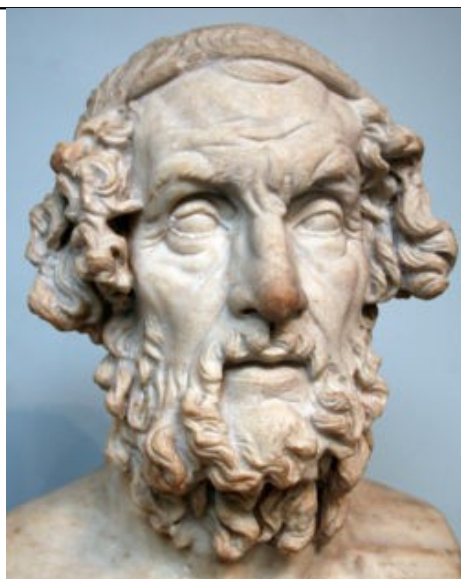


ROZWÓJ AUTOMATYKI NA PRZESTRZENI WIEKÓW

(Temat opracowany dla uczniów **Zespołu Szkół Technicznych im. Wincentego Pola w Gorlicach**
przez mgr inż. Iwonę Kaczmarczyk)

Od najdawniejszych czasów ludzie dążyli do ułatwiania sobie życia i wymyślali urządzenia o samoczynnym działaniu. Prapoczątków idei automatyzacji można się dopatrywać w stosowaniu przez ludy łowieckie różnego rodzaju pułapek działających na podobnych zasadach jak łapki na myszy i umożliwiających zdobywanie pożywienia. Również w gospodarstwach domowych człowiek szukał rozwiązań ułatwiających wykonywanie codziennych obowiązków. I tak np. od wielu wieków w niektórych rejonach Europy stosowano bardzo pomysłowe „urządzenie” wykorzystujące energię ruchu ... krowiego ogona! Sznurek jednym końcem przywiązywano do ogona krowy stojącej w obórce, a drugi koniec wiązano do dziecięcej kołyski znajdującej w przyległej izbie. Nie był to automat we współczesnym rozumieniu, nie mniej jednak świadczył o pomysłowości człowieka. [1]

Motyw automatu pojawia się także w jednym z najwcześniejszych dzieł literackich – w powstałej przed wiekami „*Iliadzie*”, opisującej dzieje wojny trojańskiej. Grecki poeta **Homer** opowiada w niej o samodzielnie poruszających się maszynach, wyposażonych w zmysły i mowę, będących dziełem boga ognia i kowalstwa Hefajstosa. Hefajstos skonstruował mechaniczne służebne, obdarzone inteligencją i głosem, które pomagały kulawemu Hefajstosowi poruszać się.



Fot. 1. „Popiersie Homera
znajdujące się
w Muzeum Brytyjskim

Czy wiesz, że ...

Homer [10] – grecki poeta żył w VIII p.n.e. Tradycja starożytna przypisywała mu autorstwo „*Iliady*” i „*Odysei*” - dwóch eposów rozpoczynających historię literatury europejskiej, a napisanych na podstawie istniejących wcześniej pieśni o wojnie trojańskiej. Według legendy Homer był ślepym śpiewakiem wędrownym.

*„Dwa posagi w kształcie dwóch dziewcz zrobione
Krok niepewny swym krokiem podpierały:
I ruch, i krok, i rozum bogi im nadały
I przemysł, najcudniejsze dzieła robić zdolny.
Idą, pilnie zważając na pana krok wolny”*

(Przekład fragmentu „*Iliady*” z 1801 r.
Franciszka Ksawerego

Dmochowskiego)

Hefajstos posiadał również trójnożne stoły, które stały na złotych kółkach, a w miarę potrzeby, podjeżdżały do boskich gości, aby mogli przy nich jeść, a po posiłku, ku zdumieniu obecnych, same wracały na swoje poprzednie miejsca.[2] Czyżby więc „*Iliadę*” można było potraktować jako pierwszą jaskółkę powieści science fiction? (wymawiaj: sajens fikszn) [1]

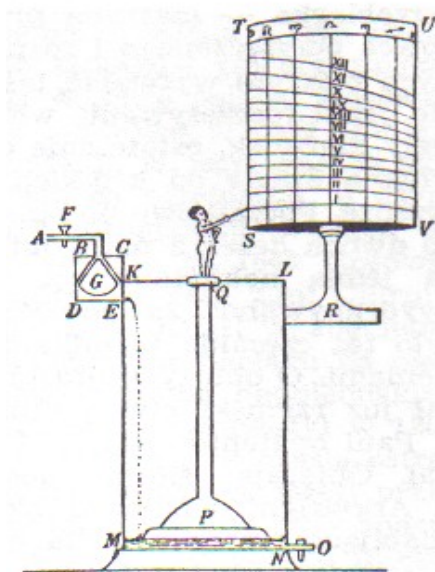
Ojczyzną prawdziwych automatów była starożytna Grecja. Stąd też pochodzi ich nazwa, bowiem po grecku **automatos** znaczy **samoczynny**. Pierwsze automaty miały niewiele wspólnego ze współczesnymi automatami, robotami, serwomechanizmami, systemami automatyzacji kompleksowej i komputerami, które samoczynnie **sterują, regulują i kontrolują** różne procesy i operacje w przemyśle, komunikacji, transporcie, zarządzaniu, usługach, badaniach naukowych i nauczaniu, wyręczając człowieka w pracy fizycznej, umysłowej, i sprowadzając jego rolę do ogólnego nadzoru. Niektóre z nich miały charakter użytkowy, ale w większości były tak pomyślane, aby bawić i zadziwiać w czasie pokazów i w ceremoniach magiczno - religijnych.

Najstarsza wzmianka o „wiecznej lampce” pochodzi z V wieku p.n.e. Grek Pausaniasz opisuje, że w ateńskim Erechtejonie (świątyni poświęconej królowi Aten Erechtonowi, Atenie Pallas i Posejdonowi) pali się automatyczna lampa olejowa, którą skonstruował architekt **Kallimachos**. W lampie tej, wykonanej ze złota, uzupełniany był w sposób automatyczny knot, a każdorazowe napełnienie lampy olejem wystarczało na roczne palenie się lampy (lampa ta działała przez pięć wieków!).

Najdawniejszy automat, o znanej zasadzie działania, został zbudowany w III wieku p.n.e. przez **Ktesibiosa** z Aleksandrii i zastosowany do regulacji przepływu wody w bardzo dokładnym i skomplikowanym zegarze wodnym.

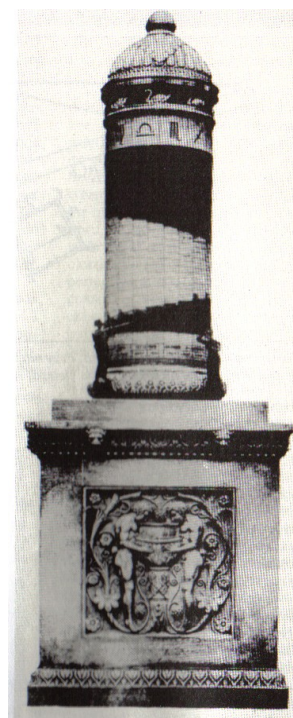
Precyzyjne działanie tego zegara zależało od wytworzenia stałego ciśnienia i prędkości przepływu wody. W tym celu Ktesibios przepuścił wodę przez regulator przepływu – był to **pierwszy samoczynny regulator w dziejach**.

Pływak G tego regulatora miał za zadanie utrzymywać stały poziom wody w zbiorniczku BCDE poprzez odpowiednie regulowanie jej wpływu przez przewód A (np. jeśli ilość wody w zbiorniczku zwiększała się, to pływak unosił się ku górze i przymykał jej dopływ).



Fot.2. Rysunek przedstawiający zasadę działania zegara Ktesibiosa
151

Utrzymanie stałego poziomu wody w pierwszym zbiorniczku zapewniało równomierne jej wpływanie do naczynia, w którym znajdował się pływak P i precyzyjne jego unoszenie wraz z umieszczoną na jego końcu figurką. Figurka ta wskazywała mijające godziny zaznaczone wzdłuż linii pionowej na kolumnie STUV. Na kolumnie tej, o wysokości 1,25 m, naniesione były godziny, które miały ówczesznie różną „długość” w zależności od pory roku. Po pionowym przejściu przez figurkę całej doby, otwierał się automatycznie zawór w rurce pływaka, woda odpływała, pływak opadał i powodował obrót kolumny o jeden dzień (za pomocą specjalnego mechanizmu zębatego).



Fot.3. Zegar wodny Ktesibiosa należący do zbiorów Muzeum w Monachium – jego rekonstrukcja
181

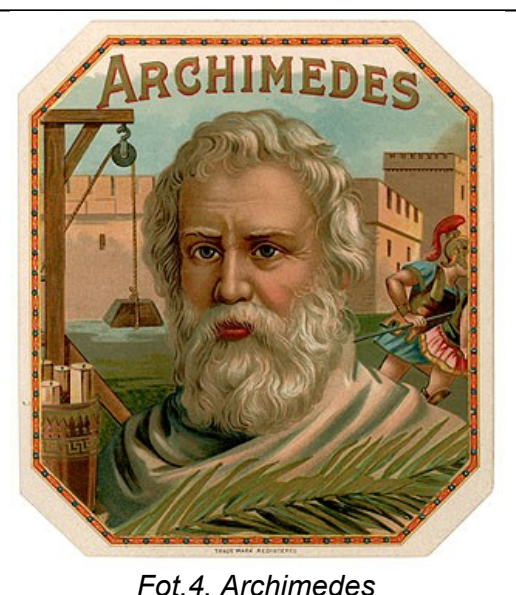
W czasie konstruowania zegara Ktesibios musiał pokonać dodatkową trudność, ponieważ w jego czasach doba była wprawdzie dzielona na 24 godziny, ale godziny dnia i godziny nocy miały różny czasokres. Dzień trwał od wschodu do zachodu słońca (?) i był dzielony na 12 godzin, a nocy przypisany był pozostały czas dobowy i dzielony również na 12 godzin. Ponadto Ktesibios wyposażył swój zegar wodny w rozmałą dźwiękową (dzwonki, śpiewające ptaki) i wizualną sygnalizację upływu godzin (ruszające się lalki, rzeźba kobiety, z której oczu wypływały łzy, wąż wysuwający język wraz z rozpoczynającym się dniem), które były uruchamiane za pomocą skomplikowanego mechanizmu, złożonego m.in. z kół zębatych. 151. 171, 181

Czy wiesz, że ...

Ktesibios, żyjący w III wieku p.n.e., był synem cyrulika i swoją karierę wynalazcy rozpoczął od wymyślenia specjalnego urządzenia do ustawiania luster w salonie swego ojca. W późniejszych latach obmyślił wiele nowych mechanizmów, wśród których oprócz zegarów wodnych znalazły się: działko pneumatyczne, pompa ssąco-tłocząca stosowana jako sikawka strażacka, organy wodne, pierwszy na świecie instrument klawiszowy, grający róg obfitości do rzeźby królowej, żony Ptolemeusza II. Wprawdzie jego książka zawierająca opisy różnych mechanicznych wynalazków i eksperymentów zaginęła, ale informacje o nich przekazali autorzy późniejszych prac.

Literackie automatyczne twory Hefajstosa były fikcją, ale być może stanowiły one inspirację dla starożytnych inżynierów żyjących w intelektualnym środowisku hellenistycznej Aleksandrii, będącej w ówczesnych czasach światowym centrum nauk przyrodniczych, matematycznych, mechanicznych, astronomicznych i medycznych.

Śledząc historię automatyki natrafiamy na kolejnego, zafascynowanego automatami, wielkiego wynalazcę z Aleksandrii – **Herona**. Pracując w Egipcie był on dziedzicem nie tylko genialnych greckich inżynierów, takich jak Archimedes czy Ktesibios, ale również tradycji egipskiej. Od ponad dwóch tysięcy lat Egipcjanie wytwarzali proste zabawki mechaniczne oraz aranżowali „cuda” w świątyniach, takie jak posągi z kiwającymi głowami i ukrytymi „mówiącymi tubami”, dzięki czemu wierni odnosili wrażenie, że słyszą głos boga, a kapłani wzmacniali swój autorytet i prestiż.



Czy wiesz, że ...

Archimedes urodzony w 287 roku p.n.e. w Syrakuzach na Sycylii (wówczas jednej z głównych kolonii greckich) – to najznakomitszy przedstawiciel techniki helleńskiej; genialny matematyk, fizyk i wynalazca, twórca statyki i hydrostatyki. Jako pierwszy podał przybliżoną wartość liczby π . Swoje naukowe wykształcenie zdobył w Aleksandrii pod kierunkiem Kanona z Samos, a następnie powrócił do Syrakuzów, gdzie pracował na dworze króla Hierona. Do dziś znany jest jako ten, który na rozkaz tyrana musiał wykazać, czy nowo wykonana korona została zrobiona z czystego złota. Problem ten rozwiązał wyznaczając ciężar metodą pozornej straty ciężaru w wodzie.

Legenda głosi, że Archimedes długo myślał nad tym zadaniem, szukając metody pozwalającej na takie sprawdzenie korony, w czasie którego nie uległaby ona zniszczeniu. Siedząc kiedyś w wannie zauważył, że ciała zanurzone w cieczy wydają się lżejsze. W tym momencie przyszło nań ośnienie. Z okrzykiem: *heureka!* (znalazłem!) Archimedes ponoć wyskoczył z wanny i w stroju mocno niekompletnym pobiegł przez miasto do swego króla, aby mu zakomunikować o rozwiązaniu problemu. Tak to dzięki zadaniu króla Hierona Archimedes odkrył ważne prawo, zwane dziś prawem Archimedesesa, które stanowi podstawę teorii pływania ciał.

A taką oto historyjkę związaną z prawem Archimedesesa opisuje J.J Herlinger w książce „Niezwykłe perypetie odkryć i wynalazków”:

...”Kiedyś jednemu z moich młodocianych przyjaciół zadano na lekcji fizyki takie oto pytanie:

- Dlaczego właściwie Archimedes wyskoczył z tej wanny i z ciałem namaszczone oliwą i twarzą umazaną popiołem wybiegł nago na miasto, wykrzykując: „Heureka! Heureka!”?

Na to chłopiec odparł natychmiast, nie mrugnawszy nawet powieką:

- Ponieważ w czasach Archimedesesa nie znano jeszcze mydła.”

