





BIBLIOTEKA NAUKOWA

INŻ. H. DOMINIK

~~6287~~  
62

# ZDOBYCZE TECHNIKI

Z 171 ILUSTRACJAMI

PRZEŁOŻYŁ  
INŻ. ZYGMUNT CHELMONSKI

WARSZAWA.  
WYDAWNICTWO J. PRZEWORSKIEGO

#  
62  
Dom  
Zdo

MIEJSKA  
BIBLIOTEKA PUBLICZNA  
w Radomiu



3634

608

ZAKŁADY GRAFICZNE „FENIKS”, WARSZAWA  
792

## PRZEDMOWA

Większość ludzi pod pojęciem techniki wyobraża sobie coś potężnego i ogromnego, i gdy zachodzi mowa o zdobyczach, tryumfach techniki lub wielkich dziełach technicznych, ludzie ci ujmują te rzeczy podświadomie w skali amerykańskiej — myślą o niezwykle wysokich wieżach lub długich mostach, o olbrzymich elektrycznych czy parowych maszynach, niesłychanie szybkich samochodach i samolotach.

Pojmowanie takie jest jednak dalekie od istoty rzeczy. Właśnie bowiem największe tryumfy w dobie dzisiejszej osiąga technika w rzeczach małych — rzec można, nieraz wprost niepozornych przyrządach i maszynach.

Kilka przykładów najlepiej to wyjaśni.

Każde przedsięwzięcie handlowe musi być oparte na rachunku, i zanim przystąpi się do zakładania nowego przedsiębiorstwa, muszą przedtem być obliczone koszty jego prowadzenia i opłacalności.

Wieloznakowe cyfry muszą być mnożone, dzielone; obradujący założyciele próbują dokonać tego na papierze, lecz szybko opadają im ręce. Wówczas jeden z nich wyjmuje ze skózanego futerału niedużą maszynkę i poczyną naciskać w niej guziczki i kręcić korbką. Maszynka działa posłusznie — coś w niej



stuka i szczyka, i w rezultacie, z szybkością nadzwyczajną, podaje jaknajdogodniejszy do odczytania wynik obliczenia.

Jest to obecnie spotykana bardzo często, t. zw. maszyna do liczenia, będąca doskonałym wynikiem pięćdziesięcioletniej pracy wynalazców i konstruktorów. Szybko i pewniej niż najlepszy rachmistrz rozwiązuje ona, bez błędu, prawidłowo, wszelkie zadania liczenia. W postaci dużego solidnego aparatu znajduje się dziś tysiącami w biurach i oszczędza ludziom wyczerpującej nerwy pracy rachowania.

W czasie narad jeden z uczestników chce zatelefonować. Wystarcza mu na to jedynie kilka ruchów palcem na tarczy obrotowej. Sześć ruchów i sześć sekund czasu — i w dwadzieścia sekund po zdjęciu słuchawki z widełek zgłasza się wywołany. Telefon automatyczny, dzięki poruszeniu tarczy, sam wynalazł go wśród miliona abonentów.

Na stacji telefonicznej, oddalonej o wiele kilometrów od sali obrad, natychmiast maleńkie, pomysłowe aparaty elektryczne zaczynają biegać, chwytac, wybierać za każdym posunięciem palca telefonującego, sto-dziesięciotysięczne cyfry żadanego numeru, chwytając je z nieomylną pewnością.

Taka automatyczna „centrala” telefoniczna jest właśnie również rekordem, tryumfem techniki i stoi, gotowa zawsze bez pomocy człowieka do usług. Tysiące maleńkich elektrycznych „robotników” pracują samodzielnie, automatycznie, zastępując siłę i umysł ludzi.

Okręt lub samolot poszukuje drogi podczas burzy i mgły — maleńki przyrząd wskaże mu ją nieomylnie;

nie; wiele razy pewniej, sto razy niezawodniej, niż dawne kompasy magnesowe. Istotę tego dowcipnego przyrządku, wielkości pięści, stanowi krążek, obracający się z prawie niepojętą szybkością 500 obrotów na sekundę i ustawiający się przytem zawsze ściśle w kierunku północy.

Jest to również owoc wieloletniej pracy i doświadczeń wynalazców, zapewniający komunikacji po wodzie i powietrzu nieprzewidywane zabezpieczenie.

Tych kilka przykładów powinno wystarczyć, aby wyjaśnić co niniejsza książka rozumie przez tytuł „Zdobycze techniki”. Mianowicie—genjalne rozwiązania zagadnień technicznych, które przez długie czasy wydawały się nie do rozwiązania, aż wreszcie nastąpił moment, gdy człowiek zwyciężył opór przyrody i wydarł jej tajemnice.

Książka dotyka rozlicznych dziedzin i traktuje o zagadnieniach i przyrządach mechanicznych, elektrycznych, optycznych, akustycznych. Często występują nowe osobliwe kombinacje pojęć i nazw, jak np. elektro-akustyka, elektro-optyka i t. p., gdyż obecnie przeważnie tylko na drogach zahaczających się nieraz wielokrotnie i wiążących się ze sobą mogą być rozwiązywane te zadania, jakie dzisiejsza doba stawia technice.

Wszystko to, o czym traktuje niniejsza książka, znajduje się jeszcze wciąż w stanie płynnym rozwoju i doskonalenia, i jedynie drobną tylko część tego można znaleźć w ogólnych podręcznikach. Pożądane jednak jest, aby nawet laicy, nie fachowcy, poznawali te rzeczy w ich istocie, gdyż z dnia na dzień

coraz więcej wchodzą one w życie codzienne i wywierają na nie wpływ.

Umożliwienie zdobycia tej wiedzy, w sposób zajmujący a zarazem ile można gruntowny, jest właśnie zadaniem niniejszej książki.

H. D.

## I

### UTRWALONE DŹWIĘKI

Pewnego dnia w siedemdziesiątych latach ubiegłego stulecia Tomasz Alva Edison rzekł do jednego ze swych asystentów: „muszę wynaleźć maszynę, która będzie mogła zapisywać wprost mowę ludzką i powtarzać ją potem dowolną ilość razy”.

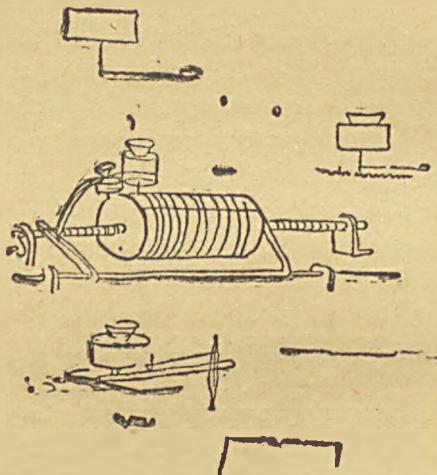
Taka była chwila narodzin fonografu.

Ze znaną swą energją i wytrwałością zabrał się Edison do nowego zagadnienia i nie później, niż w osiem dni potem posiadał już przyrząd, który w działaniu był conajmniej bardzo blisko tego, czego życzył sobie wynalazca.

Bieg myśli Edisona przy realizowaniu tego zamierzenia oznaczał się prostotą — właściwością, będącą cechą istotnie genialnych wynalazków.

Rozwazał on w następujący sposób. Elastyczna błonka pod wpływem fal dźwiękowych wykonywała pewne wahania, które całkowicie odpowiadają drganiom tych fal. Jeżeli więc połączę tę drgającą błonkę z jakimś twardym sztyftem, np. z zaostrzonego szafiru, to sztyft ten musi na miękkim walcu, umocowanym tuż pod nim i obracającym się, nacinać głębsze i płytsze wyżłobienia, stosownie do drgań błonki. Gdy zaś potem na miejsce ostrego sztyftu przymocuję do błonki kawałeczek jakiegoś szlachetnego minerału z końcem obtoczonym w kształcie kuleczki i znów będę obracał wspomniany walec, to

kuleczka będzie musiała wejść do wyłobionego przy pierwszym obracaniu kanaliku dźwiękowego i wywoływać w złączonej z nią błonce takie same drgania, jakie wykonywała pod działaniem fal dźwięko-



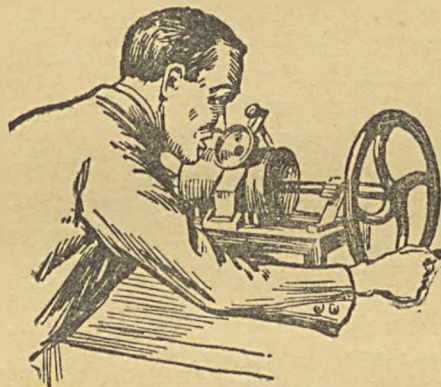
Rys. 1. Własnoręczne szkice Edisona do pomysłu fonografu.

Pośrodku widać mogący obracać się wałek; obok szkice puszek dźwiękowej.

wych. Efekt zaś praktyczny tego musi być taki, że błonka zkolei wprawi w drganie otaczające ją powietrze i przez to odtworzy te same dźwięki i słowa, jakie wryły się na walcu.

Pierwsze wykonane według tego pomysłu wzory, zbudowane podług odręcznych własnych szkiców Edisona, były oczywiście całkowicie prymitywne. Za walec służył zwykły mosiężny cylinder z korbą do

obracania, mający wyciętą na swej powierzchni, biegnącą spiralnie, cieniutką linię o trójkątnym przekroju. Cylinder ten wynalazca owijał poprostu arkuszem staniolu i umieszczał sztyft ściśle w tem miejscu,



Rys. 2. Fonograf Edisona w jednej z najpierwotniejszych postaci.

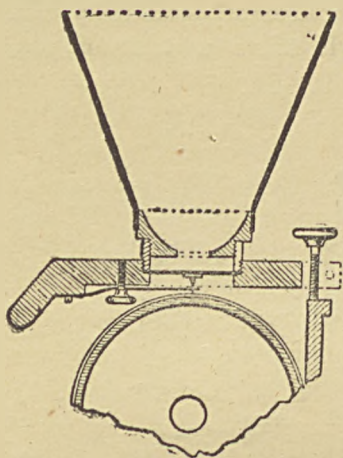
Walek obracany jest ręcznie zapomocą korby.

gdzie miękki i poddający się staniol leżał nad wyciętą spiralną linią - kanalikiem dźwiękowym.

Pomimo tak prostej konstrukcji pierwsze próby powiodły się nadspodziewanie dobrze, tak że Edison i jego asystenci zaczęli snuć marzenia o tych, może bliskich, czasach, gdy ludzie nie będą już pisywali listów, lecz wzamian będą przesyłali swoim znajomym i przyjaciółom arkusze staniolu z „namówionemi” na nich w ten sposób słowami. Ci zaś, gdy otrzymają takie arkusze, będą potrzebowali jedynie nawinąć je na



wałek własnego przyrządu, aby dowiedzieć się bez trudu treści takich listów.



Rys. 3. Detale najdawniejszej puszki głosowej przy fonografie Edisona.

Drgania membrany udzielane są stalowej sprężynie, do której przymocowana jest igła.

nego, lecz z ustalonej po setkach prób mieszaniny rozmaitych rodzajów wosku. Na takich walcach dopiero sztyft z szafiru odrysował z idealną ostrością i dokładnością fale dźwiękowe.

Wspomniany sztyft nazwał Edison „zapisywaczem” (recorder), oszlifowaną zaś kulkę „odtworaczem” (reproducer). Urządzenie takie pierwsze trzy—cztery razy oddawało mowę lub śpiew z woskowego walca jaknajdokładniej. Przy częstszych jednak powtarzaniach kuleczka zaczynała działać zniekształcająco na dźwięki i niszczyć subtelności kanałika dźwiękowe-

Jednakowoż sprawa nie szła tak gładko, jak przedstawiał sobie wynalazca w pierwszych chwilach radości z odkrycia. Okazało się bowiem, że staniol nie jest odpowiednim materiałem do przyjmowania a w następstwie — wielokrotnego oddawania zpowrotem dźwięków mowy lub śpiewu. Szybko jednak doszedł Edison sam do tego, że zaczął stosować do przyjmowania fal dźwiękowych walce z wosku; przytem nadto — nie ze zwykłego pszczel-

go. Okazywało się to przedewszystkiem w zamazywaniu odcieni, tak że np. walec zamiast „ö” lub „ä” oddawał wyraźne „e”, zamiast „ü” zaś — „i”. Przy dalszych powtarzaniach ponosiły szkodę już nawet spółgłoski — walec zaczynał szeplenić, skrzypieć, i odbiór stawał się coraz niewyraźniejszy.

Wobec takiego stanu rzeczy Edison był zmuszony rozwinąć, w zależności od dwóch różnych przeznaczeń tych przyrządów, również dwa kierunki ich konstrukcji technicznej. Zachodziła bowiem potrzeba stosowania ich, jako aparatów dyktujących lub jako aparatów muzycznych.

W pierwszym wypadku nadyktowany na walec tekst musiał, poto aby zostać przepisany, być powtórzony nie więcej niż dwa lub trzy razy. Tutaj więc najzupełniej odpowiadała zadaniu pierwotna naszkicowana już konstrukcja, składająca się z walca z właściwego rodzaju wosku, „zapisywacza” do notowania na nim dyktanda, oraz „odtworacza” dla umożliwienia usłyszenia słów w następstwie. Inaczej przedstawiała się sprawa wówczas, gdy fonograf miał być stosowany jako aparat grający. W tym wypadku bowiem walce takie, zawierające nagrane arje, wykonane przez jakichś sławnych śpiewaków, lub utwory orkiestrowe, musiały być produkowane dla sprzedaży w tysiącach egzemplarzy i przytem wymagano, aby mogły być używane do odtwarzania nieraz wiele setek razy, bez odczuwalnego zniekształcania odbioru.

Do osiągnięcia tego zadania konieczna była inna technika wykonania fonografu, i Edison przystąpił do rozwiązania zagadnienia ze zwykłym swym genju-

szem w sprawach technicznych. Wynikiem tego były sławne walce z lanego złota.

Tak jak przy poprzednich walcach, dźwięki były również przyjmowane na walec zapomocą „zapisywacza”. Następnie drogą galwanoplastyczną wykonywano z tego walca mikroskopijnie dokładną metalową odbitkę, stanowiącą negatyw pierwotnego walca, i dopiero według tego negatywu, służącego jako forma odlewnicza, były odlewane nowe walce z masy żywicznej, oczywiście o wiele twardsze i posiadające większą wytrzymałość, niż pierwotne walce „odbierające” z masy woskowej.

Ten tryb postępowania zasadniczo został utrzymany i dzisiaj, gdy obecnie fonograf został wyparty prawie całkowicie przez podobny aparat, zwany gramofonem.

Wówczas, gdy Edison opierał się zasadniczo na walcu cylindrycznym, na którym fale dźwiękowe były żłobione w postaci prostego kanału o zmiennej wciąż głębokości, niemiecki uczonec Berliner, pracując nad tem samem zagadnieniem, przyjął za podstawę gładką okrągłą tarczę. Linja fal dźwiękowych na obwodzie walca miała kształt linii śrubowej — na okrągłej tarczy opisywała spiralę.

