziedziczy talent po obojgu rodzicach. Bardzo szybko udaje jej się uzyskać licencjat z fizyki, tytuł doktora i rozpocząć asystenturę u boku matki. W wieku 37 lat wraz z mężem Fryderykiem Joliot zdobywa Nagrodę Nobla za odkrycie promieniotwórczości sztucznej.

W grudniu 1904 roku na świat przychodzi druga córka Państwa Curie, Ewa. Ona natomiast nie dzieliła pasji rodziców i siostry gdyż od początku jej zainteresowania skupiały się głównie wokół muzyki (grała na fortepianie), a także literatury. Ewa nie знаła także swojego ojca, który zginął pod kołami pojazdu konnego (19 kwietnia), gdy ta miała zaledwie 2 lata. I ona, wspólnie z mężem, uzyskuje nagrodę Nobla – pokojową, przyznaną dla UNICEF.

Okrycia Marii Skłodowskiej – Curie jako pierwsze znalazły zastosowania w medycynie. Jeszcze pod jej kierunkiem prowadzono pierwsze badania nad leczeniem chorych na raka przy pomocy promieniowania jonizującego. Radioterapia prowadzona przy użyciu radu, a następnie innych izotopów promieniotwórczych np. kobaltu, irydu, a także rozwój diagnostyki przy ich wykorzystaniu to także jej zasługa. Obecnie promieniowanie jonizujące oraz jego właściwości wykorzystywane są także w astrofizyce, geofizyce a także biologii.

Maria Skłodowska – Curie jest bohaterką narodową Francji nie tylko za swe odkrycia naukowe i nagrody Nobla ale przede wszystkim za uratowanie życia setkom tysięcy żołnierzy w czasie I Wojny Światowej. Z własnej inicjatywy zorganizowała mobilne laboratoria rentgenowskie, co pozwoliło precyzyjnie operować rannych żołnierzy.

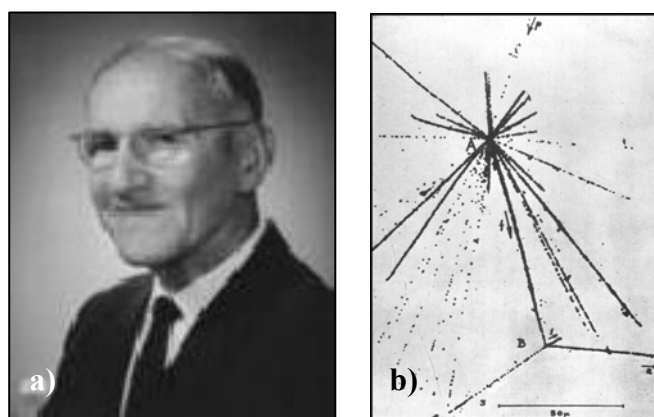
W 1905 roku była pierwszą kobietą, kandydatką na członka Akademii Francuskiej. W atmosferze rozpętanego skandalu obyczajowego nie przyznano jej tego członkostwa. Kiedy je otrzymała, w dziedzinie chemii, w 1932 roku, nie była już tym zainteresowana. Zmarła w 1936 roku z widocznymi objawami choroby popromiennej. Albert Einstein powiedział o niej: „Była jedną z nielicznych wielkich osobowości tego świata, których sława nie zepsuła”.

⁸Maria nie przyjmuje wszystkich odznaczeń. Odrzuca m.in. odznaczenie Legii Honorowej oraz nie przyjmuje zaproszenia w 1932 roku do Paryskiej Akademii Nauk.

Kazimierz Fajans i badania reakcji jądrowych

Maria Skłodowska Curie nie była jedyną, choć jej osiągnięcia były największe, która zasłużyła się w badaniach nad promieniotwórczością. Polski uczony Kazimierz Fajans odkrył w 1912 roku niezależnie od innego fizyka Fredericka Soddy'ego prawo przesunięcia promieniotwórczych znane dziś jako reguła Soddy'ego – Fajansa. Prawo to pozwala określić w prosty sposób jądro pierwiastka, który otrzymamy w wyniku przemiany promieniotwórczej jakiej ulega znany pierwiastek wyjściowy. Na przykład w rozpadzie α powstaje pierwiastek o liczbie atomowej mniejszej o dwa (a liczbie masowej o 4). Oznacza to przesunięcie w układzie okresowym o 2 miejsca w lewo. Podobnie położenie pierwiastka w układzie okresowym określamy dla przemian β^- i β^+ . Gdy pierwiastek promieniotwórczy ulega przemianie β^- to otrzymujemy nuklid o liczbie atomowej większej o jeden, a więc pierwiastek położony o jedną pozycję dalej niż pierwiastek ulegający rozpadowi. Dla przemiany β^+ będzie to pierwiastek przesunięty o jedno miejsce w lewo. Reguła ta pozwala ustalić położenie wszystkich (znanych) pierwiastków okresowych w układzie Mendelejewa.

Kazimierz Fajans wraz ze swoim doktorantem Osvaldem H. Göhringiem dokonali także odkrycia pierwiastka o liczbie atomowej 91 znanego początkowo pod nazwą brevis, później jednak nazwano go protaktynem. W momencie kiedy Fajans objął Katedrę Chemii Fizycznej na Uniwersytecie w Monachium swoje wysiłki skupił na badaniach kryształów oraz cząsteczek. To on opracował regułę, która pozwala nam określić jaki typ wiązań, kowalencyjne czy jonowe, łączy dwie cząsteczki⁹.



Rys 8.6. a) Kazimierz Fajans (27 maja 1887 - 18 maja 1975). b) Epokowe odkrycie M. Danysza i J. Pniewskiego z 1953 roku – ślad reakcji jądrowej i udziałem kwarku *strange*.

Wśród epokowych odkryć polskich fizyków wymienić też należy pracę z 1953 roku, w której M. Danysz i J. Pniewski¹⁰ opisali odkrycie „dziwnego jądra”. Dziś wiemy, że było to pierwsze doniesienie o reakcji jądrowej z udziałem nieznanego wówczas (trzeciego) kwarka, *strange*. Wszyscy inni odkrywcy kwarków otrzymali nagrody Nobla.

Jan Czochralski – ojciec epoki krzemowej

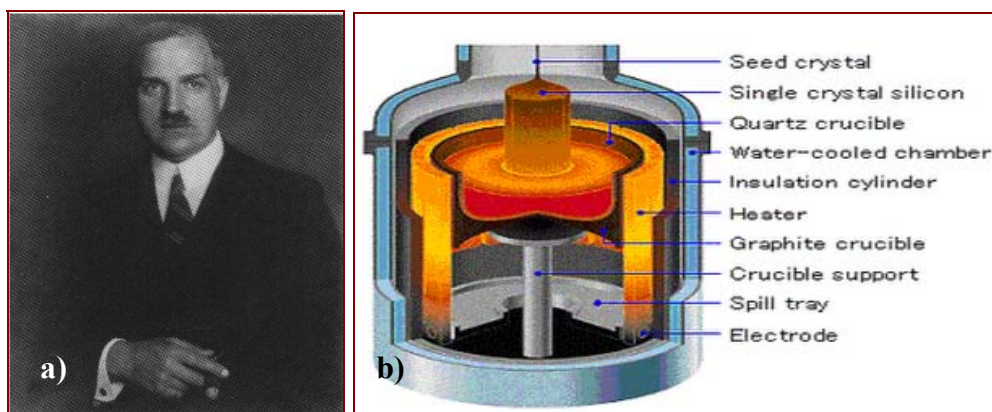
Bez niego i jego metody nie byłoby współczesnej elektroniki półprzewodnikowej, technologii i techniki. Codziennie na świecie otrzymuje się kilkadziesiąt ton monokryształów hodowanych jego metodą. Jest autorem szeroko cytowanych publikacji oraz wielu patentów.

⁹ Thomas M. Dunn, Kasimir Fajans, *Nature* 259 (1976)

¹⁰ M. Danysz and J. Pniewski, *J. Phil. Mag.* **44** (1953), 348

Przez wielu uważany za „ojca elektroniki”. Szanowany jako wynalazca, zapomniany jako człowiek. Kim był Jan Czochralski? Co pozostawił w nauce?

Urodził się on 23 października 1885 r. w Kcyni jako ósme z dziesięciorga dzieci. Swoją edukację rozpoczął pobierając naukę w Seminarium Nauczycielskim. Czochralski nie odebrał jednak świadectwa maturalnego nie mogąc pogodzić się ze złymi, jego zdaniem, ocenami. Brak dokumentu stwierdzającego jego wykształcenie uniemożliwił mu dalszą karierę nauczyciela. Opuścił Kcynię i przybył do Berlina by rozpocząć pracę w aptece dr. A. Herbranda. To właśnie tu, prowadząc analizy rud, olejów, smarów i metali, zdobył wiedzę, doświadczenie i dużą samodzielność w formułowaniu problemów badawczych. Następnie podjął pracę w laboratorium koncernu Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), która przygotowała go do objęcia stanowiska kierownika laboratorium badania stali i żelaza. Ponad to, mimo formalnego braku uprawnień do dalszego kształcenia się, uczęszczał na wykłady chemii na Politechnice w Charlottenburgu, gdzie w roku 1910 zdobył tytuł inżyniera chemii. Ale to właśnie okres pracy w laboratorium AEG okazał się dla Czochralskiego przełomowym.



Rys.8.7. a) Jan Czochralski (23 października 1885 – 22 kwietnia 1953). **b)** Metoda Czochralskiego otrzymywania monokryształu polega na powolnym wyciąganiu z roztopionego materiału zarodka kryształu¹¹.

Któregoś dnia, Czochralski przygotowując notatki z przeprowadzonych badań zanurzył pióro w tyglu z chłodzącą się, stopioną cyną zamiast w kałamarzu. Wyciągając gwałtownie pióro zauważył, że ze stalówki zwisa nić zestalonego metalu. Czochralski dostrzegł w tym zjawisku ogromną wagę dla nauki¹².

Z czasem szczelina stalówki zastąpiona została kapilarą, a później przez drobny kryształ (zarodek). Początkowo mierzył maksymalną prędkość, z jaką można wyciągać ze stopu krystaliczną nić, nie doprowadzając do jej zerwania. Później Czochralski sprawdził, że otrzymany drucik jest monokryształem¹³, a tak otrzymywane kryształy miały średnicę rzędu milimetra i długość do 15 cm. Zastosowanie tej właśnie metody przez G.K. Teala i J.B. Little'a w 1950 do otrzymywania monokryształów germanu, a później krzemu, umożliwiło przemysłową produkcję tranzystorów i w efekcie doprowadziło do rewolucji elektronicznej.

¹¹ http://people.seas.harvard.edu/~jones/es154/lectures/lecture_2/materials/materials.html

¹² Profesor opowiedział o tym swojemu bratankowi w 1950 r. podczas wspólnych prac nad polskim przekładem i uwspółcześnieniem jego monografii pt. *Nowoczesne metaloznawstwo*, wydanej po raz pierwszy w 1924 r.

¹³ Monokryształami są np. brylanty, inne kamienie szlachetne, piękne okazy soli kamiennej, okazy gipsu tzw. róże pustyni itd. Natomiast metale są zazwyczaj *polikryształami* – zbyt małymi, aby zauważyć ich strukturę krystaliczną bez użycia specjalnych mikroskopów.

Dzisiaj metodę Czochralskiego hodowli kryształów możemy w skrócie opisać w sposób następujący. Materiał, z którego chcemy otrzymać kryształ np: cyna, german czy też krzem, po roztopieniu, ochładzany jest przy powierzchni do temperatury odpowiadającej temperaturze krzepnięcia stopu. Do powierzchniowej warstwy wprowadzana jest następnie kapilara lub częściej zarodek kryształu, na którym narastają kolejne jego warstwy. Tak powstająca „nić” monokryształu wysuwana jest ze stopu, tak by nie doprowadzić do zerwania jej kontaktu ze stopem. Odpowiedni dobór czynników wzrostu kryształów, takich jak: szybkości wyciągania, wzajemny obrót kryształu i tygla, w którym topimy materiał podlegający krystalizacji, rozkład temperatur w tyglu i wiele innych parametrów wpływają na rozmiary i jakość otrzymanego monokryształu. Metoda ta była w przeszłości i jest nadal modyfikowana, tak by sprostać współczesnym oczekiwaniom¹⁴. Dziś, monokrystaliczne wałki krzemu osiągają średnice do 10 cali; z każdego z nich pociętego na „wafle” o grubości 0,6 mm wytworzyć można dziesiątki tysięcy układów scalonych.



Rys.8.8. Kryształ toru z domieszką fluorku wapnia hodowany metodą Czochralskiego¹⁵.

W wieku 32 lat Czochralski został twórcą i kierownikiem jednego z najlepiej wyposażonych laboratoriów przemysłowych w Niemczech, gdzie powstało wiele cennych prac naukowych i patentów. Jednym z najgłośniejszych był bezcynowy stop łożyskowy dla kolejnictwa, zwany *metalem B*. Patent z 1924 r. zakupiony został przez największe gospodarczo państwa świata, w tym USA, Francję i Anglię. Autorowi przyniósł on fortunę. W 1919 roku założył i został przewodniczącym Niemieckiego Towarzystwa Metaloznawczego. Po zakończeniu I Wojny Światowej na zaproszenie prof. Ignacego Mościckiego, ówczesnego prezydenta Rzeczypospolitej Polski, Czochralski powrócił do kraju gdzie objął Katedrę Metalurgii i Metaloznawstwa na Wydziale Chemii Politechniki Warszawskiej¹⁶.

W czasie II Wojny Światowej, jako obywatel również Niemiec, został zmilitaryzowany. Kontynuował prace na Politechnice Warszawskiej, zatrudniając wielu polskich naukowców, ratując ich w ten sposób przed aresztowaniem i wywiezieniem. Po wojnie został napiętnowany jako zdrajca narodowy i powrócił do rodzinnej Kcyni. Profesor zmarł w Poznaniu na serce 22 kwietnia 1953 r. i został pochowany na starym cmentarzu w rodzinnej Kcyni. Został zrehabilitowany dopiero w 2011 roku.

Czochralski to nie tylko ogromnej sławy przyrodnik, jego zainteresowania były znacznie szersze. Podczas studiów i pracy w Berlinie nie stronił od zajęć na Wydziale Sztuki Uniwersytetu Berlińskiego; tam zresztą poznał swoją przyszłą żonę, Margueritę Haase, pianistkę pochodzącą z holenderskiej rodziny. Podczas swojego pobytu w Warszawie (także

¹⁴ Pierwszy opis metody, nazwanej później „metodą Czochralskiego”, znalazł się w pracy pt. „Nowa metoda pomiaru szybkości krystalizacji metali”, którą opublikowano w czasopiśmie „Zeitschrift für Physikalische Chemie” w 1918 r. Praca wpłynęła 19 sierpnia 1916 r. i tę datę należy uważać na oficjalne narodziny metody.

¹⁵ <http://www.thorium.at/?p=481>

¹⁶ A. Zajączkowska, *W 115 rocznicę urodzin Jana Czochralskiego*, Postępy Fizyki, Tom 51, Zeszyt 3, 2000

podczas II Wojny Światowej) jego dom był schronieniem dla literatów, poetów, malarzy, sam zresztą pisywał wiersze.

Był człowiekiem wszechstronnym o szerokich zainteresowaniach naukowych i pozanaukowych, był zarazem technikiem i humanistą, twórcą wielu patentów oraz konstruktorem urządzeń¹⁷.

Aleksander Jabłoński*¹⁸

Aleksander Jabłoński był twórcą polskiej szkoły fizyki cząsteczkowej. Zasłynął jako twórca diagramu, opisującego mechanizm zjawisk fotoluminescencji, w świecie znanego pod nazwą *diagramu Jabłońskiego*. Nie bez echa przeszły także jego dalsze badania nad wpływem zderzeń atomowych na kształt linii widmowych, które przyniosły mu uznanie badaczy zajmujących się oddziaływaniami międzyatomowymi i spektroskopią. Wkrótce jego odkrycia przyczyniły się do wynalezienia lasera barwnikowego, który odegrał istotną rolę w wielu dziedzinach nauki, techniki, a także medycynie. Prof. Jabłoński, jednak, to nie tylko genialny fizyk, twórca toruńskiej szkoły fizycznej, ale również muzyk i żołnierz.



Rys.8.9. Aleksander Jabłoński (26 lutego 1898 – 9 września 1980).

Aleksander Jabłoński (1898 – 1980) swoją naukę rozpoczął w Charkowie (wtedy gubernia kurska na Ukrainie). Tam ukończył gimnazjum, a także wstąpił na uniwersytet by studiować fizykę. Naukę, ledwo co rozpoczętą (listopad 1916), musiał przerwać by wstąpić do Aleksiejewskiej Szkoły Inżynieryjnej w Kijowie, którą ukończył jako saper otrzymując tytuł chorążego. Wyraz swojemu patriotyzmowi dał, po raz pierwszy, w listopadzie 1917 przechodząc z rosyjskiego pułku inżynieryjnego do Pierwszego Korpusu dowodzonego przez gen. Dowbór – Muśnickiego. Od tego czasu studia fizyczne młodego Jabłońskiego (podejmowane dwukrotnie w Charkowie i tyleż samo razy w Warszawie) wielokrotnie przerywały działania wojenne¹⁹. Naukę ukończył ostatecznie w 1925 roku, podejmując jednocześnie pracę młodszego asystenta w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Tam też przeprowadził pierwsze badania dotyczące optyki molekularnej.

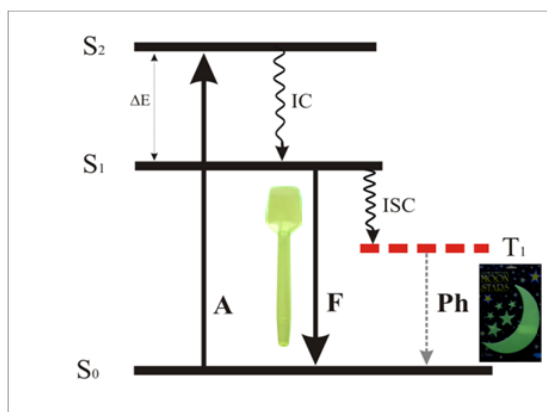
Po doktoracie, w latach 1930-31 jako stypendysta Fundacji Rockefellera przebywał na Uniwersytecie w Berlinie, w zakładzie kierowanym przez prof. Petera Pringsheima, wybitnego specjalisty w dziedzinie fotoluminescencji. To właśnie w Berlinie, na

¹⁷ Na przykład przypuszcza się, że pierwowzorem skaningowego mikroskopu sił atomowych nagrodzonego Nagrodą Nobla mógł być tzw. radiomikroskop Czochrańskiego z 1925 r.

¹⁸ * ponad Podstawę Programową

¹⁹ Pluton dowodzony przez podporucznika Aleksandra Jabłońskiego w październiku 1920 roku (podczas wojny polsko – bolszewickiej) budując przeprawę przez rzekę, tuż obok wojsk nieprzyjacielskich, dokonał udanego ataku, za co sam Jabłoński otrzymał Krzyż Walecznych.

organizowanych cotygodniowo Kolokwiach Fizycznych miał okazję wysłuchać m.in. Alberta Einsteina, Maxa Plancka czy Erwina Schrodingera i wziąć udział w tworzeniu "nowej fizyki"²⁰. Z Berlina Jabłoński wyjechał do Hamburga. Tam przez kilka miesięcy współpracował z prof. Otto Sternem – laureatem Nagrody Nobla. Po powrocie do Warszawy prowadził badania nad wydajnością fluorescencji roztworów barwnikowych. W 1933 roku wyniki tych właśnie badań opublikował w czasopiśmie *Nature*. W swojej pracy zaprezentował schemat przedstawiający poziomy energetyczne cząsteczek barwnika, prawdopodobnie nie przypuszczał wtedy jak rewolucyjne jest to odkrycie. Diagram ten wszedł do literatury jako diagram Jabłońskiego²¹.



Rys.8.10. Uproszczony schemat poziomów energetycznych Jabłońskiego przedstawiający wzbudzone stany o różnych wartościach kwantowej liczby spinowej (stany singletowe oznaczone S i trypletowe T). Strzałki proste ilustrują procesy promieniste, a strzałki faliste procesy bezpromieniste. Literami oznaczono poszczególne procesy fizyczne. A – Absorpcja, F – Fluorescencja (fotoluminescencja natychmiastowa), Ph – Fosforescencja (fotoluminescencja opóźniona), IC – konwersja wewnętrzna, ISC – konwersja interkombinacyjna (międzysystemowa). „Fluoryzuje” łyżeczka do lodów zabarwiona kumaryną a „fosforyzują” gwiazdki do dziecięcej sypialni.

W bardzo uproszczony sposób można powiedzieć, że wśród poziomów energetycznych cząsteczek luminoforu można wyróżnić poziom podstawowy, wzbudzony oraz leżący nieco poniżej niego poziom metatrwały. Cząstka po dostarczeniu energii (o wartości $E=h\nu$) przechodzi do stanu wzbudzonego. Stamtąd po krótkim czasie (rzędu 10^{-8} s) powraca do stanu podstawowego (z pominięciem stanu metatrwałego) emitując nadmiar energii w postaci kwantu fluorescencji albo przechodzi na poziom metatrwały. Przejściu temu, na ogół, nie towarzyszą zjawiska świetlne. Cząstka przebywa na poziomie metatrwałym przez dłuższy czas dopóki nie zostanie dostarczona jej energia niezbędna by przejść ponownie na poziom wzbudzony. Powrót do stanu podstawowego wiąże się w tym przypadku z emisją kwantu fosforescencji. Diagram ten wyjaśnia więc dlaczego świecenie niektórych barwników (luminoforów) nie jest obserwowane natychmiast (fluorescencja), a z pewnym opóźnieniem (fosforescencja).

Dalsze prace Jabłońskiego skupiały się głównie na uzasadnieniu ciśnieniowego poszerzenia linii widmowych, badał np: poszerzenie linii rezonansowej rtęci zaburzonej przez argon i hel. Pary rtęci pozostają do dziś głównymi składnikami lamp tzw. neonowych i energooszczędnych.

Badania Jabłońskiego (prowadzone już na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie) przerwał wybuch II Wojny Światowej, podczas której został osadzony w obozie dla internowanych, a później przewieziony do obozu w Kozielsku. Po zwolnieniu z obozu rozpoczął służbę w Wojsku Polskim pod dowództwem gen. Andersa, z którą został ewakuowany do Iranu i Iraku, skąd transportem wojskowym dotarł do Wielkiej Brytanii. Tam objął katedrę fizyki na a Polskim Wydziale Lekarskim Uniwersytetu w Edynburgu.

²⁰ Okres pobytu Jabłońskiego w Berlinie pokrywał się z czasem kiedy powstawała fizyka kwantowa.