Archimedes opracował również prawa rządzące działaniem dźwigni i krążka. Od jego imienia jedną ze spiral nazwano *spiralą Archimedesesa*. Plutarch z Cheronei grecki biograf i filozof, żyjący w latach 45 – 120 lub 125 p.n.e., tak opisuje pewne zdarzenie: „I oto Archimedes, który był krewnym przyjaciela króla Hierona, napisał do niego, że jest możliwe ograniczoną siłą poruszyć każdy ciężar. Oświadczył, że gdyby istniała druga kula ziemiska i dostałby się na nią, mógłby poruszyć tę obecną. Hieron był zdziwiony i prosił go, aby pokazał mu wielki ciężar poruszony przez nieznaczną siłę. Archimedes wziął więc trzymasztowy statek handlowy z floty królewskiej, który zwykle wciągano na brzeg z wielkim wysiłkiem wielu ludzi, i po załadowaniu statku wieloma pasażerami i normalnym ładunkiem, siadł w pewnej odległości, i bez większego wysiłku, spokojnie wprawiając ręką w ruch system wielokrążków, pociągnął statek ku sobie łagodnie i równo, jakby ten ślizgał się po wodzie. Zdziwiony tym i zdając sobie sprawę z jego umiejętności, król nakłonił Archimedesesa do przygotowania maszyn wojennych używanych w walkach oblężniczych”.

Na zlecenie króla Archimedes opracował liczne, nowatorskie i bardzo skuteczne urządzenia wojenne, jak np. miotacze, czy dźwigi do podnoszenia i niszczenia przybliżających się do brzegu nieprzyjacielskich statków. Niektóre źródła wspominają również, że za pomocą układu wklęsłych zwierciadeł spalił on flotę rzymską podczas oblegania Syrakuz.

W 212 roku p.n.e. Archimedes sam stał się ofiarą wojny. Wojska rzymskie pod wodzą Marcellusa napotkawszy na zacięty opór Greków, uzbrojonych w niezwykle skuteczne maszyny wojenne wymyślone przez Archimedesesa, dzięki podstępowi zdobyły wreszcie miasto. Archimedes został zabity przez rzymskiego legionistę, gdy mu zwrócił uwagę, aby ten nie deptał figur geometrycznych narysowanych na piasku, nad którymi właśnie pracował. Marcellus kazał pochować Archimedesesa z honorami i zgodnie z jego wolą wyryć na kamieniu nagrobnym cylinder zawierający kulę - na znak, że zmarły był wielkim matematykiem.



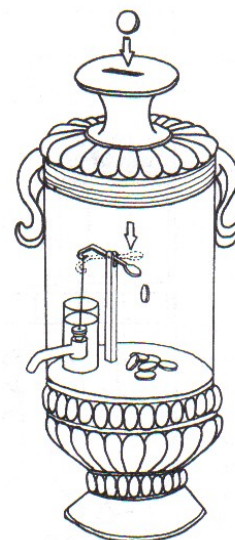
Fot.5. Archimedes przedstawiony na rzymskiej mozaice

Heron żyjący w I wieku n.e. opisał i wykonał wiele sprytnych urządzeń i gadżetów. Wśród nich znajduje się automat na monety przeznaczony do świątyń.

Do automatu tego wierny wrzucał monetę z brązu o wartości pięciu drachm i otrzymywał niewielką ilość wody do rytualnego obmycia twarzy i rąk przed wejściem do świątyni. Wieczorem kapłan opróżniał maszynę z monet.

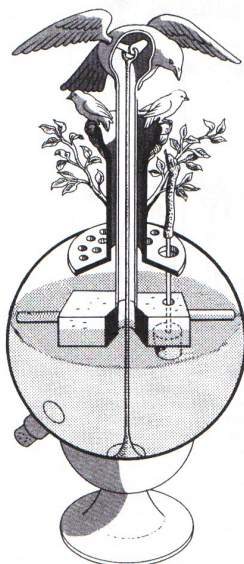
Automat ten działał następująco: moneta spadała na niewielką tacę doczepioną do końca beleczki znajdującej się w równowadze. Pod ciężarem monety koniec belki opadał, a drugi wznosił się, otwierając zawór i umożliwiając wypływ wody.

Jest możliwe, że projektując to pomysłowe urządzenie Heron wzorował się na automacie zaprojektowanym trzysta lat wcześniej przez Filona z Bizancjum, które miało służyć gościom na przyjęciach do obmywania rąk. W automacie Filona ponad kranem znajdowała się rzeźbiona dłoń trzymająca kulkę z pumeksu. Gdy gość brał pumeks, aby starannie wyszorować ręce przed jedzeniem, ręka znikwała w środku urządzenia, a z kranu lała się woda. Po pewnym czasie woda przestawała płynąć, a z urządzenia wyłaniała się ręka ze świeżym kawałkiem pumeksu – dla kolejnego gościa. Niestety Filon nie podał szczegółowego opisu działania tego mechanicznego cudeńka, ale zapewne opierało się ono na tych samych zasadach, jakie wykorzystał Heron w swym automacie na monety. 171



Fot. 6. Automat Hierona wydzielający porcje wody 171

Opisane dwa automaty – Herona z Aleksandrii i Filona z Bizancjum przywodzą nam na myśl automaty, z których chętnie korzystamy obecnie kupując w nich kawę, coca – colę, czy inne napoje. Zasada ich działania jest nieco bardziej skomplikowana, ale przeznaczenie jakże podobne. Od tamtych wynalazków przeminęły wieki, ale ludzie nadal lubią być zaskakiwani różnego rodzaju nowościami technicznymi, a zwłaszcza takimi, które ułatwiają życie codzienne.



Fot. 7. Naczynie na wino – dzieło Filona z Bizancjum 171

Czy wiesz, że ...

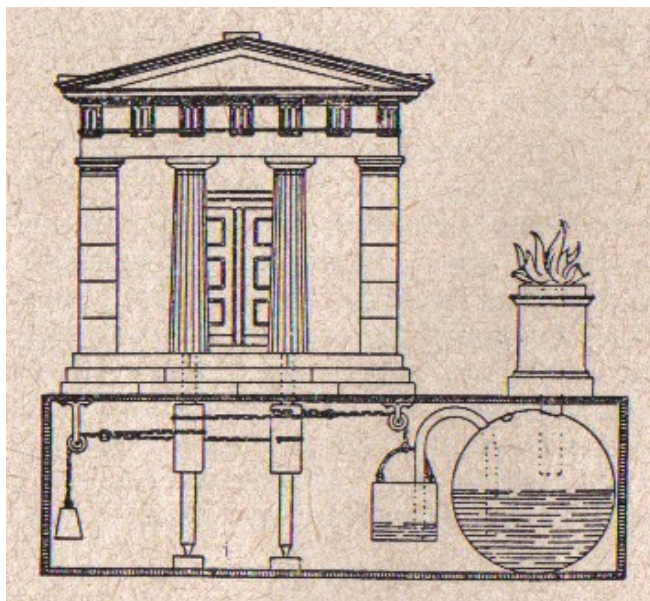
Do naszych czasów przetrwał opis uroczego gadżetu skonstruowanego w III wieku p.n.e. przez Filona. Było nim naczynie na wodę lub wino.

Do dziurkowanej pokrywki naczynia przylutowana była rurka w kształcie drzewa wraz z gniazdem i pisklętami. Wewnątrz tej rurki znajdowała się druga rurka, domocowana do pływaka spoczywającego na podpórce. Na końcu tej rurki siedziała matka piskląt. Przez rurkę przechodził drut, łączący dno naczynia ze skrzydłami matki. Do mniejszego, swobodnie przemieszczającego się ruchem pionowym pływaka, domocowany był wąż.

Gdy do naczynia dolewano wino lub wodę, pławak unosił węża i zbliżał się on do piskląt w gnieździe. Dalsze dolewanie płynu powodowało unoszenie się także większego pływaka. Wraz z nim przesuwano się ku górze rurka z korpusem ptaka. Wówczas boki ptaka naciskały na jego skrzydła i unosiły ku górze – matka rozkładała szeroko skrzydła, aby odstraszyć węża.

Gdy wino (wodę) nalewano do kieliszków przez otwór w dolnej części naczynia, pływaki opadały – wąż uciekał, matka składała skrzydła i spokojnie pilnowała swoich piskląt.

A wracając do **Herona**, to wykorzystując stosunkowo proste zasady mechaniczne, obmyślił on sposób, aby drzwi świątyni otwierały się lub zamykały same (niektórzy badacze tego okresu uważają, że była to metalowa zabawka, a ściślej drzwi teatrzyku marionetek).



Fot. 8. Automat Herona otwierający drzwiczki teatrzyku marionetek 1111

Malowniczy opis działania tego automatu znajdujemy m.in. w książce J. Herlingera (poz. 131):

...”Oto przed nami wspaniała świątynia, której potężne mury wznoszą się pod niebiosami. Przed równie potężną bramą zebrał się tłum „wiernych”, którzy pragną dostać się do środka. Ale wrota są zamknięte. Tłum czeka pokornie, aż nagle przed świątynią pojawia się kapłan w długiej powłóczystej szacie. W skupieniu podchodzi do kamiennego ołtarza i rozpala na nim niewielki płomień. Mija kilka chwil i oto ... brama powoli i niesłyszalnie uchyla się, potężne jej skrzydła odsuwają się na boki, wpuszczając oszołomionych „wiernych” do wnętrza.

Cud?

Nie – automat.

Najprawdziwszy automat, a wszystko to – przypominam – dzieje się w czasach, kiedy nie znano jeszcze elektryczności, elektroniki, telemekhaniki, fotokomórki, cybernetyki i innych dziedzin nauki, do których przywykliśmy w naszych czasach. A jednak brama została otwarta przez prawdziwy automat..

Jeżeli przyjrzyjecie się temu rysunkowi, zrozumiecie zasadę działania owego urządzenia. Ogrzana woda przelewa się z okrągłego zbiornika do naczynia poprzez rurkę zakrzywioną w kształcie litery „U”. Naczynie staje się cięższe i pociąga za sobą linkę, której mechanizm działania nie wymaga już żadnych komentarzy.

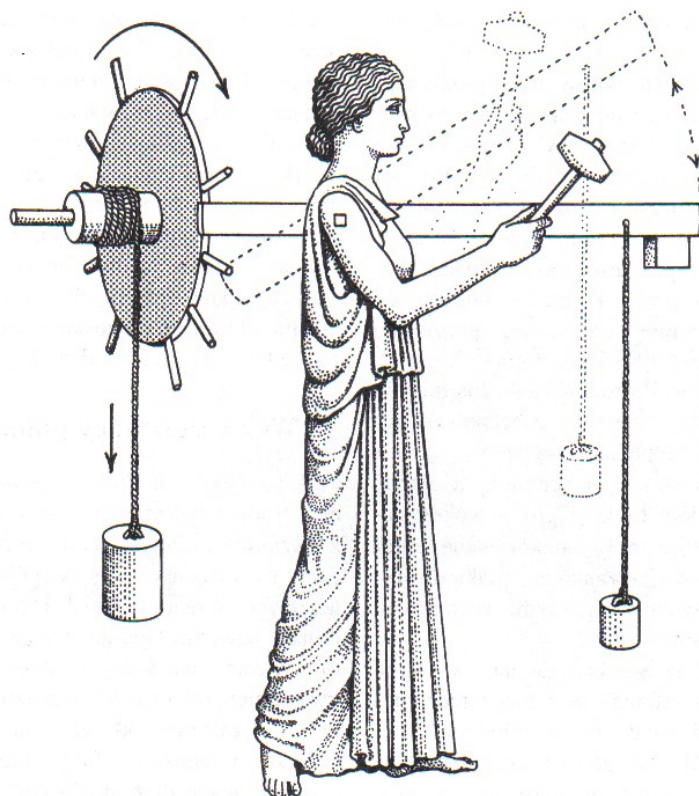
Proste? Oczywiście. Ale wyobraźcie sobie, że żyjecie w owej odległej epoce i nie macie najmniejszego nawet pojęcia o cudach nauki i techniki, które będą czymś zupełnie powszednim w wieku XX. Czy takie samoczynnie otwierające się drzwi, a raczej otwierające się jakoby „na rozkaz nieba”, nie zrobią na Was wstrząsającego wrażenia? Na pewno tak. I na pewno chętnie uwierzycie we wszechmoc bóstwa, któremu poświęcona jest świątynia. A skoro tak, nie omieszkacie podejść do stojącego nie opodal naczynia ze „święconą” wodą. Nie, nie – nie oczekujcie, że będziecie mogli zanurzyć w nim dłoń. „Pieniądze z góry!” – ta zasada obowiązywała już na wiele wieków przed nami. Wrzucacie więc do otworu monetę, i oto znów kolejny cud – bóstwo wydziela wam trochę święconej wody.” ...

171 ...”Kolejna niespodzianka czekała widzów, gdy kapłan gasił ogień. Wskutek nagłego ochłodzenia powietrza w kuli woda była wysana do kuli. Gdy wiadro zostało już opróżnione, wznosiło się do góry, cały system bloków działał w odwrotny sposób i drzwi się uroczyście zamykały.

Inne urządzenie opisane w pracach Herona sprawiało, że gdy otwierały się drzwi świątyni, automatycznie grała trąbka. Była to kombinacja muzycznego dzwonka do drzwi i systemu alarmowego.

Nie ma specjalnych wątpliwości, że automatyczne drzwi otwierane przez Herona były faktycznie stosowane w egipskich świątyniach, a może również gdzie indziej w świecie grecko-rzymskim. Sam Heron wspomina o projekcie innych inżynierów: Niektórzy zamiast wody stosują rtęć, gdyż jest ona cięższa od wody i łatwo ulega rozszczepieniu przez ogień”. Trudno powiedzieć, co Heron miał na myśli używając greckiego słowa tłumaczonego jako „rozszczenie”, ale zastąpienie wody rtęcią w maszynie takiej, jak sam zaprojektował, z pewnością zwiększyłoby jej sprawność” ...

Do naszych czasów przetrwał też opis Herona o działaniu jego miniaturowych teatrzyków automatycznych, w których rozmaite urządzenia i figurki poruszały się samodzielnie - całe przedstawienie było odpowiednio zaprogramowane. Jednym z takich przedstawień była sztuka „Nauplios” opowiadająca historię o tragicznych wydarzeniach, jakie miały miejsce po wojnie trojańskiej.



Fot.9. Mechanizm zastosowany przez Herona w automatycznym teatrze przy sztuce „Nauplios”, dzięki któremu nimfa waliła młotkiem. Ciężarek dołączony do dużego koła wprowadzał je w ruch, a kolejne kołki na obrzeżu koła naciskały na koniec dźwigni. Drugi koniec, do którego dołączone było ramie z młotkiem, unosił się do góry. Gdy młotek minął koniec dźwigni, młot gwałtownie opadał.¹⁷¹

I

W książce (poz.171) czytamy:

...”Syn króla Naupliosa został fałszywie oskarżony o zdradę przez swego towarzysza broni Ajaksa i ukamienowany. Nauplios, przy pomocy bogini Ateny, zaplanował zemstę.