Dalej — i to właśnie stanowi charakterystyczną cechę aparatu Berlinera — nie umieszcza on błonki-membrany równoległe do tarczy, lecz prostopadle do niej. Przy tym sposobie, przymocowany do membrany sztyft nie żłobi już kanału prostego, o różnych głębokościach, lecz odchylający się w kierunku poziomym, stosownie do fal dźwiękowych, kanał, o jedną-

kowej wszędzie głębokości. Ta różnica zasadnicza właśnie też jest wysuwana zawsze, gdy mowa o „piśmie” Edisona czy Berlinera.

Przyjęty przez Berlinera układ konstrukcyjny aparatu mówiącego, znanego dziś ogólnie jako gramofon (aczkolwiek nazwa ta jest wyłącznie przez jedną firmę zastrzeżona na podstawie prawa patentowego) nie ma zastosowania, gdy idzie o aparat do dyktowania — „dyktafon”. Przeciwstawia jednakowoż on fonografowi Edisona te właśnie przewagi, których jak powiedziano wyżej, fonograf nie posiada.

Wobec tego więc rozpatrywać szczegółowo należy dziś jedynie gramofon, jako przyrząd, stojący na wysokim stopniu rozwoju techniki.

Udamy się więc do wytwórni gramofonów i wejdziemy do sali, gdzie odbywa się właśnie nagrywanie płyt przez orkiestrę. Tu przedewszystkiem spostrzeżemy, że właściwe pomieszczenie odbiorcze, w którym znajduje się aparat przyjmujący muzykę, jest całkowicie oddzielone od sali, w której gra orkiestra — sali muzycznej — grubą masywną ścianą.

W sali odbiorczej stoi aparat odbiorczy, będący arcydziełem nowoczesnej mechaniki precyzyjnej. Posiada on m. in. rodzaj talerza, który zapomocą maszyny, poruszanej przez odpowiednie wagi, obraca się z wciąż jednakową stałą szybkością. Przed rozpoczęciem odbioru na talerzu tym umocowuje się płat woskowy okrągłego kształtu, o powierzchni absolutnie równej, odpolerowanej tak, że aż błyszczą.

Płat ten sporządzony jest z mieszaniny różnego rodzaju żywic, której skład został ustalony po wieloletnich próbach; jako składniki, wchodzi również;

zwykły wosk pszczelny oraz wosk ziemny. Dalej — również ustalona jest ścisła temperatura, jaką powinna posiadać ta mieszanina w czasie „zapisywania” na niej odbioru. Jeżeli jest wyższa, niż wymaga przepis, to wosk maże się i sztyft nie może wyźłobić należytego rowka. O ile zaś wosk jest zbyt zimny, to staje się kruchy, wykrusza się pod sztyftem, i kanalik wychodzi z powierzchniami chropowatymi i powyłupywanymi lub popękanymi brzegami. Wytwórcy płyt więc przykładają wiele staranności, aby ściśle zachowywać przepisy co do temperatury, przechowując płyty przeznaczone do nagrywania w specjalnych kamerach, w których jest utrzymywana właściwa temperatura — latem zapomocą ochładzania lodem a zimą — odpowiedniem nagrzewaniem.

Nad obracającą się płytą woskową umieszczona jest przyjmująca fale dźwiękowe puszka w ten sposób, że przymocowany do niej „zapisywacz” — oszlifowany w kształcie sztyftu szafir — zagłębia się w powierzchnię płyty zaledwie na 0,2 mm. Puszka ta pozostaje stale nieruchoma i w tem samym położeniu, nie tylko przy obracaniu się płyty woskowej, lecz również, gdy płyta przy każdym obrocie przesuwają się nieco o 0,3 mm. Dzięki temu więc ostrze sztyftu, podlegając wszystkim drganiom fal dźwiękowych, jednocześnie odrysowuje na płycie linję spiralną, stałej, niezmienną głębokości.

Przebieg więc mechaniczny tutaj jest odmienny, niż przy twardej płycie na gramofonie. Tam bowiem płyta obraca się na stałej pionowej osi, puszka z membraną i sztyftem przymocowana jest do ruchomego jakby ramienia — rurki — dźwiękowego, i ponieważ

ostrze sztyftu biegnie po wyźłobionym w twardej płycie gramofonowej kanaliku falowym, to wskutek tego cała puszka posuwa się powoli od zewnętrznego brzegu płyty do samego jej środka. Jest to więc naodwrot, niż w aparacie przyjmującym nagrywanie płyty woskowej, gdzie puszka z membraną jest nieruchoma, a linja spiralna na obracającej się, jaknajdokładniej gładkiej, płytce woskowej wytwarza się wskutek jednoczesnego obracania się i przesuwania naprzód samej płytki.

Od puszki dźwiękowej aparatu odbiorczego prowadzi przez ścianę, dzielącą salę odbiorczą i muzyczną, rura, która w tej ostatniej kończy się licznymi rozgałęzieniami w kształcie lejów. Ilość i rozkład tych lejów zmienia się każdorazowo do potrzeby, w zależności zarówno od składu samej orkiestry, jak rodzaju nagrywanego utworu.

I tu dopiero rozpoczynają się właściwe trudności odbioru, będącego jednoczesnem połączeniem sztuki i techniki. Samo przez się rozumie się, iż przy nagrywaniu utworów orkiestrowych w sali muzycznej znajduje się kompletna orkiestra pod kierunkiem kapelmistrza, i każdy z muzyków stosuje się do jego pałeczki.

Jednakże technik - odbiorca, który musi nie tylko kierować technicznym przebiegiem odbioru, lecz również posiadać wybitny słuch muzyczny, wdaje się wiele razy w samo rozmieszczenie poszczególnych muzykantów. W zwykłej koncertowej orkiestrze rozmieszczenie grających jest stosunkowo bez większego znaczenia. Przy nagrywaniu jednak płyt, rozkład i umieszczenie ich opiera się na całkowicie ścisłych



i ustalonych przez liczne próby zasadach. Ogólnie można powiedzieć, iż instrumenty o tonach głębszych, jak wiolonczele, trąby waltornie, fortepian i t. p. muszą być cofnięte więcej włąb, natomiast instrumenty o dźwięku łagodniejszym, lżejszym, np. pierwsze skrzypce, flety, powinny znajdować się jaknajbliżej lejów. Ten rozkład jednak nie dotyczy rozmieszczenia na długość i szerokość, jak również na wysokość. Krzesła w tej sali muzycznej są najrozmaitszej wysokości — od wielkości stołeczka pod nogi do wysokich rusztowań w rodzaju drabin, sięgających aż pod sufit. Jeżeli np. nagrywa orkiestra wielka, złożona z pięćdziesięciu i więcej członków, to cała sala muzyczna jest, dosłownie we wszystkich trzech kierunkach, napełniona muzykantami. Wrażenie, jakie wywiera na normalne ucho taka orkiestra, można nazwać, jak kto chce, tylko nie przyjemnem.

Oczywista rzecz, że muzyka, odpowiednia dla wielkiej sali, wydaje się w małej przestrzeni salki odbiorczej niepomiarnie głośnie; podobnież tony, dźwięczność poszczególnych instrumentów mogą być zniekształcone. Technik - odbiorca więc czuwa nieustannie nad tem i wydaje kapelmistrzowi polecenia — to jakiś instrument ściszyć znacznie, to znów inny, który dla normalnego ucha zdawałby się aż nadto głośnym, jeszcze wzmocnić. Wie on jednak dobrze czego chce. W duchu nie słyszy on bynajmniej tej muzyki — takiej jak huczy w owej sali — lecz istotnie taką, jaka przybywa przez leje falowe i membranę do płyty woskowej w sąsiednim pomieszczeniu odbiorczem.

Nieraz ze sześć razy musi orkiestra przegrywać utwór w sposób opisany, i za każdym razem następują przegrupowywania muzykantów. Wreszcie ostatecznie technik jest zadowolony z wykonania i ekspresji wszystkich instrumentów. Dzwonkiem daje swemu pomocnikowi w sali odbiorczej znak puszczenia w ruch aparatu odbiorczego, i orkiestra rozpoczyna po raz siódmy to samo. Od pierwszego jednak zagrania utworu członkowie orkiestry stopniowo zaczynają tracić nadzieję, że zadowolnią technika i w duchu uważają go za człowieka nieuleczalnie upośledzonego na umyśle. Jednakowoż utwór został odegrany siódmy raz, czyli znów powtórzył się huczący, z trudnością mogący być uważany za muzykę, huragan w małej salce odbiorczej

Ostatni ton przebrzmiał, i wówczas technik zwraca się do muzykantów ze słowami: „Proszę panów, teraz usłyszają panowie tę samą rzecz, tak jak ona jest na płycie. Proszę każdego z panów uważać, jak będzie wychodził jego instrument”. Przez ten czas pomocnik w pokoju odbiorczym zamienił sztyft z szafiru na igłę z agatową kuleczką na końcu. Znak dzwonkiem, aparat odbiorczy zaczyna poruszać się — teraz już jako przyrząd samogrający — i z lejów płynie, tylko co odegrany przez orkiestrę, utwór zpowrotem. I teraz dopiero pojmują wykonawcy, jak słusznymi były wymagania technika; teraz bowiem dopiero ten sam utwór brzmi jak prawdziwa muzyka.

Jeszcze jedynie trzeba nieco wygładzić tu i tam pewne miejsca: to pierwsze skrzypce — żeby brzmiały nieco silniej, to kotły trochę przytłumić.

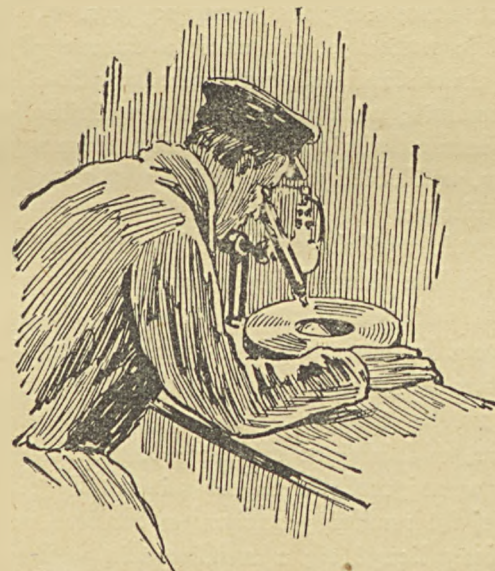
Z tego więc odtworzenia zpowrotem utworu muzykanci poznali, jak muzyka ich wyszła w aparacie. Jednakże, wskutek tegoż właśnie ponownego przegrania, płytka woskowa została już popsuta i niema mowy, aby mogła ona służyć do dalszej fabrykacji twardych płyt. Znowu więc na aparat odbiorczy nakłada się nową płytkę woskową; orkiestra wykonywa po raz ósmy ten sam utwór, tym razem już chętnie poddając się zarządzeniom technika. Natomiast sam on staje wobec bardzo poważnej kwestji — czy i kiedy może już uważać wykonanie za zadowalające i zakończyć próby.

Tu jest właśnie krytyczny moment w przebiegu całego odbioru. Niepodobna bowiem sprawdzać, znowu ponownem przegrywaniem, tej ostatniej płytki woskowej, mającej być wyjściową do dalszej fabrykacji płyt właściwych, gdyż zostałyby przez to popsuta. Technik musi więc przekazać dalej do fabryki płytę niesprawdzaną — gdy zdecyduje, że ten właśnie odbiór jest dobry. O tem jednak, czy zdanie jego było słuszne czy nie, może przekonać się dopiero po ostatecznem wykonaniu pierwszej twardej prasowanej właściwej płyty. Odpowiedzialność ta nie jest bynajmniej tak mała; gdyż biorąc pod uwagę kosztą ewentualnego wadliwego wyniku, zwolnienie orkiestry z prób przedwcześnie da w rezultacie poważne straty pieniężne dla fabryki.

W tych warunkach jest rzeczą zrozumiałą, dlaczego renomowani dobrzy technicy - odbiorcy pobierają bardzo wysokie wynagrodzenia.

Z jaką istotnie starannością są wykonywane pierwsze nagrywania, może świadczyć fakt, iż przy

wielu nagrywa się i w następstwie przesłuchuje, dla sprawdzenia, tuzin i więcej płytek woskowych, zanim technika uzna, że odbiór jest zadowalający. Gdy wreszcie następuje ta chwila, to wówczas dopiero muzykanci mogą pozwolić sobie na dobrze zasłużony odpoczynek.



Rys. 4. Nagrana płytka woskowa. Przy nowoczesnej fabrykacji płytki woskowe zostają po nagraniu badane mikroskopem.

Nagrana płytka woskowa wędruje, zapakowana jaknajstaranniej do pudła, z oddziału nagrywającego do dalszych oddziałów fabryki płyt gramofonowych. I w ten oto sposób ten niepozorny kawałek wosku staje się materialnym wynikiem wielogodzinnych

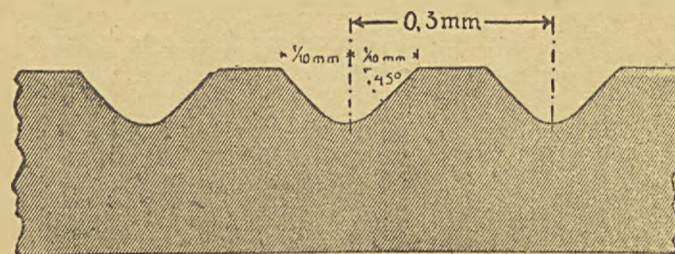
nieraz prób i musi być jak można najstaranniej ochraniały przed uszkodzeniem; ma on bowiem służyć za punkt wyjściowy do wytworzenia tysięcy, ba — nawet dziesiątek tysięcy płyt gramofonowych.

W wytwórni kosztowna ta przesyłka zostaje przyjęta jak jakiś skarb i niezwłocznie podlega najstaranniejszym oględzinom pod mikroskopem, o blisko stokrotnej sile powiększającej (rys. 4). Rysunek 5 właśnie wskazuje, jak nacięta dobrze płytka woskowa przedstawia się przy zaledwie 50-ciokrotnym powiększeniu; na rysunku zaś 6 widzimy przy powiększeniu zaledwie dwudziestokrotnym wygląd kanałków, wyłobionych na płytce woskowej przez fale dźwiękowe.

Należyście wyłobiony kanałik musi mieć najdokładniej gładkie brzegi i powierzchnie, wyglądające pod mikroskopem jak odpolerowane. Podobnież na dnie kanałika nie może być żadnych rys, które bardzo łatwo powstają, o ile wosk był zbyt zimny lub ostrze sztyftu chropawe. Wreszcie woskowe ścianki pionowe, oddzielające sąsiednie kanałiki, muszą posiadać w najgorszych nawet miejscach grubość co najmniej 0,1 mm; w przeciwnym bowiem razie zawsze należy liczyć się z możliwością wyłamania się tych ścianek przy dalszej fabrykacji. Rys. 7 przedstawia przekrój poprzeczny należyście wyłobionych kanałków.

Przy rozpatrywaniu płytki woskowej, lub wykonanej według niej czarnej płyty gramofonowej, pod mikroskopem otrzymuje się wrażenie, że kanałiki dźwiękowe będąc prostymi liniami. Byliśmy przecież najpewniejsi, że ujrzymy silnie fa-

lującą linię, a tymczasem widzimy kanałik, który ciągnie się, zda się, bez jakichkolwiek znaczących skrętów. Należy jednakowoż nie zapominać o tem, że patrzymy przez silnie powiększający mikroskop; a więc skutek tego widzialna w nim część



Rys. 7. Przekrój poprzeczny płytki woskowej. Widać wyłobione kanałiki dźwiękowe i wyższe przerwy między nimi.

kanalika dźwiękowego również ukazuje się nam w silnym powiększeniu.