²¹ A. Jabłoński, *Efficiency of anti-Stokes fluorescence in dyes*, *Nature*, 131, 839 (1933)

Po zakończeniu działań wojennych podjął wykłady na Uniwersytecie Warszawskim. Wkrótce potem otrzymał zaproszenie od rektora i profesorów Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK) w Toruniu do objęcia Katedry Fizyki Doświadczalnej. Kolejne lata życia Jabłoński poświęcił na stworzenie „od podstaw” Toruńskiej Szkoły Fizycznej. Poprzez budowę nowego gmachu Collegium Physicum, sprowadzanie do ośrodka toruńskiego specjalistów nie tylko z dziedziny fizyki doświadczalnej (w której specjalizował się profesor) ale także fizyki teoretycznej, rozszerzył zakres tematyki badawczej itd. W 1968 r. prof. Aleksander Jabłoński przeszedł na emeryturę, nie wycofując się jednak z życia uczelni. 12 lat później umiera.

Lista osiągnięć i publikacji prof. Jabłońskiego jest bardzo długa. A jego kariera naukowa naprawdę imponująca. Wydawać by się mogło, iż całe swoje życie poświęcił on nauce i walce o wolność. Jednak wolne chwile wypełniała mu inna pasja – muzyka. Jeszcze w Charkowie Jabłoński uczęszczał do Szkoły Muzycznej. Jako student grał w grupie pierwszych skrzypiec w orkiestrze Teatru Wielkiego w Warszawie. Potem, w zasadzie do końca życia grywał w różnych kwartetach i kwintetach smyczkowych. Udało mu się nawet skompletować kwartet smyczkowy, w którym Jabłoński grał pierwsze skrzypce aż do połowy lat ‘70. Swoją pasją dzielił się przede wszystkim z żoną Wiktorią Gutowską – pianistką, którą poznał jeszcze w Charkowie w Szkole Muzycznej²².

Profesor Jabłoński wśród swoich studentów był znany także z nietuzinkowego poczucia humoru. Niezadowolony z krótkiego referatu studentki ponoć powiedział: „referat powinien być jak sukienka: na tyle długi – by zakrywał to, co potrzeba, na tyle krótki – by budził zainteresowanie”.

Józef Rotblat – fizyk, Polak, noblista

„Zrobił dla pokoju więcej niż ktokolwiek, kogo znam”
Otto Frish – współpracownik Rotblata z Los Alamos

Mało kto, dziś wśród noblistów²³ polskiego pochodzenia wymieniłby nazwisko Józefa Rotblata. A jeszcze mniej, spośród nas, wiedząc o jego udziale w „Projekcie Manhattan” obstawał by przy tym iż była to pokojowa nagroda Nobla. Józef Rotblat był jednym z niewielu fizyków, który podpisał manifest Russela – Einsteina w 1955 roku, wzywający do zaprzestania produkcji broni masowego rażenia w tym broni jądrowej. Wraz z Bertandem Russelem, współautorem manifestu, zorganizował w 1957 roku pierwszą Konferencję w Sprawach Nauki i Świata w kanadyjskim miasteczku Pugwash; dała ona początek międzynarodowemu ruchowi pacyfistycznemu. Skupia on dzisiaj wokół siebie ponad 50 krajów z całego świata w tym i Polskę. Józef Rotblat został pierwszym Sekretarzem Generalnym organizacji, której działania koncentrują się na zaprzestaniu produkcji i testowania bomb jądrowych i wodorowych, a przede wszystkim organizacji, która ma za zadanie uświadomienie naukowcom, politykom, że nauka i technika mają służyć pokojowi.

²² http://www.faj.org.pl/?go=aleksander_jablonski

²³ Pozostali nobliści polskiego pochodzenia (i deklarujący oficjalnie narodowość polską) to: Władysław Reymont, Henryk Sienkiewicz, Czesław Miłosz, Wisława Szymborska – literatura, Albert Michelson – fizyka, Maria Skłodowska Curie – fizyka, chemia, Lech Wałęsa – Pokojowa Nagroda Nobla.



Rys.8.11. "For their efforts to diminish the part played by nuclear arms in international politics and, in the longer run, to eliminate such arms" (zasługi w zmniejszaniu roli jaką odgrywa broń atomowa w polityce międzynarodowej oraz za likwidację tych broni").

Odbierając nagrodę Nobla, 10 grudnia 1995 roku, powiedział: *Remember your humanity and forget the Rest...*, wzywając naukowców do ponoszenia odpowiedzialności za to co jest wynikiem ich badań i w jakim celu może być to wykorzystane.

Józef Rotblat urodził się 4 listopada 1908 roku w Warszawie zmarł natomiast w Londynie w wieku 96 lat - 50 lat po opublikowaniu tzw. Manifestu Russela – Einsteina, którego był również sygnatariuszem. Rotblat dorastał podczas I Wojny Światowej, po której zakończeniu, dorabiając jako elektryk, rozpoczął studia na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie w 1932 zdobył tytuł magistra, a sześć lat później odbierał tytuł doktora nauk fizycznych. 26 sierpnia 1939 roku wyleciał do Liverpoolu podejmując pracę u boku Jamesa Chadwicka. Ten ostatni, 4 lata wcześniej otrzymał Nagrodę Nobla za odkrycie neutronu – składnika jądra atomowego pozbawionego ładunku ale stanowiącego o masie atomu. Według słów samego Rotblata²⁴, wylatywał do Anglii z artykułem Lizy Meitner i Otto Frischa z lutego (1939). Meitner i Frisch wskazali na znaczne ilości energii uwalniające się w trakcie reakcji rozszczepienia uranu. „- Ja znałem okropności I Wojny Światowej i wiedziałem, jakie nieszczęście może spowodować dostanie się tego odkrycia w niewłaściwe ręce”. „- Pokazałem artykuł Chadwickowi, a on natychmiast zapakował nas do samolotu do Londynu. Churchill tylko rzucił okiem, i już lecieliśmy do Ameryki. Program Manhattan rozpoczął się!”²⁵.

Pod koniec 1944 roku, kiedy stało się jasne, że broń nie zostanie wykorzystana jako argument do zakończenia wojny, a jedynie ma zagwarantować Stanom Zjednoczonym dominację nad ZSRR, Rotblat zdecydował się na opuszczenie „Projektu Manhattan”. Chadwick ujawnił wówczas dokumenty, w których oskarżył Rotblata o szpiegowanie na rzecz Związku Radzieckiego oraz dofinansowywanie komórek komunistycznych. Większość dokumentów mających jednak o tym świadczyć została sfabrykowana. Rotblat wrócił do Wielkiej Brytanii by pracować w Szpitalu Św. Bartłomieja a tym samym powrócić do badań nad wykorzystaniem izotopów promieniotwórczych i promieniowania jądrowego w radiobiologii i medycynie. Był członkiem Królewskiej Akademii Nauk i został odznaczony najwyższymi orderami Imperium Brytyjskiego. Zmarł 31 sierpnia 2005 roku. Do końca życia uważał się za Polaka.

²⁴ G. Karwasz, *Polak, fizyk, noblista – wywiad z J. Rotblatem*, Głos Koszaliński, IX 2000.

²⁵ J. Chadwick w swej książce relacjonuje to zdarzenie, oczywiście, inaczej. „Wiedzieliśmy jak niebezpieczną bronią w rękach Hitlera może się stać rozszczepienie uranu. Niepokoilo mnie to dzień i noc a nie miałem z kim się tą myślą podzielić – chyba przecież nie z moim młodym doktorantem, J. Rotblatem” (G. Karwasz, cytowania z pamięci).

8.2. Chemia

Zygmunt Wróblewski i Karol Olszewski – skroplenie azotu i tlenu

Zygmunt Florenty Wróblewski urodził się w Grodnie (dzisiaj Republika Litwy) w roku 1845. Studia rozpoczął w Kijowie, szybko jednak je przerwał by wziąć udział w Powstaniu Styczniowym, za co został zesłany na Syberię. Po pięciu latach powrócił jednak do Warszawy planując podjąć studia fizyczne. Na przeszkodzie stanęła mu jednak poważna wada wzroku. Wróblewski wjechał do Berlina, gdzie przeszedł poważną operację wzroku. Ta nie przyniosła wymiernych efektów. Pomimo poważnych przeciwwskazań podjął studia na Uniwersytecie w Heidelbergu. Dwa lata po zakończeniu studiów zdobył tytuł doktora nauk fizycznych na Uniwersytecie w Monachium. Jako asystent u profesora Jolly'ego miał dostęp do sprzętu laboratoryjnego, który umożliwił mu prowadzenie badań nad elektrycznością.

Do Polski Z. Wróblewski powrócił w 1882 roku, wcześniej jednak wiele podróżował nawiązując kontakty z ludźmi nauki. Odwiedził m. in. Strasburg, Londyn, Oxford, Cambridge a także Paryż gdzie poznał Louisa Paula Cailleta, którego koncepcje wykorzystał później w swoich badaniach.

We wrześniu 1882 roku Wróblewski, po powrocie do kraju, jako ceniony naukowiec obejmuje katedrę fizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim. Tam podejmuje też współpracę z Karolem Olszewskim, który był wówczas asystentem Emiliana Czarniańskiego. Karol Olszewski skończył studia fizyczne i chemiczne na Uniwersytecie Jagiellońskim. Po ich zakończeniu otrzymał stypendium rządowe dające mu możliwość podjęcia dalszej nauki w Heidelbergu pod okiem Kirchhoffa. Po powrocie objął katedrę chemii nieorganicznej²⁶.

W lutym 1883 roku w Zakładzie Fizyki mieszczącym się w Collegium Physicum przy ul. Anny 193 (obecnie ul. Kołłątaja 6) Wróblewski i Olszewski rozpoczęli prace nad skropleniem składników powietrza²⁷. Wyniki, które otrzymali mają dziś światowe znaczenie.

Wiek XIX to okres, który bynajmniej w fizyce, wiąże się z intensywnymi badaniami nad skropleniem gazów. O ile podgrzana ciecz zamienia się w gaz, o tyle naturalnym wydawało się, że ochłodzenie gazu spowoduje jego powrót do stanu ciekłego. W 1845 roku Michael Faraday mieszając ze sobą zestalony dwutlenek węgla i eter a następnie obniżając ciśnienie w naczyniu z mieszaniną osiągnął temperaturę – 110°C. Temperatura ta pozwoliła skroplić wszystkie znane gazy za wyjątkiem tlenu, azotu, wodoru, tlenku węgla, tlenku azotu i metanu. Nazwano je wówczas gazami trwałymi.

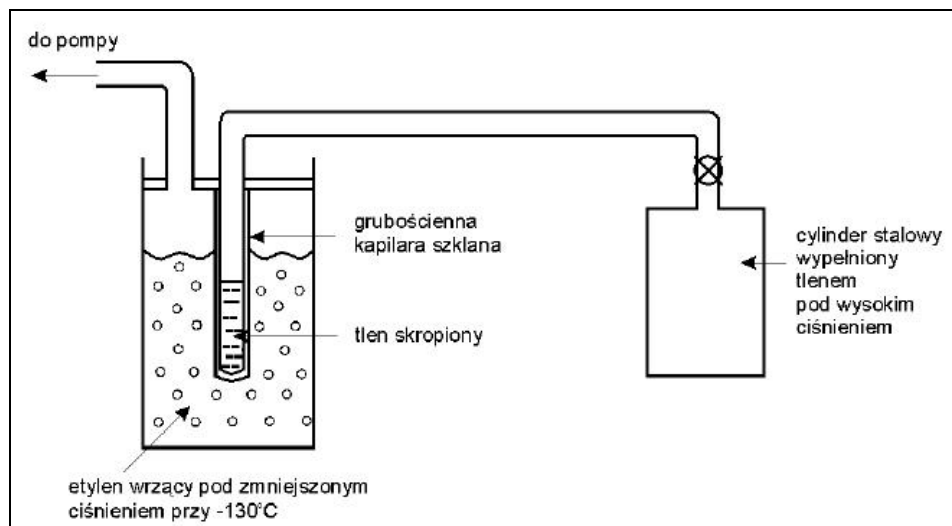
Profesor Wróblewski, tuż przed powrotem na stałe do kraju, zakupił w Paryżu pompę pomysłu Cailleta i dokonując w niej szereg istotnych zmian wraz z Karolem Olszewskim podjął próbę skroplenia tlenu zakończoną sukcesem 29 marca 1883 r. Zasadniczym etapem było gwałtowne zmniejszenie ciśnienia silnie sprężonego i oziębionego gazu oraz zastosowanie tzw. metody kaskadowej przy obniżaniu jego temperatury. Metoda ta polega na sukcesywnym skraplaniu gazów o coraz niższych temperaturach krytycznych²⁸. Gaz, który można łatwo skroplić w zwykłej temperaturze stosując odpowiednio wysokie ciśnienie, następnie wrze pod obniżony m ciśnieniem. Powoduje to znaczny spadek jego temperatury, która umożliwia skroplenie gazu o jeszcze niższej temperaturze krytycznej. Opisane powyżej procesy zachodzą wielokrotnie dając w wyniku bardzo niskie temperatury, rzędu – 160°C. W dążeniu do otrzymania skroplonego tlenu pierwszy stopień kaskady stanowił ciekły etylen o temperaturze 252 K (- 21°C), który skroplono obniżając jego temperaturę w mieszaninie lodu

²⁶ H. Kubbinga *A tribute to Wróblewski and Olszewski* Europhysics News **41** (2010) 21

²⁷ A. Szytuła, *125 rocznica skroplenia składników powietrza*, Foton 101, 2008

²⁸ To temperatura powyżej, której gazu nie można skroplić przez zwiększanie ciśnienia.

z solą kuchenną. Aby skroplić etylen przy tej temperaturze wystarczyło sprężyć go do ciśnienia ok. 30 atm. Ciekły już etylen następnie przepływa przez wężownicę zanurzoną w mieszaninie kwasu węglowego z eterem, gdzie oziębiał się do temperatury ok. 193 K (-80°C). Pary gazu sprężano do 0,033 atm, dzięki czemu w komorze osiągnięto temperaturę 128 K (-145°C). Wprowadzając do oziębionej wężownicy tlen, Olszewski i Wróblewski spostrzegli, że tlen skrapla się na ściankach rurki i spływa na jej dno.



Rys.8.12. Schemat aparatury do skraplania tlenu²⁹.

Ponadto zaobserwowali, jako pierwsi, nie tylko tlen i azot w stanie ciekłym ale także charakterystyczny dla tego stanu menisk. Wróblewski odnotował, że dla ciśnienia ok. 50 atm. przy temperaturze bliskiej temperaturze wrzenia etylenu, nieznaczna tylko zmiana ciśnienia powoduje pojawienie się lub zupełny zanik menisku.



Rys. 8.13 Zygmunt Wróblewski i Karol Olszewski.

Skroplenie ostatniego z gazów, helu oraz badanie jego przewodności przyczyniło się w końcu do odkrycia w 1911 roku nadprzewodnictwa, co przyniosło – dwa lata później – H. Kamerlingh Onnes'owi Nagrodę Nobla. Dalsze obniżanie temperatur to odkrycie nadciekłości helu a później sprowadzenie materii do stanu kondensatu Bosego – Einsteina. Pionierskie badania Polaków przyczyniły się także do rozwoju kriogeniki, której szczególne osiągnięcia przewiduje się zwłaszcza w elektroenergetyce i elektronice - zastosowanie elementów nadprzewodzących w urządzeniach energetycznych prowadzi bowiem do znacznego

²⁹ <http://www.portalnaukowy.edu.pl/powietrze.htm>

zmniejszenia kosztów i masy tych urządzeń oraz zwiększenia sprawności i wydajności przy zachowaniu ich mocy.

Jan Józef Ignacy Łukasiewicz

Jan Józef Ignacy Łukasiewicz to wynalazca lampy naftowej, a także twórca przemysłu naftowego. Z wykształcenia aptekarz, któremu aż nadto zależało na sprawie polskiej. Wiek XIX to stan zacofania w Polsce przy jednoczesnym rozwoju państw zachodnich. Rozwijała się wówczas komunikacja lądowa i morska, powstawały huty, cementownie, rósł w siłę przemysł chemiczny. Przemysł wydobywczy (zwłaszcza wydobywanie łupków bitumicznych) miał przyczynić się do zastąpienia w oświetlaniu olejów roślinnych i zwierzęcych na rzecz olejów mineralnych. Panowało jednak wówczas przeświadczenie, iż ropa naftowa jest substancją niebezpieczną, łatwopalną, skłonną do wybuchów i nie może być powszechnie stosowana ze względu na swój lokalny charakter występowania. W takich warunkach społecznych i politycznych narodziło się zainteresowanie Łukasiewicza ropą naftową oraz jej pochodnymi.

Pracując w aptece Mikolascha we Lwowie po raz pierwszy spotkał się z naftą, tam też po raz pierwszy (1852) dokonał jej destylacji³⁰. Wraz z przyjacielem Zehem w wysokiej temperaturze – 200 – 250°C otrzymał czystą naftę pozbawioną lekkich składników jak benzyna czy ciężkich węglowodorów: olei technicznych, asfaltu, które oddzieliły się od nafty w niższych temperaturach. Metodę tą nazwano destylacją frakcjonowaną. Sam destylat był później rafinowany przy pomocy stężonego kwasu siarkowego czy roztworu sody. W Austriackim Urzędzie Patentowym znaleźć można patent na destylat ropy naftowej z 2 grudnia 1852 roku, należący do obu panów. Niespełna rok po przeprowadzeniu procesu w wyniku, którego otrzymano naftę Łukasiewicz dokonał kolejnego wynalazku, skonstruował lampę naftową.



Rys.8.14. Zrekonstruowany prototyp lampy naftowej Łukasiewicza ze zbiorów Muzeum Podkarpackiego w Koście³¹.

Prototyp powstał na bazie lampy olejowej, jednak szereg modyfikacji stwarzał ją nie tylko bezpieczniejszą, ale i wydajniejszą. Po raz pierwszy innowacja ta znalazła zastosowanie 31 lipca 1853 roku w Szpitalu Głównym we Lwowie. Na sali operacyjnej, którą wówczas

³⁰ Według anegdoty uwagę Łukasiewicza na ropę naftową miał skierować karczmarz spod Borysławia niejaki Schreiner, który pewnego dnia zjawił się w aptece Mikolascha z beczką ropy i zaproponował aptekarzom podjęcie próby wypędzenia z niej wódki. Zawiedziony wyjaśnieniem, że pomysł jest nierealny, karczmarz zostawił ropę, a Łukasiewicz miał jej użyć do pierwszych swoich doświadczeń.

³¹ http://www.oswietlenie.muzeum.krosno.pl/historiaoswietlenia_11.html

oświetlono lampami naftowymi, dr Zaorski wykonywał skomplikowaną operację wyrostka robaczkowego³².

Łukaszewicz pragnąc rozszerzyć swoje badania postanowił przeprowadzić się w pobliże rejonów bogatych w złoża ropy naftowej i rozpocząć jej wydobywanie na wielką skalę. Wydobywanie, a także jej przeróbki odbywały się stosując procesy technologiczne opracowane przez samego Łukaszewicza. Technologia produkcji nafty Łukaszewicza dawała gwarancję uzyskania produktu, który mógłby konkurować jakością i ceną z produktami rynkowymi. Łukaszewicz zawiązywał spółki prowadzące prace wiertnicze, budował i modernizował rafinerie (Ulaszowice, Klęczany, Chorkówka) cały czas jednocześnie dbając o ulepszenie i zwiększenie wydajności procesów technologicznych. Łukaszewicz prezentował produkty naftowe na wystawach gospodarczych w Jaśle, Lwowie i Wiedniu. Przyniosło mu to nie tylko rozgłos ale i pieniądze. W 1880 roku stanął on na czele Krajowego Towarzystwa Naftowego, którego głównym zadaniem była obrona przedsiębiorców naftowych przed wpływem zaborców, a także ochrona ich interesów. Z inicjatywy Łukaszewicza powstaje czasopismo „Górnik” wydane po raz pierwszy na tydzień przed śmiercią naukowca. Zmarł on w wieku 60 lat.

Ignacy Łukaszewicz jeszcze za życia został uhonorowany wieloma zaszczytami, a i po śmierci o nim nie zapomniano. W 25 rocznicę zapalenia lampy naftowej otrzymał (od producentów naftowych) złoty medal z jego podobizną. Ponad to papież Pius IX zaszczylił go nadając mu tytuł szambelana papieskiego i odznaczając Orderem Św. Grzegorza. Dziś jego podobiznę utrwała się na medalach, znaczkach pocztowych, monetach, patronuje szkołom i zakładom przemysłowym. Jest patronem Polskiego Przemysłu Farmaceutycznego, a także Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego³³.

8.3. Geografia

Ignacy Domeyko - Chile

Duże osiągnięcia w dziedzinie szeroko pojętych nauk przyrodniczych Polacy odnosili nie tylko jako genialni fizycy czy chemicy, ale także jako poszukiwacze i odkrywcy. Ich nazwiska można spotkać na każdym z badanych kontynentów, jako nazwy szczytów, miasteczek, rzek itp.

Jednym z nich był Ignacy Domeyko, jedyny Polak, który został honorowym obywatelem Chile a jego zasługi najlepiej opisują przydomki „apostoł nauki”, „ojciec górnictwa”, jakimi obdarzyli go chilijczycy. Domeyko zajmował się głównie badaniem Andów, a także odkrywaniem ich bogactw mineralnych jednocześnie nie obce były mu sprawy dydaktyki, swojego czasu poddał on reformacji chilijskie szkolnictwo wyższe.

³² http://www.webook.pl/w-611,Historia_lampy_naftowej.html

³³ <http://www.geo.uw.edu.pl/BOBRKA/LUKASIEWICZ/lukasiewicz.htm>



Rys.8.15. Ignacy Domeyko urodził się na terenie Wielkiego Księstwa Litewskiego (wieś Niedźwiadka). Studiował na Uniwersytecie w Wilnie, gdzie zdobył tytuł magistra filozofii (niegdyś w ten sposób określano nauki przyrodnicze). W czasie studiów związał się z Towarzystwem Filomatów, których głównym celem było samokształcenie. Był on przyjacielem Adama Mickiewicza, który uczynił Domeykę bohaterem III części *Dziadów* (Żegota).

Domeyko przybył do Chile na sześcioletni kontrakt. Zaczynając pracę w La Serena natychmiast przystąpił do budowy laboratorium mineralogicznego, pracowni fizycznych i chemicznych, a także zorganizował bibliotekę. Potrzebne wyposażenie oraz chemikalia sprowadza z Europy. Oprócz pracy pedagogicznej Domeyko odbył szereg wycieczek po bezdrożach Chile dokonując przy tym szereg obserwacji geograficznych, geologicznych, a także z dziedziny meteorologii i klimatologii.