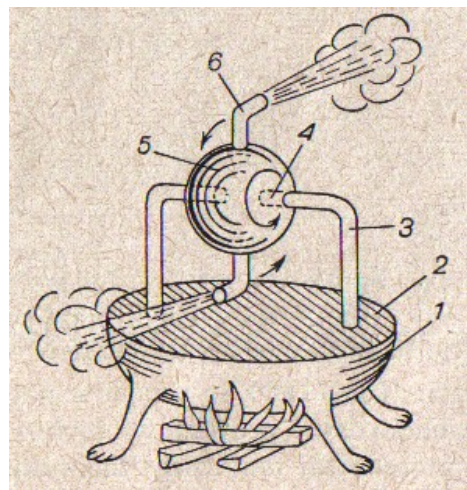
Gdy podnosi się kurtyna, widać mechaniczne figury nimf reperujących przy użyciu młotków i pił statek Ajaksa. „Słychać wielki hałas – pisał Heron – tak jakby rzeczywiście pracowały”. Po chwili drzwi zamykają się, znów otwierają i widać drugą scenę: wodowanie okrętu. Trzecia scena rozpoczyna się od widoku pustego morza, po czym przepływa grecka flota w szyku liniowym, a z wody wyskakują delfiny. Zaczyna się sztorm i okręty zwijają żagle. Drzwi znów zamykają się, a po ich otwarciu widać Naupliosa trzymającego uniesione światło, aby zwabić Greków na skały, gdzie ponieśliby śmierć. Atena przygląda się temu z wyraźną aprobatą. W ostatniej scenie na skałach widnieje wrak statku. Ajaks usiłuje wydostać się z wody, a Atena wznosi się do nieba. Piorun trafia prosto w płynącego Ajaksa, który znika pod falami. Tak dopełniła się zemsta Naupliosa.

Heron z wyraźną przyjemnością opisuje efekty specjalne i następnie wyjaśnia, jak ukryty mechanizm sterował wszystkimi mechanizmami: od skaczących delfinów do nimf walących młotkami. Całe urządzenie było napędzane ciężarkami. Heron nie dysponował mikroprocesorem, ale w ramach ograniczonych możliwości technicznych swoich czasów potrafił zbudować proste, programowane automaty”.

Czy wiesz, że ...

Czas życia Herona (I wiek n.e.) udało się określić na podstawie jednej z jego książek, w której opisuje zaćmienie Księżyca, które miało miejsce w 62 roku n.e.

Heron z Aleksandrii jako grecki mechanik, matematyk i wynalazca słynny był w swoim kraju i całym Imperium Rzymskim. Napisał on m.in. dzieła na temat instrumentów geodezyjnych i astronomicznych, opisał konstrukcje mechanizmów prostych, przekładni zębatych, urządzeń podnoszących i systemów pneumatycznych, sformułował podstawowe prawa hydromechaniki, zapoczątkował badania w higroskopii. Skonstruował wodotrysk, prosty termometr (termoskop), prasy do produkcji wina i oleju, wynalazł pantograf (mechaniczny przyrząd kreślarski do kopiowania rysunków oraz ich zmniejszania lub powiększania) i licznik przebytej drogi dla pojazdów i łodzi.



Za pierwszą turbinę parową możemy uważać zabawkę wymyśloną i opisaną następująco przez Herona: „Niech 1 będzie kociołkiem zawierającym wodę i poddanym działaniu ognia. Zamyka się go pokrywą 2, przez którą przechodzi zagięta rurka 3, której koniec wchodzi do małej, wydrążonej kuli 5. Z kuli wychodzą dwie rurki 6 zagięte pod kątem prostym w kierunkach odwrotnych jedna względem drugiej.

Gdy kociołek zostanie ogrzany, para wychodząc przez zagięte rurki spowoduje obrót kuli”.

Fot.10. Młynek Herona I111

W III wieku n.e. zaczął się powolny upadek Aleksandrii – najwspanialszego miasta u wybrzeży Morza Śródziemnego, ośrodka wiedzy i nauki, słynącego na cały świat antyczną, wspaniałą biblioteką, założoną jeszcze przez Aleksandra Macedońskiego (od jego imienia wywodzi się nazwa miasta) i rozbudowaną przez panującą w owym okresie dynastię Ptolemeuszy. Ostateczny cios zadali miastu Arabowie, najeżdżając je pod wodzą kalifa Omara w 640 roku i gdy podjął on fatalną w skutkach decyzję. Kiedy jego wojownicy zapytali, co zrobić z kilkuset tysiącami zgromadzonych w bibliotece dzieł, odpowiedział: „Jeśli w tych wszystkich księgach jest to samo, co w Koranie (Koran – święta księga mahometan, zawierająca zbiór przepisów dotyczących etyki, moralności etc.), są niepotrzebne. Jeśli zaś jest w nich co innego, są szkodliwe. I tak, i tak trzeba je spalić”. I31

Biblioteka aleksandryjska spłonęła doszczętnie, a wraz z nią gromadzone pieczołowicie przez wiele setek lat bezcenne skarby nauki i kultury. Jednak niektóre manuskrypty ocalały i arabscy zdobywcy starannie je przechowywali, dzięki czemu jeszcze dziś możemy podziwiać, choć w szczątkowej części, myśl techniczną złotej ery inżynierii mechanicznej.

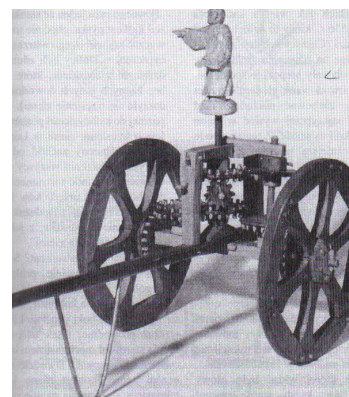
Po upadku Cesarstwa Rzymskiego, gdy Europa pogrążyła się w mrokach (?) Średniowiecza, umiejętności techniczne aleksandryjskich inżynierów zostały przechowane i rozwinięte w świecie islamskim, gdzie wcześniej znane były również innowacje techniczne. Między innymi około 500 roku n.e. wzniecono w syryjskiej Gazie wielki zegar poruszany wodą, z figurką Heraklesa wybijającą godziny maczugą. Wiadomo też, że około roku 835 cesarz bizantyjski Teofil przyjmował cudzoziemców siedząc na tronie – „za przyciśnięciem ukrytej dźwigni dwa lwy z brązu podtrzymujące tron, wydawały przeraźliwy ryk, a mechaniczne ptaki śpiewały w gałęziach sztucznych drzew po obu stronach tronu” I21.

W IX wieku w Bagdadzie znanymi, wszechstronnymi uczonymi byli trzej bracia **Banu Musa** (dwaj z nich wyznaczyli obwód Ziemi, popełniając przy tym bardzo nieznaczny błąd). W ich „Księdze pomysłowych urządzeń” poświęconej technice znalazły się zarówno bardzo praktyczne gadżety (np. lampka z samoczynną regulacją knota i dozownikiem oliwy), jak i takie, które, podobnie jak kiedyś Heronowi, służyły do zadziwiania widzów. Pomysłowość i talent braci wykorzystali kalifowie Bagdadu polecając utworzenie prywatnych placów zabaw, które mogłyby rywalizować z współczesnym Disneylandem. Między innymi z początku X wieku pochodzi opis pałacu kalifa, przy którym znajdował się staw otoczony poruszającymi się figurami konnych wojowników, a na jego środku stało srebrne drzewo z mechanicznymi, gwiżdżącymi ptaki ze srebra i złota. Po innym stawie wypełnionym rtęcią, pływały złote łódki. Ogrody wokół stawów również były udekorowane automatami – śpiewającymi ptakami, ryczącymi lwami i różnymi ruchomymi stworzeniami.

Opisy mechanicznych potworów można też znaleźć w „Baśniach z tysiąca i jednej nocy” – są one odbiciem błyskotliwych osiągnięć technicznych średniowiecznej inżynierii islamskiej. 171

Wspominając historie automatów warto też zwrócić uwagę na wspaniały automat skonstruowany w starożytnych Chinach, znany jako *wóz wskazujący południe*. Był to rydwan, na którym stała figurka i wyciągniętą ręką zawsze wskazywała południe.

Działanie tego automatu przez wiele wieków było zagadką dla uczonych. Dopiero w latach sześćdziesiątych XX wieku Joseph Needham i jego chińscy współpracownicy badając teksty źródłowe stwierdzili, że najstarsza miarodajna wzmianka o takim wozie pochodzi z III wieku i że jest to bardzo skomplikowany automat. „Figurka ludzka na rydwanie zawsze „wiedziała”, gdzie jest południe, ponieważ była połączona z kołami skomplikowaną przekładnią, przypominającą stosowany w samochodach mechanizm różnicowy. Mechanizm ten sprawia, że koła samochodu kręcą się z różną szybkością podczas pokonywania zakrętów (jedno koło ma wtedy do przebycia dłuższą drogę), mimo iż są połączone z jednym silnikiem. *Wóz wskazujący południe* działał na takiej samej zasadzie. Odpowiedni układ trybów przekładał różnice w ruchu obu kół przy pokonywaniu zakrętów na poprawki w ustawieniu figurki. Jak podkreślił Needham, takie urządzenie może działać tylko wtedy, gdy wszystkie elementy składowe są wykonane niezwykle precyzyjnie. Różnica 1% w obwodzie kół już po paru kilometrach spowodowałaby, że figurka wskazywałaby błędny kierunek. Nie tylko koła, ale również tryby musiały być wykonane z rewelacyjną dokładnością, aby osiągnąć precyzję konieczną dla urządzenia, które Needham nazwał *pierwszą maszyną cybernetyczną w dziejach*”. 171



Fot. 11. Rekonstrukcja wozu wskazującego południe z Muzeum Nauki w Londynie 171

Również w Chinach miało miejsce wynalezienie zegara mechanicznego, mającego ogromny wpływ na budowę nowego typu automatów. Z 1090 roku pochodzi *kosmiczna machina* zbudowana przez Chińczyka **Su Songa**. Był to zegar mechaniczny wyposażony w automaty wskazujące upływ czasu. Prze niewielkie drzwi pokazywały się kolejno dwadzieścia cztery figurki, trzymające tabliczkę z zaznaczoną godziną. Inne biły w bębny i dzwony, a jedna figurka w regularnych odstępach czasu grała na miniaturowym instrumencie strunowym.

Czy wiesz, że ...

Wynalezienie zegara mechanicznego w Chinach było spowodowane koniecznością dokładnej rejestracji chwili poczęcia wszystkich następców tronu, tak by nadworni astrologowie mogli określić działające na nich wpływy kosmiczne i w ten sposób stwierdzić, który jest najlepszym kandydatem.

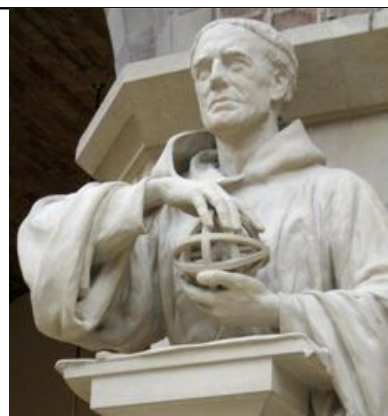
Tymczasem w Europie po upadku potężnego Imperium Rzymskiego (V wiek) zapanował prawie tysiącletni okres Średniowiecza. Okres ten w dziejach ludzkości jest przez historyków niejednoznacznie oceniony. Jedni uważają go za czas, który „wstawił się wyjątkowym zacofaniem, obskurantyzmem, żywiołową nienawiścią do wszystkiego, co można by było podciągnąć pod miano postępu” i którego „mroki oświeślał tylko jeden płomień – płomień stosów, na których Święta Inkwizycja (dop.: od 1215 r. do I połowy XIX w.) paliła wszystkich, którzy ośmielili się być innego zdania” [3], a inni uważają, że „przemiany techniczne i postęp gospodarczy były znamiennymi cechami tej epoki” (angielski historyk Christopher Brooke). Faktem jest, że zarówno stanem wiedzy, jak i poziomem życia epoka ta ustępowała starożytności. W wielu sprawach nie kierowano się rozumem, dając wiarę najrozmaitszym przesądom i nadmiernie polegając na poglądach starożytnego filozofa Arystotelesa, którego nauki popierał wszechpotężny wówczas Kościół. Jednakże w drugiej połowie Średniowiecza uczyniono wiele dla rozwijania i upowszechniania techniki.

Nie wchodząc w spory historyków, zajmijmy się automatyką. W tej dziedzinie długą i bogatą karierę rozpoczynają (od XIII wieku) androidy – mechaniczne automaty o ludzkiej lub zwierzęcej postaci naśladujące ich ruchy. Ich wynalazcami byli dwaj sławni ludzie: angielski filozof i uczony **Roger Bacon** (ok.1214 do ok.1294), który zbudował *gadającą głowę* i niemiecki teolog, filozof, najwszechstronniejszy uczony epoki średniowiecza, biskup Ratyzbony **św. Albert Wielki** (ok.1200 – 1280). Zachowały się wieści, że kosztem trzydziestoletniej pracy skonstruował *żelaznego odźwiernego*, który otwierał i zamykał drzwi oraz witał wchodzących gości (niektóre źródła podają, że była to żelazna kobieta). Podobno św. Tomasz z Akwinu, notabene uczeń Alberta Wielkiego, przerażony widokiem tej figury, rozbił ją doszczętnie [6], lub jak twierdzą inni badacze historii uznał automat za dzieło szatana i spowodował jego zniszczenie.

Czy wiesz, że ...

Roger Bacon (ok. 1214-ok. 1292), angielski filozof i uczony, franciszkanin; reformator nauki i nauczania. Był wszechstronnie wykształcony – znał filozofię, medycynę, geografii i optykę, starożytną grekę i hebrajski, nie wspominając o łacinie.