Płyta gramofonowa, przy nagrywaniu lub odtwarzaniu, obraca się pod igłą z przeciętną szybkością 600 mm, na sekundę. Przy 1000 drganiach dźwiękowych na sekundę długość kanałika przypadająca na jedno drganie wynosi średnio pół milimetra, przy powiększeniu zaś pięćdziesięciokrotnym wydaje się ona jako dwudziestopięć-milimetrowa. Tem właśnie tłumaczy się ta pozorna prostoliniowość kanałków dźwiękowych na płytce, oglądanych przez mikroskop.

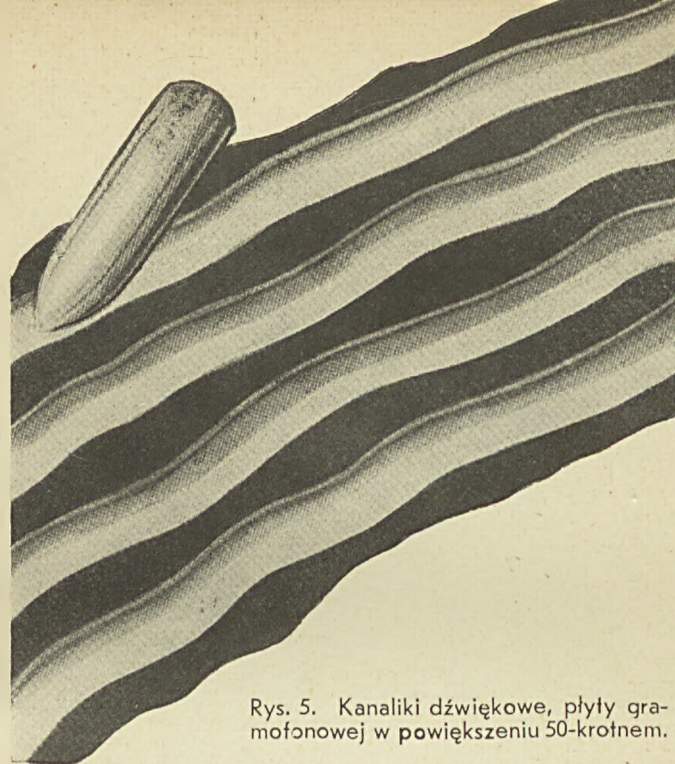
To ściśle badanie mikroskopowe płytki woskowej służy kierownikowi wytwórni do przekonania i upewnienia się, czy otrzymał on od oddziału nagry-

wającego prawidłowy i należyty egzemplarz - fundament, z którego można spodziewać się również dobrych wyników przy dalszej fabrykacji, czy też należy oczekiwać rezultatu przeciwnego. W wypadku ostatnim kierownik zabezpiecza się odrazu przez sporządzenie odnośnego protokołu, ewentualnie mikro-fotografji, tak że przy dalszym przebiegu sprawy nie ma już potrzeby oglądać płyty dla ustalenia, kiedy i jak nastąpiło jej zepsucie.

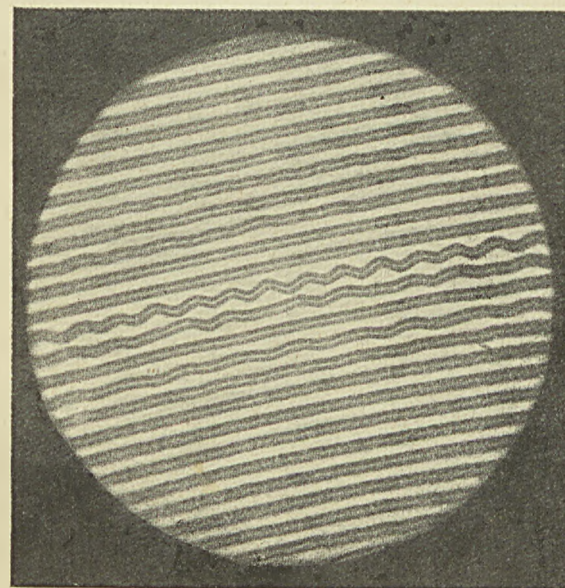
W dalszej drodze płytka woskowa dostaje się do grafitowni. Tutaj kładzie się ją poziomo do pewnego rodzaju miski, obracającej się wolno, i na nagranej powierzchni zaczyna spadać, w postaci mgły, jak najdrobniej sproszkowany i zapomocą jaknajstaranniejszego szlamowania oczyszczony grafit. Jednocześnie nad płytką obracają się dwie szczotki z najcięższej sierści borsuczej, które rozprawdają sproszkowany grafit równomiernie cieniutką warstwą po powierzchni płytki i, nie naruszając zupełnie kanalików dźwiękowych, wciskają grafit w powierzchnię wosku (rys. 8).

Cała ta technika wykonywania — gęstość opadająca na płytkę mgły grafitowej, szybkość obracania się płytki, szybkość poruszeń szczotek, sztywność włosów w nich — wszystko to jest wynikiem wieloletnich doświadczeń.

Po prawidłowo wykonanem grafitowaniu płytka, przy ponownem badaniu przez mikroskop, winna mieć wygląd jaknajdokładniej odpolerowanej, z zachowanymi ostremi brzegami kanalików dźwiękowych oraz wszelkimi najdrobniejszymi skrętami odpowiadającymi odpowiednim drganiom fal dźwięko-

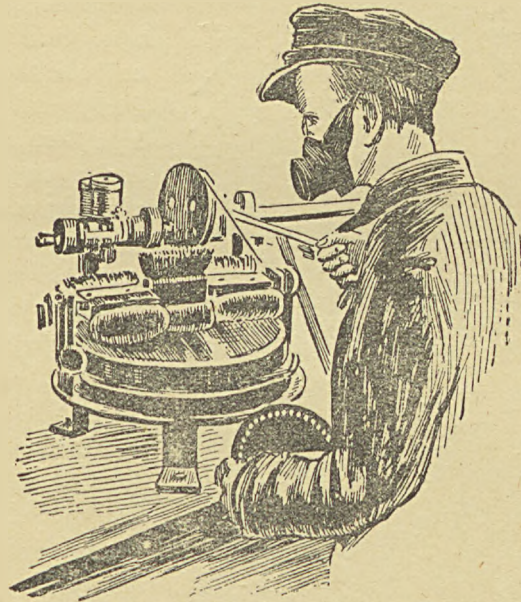


Rys. 5. Kanaliki dźwiękowe, płyty gramofonowej w powiększeniu 50-krotnem.



Rys. 6. Część płyty gramofonowej w powiększeniu 20-krotnem.

wych. Dalej — trzeba, aby warstwa grafitu, wciśnięta w воск, trzymała się go tak mocno, żeby nie odrywała się od powierzchni jego, gdy nagrafitowana płytka zostanie umieszczona w kąpieli aparatu galwanoplastycznego. Celem bowiem grafitowania nie

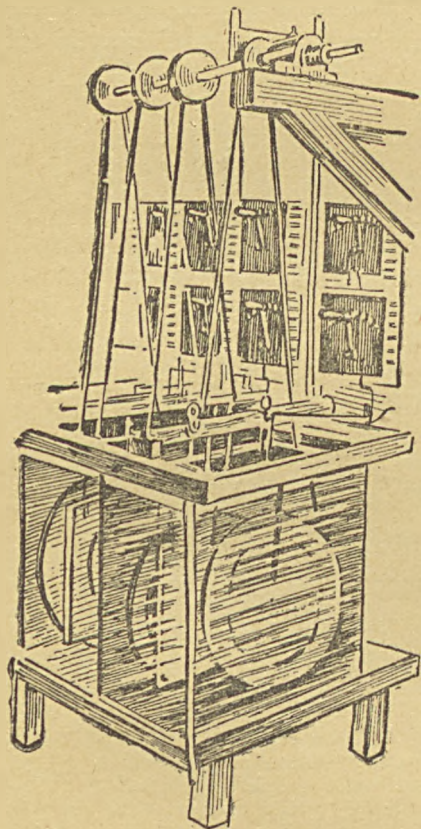


Rys. 8. Płytki woskowe zostają na specjalnych maszynach pokrywane proszkiem grafitu w celu wytworzenia powierzchni przewodzącej elektryczność.

jest pokrycie samej płytki woskowej jakąś powłoką, lecz umożliwienie sporządzenia z niej sposobem galwanoplastycznym metalowego negatywu.



W dalszym przebiegu fabrykacji, nagrafitowana płytka zostaje ujęta w metalowy pierścień, który do-tyka grafitu dokoła po brzegu płytki, i zawieszona,

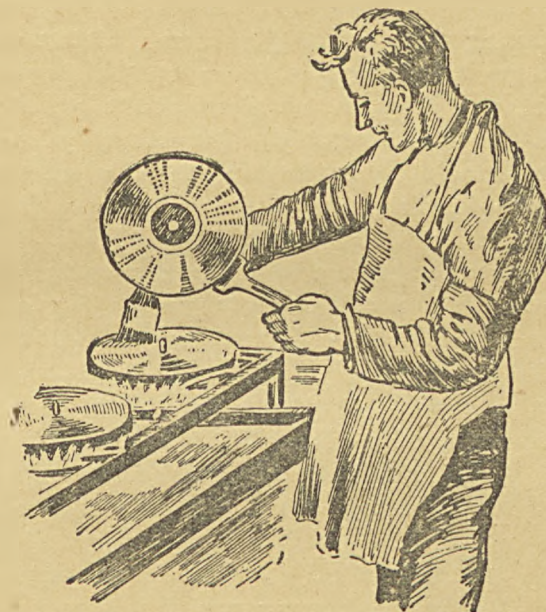


Rys. 9. Pokryte proszkiem grafitu płytki woskowe w t. zw. kąpeli galwanoplastycznej.

Na powierzchni płytek tworzy się osad, miedzi, dający mikroskopijnie dokładny negatyw powierzchni płytki.

w położeniu pionowym, w kąpeli roztworu siarczanu miedzi na wprost miedzianej elektrody. Przytem musi być koniecznie zachowany przepis, aby podczas przebywania w kąpeli zawieszona płytka stale obracała się wolno i równomiernie dokoła swej osi poziomej (rys. 9), gdy jednocześnie od elektrody miedzianej przepływa ku niej prąd elektryczny, o natężeniu zaledwie ampera na jeden centymetr<sup>2</sup> powierzchni płytki. Wskutek tego powstaje na gra-

fitowanej powierzchni płytki woskowej mikroskopijnie ścisły osad — warstwa miedzi, dochodząca po 24 godzinach do grubości około jednego milimetra.



Rys. 10. Otrzymana galwanoplastycznie miedziana odbitka powierzchni płytki zostaje przyłutowana do mocnej okrągłej płyty stalowej.

Wówczas kończy się proces galwanoplastyczny, i płytka zostaje wyjęta z kąpeli. Warstwa miedziana, w postaci cienkiej okrągłej blachy, zdejmuje się ostrożnie, odejmuje pierścień i, aż do następnego

użytku, płytka woskowa wraca zpowrotem do swej skrzynki. Blacha zaś miedziana, która na jednej stronie jest mikroskopijnie dokładnym negatywem kanalików dźwiękowych, zostaje na specjalnym aparacie lutującym przylutowana do stalowej okrągłej, pobielonej płyty (rys. 10), poczem obcięta równo do koła, podług tejże płyty. W ten sposób otrzymuje się matrycę, z którą można niezwłocznie przystępować do wyrobu właściwych płyt gramofonowych. Jednakże, opierając się na doświadczeniu z praktyki, postępuje się, dla pewnych, jak zobaczymy dalej, zrozumiałych powodów inaczej.

Pierwsza uzyskana w opisany sposób miedziana płyta, t. zw. macierzysta, a jak Anglicy nazywają „the first shell” — pierwsza łupina, służy jedynie do tego, aby z niej, też sposobem galwanoplastycznym, sporządzić nową odbitkę, będącą również pozytywem, a więc tak samo dokładną kopją pierwotnej płytki woskowej. Po wykonaniu tego płytkę macierzystą, zaopatrzoną wtedy w numer i datę, skierowuje się do archiwum fabryki, a z otrzymanej z niej drugiej odbitki, znów tym samym sposobem galwanoplastycznym robi się trzecią kopję — będącą negatywem, t. j. dokładnem powtórzeniem płyty macierzystej. Obie te płyty naturalnie zostają również przylutowane do stalowych, jak wyżej, podkładek, obcięte podług nich, pośrodku wybija się w nich otwór, i dopiero one służą jako matryce do właściwego wyrobu płyt gramofonowych.

Cel takiego postępowania jest słuszny, gdy weźmiemy pod uwagę, że matryce w miarę wyrobu z ich pomocą płyt gramofonowych same ulegają uszko-

dzeniu. Matryca, na której odcisnięto 5000 płyt gramofonowych, już jest silnie zużyta i lepiej zastąpić ją nową. A ponieważ jest zawsze możliwość uzyskania płyty macierzystej i jej galwanoplastycznych kopij, nieuszkodzonych, więc nie ma przeszkód do sporządzania sposobem galwanoplastycznym dowolnych ilości jakichś, żądanych często płyt w niezliczonych tysiącach egzemplarzy.

Przystępujemy teraz do właściwej fabrykacji płyt gramofonowych. Z czegoż więc są zrobione te, tak znane każdemu, czarne płyty do gramofonów? Z materiału, którego składnikiem zasadniczym jest przede wszystkim mieszanina rozmaitych żywic, przytem ich ilościowy stosunek wzajemny jest w różnych wyrobach różny; zawsze jednak odgrywa dużą rolę wosk ziemny.

Poza żywicami materiał płyt zawiera pewną ilość t. zw. dopełniającego materiału — przeważnie talk, jak również sadze, nadające płytom silnie czarny kolor, oraz wreszcie znaczną ilość włókien lnianych lub bawełnianych.

Istotę tego materiału płyt można przedstawić sobie, jeżeli przyrównać go do konstrukcji żelazo-betonowej. Beton jest to znana ogólnie mieszanina żwiru z cementem. W masie, z której zrobiona jest płyta gramofonowa, cementowi odpowiada mieszanina żywic, żwirowi zaś — talk. Specjalną swoją moc żelazo-beton zawdzięcza prętom żelaznym znajdującym się w masie betonowej; w płycie gramofonowej tę samą rolę odgrywają zatopione w masie żywicznej wspomniane włókna.