Pierwsze znaczące podróże odbył w roku 1838. Badał wówczas kopalnię srebra w Arquaeros oraz kopalnię miedzi, przemierzając jednocześnie pustynię Atakama. W 1842 roku wybrał się na wyprawę w Andy, gdzie odkrył ogromne złoża miedzi eksploatowane aż do dziś dnia. Podczas każdej z tych wypraw poszukiwał nowych – nieodkrytych kruszców i minerałów, a także życiodajnych złóż. Natrafił on także na ruiny starożytnych osad indiańskich oraz przedkolumbijskie rysunki naskalne. Domeyko był także zdobywcą wielu szczytów.

Podczas jednej z wypraw wysokogórskich otarł się o śmierć. Był wówczas świadkiem powstawania nowego krateru wulkanicznego między dotychczasowymi stożkami Cerro Verde i Descabezado. Udałe wyprawy umożliwiły mu określenie granicy wiecznego śniegu w Andach. Nie sposób wymienić wszystkich, zarówno służbowych jak i prywatnych, wypraw Domeyki. Po latach jednak Cenut de Bon przemierzając większość szlaków Polaka szacuje ich długość na ok. 7000 km.

Domeyko z żadnej podróży nie wracał z pustymi rękami. Gromadził duże ilości materiału skalnego, który następnie poddawał analizie chemicznej. Zebranie sporych ilości danych pozwoliło mu na publikację mapy geologicznej Chile oraz podręcznika chemii, który posłużył do oznaczania minerałów. Domeyko jest autorem kilku podręczników i wielu monografii, głównie z dziedziny mineralogii, w których opisuje po raz pierwszy niektóre minerały, jak np: naturalny amalgamet srebra czy arsenek miedzi nazwany później domeykitem (odkryty w 1844 roku, który oprócz Chile występuje także w Meksyku, Saksonii, Stanach Zjednoczonych czy Kanadzie). Uczony zebrał w swojej kolekcji niemal 4 tys. minerałów, które przekazał Uniwersytetowi Chiilijskiemu przechodząc na emeryturę.



Rys.8.16. Domeykit – arsenek miedzi Cu_3As . Kolor: srebrzystobiały lub żółtobrazowy, gęstość: $7,2 - 8 \text{ g/cm}^3$, twardość (w skali Mohsa) $3 - 3,5$.

Na potrzebę Uniwersytetu założył także sieć stacji meteorologicznych, obserwatorium astronomiczne, muzeum i ogród botaniczny. Jednocześnie Domeyko cały czas pracował jako wykładowca, a po przejściu na emeryturę robił to nieodpłatnie. Za swój ogromny wkład w naukę a także dydaktykę oraz za promocję międzynarodową Chile, którą uważał za swoją drugą ojczyznę, został uhonorowany wieloma nagrodami i odznaczeniami, z honorowym obywatelstwem Chile na czele (26.12. 1848).

W obliczu tylu zasług niczym nadzwyczajnym wydają się ulice, aule, kampusy nazwane imieniem Domeyki. Jednak równie często można je spotkać na mapie Ameryki Południowej. Jego imieniem nazwano m. in. górę (Cerro Domeyko), szczyt w Andach na północy Chile, pasmo górskie oddzielające pustynię Atakama od solniska Salar de Atakama o długości około 350 km i wysokości do 5070 m, miasto liczące niespełna 1,5 tys. mieszkańców położone u stóp góry nazwanej jego imieniem, a także port.

Paweł Edmund Strzelecki

Na geograficznej mapie świata nader często spotkać można polskie (polskobrzmiące) nazwisko. Przyglądając się mapie Australii natrafimy na pasmo górskie pod nazwą Góry Strzeleckiego, dwa szczyty (756 i 636 m n.p.m.) Strzeleckiego, pustynię, rzekę oraz rezerwat przyrody też nazwiska Strzeleckiego. Przyjęło się nadawać nazwy obiektom geograficznym od ich odkrywców, nie dziwi więc fakt, że postanowiono upamiętnić w ten sposób osobę wielkiego badacz, odkrywcy i filantropa Pawła Strzeleckiego.

Strzelecki podczas pobytu w Polsce zarządzał majątkiem księcia Franciszka Sapiehy. Działalność ta umożliwiła mu zgromadzenie wystarczającej ilości środków aby odbyć ciągnącą się 9 lat podróż dookoła świata. W 1834 roku wyjechał do Anglii, gdzie podjął studia geologiczne, by wkrótce wykorzystać zdobytą wiedzę i umiejętności w poszukiwaniu złóż surowców i badaniu minerałów. Pierwszym etapem podróży Strzeleckiego była Ameryka Północna, do której dotarł w 1834 roku. Odkrył tam potężne złoża miedzi (nad jeziorem Ontario, Kanada), później eksploatowane na dużą skalę. Na terenie Ameryki Południowej poświęcił się głównie badaniom nad wulkanami (Brazylia, Chile, Urugwaj). Na poniższej mapie możemy prześledzić trasę jego podróży.



Rys.8.19. Fragment mapy Australii z zaznaczoną pustynią i rezerwatem przyrody Strzeleckiego³⁴.

Aleksander Czekanowski i Jan Czerski - Syberia

W czasie, kiedy Polacy badali Australię czy wysokie Andy w Ameryce Południowej nie wszystkie regiony świata były zamieszkałe przez ludzi. W końcu nawet, jeśli dochodziło do takiego spotkania nie zawsze można było liczyć na zrozumienie prowadzonych badań. Aleksander Czekanowski i Jan Czerski bynajmniej nie planowali prowadzenia badań Środkowej Syberii (bardzo trudnego ze względów klimatycznych regionu). Obaj zostali tam zesłani jako podejrzani o udział w powstaniu styczniowym i zmuszeni do ciężkich robót. Czekanowski, z wykształcenia geolog i mineralog już w drodze ku Syberii gromadził i porządkował materiały, które oddał następnie Fryderykowi Schmidtowi. Dwa lata później Czekanowski został zwolniony z prac przymusowych i przeniesiony do Irkucka.

Stamtąd odbył on trzy wyprawy naukowe, które pozwoliły mu zapełnić „białe plamy” na mapie dzisiejszej Rosji. Pierwsza z nich (1873) objęła badaniami teren dorzecza Dolnej Tunguzki, druga, najważniejsza, miała na celu zbadanie nieznanego wtedy rzeki Oleniok oraz ustalenie jej brzegów, trzecia to badanie dolnej Leny i Jany. Podczas podróży, które odbył w przeciągu trzech kolejnych lat Czekanowski przebył drogę 25 tys. km.

Z kolei Jan Czerski był uczniem Czekanowskiego. Studia z geologii odbywał już na zesłaniu, być może dlatego całkowicie poświęcił się badaniom Syberii. Po zwolnieniu go ze służby wojskowejostał kustoszem muzeum, Oddziału Syberyjskiego Cesarskiego Towarzystwa Geograficznego. Głównie dzięki badaniom terenowym oraz opisom przesyłanych do muzeum kolekcji znanych badaczy stał się on specjalistą badań nad Syberią Wschodnią.

W 1875 roku odkrył Jaskinię Niżnieudińską, w której znajdowało się wiele zmumifikowanych szczątków zwierząt. Rewelacją okazało się wówczas zidentyfikowanie przez Czerskiego nowego, wymarłego już gatunku ssaków, zwanego psem niżnieudińskim. Zajmował się także opisem fauny kopalnej m.in. mamutów znad rzeki Birusy czy byka pierwotnego z okolicy Irkucka. Jedną z jego licznych wypraw stanowiły ponad trzyletnie badania brzegu jeziora Bajkał. Zebrane materiały umożliwiły mu sporządzenie mapy

³⁴ <http://www.strzelecki.org/pestrzelecki/pestrzelecki.htm>

geologicznej wybrzeży. Czerski w celu ustalenia poziomu wody w jeziorze wykonał 16 nacięć skalnych, stawiając prawdopodobnie w ich miejsce biały krzyż, dla prostszej ich lokalizacji.



Rys.8.20. Biały krzyż na skalnym klifie w okolicach wioski Bajkalskoje (fot. Krystian Pietruszka)³⁵.

W 1891 roku rozpoczął on, wraz z żoną i synem, niezmiernie trudną ekspedycję ciągnącą się z Jakucka nad morze Arktyczne przez łańcuchy Gór Wierchojańskich, doliną Indygirki oraz przez góry noszące dziś jego imię. Czerski nie doczekał końca wyprawy. Zmarł w obozie nad Dolną Kołymą chorując na płuca. Cel podróży został jednak osiągnięty przez jego żonę - Marwę Pawłowną Iwanową. Nazwiskiem Czerskiego nazwano m.in. pasma górskie, jedno w północnej Jakucji, drugie w pobliżu miasta Czyta, szczyty górskie, doliny, miasto nad Kołymą a nawet wodospad w dorzeczu Angary.

Pytania kontrolne

1. Wymień badaczy zajmujących się promieniotwórczością. Omów ich dokonania i odkrycia oraz wkład do nauki.
2. Scharakteryzuj osobę Mikołaja Kopernika i jego odkrycia.
3. Omów początki przemysłu naftowego.
4. Kim byli badacze Australii i Chile, a także Syberii?
5. Kto prowadził badania nad skropleniem azotu?

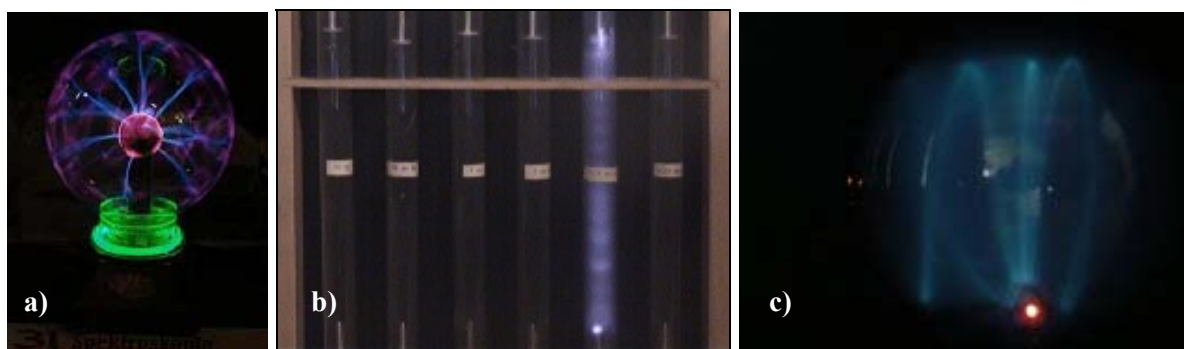
³⁵ <http://www.geocontext.org/publ/2005/syberia/>

14. Współczesna diagnostyka i medycyna

Współczesna diagnostyka medyczna opiera się na zastosowaniu specjalistycznych urządzeń do wykrywania różnego rodzaju chorób. Gdyby nie ścisły związek fizyki i medycyny (a także matematyki, chemii, biologii, informatyki) to nie udało by się poznać i zrozumieć budowy i funkcjonowania ciała ludzkiego i zbudować maszyn diagnostycznych. Stosowane metody wywodzą się z różnych dziedzin fizyki i chemii, korzystają z najnowszych osiągnięć elektroniki i inżynierii materiałów oraz zaawansowanych metod matematycznych. Skojarzenie tych różnych dziedzin nauki daje do ręki specjaliście lekarzowi sposoby niezwykle wszechstronne narzędzia tak diagnostyki medycznej jak i terapii. Poniżej opisujemy niektóre z nich, zaczynając od jednej z najważniejszych, odkrytej pod koniec XIX wieku przez Wilhelma Conrada Röntgena.

14.1. Od promieni „X” do tomografii komputerowej

W listopadzie 1895 roku Wilhelm Conrad Röntgen badał przepływ prądu elektrycznego przez szklane bańki z bardzo rozrzedzonymi gazami wewnątrz. Wiadomo było, że rozrzedzony gaz pod wpływem prądu świeci. Poniższy zdjęcia przedstawiają świecenie gazów pod niskim ciśnieniem pod wpływem prądu elektrycznego.



Rys.14.1 a) Kula plazmowa (nazwa bierze się stąd, iż faktycznie w bańce powstaje plazma). Plazma to silnie zjonizowany gaz. Jony, które w normalnych warunkach obecne są we wszystkich gazach za sprawą zjawisk naturalnej promieniotwórczości, we wnętrzu sferycznej bańki wprowadzane są w ruch przez pole elektryczne. **b)** Wszystkie typy lamp błyskowych działają na tej samej zasadzie, wykorzystując wyładowanie elektryczne w szklanej bańce napelnionej gazem pod odpowiednio niskim ciśnieniem. **c)** Świecenie helu pod niskim ciśnieniem (pomiar stosunku ładunku do masy dla elektronów) - elektrony są emitowane z żarzonej katody na dole zdjęcia

Wiadomo też było, że pod bardzo niskim ciśnieniem katoda staje się źródłem promieni rozchodzących się prostoliniowo i powodujących bladą poświatę szkła. Dziś wiemy, że promienie te, zwane wówczas „katodowymi” to *elektrony*, te same które kreślą obraz w kineskopie telewizora starego typu. Gdy zapadł już późny wieczór 8 listopada 1895, w ciemnym laboratoryjnym pokoju Röntgen zauważył słabo widoczny pas światła w okolicy lampy wyładowczej. Było to światło pochodzące od papieru fluorescencyjnego, który był obok lampy. Röntgen zauważył też, że gdy obniżał stopniowo ciśnienie gazu, katoda (elektroda ujemna) jest źródłem promieni, które rozchodzą się po liniach prostych i powodują bladą poświatę szkła. Źródłem tych niewidzialnych promieni nie była jednak katoda jak początkowo uważał Röntgen, ale anoda (przeciwna elektroda, podłączona do dodatniego bieguna źródła prądu). Kiedy Röntgen pokrył lampę czarnym papierem to fluorescencja³⁶

³⁶ Zjawisko emitowania światła przez wzbudzony atom lub cząsteczkę. Zob. również rozdział VIII.

nadal nie zanikała. Ta obserwacja wzbudziła w Röntgenie zdolności eksperymentalne i poznawcze. Dalej badał to zjawisko umieszczając między lampą a ekranem różnorakie obiekty, np. książki, szachy, kawałki metalu, a w ostateczności nawet swoją rękę. Już w 1896 Röntgen napisał sprawozdanie o promieniach, które odkrył i podał ich najważniejsze cechy. Cechami tymi były:

- przechodzenie promieni X przez różne materiały o tej samej grubości zależy głównie od ich gęstości, a wraz ze wzrostem grubości transmisja maleje.
- płytki fotograficzne są czułe na promienie X,
- promienie nie uginają się w polu magnetycznym,
- promienie X powstają w miejscu, gdzie promienie katodowe trafiają w szklaną ścianę,
- promieniowanie to jest prawdopodobnie falą podłużną.

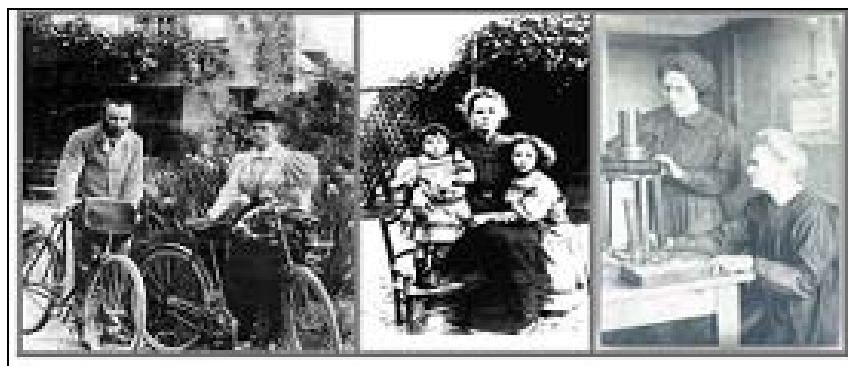


Rys.14.2 a) Krzyż Crooksa. Science Museum, Londyn. (Foto GK) Za pomocą tego urządzenie w latach 70-tych XIX wieku badano m.in. promienie katodowe.

b) Lampa generująca promieniowanie Röntgena z początków XX wieku, Deutsches Museum, Monachium.

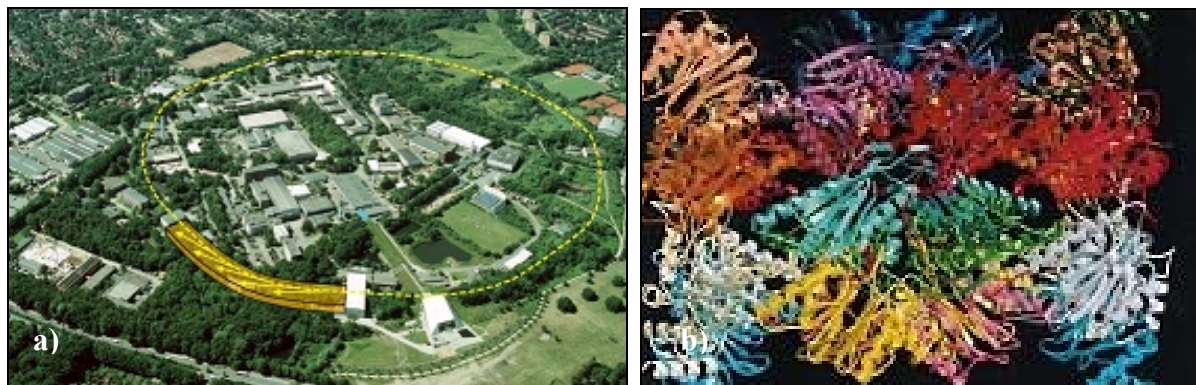
Dziś wiemy, że tylko to ostatnie stwierdzenie nie było prawdziwe. Röntgen był naprawdę zdolnym eksperymentatorem. Swoje wyniki ogłosił 28.12.1896 roku, a już 7 stycznia tę wiadomość opublikowała prasa londyńska. W 1901 roku Röntgen otrzymał nagrodę Nobla.

Już w czasie I wojny światowej promienie X znalazły ogromne zastosowanie praktyczne. Maria Skłodowska – Curie z własnej inicjatywy zdobyła 20 samochodów i zorganizowała ruchome stacje rentgenowskiego prześwietlania rannych, co znacznie ułatwiło przeprowadzenie operacji chirurgicznych.



Rys.14.3 Maria Skłodowska – Curie z rodziną i przy pracy w laboratorium.
[wystawa w Instytucie Marie Curie w Paryżu, 2005, foto GK]

Wiązki promieni X wytwarzane nowoczesnymi metodami, tzw. wiązki promieniowania synchrotronowego pozwalają m.in. na analizę mikrostruktury kości oraz na badania struktury przestrzennej białek i innych skomplikowanych związków chemicznych. Różnica między promieniowaniem synchrotronowym a „zwykłymi” promieniami Röntgena jest mniej więcej taka, jak między światłem kolorowej latarki a światłem lasera. Promieniowanie synchrotronowe tworzy wiązkę *skolimowaną* i o dobrze określonej energii (tzw. mono-energetyczną).



Rys.14.4 a) Dzisiejsze naukowe zastosowanie promieni Röntgena korzystają ze specjalnych urządzeń wytwarzających promieniowanie o ściśle określonej energii i dobrze skolimowanych, czyli przypominających słup światła z latarki (lub właściwiej lasera). Urządzenia te, zwane synchrotronami, to takie małe akceleratory (synchrotron DESY na zdjęciu pochodzi z Hamburga). Za pomocą promieniowania synchrotronowego możemy badać prawie że pojedyncze atomy **b)**. Trójwymiarowa struktura białka (enzymu)-izomerazy triozofosforanowej.

„Miękkie”, czyli niskoenergetyczne promieniowanie Röntgena służy również na lotniskach do oglądania zawartości walizek pasażerów.

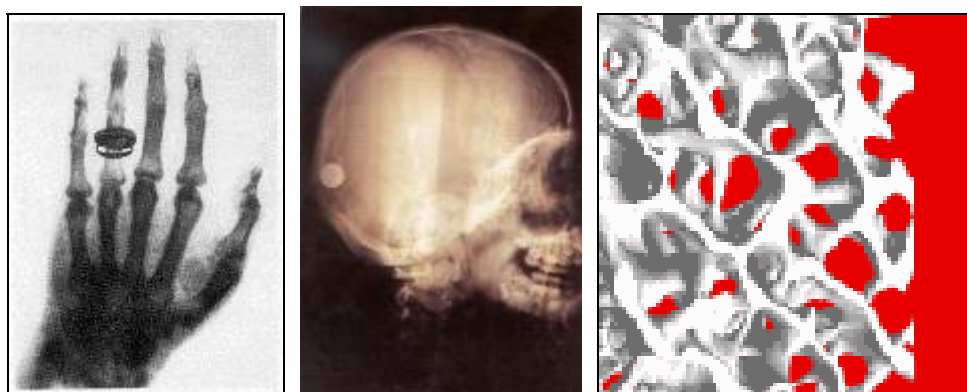


Rys. 14.5 Wnętrze prześwietlonego bagażu na lotnisku.

14.2 Metody obrazowania narządów i terapii

O ile promieniowanie Röntgena, będące promieniowaniem elektromagnetycznym³⁷ i tomografia z jego wykorzystaniem służy głównie do obrazowania tkanek twardych (kości), ultrasonografia korzysta z fal dźwiękowych i służy do badania tkanek miękkich.

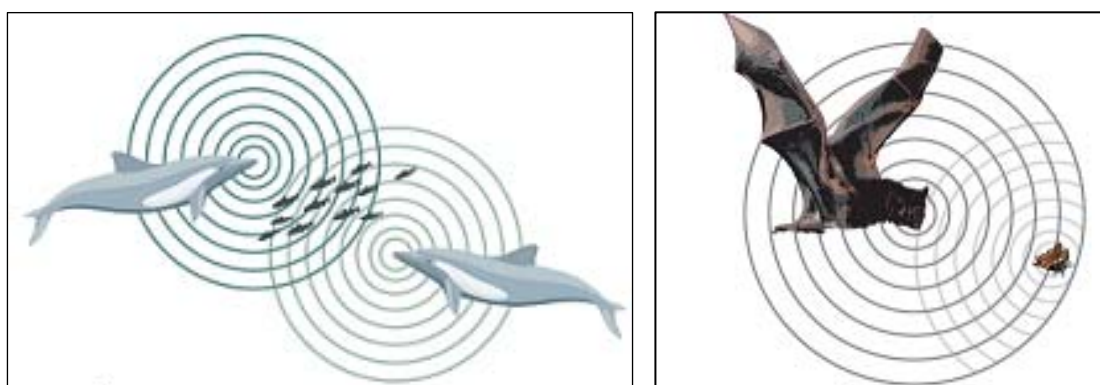
³⁷ Promieniowaniem elektromagnetycznym jest również światło. Światło widzialne ma niższą energię 1,6-3,3 eV (elektronowolta) a dłuższą długość fali (0,4-0,8 nm) niż promieniowanie X (dla energii 50 keV długość fali Röntgena wynosi $2,49 \times 10^{-11}$ m), gdzie 1 eV to energia, którą posiada elektron przyspieszony napięciem elektrycznym 1 volta.



