


Wstęp

Bionika jest nową dziedziną wiedzy, która zajmuje się prowadzeniem badań przyrodniczych w celu ich wykorzystania w rozwiązywaniu zadań technicznych. Poszukiwanie w przyrodzie wzorców, analiza zasad ich budowy i działania, umożliwia uzyskanie innowacyjnych rozwiązań głównie w budowie maszyn, architekturze i budownictwie, a także w innych dziedzinach techniki.

Niezwykle bogactwo i doskonałość występujących w przyrodzie rozwiązań, jak również zbieżność reguł i zasad obowiązujących w systemach biologicznych i systemach technicznych, powodują, że przyroda staje się niewyczerpanym źródłem inspiracji do nowych, niekonwencjonalnych rozwiązań. Powoduje to niezwykle dynamiczny i obejmujący coraz to nowe obszary techniki rozwój bioniki. Pojawia się nawet pogląd, że dalszy znaczący postęp techniki zależeć będzie od stopnia wykorzystania rozwiązań, które znaleźć można w przyrodzie.

Bionika staje się także powoli czymś więcej niż tylko nową, interesującą dziedziną wiedzy. Prowadzi w efekcie do istotnych zmian w filozofii przyrody, do zmian w relacjach pomiędzy człowiekiem a przyrodą. Człowiek nie jest już władcą i zdobywcą, lecz poszukującym w przyrodzie rozwiązań, wzorującym się na niej.

Zbliżając w pewnym stopniu współczesnego człowieka techniki do natury, bionika wzbogaca jego wiedzę, pozwala na lepsze zrozumienie miejsca człowieka w środowisku i jego odpowiedzialności za zachodzące w nim, wskutek działań technicznych, zjawiska.

Bionika sprzyja ważnemu dla przyszłości zbliżeniu specjalistów z tak odległych dziedzin, jak nauki przyrodnicze i nauki techniczne. Przyrodniccy coraz częściej stosują w trakcie swoich badań metody i modele używane w technice. Z drugiej strony, inżynierów zaskakuje różnorodność występujących w przyrodzie form i możliwość ich wykorzystania. Zbliżenie to powoduje lepsze wzajemne zrozumienie i stwarza podstawy efektywnej współpracy.

Bionika pobudza w wysokim stopniu aktywną postawę i twórczą działalność koncepcyjną inżyniera projektanta. Jest bowiem źródłem inspiracji i prowadzi do nowych innowacyjnych rozwiązań i wynalazków. W zgłaszanych w ostatnich czasach wnioskach patentowych nieustannie wzrasta liczba wynalazków wykorzystujących rozwiązania z zakresu bioniki.

Twórcza działalność inżynierska z wykorzystaniem badań z dziedziny bioniki wymaga jednak wiedzy przyrodniczej. Obecne studia techniczne nie gwarantują spełnienia w odpowiednim zakresie tego wymogu.

Stąd wywodzi się koncepcja przedstawienia – w formie książki – pewnego zasobu wiedzy przyrodniczej, niezbędnej inżynierowi twórcy stosującemu metody, którymi dysponuje bionika.

Książka nie jest podręcznikiem do biologii. Zawiera zbiór wybranych wiadomości z określonych dziedzin biologii, które mogą być inspiracją do nowych, twórczych koncepcji i pomysłów, a także może przyczynić się do poszerzenia wiedzy przyrodniczej. Przeznaczona jest dla inżynierów projektantów, studentów uczelni technicznych, szczególnie na kierunku mechatronika prowadzonym na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, i wszystkich zainteresowanych powiązaniem techniki z przyrodą.

Pierwsza część książki, obejmująca rozdziały 1–5, ma charakter bardziej ogólny i poświęcona jest naukom przyrodniczym, systemowemu opisowi maszyny i możliwościom zastosowania bioniki w różnych obszarach projektowania.

Część drugą, rozdziały 6–10, poświęcono przedstawieniu sposobów realizacji przez wybrane grupy organizmów określonych, ważnych ze względu na przetrwanie funkcji.

W rozdziale 1 przedstawiono rys historyczny bioniki, która pomimo że jako odrębna dziedzina wiedzy powstała w połowie ubiegłego wieku, ma starożytny rodowód, sięgający początków dziejów człowieka.

Podział nauk przyrodniczych i ich krótką historię zawiera rozdział 2. Omówiono w nim również podstawy systematyki i w bardzo skrótowym ujęciu powstanie życia na Ziemi oraz współczesne pojęcie ewolucji.

W założeniu zasadnicza problematyka książki ma dotyczyć budowy maszyn i urządzeń, dlatego w rozdziale 3 przedstawiono opis współczesnej maszyny w ujęciu systemowym z uwzględnieniem najnowszej koncepcji maszyny prorozwojowej. W części tej wskazano też na zaskakujące analogie pomiędzy regułami i zasadami, które rządzą zarówno projektowaniem systemów technicznych, maszyn i urządzeń, jak również obowiązują w systemach biologicznych, organizmach.

W rozdziale 4 omówiono różnorodne strategie i metody wykorzystania bioniki w technice. Przedstawiono propozycje programu z przedmiotu bionika dla kierunków mechanicznych wyższych uczelni technicznych, o różnym poziomie i zakresie. Wskazano na szerokie możliwości wykorzystania badań przyrodniczych w technice oraz zastosowania metod technicznych w różnorodnych badaniach przyrodniczych.

Znaczenie bioniki w innowacyjnym projektowaniu konstrukcji ujęto w rozdziale 5. Przedstawiono w nim zasady współczesnych metod projektowania ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej spośród nich nowoczesnej i złożonej metody opartej na teorii rozwiązywania innowacyjnych zadań (TRIZ), jak również bliskie powiązania tych metod z bioniką. Omówiono także pokrótce zasady współpracy zespołów projektujących złożone obiekty i udział w niej specjalistów z wielu dziedzin, w tym przyrodników.

Rozdziały 6 i 7 zawierają opis zasad działania niektórych podstawowych układów organizmu, układu przenoszenia i wytwarzania sił oraz układu nerwowego. Doboru materiału dokonano, biorąc pod uwagę duże możliwości wykorzystania tych informacji w projektowaniu konstrukcji. Rozdział 6 przedstawia budowę, układ oporowy i mięśniowy poszczególnych, wybranych grup organizmów, w porządku systematycznym, a rozdział 7

omawia narządy i sposoby pobierania, przetwarzania oraz przekazywania informacji.

Rozdziały 8, 9, 10 obejmują opisy sposobów realizacji podstawowych, wybranych funkcji życiowych danych organizmów, takich jak mobilność, zdolność do poruszania się, manipulacja, chwytanie i przytrzymywanie zdobyczy, wytwarzanie obiektów i budowli. Zachowując jak poprzednio porządek systematyczny w opisie, w końcowej części każdego z tych rozdziałów przedstawiono przykłady wykonanych już urządzeń technicznych wzorowanych na realizacji danej funkcji przez organizmy. Ostatnia natomiast część każdego z rozdziałów zawiera oparte na wzorcu biologicznym koncepcje i pomysły. Dane o urządzeniach technicznych czerpano głównie z literatury i źródeł zagranicznych. Pomysły koncepcyjne zaczerpnięto z licznych prac studentów, powstałych w czasie prowadzonych przez wiele lat zajęć dydaktycznych z przedmiotu bionika na Politechnice Krakowskiej i w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Te części książki mogą być bezpośrednim źródłem twórczej inspiracji dla projektantów.

Krótki zarys dalszych spodziewanych kierunków rozwoju bioniki zawiera rozdział 11.

Książka jest pierwszym w kraju tak obszernym i kompleksowym przedstawieniem bioniki jako nowej interdyscyplinarnej dziedziny wiedzy. Na pewno nie jest pozbawiona usterek. Z konieczności, ze względu na niezwykle szeroki zakres tematyki, pominięto lub potraktowano pobieżnie zagadnienie biomateriałów i znaczenie botaniki, ograniczając się raczej do działów zoologii. Nie analizowano również wpływów i powiązań bioniki z innymi dziedzinami, jak chociażby z biomechaniką czy inżynierią medyczną.

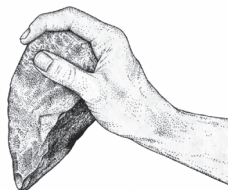
Wobec jednak braku literatury przedmiotu i dystansu, jaki dzieli nas w dziedzinie bioniki od innych wysokorozwiniętych technicznie krajów, książka wypełni może istniejącą lukę, wyzwoli samodzielną inicjatywę twórczą i stworzy podstawy poszukiwania nowych rozwiązań. W ten sposób wypełni oczekiwane zadania.

1

Bionika – rys historyczny

1.1. Naśladowanie przyrody w przeszłości

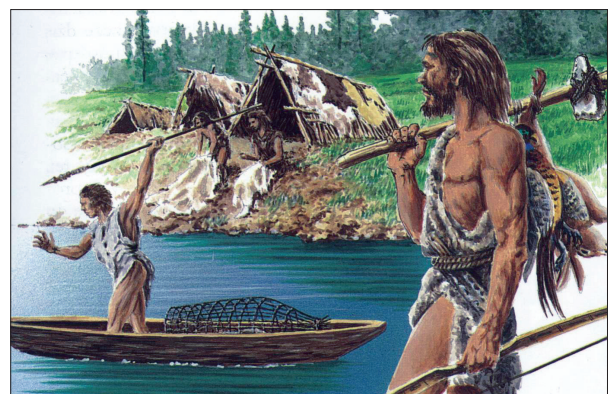
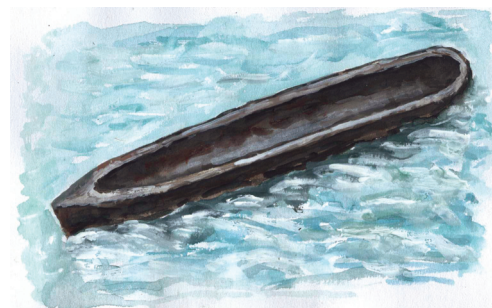
Związki człowieka z naturą od zarania jego dziejów były bardzo ściśle. Ona bowiem dyktowała warunki przetrwania i była dla niego źródłem inspiracji. Człowiek pierwotny obserwował naturę, starał się ją wykorzystać i naśladować. Od czasu, gdy ujął w przednie kończyny kawałek kości czy kamień jako narzędzie (rys. 1.1), nieustannie dokonywał nowych odkryć w otaczającym go świecie. Zwiększały one jego bezpieczeństwo i możliwości działania.



Rys. 1.1. Człowiek pierwotny *Homo habilis* i kamienny tłupek

Obserwacja płynącego rzeką drzewa mogła zainspirować do zbudowania tratwy przez połączenie poszczególnych pni (rys. 1.2). Po długim czasie udało się z pnia wykonać dłubankę, pierwszą łódź, później nastąpił dalszy jej rozwój i powstała łódź klepkowa, a kolejne odkrycia doprowadziły do skonstruowania współczesnych transatlantyków.

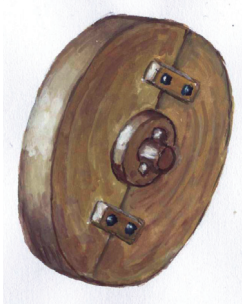
Toczący się po zboczu pień zainspirował być może człowieka do dokonania jednego z największych chyba wynalazków, jakim było koło. Początkowo było to koło pełne. Na rysunku 1.3a przedstawiono wóz Sumerów z pełnymi kołami.



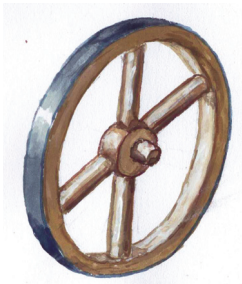
Rys. 1.2. Od płynącego pnia do tratwy i dłubanki

Następnie pojawiło się koło ze szprychami, najpierw w Asyrii, a potem w Egipcie, Grecji i Rzymie. Na rysunku 1.3c pokazano dwukonny lekki i zwrotny rydwan grecki na kołach zaopatrzonych w cztery szprychy, rysunek wykonano na wazie figurowej.

b



c



a



Rys. 1.3. Od toczącego się pnia (a) do koła: pełne koło wozu Sumerów (b), koło szprychowe rydwanu greckiego (c)

Wynalazki dostarczały nowych, lepszych narzędzi i środków, które służyły zarówno do poprawy warunków bytu, jak i, niestety, do niszczenia przedstawicieli własnego gatunku, a także otaczającego człowieka środowiska.