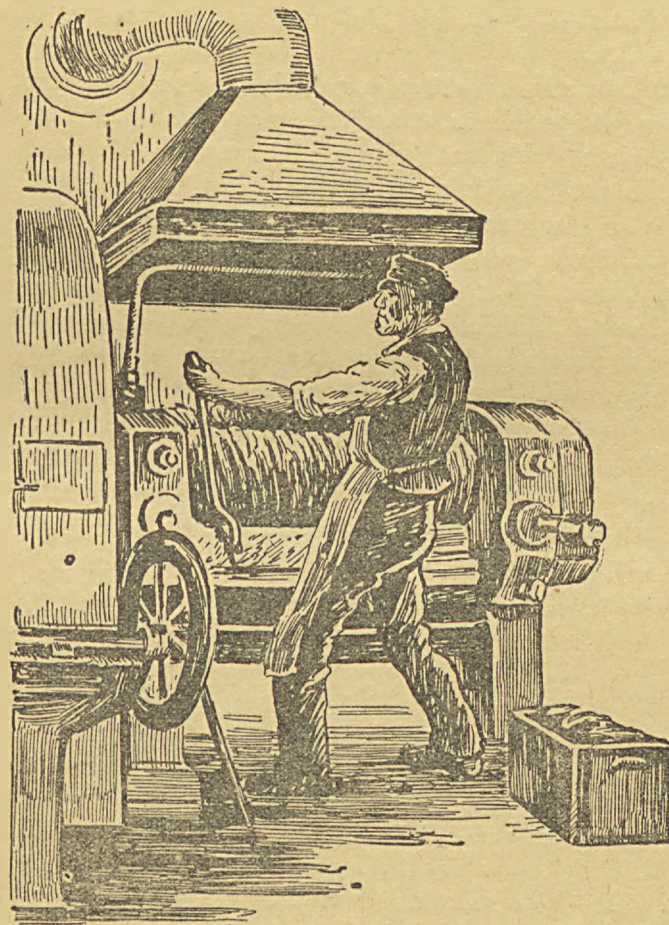
Wyrób rozpoczyna się w sposób następujący. Ży-

wice, wchodzące w skład materiału płyty, które w stanie chłodnym są zupełnie kruche, zostają, każda oddzielnie, nadzwyczaj starannie zmielone, poczem mieszane razem, w ściśle zachowanym stosunku wagowym. W innym oddziale fabryki specjalna maszyna w rodzaju gremplarki obrabia bawełnę, rozdrabniając ją na cieniutkie włókienka; jeszcze w innym wreszcie — w specjalnych bębnach miele się na bardzo mialki proszek talk i miesza z sadzami.

W następnym etapie fabrykacji wszystkie te składniki dostają się w ściśle ustalonych wagowych ilościach, do obracających się mieszadeł, w kształcie bębnow, i po upływie wielu godzin tworzą jednolitą włóknisto-proszkowatą masę. Masa ta, opuszczając mieszadło, zawiera w każdym milimetrze sześciennym stałą zawsze ilość cząsteczek sadzy, żywicy i włókienek.

Z ostatniego mieszadła masa spada przez rurę na dwa, umieszczone obok siebie, najdokładniej odpolerowane i silnie nagrzewane parą walce stalowe, i wówczas pod działaniem ciepła, robi się coś niezwykłego. Walce obracają się bez przerwy, przytem powoli rozsuwają się nieco, i szybko pokrywają się ściłą i lepka warstwą tej masy, wygniatając i obrabiając ją wciąż (rys. 11).

Po pewnym czasie ustaje dopływ masy z mieszadła, i dalszemu obrabianiu podlega tylko ta czarna pasta, znajdując się na walcach. Do jednego walca następnie przysuwa się wielki stalowy nóż, i w jednej chwili walec jest znów czysty, gdyż nóż zdjął



Rys. 11. Masa na płyty gramofonowe (mieszanka żywicy, talku, sadzy i włókien) zostaje przy jednoczesnym nagrzewaniu dokładnie przerabiana na specjalnych maszynach, zwanych kalandrami.

7175

MIEJSKA  
BIBLIOTEKA PUBLICZNA

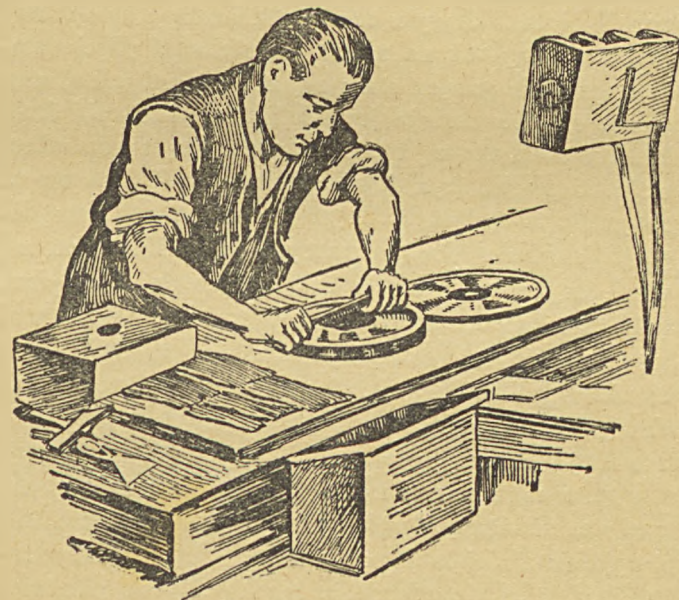
z niego wszystką masę, która teraz w postaci jakby czarnego dywanu przechodzi nad nożem na inne walce.

I tu znowu następuje, w jednej sekundzie coś niezwykłego. Nowe walce już nie są gorące, lecz, przeciwnie, ochładzane od wewnątrz wodą; tak że masa nie przylega do nich. W jednej chwili rozwałkowują one ją w rodzaj mocnego ścisłego dywanu, grubości 5 mm, przytem rozciągając jednocześnie wzdłuż i wszerz. Dwa ostatnie walce są zaopatrzone w karbowane podziałki, które wygniatają cały ten cienki czarny płat w jednakowe kwadraty, o bokach długości 20 cm.

Koniec płata przeszedł wreszcie przez wszystkie walce, i cały płat układa się na gładkim jak lustro stole z blatem stalowym. Tu znowu natrafiamy na coś nowego. W chwili zejścia końca płata z ostatniego walca, w stanie jeszcze plastycznym i dającym się ugniatać, przedni koniec już jest zimny i kruchy jak wysuszony chleb. Dzięki temu z łatwością daje się łamać na wygniecionych w nim przez wzmiankowane wyżej podziałki rowkach. Istotnie też zostaje w ten sposób połamany na setki małych czarnych, jakby blaszanych, kawałków, które wkłada się do specjalnych koszów i skierowuje do oddziału pras. Pójdziemy więc też za nimi i przypatrzymy się co się dzieje z nimi dalej.

Każdy z robotników w oddziale pras ma za sobą z tyłu dwie prasy hydrauliczne, których stemple mogą wywierać ciśnienie około czterdziestu ton. Na stole przed nim leżą duże okrągłe matryce, odpowiadające obydwom stronom przeznaczonych do tłoczenia

płyty, oraz ciężki stalowy okrągły pierścień do matryc. Prócz tego jest jeszcze dość gruba, okrągła, również stalowa przetyczka i młotek. Zboku stoi specjalna skrzynka z wyrobionymi jak wyżej było opisane tabliczkami z czarnej masy; z drugiej zaś strony — koszyczek z firmowymi etykietami, jakie widzimy na każdej płycie gramofonowej.



Rys. 12. W pracowni płyt.  
Gorąca masa na płyty zostaje nakładana na matryce.

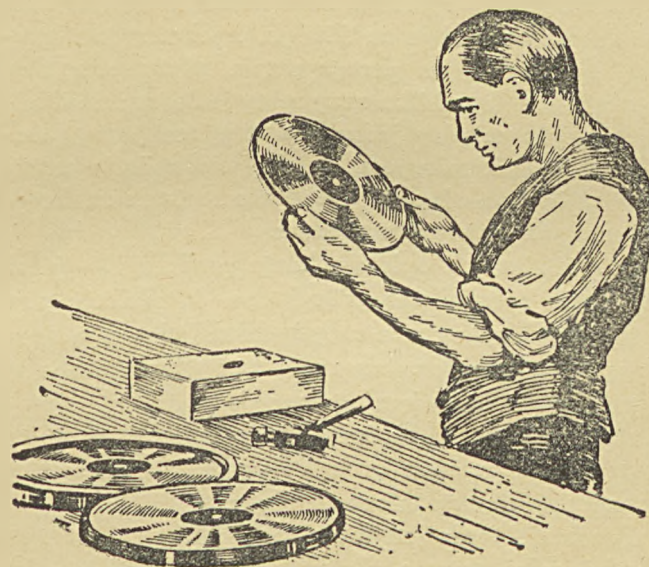
Pozatem jedna część stołu jest nieco wyższa i pokryta poziomą stalową płytą; dotknięcie płyty ręką wskazuje, iż jest ona bardzo gorąca wskutek ogrzewania jej od wewnątrz parą wodną.

Robotnik bierze ze skrzynki czarną tabliczkę z masy i kładzie ją na stalową powierzchnię na stole, poczem jedną z matryc wkłada miedzianą powierzchnią dogóry do wspomnianego pierścienia, ściśle pasującego do matryc; przesuwa przez otwór w środku matrycy stalową przetyczkę, poczem nakłada na nią otworkiem wziętą z koszyczka różnokolorową etykietę, stroną zadrukowaną nadół do matrycy. Wówczas chwytą czarną tabliczkę z masy, która leżała napłask na nagrzaną stalową płytę stołu i wskutek gorąca stała się znów plastyczną, zreżcznie, szybko nadaje jej kształt spłaszczonej kuli, kładzie na matrycę i wałkiem stalowym rozwałkuje na płasko (rys. 12). Wykonawszy to wsuwa na zatyczkę drugą etykietkę, tym razem drukiem dogóry, nakłada drugą matrycę, miedzianą stroną wdół, dopasowuje ściśle do pierścienia, i dopiero wówczas cały ten pakiet, składający się z dwóch matryc i czarnej masy między nimi, ściągniętych pierścieniem, przesuwa pod jedną z pras. Porusza drążek dźwigni, i stempel prasy opuszcza się na ten pakiet z olbrzymią siłą.

Potem robotnik już nie troszczy się o tę płytę; chwytą dźwignię drugiej prasy, prasa otwiera się, i wyjmuje z niej taki sam pierścień, jak opisany wyżej. Jedno lekkie uderzenie rączką młotka, pierścień stalowy odpada, wierzchnia matryca zdjęta, i pod nią błyszczy, jak lustro gładka, powierzchnia płyty gramofonowej. Dalej — odejmuje dolną matrycę i otrzymuje zupełnie gotową dwustronną płytę, z przyklefonami nieporuszenie do czarnej masy z obu stron papierowymi etykietami (rys. 13). Jeszcze tylko trze-

ba nieco odszlifować zewnętrzne kandy — co wykonywa się w innej pracowni — i płyta jest gotowa do wysyłki.

... Szybciej, niż trwa niniejszy opis, nakłada robotnik znów czarną masę w tę formę, wsuwa zamknię-



Rys. 13. Płyta wyjęta z pod prasy.

łą pod prasę zpowrotem i wyjmuje z pierwszej prasy, przygotowaną w ten sam sposób i przez ten czas należycie sprasowaną, poprzednią płytę. Wszystkie te czynności razem zajmują okrągło jedną minutę czasu; tak że wprawny robotnik może wykonać wciągu godziny 60 płyt.

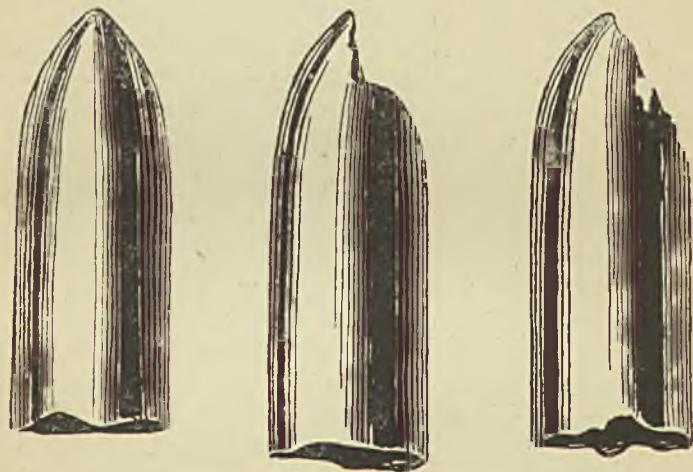
Jak powiedziano wyżej, kierownik wytwórni kontroluje stale z mikroskopem cały przebieg fabrykacji. Teraz jednak, gdy z ostatniego nagrania płyty są już całkowicie gotowe, ma on możliwość przekonania się również o ich wartości muzycznej. Odrazu więc pierwsza gotowa płyta zostaje nałożona na aparat do grania w pokoju kierownika, i tam już czulem uchem kontroluje on dźwięki wychodzące z aparatu. Sprawdzające przegrywania płyty powtarza się nie jeden, lecz kilka razy, przy jednoczesnym badaniu płyty, między jednym a drugim przegrywaniem, pod mikroskopem, dopóki nie zniknie ostatnia wątpliwość—dopóki wyrób nie zostanie zaakceptowany pod każdym względem.

Przy takim jak opisany biegu produkcji — jeżeli dziesięciu robotników pracuje na dwudziestu prasach, wyrabiając przez cały tydzień jedną i tę samą płytę, to w tym terminie może być wypuszczone na rynek 50 000 lub więcej gotowych płyt.

Oto jest droga, jaka musi być przebyta od pierwszego odbioru muzycznego — nagrania na wosk—do całkowicie wykończonej płyty.

Pozostaje teraz jedynie dodać, jakie koleje przechodzi dalej gotowa płyta. Oczywiście będzie ona u nabywcy służyła do odtworzenia wytłoczonego na niej utworu muzycznego. Odtworzenie wykonywa się przy pomocy t. zw. igły gramofonowej, którą umocowuje się ukośnie w kierunku obrotu płyty nad nią, a ostry koniec igły wchodzi w kanałik dźwiękowy.

Kwestja uzyskania najlepszej igły gramofonowej zajmowała wynalazców przez długi szereg lat i wy-



Rys. 14. Igły gramofonowe w pow. 20-krotnem. Na lewo — nowa igła, na prawo — użyta jeden raz, w środku igła używana wielokrotnie.

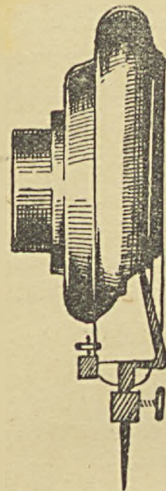
wołała setki patentów. Próbowano wyrabiać igły gramofonowe z najróżnorodniejszych rodzajów metali, jak również ze wszelkich gatunków drzewa, jakie uważano za odpowiednie. Miarodajny był jednak zawsze wzgląd na to, aby: ile można jak najmniej płyta była narażona na możliwe niszczenie, a jednocześnie — aby uzyskiwać należyte odtworzenie nagranych utworów muzycznych. A więc — z jednej strony igła nie powinna się, aż do końca granego utworu, zanadto ścierać, a z drugiej — winna być o tyle miękka, aby nie uszkadzała zbyt samej płyty. Nie należy bowiem przytem zapominać, że igła gramofonowa, przy przegrywaniu dużej płyty, wciągu pięciu minut, przebywa drogę około 200 m., z szybkością równą połowie szybkości poruszania się piechura. Materiał więc, z którego zrobiona jest, winien mieć odpowiedni do tych warunków hart i wytrzymałość, a ostrze musi zachowywać swe właściwości, bez znaczniejszych szkodliwych zmian, aż do końca granego utworu. Dążąc więc do osiągnięcia tych warunków, dziś używa się ogólnie igieł stalowych, tak hartowanych, że mogą one służyć całkowicie dobrze do przegrywania normalnych płyt do samego końca. Po takim przegraniu jednak igła jest już zużyta i, według przepisów, winna być odrzucona. Jeżeli obejrzyć ostrze jej pod mikroskopem, o stokrotnej sile powiększającej, to odrazu widzi się, jak usprawiedliwiony i konieczny jest wspomniany przepis. Ostrze to bowiem, jak to widać na rysunku 14, jest istotnie całkowicie starte; tak że ten, kto wbrew przepisom używa ponownie takich igieł, to lekkomyślnie niszczy kanaliki dźwiękowe swych płyt.