Rys. 14.6 Na podstawie ilustracji widać, że promienie X służą do obrazowania począwszy od ręki Rudolfa Kolliker'a wykonane przez Röntgena w 1896 roku, aż po mikrostrukturę kości.

Rozchodzenie się dźwięków wykorzystywane jest w wielu dziedzinach nauki i techniki. Można w ten sposób badać uszkodzenia w częściach maszyn. Pomiar echa odbitego od obiektów pod wodą wykorzystują łodzie podwodne tak do nawigacji jak do namierzania celów.

Pierwowzorem echolokacji w przyrodzie są narządy słuchu nietoperzy. Za pomocą uszu potrafią one, w zupełnej ciemności, zlokalizować pojedynczego owada z odległości 80 cm i z dokładnością do 5cm. Wyniki nowych badań pokazują, że nietoperze są przekonane, iż wszystkie gładkie powierzchnie to woda, ponieważ bardziej polegają na swoim słuchu niż na jakichkolwiek innych zmysłach³⁸. Rozchodzenie się fal dźwiękowych, pochodzących głównie z trzęsień ziemi, jest też sposobem na badanie wnętrza naszej planety.



Rys.14.7 Zjawisko echolokacji, które wykorzystują delfiny i nietoperze.

Metodą obrazowania wykorzystującą ultradźwięki jest **ultrasonografia**, która służy do badania narządów i tkanek miękkich u człowieka (jama brzuszna, klatka piersiowa, układ nerwowy), jak i u zwierząt. Tkanki kostne odbijają fale ultradźwiękowe więc nie nadają się do obrazowania. Aparat USG zbudowany jest z dwóch części: głowicy (nadajnik i odbiornik fal ultradźwiękowych) oraz urządzenia, które zamienia uzyskane sygnały w obraz obserwowany na monitorze. Najczęściej są używane ultradźwięki w zakresie od 1 do 10 MHz³⁹. Do przetwarzania tak wysokich częstotliwości nie używa się zwykłych głośników,

³⁸ Naukowcy z Instytutu Ornitologii im. Maxa Plancka w Niemczech odkryli (2011), że z 15 gatunków nietoperzy wszystkie próbowały się napić z gładkich powierzchni, bazując na sposobie w jaki odbijają one sygnały echolokacyjne tych latających ssaków. Zwierzęta ignorowały sprzeczne informacje odbierane przez inne zmysły, takie jak wzrok, węch czy dotyk.

³⁹ Górna granica częstotliwości dźwięków słyszanych przez człowieka to 0,02 MHz.

gdyż ultradźwięki wytwarzane są przez przetworniki *piezoelektryczne*⁴⁰. Mimo tych różnic, podobnie jak u nietoperza, czas powrotu impulsu informuje o odległości od odbijającego obiektu. Fala ultradźwiękowa powstaje i jest przetwarzana w impulsy elektryczne dzięki zjawisku piezoelektrycznemu. Na monitorze widzimy ciemniejsze i jaśniejsze punkty, które po połączeniu tworzą zarys badanego narządu.

Współczesne metody ultrasonografii pozwalają rozróżnić detale ciała ludzkiego płodu z dokładnością do kilku milimetrów. Ultrasonografia w tzw. 4D pozwala śledzić ruchy płodu.

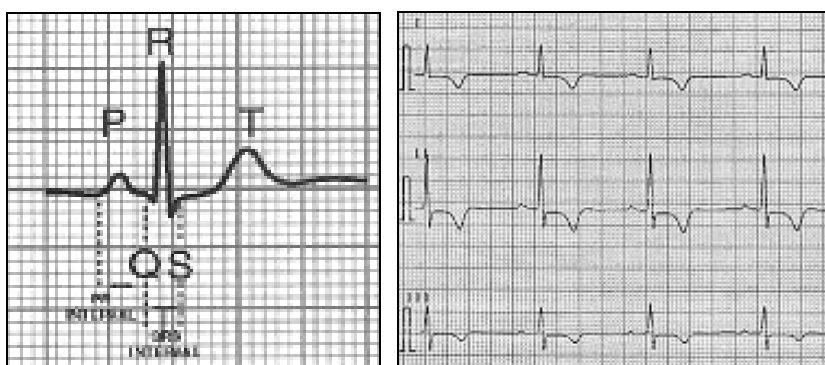
Elektrokardiografia

Badanie EKG jest jednym z badań zlecanych przez lekarza, który podejrzewa u pacjenta zaburzenia pracy serca. Niektóre nieprawidłowości są bardzo dobrze widoczne tylko na wykresie EKG. Są to m. in. zaburzenia przewodzenia impulsów elektrycznych w sercu oraz nadmierna czynność elektryczna powodująca niemierną pracę serca, która może wskazywać na przeciążenie lub niedokrwienie.

Samo badanie nie jest trudne. Elektrody o metalowych zakończeniach umieszcza się na kończynach pacjenta i na klatce piersiowej. Do zamocowania elektrod służą gumowe „przyssawki”. Aby zmniejszyć opór elektryczny pomiędzy ciałem badanego a elektrodą smaruje się dane miejsca żelem. Umieszczane są 4 elektrody na kończynach i 6 na powierzchni klatki piersiowej, co daje 10 odprowadzeń.

Wykres EKG składa się z:

- **linii izoelektrycznej** – jest to linia pozioma zarejestrowana w czasie, gdy w sercu nie stwierdza się żadnych aktywności. Najłatwiej wyznaczyć ją według odcinka PQ.
- **charakterystycznych załameków** – są to wychylenia od linii izoelektrycznej (patrz Rys.14.8) Dodatnie, gdy wychylony w górę, a ujemny, gdy wychylony w dół.
 - o **załamek P** – jest wyrazem depolaryzacji mięśnia⁴¹ przedsionków,
 - o **zespół QRS** – odpowiada depolaryzacji mięśnia komór.
 - o **załamek T** – odpowiada repolaryzacji komór.
 - o **załamek U** (nie widoczny na poniższym wykresie)
- **odcinków** – jest to czas trwania linii izoelektrycznej między załamekami,
- **odstępów** – czas trwania odcinków i sąsiadującego załamka.

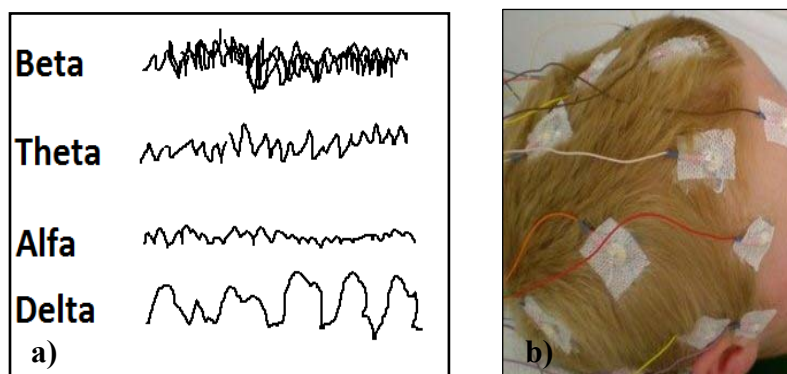


Rys.14.8 Zapis EKG i jego charakterystyczne załamki.

⁴⁰ Zjawisko piezoelektryczne wykazują np. kryształy kwarcu. Zjawisko to polega na kurczeniu (i rozszerzaniu się) kryształu pod wpływem przyłożonego do niego napięcia elektrycznego. Z kolei ściskany kryształ wytwarza napięcie elektryczne. Tak działa generator częstotliwości w zegarku elektronicznym oraz piezoelektryczny zapalacz do gazu, dający długie iskry.

⁴¹ Pobudzenie tkanki mięśniowej przez zmniejszenie potencjału elektrycznego.

Kolejnym nieinwazyjnym badaniem służącym do poznania bioelektrycznej czynności mózgu jest **EEG** (elektroencefalografia) . Badanie to polega na rejestracji zmian potencjału elektrycznego na powierzchni skóry głowy, pochodzące od aktywności neuronów kory mózgowej. Badanie EEG przeprowadzane jest w pozycji leżącej lub siedzącej, a na głowie pacjenta umieszcza się od 16 do 24 elektrod. Skórę głowy przemywa się alkoholem przed zamocowaniem elektrod, a także na powierzchni elektrod umieszcza się pastę przewodzącą.



Rys.14.9 a) Przykładowy elektroencefalogram- zapis badania EEG. **b)** Rozmieszczenie elektrod na głowie pacjenta podczas badania.

Badanie dopplerowskie przepływu krwi

Cenne informacje w badaniach diagnostycznych uzyskujemy wykorzystując zjawisko Dopplera⁴². Kodowanym kolorem ocenia się przepływ w naczyniach tętniczych i żylnych. Jest to badanie ultrasonograficzne, bezinwazyjne i bezbolesne. Krew krążąca nieustannie w naszym organizmie zaopatruje każdą komórkę w składniki odżywcze i tlen. Każda przeszkoda na drodze przepływu krwi może być wykryta przy pomocy ultrasonografii dopplerowskiej. Serce i naczynia krwionośne wykonują ciężką pracę transportując krew w organizmie człowieka. Tętnice odprowadzają, a żyły doprowadzają krew do serca, a rozmieszczone między nimi drobne naczynia włosowate przenoszą krew do wszystkich tkanek.

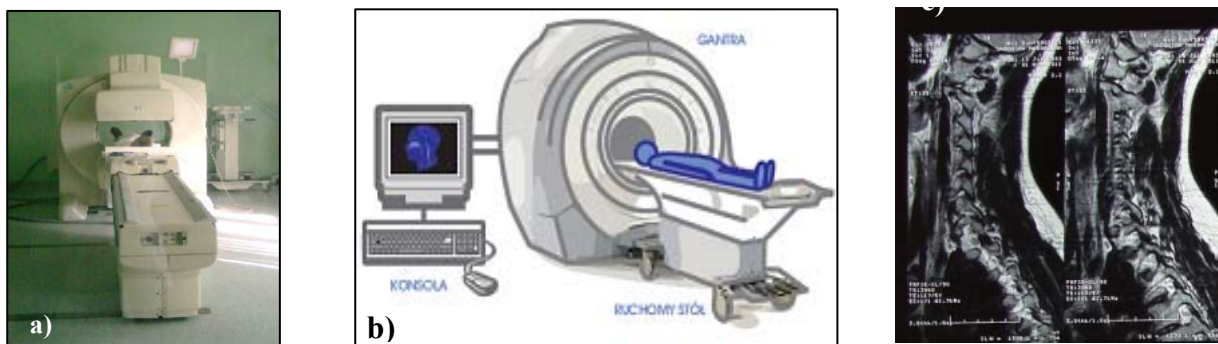
Fala ultradźwiękowa o częstotliwości 2,5 MHz (megaherców) wysłana przez specjalną głowicę przechodzi przez ciało pacjenta, odbija się od np. płynącej krwi i powraca do głowicy. Aparat ultradźwiękowy rejestruje zmiany częstotliwości fali ultradźwiękowej odbitej od płynącej krwi i przedstawia na monitorze.

Dokładna diagnoza pozwala zobaczyć, w którym miejscu krew płynie wolniej, gdzie szybciej, a gdzie może się cofać np. gdy nie domykają się zastawki żylne. Dzięki przystawce dopplerowskiej do aparatu USG można zmierzyć przepływ krwi przez naczynia, ocenić przekrój i wydolność badanych tętnic i żył oraz wykryć inne schorzenia naczyń krwionośnych w obrębie brzucha, szyi, rąk i nóg. Niestety zbadanie naczyń znajdujących się wewnątrz czaszki jest niemożliwe gdyż tkanka kostna jest przeszkodą dla ultradźwięków. Skuteczny w tym przypadku będzie rezonans magnetyczny.

⁴² Zjawisko zmiany częstotliwości fali dźwiękowej lub świetlnej, która zbliża się do obserwatora lub oddala. Opisał to austriacki fizyk Johann Christian Doppler. Ku czci tego świetnego fizyka nazwano jego nazwiskiem przystawkę do zwykłego aparatu , a badanie ultrasonografią dopplerowską. Takie badanie pozwala lekarzowi ocenić ukrwienie narządów i wykryć guzy nowotworowe, które są silnie ukrwione.

Rentgenowska tomografia komputerowa (CT)

Kolejną metodą obrazowania jest **tomografia komputerowa (CT)**. Jest to badanie polegające na wykonywaniu zdjęć rentgenowskich badanego narządu pacjenta w różnych płaszczyznach i pod różnym kątem. Diagnozowanie tą metodą pozwala uzyskiwać kilkuwarstwowy obraz, na którym można zaobserwować nawet niewielkie symptomy choroby.



Rys. 14.10 a) Tomograf komputerowy. b) Schemat urządzenia, który znajduje się w Centrum Onkologii w Bydgoszczy. c) Zdjęcie boczne kręgosłupa za pomocą tomografii komputerowej.

Aparat rentgenowski składa się ze stołu, na którym leży pacjent, gantry (zobacz Rys.14.2), lampy rentgenowskiej, detektorów, konsoli komputerowej i skanera komputerowego wykonującego obrót wokół pacjenta i dokonującego pomiarów co kilka stopni. Dawka jaką otrzymuje pacjent podczas badania wynosi ok. 15 milisievert), jest to więcej niż dawka promieniowania naturalnego w tym promieniowania kosmicznego wynoszącego 6 milisievertów.

Najnowszą odmianą tomografii komputerowej (CT) jest **spiralna tomografia komputerowa**. To nowa technika badań, gdzie badanie warstwy po warstwie zastępuje lampa rentgenowska obracająca się w sposób ciągły przesuwany jest przez gantry aparatu. Czas badania jest krótszy, a dawka promieniowania przyjęta przez pacjenta jest mniejsza niż w standardowej metodzie. Uzyskane wyniki badań podlegają rekonstrukcji potrzebnych obrazów. W krótkim czasie mamy możliwość ocenić duże partie ciała, w trakcie jednego wdechu. Dzięki spiralnej tomografii komputerowej mamy możliwość tworzenia obrazów trójwymiarowych.

Rezonans magnetyczny (MRI)

Komplementarnym badaniem do tomografii komputerowej jest **rezonans magnetyczny (MRI)**. Jest to badanie polegające na umieszczeniu pacjenta w stałym polu magnetycznym wewnątrz aparatu. W ciele człowieka linie pola magnetycznego atomów są ułożone równolegle do kierunku wytworzonego pola.

Zjawisko rezonansu polega na tym, że gdy sam aparat wysyła fale radiowe, które po dotarciu tkanek pacjenta wzbudzają w nich powstanie podobnych fal także radiowych, jakie dalej są odbierane przez aparat. Obrazowanie MRI ma najszersze zastosowanie w badaniach mózgu.

Technika obrazowania MRI bazuje na zasadach spektroskopii **rezonansu magnetycznego (NMR)** potocznie zwany rezonansem magnetycznym. Spektroskopia ta polega na wzbudzaniu spinów⁴³ jąder atomów badanej substancji poprzez szybkie zmiany pola magnetycznego, a następnie rejestrację promieniowania elektromagnetycznego powstającego

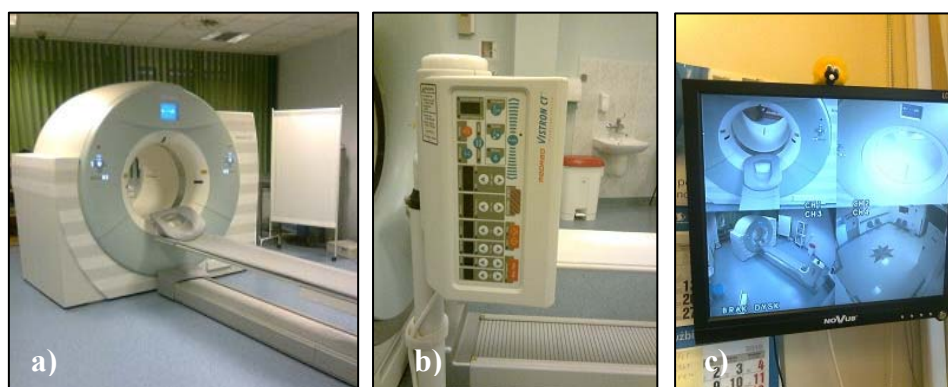
⁴³ Każdy rodzaj cząstek elementarnych ma odpowiedni dla siebie spin. Dla elektronu, protonu i neutronu liczba ta jest oznaczona literą s i może przyjmować wartość ułamkową $\frac{1}{2}$.

na skutek relaksacji, czyli powrotu do stanu nie wzbudzonego wcześniej wspomnianych spinów. Gdy próbkę zawierającą jądra magnetyczne (np. protony) i umieszczoną w stałym polu magnetycznym naświetlimy promieniowaniem elektromagnetycznym o odpowiedniej częstotliwości, to nastąpi absorpcja tego promieniowania, czyli zajdzie zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego, w skrócie NMR. Ciekawe jest to, że proton posiada tzw. współczynnik żyromagnetyczny wynoszący 5,58, tj. pięciokrotnie więcej niż wynikałoby to klasycznej fizyki.

Najczęściej stosowaną metodą w leczeniu nowotworów jest **radioterapia**. Radioterapia ma zastosowanie w niszczeniu komórek rakowych w organizmie pacjenta za pomocą wiązki promieniowania jonizującego generowanej nie w ciele pacjenta, ale w urządzeniach zewnętrznych. Jako źródła promieniowania jonizującego używane są promienie Röntgena, gamma, rozpady promieniotwórcze radu czy kobaltu.

Kolejną często stosowaną metodą diagnostyczną jest **pozytonowa tomografia emisyjna (PET)**. Jest to nieinwazyjna metoda diagnostyczna oparta na elektronicznej detekcji rozkładu izotopów⁴⁴, zazwyczaj ^{18}F o połowkowym czasie życia około 2 godzin. Radioizotopowa technika rejestruje promieniowanie powstające w czasie anihilacji pozytonów. Substancja promieniotwórcza wprowadzona do krwi pacjenta, dzięki krótkiemu czasowi połowicznego rozpadu ogranicza powstanie uszkodzeń tkanek wywołanych promieniowaniem. Rozkład radioaktywnego izotopu jest uwidoczniony na ekranie komputera i pozwala na ustalenie szybkości zużywania tych molekuł przez komórki wskazujące na ich metabolizm. Podwyższony metabolizm sugeruje przerzuty rakowe lub choroby neurologiczne.

W Polsce pierwszy tomograf pozytonowy został zainstalowany w Centrum Onkologii w Bydgoszczy.



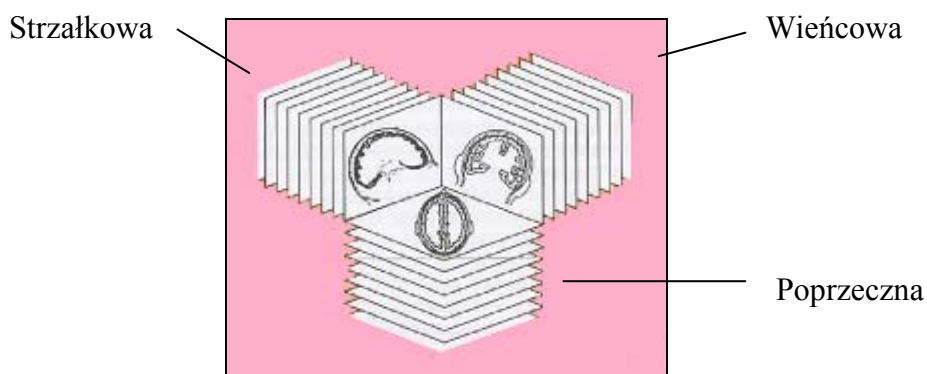
Rys. 14.11 a) Tomograf pozytonowy znajdujący się w Centrum Onkologii w Bydgoszczy. b) Panel sterowniczy tomografu PET. c) Podgląd ze sterowni na tomografy podczas badania pacjentów.

PET stosuje się w medycynie nuklearnej głównie przy badaniach mózgu, serca, stanów zapalnych niejasnego pochodzenia oraz nowotworów. Umożliwia wczesną diagnozę choroby Huntingtona. Zastosowanie PET wpłynęło na znaczne poszerzenie wiedzy o etiologii i przebiegu w przypadku choroby Alzheimera, Parkinsona czy różnych postaci schizofrenii, padaczki.

⁴⁴ Odmiana atomów pierwiastka chemicznego o określonej liczbie neutronów $N=A-Z$ (gdzie: A - liczba masowa, Z - liczba atomowa równa liczbie protonów). Różne izotopy danego pierwiastka różnią się między sobą ilością neutronów N , a więc i masą atomową (różne A , przy stałym Z). Nazwa izotop pochodzi od greckiego "izos topos" - jednakowe miejsce (w układzie okresowym pierwiastków).

Dzięki diagnostyce PET istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo rozpoznania nowotworów (w około 90% badanych przypadków). Takiego wyniku nie daje się osiągnąć przy pomocy żadnej innej techniki obrazowania. PET daje także możliwość kontroli efektów terapeutycznych w trakcie leczenia chorób nowotworowych, np. za pomocą chemioterapii.

Obok techniki PET, najnowszą metodą diagnostyki medycznej, wykrywania i obrazowania dysfunkcji mózgu jest **SPECT** (tomografia emisyjna pojedynczych fotonów) różniąca się rezonansu magnetycznego omówionego powyżej. Umożliwia ona wizualizację przepływu mózgowego krwi i jego metabolizmu. W tym badaniu radioaktywny izotop przyłączony jest do nośnika podobnego do komórek mózgu pokonuje barierę krew- mózg i gromadzi się w ilości odpowiedniej do metabolizmu danego obszaru. Czujniki umieszczone w specjalnej kamerze połączonej z komputerem rejestrują emitowane promieniowanie gamma. Do czujników dociera około 10 milionów impulsów gamma, a komputer przetwarza te dane w mapy przepływu mózgowego krwi i tworzy obraz trójwymiarowy. Lekarze porównują otrzymane mapy z obrazami osób chorych psychicznie lub z zaburzeniami neurologicznymi. Dzięki zastosowaniu czujników rozmieszczonych wokół głowy lub głowicy obracającej się głowy pacjenta uzyskuje się obraz przestrzenny i gromadzi dane. Obrazowe w kolejnych położeniach.