Tak było przez setki lat poprzez czasy starożytności, średniowiecze, aż do okresu renesansu i oświecenia. Dopiero jednak ostatnie pięćdziesięciolecie uświadomiło ludziom, jak doskonałe są rozwiązania występujące w świecie zwierząt i roślin. Ta właśnie świadomość doprowadziła do powstania nowej dyscypliny naukowej – bioniki.

Można jednak wymienić kilka przykładów na to, że człowiek i w ubiegłych wiekach wzorował się na przyrodzie w swoich rozwiązaniach. Najlepszym jest odwieczne dążenie człowieka do wzbicia się w powietrze, opanowania sztuki latania.

Zapoczątkowała je oczywiście legenda o Dedalu i Ikarze, którzy uciekli z więzienia króla Minosa na Krecie. Dedal wykonał dla siebie i dla swego syna parę skrzydeł wzorowanych na skrzydłach ptaka. W czasie ucieczki Ikar nie posłuchał jednak zaleceń ojca i wzbil się zbyt wysoko ku słońcu, które roztopiło wosk spajający skrzydła. Ikar runął do morza i zginął, bo nie przestrzegał zalecanej wysokości lotu (rys. 1.4). Mit o Dedalu i Ikarze był zarówno inspiracją do licznych przedstawień tego zdarzenia w sztuce, jak również wizją pionierów lotnictwa w dalekiej przyszłości. Nie był to jednak początek bioniki, gdyż bionika nie polega tylko na kopiowaniu natury.

I jeszcze jeden, jakże i dziś aktualny wniosek: nieprzebranie przepisów bezpieczeństwa lotu prowadzi do katastrofy.

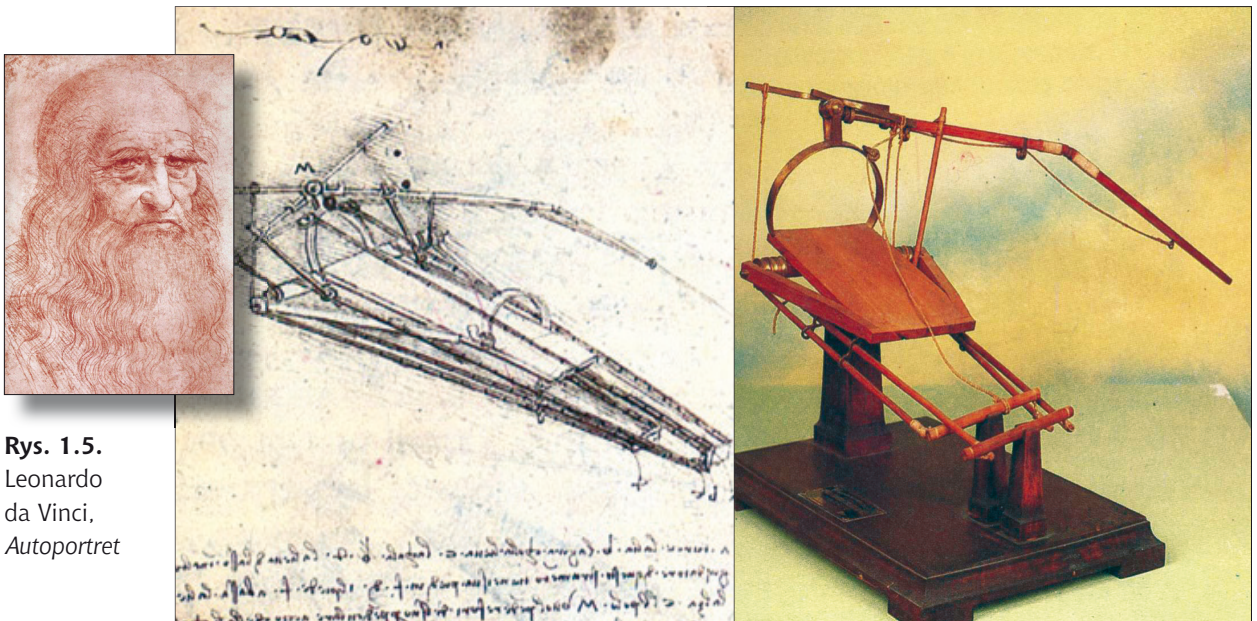


Rys. 1.4. Lot Dedala i Ikara, po prawej obraz Carla Saraceniego (ok. 1580–1620), *Upadek Ikara*.

W XI w. zanotowano skok z wieży hipodromu w Bizancjum. Skok zakończył się tragicznie, nieznanymi z imienia Saracen zginął. W tym samym stuleciu angielski mnich, benedyktyn Elmerus z Malmesbury, skoczył z wieży i szybował na skrzydłach w powietrzu. Nagły podmuch wiatru przy lądowaniu spowodował, że śmiałek połamał nogi.

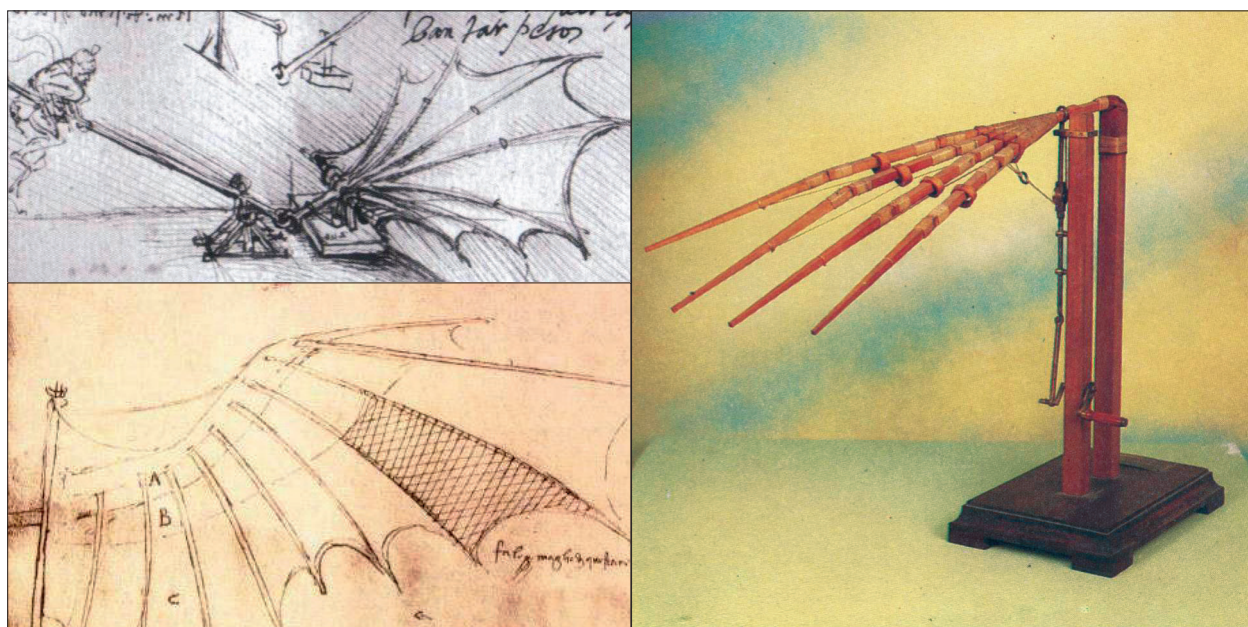
Leonardo da Vinci (1452–1519), geniusz okresu renesansu, pilnie obserwował przyrodę (rys. 1.5). W latach 1487–1490 rysował w swoim szkicowniku

liczne projekty aparatów latających (rys. 1.6). Na podstawie obserwacji lotu ptaków napisał w 1505 r. klasyczne dzieło *Codice Sul volo degli uccelli*. Obserwował lot ptaków drapieżnych, uważał jednak, że proste wzorowanie się na locie ptaków i budowie ich skrzydeł nie przyniesie rezultatów i doszedł do wniosku że „nie ma innego wzoru poza nietoperzem”. Szkic jednego z jego projektów maszyn latających oparty był na budowie skrzydeł nietoperza (rys. 1.7).

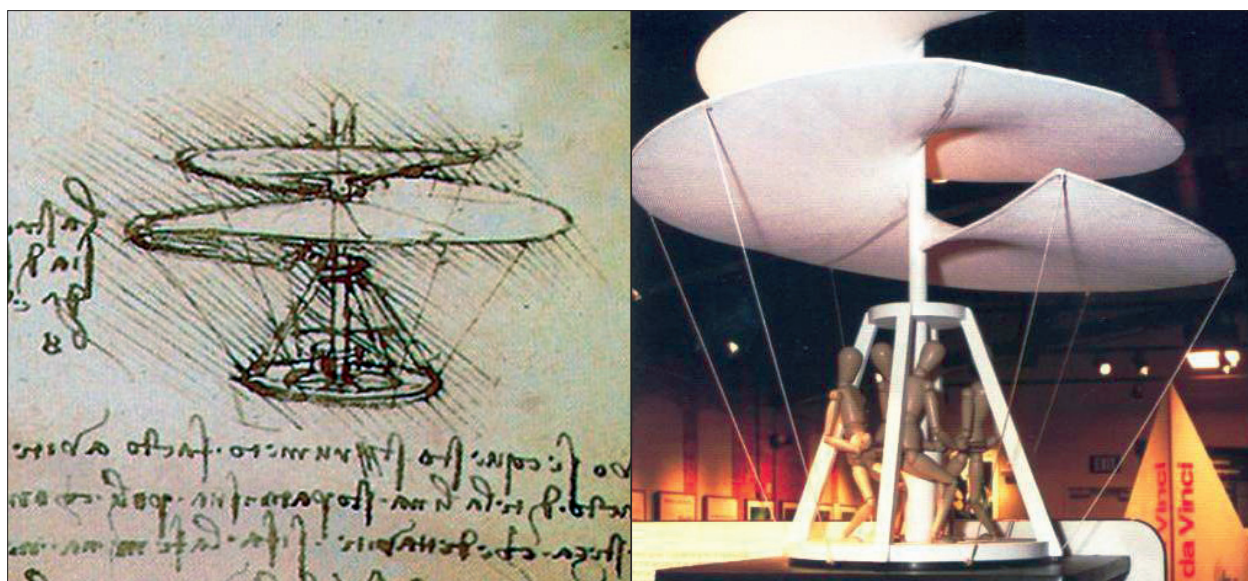


Rys. 1.5.
Leonardo da Vinci,
Autoportret

Rys. 1.6. Projekt jednego z aparatów latających i jego model



Rys. 1.7. Projekt aparatu latającego ze skrzydłami wzorowanymi na skrzydłach nietoperza i jego model



Rys. 1.8. Projekt śmigłowca i jego model

Leonardo da Vinci zajmował się aerodynamiką, planował nawet przelot na aparacie swojego pomysłu. Wśród licznych szkiców znaleźć można również projekt śmigłowca (rys. 1.8).

Niestety żaden z projektów wielkiego wizjonera nie został wykonany. Były jednak inspiracją dla wielu następnych wynalazców. W tym okresie pewien matematyk z Perugii skoczył na skrzydłach nad

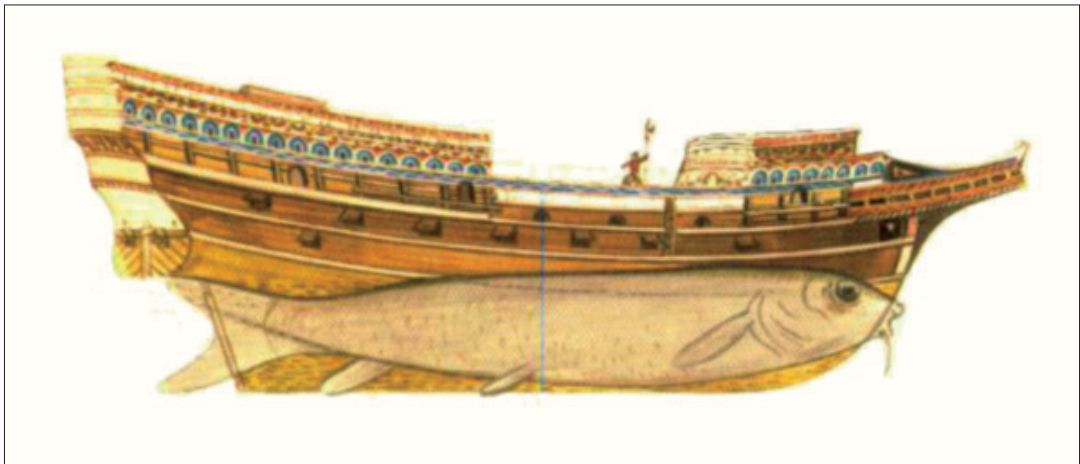
Jeziorem Trazymeńskim, z którego go na szczęście wyłowiono.