Bacon krytykował ówczesną strukturę wiedzy i dążył do oparcia nauki nie tylko na teorii, ale również na praktyce, doświadczeniu i eksperymencie. Studiując zakazane ówczynie dzieła Arystotelesa i łącząc swe zainteresowania naukowe z fascynacją neoplatonizmem, okultyzmem i magią naraził się na nękania ze strony kościoła. Już ok. 1257 r. jego zwierzchnik zakonny, a późniejszy św. Bonawentura, obłożył interdyktem jego dzieła i zakazał ich czytania w Oksfordzie, gdzie wówczas Bacon przebywał. Jednocześnie wezwał Bacona do stawienia się w Paryżu, gdzie odtąd miał przebywać przez następne dziesięć lat pod nadzorem władz, cierpiąc niedostatek i ścisły zakaz jakichkolwiek publikacji. Jego sława zaintrygowała jednak legata papieskiego w Anglii, Guy'a de Foulques. Szczęśliwym trafem



Fot. 12. Pomnik Roberta Bacona w Uniwersyteckim Muzeum w Oksfordzie

tenże legat w roku 1265 został obrany papieżem, Klemensem IV i wkrótce potem poluzował restrykcje władz zakonnych. Wówczas Bacon w ciągu osiemnastu miesięcy napisał trzy olbrzymie dzieła: *Opus maius*, *Opus minus*, *Opus tertium*, będące kompendium ówczesnej wiedzy. Traktaty te zostały przesłane papieżowi. W 1268 r. mógł powrócić do Oksfordu, gdzie zajął się dalszymi eksperymentami naukowymi i pisanie. W 1271 r. napisał *Compendium Studii Philosophiae*, gdzie bezwzględnie wytknął ignorancję kleru świeckiego i zakonnego oraz niedostatki współczesnego systemu nauczania. I tego już mu nie darowano. W 1278 książka została potępiona przez generała franciszkanów, Jerome de Ascoli (późniejszy papież Mikołaj IV), a Roger Bacon trafił na ponad dziesięć lat do więzienia, po opuszczeniu którego niedługo zmarł. Tak odszedł uczony uważany przez siebie współczesnych za czarownika, sługę diabła.

W swych zapiskach mówił on o pojazdach poruszających się bez zwierząt pociagowych i osiągających zawrotne prędkości, o statkach bez żagli i wiosł, wprawianych w ruch osobliwą siłą, wreszcie o łodziach podwodnych. Opracował teorię szkielek wypukłych, przewidział wynalezienie soczewek, mikroskopu i teleskopu – niektórzy uważają, że był jego pierwszym posiadaczem. Proponował reformę kalendarza (przeprowadzoną dopiero w 1582 r.). Stworzył też podstawową regułę chemii mówiącą, że spalanie stanowi reakcję chemiczną dwóch składników, tj. płonącego

materiału i zawartego w powietrzu tlenu (było to bardzo ważne stwierdzenie, gdyż do ówczesnej pory ogień uważano za samoistne zjawisko).



*Fot. 13. Albertus Magnus
(fresk, 1352, Treviso, Włochy)*

Czy wiesz, że

Święty Albert, Albertus Magnus (ur. 1193 lub 1200; zm. 1280), już za życia nazywany był Wielkim, a to ze względu na niezwykle intelekt i aktywność wyrażającą się umiejętnością nauczania, śmiałością poglądów i niezliczonymi podróżami (między innymi do Polski), w których łączył cele misyjne i naukowe. Był jednym z największych umysłów chrześcijańskiego średniowiecza. „Wielki w magii naturalnej, większy w filozofii, największy w teologii.” Badacz przyrody, alchemik, miał kontakty z uczonymi arabskimi, opracował dzieła Arystotelesa, Przez całe życie interesował się przyrodą. To on rozpoczął naukowe zbieranie roślin, czyli botanizował, wędrując pieszo i boso (tak nakazywała reguła zakonu dominikanów). Opierając się na pracach Arystotelesa prowadził własne badania i eksperymenty, nie tylko klasyfikując rośliny i zwierzęta, ale także zajmując się zagadnieniami ich rozmnażania i kwestią zmienności gatunku. Podał też systematykę przyrody żywej. W 1250 roku odkrył arsen.

Jako pierwszy usiłował stworzyć syntezę wszystkich nauk - pisał: „Intencją naszą jest, by te wszystkie części (fizykę, matematykę, metafizykę) połączyć w jedną całość, dla łacinników zrozumiałą. Pozostawił po sobie dzieła z różnych dziedzin zebrane w 40 tomach.

Tenże Albert Wielki był ponoć bardzo niskiego wzrostu. Kiedy w roku 1259 papież Aleksander IV mianował go biskupem Ratyzbony, taka oto scenka miała miejsce na papieskim dworze. W czasie papieskiej audyencji, kiedy to kandydat na biskupa stanął przed jego świątobliwością, papież przejawiając swą łaskę odezwał się do niego - powstań, nie musisz przede mną klęczeć. Papieska świta zamarta w zakłopotaniu, kardynałowie i biskupi udawali, że niczego nie zauważyli, bo Albert stał przed papieżem dumnie wyprostowany. Kiedy papież zauważył pomyłkę, obaj się roześmiali równocześnie.

Swoich współczesnych zadziwiał nie tylko ogromną wiedzą (znał wszystkich dostępnych wówczas pisarzy: żydowskich, greckich, rzymskich, jak też teologów kościelnych) ,pracowitością, wielką dobrocią, którą podbijał serca, ale również cieszył się sławą świętego. Już papież Innocenty VIII (w 1492) zezwolił dominikanom Kolonii i Ratyzbony na odmawianie oficjum o błogosławionym, co w roku 1670 papież Klemens X rozszerzył na cały zakon i na szereg diecezji we Francji i w Niemczech. Kanonizacja formalna nastąpiła jednak bardzo późno, bowiem dopiero papież Pius XI w roku 1931 osobną bullą wpisał go do katalogu świętych. Ogłosił go równocześnie doktorem Kościoła a jego następcą, papież Pius XII w roku 1942 ogłosił go patronem studiujących nauki przyrodnicze.

W roku 1980 cały świat katolicki, rzymski, obchodził 700-lecie śmierci św. Alberta. Z tej okazji przypomniano postać wielkiego dominikanina w różnych zjazdach naukowych i uroczystościach. Centralne uroczystości w Polsce odbyły się w Krakowie, u dominikanów. Z okazji tej rocznicy Ojciec święty Jan Paweł II odwiedził Niemcy i grób świętego w Kolonii.

W czasach Odrodzenia (XIV – XVI w) nastąpił okres rozwoju kultury europejskiej, charakteryzujący się – w opozycji do średniowiecznego światopoglądu – nasileniem tendencji humanistycznych i laickich, twórczym nawrotem do kultury antycznej, rozwojem myśli racjonalistycznej, przyrodoznawczej, technicznej, rozkwitem nauki, sztuki, literatury i muzyki. Jednym z najsłynniejszych przedstawicieli tej epoki był **Leonardo da Vinci** (1492-1519), wszechstronnie uzdolniony Włoch. Był muzykiem, pisarzem, badaczem, architektem - projekty architektoniczne (model kopuły katedry, plany pałacu), optykiem, urbanistą, przyrodnikiem, konstruktorem, twórcą inżynierii wojennej, wreszcie malarzem. Największą sławę przyniosły mu prace z dziedziny malarstwa.



Fot.14. Dama z łasiczką, 1490, Muzeum Czartoryskich w Krakowie

Czy wiesz, że ...

Do sławnych obrazów Leonarda da Vinci należą: „Madonna wśród skał”, „Ostatnia wieczerza”, „Dama z łasiczką” oraz najslawniejsza „Mona Lisa” - portret kobiety o tajemniczym uśmiechu uwiecznionej na przymglonym tle skał i strumieni. Czas uczynił z tej podobizny coś więcej niż portret, uczynił z niej symbol kobiecości. Dzieło to było bardzo drogie Leonardowi, który jednak, choć z żalem, sprzedał je królowi Francji.



Fot.15 Mona Lisa, 1503-1507, Luwr



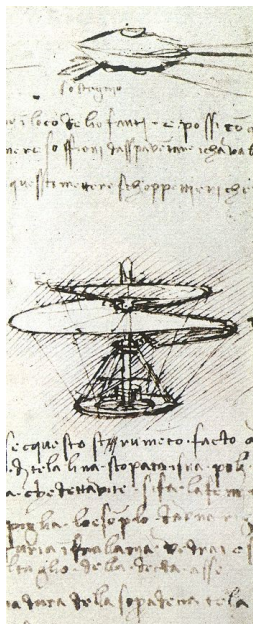
Fot.16. Autoportret (?) Leonarda da Vinci

Z najnowszych badań wynika, że uznawany do tej pory za autoportret szkic, wcale nie przedstawia Leonarda da Vinci. Więcej na ten temat możesz dowiedzieć się korzystając ze strony internetowej [:www.wiz.pl/poprzednie_numery/wiz_04_06/index.php?go=davinci-11k](http://www.wiz.pl/poprzednie_numery/wiz_04_06/index.php?go=davinci-11k).

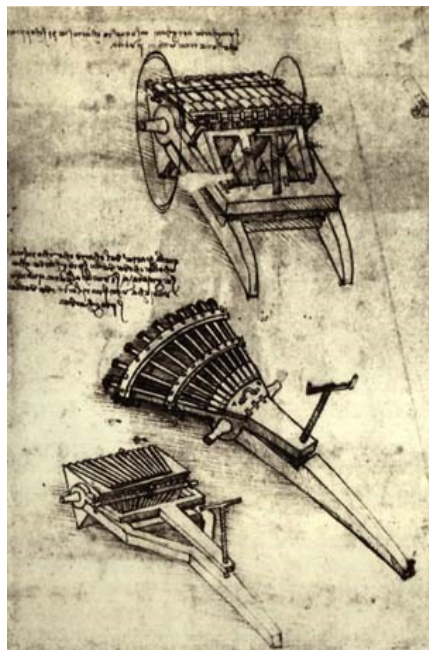
A oto jej fragment:

„Krzaczaste brwi, spływająca falą obfita broda, pomarszczone czoło i przeszywające spojrzenie. Ten wizerunek znają nie tylko miłośnicy sztuki. Naszkicowana czerwoną kredką postać od wieków uchodzi za autoportret Leonarda da Vinci. Nic dziwnego, że została umieszczona praktycznie we wszystkich podręcznikach malarstwa, na kartach biografii mistrza, zdobi nawet znaczki pocztowe. Tymczasem według jednego z najznamienitszych włoskich znawców sztuki renesansowej prof. Pietra Maraniego z mediolańskiej politechniki ów słynny szkic wcale nie przedstawia Leonarda. Uważa on, że to wprawka do rysunku postaci Szymona Apostoła z fresku „Ostatnia Wieczerza” znajdującego się w refektarzu klasztoru przy mediolańskim kościele Santa Maria delle Grazie. Prof. Marani wie, co mówi, przez 15 lat nadzorował konserwację słynnego fresku i miał wiele okazji, by dokładnie mu się przyjrzeć”.

Leonardo da Vinci okazał się także wszechstronnym inżynierem. Badał, dokumentował i ulepszał istniejące maszyny oraz projektował liczne wynalazki, które znacznie wyprzedzały jego epokę. Wśród kilkuset projektów znajdują się: aparat do nurkowania, automatyczne krosno tkackie, łódź podwodna, soczewki kontaktowe, budzik napędzany wodą, rower, rodzaj samochodu napędzanego mechanizmem sprężynowym, udoskonalona samopowtarzalna katapulta, taczki, armata odcylkowa, walcarka, tokarka stołowa. Wymyślił też wiele ważnych urządzeń, które wchodzą w skład współczesnych maszyn, a mianowicie: pompę odśrodkową, łożyska kulkowe, zawory pomp, przekładnię ślimakową (wynalazek ten przypisano później Henry’emu Hindleyowi, który ponownie wynalazł identyczną przekładnię w 1740 roku). Był wynalazcą stożkowych kul strzelniczych, planował przebijanie gór tunelami, łączenie rzek za pomocą kanałów. Zwrócił uwagę na prawo grawitacji i tarcia. Uznał też, że para może być motorem żeglugi. Interesowało go przyciąganie magnetyczne i anatomia człowieka.



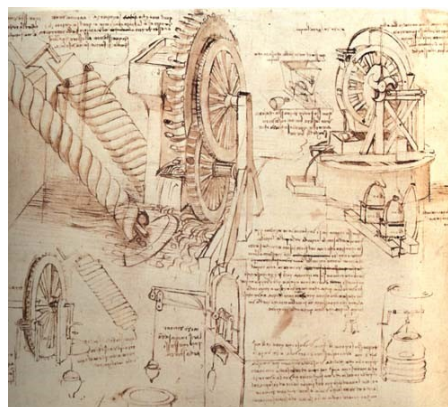
Rys.17 Projekt helikoptera (śrubowca),
1487-90.



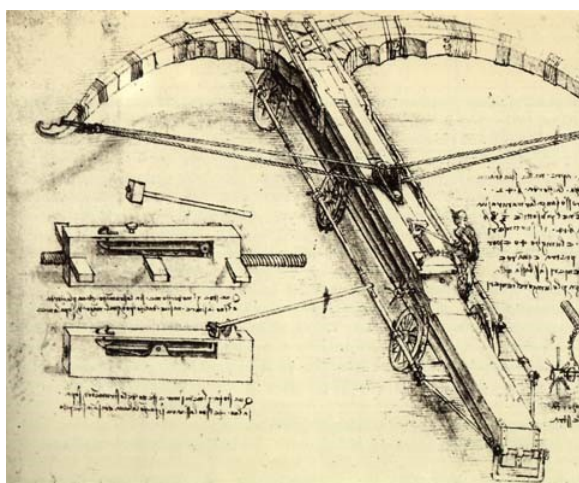
Rys.18 Broń wielolufowa, 1480-82.



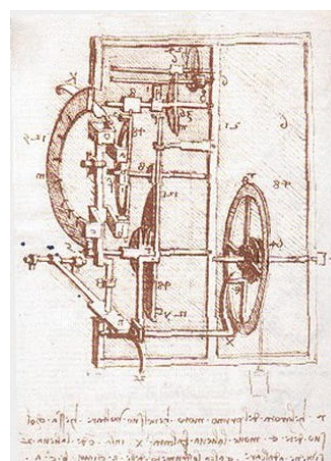
Rys.19. Urządzenie sprężynowe.



Rys.20. Rysunek przyrządów do dźwigania
wody, 1480-82.

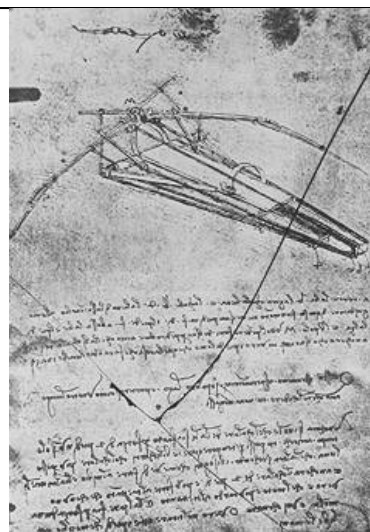


Rys.21 Projekt ogromnej kuszy, 1499
(mogła ona miotać całe pnie i skały)



Rys.22. Jedyńy znany rysunek Leonarda
przedstawiający całość mechanizmu
zegarowego. Ta konstrukcja przewidywała
wyposażenie zegara w system dzwonków

Jego pomysły, aczkolwiek bardzo śmiałe i świadczące o niezwyklej inteligencji i pomysłowości, nie wywarły jednak wpływu na rozwój techniki. Z perspektywy czasu różnie określa się możliwość realizacji jego projektów. Jedni uważają, że maszyny, które wymyślił i zaprojektował, nie można było w jego czasach zbudować ze względu na dostępne materiały. Inni przypuszczają, że część wynalazków prawdopodobnie została wykonana w formie modeli, którymi za jego życia nikt się nie interesował..