Oczywiście, można tak silnie zahartować igły, że wytrzymają one wielokrotnie przegrywania płyt, bez znaczniejszych zmian deformujących. Za zaletę tę ich jednak będą płaciły płyty; gdyż im twardsza igła, tem więcej będzie wyszczerbiała i ścierała kanaliki dźwiękowe na płycie. Istotnie, dziś najlepsze rozwiązanie sprawy dają obecnie ogólnie używane igły. Jednakowoż nawet przy stosowaniu ich każda płyta wkońcu staje się zużyta. Przy każdym przegrywaniu jej, subtelności kanalików dźwiękowych niszczą się przez ścierające działanie ostrza igły; a poznajemy to zużywanie się płyty po tem, że następne wykonania stają się stopniowo coraz gorsze. Przedewszystkiem cierpią od stosowania zbyt twardych igieł subtelne górne drgania, nadająca poszczególnym instrumentom charakterystyczne odcienie ich dźwięków. Np. przy bardzo zgranej płycie głos skrzypiec nabiera dźwięków fletu.

Tak powoli, lecz niepowstrzymanie, zbliża się chwila, gdy używanie zgranej płyty przestaje robić jakąkolwiek przyjemność.

Wówczas należy odesłać ją zpowrotem do fabryki płyt. Tam, wraz z wielu podobnemi do siebie, zostaje wrzucona do rozdrabniacza, potem do młynka, który miele ją na proszek, stanowiący w następstwie bardzo cenną i chętnie używaną domieszkę do masy na płyty.

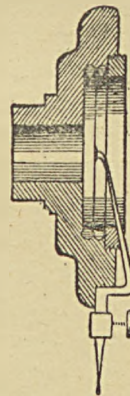
Zbadajmy szczegółowo odtwarzanie jakiegoś utworu muzycznego na dobrym nowoczesnym gramofonie. Przebieg rozpoczyna się w puszcze dźwiękowej. Zawiera ona urządzenie do przyjmowania i wykonywania drgań — cieniutką elastyczną błon-



Rys. 15. Widok puszeki dźwiękowej z boku. (Częściowy przekrój)

kę, t. zw. membranę, z naturalnej miki, zaciśniętej mocno między dwoma pierścieniami gumowemi w drewnianej jakby puszcze. U brzegu właściwej puszeki dźwiękowej jest umocowana poruszająca się maleńka dwuramienna dźwignia, dłuższem ramieniem przymocowaną w samym środku błonki, a krótszem posiadającem na końcu osadę do zamocowania igły, która podczas grania zawsze biegnie w kanalik dźwiękowym płyty. Przy takim urządzeniu wszelkie drgania, które igła musi wykonywać, zmuszona do tego przez skręty kanalika dźwiękowego, zostają przenieszone, w skali powiększonej, na błonkę-membranę. Membrana więc drga w rytm fal, wytłoczonych na płycie, i z kolei te same drgania przekazuje otaczającym cząsteczkom powietrza.

Zanim jednak pójdziemy dalej w śledzeniu akustycznego przebiegu odtwarzania dźwięków, należy przedtem powiedzieć kilka słów o zagadnieniu ener-



Rys. 16. Przekrój puszeki dźwiękowej. (nazywanej pospolicie w całości — membraną (nowoczesnego gramofonu).

Błonka — membrana jest zamocowana silnie brzegiem między dwoma gumowemi pierścieniami. Od środka membrany idzie rodzaj ramienia, które przenosi drgania membrany na osadę igły i samą igłę.



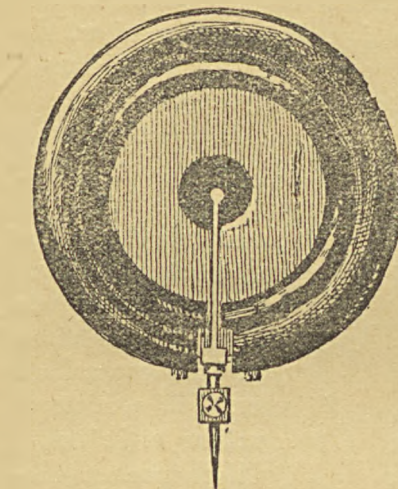
gji. Muzyka lub mowa, oddawana przez gramofon, dochodząca do naszych uszu w postaci fal dźwiękowych, jest oczywiście energją tego samego rodzaju co każda energja drgania. Powstaje ona bądź ze sprężyny bądź z elektromotoru, obracających płytę na gramofonie. Mechanizm poruszający musi jednak nie tylko przewycięzać tarcie między ostrzem igły a płytą, lecz nadto dostarczać, bynajmniej nie małą, ilość energii, aby wzmiankowana dźwignia z igłą mogła poruszać membranę w puszcze dźwiękowej, tam i zpowrotem, blisko tysiąc razy na sekundę.

Z teorii ogólnej instrumentów muzycznych — np. budowy fortepianu, skrzypiec — jest wiadomo, że zwykła drgająca struna lub błona niezdolna jest, sama bezpośrednio udzielać swych drgań otaczającemu ją powietrzu, i konieczne są do tego, różnorodne, w zależności od potrzeb, urządzenia, posiadające również zdolność drgania, t. zw. rezonatory. Zagadnienie to jest bardzo szeroko uwzględniane przy budowie nowoczesnych gramofonów; tak dalece, że można śmiało powiedzieć, iż fabrykacja gramofonów obecnie jest tak samo wysoko rozwiniętą techniką, jak wyrób dobrych skrzypiec lub fortepianów.

W pierwszych latach powstania maszyn grająco-mówiących przystępowano do sprawy w sposób nader prymitywny i pomagano sobie w ten sposób, że drgającą przestrzeń powietrzną puszek dźwiękowej łączono zapomocą krótkiej rury z możliwie dużym lejem blaszanym. Tym sposobem uzyskiwano wprawdzie żądane wzmocnienie fal dźwiękowych i głośne

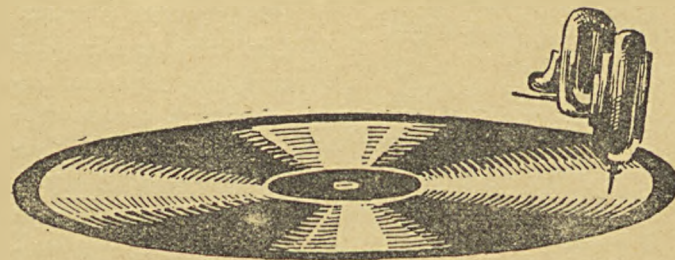
oddawanie granych utworów, otrzymywano jednak przy tem tak niemile i częściowo ochryple, blaszane dźwięki z leja,

że muzyka taka traciła bardzo wiele pod względem artystycznym. Dzisiaj na rezonatory do tych instrumentów dźwiękowych jest używane wyłącznie drzewo, i przytem tak samo specjalnie starannie dobierane, jak przy rezonatorach fortepianowych i skrzypcowych.



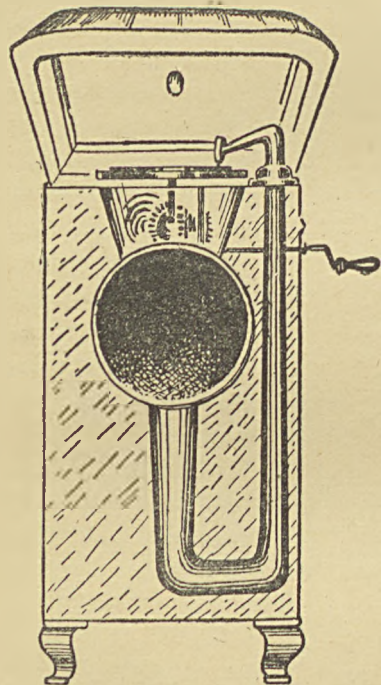
Rys. 17. Widok puszeki dźwiękowej z przodu.

Niezależnie jednak od tego urządzenia rezonacyjne w rozmaitych instrumentach grająco-mówiących ukazują duże różnice. Rysunki 17 i 18 przedstawiają naocznie pro-



Rys. 18. Puszka dźwiękowa, przymocowana do ramienia dźwiękowego nad płytą.

wadzenie dźwięków w takim wielkim instrumencie. Przedewszystkiem naturalnie, jak to obecnie jest ogólnie przyjęte — puszka dźwiękowa łączy się bezpośrednio z pustym drewnianym ramieniem, do



Rys. 19. Przewód dźwiękowy stojącego aparatu grającego (widok z przodu).

Dźwięki przechodzą z puszki dźwiękowej przez ramię dźwiękowe do przewodu, w którym odbywają długą krętą drogę i wychodzą nazewnątrz przez duży drewniany lej z przodu aparatu.

którego, w dalszym ciągu, jest przymocowany długi kanał dźwiękowy, w kształcie rury, idący wdół przez całą długość aparatu stamtąd podnoszący się znów do połowy wysokości w górę i dopiero zakończony drewnianym poziomym lejem.

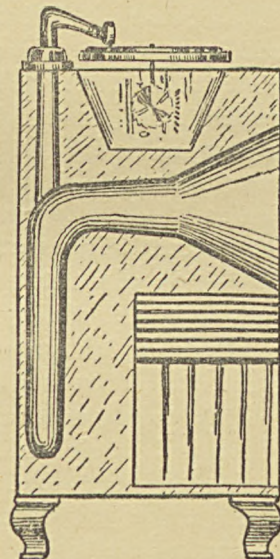
Nieco inne urządzenie jest w aparatach t. zw. walizkowych. Tutaj stosuje się krótki przewód dźwiękowy między ramieniem dźwiękowym a lejem. Natomiast w skrzynce znajdują się dwa rezonatory, umieszczone jeden poziomo, drugi pionowo do wylotu leja. Rezonatory te drgają silnie i pozwalają muzyce wychodzić przez otwory w

ściankach skrzynki we wszystkich kierunkach z jednakową siłą i dokładnością.

Zadaniem tych wszystkich różnych urządzeń jest uzyskanie wykonania naturalnego, nieskażonego i odpowiadającego doskonale pod względem artystycznym danemu utworowi muzycznemu. W jakim stopniu udaje się to osiągnąć przez opisywane wyżej doskonalenie rezonatorów, dają świadectwo najróżnorodniejsze nowoczesne aparaty mówiąco-grające, znajdujące się w sprzedaży.

Mimo to rozwój w tym kierunku nie stanął bynajmniej na martwym punkcie, i przemysł gramofonowy w dalszym ciągu niezłomnie poszukuje wciąż nowych dróg do ulepszeń. Widzimy to właśnie na rysunkach 19 i 20, przedstawiających aparat, zaopatrzony w dwa przewody dźwiękowe, obydwa biorące początek od drewnianego ramienia dźwiękowego.

Jeden, dłuższy, drugi zaś krótszy, biegnie wprost do leja. Działanie jednak jednego i drugiego jest tego samego rodzaju. Dźwięki, przechodząc przez obydwa przewody, odbywają dwie różne długie drogi do leja i spotykając się, z nieznacznymi jedynie róż-



Rys. 20. Ten sam aparat widziany z boku.

nicami faz drgań, wychodzą z niego jako całość. Dalej — można jeszcze umieszczać w obydwóch przewodach specjalne wentyle, które dowolnie otwiera się lub zamyka i w ten sposób, operując nimi, stosownie do wymagań utworu muzycznego, można osiągać nadzwyczajne efekty.

Wspomniane zmiany faz drgań można uzyskać w nowoczesnych instrumentach samogrających jeszcze inną drogą. Mianowicie nad płytą właściwą umieszcza się dwie, całkowicie niezależne od siebie, skrzynki dźwiękowe, które przyjmowaną przez siebie muzykę podają do wspólnego przewodu dźwiękowego. Przy takim urządzeniu odtwarzanie jest również doskonałe pod względem artystycznym i osiąga zadziwiająca czystość harmonji.

Wówczas gdy odtwarzania zapomocą pierwszych fonografów Edisona były tak słabe, że trzeba było dla słyszenia ich przeprowadzać bezpośrednio od puszek dźwiękowej rurki gumowe do uszu słuchających to aparaty nowoczesne są tak głośne, że mogą napełnić dźwiękami niedużą salę całkowicie; w takiej sali może być urządzany bal przy muzyce jedynie z płyt gramofonowych.

Mimo to jednak, dla pewnych celów, zachodzi potrzeba aparatów ze specjalnie silnym głosem. Zagadnienie to bywa rozwiązywane rozmaitemi sposobami.

Najdawniejsza, lecz i dziś jeszcze stosowana z dobrym skutkiem, jest droga pneumatyczna. Przy tym sposobie subtelne drgania, do jakich zmusza igłę płyta gramofonowa, nie poruszają bezpośrednio membrany, lecz wywołują działanie istotnie pomy-

słowo skonstruowanych wentylów, które wypuszczają do leja ściśnione powietrze ze specjalnej stalowej butli; przytem — silniejszym lub słabszym prądem, w zależności od tego, czy igła jest poruszona przez płytę silniej, czy słabiej. Gdy więc w zwykłym gramofonie igła zapomocą membrany porusza bezpośrednio otaczające powietrze, to w tych pneumatycznych silnodźwiękowych instrumentach jedynie kieruje niejako wypływającym z butli strumieniem powietrza i tą drogą wywołuje uderzenia w otaczającym powietrzu, zgodnie z rytmem płyty, i zmusza je do drgań i dźwięków.

Budowane obecnie takie pneumatyczne silnodźwiękowe aparaty są dziś już doskonałe pod względem artystycznym i osiągają całkowicie siłę dźwięków produkcji oryginalnej. Mimo to jednak stwarzają im znaczną konkurencję instrumenty z wzmacniaczami elektrycznymi.

Zasada takich aparatów jest uderzająco prosta. Mianowicie bowiem, zamiast niezbędnej przy opisywanych prostych instrumentach puszek dźwiękowej, umieszcza się nad płytą zwykły elektryczny telefon tak, że igła gramofonu porusza żelazną płytkę telefonu, podobnie jak w poprzednich poruszała płytkę mikową w zwykłej puszcze dźwiękowej. Wskutek tego, stosownie do zbliżania się lub oddalania żelaznej płytki od elektromagnesu, w zwojach miedzianego drutu, otaczających go, powstają silniejsze lub słabsze prądy elektryczne o takim samym ściśle rytmie, jaki na płycie gramofonowej wytworzyły drgania dźwiękowe. Drgania jednak płytki telefonu i dźwięki są tak słabe, że o wy-

tworzeniu jakiegokolwiek przyjemnej muzyki nie może być mowy. Radą na to są tak dobrze znane z radjoaparatów t. zw. wzmacniacze elektronowe, które są właśnie środkiem umożliwiającym wzmacnianie tych słabych dźwięków, w dowolnym stopniu i bez zniekształcenia ich. Wzmocnione w ten sposób dźwięki zostają skierowane zpowrotem do puszek dźwiękowej silnodźwiękowego instrumentu, t. j. do telefonu ze specjalnie dużą membraną i odpowiednio silnem urządzeniem elektromagnetycznym. Tutaj dopiero ta doprowadzona energia elektryczna wprawia w drganie membranę w puszcze dźwiękowej, połączonej z przewodem dźwiękowym instrumentu i, ostatecznie — utrwalony na płycie nagranej utwór muzyczny, niejako okólną drogą przez elektryczność, wypływa nazewnątrz z leja i dochodzi do naszych uszu, brzmiać pełną siłą dźwięków.