Więcej szczęścia miał, zainspirowany pracami Leonarda, turecki uczyony Hezarfen Ahmet Celebi (1609–1649), który zbudował urządzenie latające, oparte na wynikach badań lotu ptaków i przeleciał na nim w 1647 r. z wieży w Galacie nad Bosforem w kierunku Uskudar.

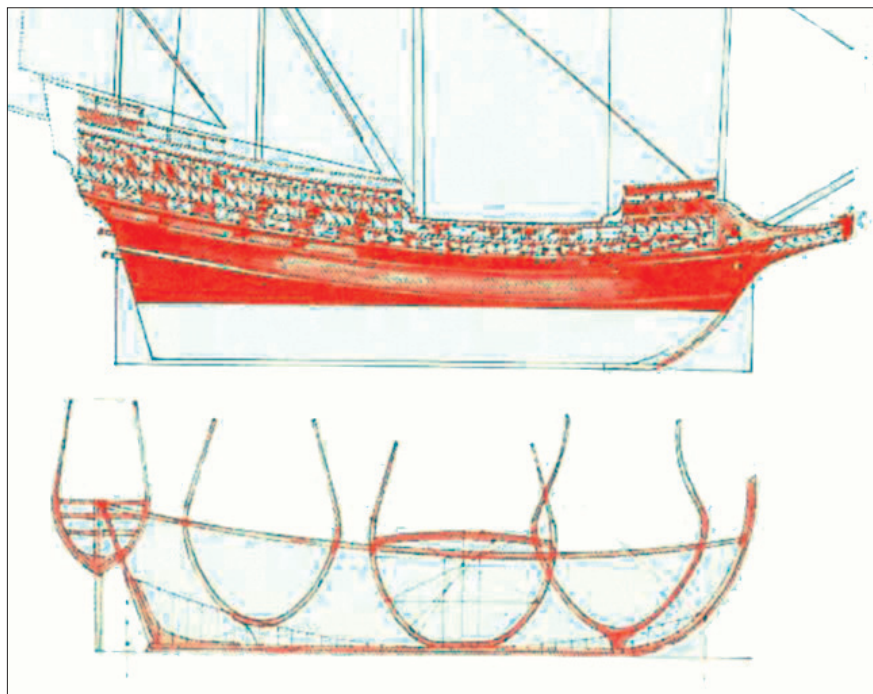
W XVI w. toczyła się zacięta rywalizacja o panowanie na morzu pomiędzy Hiszpanią a Anglią. Przewaga liczebna hiszpańskiej floty była oczywista. W tych warunkach o zwycięstwie mogła zdecydować lepsza dzielność morska okrętów. Słynny angielski budowniczy okrętów Matthew Baker zaprojektował przed 1588 r. galeon, którego budowa podwodnej części kadłuba była oparta na kształtach ryb. Podwodna część dziobowa była wzorowana na głowie i tułowi dorsza, a część podwodna rufowa

– na ogonie makreli (rys. 1.9). Pozwoliło to galeonowi Bakera na uzyskanie dużej manewrowości i zmniejszenie oporu pływania. Zmianę kształtu przekroju poprzecznego i wręg galeonu pokazano na rysunku 1.10. Pokonanie Wielkiej Armady w 1588 r. dowiodło znaczenia tych innowacji.

Co zaskakujące, historia powtórzyła się w XX w., kiedy to w 1958 r. Amerykanie zwodowali okręt podwodny „Skipjack”, wzorowany swym kształtem na tuńczyku.



Rys. 1.9. Galeon Bakera

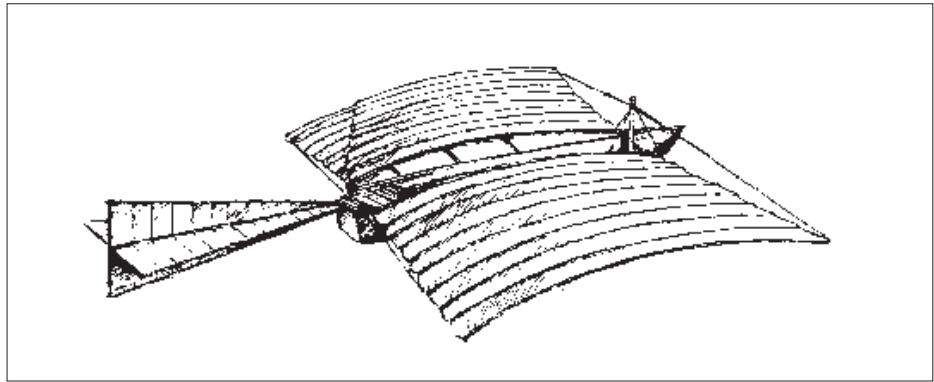


Rys. 1.10. Kształt przekrojów poprzecznych galeonu Bakera

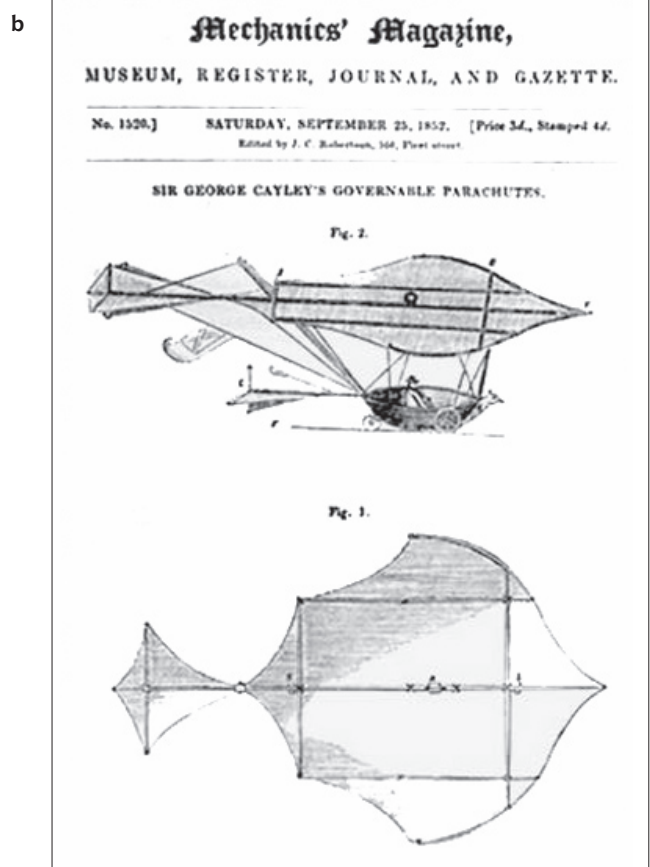
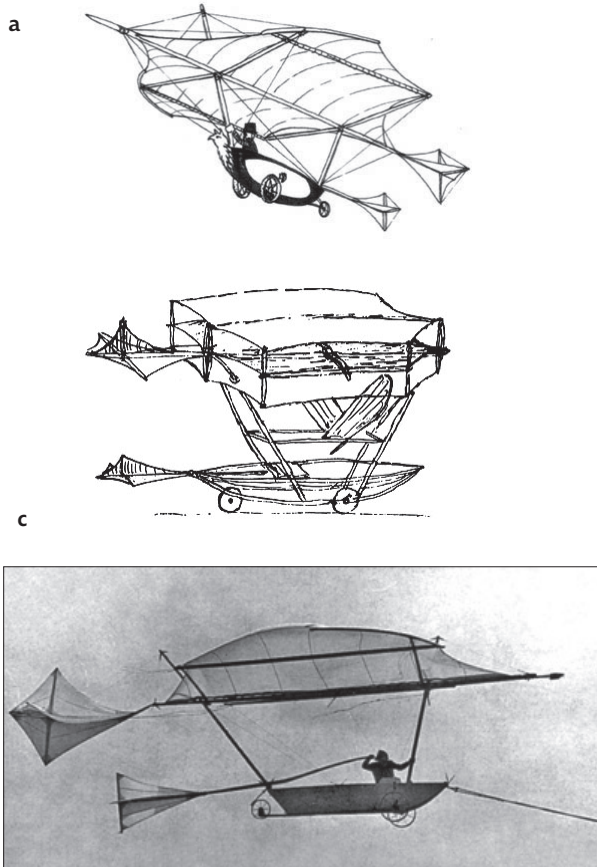
Kolejnym prekursorem bioniki był sir George Cayley (1773–1857) (rys. 1.11), bogaty angielski ziemianin, mieszkający w Brompton by Sawdon w Yorkshire. Fizyk i przyrodnik, inżynier wynalazca, uczonek o wszechstronnych zainteresowaniach. Był członkiem parlamentu, założył Instytut Politechniczny, ale jego główną pasję stanowiło lotnictwo. Budował udane aparaty latające, przeważnie szy-

bowce, ale jego istotny wkład to badania nad fizyką lotu, które zapoczątkowały rozwój nowej dziedziny wiedzy, aerodynamiki.

Cayley pierwszy zastosował profil sklepiony w swoich rozwiązaniach i określił podstawowe siły działające na aparat latający. Budował liczne modele o rozmaitych rozwiązaniach konstrukcyjnych (rys. 1.12).

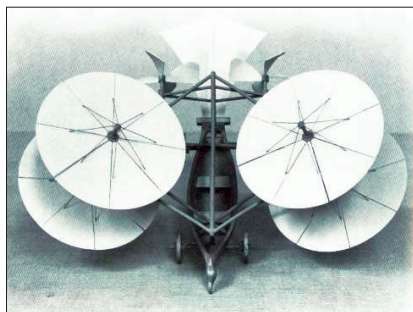
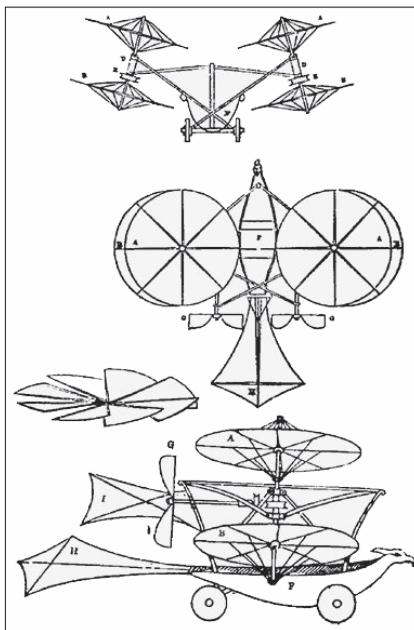


Rys. 1.11. Sir George Cayley i jego wczesny model



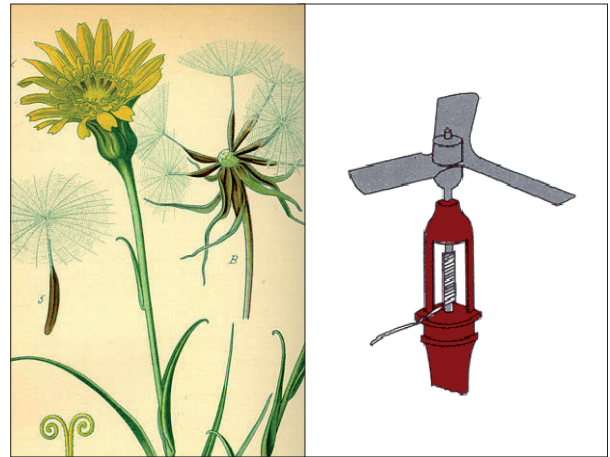
Rys. 1.12. Szybowce Cayleya (a, b) i ich współczesna replika w locie (c)

Budowane przez niego modele były coraz to większe, aż wreszcie zbudował maszynę mogącą unieść człowieka. W połowie lipca i sierpnia 1853 r. namówił swojego stangreta do lotu. Szybowiec, ciągniony na linach przez jego ludzi, wystartował ze wzgórza w pobliżu Brompton. Stangret, którego nazwisko się niestety nie zachowało, przeleciał odległość ok. 200 m i wylądował bezpiecznie, ale po opuszczeniu pojazdu wrzasnął do swego chlebodawcy: „zostałem wynajęty do powożenia, a nie do latania!” i porzucił swą pracę. Był to pierwszy lot człowieka na urządzeniu cięższym od powietrza. Cayley miał już wówczas 80 lat, nie cieszył się najlepszym zdrowiem i dlatego prawdopodobnie nie podjął się sam lotu swym szybowcem. Interesowały go również śmigłowce. Zaprojektował „podniebny powóz parowy” (rys. 1.13), ale ciężar wczesnych silników parowych nie pozwalał na ich zastosowanie w aparacie latającym.