Rys.23. Ornitopter, na którym oparto konstrukcję współczesnego helikoptera, jest jedną z wielu intrygujących myśli stworzonych przez Leonarda. Pomimo, że wynalazek ten nigdy nie został przez niego zrealizowany, to szczegółowe wykonanie rysunku i jego opis są zadziwiające

Czy wiesz, że ...

Pomysły genialnego Leonarda da Vinci wykraczały daleko poza epokę, w której żył – jego szkice i modele przedstawiają przecież maszyny naszych czasów i można było zrealizować je w prawie niezmienionej formie po 400 latach. Leonardo da Vinci uznany niedawno za najbardziej wpływowego artystę i wynalazcę ostatniego tysiąclecia do dziś znajduje zapaleńców, którzy z powodzeniem wdrażają w życie jego projekty. A oto kilka przykładów:

Na spadochronie wykonanym według rysunku Leonarda wykonano udany, bezpiecznie zakończony skok z balonu.

W 2002 roku około 30 kilometrów od stolicy Norwegii - Oslo został zbudowany most dla pieszych, według projektu da Vinci z 1502 roku. Most ten wzniesiony jest na trzech łukach, zbudowany z drewna i ma 100 metrów długości. Do wzniesienia mostu namówił władze norweski artysta Vebjoern Sand.

W zamku Clos Luce koło Ambois we Francji, gdzie Leonardo da Vinci za namową króla Francji Franciszka I zamieszkał w 1516 roku (i zmarł w 1519) można obejrzeć repliki jego modeli.

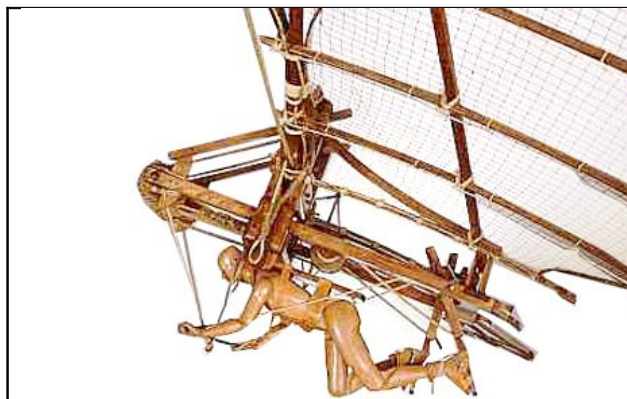
Na stronie internetowej <http://www.wynalazki.mt.com.pl/twor.leonardo1.htm> czytamy taką oto ciekawostkę:

„Ponad 500 lat temu, jak Leonardo da Vinci naszkicował swój projekt latającej maszyny zdolnej unieść człowieka, brytyjskim mechanikom udało się zrealizować jego idee. Szybowiec zbudowany według jego planów. Odbił swój dziewiczy lot. Nad wzgórzami Sussex w południowej Anglii. Żeby szybowiec pomysłu Leonarda da Vinci mógł wzbić się w powietrze, współcześni projektanci musieli mu trochę pomóc. Do budowy konstrukcji przypominającej lotnię użyto drewna i płótna lnianego, a więc materiałów dostępnych w XV wieku – ale sam model powstał z połączenia kilku rysunków, przedstawiających różne pomysły mistrza. (...)

(...) Skrzydło szybowca, według rysunku z roku 1487, przedstawiającego „ornitopter” – samolot z ptasimi skrzydłami poruszającymi się w górę i w dół, i tak napędzającymi maszynę – to jeden z najbardziej nieprawdopodobnych pomysłów Leonarda. Skrzydło z tego szkicu, przechowywanego w bibliotece w Mediolanie, połączono z ogonem i drewnianą skrzynią dla pilota. (...) Do pierwszego lotu wybrano była mistrzynię świata w lataniu na szybowcach Judy Leden, ze względu na stosunkowo niewielką wagę – ok. 55 kg.

Okazało się (wbrew wcześniejszym obawom), że konstrukcja jest nawet mocniejsza niż współczesnych lotni i że można bez trudu kontrolować wysokość lotu, natomiast problem to utrzymanie właściwego kierunku lotu. Szybowiec pokonał dystans około 100 metrów na wysokości 10 metrów..

Rys.24. Rzut boczny współczesnej konstrukcji ornitoptera Leonarda

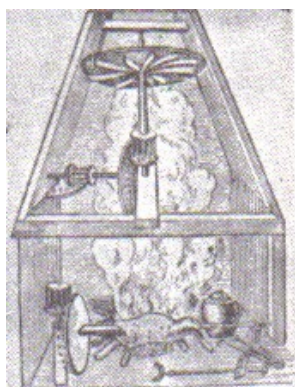


Na nas współczesnych robi ogromne wrażenie odnaleziony dziennik z 7 tysiącami stron notatek. Strony te, wypełnione opisami i różnego rodzaju szkicami, zawierają obok studiów i szkiców anatomicznych projekty maszyn wojennych, zagadkowe ciągi liczb, szkice konstrukcyjne wymienionych wcześniej urządzeń, a także lotni, balonu, spadochronu, koła łopatkowego, pływającej pogłębiarki, skafandra nurka, niezatapialnych okrętów, szlifierki luster i dźwigów jezdnych. Pomędzy nimi znajdują się plany kanałów odpływowych oraz dwupoziomowe (dla pieszych i dla pojazdów) ulice, szkice fantastycznych krajobrazów, matematyczne zagadki, zasadnicze myśli odnośnie chemicznych bomb dymnych i masek przeciwgazowych. 181

Czy wiesz, że ...

Leonardo da Vinci był człowiekiem nie tylko twórczym, ale tak jak prawie wszyscy twórcy renesansowi był głęboko religijny. Może warto zastanowić się nad głębią słów, które zanotował w *manuskrypcie H*. Napisał tak: „*Dobre uczynki wznoszą się sięgają Nieba, ponieważ cnota znajduje uznanie w oczach Boga. Złe uczynki natomiast przeciwnie, ponieważ są sprzeczne z wolą Boga – strącane są w otchłanie piekła. ... O ty, który podziwiasz naszą cielesną powłokę – nie bądź smutny, że wraz z innymi dosięgnie ciebie śmierć, lecz raduj się, że nasz Stwórca obdarzył nas tak wyjątkowym przyrządem jak intelekt*”)

Wiele notatek Leonarda zapisanych jest w piśmie utajnionym, inne w piśmie lustrzanym. Był człowiekiem leworęcznym i wiele zapisów wykonywał od strony prawej ku lewej. Wśród notatek tego genialnego Włocha zachował się projekt różna z automatyczną regulacją zabezpieczającą mięso przed spalaniem. 151



Rożen połączony był przez układ kół zębatach z prostą turbinką. Gdy zapalono ogień, gazy spalinowe obracały turbinę, a ruch obrotowy był przekazywany przez przekładnię zębatą na rożen, który obracał się tym szybciej, im większy był płomień.

Rys.25. Automatyczny rożen Leonarda da Vinci.

Najstarszym zachowanym projektem humanoidalnego robota jest datowany na rok 1495, wykonany przez Leonarda da Vinci zbiór rysunków mechanicznego rycerza, który mógł siadać, poruszać rękami oraz głową i szczęką. Nie wiemy niestety czy Leonardo podjął się próby jego zbudowania.

Czy wiesz, że ...

Leonardo - geniusz włoskiego renesansu myślał o maszynach jak o żywych organizmach, podobnych do człowieka. Przeprowadzał sekcje zwłok, by jak najlepiej poznać funkcjonowanie ludzkiego ciała. W tamtych czasach były to iście rewolucyjne praktyki, chociaż obecnie jest to zupełnie normalne.

Konstruktorem czerpiącym pomysły z projektów Leonardo okazał się Mark Rosheim, inżynier współpracujący z NASA. Zbudował on „antrobota” - robota o kształcie ludzkiego ciała - wzorując się na rysunkach da Vinci przedstawiających ludzkie ciało.

Leonardo da Vinci interesował się również innymi dziedzinami nauki. Pozostawił prace z architektury, geologii i botaniki. Dowody niezwyklej wnikliwości umysłu mistrza przetrwały w postaci notatek i szkiców, których część należy do tzw. kolekcji królewskiej Elżbiety II. Ten bezcenny zbiór, zazwyczaj trzymany w sejfie i z dala od niszczącej działalności światła dziennego, w 2002 roku wyruszył na wystawę objazdową po Wielkiej Brytanii, w ramach obchodów złotego jubileuszu koronacji królowej Elżbiety II.

Innym wynalazcą epoki renesansu, realizującym swoje pomysły był niemiecki astronom, matematyk i wynalazca **Johannes Muller** (1436 – 1476), znany jako **Regiomontanus**. Historia automatyki wspomina go jako tego, który zbudował latającego żelaznego orła i sztuczną muchę. Powiadają, że gdy demonstrował ją przyszłemu cesarzowi Maksymilianowi I, mucha pofrunęła i usiadła mu na ramieniu. [2]



Rys.26. Portret J. Muller -
Regiomontanusa

Czy wiesz, że ...

Regiomontanus, to bardzo ciekawa postać czasu Odrodzenia. Z przekazów historycznych wiemy, że:

W 1461 roku pojechał do Włoch, gdzie przebywał kilka lat, a następnie udał się na Węgry (na zaproszenie króla Macieja Korwina), gdzie współpracował z Marcinem Bylicą z Olkusza – wspólnie opracowali m.in. tablice astronomiczne (niektóre źródła podają, że współpraca ta rozpoczęła się już we Włoszech).

W 1471 roku założył w Norymberdze obserwatorium, drukarnię i warsztat mechaniczny.

W 1474 roku jako pierwszy wydał drukiem pracę naukową.

W 1475 roku został zaproszony do Rzymu przez ówczesnego papieża Sykstusa IV, na którego życzenie wziął udział w reformie kalendarza. W tym samym roku papież konsekrował go na biskupa Ratyzbony.

Wiadomo również, że Regiomontanus był autorem tablic trygonometrycznych w układzie dziesiętnym.

Wraz z Martinem Behaimem skonstruowali pierwszy globus.

Na podstawie metod opracowanych jeszcze przez Ptolemeusza, Johannes Muller oraz Johann Stöffler zapoczątkowali (wprawdzie jeszcze mało doskonałe) przepowiednie zaćmień.

Regiomontanus skonstruował także instrumenty astronomiczne i kalendarze do celów nawigacyjnych, z których korzystali Vasco da Gama, Kolumb, Gaspar de India (ten ostatni to Żyd z Poznania, który na trzydzieści lat przed Vasco da Gama dotarł drogą lądową do Indii i na dworze władcy Bidzapuru służył jako wywiadowca i szpieg; później podróżował wraz z Vasco da Gama).

Regiomontanus zajmował się również astrologią praktyczną, jest autorem dzieła: „Tablice kierunkowe wielce użyteczne w sprawach urodzin. Ponadto pisał horoskopy dla królów i cesarzy.

Jego imieniem nazwano krater na Księżycu o średnicy 129 km.

Wejście w użycie w połowie XV wieku sprężyn śrubowych z hartowanej stali dało automatom niezwykle praktyczne źródło ruchu. Poruszały one np. modne w czasach Odrodzenia ozdobne zegary stołowe w kształcie okrętów. Jednym z najstojniejszych był *okręt cesarza Karola V* (dziś w muzeum Cluny w Paryżu) – z wybićm godziny grały miniaturowe organy, a okręt wielkości 70 x 100 cm kołysał się z marynarzami poruszającymi się na rejach, z muzykami na pokładzie dmącymi w instrumenty i dziesięcioma dworzanami, którzy składali ukłon Karolowi, a on się im odklaniał. [2]

Najkunsztowniejsze automaty, zwane „magicznymi automatami”, pojawiły się w XVIII i na początku XIX wieku. Były to ptaki śpiewające, magiczne pudełka, ruchome obrazy, teatry mechaniczne, androidy grające, piszące i rysujące, a wreszcie nie kończąca się seria zegarów grających z poruszającymi się figurkami. Automaty te demonstrowane były w czasie specjalnie organizowanych pokazów, a ich popularność spowodowała, że niektórzy twórcy, notabene bardzo uzdolnieni mechanicy, zaczęli stosować różnego rodzaju sztuczki, zyskując w późniejszym okresie miano iluzjonistów. Szczególną sławę w owym okresie zdobyli konstruktorzy: Friedrich von Knaus, Jacques de Vaucanson (wym. Wokansa), Pierre Jaquet – Droz oraz Wolfgang von Kempelen.



Najrzadziej w historii automatyki wspominany jest Wiedeńczyk **Friedrich von Knaus** (1724 – 1789), który budował mówiące lalki, śpiewające ptaki i latające amorki. W historii automatyki jest najczęściej wspominany jako twórca mechanicznych ludzkich postaci posiadających umiejętność pisania piórem po papierze. W 1771r. wykonał trzy głowy wydające ludzkie dźwięki, a także figurę muzykanta, grającego na flecie.

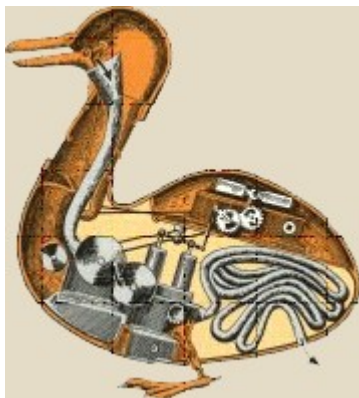
Rys.27 Portret Fredricha von Knausa wykonany przez J. Mansfelda

Francuz **Jacques de Vaucanson** (1709 – 1782) to wynalazca, wnoszący wiele do historii automatów. Słynie on z serii opracowanych przez siebie mechanizmów. W 1738 roku przedstawił publicznie Akademii Nauk w Paryżu swój pierwszy automat – był nim *Flecista* wygrywający 12 melodii (prąd powietrza był regulowany przez ruchy sztucznego języka, warg i palców flecisty). Później (prawdopodobnie w następnym roku) skonstruował *Gracza na tamburynie* oraz słynną *Kaczkę*.