Technika wyrabiania elektrycznych puszek dźwiękowych stoi jeszcze u początków swego rozwoju; osiągnięte jednak dotąd rezultaty całkowicie uprawniają do jaknajpiękniejszych nadziei.

Naprzykład, też na podstawie doświadczeń zaprowadzono jeszcze inny tryb nagrywania płytek woskowych. W sali muzycznej umieszcza się na przenośnej podstawie mikrofony lub telefony, których prąd, odpowiednio wzmocniony, porusza zapomocą elektromagnesu sztyft, złojący na płycie woskowej fale dźwiękowe. Przy takim sposobie wszelkie zawiłe przewody lejowe i inne urządzenia, niezbędne przy bezpośrednim akustycznym nagrywaniu, stają się zbyteczne. Orkiestra przytęm może wykonywać utwory właściwie, t. j. tak jak one brzmiały istotnie

w uchu, a mikrofony lub telefony przenoszą je w tej samej postaci na płytkę woskową. Nagrywanie takie daje nadto jeszcze jedną ważną korzyść. Bez żadnych trudności bowiem można prąd elektryczny rozgałęziać i wykonywany utwór zapisywać jednocześnie na dwóch płytkach woskowych. O ile potem jedna z nich wykaże nagranie zadawalające, to można być pewnym, że i na drugiej jest również taksamo; mogą więc obydwie być śmiało przesłane do dalszej fabrykacji. W przeciwieństwie do warunków akustycznych płytek nagrywania, operator - technik przy tym trybie nie potrzebuje działać niejako poomacku.

W ten sposób nagrane płytki woskowe idą niezwłocznie do dalszej fabrykacji, podług nich zostają sporządzane właściwe płyty gramofonowe i wypuszczane na rynek. Odznaczają się one niezmierną pięknnością dźwięku i dokładnością odtwarzania nagranych utworów.

## II

## OBRAZY ŻYJĄCE I MÓWIĄCE

Pięćdziesiąt lat temu znaną powszechnie była na jarmarkach pewna osobliwość, nosząca tajemniczą nazwę łacińską Camera obscura.

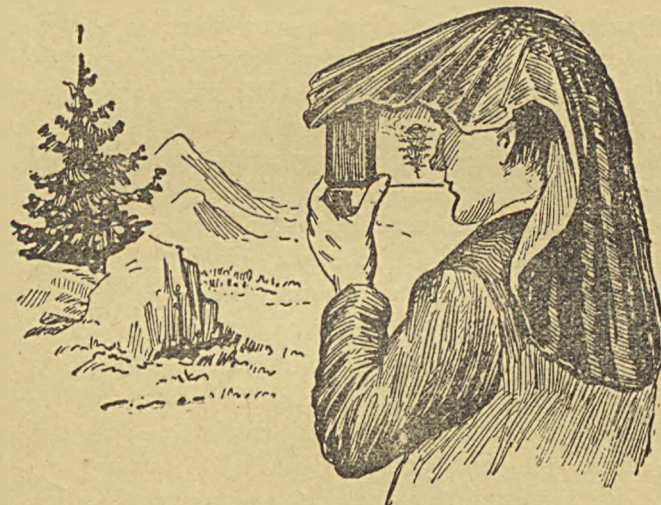
Wyrazy te znaczą dosłownie po polsku „ciemna komnata”. Istotnie też ciekawi jej, po opłaceniu wstępu, byli wprowadzani do pomieszczenia zupełnie ciemnego, tak że musieli posuwać się poomacku, dopóki nie zostali rozmieszczeni dokoła okrągłego stołu.

Wówczas zaczynało się przedstawienie. Na znak stuknięciem, powierzchnia stołu poczynąła rozjaśniać się i widzowie, wykrzykując ah! i oh!, spostrzegali nagle na niej barwny żywy obraz. To wszystko, co działo się nazewnątrz — ruch, zamieszanie na placu jarmarcznym, okazywało się tutaj w kolorach naturalnych i w pełnym ruchu.

Po jakimś czasie obraz poczynął przesuwać się. Na początku widoczna była na nim część placu jarmarcznego, stragany, ludzie; teraz zaś obraz posuwał się powoli i ukazywały się kolejno — dalsza przestraż placu jarmarcznego i okolice.

Po kilku minutach przedstawienie było skończone, i publiczność, zwłaszcza wieśniacy, opuszczała ten czarodziejski budynek z pewnego rodzaju lekkim strachem.

A przecież widzieli oni jedynie tylko to, co każdy z nich oglądał tam na otwartym powietrzu swemi własnymi oczami—każdym okiem oddzielnie; w istocie bowiem każda nasza gałka oczna ukazuje nam to samo właśnie co, dzięki prawom fizycznym powtarza Camera obscura.



Rys. 21. Działanie kamery z otworkiem.  
Na matówce widać ostry, w tych samych kolorach,  
lecz dogóry nogami, obraz oglądanego widoku.

Określenie „ciemna komnata” nie odpowiada jednakowoż ściśle istotnemu stanowi rzeczy. Ponieważ gdyby była całkowicie ciemna, to nie można byłoby nic widzieć — zarówno w samej tej komnacie jak wogóle naszymi oczami.

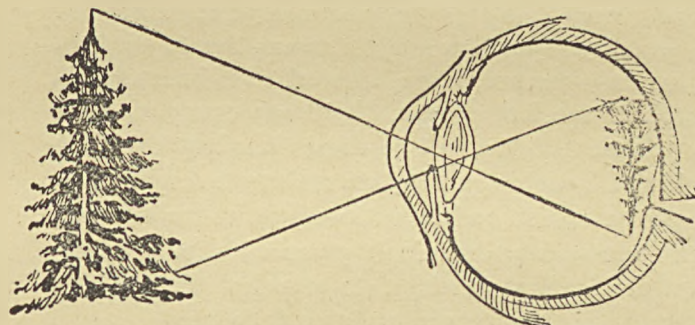
Faktycznie zaś nazwa Camera obscura oznacza jedynie pomieszczenie, które prócz jednego pewnego małego miejsca jest całkowicie zasłonięte od światła dziennego.

Taką kamerę w najprostszej postaci możemy sporządzić sobie bardzo łatwo, z pustego pudełka i kawałka kalki lub natłuszczonego papieru. Mianowicie pośrodku dna pudełka przewiercimy małeńki otwór, około 2 mm. średnicy, zamiast przykrywki zaś przyklejmy arkusz kalki lub papieru natłuszczonego i — kamera gotowa. Na to jednak, aby móc korzystać z niej, musimy naśladować nieco fotografów. Mianowicie — naprzód zakryć głowę kawałkiem jakiegoś materiału i następnie ukryć pod ten materiał również pudełko, ale tak aby dno z otworkiem było nazewnątrz. Wtedy dopiero, gdy spojrzymy na kalkę, to ujrzymy na niej żywy kolorowy obraz tego miejsca, ku któremu jest zwrócony otwór w dnie pudełka (Rys. 21).

Od tego właśnie najprymitywniejszego aparatu — pudełka z otworkiem — rozpoczął się rozwój zagadnienia, który doprowadził stopniowo do nowoczesnych aparatów fotograficznych. Gdy zamiast małeńkiej dziurki umieścimy w tym miejscu soczewkę, t. zw. skupiającą, t. j. szkło powiększające z obydwoma stronami wypukłemi, a papier natłuszczony zastąpimy matową szybką — to uczynimy duży krok w kierunku udoskonalenia aparatu. Przy takim urządzeniu bowiem ta nasza kamera będzie przyjmowała znacznie więcej światła, niż poprzednia z otworkiem jedynie; gdyż jasnym jest, że soczewka skupiająca, o średnicy 10 do 20 mm., będzie przepuszczała

do wewnątrz kamery o wiele więcej promieni światła, niż przepuszcza go otwór dwumilimetrowy.

Teraz jednakże obraz na szybce matowej nie będzie zawsze tak ostry, jak w pudełku z otworkiem, i aby otrzymać odbicie wyraźne i ostre, trzeba, w zależności od tego, jak daleko przedmioty, na które patrzymy, znajdują się od aparatu — szkło matowe przysuwać bliżej lub odsuwać od soczewki. Wobec tego zachodzi potrzeba dorobienia do naszego pu-



Rys. 22. Oko ludzkie jest prawdziwą kamerą, z soczewką i zastoną — tęczęwką.

delka z tyłu wysuwanego miecha i dopiero umocowania w nim matowej szybki — takiego, jakie widzimy u wszystkich aparatów fotograficznych.

Każde nasze oko jest również Camera obscura; a nadto nawet o wiele doskonalszą, niż jakikolwiek aparat fotograficzny. (Rys. 22). Zewnętrzna nieprzenikliwa dla światła powłoka gałki ocznej, t. zw. sclerotica, po polsku — twardówka, odpowiada naszemu pudełku od cygar. Z przodu posiada ona okrągłe przezroczyste miejsce, zwane rogówką, przez które pro-

mienie światła mogą przenikać do wewnątrz gałki ocznej. Wchodząc do niej, przechodzą one najpierw przez przednią przestrzeń, napełnioną wodnistą cieczą, dalej — przez okrągły otwór w tęczówce, zwany źrenicą, następnie — przez soczewkę oka, przez całą przestrzeń wewnętrzną gałki ocznej, również wypełnioną całkowicie przezroczystą cieczą galaretowatą i dopiero dochodzą do tylnej ścianki — dna oka.

I tu właśnie zjawiają się cuda, jakich nie zdoła naśladować żadna ludzka sztuka i technika w tym stopniu, aby mogły one mierzyć się z naturą. Oto przedewszystkiem zasłona zwana tęczówką, której barwa — czarna, szara, niebieska lub brunatna — określa t. zw. kolor oczu. Może ona rozszerzać się lub ściągać okrągło, tak że otwór źrenicy robi się większy lub mniejszy. Przytem zmiany te źrenicy wykonywane są całkowicie automatycznie — zależnie od każdorazowego podrażnienia przez światło. W ciemności źrenica jest rozciągnięta szeroko, przy świetle zaś rażącym kurczy się, aż nawet do setnej części rozwartości w ciemności. Ta zdolność oka do przystosowywania się samoczynnie do natężenia światła nazywa się adaptacją oka.

Technika fotograficzna zbudowała na wzór naturalnej źrenicy analogiczną zasłonę, którą również można otwierać szerzej lub zwężać silnie, przyczem otwór zawsze zachowuje kształt okrągły (Rys. 23 i 24). Przystosowywanie jednak tej zasłony do siły światła nie zachodzi samoczynnie, lecz musi robić to sam fotograf, oceniając każdorazowo natężenie światła. Za źrenicą następuje w oku druga rzecz osobliwa — przezroczysta jak szkło so-

czewka oczna, zbudowana matematycznie ściśle, jak wykonywane w fabrykach szklane soczewki o obydwóch stronach wypukłych. Ta soczewka oczna jest jednak jakby rzeczą żywą, gdyż stosownie do życzenia człowieka może robić się więcej lub mniej wypukłą. Fotografowie natomiast muszą zadowalać się

soczewką stałą, nie zmieniającą swego kształtu; ostrość zaś obrazów mogą uzyskiwać jedynie przez zbliżanie lub oddalanie szybki matowej od soczewki, zapomocą rozciągania lub ściągnięcia miecha, w którym soczewka jest umocowana.



Rys. 23. Naśladowanie przyrody przez technikę.

Tęczówka naśladuje metalową zasłonę o zmiennej wielkości otworu, odpowiadającego źrenicy.

Ścianka tylna gałki ocznej jest zawsze nieruchoma i w jednakowej odległości od soczewki oka, i jedynie właśnie soczewka sama, stosownie do potrzeby — odległości oglądanego przedmiotu — samoczynnie przystosowuje się odpowiednio przez zmniejszenie lub zwiększenie swej wypukłości, i dopiero rzuca na tylną ściankę oka obraz zupełnie ostry. Zdolność oczu przystosowywania się do patrzenia na przedmioty bliższe lub dalsze nazywa się akomodacją oczu. Nie jest to, jak widać, to samo, co pokazana wyżej zdolność źrenicy przystosowywania się do natężenia światła, zwana adaptacją.

Zarówno jak w prawidłowo nastawionej kamerze fotograficznej, tak i w zdrowym ludzkim oku otrzy-

muje się na tylnej ścianie ostry obraz oglądanych



Rys. 24. Tęczówka ze ściągniętą źrenicą.

przedmiotów, odwrócony dogóry nogami i w barwach naturalnych. Dalesze jednak „z użytkowanie” go w każdym z tych wypadków jest różne.

Fotograf umieszcza na miejscu szybki matowej światłoczułą kliszę bromosrebrną i, dzięki dość złożonym procesom chemicznym, uzyskuje na niej trwałą obraz fotografowanych przedmiotów. Obraz ten jednak nie może oddawać tych barw naturalnych, jakie tak zachwycają nas na szybko matowej; jest on jedynie dwubarwny — czarno-biały, taki jak przedstawiają się przedmioty ludziom cierpiącym na t. zw. achromatopję czyli ślepotę barwną — nierozróżnianie barw. I wreszcie nadto jest on negatywem, t. j. wszystko, co jest w naturze jasne, na nim wychodzi ciemne i naodwrot.

Jakżeż inne jest ludzkie oko! W oku na miejscu bromosrebrnej kliszy aparatu fotograficznego znajduje się błona zw. siatkówką, której osobliwe właściwości i tajemnice zostały dopiero niedawno częściowo poznane. Nazwę swą otrzymała siatkówka z tego powodu, że nerw wzrokowy, idący od mózgu i wchodzący od tyłu do gałki ocznej, rozgałęzia się w tej błonie, tworząc coś w rodzaju subtelnej siatki. Dzisiejsza mikroskopja i anatomja zdołały rozdzielić siatkówkę, błonkę o grubości zaledwie papieru, na

dziesięć oddzielnych warstw, posiadających różne przeznaczenia i zadania.

Właściwa warstwa percepcyjna zawiera dwa elementy widzenia — pręciki i czopki, działające najzupełniej różnie i niezależnie od siebie. Przy pomocy czopków rozróżniamy barwy, zapomocą zaś pręcików widzimy jedynie kolory biały i czarny (takie jak klisza fotograficzna). U ludzi cierpiących na ślepotę barwną, czopki są więcej lub mniej niedostatecznie rozwinięte.

Pręciki są o wiele czulsze na światło, niż czopki. Stąd właśnie pochodzi znane zjawisko, że podczas zmroku widzimy jedynie kształty przedmiotów, nie rozróżniamy zaś ich kolorów. Wszystko widziane wówczas wydaje się nam szare, ponieważ słabe o zmroku światło podrażnia jedynie pręciki. Podobni do ludzi, mających rozwinięte należycie jedynie pręciki (wzmiankowana ślepotą barwną), są również inni, u których, przeciwnie, tylko czopki rozwinęły się dostatecznie. Ci, owszem, są bardzo wrażliwi na barwy i we dnie widzą najzupełniej normalnie, natomiast przy silnym zmroku są ślepi. Jest to hemeralopja, czyli t. zw. kurza ślepotą lub kurzoślepie.