Rys. 1.13. Projekt „podniebnego powozu parowego” i jego model

Cayley interesował się również budową spadochronu. Jego propozycja wzorowana była na kształcie nasiona kozibrodu łąkowego (*Tragopogon pratensis*), którego zachowanie w locie obserwował (rys. 1.14).



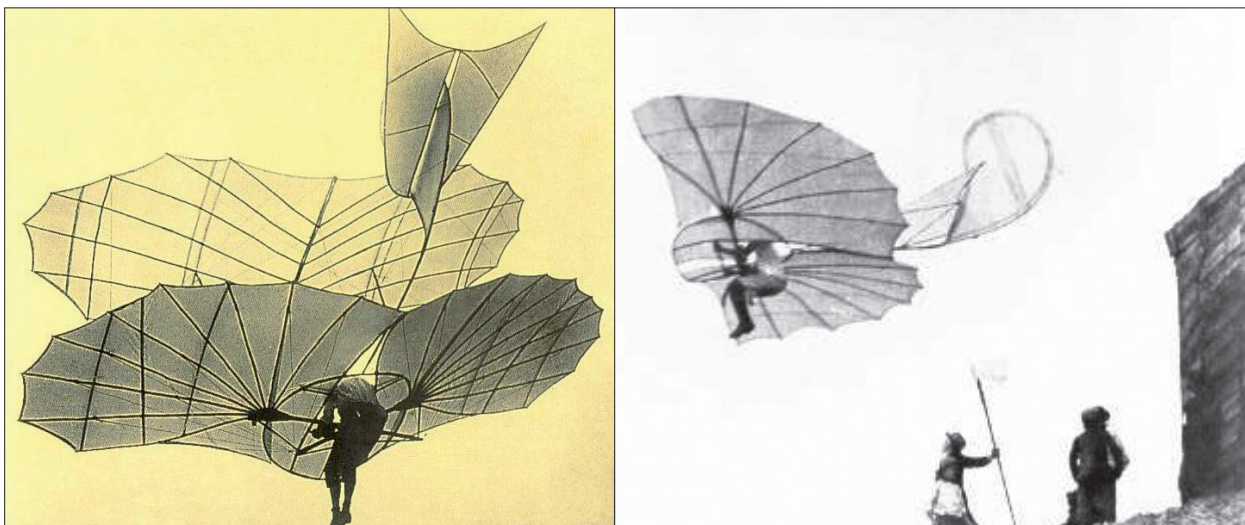
Rys. 1.14. Kozibrodo łąkowy i projekt spadochronu

Cayley był wszechstronnym wynalazcą, zaprojektował między innymi pojazd gaśnicowy, opracował koncepcję silnika spalinowego napędzanego prochem i wiele innych niezwykłych rozwiązań. Nie cieszył się uznaniem, jego działalność uważano raczej za dziwactwo i większość pomysłów została zupełnie zapomniana. Wiele z nich odkrywano ponownie po latach.

Michael Kelly w przeciwieństwie do dotychczas wymienionych prekursorów bioniki pochodził z Ameryki. W 1868 r. przedstawił swój wniosek patentowy na drut kolczasty. Miał on zabezpieczać stada wypasane go bydła przed swobodnym przemieszczaniem się. Kelly wzorował się na wyposażonym w liczne kolce na gałęziach krzewie żółtnicy pomarańczowej (*Machura pomifera*), który używany był dotychczas do wykonywania ogrodzeń (rys. 1.15).



Rys. 1.15. Kolczasta gałąź żółtnicy pomarańczowej



Rys. 1.16. Otto Lilienthal w czasie lotów



Rys. 1.17. Aparat latający hr. de Massia i Gastona Biota

Wykonanie drutu kolczastego według patentu Kelly'ego było jednak bardzo drogie, a w 1847 r. Joseph Glidden i Jacob Haish opatentowali nieco zmienione i tańsze rozwiązanie i odtąd oni uchodzą za wynalazców drutu kolczastego. Któżby przypuszczał, jaką złowrogą sławę zyska drut kolczasty w postaci tysięcy kilometrów zasieków w czasie pierwszej wojny światowej.

Powracając do początków lotnictwa i jego powiązań z bioniką, wybitnym pionierem lotnictwa był Otto Lilienthal (1848–1896). Od dzieciństwa interesował się zagadnieniem lotu, obserwował zwłaszcza lot szybocowy ptaków. Zbudował szereg lotni (rys. 1.16), które coraz bardziej

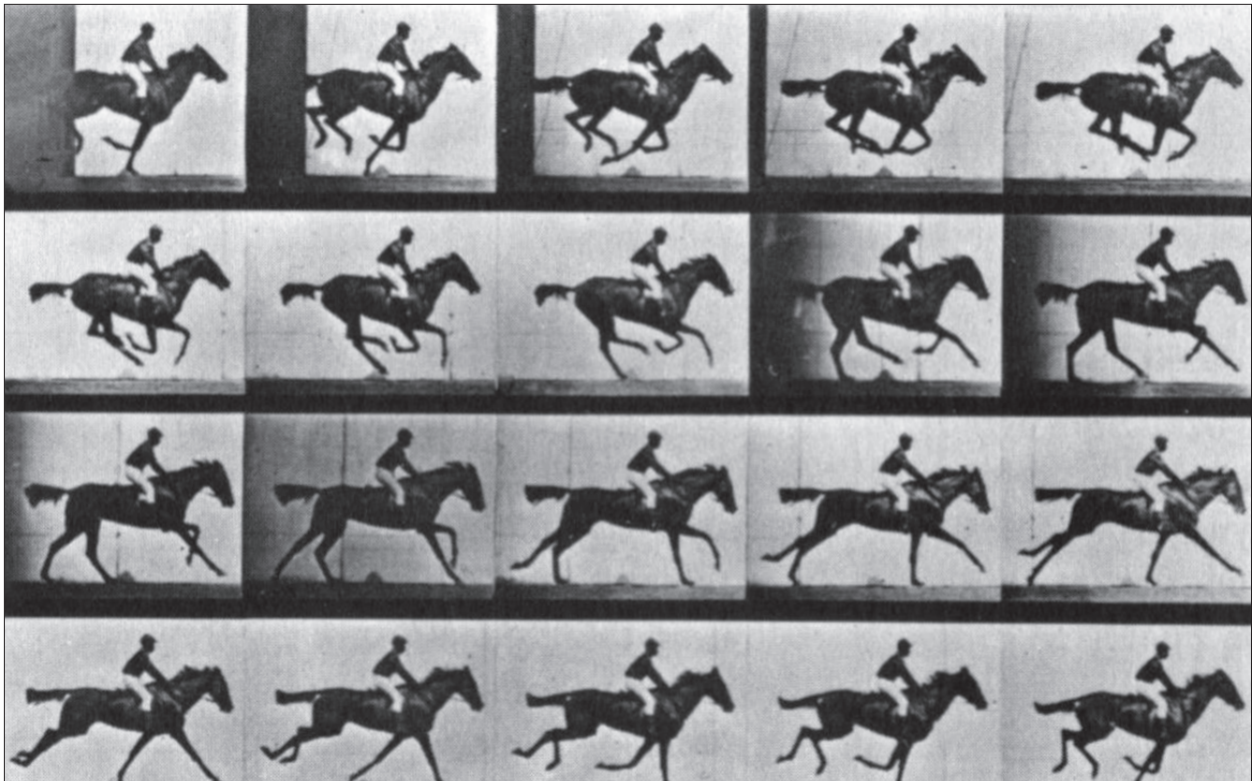
udoskonaliał. Wykonywał na nich w latach 1891–1896 przeszło 200 lotów ślizgowych, dochodząc do przelotów na odległość 100 m. Z obserwacji lotu bociana zrodził się pomysł napisania książki *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* – „Lot ptaków jako podstawa sztuki latania”, będącej klasyką literatury z zakresu bioniki. Zamierzał przejść do lotów silnikowych, lecz życie jego przerwał śmiertelny wypadek, któremu uległ w czasie lotu.

Na rysunku 1.17. przedstawiono aparat latający skonstruowany prawdopodobnie przez hr. de Massia wzorowany dokładnie na kształcie ptaka. Aparat odkupił znany konstruktor Gaston Biot,

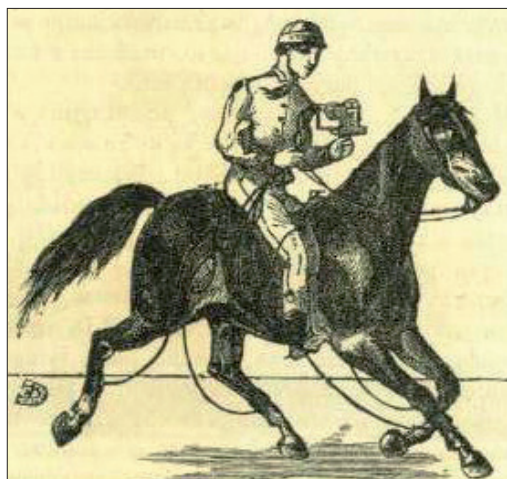
który wprowadził szereg zmian i ulepszeń konstrukcyjnych. Jest to najstarszy oryginalny aparat latający, przypuszczalnie z 1879 r. Znajduje się w Muzeum Lotnictwa (Musée de l'Air et de l'Espace) w Paryżu.

Rosło również zainteresowanie badaniami nad innymi, oprócz latania, sposobami poruszania się

zwierząt oraz ogólnymi zasadami ruchu. Przedmiotem prac naukowych było poruszanie się czworonogów, zwłaszcza konia, od kiedy to w 1870 r. Anglik Eadweard Muybridge wykonał pierwsze zdjęcia galopującego konia. Tym razem nie chodziło o ścisłe badania, ale o narodową pasję Anglików, wyścigi konne (rys. 1.18).



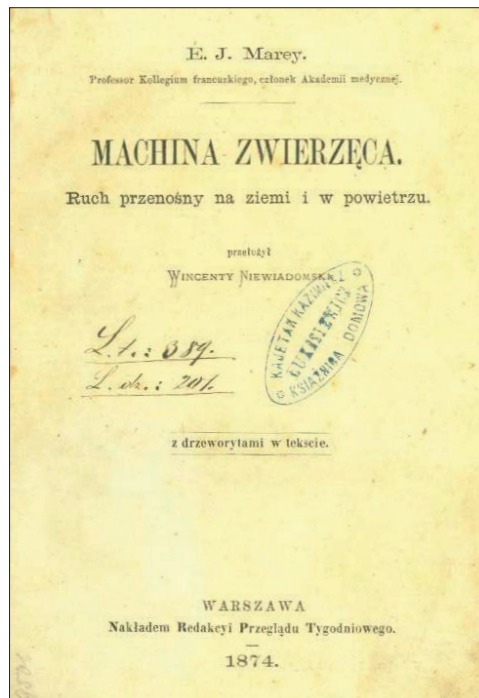
Rys. 1.18. Pierwsze zdjęcia galopującego konia



Rys. 1.19. Pomiar siły w czasie ruchu człowieka i konia

Badania nad ruchem zwierząt i człowieka prowadził także francuski fizjolog profesor College de France, Etienne Jules Marey (1830–1904). Był wynalazcą kardiografu i wielu przyrządów do rejestrowania tętna. Napisał liczne prace o krążeniu krwi. Budował zmyślne urządzenia rejestrujące ruchy i występujące w czasie ruchów siły (rys. 1.19).

Marey napisał także obszerne dzieło o poruszaniu się zwierząt, szybko (1874) ukazało się jego polskie tłumaczenie (rys. 1.20).