Dokonał też wielu innych znaczących wynalazków - m. in. wynalazł giętką rurę z indyjskiego kauczuku, a także skonstruował pierwszą na świecie tokarkę wyposażoną w automatyczny podajnik narzędzi oraz automatyczne krosno tkackie (sterowane było ono za pomocą walców z otworami, które uruchamiały mechanizm i pozwalały tworzyć określone wzory o ograniczonej ilości).



Rys.28. Jacques Vaucanson



Rys. 29. Przekrój Kaczki

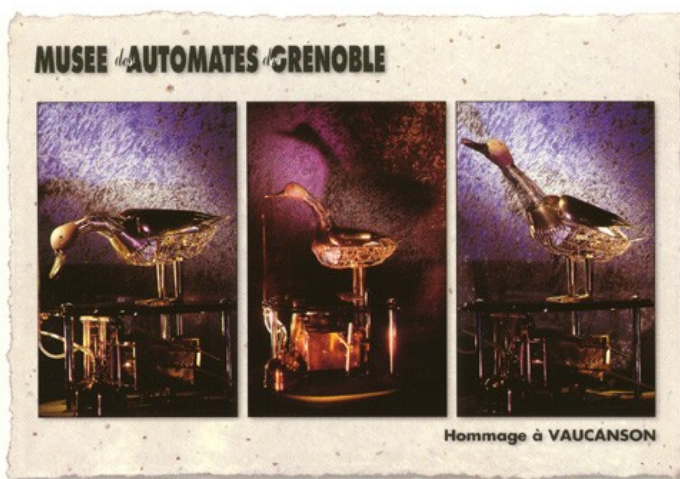
Czy wiesz, że ...

Kaczka nie tylko naśladowała ruchy prawdziwego ptaka – biła skrzydłami, wyciągała szyję, ale także kwakała, połykała ziarno, piła wodę, a nawet ... robiła kupkę! Ta ostatnia czynność odbywała się bardzo uroczyście – na podstawioną tackę. Trawienie pozostawało przez długi czas intrygującą wszystkich tajemnicą, dopóki sekret nie wydał się w 1884 roku. Otóż okazało się, że połknięte ziarno gromadziło się we wnętrzu *Kaczki*, a pompka wyciskała na zewnątrz papkę chleba należycie zabarwioną. Co do innych czynności *Kaczki*, to w jej kadłubie był rodzaj mechanizmu zegarowego złożonego z kół zębatach, dźwigni itp., który powodował poruszanie się *Kaczki*.¹⁶¹ Choć dziś znamy o wiele bardziej skomplikowane automaty, to świadomość, że każde skrzydło zawierało ponad cztery tysiące elementów, budzi respekt dla kunsztu Jacquesa de Vaucansona.

W 1743 roku Vaucanson sprzedał swoje automaty. *Flecista* i *Gracz na tamburynie* zostały zniszczone w czasie rewolucji Francuskiej, a *Kaczkę* do dziś możemy podziwiać w Muzeum Automatów w miejscowości narodzin ich twórcy – Grenobl.

Za swoją twórczość Vaucanson zyskał powszechne uznanie i został mianowany inspektorem królewskich fabryk jedwabiu, które całkowicie zreorganizował i w których wprowadził odpowiednie programowanie i usprawnienia w działaniu używanych maszyn (uważany jest za jednego z ojców nowoczesnego tkactwa).

W 1746 roku został członkiem Francuskiej Akademii Nauk.



Rys.30. Poczтівka z Muzeum Automatów w Grenobl przedstawiająca "Kaczkę" J. Vaucansona



Jeszcze bardziej wyrafinowane androidy projektował i wykonywał szwajcarski mechanik i konstruktor złożonych wahadłowych zegarów ściennych **Pierre Jaquet – Droz** (1721 – 1790). Niektóre źródła podają, że przy tworzeniu jego najsłynniejszych automatów (w latach 1768–74)- *Klawikordzistki*, *Pisarza* i *Rysownika* - pomagali mu jego syn Henry-Louis i Jean-Frederic Leschot.

Rys.31. Pierre Jaquet – Droz, 1758



Lalka *Klawikordzistka* (zbudowana z dwóch i pół tysiąca elementów) naciska klawisze palcami, wydobywając dźwięki, które są odpowiednio zaprogramowane (muzyka nie jest wcześniej nagrana i odtwarzana). W czasie „koncertu” lalka „oddycha” (można zauważyć ruchy klatki piersiowej), podąża oczami za ruchem swoich palców i jak wytrawny muzyk kołysze się lekko w takt muzyki. Na zakończenie – kłania się.

Rys.32. Klawikordzistka



Rys.33 Rysownik

Rysownik to dziecko, które potrafi narysować cztery różne rysunki: portret Ludwika XV, parę królewską (uważa się, że są to Maria-Antonina i Ludwik XVI), psa z napisem „mój pies” pod spodem, oraz scenę przedstawiającą Kupidyna prowadzącego rydwan ciągnięty przez motyla. Rysownik pracuje dzięki systemowi krzywek, które kodują ruchy jego ręki na płaszczyźnie rysunku i dodatkowo pozwalają na podnoszenie ołówka. Automat również porusza się na krześle i od czasu do czasu dmucha na ołówek, by pozbyć się pyłu.



Rys. 34. Portret Ludwika XV i pies kreślone przez Rysownika

Pisarz jest najbardziej kompleksowym z wszystkich trzech automatów. Został zbudowany z 6000 części. Potrafi umoczyć gęsie pióro w kałamarzu, strząsnąć nadmiar atramentu, przenieść rękę nad papier i starannie wykaligrafować słynną maksymę Kartezjusza: „Cogito ergo sum” – ale również dzięki systemowi krzywek jest w stanie napisać każdy potoczny tekst do 40 liter (znaki pisarskie są kodowane na kole i odpowiednio wybierane. W czasie pisania jego oczy podążają za tekstem, a głowa porusza się, gdy sięga po atrament



Rys.35. Pisarz



Rys.36. Mechanizm Pisarza



Rys.37. Automaty Pierre Jaquet-Droza w muzeum w Neuchatel w Szwajcarii

Czy wiesz, że ...

Uroczę androidy P. Jaquet – Droza funkcjonują nadal i można je podziwiać w muzeum sztuki i historii w Neuchatel w Szwajcarii. Przez wielu są uważane za przodków nowoczesnych komputerów, bądź robotów. Te ponad dwustuletnie automaty posiadały już wówczas istotne części składowe dzisiejszych robotów: źródło energii, którym był nakręcany mechanizm sprężynowy, mechanizm służący do przenoszenia ruchu na kończyny (ukryte dźwignie, przekładnie i krzywki) i jednostkę sterującą (sterowanie odbywało się za pomocą cylindrów z wbitymi trzpieniami, takimi, jak dziś stosuje się w zegarkach z pozytywką: na cylindrze umieszczano w odpowiednich miejscach i kolejności

niewielkie pręciki, które podczas obrotu cylindra wyzwalały ruch). Wśród szwajcarskich automatów najbliższy „ideałowi” robota jest *Pisarz*, który posiada wejścia programowalnej pamięci, a 40 krzywek reaguje na wejściowe impulsy. Dzisiaj roboty są napędzane przez silniki elektryczne i sterowane za pomocą mikroprocesorów.

Pierre Jaquet – Droz, w ramach reklamy i rozrywki, wykonał automaty w kształcie lalek i obwoził je po świecie, by zwiększyć sprzedaż zegarów swej firmy. Te niesamowite automaty fascynowały ludzi na całym świecie, a najbardziej byli nimi zainteresowani królowie i cesarze Europy, Chin, Indii i Japonii.

Spółeczeństwo historyków i archeologów z Neuchatel sprowadziło automaty -lalki w 1906 roku za niebagatelną kwotę 75 tysięcy franków w złocie i umieściło w muzeum.

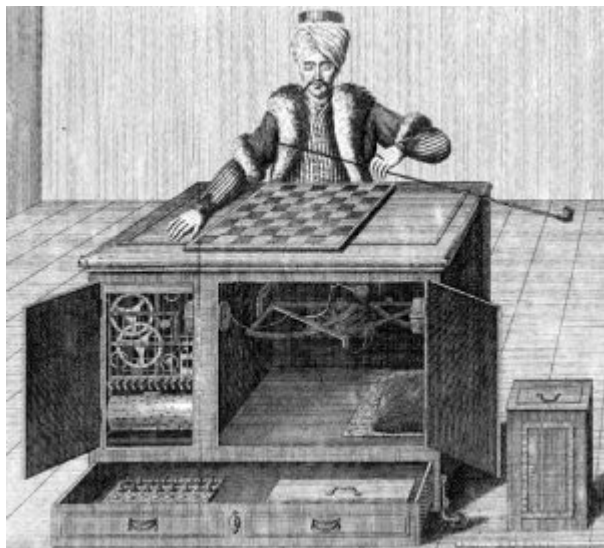
(Jeśli chcesz zobaczyć więcej zdjęć magicznych automatów zajrzyj na stronę www.automates-anciens.com/pages_principales/tictac.htm - 19k)



Rys.38. Wolfgang von Kempelen

Największy rozgłos w XVIII wieku wzbudziły automaty węgierskiego barona, filozofa, prawnika i doskonałego inżyniera **Wolganga von Kempelena** (1734 – 1804). Jednym z nich był *Człowiek mówiący*, który wymawiał wyrazy, a był on wynikiem nowoczesnych badań fizjologii głosu, które rozpoczął Kempelen. Mianowicie odkrył on, że narządy mowy stanowią jakby rodzaj instrumentu muzycznego składającego się ze zbiornika powietrza (płuc), członu wytwarzającego drgania, regulatora oraz układu modulującego te drgania. W swoim automacie w charakterze płuc zastosował miech, a krtani zastępowała fujarka zaopatrzona w klapki i drążki. Człowiek mówiący wypowiadał dwa zdania – po łacinie i francusku. Mowa była na ogół wyraźna, kłopot był z wypowiadaniem litery „r”.

Kempelen zapragnął stworzyć coś bardziej fenomenalnego i ... posunął się do oszustw. Wielkie zaciekawienie budziła jego *Dziewczyna mówiąca*, woskowa figura, która rozsądnie odpowiadała na zadawane jej pytania. „Genialne” działanie tego „automatu” polegało na tym, że piętro niżej znajdowała się kobieta, która mówiła do ukrytej rury prowadzącej do ust woskowej figury. W wieku 36 lat skonstruował drewniany „automat” do gry w szachy w postaci *Turka* podejmującego grę z dowolnymi graczami, wśród których było wiele koronowanych głów i osobistości. Na dobro Kempelena trzeba jednak zapisać jego książkę „Traktat o mechanizmie mowy ludzkiej”.



*Rys.39. Automat do gry w szachy
skonstruowany przez Wolfganga von
Kempelena*

Jak więc działało największe „oszustwo” Kempelena, którego jednak nikt nie zdołał mu udowodnić za jego życia?

Urządzenie składało się z obszernej skrzyni, na której znajdowała się przymocowana do blatu szachownica i drewnianej figury, wielkości mniej więcej dorosłego człowieka, ubranej w tradycyjny turecki strój – bardzo modny w osiemnastowiecznej, zachwyconej orientem Europie. W jednej ręce postać trzymała długą fajkę, z której od czasu do czasu wydobywał się dym, drugą przenosiła pionki szachowe, a skinieniem głowy informowała o wszystkich szachach. Na życzenie widzów Kempelen otwierał wszystkie drzwiczki skrzyni, rozbierał manekina z ubrania, ukazywał jego wnętrze, by przekonać widzów, że poza systemem przekładni, turbin i łożek nic więcej się nie znajduje.

Nie było także możliwość, aby ktoś mógł wejść do jego wnętrza przy pomocy zapadni ukrytej w podłodze. Automat stał na kółkach! Pokaz gry odbywał się z reguły w gabinecie konstruktora. Widzowie stali za balustradą (aby nie dotykać szachownicy), Kempelen podchodził do wynalazku, nakręcał tryby i rozpoczynała się gra.

Jednak Kempelen, jak można było się spodziewać, nie stworzył maszyny samodzielnie grającej w szachy, gdyż nie pozwalała na to ówczesna technika. Dzięki wymyślnej konstrukcji wnętrza w Turku chowali się najlepsi szachiści tamtych czasów. A więc, było to mistrzowskie połączenie człowieka z maszyną – dzisiaj określilibyśmy je mianem cyborga.

Jak więc siedzący wewnątrz szachista mógł grać? Cała sztuczka polegała na widzeniu szachownicy „od tyłu”, a sterowanie ręką *Turka* umożliwiały magnesy przymocowane na nitkach pod szachownicą – podnoszenie i stawianie figur na planszy powodowało „odpadanie” i „przyklejanie” się magnesów. Wnętrze, w którym siedział ukryty gracz, oświetlane było świecą, a jej dym ulatniał się przez tajemniczą fajkę. Ponadto Kempelen odpowiednio wygłuszył skrzynię, aby zapobiec wydostawaniu się dźwięków powodowanych przez ukrytego człowieka.

Czy wiesz, że ...

Po raz pierwszy Wolfgang von Kempelen zaprezentował swego „automatycznie” grającego szachistę w Bratysławie (wtedy Preszburgu) w 1769 roku. Przez następnych 85 lat zarówno w Europie, jak i w Ameryce Północnej, gdzie dotarł słynny „gracz” zastanawiano się, w jaki sposób działa i na czym polega jego tajemnica.

Po śmierci Kempelena w 1804 roku *Turka* nabył Johann Nepomuk Maelzel - słynny konstruktor katarynek i „panharmonikonów” (instrumentów zbudowanych z ponad 250 pojedynczych instrumentów), przyjaciel Beethovena (skonstruował dla niego trąbkę słuchową). Maelzel kontynuował objazdy po dworach europejskich, a w 1826 roku wywiózł automat do Stanów Zjednoczonych. Być może przyczyną jego wywieżenia było zdradzenie tajemnicy działania w 1820 roku przez jednego z zatrudnionych szachistów, chorego na alkoholizm, i uznano, że rewelacja ta jest próbą wyłudzenia pieniędzy. W Stanach Zjednoczonych tajemnica pozostawała nierozwiązana aż do 1834 roku, kiedy to

jedno z francuskich czasopism opublikowało szczegółowy opis konstrukcji automatu.

Kiedy nastąpił kres popularności *Turka*, „automat” został sprzedany, a jego nabywca dr John Mitchell przekazał go w 1840 roku muzeum w Filadelfii. Czternaście lat później, po upływie 85 lat od jego pierwszego pokazu, *Turek* spłonął w czasie pożaru muzeum.