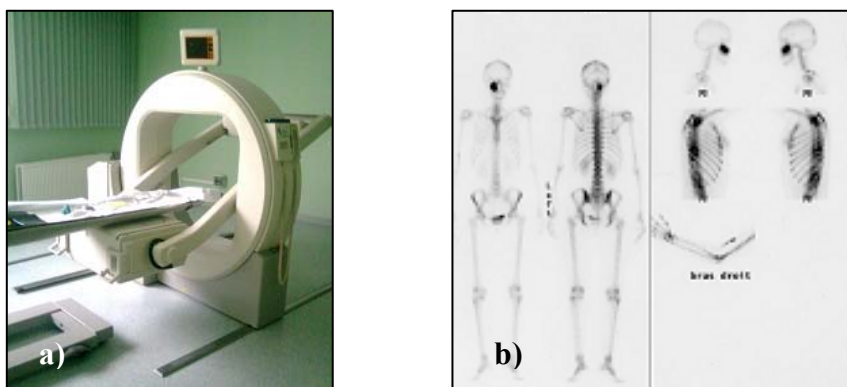


Rys.14.12 Płaszczyzna poprzeczna, strzałkowa i wieńcowa mózgu człowieka.

Scyntygrafia

Często komplementarną techniką badania do pozytonowej tomografii emisyjnej jest scyntygrafia, która polega na uzyskiwaniu obrazu narządów oraz oceny ich czynności za pomocą niedużych izotopów promieniotwórczych (radioznaczników). Scyntygrafię stosuje się nie tylko w obrazowaniu zmian nowotworowych, ale i innych efektów typu anatomicznego i funkcjonalnego, np. w tkance kostnej i nerkach.

Izotop podawany jest pacjentowi doustnie. Na podstawie monogramów i wzorów oblicza się dawkę izotopu w zależności od masy i powierzchni ciała pacjenta. Radioizotop najczęściej stosowany to technet $Tc-99m$, rzadziej używa się jodu $I-131$, talu $Ta-201$ i galu $Ga-67$. Izotopy łączy się z odpowiednimi związkami chemicznymi, które powodują gromadzenie się ich w konkretnym narządzie. Na przykład siarka wychwytywana jest przez komórki wątroby, kuleczki albumin zatrzymują się w naczyniach włosowatych płuc, fosforany gromadzą się w kościach, używane w badaniach scyntygraficznych radioizotopy wydzielają mało szkodliwe dla organizmu to zwykle 0,1 do 1 Gy (greja).



Rys. 14.13 a) Scyntygraf jednogłowicowy znajdujący się w Centrum Onkologii w Bydgoszczy.
b) Obraz scyntygraficzny człowieka. [Foto AK]

Radioterapia może być przeprowadzona za pomocą izotopów promieniotwórczych np. wprowadzone bezpośrednio do organizmu pacjenta jak na przykład w leczeniu raka tarczycy za pomocą izotopu $^{131}_{53}\text{I}$. Może być też przeprowadzona za pomocą wiązek np. elektronów lub protonów o odpowiednio wysokiej energii. Urządzenie wytwarzające wiązkę elektronów o energii typowo od 4 do 25 MeV (megaelektronowoltów) to tzw. LINAC, czyli akcelerator liniowy. Za pomocą specjalnych metod ustala się optymalną dawkę promieniowania oraz optymalną głębokość, na którą trafiają elektrony.

W najnowszym typie radioterapii zamiast elektronów stosuje się cząstki ciężkie (protony, czyli jądra wodoru) o energii 70-250 MeV, które wnikają na większą głębokość i mogą być lepiej ogniskowane na tkance nowotworowej. Główną zaletą protonoterapii jest fakt, że maksymalna dawka jest deponowana w obszarze zmiany nowotworowej, zaś zdrowe tkanki otrzymują jej minimalną ilość.

Laseroterapia

Laseroterapia polega na leczeniu promieniami lasera, które doprowadzają energię o podwyższonym natężeniu do tkanek położonych głębiej (do kilku cm). Promienie te, dostarczają energię o wysokim natężeniu do tkanek, które znajdują się głębiej. Wykorzystywane są lasery różnego rodzaju: gazowe (CO), półprzewodnikowe (GaAs), rubinowe.

Cechy promieniowania laserowego:

- monochromatyczność, czyli jednobarwność

Oznacza to jednakową częstotliwość, oraz jednakową długość fal całej wiązki promieniowania. Promieniowanie laserowe z danego aparatu ma tylko jedną barwę, nie rozszczepia się w pryzmacie, a wykazuje jednobarwne widmo liniowe.

- koherencja czyli spójność

Oznacza to że wszystkie kwanty w wiązce są dokładnie takie same, fale drgają jednocześnie i zgodnie w tej samej fazie i w tej samej płaszczyźnie.

W wyniku tego absorpcja, przenikanie i odbicie są takie same dla każdej równoległej wiązki w jednakowych warunkach. Znaczenie koherencji promieniowania laserowego dla działania biologicznego jest jeszcze nie poznana.

- kolimacja czyli równoległość wiązki

⁴⁵ Izotop ten rozpada się z okresem połowicznego zaniku 8 dni emitując wysokoenergetyczny elektron (0,97 MeV).

Promieniowanie występuje jako wiązka równoległa. Wszystkie fotony w wiązce poruszają się w jednym kierunku. Dzięki specjalnym soczewką wiązkę można skupiać i rozszerzać. Podobną równoległość wiązki wykazuje światło słoneczne.

- moc i gęstość.

14.3 „Części zamienne“, czyli materiały, z których wykonuje się implanty

Implanty są to przyrządy medyczne, które są umieszczone w organizmie człowieka przez dłuższy czas. Wyróżniamy dwa rodzaje implantów:

- **Krótkotrwale** (są umieszczone w tkankach w czasie trwania do 2 lat),
- **Długotrwale** (znajdują się w tkankach powyżej 20 lat).

Duża liczba implantów zrobionych jest z czystego tytanu, na powierzchni rozpylona jest plazma tytanowa lub substancją ceramiczną, zwaną hydroksyapatytem, która ma przyspieszać wrastanie żywej tkanki np. kostnej. Materiał, z którego są zrobione implanty, nie może być szkodliwy dla organizmu człowieka - rakotwórczy, toksyczny czy radioaktywny, nie może też korodować. Musi być zgodny biologicznie, czyli tolerowany przez tkanki żywe - kość obrośnie wówczas wszczep. Czysty tytan, stop tytan-glin-wanad i hydroksyapatyt to podstawowe materiały stosowane do produkcji implantów.

Implanty produkowane są również z porcelany (zwykle są zbyt kruche), z tantalu (nie jest tak twardy jak tytan), a także z tlenku aluminium (często się łamą). Materiał, który służy do budowy implantów musi być koniecznie tolerowany przez tkanki człowieka. Tytan zajmuje dziewiąte miejsce pod względem obfitości występowania w przyrodzie. W stanie naturalnym najczęściej spotykany jest jako dwutlenek tytanu - minerał miękki, ale wytrzymały. Stop tytanu został utworzony po to, aby uzyskać tworzywo biozgodne o zwiększonej wytrzymałości. Czysty tytan, zalecany do implantów dentystycznych, ma następujący skład: 99,75% stanowi tytan, 0,05% żelazo, 0,1% tlen, 0,03% azot, 0,05% węgiel, a 0,012% wodór. Zarówno czysty tytan, jak i stop tytanu, wykazują bardzo wysoką odporność na korozję.

14.4 Czym są patogeny, jakie istnieją mutacje genowe i czym się zajmuje medycyna molekularna?

Ewolucja, to rzecz skomplikowana. Z jednej strony musi być szybka, jeśli w ciągu 5 milionów lat lub mniej ma z pra-mały powstać człowiek, z drugiej strony nie może zbyt się zagonić, bo powstaną potwory, które w drugiej generacji nie zrozumieją się z dziadkami. Sensowne jest więc, że ewolucja czasem przyspiesza, czasem zwalnia. Możliwe, że to pęki kosmicznych promieni, nagle nadchodzące nad Ziemię tę ewolucję przyspieszają.

Problem jednak, że takie promienie – szybkie protony, elektrony i promienie gamma, czynią szkód co nie miara, niszcząc delikatną strukturę DNA (na tym polega na przykład radioterapia nowotworów). A szukamy przyczyny nie śmierci osobnika, lecz jego zmiany, czyli mutacji. Dopiero ostatnio okazało się, że być może nie szybkie promienie beta czy gamma takie mutacje mogą powodować, lecz niewinne, powolne elektrony. Skomplikowane pomiary zderzeń powolnych elektronów z cząstkami DNA pokazały, że elektrony tną geny, jak ostre nożyce. Czynią to w sposób inteligentny: przyklejają się do drobiny DNA w wybranym miejscu i tam ją przerywają, nie niszcząc reszty. Wolne, wiszące końce DNA mogą więc się przegrupować, przyklejając się do innych i tworząc nowe DNA, nadal “żywe”, tylko że inne, czyli jest to mutacja.

Kodowanie informacji genetycznej

Sposób zaszyfrowania czy kod reguł według, których została zapisana w DNA informacja o sekwencji aminokwasów białek kryje się pod pojęciem kodowania informacji genetycznej. Kod genetyczny posiada swoje cechy:

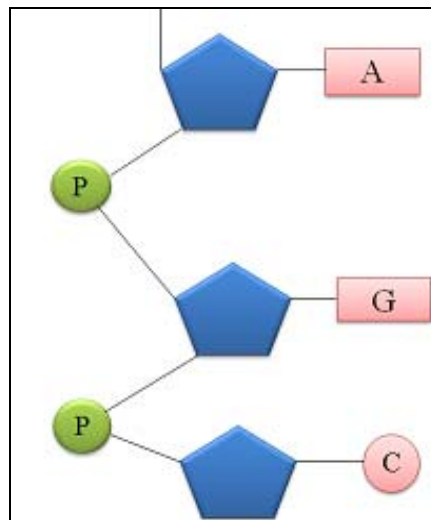
- kodon (tryplet, stanowią go trzy nukleotydy) to podstawowa jednostka kodująca,
- kod genetyczny jest trójkowy, gdyż $4^3=64$,
- jest jednoznaczny tzn. jeden kodon koduje jeden aminokwas,
- posiada trzy kodony nonsensowne (STOP)
UAA, UAG, UGA
i jeden kodon startowy AUG (metionina),
- jest zdegenerowany (jeden aminokwas może być kodowany przez kilka trójek) np. seryna,
- jest bezprzecinkowy (kodony są odczytywane jeden po drugim, a pomiędzy kodonami nie ma elementów przystankowych),
- jest nienakładający się (trzy kolejne nukleotydy należą tylko do jednej trójki),
- jest kolinearny (liniowy) to znaczy, że kolejność ułożenia kodonów w DNA decyduje o kolejności ułożenia aminokwasów w białkach,
- jest uniwersalny, czyli taki sam dla każdego organizmu.

Jak zbudowany jest nukleotyd przedstawia poniższy rysunek.

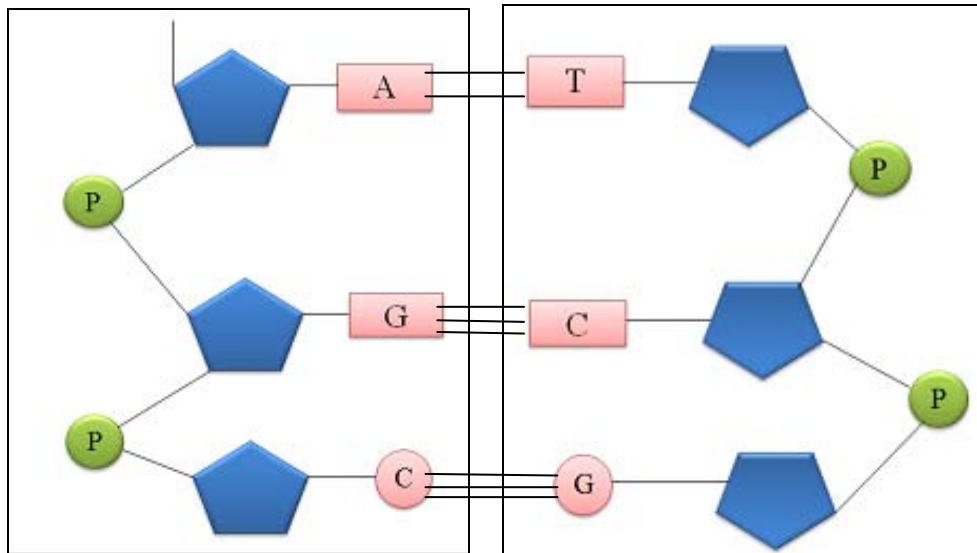
Zasady azotowe:

- A – adenina
- G – guanina
- C - cytozyna
- P - reszta fosforanowa.

Wszystkie składniki połączone są ze sobą wiązaniami fosfodiesterowymi.



Rys.14.14 Sekwencja nukleotydów – struktura I rzędowa.



Rys.14.15 Model DNA- Struktura II rzędowa (podwójny heliks).

Ważne!

Adenina A zawsze łączy się z tyminą T, a cytozyna C z guaniną G.

Prawa Mendla

Na początku XX wieku zakonnik z opactwa augustianów w Brnie, Grzegorz Mendel prowadził eksperymenty hodowlane z roślinami. Wiedziano, że w wyniku krzyżowania roślin tego samego typu powstaje potomstwo do nich podobne, podczas gdy w wyniku krzyżowania roślin mieszańcowych powstaje potomstwo zróżnicowane. Część osobników ma cechy rodziców a część dziadków.

P:



AA



aa

Gamety:

A, A

a, a

F1:



Aa



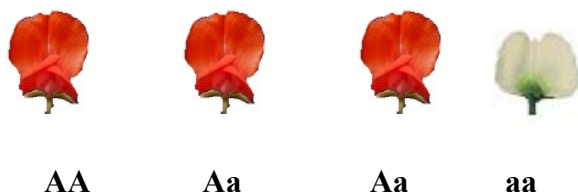
Aa

Gamety:

A,a

A, a

F2:



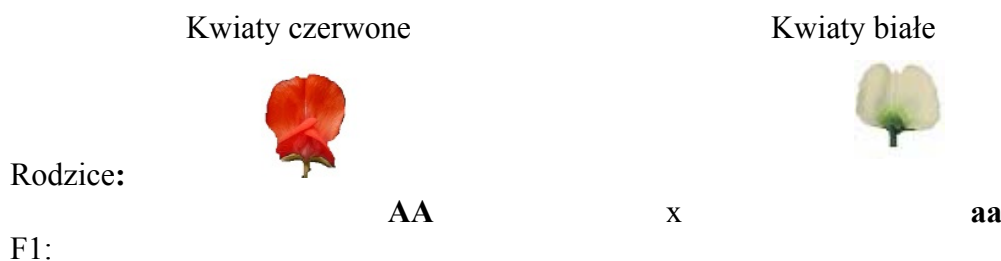
Rys.14.16 Dziedziczenie cech u grochu wg Mendla (P- oznacza rodziców, F1- potomstwo).

Wyniki badań Mendla wskazują na to, że dziedzicznym przekazywaniem cech rządzą powtarzające się prawa. Gen to czynnik, który przenosi cechy wg Mendla. Dziś wiemy, że **gen** jest to podstawowa jednostka dziedziczenia, jest to odcinek **DNA**⁴⁶, który koduje jeden łańcuch polipeptydowy.

Wyróżniamy następujące rodzaje genów:

- geny ciągłe (cały odcinek DNA koduje aminokwasy białka),
- geny podzielone (obecne są odcinki kodujące i niekodujące),
- geny nakładające się na siebie.

Grzegorz Mendel⁴⁷ prowadząc badania nad grochem zwyczajnym sformułował pierwsze prawo, które posiada nazwę „czystości gamet”. Brzmi ono następująco: Do każdej **gamety**⁴⁸ wchodzi tylko jeden **allel** - gen (inna wersja tego samego genu) z danej pary. Prawo to ilustruje następujący schemat.



gamety ♀/♂	A	a
A	AA	Aa
a	aA	aa

Wynik krzyżowania się roślin o kwiatach czerwonych i białych określony jest stosunkiem fenotypowym (ogół cech organizmu) 3:1.

gdzie: **A**- gen dominujący (decyduje o pojawieniu się danej cechy),

a- gen recesywny (zostanie on przeniesiony do pokolenia następnego i w tym następnym pokoleniu ujawni się, gdy jego partnerem będzie identyczny gen recesywny. Recesywny gen nie ujawni się gdy jego partnerem będzie gen dominujący).

⁴⁶ DNA znajduje się w jądrze komórkowym w chromatynie.

⁴⁷ Grzegorz Mendel (1822-1884) czeski przyrodnik, opat zakonu augustianów w Brnie na Morawach, odkrył jako pierwszy, że dziedziczenie cech przeprowadza się wg niezmiennych się reguł.

⁴⁸ Służy do rozmnażania płciowego. Gamety łączą się w procesie zapłodnienia w jedną komórkę potomną, w której odtwarzana jest dzięki temu liczba chromosomów charakterystyczna dla danego gatunku.

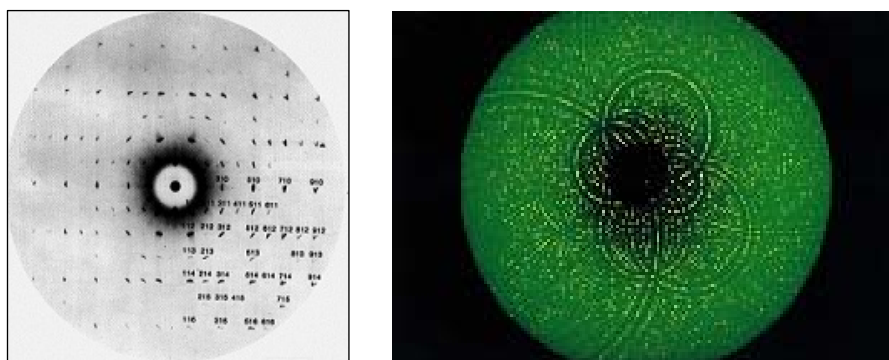
Gdy jeden gen determinuje jedną cechę tzn. jedna cecha determinowana jest przez 1 parę genów (jednogenowo):

- W obecności allelu A , allel a nie ujawnia się i wtedy jest to **dominacja kompletna** (powstają kwiaty czerwone).
- W obecności allelu a , allel A nie jest w stanie w pełni wykształcić swojej cechy i jest to **niekompletna dominacja** (powstają kwiaty różowe).
- W tym przypadku występuje **współdominowanie** (allelle A i a są równoważnościowe i powstają kwiaty biało-czerwone).

Możliwe wyniki:

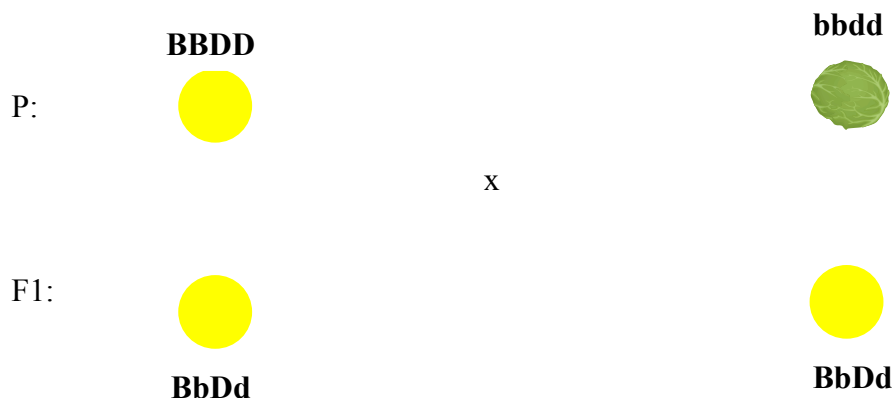
Aa		A dominuje nad a (patrz schemat)
Aa		A nie dominuje całkowicie nad a
Aa		Nie dominuje ani A ani a

Z badań Mendla wynika jasno, że w każdym organizmie dla danej cechy są dwie jej odmiany. Z kolei z badań za pomocą promieni rentgenowskich wynikało, że DNA ma strukturę spirali. Stąd Crick i Watson w latach 50-tych XX wieku wywnioskowali, że DNA ma postać podwójnej spirali.



Rys.14.17 Dyfraktogram soli sodowej DNA (Encyklopedia Fizyki współczesnej, PWN, Warszawa 1983)

Mendel prowadził badania również na krzyżowaniu się roślin (groszku) różniących się dwiema cechami. Rośliny mogą być gładkie lub pomarszczone oraz żółte i zielone. Krzyżując roślinę o nasionach gładkich i żółtych z rośliną o nasionach pomarszczonych i zielonych. W pierwszym pokoleniu potomnym dostaje się tylko rośliny o nasionach gładkich i żółtych. Te rośliny krzyżując ze sobą w drugim pokoleniu uzyskuje się rośliny o nasionach gładkich i żółtych oraz pomarszczonych i zielonych w stosunku fenotypowym 9:3:3:1. Dlaczego tak jest, wyjaśnia poniższy schemat.



F2:	BD	Bd	bD	bd
BD	BBDD 	BBDDd 	BbDD 	BbDd 
Bd	BBDDd 	BBdd 	BbDd 	Bbdd 
bD	BbDD 	BbDd 	bbDD 	bbDd 
bd	BbDd 	Bbdd 	bbDd 	bbdd 

Dzięki powtarzającemu się wynikowi Mendel odkrył ważną zależność decydującą o dziedziczeniu różnych genów. Obecnie w świecie genetyki nazywa się ją drugim prawem Mendla tzn. każdy organizm produkuje gamety w ten sposób, że geny z jednej pary wchodzi do gamet, niezależnie od genów innej pary.

Wykształcenie danej cechy polega na zsyntetyzowaniu określonego białka, do którego potrzebny jest gen zawierający informację o strukturze i rządowej białka. Należy dlatego przetłumaczyć „język kwasów nukleinowych” na „język białek”.

I etap:

Transkrypcja (polega na przepisaniu informacji genetycznej z DNA na mRNA⁴⁹)

II etap:

Translacja (tłumaczenie informacji genetycznej z języka nukleotydów na sekwencję aminokwasów białka).

Kopiowanie DNA:

DNA → (replikacja) → 2 DNA

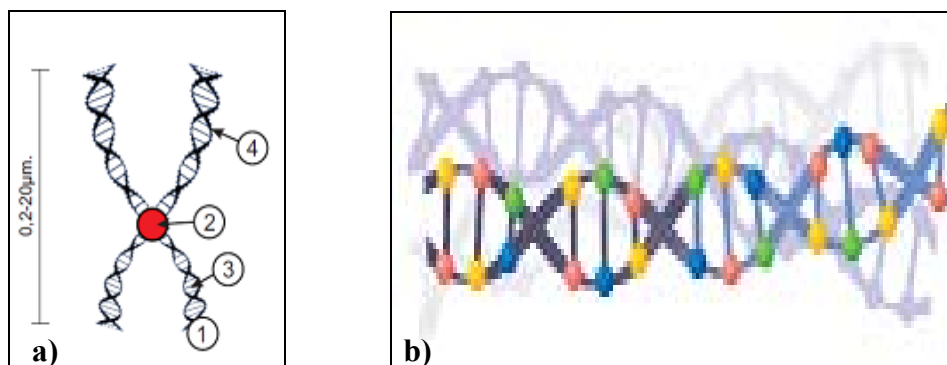
DNA → (transkrypcja) → RNA → (tłumaczenie kodu) → białka

Tak jak było wspomniane DNA znajduje się w jądrze komórkowym, które przekazuje informacje komórkom potomnym w czasie podziałów komórkowych. Podział jądra można podzielić na 2 rodzaje:

- **Mitoza** polega na tym, że powstają dwa identyczne komórki jak komórka macierzysta),
- **Mejoza** - powstają cztery komórki o zredukowanej liczbie chromosomów do połowy i zmienione jakościowo.