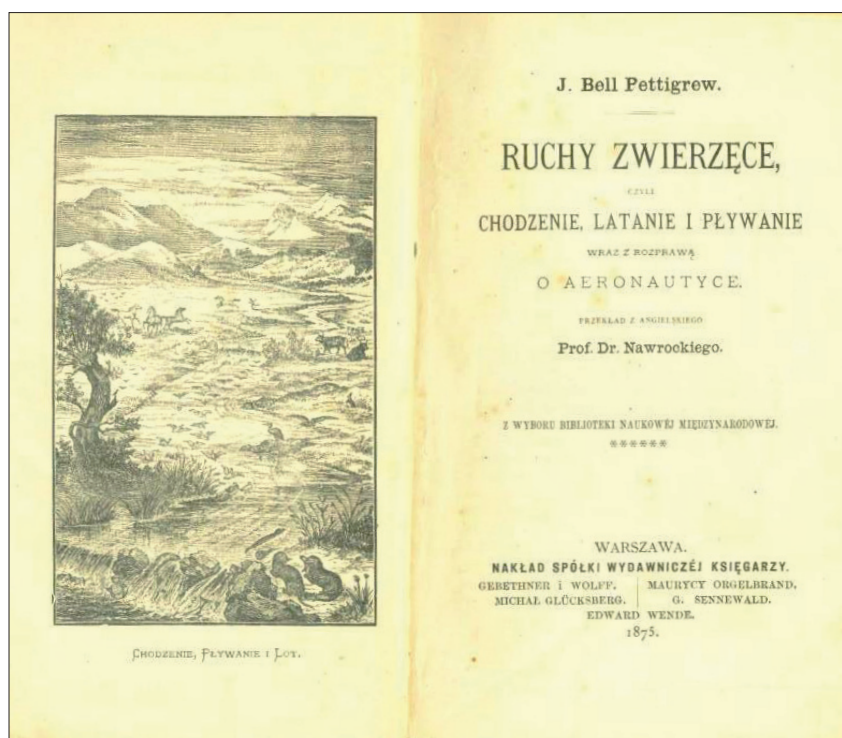
Rys. 1.20. Strona tytułowa polskiego tłumaczenia dzieła E.J. Mareya

Wieloletnie badania nad poruszaniem się zwierząt, a zwłaszcza lataniem owadów, prowadził szkocki fizjolog i anatom, profesor uniwersytetu St. Andrews w Edynburgu, James Bell Pettigrew (1834–1908) (rys. 1.21). Jego dzieło *Animal locomotion...* będące obszernym podsumowaniem ówczesnej wiedzy w tej dziedzinie spotkało się z ogromnym zainteresowaniem. Również i ta praca została w krótkim czasie przetłumaczona na język polski (rys. 1.22). Dobrze to świadczy o aktywności polskich uczonych, mimo warunków, jakie panowały w zaborach. Pettigrew wydał w 1908 r. monumentalne dzieło *Designing in nature* z ogromną liczbą ilustracji. Pod koniec życia interesował się lotem silnikowym, a także próbował skonstruować ornitopter własnego pomysłu.

Weźniej jednak, z końcem XIX w., udaną próbę lotu z napędem podjął francuski wynalazca Clement Ader (1841–1925). Zbudował kolejno trzy samoloty. Był inżynierem i jako przedsiębiorca dorobił się majątku w dziedzinie połączeń telefonicznych. Pozwoliło to później na realizację pasji jego życia, którą od najmłodszych lat była budowa samolotu. Odbył szereg podróży po świecie, obserwując lot ptaków, a w Indiach zainteresował się lataniem i budową skrzydeł wielkich owocożerch nietoperzy, kalongów (rys. 1.23).



Rys. 1.21. James Bell Pettigrew



Rys. 1.22. Strona tytułowa polskiego tłumaczenia książki Pettigrewa

Właśnie ich budowa zainspirowała go do podobnego rozwiązania konstrukcji skrzydła w projektowanej maszynie. Pokryte mocnym płótnem skrzydła zbudowane zostały z bambusowych prętów na kształt skrzydeł nietoperza. Mogły nawet składać się wzdłuż kadłuba.

Silnik parowy, który Ader zaprojektował do swego samolotu, był znaczącym osiągnięciem ówczesnej techniki, osiągał moc 20 KM, a ważył 23 kg.

Czteropłatkowe śmigło o łopatkach w kształcie liścia wykonano z piór i papieru. Pierwszy samolot o nazwie „Eole” (rys. 1.24) wypróbowano w tajemnicy w parku zamkowym w Armainvilliers w 1890 r. Samolot oderwał się od ziemi i przeleciał według jednych źródeł 12, według innych 50 m.

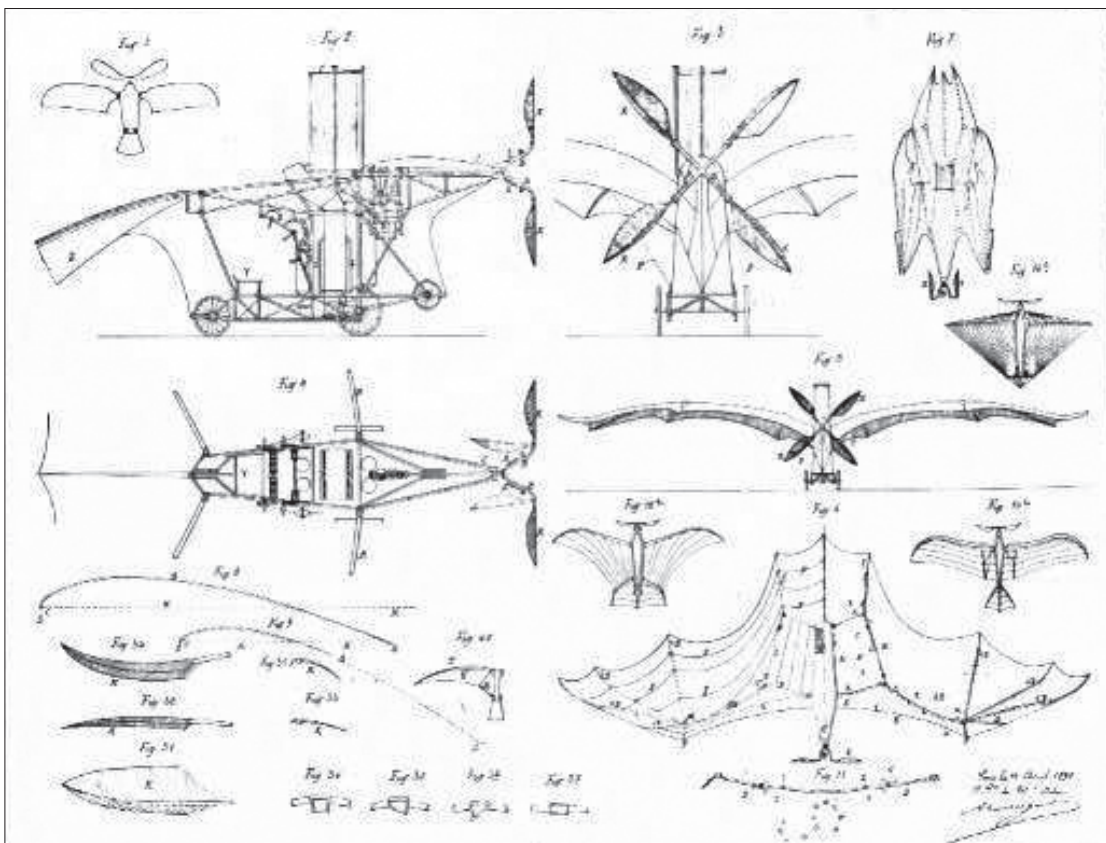
W swoim wniosku patentowym (rys. 1.25) Ader użył po raz pierwszy słowa „avion”, które później stało się słownictwem lotniczym.



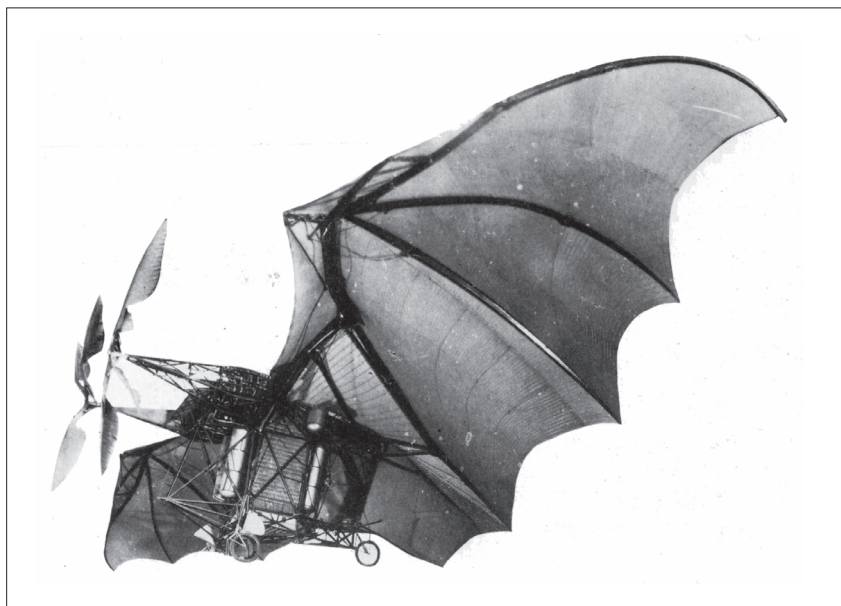
Rys. 1.23. Owocożerny duży nietoperz, kalong, czyli pies latający (*Pteropus rampyrus*)



Rys. 1.24. Pierwszy samolot Clementa Adera



Rys. 1.25. Wniosek patentowy Adera



Rys. 1.26. Samolot Adera „Avion III”

W sierpniu 1891 r. drugi samolot, „Eole II”, wyposażony w silnik o większej mocy, odbył próbę lotu na polach koło Satory. Miał przelecieć około 200 m.

Wynalazca na swoje próby wydał już około pół miliona franków. Zwrócił się więc o pomoc do ministerstwa wojny. Argumentował, że w przyszłej wojnie samoloty odegrają ważną rolę, i tu miał rację. Mimo że obiecywał zbyt wiele, minister Charles de Freycinet wyraził zgodę na finansowanie dalszych prób.

Ader przystąpił do budowy trzeciego samolotu, „Avion III”. Miał on większe rozmiary i dwa silniki o mocy 30 KM, które napędzały dwa śmigła. Próby, również w Satory, przewidziano na 14 października 1897 r. Przybyła komisja z ministerstwa, w jej skład wchodziło dwóch generałów. Pogoda tego dnia była jednak fatalna, padał deszcz, wiał silny, porywisty wiatr. Mimo to Ader zdecydował się na start. Kiedy samolot oderwał się od ziemi i znalazł się w powietrzu, silne boczne uderzenie strąciło go

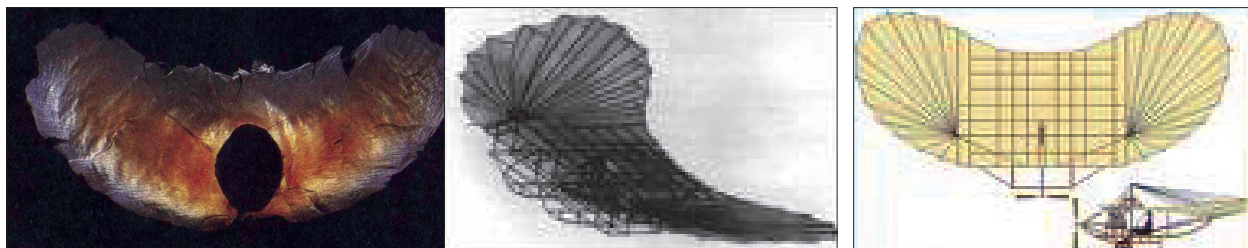
i maszyna się rozbiła. Niestety, komisja nie potwierdziła przelotu, jej członkowie wyszli z hangaru, gdzie schronili się przed deszczem, dopiero po wypadku. Ślady na ziemi wskazywały, że przelot mógł mieć 300 m długości. Raport komisji wspominał jednak tylko o katastrofie. W tym czasie nastąpiła również zmiana w ministerstwie wojny i nowy minister cofnął dotację. Zdesperowany Ader spalił plany oraz maszyny i zaprzestał dalszej działalności. Ocalał tylko „Avion III” (rys. 1.26), dziś znajduje się w muzeum w Paryżu.