I choć może *Turek* nie był genialną maszyną z wpisanym w program algorytmem ruchów, to był genialnym dziełem z pogranicza magii i nauki, z którym zażarte pojedynki stoczyli wielcy tego świata, a wśród nich:



Cesarzowa Austrii **Maria Teresa Habsburg** (1717 – 1780), której jako pierwszej z głów koronowanych Kempelen przedstawił swojego *Szachistę*.

Choć dzięki jej reformom administracji, sądownictwa, oświaty, armii i finansów Austria pod jej panowaniem stała się mocarstwem europejskim, a stolica Wiedeń drugim, po Paryżu, ośrodkiem sztuki, kultury, życia towarzyskiego i mody w Europie, to nam Polakom kojarzy się jako ta, która wraz z Prusami i Rosją dokonała I rozbioru Polski w 1772 roku.

Jej córka Maria Antonina, żona Ludwika XVI, poniosła w czasie Rewolucji Francuskiej śmierć przez ścięcie na gilotynie

Rys.40. Maria Teresa Habsburg

Caryca Rosji **Katarzyna Wielka** (1729 – 1796) podziwiana przez zachodnich filozofów za mądrość i umiłowanie wiedzy, osoba odcytana, interesująca się europejską kulturą i sztuką, wspierająca rozwój Rosji we wszelkich dziedzinach. W czasach jej panowania światową sławę zyskał Uniwersytet Moskiewski oraz Akademia Nauk. Rządziła niezwykle twardą ręką. Zezwoliła szlachcie na handel chłopami i zsyłanie buntowników na Syberię, krwawo tłumiła wszelkie bunty. Prawdopodobnie zgładziła swojego małżonka cara Piotra III. Wraz z cesarzową Austrii Marią Teresą i królem Prus Fryderykiem Wielkim, caryca dokonuje pierwszego rozbioru Polski. Bierze także udział w dwóch następnych (1792, 1795)

Prawdopodobnie, *Turek* wygrał partię szachów z Katarzyną II, która w gniewie kazała skonfiskować maszynę. We wnętrzu skrzyni znaleziono beznogiego człowieka (prawdopodobnie polskiego powstańca), który nadawał ruch ręce *Turka*.



Rys.41 Katarzyna II Wielka



Franciszek II Habsburg (1768 – 1835) król Czech i Węgier, cesarz Austrii (jako Franciszek I), ojciec Marii Ludwiki, drugiej żony Napoleona Bonaparte. Zajęty wojną z rewolucyjną Francją nie brał udziału w tłumieniu powstania kościuszkowskiego, ale w 1795 roku wziął udział w III rozbiorze Polski.

Rys.42. Franciszek II Habsburg

Napoleon I Bonaparte (1769 – 1821) – cesarz Francuzów, jeden z najwybitniejszych wodzów. Polacy wiązali z nim ogromne nadzieje na odbudowę zaanektowanej przez trzy mocarstwa ojczyzny. Dla Napoleona myśl ta była tylko jednym z elementów gry politycznej – dążył przeciw do hegemonii Francji. Choć zawiódł nadzieje Polaków (utworzył jedynie Księstwo Warszawskie), to legenda napoleońska był żywa w Polsce przez cały XIX wiek, a popiersie lub portret Bonapartego można było znaleźć w każdym „obywatelskim” domu.

Napoleon był świetnym szachistą, choć podobno został pokonany przez *Turka*. Jeśli chcesz się dowiedzieć o próbie zamachu na Napoleona i roli, jaką miał w nim odegrać *Turek* przeczytaj sensacyjną książkę Waldemara Łysiaka „Szachista”.

Rys.43. Portret Napoleona pędzla Andrea Appiani



Charles Babbage (1791-1871) - angielski matematyk, astronom i mechanik, autor tablic logarytmicznych. Owładnięty ideą gromadzenia i opracowania liczb i faktów, poświęcił 35 lat życia na konstruowanie maszyn liczących. Szczególnie ważnym pomysłem Babbage'a była maszyna analityczna, która okazała się koncepcją rewolucyjną. Co prawda, nie doczekała się ona realizacji praktycznej, jednak jej konstrukcja posłużyła późniejszym twórcom (głównie Jonowi von Neumannowi) do opracowania dzisiejszych komputerów.

Rys. 44 Charles Babbage

Benjamin Franklin (1706 – 1790) – uczony, filozof, wolnomularz i polityk amerykański. Był jednym z "Ojców Założycieli" (wiosną 1776 roku został powołany do pięcioosobowego komitetu), współautorem amerykańskiej Deklaracji Niepodległości oraz konstytucji. W 1776 roku odbył podróż do Francji, przekonując Francuzów do finansowego wsparcia amerykańskiej rewolucji. Dążył do

zniesienia niewolnictwa. Pokojowy traktat z 1783 roku, zawarty przez niego z pokonaną Anglią, jest nadal uważany za jeden z największych triumfów amerykańskiej dyplomacji.

Opatentował kilka wynalazków – m.in. wynalazł piorunochron, fotel bujany i okulary dwuogniskowe. Odkrył także i opisał prąd zatokowy (Golfsztrom). Ku jego czci jednostkę ładunku elektrycznego w układzie CGS nazwano franklinem. Naukową i polityczną działalność Franklin streszcza łaciński napis na jego popiersiu w Paryżu (w j. polskim brzmi: „grom wydał niebu a berta tyranom”). Obecnie jego podobizna znajduje się na banknocie 100 dolarowym.



Rys.45. Benjamin Franklin

W trzystu udokumentowanych partiach „Turek” poniósł zaledwie sześć porażek.

W dziewiętnastym stuleciu jeszcze kilkakrotnie pojawiały się automaty podobne do tego stworzonego przez Kempelena. Dopiero w drugiej połowie XX wieku wraz z rozwojem mikrokomputerów maszyny zaczęły w pełni samodzielnie grać w szachy. Początkowo siła ich gry pozostawiała wiele do życzenia, co było spowodowane niską mocą obliczeniową oraz ówczesnym stanem badań nad sztuczną inteligencją. Dzisiaj, po kilkudziesięciu latach pracy naukowców i programistów, dostępne na rynku programy grają już niemal tak dobrze jak najlepsi zawodnicy na świecie

W czasie, gdy jedni wynalazcy budowali zabawki – androidy, inni tworzyli podwaliny pod automatykę przemysłową, która do zakładów produkcyjnych zaczęła wchodzić w drugiej połowie XVIII wieku. Na początku wykorzystane zostały regulatory. Najstarszym z nich był regulator ciśnienia (zawór bezpieczeństwa) wynaleziony przez **Denisa Papina** jeszcze w XVII wieku i zastosowany w jego autoklawie.



Czy wiesz, że ...

Denis Papin (1647 – 1712) był francuskim uczonym, doktorem medycyny i fizyki, profesorem matematyki, wynalazcą napędu parowego. W 1681 roku przedstawił *Kociołek Papina*, będący pierwowzorem autoklawu i szybkowaru. To właśnie w tym *Kociołku* zastosował, wynaleziony przez siebie w 1674 roku, zawór bezpieczeństwa.

Denis Papin skonstruował również pierwszy tłokowy silnik parowy, który napędzał pompy w fontannach księcia elektora Hesji.

Rys. 46. Denis Papin

Autoklaw to ogrzewane, hermetycznie zamknięte naczynie metalowe, w którym prowadzi się różne procesy chemiczne (przeważnie w fazie ciekłej), przebiegające w podwyższonej temperaturze i pod zwiększonym ciśnieniem. Ciepło potrzebne do wytworzenia i ewentualnie przegrzania pary powstaje w wyniku spalania paliwa w palenisku kotłowym, lub jest doprowadzane z zewnątrz (tzw. kotły bezpaleniskowe, w których źródłem ciepła są gorące gazy wytworzone w innym urządzeniu, prąd elektryczny lub energia słoneczna).

Autoklawy są stosowane także do wyjaławiania produktów spożywczych m.in. konserw, środków farmakologicznych, materiałów opatrunkowych, narzędzi chirurgicznych, szkła laboratoryjnego



Rys.47. Autoklaw Denisa Pepina

Kolejnymi automatami przemysłowymi były: regulator poziomu w kotle parowym skonstruowany w 1765 roku przez rosyjskiego mechanika i wynalazcę **Iwana Polzunowa** (1728 – 1766) (będącego również konstruktorem przemysłowej dwucylindrowej maszyny parowej z regulowanym dopływem wody oraz mechanizmem rozrządu pary i wody) oraz regulator prędkości obrotowej maszyny parowej zbudowany w 1784 roku przez **Jamesa Watta**.

Czy wiesz, że ...

James Watt (1736 – 1819) to szkocki inżynier i wynalazca.

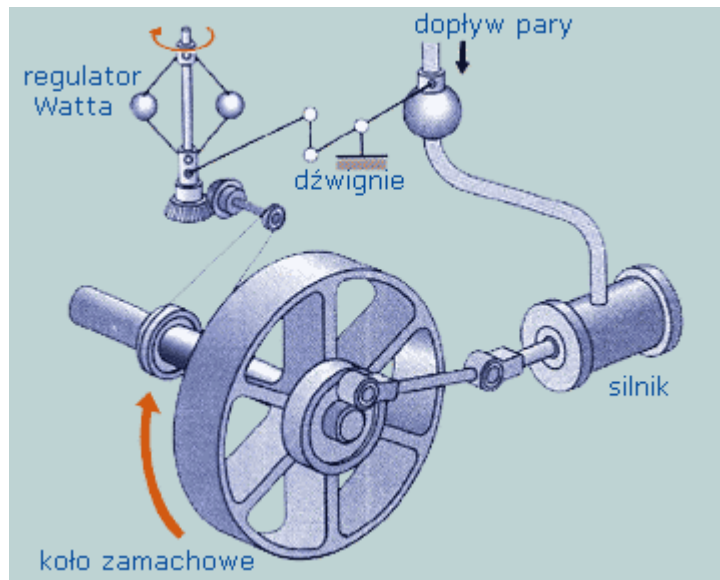
A taką oto informację można przeczytać o nim na stronie internetowej <http://www.wynalazki.mt.com.pl/twor/watt.html>: „Był bardzo chorowitym dzieckiem i rodzice obawiali się posyłać go do szkoły. Początkowo nic nie wskazywało na jakieś szczególne uzdolnienia młodego Jamesa. Można jednak powiedzieć o nim, że był tzw. "złotą rączką" - potrafił naprawić precyzyjny instrument pomiarowy oraz zrobić instrument muzyczny, cyrkiel czy kompas. W takim właśnie charakterze podejmuje pracę na uniwersytecie w Glasgow. Tam właśnie trafia do jego rąk maszyna Newcomena. Po starannym zbadaniu szybko wykrywa jej podstawowe wady i wprowadza cały szereg poprawek - można przyjąć rok 1769 za datę jej ulepszenia. Watt zastosował chłodnicę oraz wprowadził parę o ciśnieniu wyższym od atmosferycznego



Rys. 48. James Watt

W roku 1774 założył z przedsiębiorcą M. Boultonem pierwszą w świecie wytwórnię maszyn parowych w Soho pod Birmingham. Dwa lata później powstała pierwsza z jego maszyn, której ... nikt nie chciał kupić mimo doskonałych osiągnięć. Dopiero pomysł, żeby wykupić w kopalniach stare maszyny, wstawiając w to miejsce za darmo nowe, żądając za to "tylko" jednej trzeciej wartości zaoszczędzonego paliwa ruszył sprawę z miejsca. Szybko okazało się, że pomysł był strzałem w dziesiątkę. Pieniądze za zaoszczędzone paliwo zaczęły płynąć do spółki szerokim strumieniem. W roku 1782 zbudował parowy silnik dwustronnego działania, o wydajności znacznie większej niż wcześniejsze modele.”

W uznaniu jego zasług dla techniki, od jego nazwiska przyjęto nazywać jednostkę mocy watem.



Rys. 49 Regulator prędkości obrotowej Watta

Regulator prędkości obrotowej służył do automatycznej kontroli pracy silnika. Regulator składał się z dwóch lub trzech kul umocowanych na przegubowych dźwigniach do wrzeciona obracanego przez silnik. Gdy wzrastała prędkość obrotów silnika, kule wirujące wokół wrzeciona odchylały się na zewnątrz pod wpływem siły odśrodkowej blokując dopływ pary do silnika i tym samym zmniejszając prędkość obrotową silnika. Przy zmniejszaniu obrotów silnika, działanie regulatora było odwrotne.

Pozwalało to utrzymywać stałą prędkość obrotów koła zamachowego a co za tym idzie wszystkich maszyn podłączonych do danej jednostki napędowej.

Pierwszym automatem obróbkowym było „dzieło” **Christophera Spencera** (1833 – 1922) z USA, który w 1873 roku rozbudował tokarkę rewolwerową w *automatyczną obrabiarkę Hartford* i w której krzywki sterowały dźwigniami przesuwającymi obrabiane przedmioty i zmieniały narzędzia. Automat Spencera wytwarzał [początkowo w dużych ilościach] śruby, nakrętki i koła zębate do maszyn do szycia. Ponadto Spencer założył wkrótce Hartford Machine Skrew Company, której automatyczne obrabiarki stały się przykładowymi dla tworzącego się przemysłu budowy maszyn i przyczyniły się do rozwoju ręcznie sterowanych obrabiarek. 181

Omawiając historię automatyki nie sposób zapomnieć o automatach użytkowych budowanych w okresie od XVII do początku XX wieku. Miały one różnorakie przeznaczenia (niekiedy dość dziwaczne), ale bez nich nie mielibyśmy obecnie takiej ilości urządzeń automatycznych, z których korzystamy codziennie, z rzadka sobie uświadamiając, że są to automaty użytkowe. A oto garść przykładów 1121:

Już od 1615 roku w angielskich oberżach pojawiły się automaty do sprzedaży – były to *uczciwe skrzynki z tytoniem*. Wrzucenie pensa powodowało otwarcie skrzynki i można było sobie nabić fajkę. Użytkowano je aż do XX wieku.

W Niemczech w 1867 roku Carl Adego opatentował automat do sprzedaży chusteczek do nosa, papierosów i słodyczy.

Dużym sukcesem cieszył się automat Percivala Everitta zainstalowany na stacji metra Mansion House w Londynie w kwietniu 1883 roku. Przeznaczony był do sprzedaży pocztówek.

25 listopada 1887 roku utworzono firmę Sweetmeat Automatic Delivery, organizującą sieć automatów w całym kraju. Choć już wtedy ludzie starali się oszukiwać automaty i zamiast pieniędzy wrzucali do nich papierki, śmieci itp., to już po dwóch latach firmie udało się tak opanować rynek, że z automatów można było kupić: papierosy, jajka, chininę, herbatniki, perfumy, chustki do nosa, mleko skondensowane, ręczniki, cukier i polisy ubezpieczeniowe. Od roku 1888 w USA zaczęto sprzedawać w automatach gumę do żucia.