O subtelności budowy tych narządów siatkówki można powziąć pojęcie choćby z tego, że badania mikroskopowe wykazały na jednym milimetrze kwadratowym siatkówki średnio 13000 czopków i prawie tyleż pręcików.

Światło, rzuconego na siatkówkę obrazu działa przy pomocy tych milionów pręcików i czop-

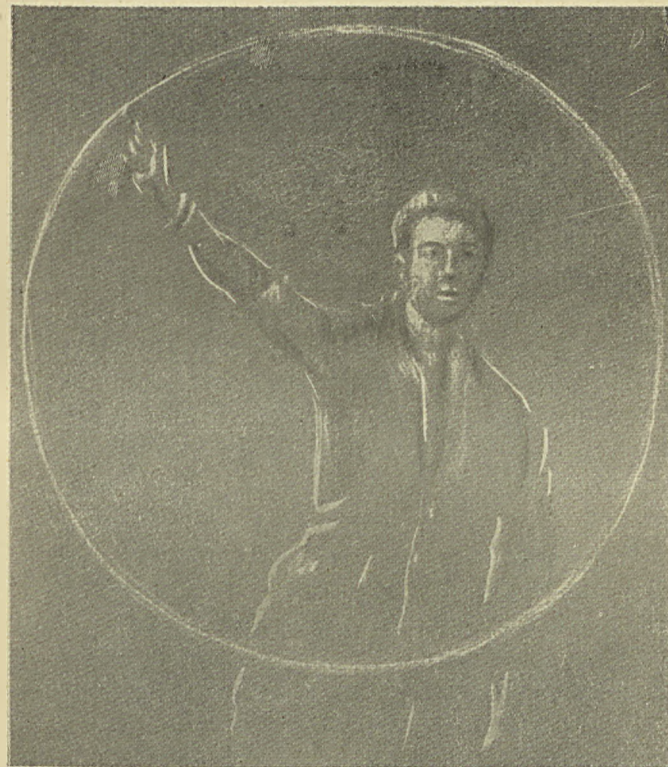


ków na taką samą ilość rozgałęzień nerwu wzrokowego. Zdania jednak o tem, w jaki sposób zachodzi to działanie podrażniające, są jeszcze dotąd podzielone.

Jedni uważają, iż mają tu miejsce procesy chemiczne, podobnie jak na bromosrebrnej kliszy fotograficznej; inni zaś przypuszczają zjawiska rezonancyjne czyli t. zw. „oddźwiękowe”. Mianowicie — podobnie jak widelki kamertonu czyli stroika poczynają drgać, wówczas gdy w bliskości dźwięczy ich właściwy ton, tak poszczególne czopki reagują na swoje indywidualne, właściwe sobie tylko, barwy. A więc jedne podrażnia tylko barwa zielona, inne niebieska, inne czerwona i t. p. Faktycznie nie jest dotąd wiadomo, który z tych poglądów odpowiada rzeczywistości. Najprawdopodobniej jednak mają miejsce zjawiska jedne i drugie. W każdym wypadku stopień podrażnienia milionów zakończeń nerwu wzrokowego zawsze odpowiada ściśle intensywności światła i barw w tyluż milionach punktów obrazu rzucanego na siatkówkę.

I tu właśnie ukazuje się największa cudowność oka. Te miliony oddzielnych podrażnień, jakie przyjmuje rozgałęziony w siatkówce nerw wzrokowy, zostają przeniesione przez zwój nerwów do mózgu i tam tak rozchodzą się w ośrodku widzenia, że w świadomości naszej powstaje ten sam obraz, który odbity jest na siatkówce.

Tu jednak stajemy u kresu naszego pojmowania, i przez długie lata, a być może nigdy, nie znajdziemy rozwiązania. Nie idzie przytem bowiem o wytłuma-



Rys. 25.

czenie tej cudowności — jak te podrażnienia nerwu wzrokowego dochodzą przez mózg do świadomości naszej w postaci określonych obrazów, lecz c inne zdumiewające zjawisko, mianowicie — jak się to dzieje, że dostają się one, drogą przez ten właśnie nerw wzrokowy, nie pomieszane beładnie między sobą.

Robiono przekroje poprzeczne nerwu ocznego i badano je następnie pod najsilniejszymi mikroskopami. Gdyby taki przekrój wyglądał tak jak przekrój np. kabla telefonicznego, złożonego z wielu skręconych razem zwojów drutów, i gdybyśmy wówczas ujrzeni w nim tysiące czy miliony oddzielnie biegnących nitek nerwowych, to byłoby całkowicie zrozumiałe i odpowiadające celowi takie urządzenie. Tymczasem jednak badania te ukazują stale jedynie przekrój jednorodny masy nerwu, bez żadnej struktury. Stoimy więc wobec utworu przyrody, niejako drwiącego z wszelkich ludzkich usiłowań zmierzających do jego zrozumienia.

Teraz jednak musimy zająć się nieco zagadnieniem t. zw. czułości na światło i przedewszystkiem rozróżnić i ustalić dwa pojęcia: oświetlenia i naświetlenia. Oświetlenie oznacza jedynie istniejącą w danej chwili jasność światła. W pojęcie naświetlenia natomiast wchodzi jeszcze drugi czynnik — czas; jest ono jakby oświetleniem, pomnożeniem przez czas, wciągu którego działa. Oko ludzkie jest czułe na oświetlenie, klisza zaś fotograficzna — na naświetlenie.

Mianowicie: oko ludzkie przyjmuje pewne podrażnienie świetlne i widzi wówczas, gdy oświetlenie do-



sięga pewnej określonej siły i pada na tę właśnie wzmiankowaną wyżej warstwę przyjmującą podrażnienia. O ile oświetlenie przedmiotów na które patrzymy nie osiąga tej niezbędnej siły, to oczy nie widzą nic — choćby patrzyły w to miejsce przez całe godziny, o ile zaś naświetlenie jest silniejsze od tej normy, to możemy zobaczyć cośkolwiek, nawet **wtedy**, jeżeli podrażnienie świetlne trwa nadzwyczaj krótko.

Przeciwnie ma się rzecz z kliszą fotograficzną: klisza reaguje niejako na wynik działania dwóch czynników—oświetlenia i czasu. Podrażnienie świetlne może być nawet jaknajśłabsze; wywoła ono jednakże poczernienie bromosrebrnej kliszy, o ile będzie działało na nią przez dostatecznie długi czas. Tą drogą właśnie, przy pomocy kamery fotograficznej, odkrywa się tysiące niesłychanie słabych gwiazd, które dla oczu ludzkich, uzbrojonych nawet w najsilniejsze lunety, pozostają zawsze niewidoczne. Rura teleskopu, poruszana zapomocą mechanizmu zegarowego, idzie nieodstępnie wciągu wielu godzin za biegiem jakiejś gwiazdy; i tyleż godzin wpada przez nią nieskończenie słabe podrażnienie świetlne od tej gwiazdy i pada stale na jeden punkt kliszy fotograficznej, umocowanej u dołu rury teleskopu. Po wywołaniu w następstwie kliszy, widoczna jest na niej gwiazda jaknajwyraźniej. Czułość kliszy fotograficznej na naświetlanie stanowi jej dodatnią, ale jednocześnie też i ujemną stronę. To bowiem, co jest bardzo pomocne przy fotografowaniu nieba, staje się nader niedogodnym, gdy zachodzi potrzeba robienia zdjęć wyjątkowo niezwykle szybkich, gdy ekspozycja musi trwać jedną stotysięczną lub nawet miljo-

nową część sekundy. W tym wypadku trzeba o tyle zwiększyć oświetlenie, o ile skrócono czas; mianowicie — przedmioty fotografowane, np. pociski lecące lub t. p., muszą być specjalnie silnie oświetlone.

Po omówieniu czułości oka na światło, trzeba z kolei rozpatrzeć pojęcie t. zw. bezwładności wzrokowej oka. Oko ludzkie jest prawie zupełnie pozbawione bezwładności przy przyjmowaniu podrażnień świetlnych. W chwili, gdy światło podrażni oko, niezwłocznie poczynają pracować narządy siatkówki i podrażniają nerw wzrokowy, ten zaś z kolei przenosi podrażnienie, z szybkością 60 do 100 m. na sekundę, do mózgu. Ponieważ zaś długość nerwu tego wynosi, od oka do mózgu, zaledwie nieco ponad 10 cm., przeto podrażnienie świetlne dochodzi do mózgu w jedną tysięczną część sekundy i zostaje tam niezwłocznie przyjęte w postaci obrazu. Przeciwnie zaś rzecz się ma z zanikaniem tych podrażnień. Miejsca podrażnione nie wracają do spokoju tak samo szybko, lecz obraz, zanim zniknie, trwa jeszcze przez mniej więcej jedną dziesiątą sekundy.

Tę bezwładność oka ludzkiego można udowodnić niezmiernie prostym sposobem; mianowicie—gdy będziemy wyciągniętą ręką, która trzyma żarzącą się główkę, opisywali koło (Rys. 25). O ile porusza ręką tak szybko, że będzie ona opisywała koło całkowite wciągu dziesiątej części sekundy, to ujrzymy jednolitą, zamkniętą błyszczącą linję koła. Podobnie niezmiernie ciekawe, doświadczenie możemy przeprowadzić również przy pomocy wirówki — przyrządu znanego w fizyce, posiadającego oś pionową

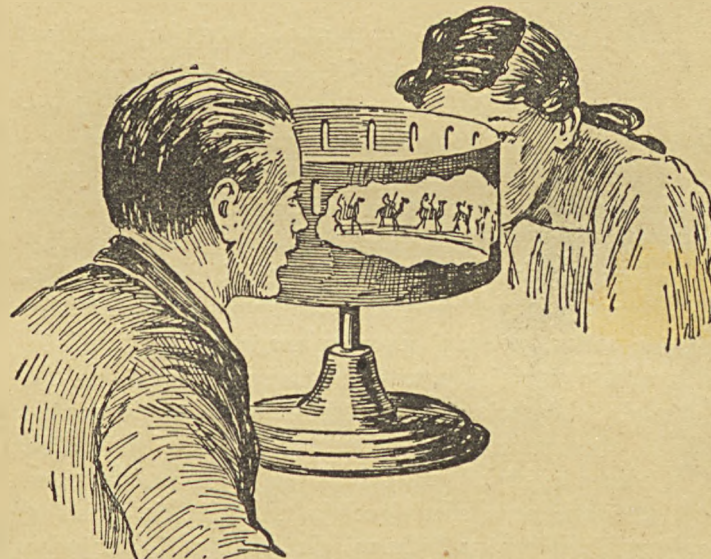
obracającą się niezmiernie szybko. Jeżeli będziemy nakładali na tę oś okrągłe, białe tarcze z narysowanymi na nich punktami lub kreskami, to, przy obracaniu tarcz z coraz większą szybkością, stwierdzimy właśnie tę zdolność oka do przetrzymywania obrazów—punkty i kreski będą zlewały się w jednolite, ciągłe linje.

Na tej samej wirówce możemy wykonać jeszcze inne, podobnie zadziwiające, doświadczenie; mianowicie—zlewanie się obrazów znikających z następującymi w jeden obraz zmieszany razem. W tym celu umieszczamy na wirówce tarczę okrągłą, podzieloną na odcinki, na zmianę — niebieskie i żółte. Gdy potem zaczniemy obracać ją z odpowiednią szybkością, to będzie się nam ona wydawała jednolicie zieloną. Tu właśnie bowiem mieszają się bezustanku ze sobą obrazy: niebieski — znikający z żółtym — następującym i następnie żółty — znikający z niebieskim — następującym, i zlewają w jeden — zielony. To zjawisko ma duże znaczenie, ponieważ może ono ewentualnie ukazać nowe drogi dla kinematografu barwnego.

Ta bezwładność oka ludzkiego i wywoływane przez nią złudzenia były już wyzyskiwane więcej niż sto lat temu do pewnych sztuczek. Na zasadzie tej budowano t. zw. „koła czarodziejskie”, czyli kinetoskopy, które były taką samą ulubioną rozrywką jarmarcznią, jak opisana na wstępie Camera obscura.

Owczesne przyrządy takie były oczywiście niezmiernie prymitywne, jak to widzimy na Rys. 26. Główną część ich stanowił obracający się na stałej pionowej osi, otwarty u góry bęben, mający powyci-

nane na obwodzie swym liczne szczeliny. Na wewnętrznej stronie obwodu, w przerwach pomiędzy szczelinami, były przyklejone obrazki, przedstawiające następujące kolejno po sobie w krótkich odstępach czasu ruchy, np. biegnącego człowieka, kłusującego konia i t. p. Przy spoglądaniu przez szczelinę



Rys. 26. Dawna zabawka, zwana Kinematoskop lub Żyjące Koło.

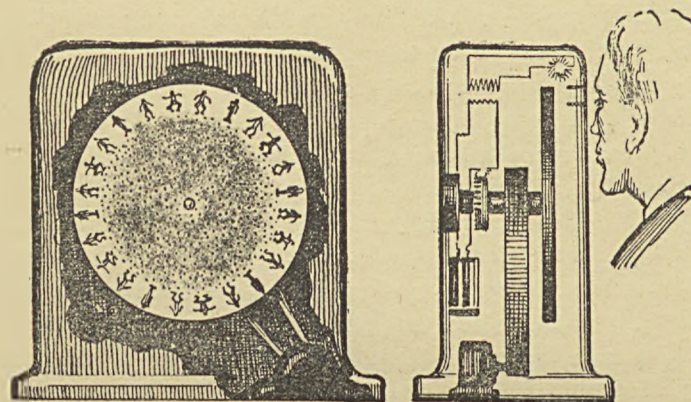
do wewnątrz bębna, widać było obrazek, znajdujący się akurat na przeciwległej ścianie bębna; a gdy przytem bęben obracał się, to obrazki te szybko następowały po sobie. O ile zaś prędkość obrotu bębna była taka, że każdy obrazek zatrzymywał się przed okiem nie dłużej niż przez jedną dziesiątą część sekundy, to wszystkie zlewały się w jeden, bę-

dący w ciągłym ruchu. W ten sposób więc te czarodziejskie koła były istotnie praojcami dzisiejszych nowoczesnych kinematografów.

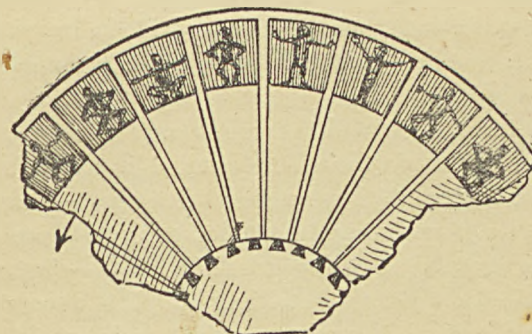
Właściwa istotna kinematografja mogła oczywiście powstać dopiero wtedy, gdy zostały wynalezione wysokoczułe klisze fotograficzne i fotografja migawkowa.

W ostatnim dziesiątku ubiegłego stulecia, gdy jeszcze w Niemczech nie były znane kinematografy Edisona, niemiecki fotograf Anschütz zbudował rodzaj małego pomysłowego kinematografu.