Liczba chromosomów jest charakterystyczna dla danego gatunku i wynosi 46 (po 23 pary) jest to liczba diploidalna. Chromosomy to najważniejsze składniki jąder komórek roślinnych i zwierzęcych będące siedliskiem czynników dziedzicznych, czyli genów. To tak jak płyta CD, która zawiera wiele nut. Głównym składnikiem chromosomów jest chromatyna, która jest mieszaniną DNA i białek. Chromatyna może kurczyć się i rozkurczać, powodując zmianę upakowania struktury chromosomów.

⁴⁹ Matrycowy RNA (informacyjny) jest on kopią DNA odbitą jak na matrycy.



Rys.14.18 a) Model DNA⁵⁰- dwuniciowy o kształcie podwójnej helisy. **b)** Budowa chromosomu – różne stopnie upakowania DNA (1- chromatyda, 2 - centromer - miejsce złączenia dwóch chromatyd, 3 - ramię krótkie, 4 - ramię długie).

Czym są patogeny?

Każdy człowiek nie uniknie w swoim życiu ciał obcych (wirusów, grzybów) czyli patogenów. Patogeny są czynnikami wywołującymi różnorakie choroby. Dostają się do organizmu człowieka poprzez spożywanie pokarmu, oddychanie czy zranienia. Czynniki te wywołują w późniejszym etapie mutacje. Mutacje genowe są to nagłe zmiany w materiale genetycznym (DNA), utrwalone przez kolejne replikacje.

Mutacje dzielimy (nieco umownie) na:

- **spontaniczne** (występują bardzo rzadko, wynikają z czynników wewnątrzkomórkowych)
- **indukowane** (występują często, wynikają z czynników zewnątrzkomórkowych, a część zmian zostaje utrwalona w postaci mutagenów).

Spośród tysięcy znanych i opisanych chorób człowieka wiele jest wynikiem zmian w naszych genach, czyli są wynikiem mutacji.

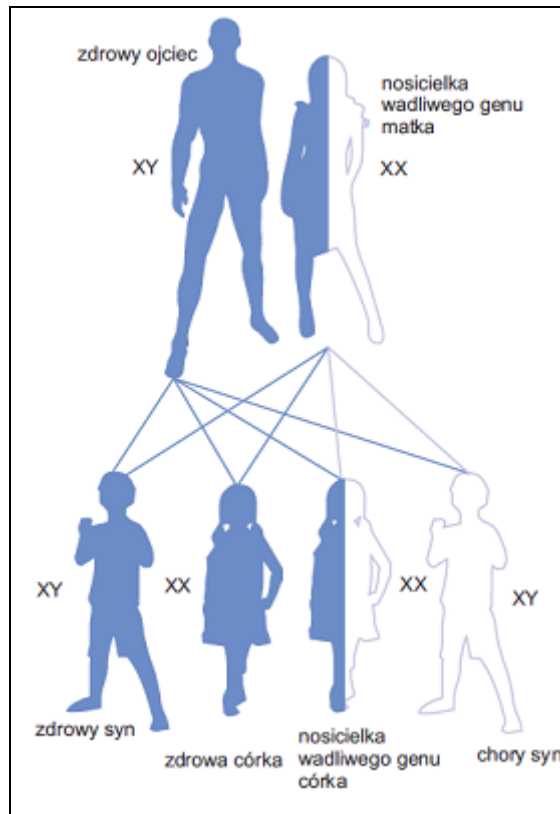
Czynniki powodujące powstanie mutacji:

- **fizyczne** (wysoka temperatura, promieniowanie jonizujące, X, gamma, UV, które przenikają bardzo głęboko i wywołują uszkodzenia struktury DNA),
- **chemiczne** (niektóre leki, mytotoksyny, barwniki akrydynowe, nadtlutki np. wodoru),
- **biologiczne** (wirusy: HIV, różyczki, opryszczki, zapalenia wątroby typu B).

Wykrywaniem obecności patogenów i dalej mutacji genowych zajmuje się medycyna molekularna. Jest to dziedzina medycyny, która zajmuje się diagnostyką, ustalaniem przyczyn i rozwoju chorób, rokowaniem, a także terapią genową (polega na zastąpieniu chorego genu, nowym, zdrowym). Niektóre choroby dziedziczne wywołane mutacjami genowymi:

- **Hemofilia** (zwana „chorobą królów” z tego względu, że chorował na nią carewicz Rosji Aleksy Romanow, którą to chorobę odziedziczył po matce, która była nosicielką wadliwego genu). Choroba ta jest spowodowana mutacją jednego z czynników krzepliwości krwi, która objawia się licznymi krwawieniami. Leczenie polega na podawaniu pacjentowi czynnik krzepliwości krwi, który uzyskujemy na drodze inżynierii genetycznej.

⁵⁰ Model DNA opisany został przez Watsona i Cricka w latach 50- tych XX wieku. Helisa ta przypomina regularnie skręcony sznurek, a jego części to poszczególne zasady azotowe (adenina łączy się z tyminą, cytozyna z guaniną) i wszystkie połączone są wiązaniami wodorowymi.



Rys. 14.19 Krzyżówka genetyczna rodziny z hemofilią.

- **Daltonizm** jest kolejną chorobą, która objawia się nieprawidłowym rozróżnianiem barw (najczęściej barwy czerwonej), nie jest leczony, ale nie wpływa na długość życia chorego.
- Przykładem choroby, która powoduje „błędy” w ważnych do funkcjonowania białkach to **anemia sierpowata**. U chorych nieprawidłowa hemoglobina⁵¹ w bardzo małym stopniu wiąże tlen, a krwinki czerwone posiadają charakterystyczny sierpowaty kształt. Mutacja ta występuje głównie u rasy czarnej i jest leczona tylko za pomocą transfuzji krwi.
- **Choroba Huntingtona** („płasawica”) jest spowodowana mutacją w genie białka, które ma swoje miejsce w mózgu, a objawia się zaburzeniami ruchu (trzęsieniem rąk) i otępieniem. Występuje często u osób od 35 do 45 roku życia, a od momentu rozpoznania choroby średni czas życia wynosi 16 lat. Nie ma na dzień dzisiejszy metody jej wyleczenia.

14.5 Czy choroby cywilizacyjne mogą zagrozić światu? Jak się ustrzec?

Na całym świecie poprzez rozwój cywilizacyjny i rozwijający się przemysł i urbanizacji szybko rośnie liczba czynników powodujących bezpośrednie zagrożenie życia i zdrowia ludzi.

Przez sytuacje stresowe, od których nie uciekniemy, wzrastającego poziomu skażenia środowiska naturalnego, hałasu, wszechobecnym stresem, a także nieprawidłową dietą (fast-foody) rośnie w zastraszającym tempie popularność występowania chorób cywilizacyjnych. Są to m.in. nadciśnienie tętnicze, otyłość, choroba wieńcowa i wrzodowa, schorzenia

⁵¹ Czerwony barwnik krwi.

alergiczne oraz zaburzenia psychiczne. Choroby te dotyczą coraz częściej dzieci i młodzież. Dlatego ważne jest od najmłodszych lat kształtowanie świadomości u młodych ludzi, aby prowadzili zdrowy tryb życia, nie mieli nałogów, czy unikali stresów.

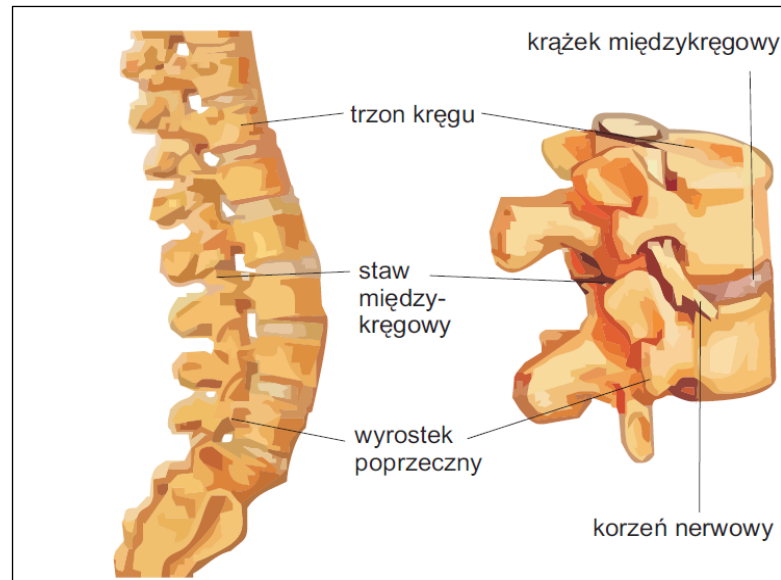
Pytania kontrolne

1. Co odkrył Wilhelm Röntgen i jakie ma to zastosowanie w świecie współczesnym?
2. Wymień metody obrazowania stosowane w diagnostyce medycznej.
3. Na czym polega ultrasonografia, tomografia komputerowa czy rezonans magnetyczny?
4. Omów załamki występujące w badaniu EKG.
5. Z czego wykonuje się implanty i czym zajmuje się medycyna molekularna?
6. Co to jest DNA? Wymień prawa Mendla dotyczące dziedziczenia cech i omów ich mechanizm.
7. Jakie znasz mutacje genowe i ich następstwa w postaci chorób genetycznych?

21. Układ szkieletowy człowieka

Kręgosłup to kolumna stanowiąca podporę dla całego ciała. U człowieka zbudowany jest z następujących elementów:

- 33-34 kręgów,
- 23 krążków międzykręgowych (tzw. dysków),
- rdzenia kręgowego wraz z nerwami rdzeniowymi,
- więzadeł.

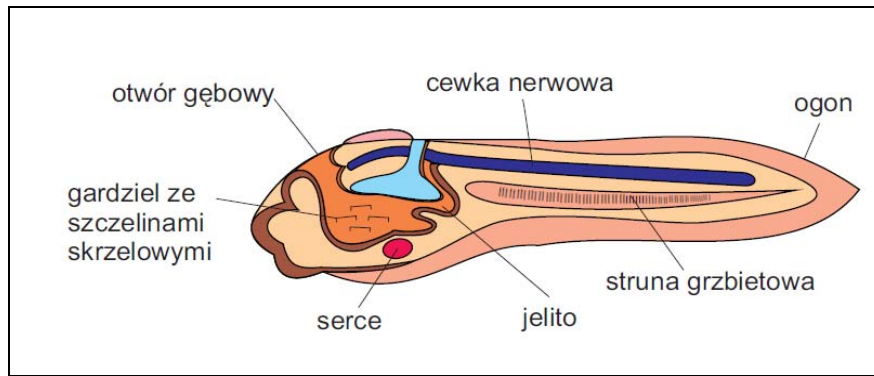


Rys.21.1 Budowa kręgosłupa człowieka. Kręgosłup składa się z 5 odcinków: szyjny, piersiowy, lędźwiowy, krzyżowy oraz guziczny.

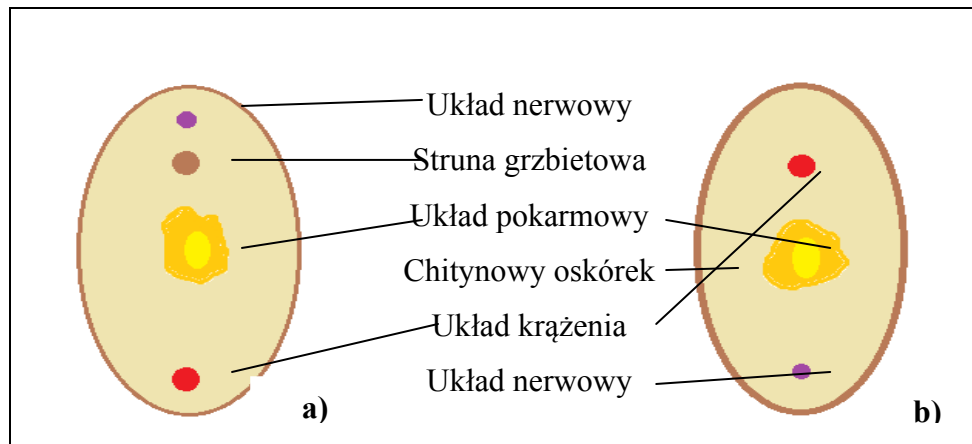
Wyróżniamy następujące odcinki kręgosłupa:

- **odcinek szyjny** - 7 kręgów utrzymujących głowę,
- **odcinek piersiowy** - 12 kręgów utrzymujących żebra,
- **odcinek lędźwiowy** - 7 kręgów tworzących tylną ścianę brzucha,
- **kość krzyżowa** - zrośnięcie 5 kręgów (połączenie z miednicą),
- **kość ogonowa** - 3-4 zrośnięte kręgi.

Kręgosłup to podstawa konstrukcyjna całego organizmu człowieka. Kręgosłup występuje u wszystkich zwierząt począwszy do ryb. Pierwotna forma osi konstrukcyjnej organizmu pojawiała się u strunowca (łac. Chordata). Charakterystyczną cechą strunowców jest wewnętrzny szkielet osiowy po stronie grzbietowej w postaci pręta, struny. W wyniku ewolucji u kręgowców struna grzbietowa została zastąpiona przez kręgosłup.



Rys. 21.2 Strunowiec (łac. Chordata). Zbudowany jest z struny grzbietowej, cewki nerwowej, gardzieli, układu pokarmowego, serca i ogona.

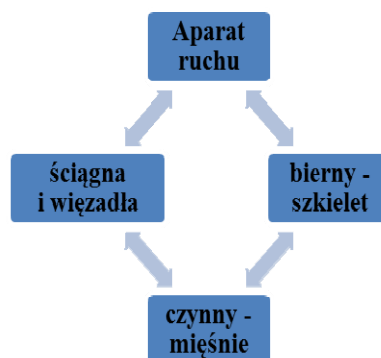


Rys.21.3 Porównanie budowy układów u strunowca (a) i stawonoga (b).

U człowieka (jedynej istoty zdolnej do przemieszczania się) i utrzymującej spionizowaną postawę, kręgosłup pełni wiele funkcji, na przykład:

- utrzymuje masę ciała i zapewnia równowagę,
- utrzymuje głowę w pozycji górującej nad resztą ciała,
- stanowi zaczep dla wielu innych kości ludzkiego ciała, w tym rąk, które pozostają wolne (nie służą do przemieszczania się),
- amortyzuje wstrząsy,
- stanowi ochronę rdzenia kręgowego oraz nerwów rdzeniowych,
- stanowi magazyn Ca^{2+} (wapnia),
- jest miejscem tworzenia krwinek czerwonych (szpik kostny) – funkcja krwiotwórcza.

Budowę aparatu ruchowego u człowieka przedstawia poniższy schemat.



Budowa szkieletu człowieka

Wyróżniamy typy kości:

- kości długie np. ramieniowa, udowa,
- kości płaskie np. łopatka, mózgoczaszka,
- kości krótkie np. nadgarstek stopy, kręgi,
- różnokształtne np. żuchwa, zęby.

Typy połączeń:

- ściśle np. szwy w czaszce, żebra z mostkiem, zrosty np. kość krzyżowa,
- ruchome np. stawy pokryte chrząstką szklistą.

Plan budowy:

- część osiowa
 - czaszka
 - kręgosłup i klatka piersiowa
- część obwodowa
 - kończyny (górne, dolne)
 - obręcze (barkowa, miedniczna).

21.1 Fizyka kręgosłupa a jego schorzenia

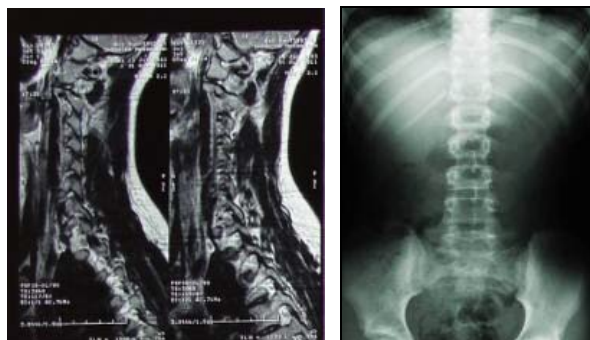
Fizyka kręgosłupa jest zagadnieniem skomplikowanym. Z jednej strony kręgosłup musi być dostatecznie sztywny dla utrzymania ciała w pozycji pionowej, z drugiej strony pozostawać elastyczny, umożliwiając wiele różnych ruchów.



Rys. 21.4 Wysiłek fizyczny poprawia ogólną sprawność i korzystnie wpływa na zdrowie i układ krążenia – zmniejsza ryzyko miażdżycy, poprawia tolerancję wysiłku u chorych z bólami wieńcowymi oraz niewydolnością serca.

Natura uzyskała ten efekt składając dość sztywne kręgi kostne za pomocą ruchomych połączeń – przestrzeni między kręgami wypełnionych dyskami. Naturalna pozycja kręgosłupa osoby stojącej jest podwójnie esowato wygięta, w celu zapewnienia utrzymania całego ciała. Całościowa waga ciała człowieka nie jest rozmieszczona proporcjonalnie, a taka wygięta postawa łagodzi wstrząsy. Nasz kręgosłup nie jest odporny na różnorakie urazy – łatwo może ulec deformacji, zarówno u osób młodszych czy starszych np. z powodu niewłaściwego trybu życia, niekorygowanych wad postawy oraz braku ruchu.

Urazy, bóle i kończąc na chorobach układu kostnego są częstym problemem zdrowotnym, który dotyka coraz szersze grono populacji.



Rys.21.5 Bóle kręgosłupa często coraz częściej dotyczą młodych ludzi. Są one spowodowane głównie złą postawą czy brakiem aktywności ruchowej.

Najczęściej bóle odczuwalne przez ludzi dotyczą odcinka szyjnego oraz lędźwiowego kręgosłupa. Powodem deformacji odcinka szyjnego jest np. niewłaściwa pozycja przed ekranem komputera lub telewizora.



Rys. 21.6 a) Prawidłowa pozycja przy schylaniu się. **b)** Niewłaściwa pozycja podczas schylania się. Powodem dolegliwości odcinka lędźwiowego jest często niewłaściwy sposób podnoszenia przedmiotów.

Innymi chorobami aparatu ruchu są kontuzje i powstające wady postawy:

- **skolioza** (boczne skrzywienie kręgosłupa)

Wynika ono na przykład z niewłaściwej postawy w czasie pisania przy biurku lub z niewłaściwego noszenia na ramieniu ciężkiej torby. Skolioza, która nie podlega leczeniu postępuje nawet po zakończeniu wzrostu pacjenta prowadzi do ucisku na korzenie nerwowe.

- **lordoza** (łukowate wygięcie, występuje w odcinku szyjnym i lędźwiowym)

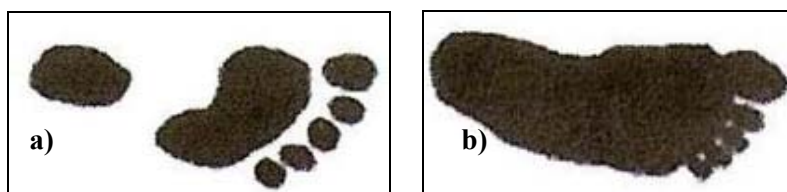
Ta wada postawy kształtuje się wraz z wiekiem – niemowlęta po urodzeniu nie mają jeszcze odpowiednio ukształtowanych wszystkich krzywizn. Choć w ciągu pierwszego roku życia dziecka kształtuje się odpowiednia linia wygięcia kręgosłupa, nie jest ona jeszcze trwała, z powodu zbyt małej siły mięśni. Dlatego u dzieci do siódmego roku życia często zauważyć możemy objaw „wystającego brzuszka” czyli nadmierną **lordozę**. Ostatecznie kręgosłup kształtuje się dopiero po zakończeniu wieku młodzieńczego. Duże znaczenie mają regularne ćwiczenia fizyczne.

- **kifoza** (garb, występuje w odcinku krzyżowym i piersiowym)

Kifoza jest to wada kręgosłupa, która może ciągle postępować i objawia się zarówno u dzieci i dorosłych. To zniekształcenie czasem powoduje wadę w postaci garbu, tak jak u bajkowej postaci dzwonnika z Notre Dame. Ciężka postać kifozy powoduje niekorzystnie na płuca, nerwy i inne narządy co może powodować dolegliwości bólowe w najłżejszym przypadku.

- **plaskostopie** (obniżenie w sklepieniach stopy prowadzące do zniekształcenia)

Prawidłowo ukształtowana stopa nie przylega całkowicie do podłoża, gdyż posiada dwa łuki, które ją trzymają i chronią przed wstrząsami. Łuki te mają podobne znaczenie jak łuki podtrzymujące most – pozwalają na rozłożenie ciężaru ciała na większą powierzchnię, nie obciążając nadmiernie żadnego elementu kości (i mięśni) stopy.



Rys.21.7 a) Zdrowa stopa. Stopa o prawidłowej budowie nie dotyka podłoża całą powierzchnią. Stopa zbudowana prawidłowo wspiera się o podłoże trzema punktami: piętą, głową pierwszej kości śródstopia, głową piątej kości śródstopia. **b)** Obraz płaskostopia, na którym widać, że cała stopa przywiera po podłożu.



Rys.21.8 Most ma charakterystyczny kształt łuku. Łuki przenoszą ciężar sklepień całej budowli na fundamenty i grunt. "Wklęsły most" zawaliłby się po prostu pod wpływem ciężkości. W prostej belce siła ciężkości skierowana jest do środka, to też nie jest najlepsze rozwiązanie. Zastosowanie łuków znali już starożytni, budując np. Koloseum.

Dla uniknięcia płaskostopia niezbędne jest również właściwe obuwie, z właściwie wyprofilowaną podeszwą. Często do powstania płaskostopia dochodzi u niemowląt zaczynających samodzielnie chodzić w około 9,10 miesiącu życia.

- **reumatyzm** (zapalenie stawów),

Nie istnieją jednoznaczne czynniki powodujące zapalenie stawów, ale możemy wyróżnić niektóre z nich, a są to: zbyt duże obciążanie stawów, częste marznienie, bagatelizowanie wirusowych chorób. Często reumatyzm pojawia się u dzieci w wieku dojrzewania, podczas szybkiego wzrostu kośćca.