W połowie lat dziewięćdziesiątych XIX wieku, mieszkańcy Corinne w stanie Utah mogli automatycznie otrzymać świadectwo rozvodu, wrzuciwszy w jeden otwór maszyny dwa srebrne dolary a półdolarówkę w otwór sąsiedni.

W Niemczech 1895 roku uruchomiono automat z ciepłymi posiłkami, a 1924 roku można było kupić w automacie amerykański doktorat za równowartość jednego dolara.

Dalsze „wynałazki” automatów doprowadzają do powstania w latach dwudziestych XX wieku nowej dyscypliny naukowej – **automatyki**, obejmującej teorię konstruowania automatów i automatyzacji, tj. samodzielnego regulowania, sterowania i kontrolowania różnych procesów i czynności.

Automatyzacja przemysłu rozwinęła się na szeroką skalę w Stanach Zjednoczonych po I wojnie światowej – głównie w dziedzinach technologii chemicznej i przesyłania energii elektrycznej. W 1923 roku w USA rozpoczęła pracę pierwsza **automatyczna linia produkcyjna**.

Tak duży postęp w automatyce stał się możliwy w wyniku licznych odkryć i wynalazków pozwalających na mierzenie wielkości fizycznych (np. napięcia elektrycznego) i mechanicznych (np. ciśnienia), a także w wyniku rozwinięcia umiejętności łączenia mierników tych wielkości z urządzeniami sterowania i regulacji.

Następne wynalazki, m.in. radar, półprzewodniki, urządzenia elektroniczne i izotopowe, pozwoliły na skonstruowanie jeszcze bardziej skomplikowanych automatów, takich jak: automatyczny pilot w lotnictwie, sternik automatyczny w żegludze oraz całe systemy, np. układ samoczynnego hamowania pociągów na trasach kolei podziemnych o bardzo dużym ruchu.

Duży wpływ na rozwój automatyki związanej z lotnictwem miał **pierwszy bezzałogowy lot** w dniu 1 sierpnia 1947 roku. Dzięki zastosowaniu bardzo skomplikowanego automatu samolot typu Douglas 054 Skymaster przeleciał nad Oceanem Atlantyckim trasę o długości 3840 km bez pilota. Automatyczny pilot zainstalowany na pokładzie samolotu zawierał aparaty: utrzymujące równowagę samolotu, startu, lądowania, zdalnego sterowania falami radiowymi oraz maszynę matematyczną. Maszyna ta odbierając sygnały radiowe stacji sterujących, umieszczonych na trasie lotu, obliczała aktualne położenie samolotu i na tej podstawie sterowała aparaturą pilotażu. Ta sama maszyna sterowała również rozruchem silników, startem i końcowym lądowaniem samolotu. I51

Po II wojnie światowej następuje kolejny skok w poziomie automatyzacji przemysłowej – w latach pięćdziesiątych zaczyna się wykorzystywać **obrabiarki sterowane numerycznie**, w latach siedemdziesiątych **roboty przemysłowe i zautomatyzowane magazyny**, a w latach osiemdziesiątych buduje się **całkowicie zautomatyzowane linie produkcyjne**. Do spektakularnych osiągnięć tych lat należą „fabryki bez ludzi”, w których roboty przemysłowe są produkowane przez roboty i to bez nadzoru ze strony człowieka. Pracownicy zajmują się tylko zaopatrzeniem w surowce, zbytem wyrobów oraz konserwacją urządzeń.

Na taki rozwój automatyzacji ogromny wpływ miały urządzenia elektroniczne, a w szczególności komputery. To one właśnie zaczęły wspomagać człowieka w sterowaniu i kontrolowaniu złożonych procesów produkcyjnych oraz w zarządzaniu zakładami produkcyjnymi. W dalszych latach rozwój techniki cyfrowej w zakresie przesyłania informacji między komputerami umożliwił połączenie sterowania wytwarzaniem i transportem materiałów z zarządzaniem produkcją – powstało zintegrowane komputerowo wytwarzanie CIM. W latach dziewięćdziesiątych został utworzony w USA taki zintegrowany system, w którym w czasie kilkunutowej rozmowy z klientem mającej na celu uzgodnienie z nim indywidualnych cech zamawianego wyrobu, następuje sprawdzenie posiadania w magazynach wszystkich niezbędnych materiałów i podzespołów oraz zaplanowanie produkcji tego egzemplarza wyrobu. Czynności sprawdzenia i planowania zajmowała komputerowo zaledwie od kilku do kilkunastu sekund!

Ostatnie dwadzieścia lat XX wieku, to już nie skok w rozwoju automatyki, ale „sprint”. „Pani Automatyka panoszy się” już nie tylko w przemyśle, ale w całym naszym życiu – w domach, biurach, szpitalach, transporcie, badaniach naukowych itp. Żelazka z termoregulatorami, pralki automatyczne, odkurzacze, aparaty fotograficzne, zabawki, faksy, kopiarki, bankomaty, tomografy komputerowe, protezy kończyn, automatyczne skrzynie

biegów, hamulce przeciwoślizgowe ABS, radia wyszukujące samoczynnie stacje nadawcze, światła na skrzyżowaniach ulic, samodzielnie otwierające się drzwi do sklepów itp. – to urządzenia, które znamy i z których korzystamy. Dzięki automatyce możliwe było zrealizowanie odwiecznych marzeń człowieka – loty na Księżyc oraz w kierunku Marsa, Wenus i innych planet, zajrzenie w głębie morskie i czeluście wulkanów.

Współcześni automatycy nie ustają w swoich poszukiwaniach i każdego dnia zaskakują nas swoimi pomysłami. Wspierani przez naukowców z innych dziedzin: elektroników, nanoelektroników (zajmujących się inżynierią operującą w skali nanometrów – miliardowych części metra!), chemików, biologów, mechaników tworzą nowe urządzenia i rozwijają nowe dziedziny naukowe: **robotykę, mechatronikę, bionikę, domotykę**. Przodują w tym Japończycy i Amerykanie.

Jaki będzie dalszy rozwój automatyki? Jaka będzie jej dalsza historia? To już będzie zależało od geniuszu i pracowitości wielu, wielu ludzi. Dalszy postęp techniczny będzie wymagał od każdego z nas rozwoju umysłowego i specjalizowania się w wybranych dziedzinach. Ważne jest jednak, by w tym pędzie do wiedzy i dalszego „odkrywania” nie zapomnieć o najważniejszym – o Człowieku! Nie wolno dopuścić do tego, aby postęp techniczny krzywdził lub narażał na niebezpieczeństwo. Dbajmy więc o dobro wszystkich ludzi i oprócz rozumu rozwijajmy wrażliwość na potrzeby innych.

Źródła:

Tekst na podstawie:

1. Bolesław Orłowski „Zwykłe i niezwykłe losy wynalazków”; Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza; Warszawa 1989
2. Władysław Kopaliński „Opowieści o rzeczach powszednich”; Instytut Wydawniczy Nasza Księgarnia; Warszawa 1990
3. Juliusz Jerzy Herlinger „Niezwykłe perypetie odkryć i wynalazków”; Nasza Księgarnia; Warszawa 1985
4. Manfred Niekisch „Komputery i roboty”; Atlas; Wrocław 2001
5. Praca zbiorowa pod redakcją: Bolesława Orłowskiego, Zbigniewa Płochockiego i Zbigniewa Przyrowskiego „Encyklopedia odkryć i wynalazków”; Wiedza Powszechna; Warszawa 1979
6. Andrzej Machalski „Od młota kamiennego do rakiety kosmicznej”; Wydawnictwa Naukowo – Techniczne; Warszawa 1964
7. Peter James i Nick Thorpe „Dawne wynalazki”; Świat Książki; Warszawa 1997
8. Praca zbiorowa pod kierunkiem Mariana B. Michalina „Kronika techniki”; Wydawnictwo Kronika; wyd. I; Warszawa 1992
9. Michael Hart „100 postaci, które miały największy wpływ na dzieje ludzkości”; licencyjne wydanie Wydawnictwa Puls za zgodą BM Sp. z o.o. VI 0/Warszawa – Świat Książki 1994
10. Praca zbiorowa pod redakcją Romana Marcinka „Ilustrowana encyklopedia dla dzieci i młodzieży; Copyright by Wydawnictwo Ryszard Kluszczyński; Kraków 1997
11. strona internetowa: <http://www.wynalazki.mt.com.pl/wyn/automat.html>
12. strona internetowa: www.wynalazki.mt.com.pl/twor/Leonardo.htm/
13. strona internetowa: www.discoverychannel.pl/lotnictwo/pionierzy_lotnictwa/leonardo_da_vinci/index.shtml
14. strona internetowa: <http://www.zwoje-scrolls.com/zwoje39/text23.htm>
15. strona internetowa: <http://pl.wikipedia.org/wiki/>
16. strona internetowa: <http://en.wikipedia.org/wiki/>
17. strona internetowa: <http://robo.pl/index.php?id=0301&jezyk=0>
18. strona internetowa; <http://portalwiedzy.onet.pl/9246,1235626.czasopisma.html>

19. strona internetowa:

http://www.chip.pl/archiwum/printversion/printversion_13125.html

20. strona internetowa: <http://www.magicart.pl/story.htm>

Rysunki pochodzą z:

Rys. 1 - <http://pl.wikipedia.org/wiki/Homer>

Rys. 2 – pozycja 151 str. 415

Rys. 3 – pozycja 181 str. 62

Rys. 4 – <http://baskarc.4mg.com/images/cbfig/archimedes.jpg>

Rys. 5 – <http://www.the-funneled-web.com/images/Archimedes.gif>

Rys. 6 – pozycja 171 str. 117

Rys. 7 - pozycja 171 str. 108

Rys. 8 – pozycja 161 str. 64

Rys. 9 – pozycja 171 str. 125

Rys. 10 – pozycja 161 str. 205

Rys. 11 – pozycja 171 str. 127

Rys. 12 – [http://pl.wikipedia.org/wiki/Roger Bacon](http://pl.wikipedia.org/wiki/Roger_Bacon)

Rys. 13 - [http://pl.wikipedia.org/wiki/ Albert Wielki](http://pl.wikipedia.org/wiki/Albert_Wielki)

Rys. 14 – http://wikipedia.org/wiki/Malarstwo_renesansowe

Rys. 15 - http://pl.wikipedia.org/wiki/Mona_Lisa

Rys. 16 -

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/ba/Leonardo_self.jpg/200px-Leonardo_self.jpg

Rys. 17-

[http://gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_projekt_helikoptera_\(srubowca\)_1487-90.jpg](http://gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_projekt_helikoptera_(srubowca)_1487-90.jpg)

Rys. 18 - http://www.gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_bron_wielolufowa.htm

Rys. 19 -

http://gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_urzadzenie_sprezynowe.jpg

Rys. 20 -

http://gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_rys_przyrzadow_do_dzwigania_wody_1480-82.JPG

Rys. 21 -

http://gnosis.art.pl/iluminatornia/sztuka_o_inspiracji/leonardo_da_vinci/leonardo_projekt_ogromnej_kuszy.htm

Rys. 22 - http://m.onet.pl/_m/93d3efe30cf58c4cc1ea964d34b78a0c,14,1.jpg

Rys. 23 -

<http://images.google.pl/imgres?imgurl=://images.encarta.msn.com/xrefmedia/sharemed/targets/images/pho/t014/T014>

Rys. 24 - http://www.dorlingkindersley-uk.co.uk/static/cs/uk/11/clipart/flight/img/image_flight008.jpg

Rys. 25 – pozycja 151 str. 23

Rys. 26 – <http://www.astromia.com/bografias/fotos/regiomontanus.jpg>

Rys. 27 – <http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.data.image.k/k487208a.jpg>

Rys. 28 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Jacques_de_Vaucanson

Rys. 29 - <http://robo.pl/index.php?id=0301&jezyk=0>

Rys. 30 -[http](http://www.swarthmore.edu/Humanities/pschmid1/essays/pynchon/vaucanson.htm)

[://www.swarthmore.edu/Humanities/pschmid1/essays/pynchon/vaucanson.htm](http://www.swarthmore.edu/Humanities/pschmid1/essays/pynchon/vaucanson.htm)

Rys. 31 - <http://www.chaux-de-fonds.ch/fr/culture/visite/images/jaquetdroz.jpg>

Rys. 32 - <http://usuarios.lycos.es/tecnocddvd/Presen3.jpg>

Rys. 33 - <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/21/Automates-Jaquet-Droz-p1030496.jpg/180px-Automates-Jaquet-Droz-p1030496.jpg>

Rys. 34 - <http://content.answers.com/main/content/wp/en-commons/thumb/a/af/180px-Automates-Jaquet-Droz-p1030415.jpg>

Rys. 35 - <http://www.takimo.de/lexikon/droz1.jpg>

Rys. 36 - <http://www.takimo.de/lexikon/droz1.jpg>
Rys. 37 - http://www.automates-anciens.com/pages_principales/jaquetdroz.htmw
Rys. 38 - <http://www.wynalazki.mt.com.pl/twor/kempelen.html>
Rys. 39 - http://broadcasting20.org/wp-content/uploads/2006/03/2006_03_14_mechanical_turk.jpg
Rys. 40 -
http://pl.wikipedia.org/wiki/Grafika:Kaiserin_Maria_Theresia_%28HRR%29.jpg
Rys. 41 -
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1f/Cath2russia.jpg/250px-Cath2russia.jp>
Rys. 42 – <http://upload.wikimedia/commons/thumb/8/86/Hw-francis.jpg/200px-Hw-francis.jpg>
Rys. 43 – http://upload.wikimedia/commons/thumb/9/99/Andrea_Appiani_002.jpg/250px-Andrea_Appiani_002.jpg
Rys. 44 – <http://upload.wikimedia/commons/thumb/8/82/CharlesBabbage.jpg/200px-CharlesBabbage.jpg>
Rys. 45 – [http://upload.wikimedia/commons/thumb//2/2f/Benjamin_Franklin by Jean-Baptiste Greuze.jpg/180px-Benjamin Franklin by Jean-Baptiste Greuze.jpg](http://upload.wikimedia/commons/thumb//2/2f/Benjamin_Franklin_by_Jean-Baptiste_Greuze.jpg/180px-Benjamin_Franklin_by_Jean-Baptiste_Greuze.jpg)
Rys. 46 -
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/Denis_Papin.jpg/250px-Denis_Papin.jpg
Rys. 47 - <http://www.wynalazki.mt.com.pl/wyn/autok.html>
Rys. 48 - <http://www.gcse.com/energy/images/jameswatt.gif>
Rys. 49 - <http://www.wynalazki.mt.com.pl/wyn/regulator.html>