Próby budowy samolotów kontynuowano jednak nadal.

Sukces, jaki odnieśli 17 grudnia 1903 r. Orville i Wilbur Wright, ich pierwszy udany i w pełni kontrolowany lot dwupłatowym samolotem „Flyer I”, odbił się szerokim echem w świecie. Powstawały różnorodne konstrukcje, nie zawsze udane, ale samolot był konsekwentnie ulepszany. Santos-Dumont, Farman, Blériot, Latham – to ówczesni pionierzy lotnictwa.

Ciekawym przykładem kolejnego wykorzystania rozwiązań przyrody był samolot Etrich-Taube. Ignaz Etrich pasjonował się szybowcami, a w jego ślady poszedł syn Igo. Zainteresował go niezwykle kształt i zdolność do szybowania nasiona brazylijskiej liany, zanonii (*Zanonia macrocarpa*). Wzoruując się na jego kształcie, zbudował wraz z majstrem Franzem Wellsem pierwsze na świecie latające skrzydło (rys. 1.27). Próbował nawet wyposażyć swój bezogonowy szybowiec w silnik.

Prawdziwą sławę przyniósł jednak wzorowany na sylwetce gołębia samolot Etrich-Taube (rys. 1.28).



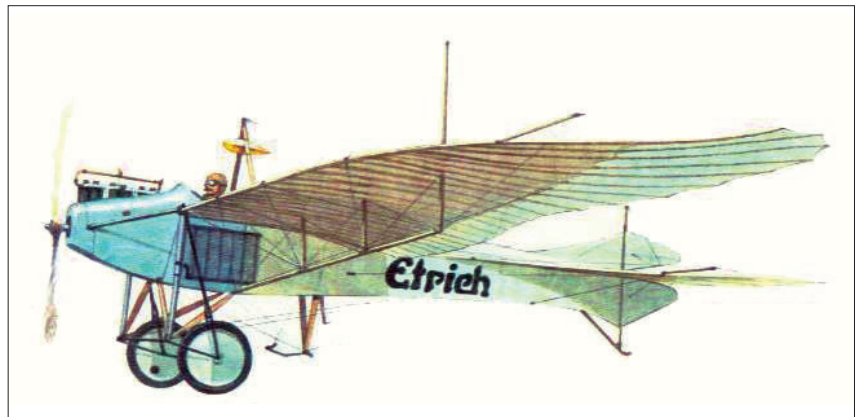
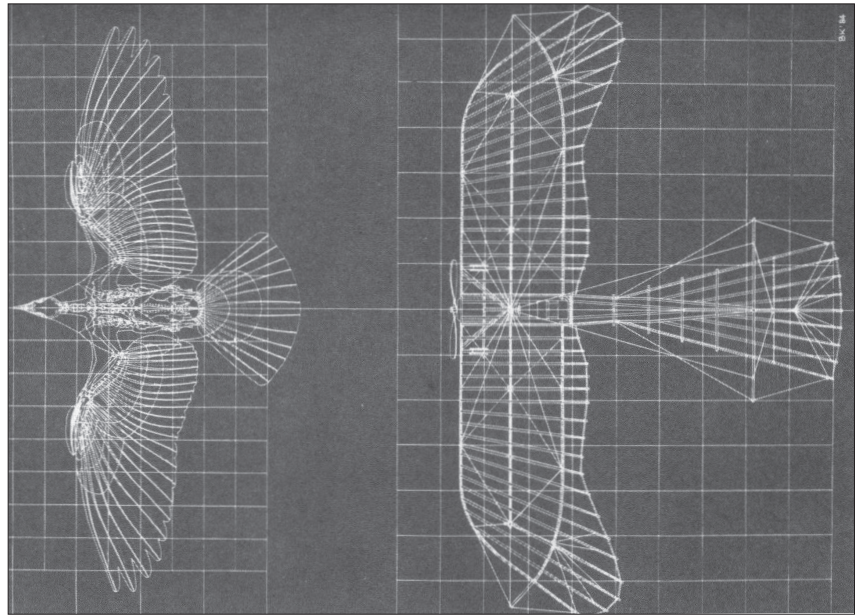
Rys. 1.27. Nasiono zanonii i latające skrzydło Igo Etricha

Powstał w 1910 r. i pozwolił odnieść szereg sukcesów, jak przelot Berlin–Wiedeń w 1912 r. (rys. 1.29). Był prosty w pilotażu, niezawodny i miał dobre własności lotne. Igo Etrich założył w Liebau, dzisiejszej Lubawce koło Kamiennej Góry, fabrykę i zaczął produkować samoloty Etrich-Taube dla armii austro-węgierskiej. Licencję kupiła również niemiecka firma Rumpler, a samolot budowało także wiele innych zakładów, dokonując różnych zmian i modyfikacji.

Samolot był na wyposażeniu armii austro-węgierskiej i niemieckiej (rys. 1.30). Brał udział w początkowej fazie pierwszej wojny światowej, mimo że był już wówczas przestarzały.

Dalszy żywiłowy rozwój lotnictwa silnikowego skierował się wprawdzie na inne tory, ale osiągnięcia w dziedzinie mięśniolotów, ornitopterów i lotni opierają się nadal głównie na badaniach z zakresu przyrody.

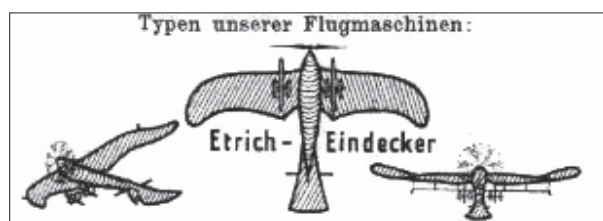
Powróćmy do stanu nauki i techniki na przełomie XIX i XX w. Wkrótce okazało się, że dalszy rozwój badań stwarza wprawdzie nowe perspektywy, ale jednocześnie powstają obszary pełne niewiadomych i wątpliwości. Jednocześnie rozwiązania techniczne nie były tak doskonałe, jak zakładano. Prawa przyrody okazały się bardziej skomplikowane, niż to sobie wyobrażano w przeszłości. Znaczenie przełomowe miały odkrycia z początku XX w. Zwarty i jednoznaczny system wiedzy o otaczającym człowieka świecie przeminął bezpowrotnie.



Rys. 1.28. Samolot Etrich-Taube

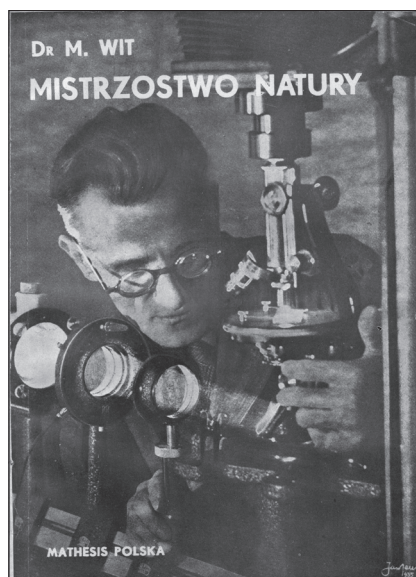


Rys. 1.29. Zwycięski przelot Berlin–Wiedeń na samolocie Etrich-Taube, 1912 r.



Rys. 1.30. Fragment austriackiej instrukcji i samolot Etrich-Taube na włoskim froncie, 1915 r.

W okresie międzywojennym, w 1936 r., ukazała się w Polsce nakładem wydawnictwa Mathesis Polska, książka pod znaczącym tytułem *Mistrzostwo natury* (rys. 1.31).



Rys. 1.31. Okładka książki *Mistrzostwo natury*

Autorem książki był dr M. Wit z Wilna. Napisana niezwykle sugestywnym językiem, jest właściwie komentarzem do zbioru doskonałych, jak na owe czasy, mikrofotografii przyrodniczych. Zaskakujący jest jednak tytuł pierwszego rozdziału, w którym dokonano porównań różnych narządów i tworów zwierzęcych oraz roślinnych z ich odpowiednikami technicznymi – *Natura uczy nas pokory*. To znamienne hasło jest motywem przewodnim współczesnej bioniki.

1.2. Powstanie i rozwój bioniki

Dynamiczny rozwój współczesnego przemysłu powoduje wzrost wymagań rynku, narzuca dążenie do wytwarzania nowych produktów, bardziej sprawnych, niezawodnych, tańszych i bardziej ekonomicznych. Czas użytkowania skraca się, nowe, lepsze produkty zastępują stare.

Coraz większe wymagania stawiane są rozwiązaniom konstrukcyjnym. Projektowanie maszyn i urządzeń staje się procesem bardzo złożonym, pracochłonnym i kosztownym.

Jednocześnie zamknięte dotychczas dyscypliny wiedzy zaczynają się wzajemnie przenikać. Powstają nowe interdyscyplinarne dziedziny. Dostarczają one zaskakujących możliwości rozwoju. Coraz wyraźniej uwidacznia się także doskonałość rozwiązań występujących w świecie istot żywych. W porównaniu z nimi osiągnięcia techniczne człowieka nie wydają się już tak wspaniałe.

Badania przyrodnicze stają się więc ponownie inspiracją dla nowych rozwiązań technicznych. W ten sposób powstała nowa dyscyplina – bionika.

Powstanie tej dyscypliny zapoczątkowało utworzenie w 1956 r. przez Johna Keto, kierownika Aeronautical System Division, zespołu, który podjął prace nad zbadaniem możliwości wykorzystania osiągnięć biologii w technice.

W rok później, w 1957 r., powstał komitet mający na celu zbadanie właściwości systemów biologicznych dotyczących przetwarzania sygnałów i informacji.

W 1958 r. major Jack Steele wprowadził na potrzeby nowej dyscypliny określenie *bionics*, wywodząc je z biologii (*bios* – życie, i *onics* – studium). Zgodnie z zaproponowaną przez niego definicją bionika była analizą sposobów i zasad, na podstawie których działają układy żywe i badaniem możliwości ich wykorzystania w technice.

W 1960 r. odbyło się pierwsze sympozjum poświęcone bionice.

Początkowo bionikę wiązano z cybernetyką – zgodnie z definicją Wienera, mówiącą, że cybernetyka ma za zadanie badanie zasad sterowania i regulacji u istot żywych i w maszynach.

Pojawiły się również próby ograniczenia bioniki do węższego obszaru badania funkcji mózgu. Była również propozycja G.S. Gudoszki, aby w badaniach bionicznych dążyć do wykrywania w układach biologicznych prawidłowości maszynowych lub technicznych. Wówczas celem byłby tylko praktycyzm techniczny.

Wymienić można kilka współczesnych definicji bioniki. Jedną z nich jest następująca:

Bionika jest wiedzą mającą na celu poznanie podstawowych zasad przyrody (konstrukcyjnych, technologicznych, formowania kształtów) oraz zastosowanie tych zasad i procesów w rozwiązywaniu problemów będących przedmiotem zainteresowania ludzkości.

Inna definicja ma postać:

Bionika zajmuje się systematycznie zastosowaniem i wprowadzaniem w technice rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i zasad rozwoju występujących w systemach biologicznych.

Kolejna definicja brzmi:

Zadaniem bioniki jest systematyczne badanie istot żywych w celu rozwiązywania technicznych, technologicznych i architektonicznych problemów.