- **osteoporoza** (zrzesztotnienie kości),

Choroba ta nie dotyczy tylko i wyłącznie kobiet w okresie przekwitania (>50 lat), ale także mężczyzn, a nawet młodych ludzi. Schorzenie to objawia się niską i pomniejszającą się masą kostną, wadliwym ukształtowaniem kości oraz zwiększonym ryzykiem złamania występujące nawet przy niewielkim wysiłku fizycznym.

- **krzywica** (brak witaminy D).

Najczęstszą przyczyną jest zbyt mała podaż witaminy lub brak promieni słonecznych, pod wpływem których ustrój syntetyzuje witaminę D, a także częste zakażenia. Organizm człowieka samoczynnie syntetyzuje witaminę D, z tzw. prowitamin (np. barwników

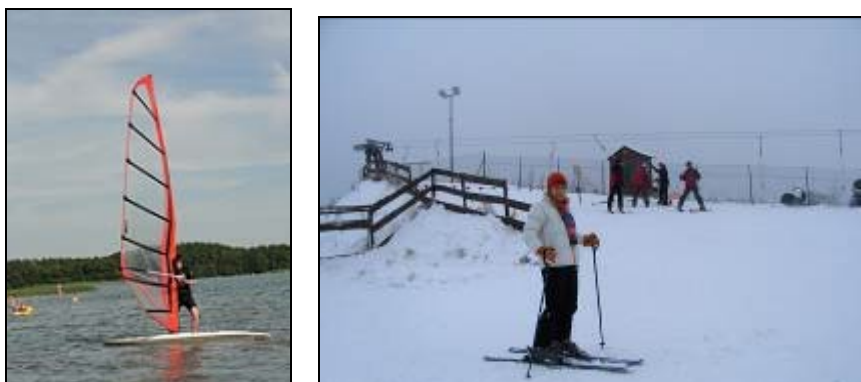
zawartych w marchwi, pomidorach, kukurydzy) pod wpływem światła słonecznego. W klimacie umiarkowanym, jak w Polsce, osobie dorosłej wystarcza kilkugodzinne naświetleni twarzy i przedramion na tydzień, aby dostarczyć organizmowi dostatecznej ilości witaminy D. Witaminę tę zawiera również masło, ser żółty i tłuszcze ryb.

21.2 Znaczenie ruchu w życiu człowieka

Aktywność fizyczna jest główną podstawą zachowania zdrowia i jest niezbędnym warunkiem do życia współczesnego człowieka. Ma wpływ na:

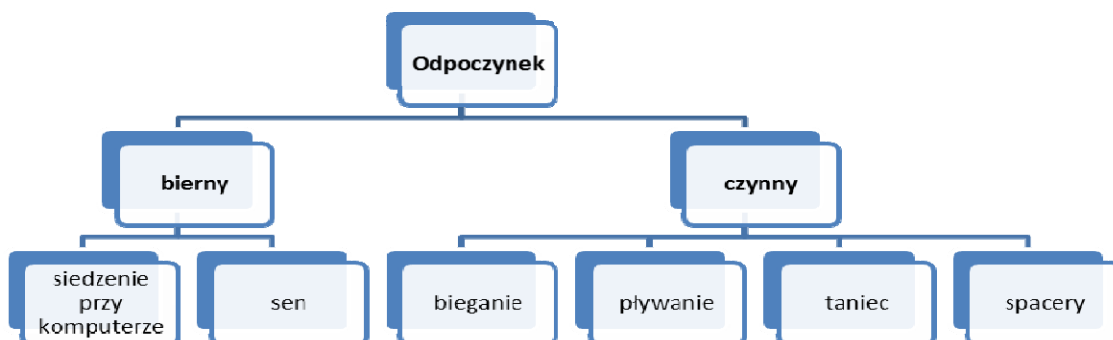
- układ nerwowy,
- układ krwionośny (praca serca),
- zwiększa wydolność układu oddechowego,
- wpływa na lepszą sprawność mięśni i ogólnie układ ruchu,
- zwiększa odporność organizmu,
- utrzymuje i modeluje sylwetkę,
- poprawia przemianę materii i wygląd skóry.

Wskaźnikiem stanu sprawności fizycznej jest wskaźnik tempa dochodzenia do tętna spoczynkowego po wzmożonym wysiłku. Wynosi on: (maksymalne tętno wysiłkowe występujące w 90 sek) / (maksymalne tętno wysiłkowe pomnożone przez 100%).



Rys.21.9 Różne rodzaje sportów uprawiane przez człowieka.

Oprócz intensywnego uprawiania sportu i ciężkich treningów ważny jest też odpoczynek. To czas, kiedy nasz organizm się regeneruje i gromadzi energię i siły. Odpoczynek dzielimy na czynny i bierny. Oczywiście negatywnym jest ten bierny i musimy go unikać.



Poniższa tabela zawiera dane na temat liczby spalanych kalorii podczas uprawiania różnego rodzaju aktywności fizycznej.

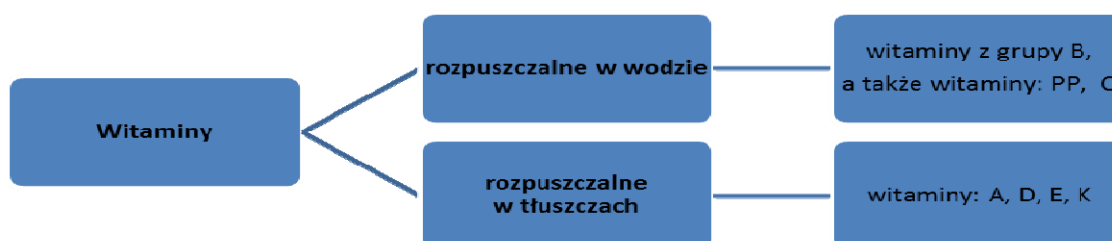
Tab. 21.10. Średni wydatek energetyczny w wybranych dyscyplinach sportowych.

Marsz 5 km/h Tenis stołowy Piłka siatkowa Gimnastyka	5 kcal/min.	300 kcal/godz.
Tenis ziemny Badminton Taniec	7 kcal/min.	420 kcal/godz.
Piłka koszykowa	9 kcal/min.	540 kcal/godz.
Piłka nożna Pływanie 40m/min. Narciarstwo biegowe Jazda na rowerze 20 km/h	10 kcal/min.	600 kcal/godz.
Bieg 10 km/h	> 11 kcal/min.	> 660 kcal/godz.

Ilość energii dostarczonej organizmowi musi rekompensować jej wydatki. Właściwe zaopatrzenie w jakościowe składniki pokarmowe warunkuje sprawność układu ruchu.

Czym są witaminy?

Witaminy są to substancje, których nasz organizm nie potrafi sam wytworzyć. Muszą być one dostarczone w postaci pokarmów, jakie spożywamy. Nie są one substancjami ani budulcowymi ani energetycznymi. Charakteryzują się prostą budową chemiczną i co najważniejsze są konieczne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Poniższy schemat ilustruje podział witamin jaki jest powszechnie stosowany.



Bardzo ważny jest wpływ witamin i mikroelementów na prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka, a także zwierząt. Dlatego też wiele osób codziennie zażywa witaminy w formie tabletek, które mają zapobiec takim chorobom jak awitaminoza (brak witamin) oraz hiperwitaminoza (nadmiar witamin powodujący uboczne skutki).



Rys.21.11 Owoce i warzywa stanowią główne źródło witamin i soli mineralnych. owoce i warzywa są niezbędną częścią naszego codziennego jadłospisu.

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach różnią się od witamin rozpuszczalnych w wodzie. Występują tylko w pokarmach zawierających tłuszcz i są trawione przez żółć. Zalicza się do nich witaminy A, D, E i K.



Rys.21.12 Tłuszcze zawarte w mięśnie i rybach są oprócz witamin i mikroelementów niezbędne do prawidłowego funkcjonowania naszego organizmu.

- **Witamina A**

Współtworzy rodopsynę (substancję do utrzymania pobudliwości siatkówki oka – komórek zmysłowych. Organizm sam produkuje witaminę A z karotenoidów (wątroba, jaja, tran, masło). Niedobór tej witaminy objawia się w postaci kurzej ślepoty, nadmiernym łuszczeniem się skóry. Z kolei nadmiar tej witaminy uwidacznia się w postaci zmiany zabarwienia skóry i wypadania włosów.

- **Witamina D**

Odpowiada za gospodarkę wapniową, wzmacnia wchłanianie wapnia w jelitach, wspomaga prawidłowy rozwój kości. Zawarta jest w wątrobie, jajach, mleku, maśle). Niedobór tej witaminy powoduje krzywicę.

- **Witamina E**

Hamuje utlenianie lipidów ustrojowych i witaminy A. Zawarta jest w oleju roślinnym, orzechach, jajach, rybach). Niedobór skutkuje osłabieniem mięśni i płodności.

- **Witamina K**

Ogrywa ważną rolę w krzepnięciu krwi. Produkowana jest przez bakterie flory jelitowej. Jej brak objawia się w wydłużeniu czasu krzepnięcia i częstym występowaniem krwotoków.

Witaminy rozpuszczalne w wodzie

- **Witamina B₁**

Jest elementem enzymów utleniających węglowodany i aminokwasy. Zawarta jest w wątrobie, drożdżach, mięsie i ziarnach zbóż. Niedobór tej witaminy objawia się w postaci choroby beri – beri (ból rąk, nóg, drżenie mięśni).

- **Witamina B₂**

Jest składnikiem enzymów utleniających związki organiczne (koenzym FAD) w komórkach. Ma podobną rolę do witaminy PP. Brak witaminy widoczny jest w postaci pęknięcia kącików ust czy obniżeniu sprawności umysłowej.

- **Witamina B₆**

Buduje białkowy składnik enzymów przetwarzających aminokwasy. Występuje w wątrobie, mięsie, jajach, bananach i roślinach strączkowych. Niedobór objawia się w postaci zapalenia skóry czy wzmożonej pobudliwości.

- **Witamina B₁₁**

Inaczej znana jako kwas foliowy, współtworzy składnik enzymów niezbędnych w biosyntezie nukleotydów, wchodzących w skład DNA. Niedobór widoczny jest w postaci anemii, a u kobiet w ciąży powoduje powstanie ryzyka wad cewy nerwowej płodu.

- **Witamina B₁₂**

Jest współtwórcą niebiałkowego składnika enzymów przetwarzających zasady azotowe, bierze udział w syntezie kwasów nukleinowych. Jej źródłem są bakterie flory jelitowej i wątroba, jaja. Brak tej witaminy objawia się w postaci anemii złośliwej.

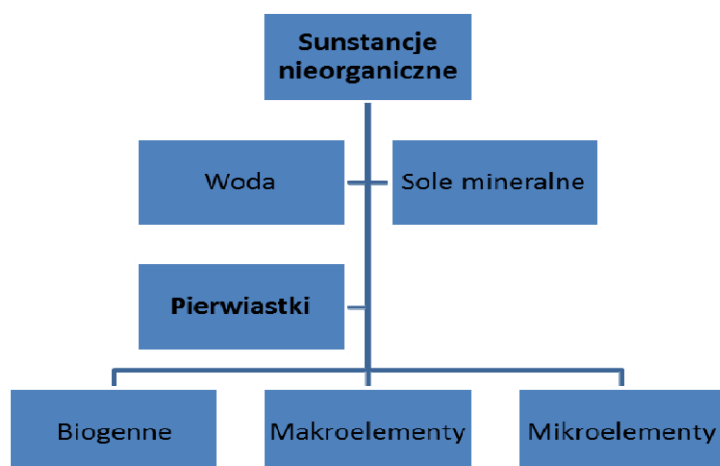
- **Witamina C**

Bierze udział w syntezie kolagenu, tworzy zęby, kości, odpowiada za wchłanianie żelaza, wzmacnia mechanizm odpornościowy organizmu, chroni przed infekcjami. Występuje w owocach: aronia, truskawki, czarna porzeczka, kiwi, cytryny, pomidory). Jej niedobór widoczny jest w postaci szkorbutu, obniżonej odporności, złym zrastaniem się kości czy powolnym gojeniem się ran.

- **Witamina PP**

Jest elementem enzymów biorących udział w reakcjach utleniania w komórkach. Zawarta jest w wątrobie, jajach, serach, mleku. Niedobór objawia się w postaci uczucia zmęczenia, depresji czy zaburzeniach pamięci.

Nasz pokarm, który spożywamy jest mieszaniną różnych substancji chemicznych. Substancjami wchodzącymi w skład pożywienia są woda i sole mineralne i zawarte w nich pierwiastki. Pierwiastki te dzielimy na biogenne, makroelementy i mikroelementy.



Mikroelementy (występują w skupiskach poniżej 100 mg)

- **Żelazo**

Jest to główny składnik mioglobiny (barwnik występujący w mięśniach) i hemoglobiny. Ma wpływ na przesyłanie tlenu, gdyż jest obecny w enzymach tlenowych. Jego źródłem jest mięso, wątroba, orzechy czy rośliny strączkowe.

- **Jod**

Wchodzi w skład hormonów tarczycy, które regulują tempo metabolizmu. Jest obecny w rybach i soli kuchennej. Natomiast jego niedomiar powoduje powstanie woli, czyli powiększenie się tarczycy.

- **Fluor**

Jest budulcem zębów i kości. Nadaje im odporność na urazy i na próchnicę. Występuje w paście do zębów.

21.3 Chemiczne podłoże przemiany materii

Każdy organizm codziennie musi dostarczać energię i substancje chemiczne podczas odżywiania się. Zapotrzebowane na składniki pokarmowe zależy od:

- trybu życia,
- wieku,
- płci,
- masy ciała,
- rodzaju pracy,
- stanu zdrowia.

Wartości energetyczne składników pokarmowych są przedstawione w poniższej tabeli:

1g cukru, białka 4,1 kcal

1g tłuszczu 9,3 kcal.



Rys.21.13 Produkty mleczne zawierające białko i tłuszcze obecne m.in. w mięsie.

Dziennie zapotrzebowanie organizmu na białko wynosi 1g na 1kgmasy ciała. Aminokwasy, które budują białka są dwójakie:

- **endogenne** (są przekształcane w wątrobie),
- **egzogenne** (organizm nie potrafi ich sam wytworzyć, muszą zostać dostarczone np. białka zwierzęce).

Ważnym składnikiem każdej diety jest błonnik, bez niego nasz organizm nie był by w stanie strawić samej treści pokarmowej i na pewno nie w tak krótkim czasie. Błonnik jest celulozą, zwiększa on objętość treści pokarmowej, pobudza ruchy perystaltyczne, ułatwia wypróżnianie, usuwa toksyny, a także zmniejsza wchłanianie cholesterolu.

Cholesterol właśnie jest wysokokalorycznym związkiem tłuszczowym (150-200mg/100cm³ krwi). Wyróżniamy dwa rodzaje cholesterolu:

- **LDL** (tzw. „zły” cholesterol, miażdżycotwórczy, tworzy on złogi tłuszczowe w postaci blaszek po wewnętrznych ścianach naczyń krwionośnych. Naczynia przez to stają się⁵² chropowate, odkłada się w nim fibryna i w efekcie powoduje to czopowanie

⁵² Ten tzw. „zły” cholesterol jest prekursorem witaminy D. W odróżnieniu od witaminy C, witaminy D nie spożywamy w naturalnej postaci, a organizm musi ją sam zsyntetyzować. Potrzebne są do tego barwniki (karoten) w marchwi i kukurydzy, a synteza odbywa się w skórze przy udziale promieni słonecznych. W u miarkowanym klimacie jak w Polsce, niezbędne jest wystawianie na słońce, twarzy i przedramion co najmniej 3 razy dziennie po 15 min.

naczyń.

- **HDL** (tzw. „dobry” cholesterol, chroni przed rozwojem miażdżycy tętnic, zabiera nadmiar

cholesterolu, dalej transportuje go do wątroby i ostatecznie wydalany jest z żółcią.

Cholesterol ma także znaczenie pożyteczne, gdyż jest prekursorem witaminy D i hormonów płciowych, a także jest składnikiem błon komórkowych i żółci.

Skuteczne odchudzanie

W otaczającym nas świecie panuje moda na ciągle odchudzanie i utrzymanie szczupłej sylwetki. Możemy sformułować zasady zdrowego odżywiania, dzięki którym unikniemy konieczności odchudzania się. A są to mianowicie:

- Spożywaj różnorodne pokarmy.
- Zaopatrz posiłki w dużą ilość pokarmu bogatego w węglowodany.
- Spożywaj więcej owoców i warzyw.
- Utrzymuj prawidłową wagę ciała i zachowuj dobre samopoczucie.
- Jedz umiarkowane porcje - zredukuj, ale nie eliminuj jedzenia.
- Spożywaj posiłki regularnie.
- Pij dużą ilość płynów.
- Ruszaj się, uprawiaj jakiś sport.
- Nie istnieją pojęcia takie jak: „dobre” lub „złe” jedzenie, a jest tylko dobra lub zła dieta.



Rys.21.14 Słodycze nie powinny być zamiennikami innych pokarmów, a tylko dodatkiem.

Niektórzy stosują drakońskie diety, które pogarszają tylko stan ich zdrowia, a skutkiem tego jest tzw. efekt „jojo”. Ważne jest skonstruowanie prawidłowej diety. Powinna być ona pełnowartościowa, czyli zaspokajać potrzeby pokarmowe, budulcowe, energetyczne oraz regulatorowe. Również dieta musi być urozmaicona i co najważniejsze zrównoważona.

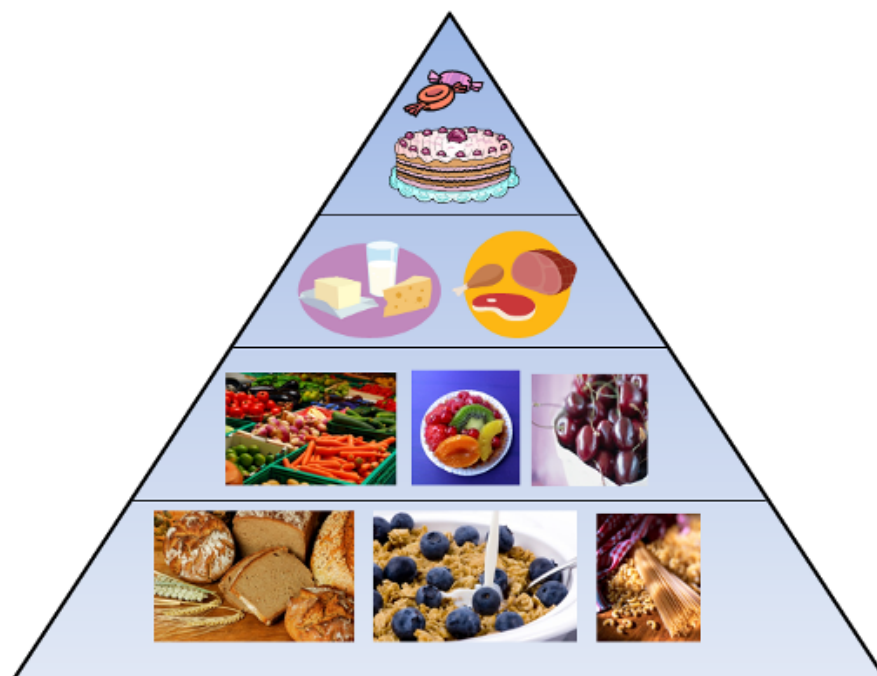
Tłuszcze zwierzęce powinny stanowić 40%, tłuszcze roślinne 60%, cukry proste 10%, cukry złożone 90%, białka roślinne i zwierzęce 50%.⁵³ Podczas odchudzania należy pamiętać nie tylko o stosowaniu diety, ale także o ruchu i wysiłku fizycznym, który m.in. przyspiesza przemianę materii i powoduje, że nadmiar tłuszczów czy cukrów nie odkłada się w postaci zbędnych kilogramów. Wokół nas powstaje pełno nowych klubów sportowych, siłowni, basenów itp. Może zamiast faszeringować się lekami, które mają powodować szybko spadek wagi i poprawę wyglądu lepiej pójść poćwiczyć czy potrenować. Leki te, są dostępne w aptekach bez recepty, dlatego są tak łatwo dostępne dla ogółu ludności. Powodują one uszkodzenia wątroby, nerek i prowadzą do wielu poważnych i przewlekłych schorzeń.

⁵³ Jednak co do standardów żywienia nie ma zgody wśród naukowców. Uważana do niedawna za obowiązującą piramida żywienia opracowana w USA została ostatnio zmodyfikowana.



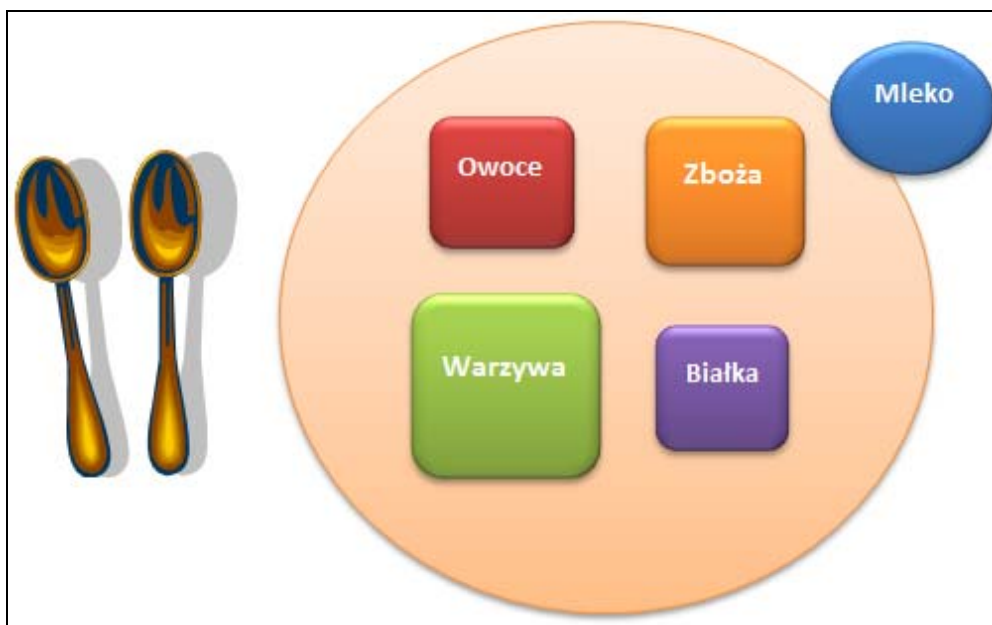
Rys.21.15 Tłuszcze zawarte w pokarmach takich jak kielbasa z grilla powinny stanowić niewielki procent spożywanych tłuszczów. Większość powinna być zawarta w tłuszczach roślinnych i pochodzenia mlecznego, czyli w serach, margarynie czy maśle.