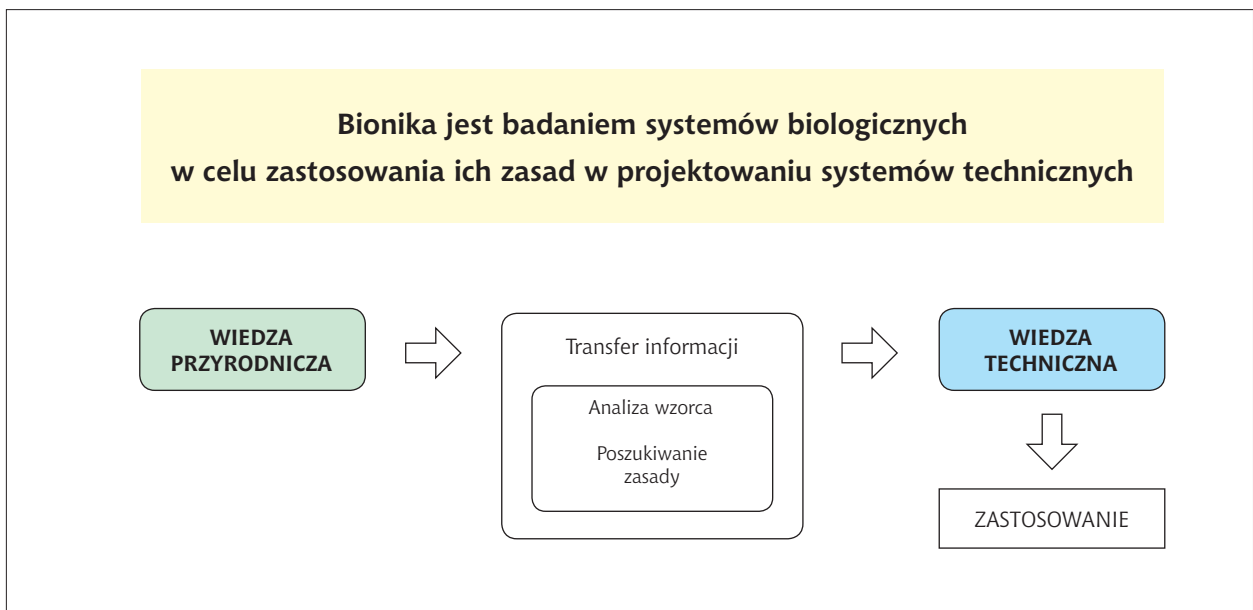
Najbardziej jednak syntetyczną definicję, a także zasadę badań bionicznych przedstawiono na rysunku 1.32.

W początkowym okresie zaznacza się najpierw skromny, a później ogarniający coraz to nowe obszary, rozwój bioniki, a także jej podział na bardziej wyspecjalizowane dziedziny.

Wyodrębnić można obecnie następujące podstawowe dziedziny bioniki:

Bionika ogólna – jej zadaniem jest prowadzenie badań w dziedzinie biologii, poznawcze badanie organizmów, ze zwróceniem uwagi na zawarte w systemach struktury i procesy, które mogą mieć znaczenie dla rozwiązywania zagadnień technicznych, konstrukcyjnych i technologicznych.

Bionika systematyczna – jej zadaniem jest systematyzacja wyników badań w dziedzinie bioniki w sposób umożliwiający porównanie cech rozwojowych i odpowiadający potrzebom praktycznym. Przygotowanie w sposób systematyczny struktur i procesów oraz informacje o nich mogą być wykorzystywane w technice.



Rys. 1.32. Definicja i podstawowe zadania bioniki

W związku z tym bionika systematyczna może być zróżnicowana na:

- **bionikę struktur**, zajmującą się wykorzystaniem form biologicznych makrostruktur, kształtów zewnętrznych organizmów, a także mikrostruktur, badaniem struktur komórkowych, tkanek i struktur różnych narządów do celów przemysłu i architektury;
- **bionikę receptorów**, zajmującą się gromadzeniem wiedzy o wysyłaniu, przetwarzaniu i odbiorze informacji przez organizmy i zastosowaniu jej do celów technicznych;
- **bionikę informatyczną**, zajmującą się zastosowaniem w technice wiedzy na temat odbioru, przetwarzania, magazynowania i przekazywania informacji przez organizmy;
- **bionikę energetyczną**, zajmującą się przemianami energii przez organizmy, w celu opracowania analogicznych rozwiązań w technice.

Bionika stosowana – jej zadaniem jest opracowanie na podstawie struktur i procesów oraz ich funkcjonalnych związków modeli i prototypów przydatnych do rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych.

Ten dokładny, a jednocześnie dość wcześnie stworzony podział bioniki nie jest obecnie tak ściśle przestrzegany. Niektórzy autorzy proponują bardzo ogólny podział, ze względu na charakter prowadzonych badań. I tak wyróżnić można następujące rodzaje badań:

- **Badania bioniczne w celach poznawczych.** Badacze nie wiedzą na początku swoich badań, dokąd ich wyniki mogą doprowadzić. Ważne jest tylko poznanie i opisanie leżących u podstaw badań zasad. Gdy zasady zostaną poznane, można rozpocząć rozeznanie, gdzie mogłyby one znaleźć zastosowanie. W wyniku doświadczeń w różnorodnych dziedzinach techniki mogą być one wówczas przekształcone w innowacyjną koncepcję. Takie postępowanie w badaniach bionicznych określone jest jako bionika abstrakcyjna (*bottom-up process*).
- **Badania bioniczne w ściśle określonym celu**, w których podstawowym zadaniem jest wyszukanie analogii. Znalezione wzorce są analizowane pod kątem możliwości rozwiązania danego problemu. Takie postępowanie w badaniach bionicznych określone jest jako bionika analogii (*top-down process*).

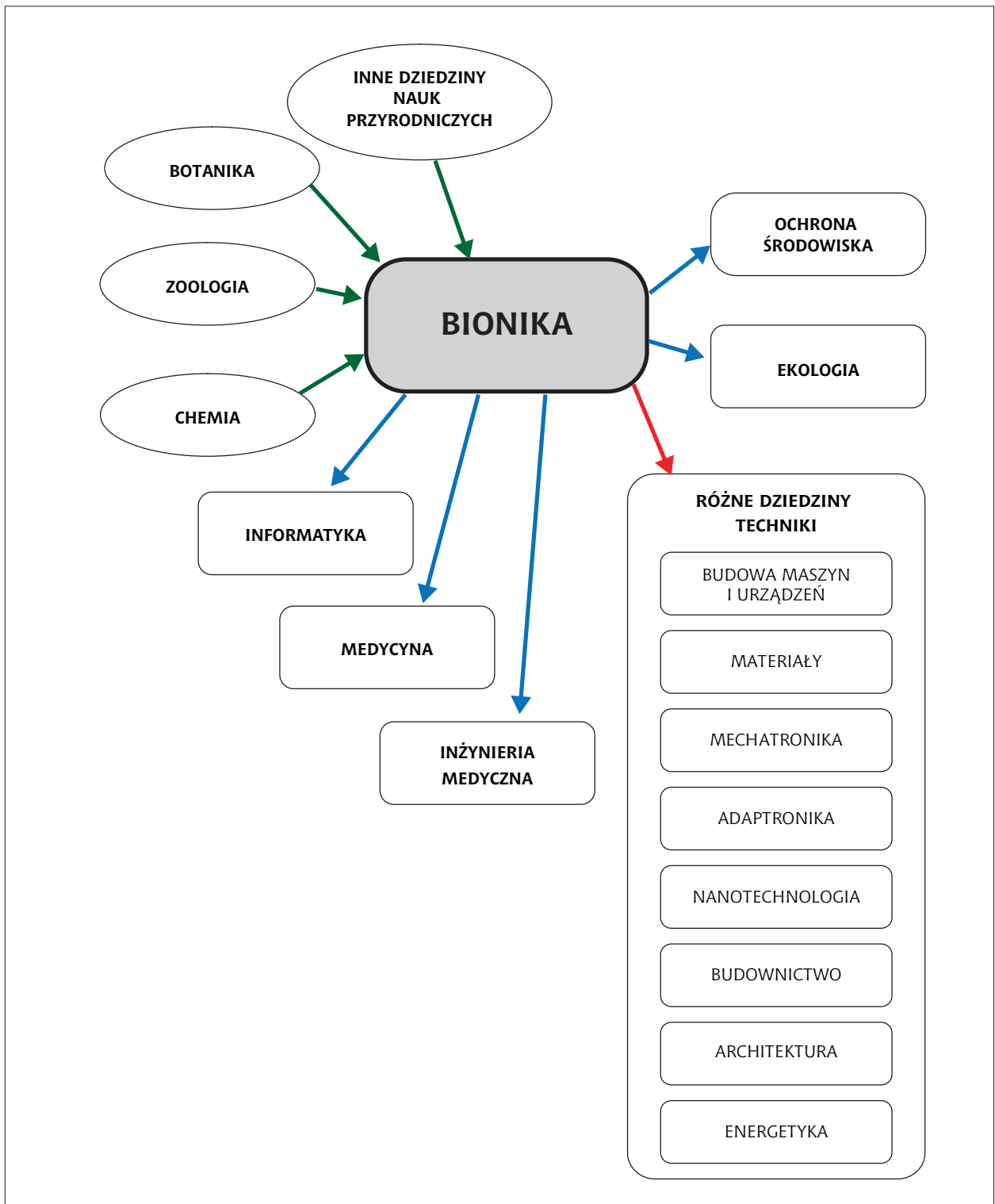
Bionika jest niekiedy dzielona na pewne poziomy lub kategorie w zależności od stopnia analogii pomiędzy wzorcem a rozwiązaniem technicznym. Wyróżnia się pięć takich kategorii:

- **Pełne naśladownictwo.** Obiekt techniczny pod względem strukturalnym, materiałowym i funkcjonalnym nie różni się od wzorca zaczerpniętego z przyrody. Takie było przykładowo pierwsze podejście do maszyn latających.
- **Naśladownictwo częściowe.** Obiekt techniczny jest zmodyfikowanym rozwiązaniem zaczerpniętego z przyrody wzorca. Przykładem może być sztuczne drewno.
- **Analogia pomiędzy obiektem naturalnym a technicznym** nie jest strukturalna, ale funkcjonalna. Jako przykład można przytoczyć mechanizację skrzydła.
- **Wykorzystanie wyodrębnionej struktury** jako rozwiązania abstrakcyjnego, np. zastosowanie włókien wzmacniających w materiałach wielowarstwowych.
- **Niezależna działalność** twórcza inspirowana analizą podobnych rozwiązań zaczerpniętych z natury. Przykładem są liczne rozwiązania w architekturze i budownictwie.

Bionika czerpie wiedzę z różnych dziedzin nauk przyrodniczych, w celu wykorzystania jej w różnorodnych obszarach technicznej działalności człowieka. Bardziej szczegółowo przedstawiono to na rysunku 1.33.

Podstawowe dziedziny nauk przyrodniczych, które są przedmiotem badań bionicznych, to zoologia oraz poszczególne jej działy, jak chociażby malakologia, entomologia, ichtiologia, ornitologia, herpetologia i wiele innych. Drugą obszerną dziedziną jest botanika, a zwłaszcza dendrologia. Bionika wykorzystuje również nauki chemiczne, zwłaszcza chemię organiczną. Prowadzone są także badania innych dziedzin nauk przyrodniczych, jak chociażby paleontologii.

Wyniki badań bionicznych znajdują dzisiaj zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach. Do najważniejszego obszaru zastosowań należą różne dziedziny techniki, głównie jednak budowa maszyn i urządzeń. Duże osiągnięcia ma również materiałoznawstwo, a takie dziedziny, jak adaptronika czy nanotechnologia, są z bioniką bardzo ściśle powiązane. Adaptronika ma zresztą w swoim założeniu wzorowanie się na systemach biologicznych.



Rys. 1.33. Dziedziny wiedzy, z których korzysta bionika, i dziedziny, które wykorzystują wyniki badań bionicznych

Coraz silniejszą więź z bioniką wykazuje budownictwo, zwłaszcza w zakresie elementów konstrukcji, szczególnie zaś architektura, uzyskując niezwykle interesujące powiązania funkcji z formą

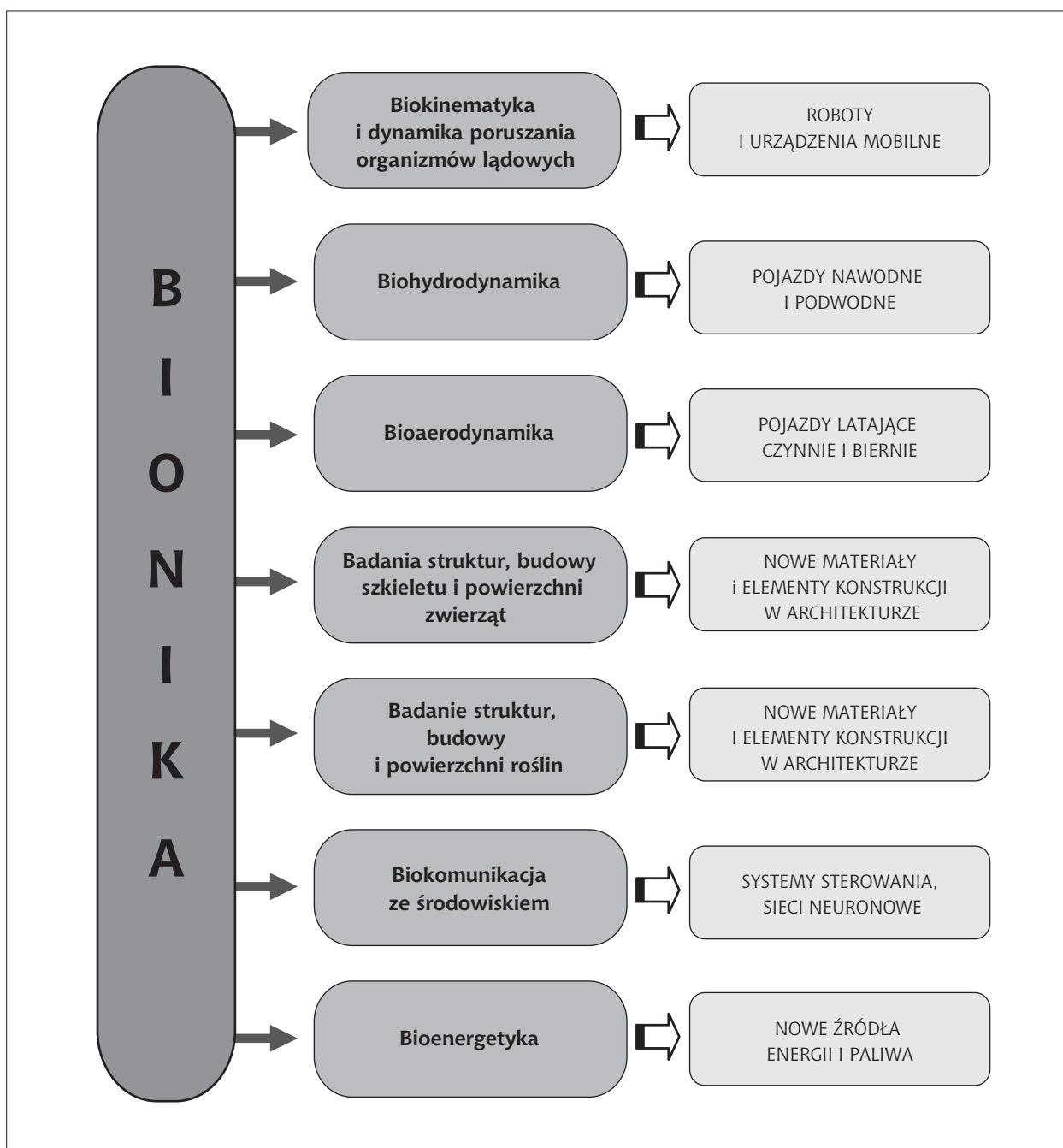
w swoich rozwiązaniach konstrukcyjnych. Wreszcie rozwiązania techniczne z wykorzystaniem bioniki mają korzystny wpływ na ochronę środowiska i ekologię.

Na rysunku 1.34 przedstawiono z kolei bardziej szczegółowo najważniejsze obszary badań bionicznych i będące ich wynikiem rozwiązania urządzeń i zagadnień technicznych.

Do takich obszarów techniki należą:

- **Badania i budowa układów poruszających się po stałym podłożu i pływających.** Dotyczą one robotów i urządzeń mobilnych przeznaczonych do różnych zadań specjalnych i inspekcji otoczenia. Mogą to być roboty poru-

szające się po podłożu o zmiennej konfiguracji i stałości, roboty poruszające się w ograniczonej przestrzeni, jak np. rurociągi. Specjalną dziedzinę tworzą badania nad zachowaniem się ryb i ssaków morskich. Biohydrodynamika pozwala na polepszenie konstrukcji jednostek pływających, zwłaszcza okrętów podwodnych, a także stwarza możliwości zupełnie nowych rozwiązań w dziedzinie obiektów poruszających się w środowisku wodnym.



Rys. 1.34. Obszary badań i dziedziny, w których bionika ma znaczące osiągnięcia

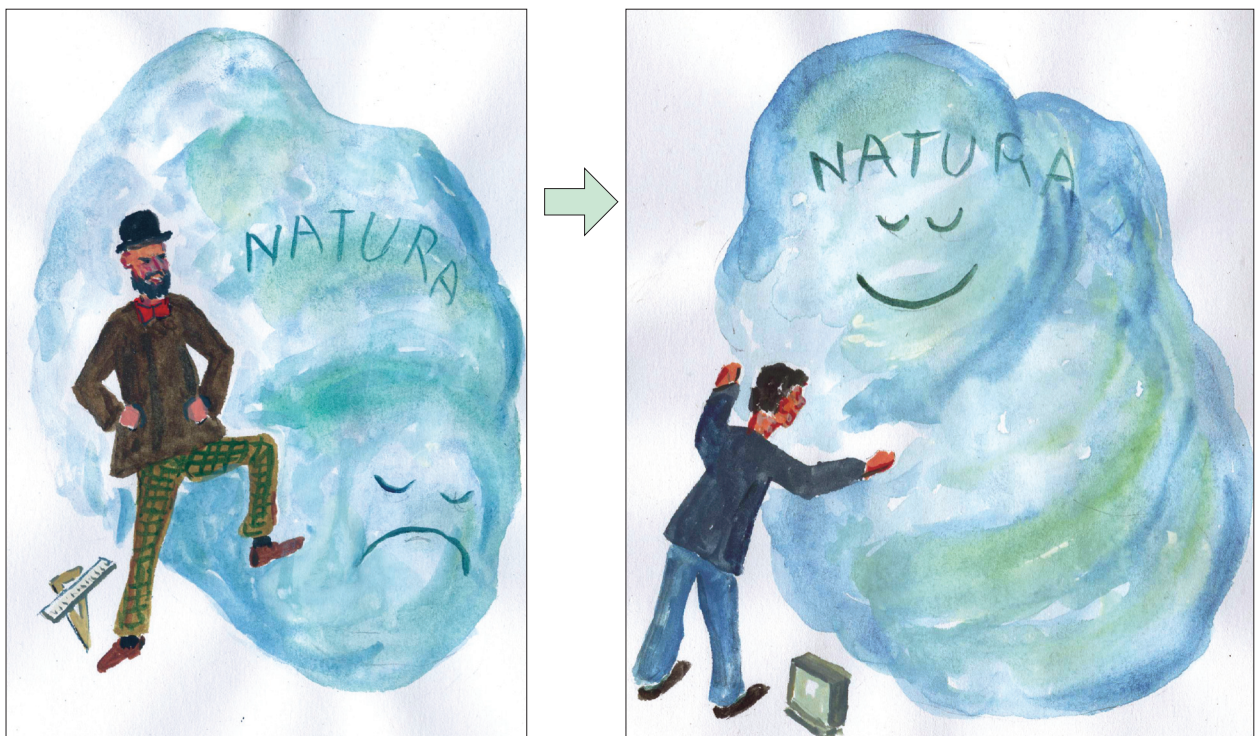
Badania bioniczne mają również duży wpływ na konstrukcję podwodnych urządzeń badawczych, batyskafów. W konstruowaniu robotów przemysłowych, stałych i mobilnych bionika dostarcza nowych rozwiązań układów kinematycznych i chwytaków o większych możliwościach funkcjonalnych.

- **Badania i budowa układów latających czynnie i biernie.** Niezależnie od dotychczasowego rozwoju konstrukcji lotniczych badania w zakresie bioaerodynamiki, badania nad lotem ptaków, owadów, a także próby odtworzenia sposobu latania kopalnych gadów latających stwarzają możliwości nowych rozwiązań. Dotyczą one głównie budowy mięśniolotów, ornitopterów, lecz także stosowane są w formie ulepszeń dotychczasowych rozwiązań, takich jak zwiększenie mechanizacji skrzydła czy stabilizatory lotu. W wyniku badań bionicznych nastąpił także duży rozwój urządzeń latających biernie: paralołtni, latających skrzydeł i innych.
- **Badania i wykorzystanie nowych materiałów.** Badania tkanek, zwłaszcza szkieletów zewnętrznych bezkręgowców, wskazały rozwią-

zania wykorzystywane do tworzenia materiałów wzmacnianych włóknami, materiałów wielowarstwowych, materiałów z wypełniaczami.

- **Badania systemów odbioru i przetwarzania przez organizmy bodźców i sygnałów środowiska.** Pozwalają na budowę nowych, bardziej wielofunkcyjnych systemów przetwarzania informacji. Zwłaszcza badania nad mózgiem stworzyły nowe możliwości w postaci sieci neuropodobnych.
- **Badania nad formami zwierząt i roślin.** Stały się one dla architektury inspiracją do nowych, śmiałych rozwiązań w konstruowaniu budynków mieszkalnych, hal targowych i ekspozycyjnych, jak również funkcjonalnych form przemysłowych.

Badania z zakresu bioniki wymagają jednak specyficznych metod i z reguły narzucają konieczność współpracy specjalistów z różnych dziedzin. W tym zakresie bionika jest również innowacyjną dziedziną, w której osiągnięciach uczestniczą naukowcy zajmujący się nieraz bardzo odległymi obszarami wiedzy. Podkreślić również należy ścisły związek bioniki z wynalazczością i projektowaniem twórczym.



Rys. 1.35. Nowa filozofia przyrody

Badaniami z zakresu bioniki interesują się specjaliści z dziedzin technicznych, mechaniki, budowy maszyn i urządzeń, materiałoznawstwa, robotyki, cybernetyki, wykorzystując je do celów technicznych.

Bionika jest także obszarem badań przyrodniczych zoologów oraz botaników. Zamiast podstawowych dotąd metod opisowych zaczyna się pojawiać analiza funkcjonalna badanych obiektów świata przyrody. Rozpatrywanie organizmu jako systemu biologicznego, a także tworzenie modeli zbliża przyrodników do podejścia inżynierskiego.

Powstanie bioniki prowadzi do zasadniczych zmian dotychczasowego stosunku człowieka do przyrody. Powstała bowiem pomiędzy człowiekiem a przyrodą relacja o niewystępującym dotąd charakterze. Wywodzące się z przeszłości poglądy o człowieku będącym władcą i panem natury ulegają zasadniczym zmianom. **Współczesny człowiek, a szczególnie inżynier**, zamiast zdobywać przyrodę, bezwzględnie eksploatować jej zasoby i niszczyć struktury, **zaczyna dostrzegać w przyrodzie mistrza i wzorce nieosiągalnie doskonałych rozwiązań technicznych** (rys. 1.35). Takie jest nowe stanowisko w filozofii przyrody.

Wybór literatury

1. Brickwedde F., Erb R., Lefèvre J., Schwake M.: *Bionik und Nachhaltigkeit-lernen von der Natur*, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2007.
2. Gates P.: *Wynalazki przyrody*, Oficyna Wydawnicza MAK, Diepholz 1996.
3. Greguss F.: *Patente der Natur*, Verlag Neues Leben, Berlin 1976.
4. Heynert H.: *Bionika ogólna*, Biblioteka Problemów, PWN, Warszawa 1975.
5. Mutschler H.D.: *Wprowadzenie do filozofii przyrody*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2005.
6. Nachtigall W.: *Natura matką wynalazków*, Wydawnictwo Debit, Bielsko-Biała 2002.
7. Nachtigall W.: *Bionik Lernen von der Natur*, C.H. Beck, München 2008.
8. Rossmann T., Tropea C.: *Bionik, Aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaft*, Springer Verlag, Berlin 2005.
9. Samek A.: *Bionika – nauki przyrodnicze i technika*. „Przegląd Zoologiczny” 2000, t. XLIV, nr 1–2, Wrocław.
10. Simons D., Withington T.: *Historia lotnictwa*, Parragon Books Ltd., Wydawnictwo Firma Księgarska f-k, Ożarów Mazowiecki 2007.
11. *Tajemnice natury – encyklopedia przyrodnicza*, MUZA, Warszawa 1998.
12. Vezzosi A.: *Leonardo da Vinci genialny wizjoner*, Wydawnictwo G+J, Warszawa 2002.