Dużo jest materiałów na temat piramidy żywienia to wiele osób jeśli chodzi o odchudzanie zupełnie nie zwraca uwagi na piramidę, tylko rozpoczyna poszukiwania diety cud. Poniżej przedstawiono jak wygląda piramida prawidłowego żywienia.



Rys.21.16 Piramida zdrowego żywienia.

Dziś w miejsce piramidy rząd amerykański proponuje talerz żywnościowy.



Rys.21.17 Talerz żywnościowy.

Piramida jak i talerz żywnościowy powinny składać się z kategorii:

- owoce, warzywa,
- produkty bogate w białka uwzględniając produkty bogate w wapń,
- produkty bogate w węglowodany, produkty zbożowe,
- zdrowe tłuszcze.

Na tej podstawie powinno się oprzeć swoją dietę, w codziennym odżywianiu powinny być produkty z każdej z kategorii i należy pamiętać o tym aby były różnorodne produkty z każdej z grup.

Z każdej z grup powinna być spożywana odpowiednia ilość na dobę, czyli odpowiednia ilość białka, węglowodanów i tłuszczu.

21.4 Biologiczne aspekty zdrowia

Ważnym czynnikiem wpływającym na prawidłowe funkcjonowanie organizmu we współczesnym świecie jest stres, który stanowi dość poważne zagrożenie i może być emitorem różnorodnych chorób u człowieka. Człowiek podlega różnym stanom fizjologicznym. Mogą być one pozytywne i negatywne. Na nasz organizm działają motywująco:

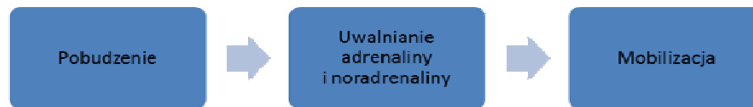
- emocje, czyli uwarunkowania genetyczne, stany fizjologiczne towarzyszące powstawaniu i zaspakajaniu podstawowych potrzeb biologicznych,
- uczucia nabyte w ciągu życia, są to stany psychiczne oparte na uczeniu się np. przyjaźń, strach, lęk, przyjemność, wrogość.

Stres jest stanem przeciążenia, mobilizacji i podwyższonej gotowości „bojowej” do stawienia czoła codziennym wyzwaniom życia. Może mieć znaczenie zarówno pozytywne jak i negatywne. Wyróżniamy dwa typy osobowości człowieka, które odpowiadają jego narażeniu na stres. Są to: A- osobowość objawiająca się niską odpornością na stres i B- osobowość z wysoką odpornością na stres. Czynnikiem stresogennymi są sytuacje

zagrożenia np. wypadek, napad, utrata pracy czy mienia, sytuacje przeciążenia np. nagromadzenie wielu spraw do załatwienia w krótkim czasie, a także sytuacje zakłócenia (przeszkody, nagłe zmiany planów) i stany deprivacji (śmierć bliskiej osoby).

Fazy reakcji na stres to:

- mobilizacja



- krytyczna



- destrukcja



Sposobami obniżającymi poziom stresu są np. uprawianie sportu, sen, słuchanie muzyki czy kąpiel.

Na stan zdrowia człowieka wpływa tryb życia, sposób odżywiania się, wiek, rodzaj pracy (stres) czy uwarunkowania genetyczne (choroby). Najczęstszymi chorobami, na jakie zapada współczesny człowiek to choroby wynikające z nieprawidłowego odżywiania się.

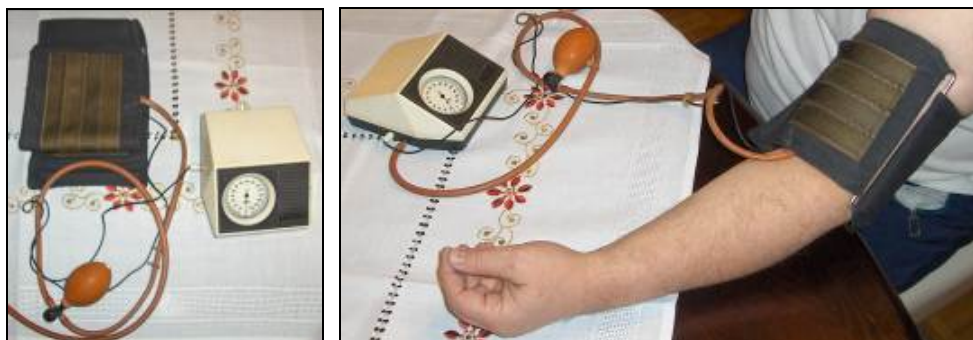
Są to m.in:

- otyłość

Otyłość jest chorobą, na którą skarży się coraz większa liczba ludzi. Z otyłością powiązane są różnorakie dolegliwości: cukrzyca, nadciśnienie, choroby serca, zwyrodnienia stawów i inne.

- nadciśnienie tętnicze

Jest to choroba układu krążenia polegająca na stałym lub okresowym podwyższeniu ciśnienia tętniczego krwi powyżej prawidłowej wartości. Nadciśnienie tętnicze z reguły wykrywane jest podczas przypadkowego badania kontrolnego krwi. W większości przypadków choroba ta przebiega bezobjawowo. W Polsce nadciśnienie dotyczy ok. 20% dorosłej populacji, ale także występuje u dzieci w wieku dojrzewania.



Rys.21.18 Prawidłowe ciśnienie powinno utrzymywać się pomiędzy 120 na 80 a 135 na 85 mm HG. Granicznym ciśnieniem jest ciśnienie 140 na 90. Wszystko, co powyżej, jest już nadciśnieniem.

- choroby układu ruchu,
- choroby wątroby (kamica żółciowa).

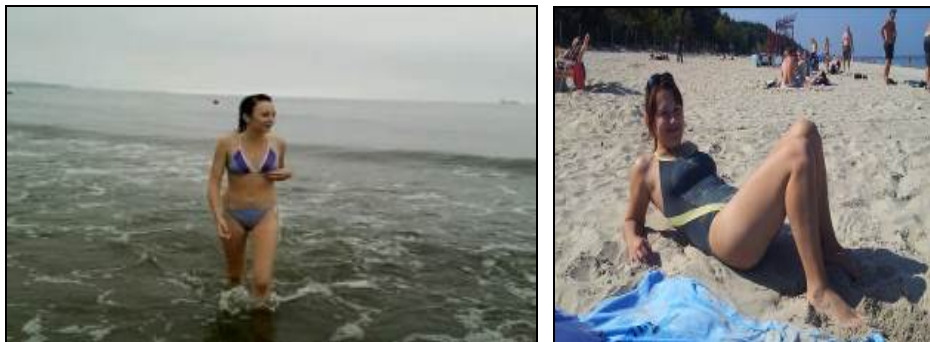
Kamica żółciowa jest to choroba polegająca na powstawaniu tzw. złożeń, czyli kamieni żółciowych w drogach żółciowych. Muszą być one usunięte operacyjnie albo laserowo, inaczej mogą być przyczyną wystąpienia żółtaczki.

- **nowotwory** (rak sutka, jajnika, jelit)

Komórki naszego ciała ciągle się mnożą, stare ustępują miejsca nowym, a w naszych tkankach dochodzi do ogromnej ilości podziałów w ciągu minuty. Każdy z takich podziałów obarczony jest ryzykiem błędu i nieprawidłowości. Na skutek wielu czynników, tych znanych, jak promieniowanie fizyczne, szkodliwe substancje chemiczne czy niektóre wirusy, powstają komórki zmutowane i takie, które przestały sprawować swoich funkcji. Większość z nich jest usuwana mechanizmami naprawczymi naszego organizmu, ale czasem mogą one przeżyć i zacząć się szybko powielać.

- **anoreksja** (jadłowstręt),

Anoreksja polega na odmawianiu sobie przyjmowania niektórych pokarmów, a z czasem wszystkich. Osoby zapadające na tę dolegliwość ograniczają przyjmowanie posiłków zmniejszając ich kaloryczność i tym samym nie dostarczają swojemu organizmowi odpowiedniej ilości witamin i mikroelementów potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania. Anoreksja leczona jest w ośrodkach zamkniętych i uzupełniana leczeniem psychologicznym.



Rys.21.19 W dzisiejszym świecie wykreowanym głównie przez media, popularyzuje się osoby szczupłe. Zarówno mężczyźni jak i kobiety dążą do ideału szczupłej sylwetki, czasami nawet kosztem własnego zdrowia.

- **bulimia**

Choroba ta polega na nadmiernym objadaniu się przy braku zachowania kontroli na ilością spożywanych pokarmów, a potem natychmiastowym wydalaniem ich z organizmu w postaci wymuszonych wymiocin.

- **choroba wrzodowa**

Uszkodzenie błony śluzowej żołądka, dwunastnicy jest spowodowane stresem, nieregularnym jedzeniem, paleniem papierosów, używaniem alkoholu i leków. Najczęściej stosuje się leczenie farmakologiczne.

- **próchnica** (brak fluoru),

Próchnica jest spowodowana brakiem fluoru. Zniszczona struktura zęba sama się nie regeneruje się, jednak wizyta u dentysty może powstrzymać postępującą próchnicę. Leczy się zęby poprzez usunięcie uszkodzonych tkanek zęba i umieszczenie w ich miejsce materiału przeznaczonego do odbudowy zębów (plomba światłoutwardzalna).



Rys.21.20 Należy dbać o zęby myjąc je po każdym posiłku aby uniknąć rozwoju próchnicy i częstych wizyt u dentysty.

- **niedoczynność tarczycy**

Niedoczynność tarczycy jest chorobą spowodowaną niedoborem hormonów tarczycy wynikająca z braku jodu. Objawia się wypadaniem włosów, suchością skóry, przybysaniem na wadze, zaburzenia rozwoju np. zahamowanie wzrostu.

- **choroby pasożytnicze**(tasiemiec, glista ludzka)

Są to choroby ludzi i zwierząt wywoływane przez pasożyty. Najczęściej są one wywoływane przez tasiemca czy glistę ludzką. Aby uniknąć zakażenia pasożytami należy powstrzymać się od jedzenia surowego mięsa, myć owoce i warzywa przed jedzeniem.

Kolejną grupą chorób, na które często zapadamy są choroby układu oddechowego. Jedną z nich jest rak płuc spowodowany głównie paleniem papierosów. Dym papierosowy zawiera czad, tlenki azotu, akroleinę, amoniak, cyjanowodór, arsen są truciznami, polon z kolei jest promieniotwórczym a nikotyna uzależnia (narkotyk). Dym ten zawiera substancje smoliste, które zlepiają rzęski nabłonka dróg oddechowych, wyścielają pęcherzyki płucne i utrudniają oddychanie. Stwierdzono, że aż 40 z 4000 związków zawartych w dymie papierosowym jest rakotwórcza.

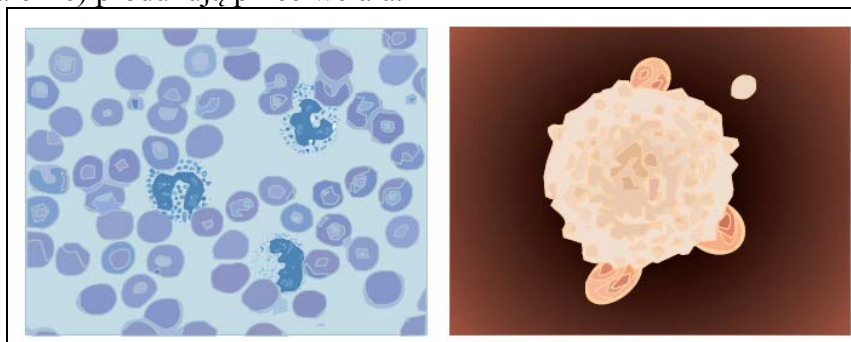
W diagnostyce wielu chorób jest niezbędne ogólne badanie krwi, czyli **morfologia**, zaleca się, aby wykonywać je raz do roku. Pozwala ocenić stan zdrowia pacjenta, wykryć infekcje i wiele innych zmian chorobowych w organizmie człowieka. Z wyniku badania (na wydruku komputerowym) można odczytać wiele ważnych informacji o stanie zdrowia danej osoby. Morfologia oznacza skład tzw. elementów upostaciowanych krwi (np. krwinki białe, czerwone, płytki krwi). Uzyskane wyniki sam pacjent może porównać z prawidłowymi, które zawsze umieszczone są obok uzyskanych przez badanego pacjenta z oznaczeniem ↑ (nadmiar) oraz ↓ (niedomiar)

Tab. 21.21 Przykładowy wynik badania krwi u osoby zdrowej (1 mikrolitr $1\mu\text{l} = 10^{-6} \text{ dm}^3 = 1\text{mm}^3$).

Skrót nazwy (ang.)	Składniki krwi	Norma u kobiet	Norma u mężczyzn
WBC	krwinki białe (leukocyty)	$4,8-10,8 \times 10^3/\mu\text{l}$ (mikrolitrów)	$4,8-10,8 \times 10^3/\mu\text{l}$ (mikrolitrów)
RBC	krwinki czerwone (erytrocyty)	$4,2-5,4 \times 10^6/\mu\text{l}$	$4,7-6,1 \times 10^6/\mu\text{l}$
OB	szybkość opadania krwinek czerwonych	do 12 mm/godz.	do 8 mm/godz.

HGB lub Hb	hemoglobina	12-16 g/dl (decylitrów)	14-18g/dl (decylitrów)
MCV lub ŚOK	średnia objętość krwinki czerwonej	81-99 fl (femtolitrow)	80-94 fl (femtolitrow)
RDW	rozkład objętości krwinek czerwonych	11,5-14,5%	11,5-14,5%
PLT	płytki krwi (trombocyty)	140-440 x 10 ³ /μl	140-440 x 10 ³ /μl
BASO	bazocyty - granulocyty zasadochłonne	0-0,2 x 10 ³ /μl	0-0,2 x 10 ³ /μl
EOS	eozynocyty - granulocyty kwasochłonne	0-0,45 x 10 ³ /μl	0-0,45 x 10 ³ /μl
MONO	monocyty	0-0,8 x 10 ³ /μl	0-0,8 x 10 ³ /μl
NEUT	neutrocyty - granulocyty obojętnochłonne	1,8-7,7 x 10 ³ /μl	1,8-7,7 x 10 ³ /μl
LYMPH	limfocyty	1,0-4,5 x 10 ³ /μl	1,0-4,5 x 10 ³ /μl

- **Krwinki białe (WBC)** – Podwyższone stężenie może być spowodowane np. wysoką temperaturą, opaleniem się na słońcu, ciążą, czy stresem lub stanami zapalnymi, zatruciami i obecnością nowotworu). Leukocyty dzielimy na: **limfocyty T** (szpikozależne) pobudzają limfocyty B do produkcji przeciwciał, **limfocyty B** (grasicozależne) produkują przeciwciała.



Rys.21.22 Leukocyty obserwowane pod mikroskopem. Występują w ziarnistości i mają płotowate jądro.

- **Krwinki czerwone (RBC)** - Brak odpowiedniego stężenia tych krwinek może być spowodowany niedokrwistością. Jest najczęściej spowodowana dużą utratą krwi, niedoborem witaminy B₁₂ lub kwasu foliowego, a także niedoborem żelaza.



Rys.21.23 Krwinki czerwone (erytrocyty). Charakteryzują się brakiem jądra, są dwukwłóste i zawierają hemoglobinę.

- **Odczyn Biernackiego (OB)** – Odczyn ten nie jest spowodowany występowaniem określonego schorzenia. Przyczynami mogą być stany zapalne (np. infekcje), nowotwory.
- **Hemoglobina (HGB)** – Spadek poziomu hemoglobiny jest najczęściej spowodowany występowaniem niedokrwistości.
- **Średnia objętość krwinki czerwonej (MCV)** – Zmniejszenie ilości objętości krwinki czerwonej jest przyczyną zmniejszeniem jej rozmiaru. Objawia się niedoborem żelaza. Natomiast nadmiar wiąże się z niedoborem witaminy B₁₂ i kwasu foliowego.
- **Rozkład objętości krwinek czerwonych (RDW)** - Jego wartość wzrasta w niedokrwistości w wyniku niedoboru żelaza. Wzrost RDW można też zaobserwować po utracie krwi lub po leczeniu witaminą B₁₂, a także kwasem foliowym.
- **Płytki krwi (PLT)** – Nadmiar płytek krwi, czyli nadpłytkowość występuje w przypadku przewlekłych stanów zapalnych, po nadmiernym wysiłku fizycznym, czy w niedoborze żelaza. Niedobór płytek krwi (małopłytkowość) objawia się np. skutkami ubocznymi niektórych leków, niedoborami witaminy B₁₂.
- **Bazocyty (BASO)** - Nadmiar ich stężenia pojawia się w stanach alergicznych czy przy występującej białaczce szpikowej. Natomiast niedobór może się wystąpić w ostrych infekcjach, nadczynności tarczycy oraz ciągłym stresem.
- **Eozynocyty (EOS)** – Ich wzrost jest spowodowany chorobami alergicznymi, pasożytniczymi, a również astmą oskrzelową. Natomiast spadek tej liczby może być przyczyną dżemu brzuszno, czerwono, czy oparzeniem.
- **Monocyty (MONO)** – Nadmiar jest przyczyną gruźlicą, kiły, czy chorobą Crohna, a powodem niedomiaru monocytów są m.in. różne infekcje.
- **Neutrocyty (NEUT)** – Wzrost ich liczby jest obecny w zakażeniach i chorobach nowotworowych oraz po zawałach i krwotokach. Natomiast spadek liczby neutrocytów widać w przypadku grypy, czy różyczki, a także gruźlicy i duru brzuszno.
- **Limfocyty (LYMPH)** – Obserwujemy zwiększenie ich liczby w krztuścu, chłoniakach, czy białaczce limfatycznej, a także odrze, śwince oraz różyczce. Spadek ich ilości może spowodować nawet ciężkie zakażenia wirusowe.

21.5 Zagrożenia cywilizacyjne

W ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój przemysłu (mechanizacji, motoryzacji, urbanizacji, ogólnie gospodarki). Dzięki czemu wzrosła zapadalność na choroby cywilizacyjne i społeczne. Zagrożenia cywilizacyjne to m.in. ekologiczne, demograficzne, terroryzm, który nasilił się w ostatnim dziesięcioleciu czy malejąca liczba surowców nieodnawialnych. Głównym zagrożeniem ekologicznym są zanieczyszczenia powietrza, wody, wycinanie lasów. Zakłady przemysłowe produkują ogromną ilość toksyn, które wywierają negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Kwaśne deszcze, które zawierają tlenki siarki, azotu powodują spustoszenie w glebie, śmierć żyjących tam organizmów, zatrucie wód. Kolejnym zagrożeniem jest efekt cieplarniany, który sprawia, że temperatura na Ziemi się podnosi z rok na rok o kilka stopni, a przyczyną tego zjawiska jest złe odprowadzanie promieniowania kosmicznego z powodu obecności w atmosferze metanu, dwutlenku węgla i innych niebezpiecznych gazów. Objawia się topnieniem lodowców i zwiększeniem emisji różnych gazów.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat wzrosła liczba ludzi zamieszkujących naszą planetę, obserwujemy tzw. wyż demograficzny. Niestety właśnie Polska się do niego zbliża Według oszacowań FAO liczba ludności na Ziemi w 2030 osiągnie 8,3 miliarda ludzi.. Ostatnio (2 listopada 2011 r.) zanotowano urodzenie 7 miliardowej osoby – zgłoszenie napłynęło jednocześnie z Indii, Filipin i Rosji. Wzrost liczby ludności na Ziemi jest przez niektórych polityków uważany za niepokojące zjawisko, gdyż może zabraknąć miejsca do życia czy chociażby zasobów naturalnych i surowców nieodnawialnych, których z roku na rok ubywa. Niektóre państwa takie jak Chiny prowadziły politykę anty-rodzinną, polegającą na tym, że w rodzice muszą zapłacić podatek od urodzenia każdego dziecka z wyjątkiem pierwszego. Jest to dość rygorystyczny sposób wpływania na politykę demograficzną.



Rys.21.24 a) Atak na wieże World Trade Center w 2001 roku. **b)** Symbol Światowej Organizacji Zdrowia (WHO).

Zagrożeniem, które dotyka głównie państwa afrykańskie jest głód. Problemami zdrowia na świecie w ujęciu globalnym zajmuje się WHO, czyli Światowa Organizacja Zdrowia działająca w ramach ONZ. Celem WHO jest współpracowanie między państwami w dziedzinie ochrony zdrowia, minimalizowania chorób zakaźnych i epidemii oraz zapewnienia opieki medycznej w najbiedniejszych krajach i opracowywanie składu leków.

Istotnym problemem jest również popularność egzotycznych wycieczek. Turyści zafascynowani Azją, Afryką czy Ameryką Południową coraz częściej obierają takie miejsce podróży. Pociągają nas obce kultury, zwyczaje, język i kulinaria. Ważnym aspektem jest nasze bezpieczeństwo. Sposobem na zapobiegnięcie wielu kłopotów ze zdrowiem są szczepienia ochronne. Przed wyjazdem należy dowiedzieć się, czy w kraju, do którego się wybieramy jest Międzynarodowy Certyfikat Szczepień (MSC). Inne szczepienia są dobierane

do miejsc naszych podróży, czasu trwania i wieku. Szukać informacji należy w poradniach chorób tropikalnych. Jednym z przykładów szczepień obowiązkowych jest szczepienie przeciw żółtej febrze. Wirus powodujący tę chorobę jest przenoszony głównie przez komary. Występuje krajach Afryki i Ameryki Południowej. Odkryto aż dwie mutujące odmiany wirusów, a liczba zachorowań sięga aż 80%. Oprócz szczepionki przeciw żółtej febrze zaleca się także szczepienie przeciwko meningokokowemu zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych. Choroba rozprzestrzenia się drogą kropelkową, często w dużych skupiskach ludności. W Azji odnotowano największą liczbę zachorowań na tę chorobę.

Pytania kontrolne

1. Jak zbudowany jest kręgosłup u człowieka? Jakiej istnieją wady postawy i jak się przed nimi ustrzec?
2. Na czym polega wymiana cieplna w organizmie człowieka?
3. Narysuj piramidę zdrowego żywienia i opisz jej główne założenia.
4. Co to znaczy zbilansowana dieta i racjonalne odżywianie? Dlaczego uprawianie sportu jest tak ważne w prawidłowym dbaniu o zdrowie?
5. Jakie znasz witaminy rozpuszczalne w tłuszczach i w wodzie? Omów ich funkcje i czym objawia się ich niedobór.
6. Co to są mikro i makroelementy i jaką pełnią rolę w organizmie człowieka?
7. Wymień i opisz krótko choroby układu trawiennego i krwionośnego.
8. Czym jest krew? Wymień składniki wchodzące w skład chemiczny krwi. Co to jest morfologia?
9. Wymień zagrożenia cywilizacyjne we współczesnym świecie.