Zastosował on do tego pewną zasadę, która różni się znacznie od zasady dzisiejszych kinematografów, ale niekiedy i obecnie stosuje się do pewnych specjalnych celów w fotografii migawkowej. Robił on zdjęcia, następujących po sobie kolejno w krótkich odstępach czasu, pozycyją poruszającego się przedmiotu, poczem przyklejał je w tym samym porządku na obwodzie okrągłej tarczy, którą w następstwie można było obracać z równomierną szybkością (Rys. 27). Tarcza z naklejonemi obrazkami była umieszczona w skrzyneczce, posiadającej jedno małe okienko, przez które można było widzieć zawsze tylko jeden obrazek. W skrzynce tej, tuż nad okienkiem, był umieszczony t. zw. iskiernik, i za każdym razem, gdy obrazek podchodził nawprost okienka, wyskakiwała elektryczna iskiereka, trwająca zaledwie tysięczną część sekundy i przez ten tylko króciutki czas oświetlała jaskrawo obrazek (Rys. 28 i 29). Oko patrzącego przyjmowało wrażenie wzrokowe i zatrzymywało je, aż do chwili, gdy znów pojawiał się, również na taki króciutki moment oświetlony, następujący obra-



Rys. 27. Pierwszy kinematograf Anschuetza z roku 1892. Obrazki na obracającej się równomiernie tarczy, przechodząc przed szczeliną wziernikową, zostają oświetlane przez błyski iskry elektrycznej.



Rys. 28. Urządzenie kontaktu ślizgowego na tarczy Anschuetza.

W chwili, gdy obraz przechodzi przed szczeliną wziernikową prąd zostaje przerwany, i pojawia się iskra elektryczna.

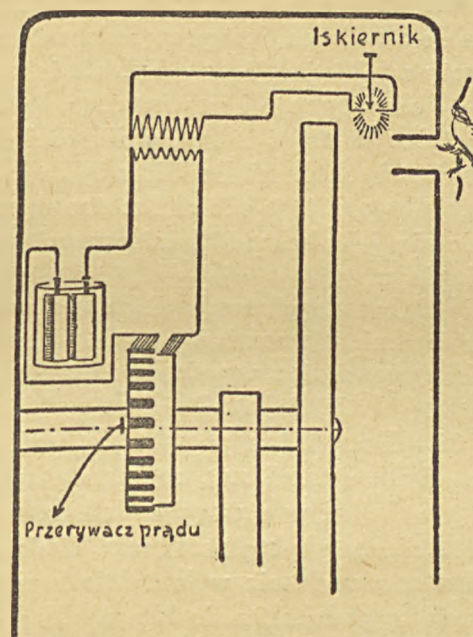
zek. W ten sposób w oku pozostawało wrażenie ciągłego nieprzerwanego ruchu.

Takie przerywane oświetlenie elektryczne dawało tę wielką korzyść, że przy niem można było obracać ciężką tarczę z obrazkami równomiernie. W dzisiejszych aparatach kinematograficznych jest, jak wiadomo, odwrotnie. Mianowicie — źródło światła świeci stale, jednostajnie, bez przerw, a skokami przesuwa się taśma z obrazami. W czasie jej ruchu źródło światła jest przyćmione, a więc biała ściana ciemna; i jedynie wciągu krótkich chwil, gdy taśma zatrzymuje się, zasłona jest otwarta i ekran oświetlony.

Przy normalnej fotografii filmowej wykonywa się 16 do 18 poszczególnych zdjęć wciągu sekundy. Przy wyświetlaniu więc filmu zachodzi konieczność przesuwania taśmy 16 razy na sekundę na wysokość poszczególnego zdjęcia - obrazu a potem pozostawienia go pewien czas nieruchomo i oświetlenia. Na wykonanie zaś tych czynności jest do rozporządzenia na każdy obraz zaledwie jedna szesnasta część sekundy.

Rysunek 30 przedstawia schemat takiego aparatu do wyświetlania filmów. Wyświetlany film znajduje się na krążku A i zapomocą odwijacza — obracającego się równomiernie walca, którego dwa zębate kołka chwytają otwory w taśmie filmu — jest równomiernie odwijany z krążka. Za odwijaczem taśma tworzy pętlę i przechodzi przez dwie wąskie, zwykle wysłane filcem, szczeliny  $S_1$  i  $S_2$ , między którymi znajduje się właściwy otwór projekcyjny, tak zwane okienko F.

W dalszej drodze taśma przechodzi przez specjalny mechanizm W, który zmienia równomierny ruch taś-



Rys. 29. Rysunek schematyczny układu połączeń elektrycznych w kinematografie Anschuetza.

Prąd z baterji zasila cewkę pierwotną cewki indukcyjnej i zostaje przez przymocowane do tarczy z obrazami koło przerywacza przerywany za każdym razem, gdy obraz przechodzi przed szczeliną wziernika. Następnym tego jest pojawienie się świecącej iskry.

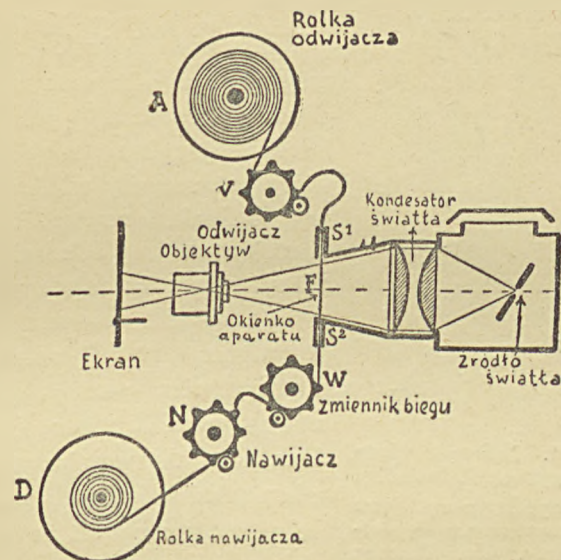
my i posuwa ją naprzód, jak to było opisane już — skokami. Za tym mechanizmem znajduje się, podobny do odwijacza, nawijacz z takimiż zębami, zaczepia-

jącymi za otwory w taśmie, i od niego taśma idzie znów równomiernie do krążka D — nawijającego.

Jak widać na rysunku, część taśmy filmowej, od odwijacza do nawijacza, jest przegrodzona szczelinami od reszty całej taśmy oraz od obydwóch ciężkich krążków — odwijającego i nawijającego. W ten sposób więc tylko ta część taśmy, o długości około 10 cm, przesuwa się skokami. I właśnie tylko dzięki tak nieznacznej długości tego odcinka można wprowadzić posuwanie się jej skokami, koniecznymi przy wyświetlaniu filmu.

Z liczby różnorodnych mechanizmów, stosowanych w celu zmieniania równomiernego posuwania się taśmy na skokowe, można wymienić dość ogólnie używany, zwany krzyżem Maltańskim, uwidoczniiony na Rys. 31. Tutaj taśma posuwa się, podobnie jak przy rozwijaczach i nawijaczach, zapomocą kółek, których zęby wchodzą w otwory w taśmie; walec ten jednak nie obraca się równomiernie. Posiada on na jednym końcu urządzenie w kształcie krzyża, właściwie całkowicie podobnego do Krzyża Maltańskiego. Pod walcem obraca się również równomiernie oś, na której umocowane są dwie różnej wielkości okrągłe tarcze. Większa z nich ma wystający sztyft, mniejsza zaś w tym samym miejscu wycięcie. Przy obracaniu się osi, sztyft ten podchodzi ku górze, wchodzi w szczelinę między ramionami krzyża i przesuwa go o jedną czwartą obrotu. Taki zaś obrót krzyża umożliwiony jest przez to, że w tym momencie właśnie wzmiankowane wycięcie w mniejszej tarczy, przylegającej innymi miejscami swego obwodu ściśle do krzyża, podchodzi pod jego ramię.

Często bardzo stosowane jest urządzenie takie, że walec, a z nim taśma, przesuwa się jedynie o jedną szóstą całego obrotu osi napędowej, a przez resztę

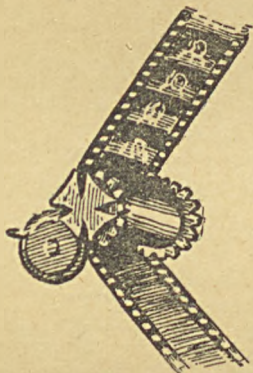


Rys. 30. Schemat urządzenia nowoczesnego aparatu kinematograficznego.

Jako źródło światła stałego służy silna lampa łukowa. Kondensator światła, składający się z dwóch soczewek płasko-wypukłych, skupia promienie światła i przesyła je przez okienko aparatu poprzez taśmę filmu do obiektywu, który rzuca obraz na ekran. Przed obiektywem znajduje się obracająca się zasłona. Przesuwanie się taśmy skokami wywołuje specjalny zmiennik biegu, zwany Krzyżem Maltańskim. (W).

pozostaje nieruchomo. Możemy więc zrobić z tego następujące obliczenie: całość trwa przez jedną szesnastą część sekundy; taśma przesuwa się w ciągu szóstej części tego okresu t. j. przez  $1/96$  sekundy i w ciągu

tego właśnie czasu musi być światło przysłonięte za pomocą obracającej się zasłonki, przedstawionej na Rys. 32. Przez  $5/96$  lub okrągło jedną dwudziestą sekundy więc obraz pozostaje nieruchomy i może być jak należy oświetlony.

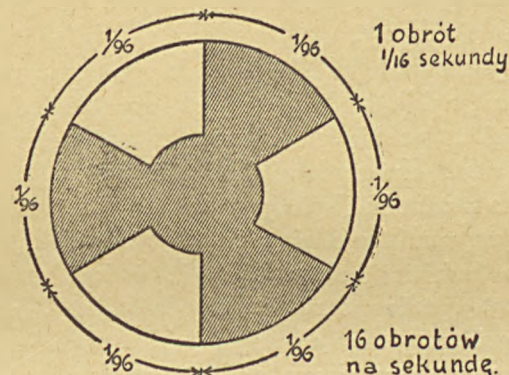


Rys. 31. Zmiennik biegu z Krzyżem Maltańskim. Wał napędny z występem udarowym obraca się równomiernie. Wał filmowy, opatrzony Krzyżem Maltańskim, porusza się skokami, wykonując ćwierć obrotu za każdym jednym całym obrotem wału napędowego.

Właściwie jednak tylko mógłby być oświetlony; zachodzą bowiem przytem bardzo przykre migotania, które też zmusiły właśnie do wynalezienia urządzeń zapobiegających im. Jak widzieliśmy, ciemność między jednym a drugim obrazem trwa zaledwie przez  $1/96$  część sekundy; więc pamiętając to, cośmy mówili o zdolności oka ludzkiego do przetrzymywania wrażeń świetlnych, należałoby przypuszczać, że przejście od jednego obrazu do następnego, odbędzie bez zauważenia tej przerwy ciemnej. W rzeczywistości jednak nie jest tak; mianowicie przy bardzo jasnych obrazach widzi się nieznośne migotania. Skutecznym środkiem przeciw temu jest wirująca zasłona taka, jaką wyobraża rys. 32-a mianowicie — z trzema wycinkami ciemnymi, które wciągu wzmiankowanych  $5/96$  część sekundy. zasłaniają obraz dwa razy na  $1/96$  część sekundy. Działanie wirującej zasłony przedstawiono schematycznie na rys. 32-b.

Właściwie jednak tylko mógłby być oświetlony; zachodzą bowiem przytem bardzo przykre migotania, które też zmusiły właśnie do wynalezienia urządzeń zapobiegających im. Jak widzieliśmy, ciemność między jednym a drugim obrazem trwa zaledwie przez  $1/96$  część sekundy; więc pamiętając to, cośmy mówili o zdolności oka ludzkiego do przetrzymywania wrażeń świetlnych, należałoby przypuszczać, że przejście od jednego obrazu do następnego, odbędzie bez zauważenia tej przerwy ciemnej. W rzeczywistości jednak nie jest tak; mianowicie przy bardzo jasnych obrazach widzi się nieznośne migotania. Skutecznym środkiem przeciw temu jest wirująca zasłona taka, jaką wyobraża rys. 32-a mianowicie — z trzema wycinkami ciemnymi, które wciągu wzmiankowanych  $5/96$  część sekundy. zasłaniają obraz dwa razy na  $1/96$  część sekundy. Działanie wirującej zasłony przedstawiono schematycznie na rys. 32-b.

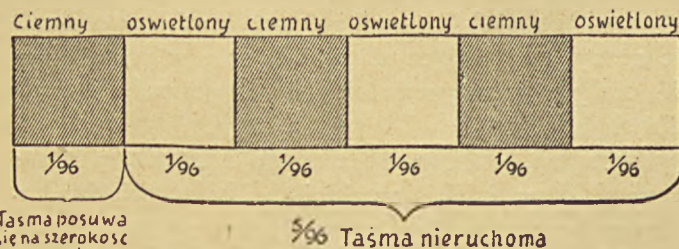
Efektom tego w praktyce są istotnie spokojne bez migotań obrazy jakie widzujemy w każdym porządnym kinematografie.



Rys. 32-a. Wirująca zasłona filmowa z trzema ciemnymi wycinkami.

Zasłona zasłania przesuwanie się taśmy filmowej i rzuca przytem dwukrotnie cień na zatrzymujący się obraz w celu złagodzenia migotania.

Gdybyśmy jednak dali jakiemuś poszczególnemu widzowi podobną zasłonę, lecz działającą wręcz odwrotnie jak zasłona aparatu projekcyjnego, t. j. prze-



Taśma posuwa się na szerokość jednego obrazu

Rys. 32-b. Rozkład okresów jasności i ciemności w czasie wyświetlania filmu na ekranie.



puszczającą światło w tych momentach, gdy zasłona aparatu zasłania je, i naodwrot, to, gdyby patrzył przez nią, ekran na którym reszta publiczności widziałaby wstrząsające sceny, wydawałby mu się najzupełniej czarny.

Do wyświetlenia filmów stosuje się ekran sporządzony ze zwykłego płótna, gdyż nie posiada ono własności świecenia po uprzednim naświetleniu go. Gdyby użyć ekrany zwilżone roztworem soli barowej, to stwierdzilibyśmy w nim tę samą własność przetrzymywania znikających obrazów, jaką posiada oko ludzkie; mianowicie, iż świeciłby się on jeszcze wyraźnie po zasłonięciu światła. Wielokrotnie wypróbowywano ekrany z takich właśnie materiałów, znanych w fizyce pod nazwą fotoluminescencyjnych — które świecą przez pewien czas po uprzednim ich naświetleniu. Zawsze powstawały nieprzewyciężone trudności, gdyż ekrany te, zwłaszcza silnie oświetlane, naświetlały się tak, że jeszcze przy czwartym a nawet piątym obrazie dawało odczuwać się przeszkadzające świecenie się ich.

Przy zwykłym wyświetlaniu filmu jest on przesuwany z taką samą szybkością, z jaką był nakręcany. Wskutek tego więc patrzący widzą na ekranie sceny, odbywające się w tem samym tempie, jakie miały w rzeczywistości. Wrazie potrzeby jednak tobi się odstępstwa od tego prawidła.

Weźmy np. taki film: zbrodniarz jest goniony na samochodzie po jakiejś wąskiej karkołomnej drodze. Przy nakręcaniu filmu, artysta, grający rolę tego zbrodniarza, biegnie z szybkością umiarkowaną; tak że samochód może swobodnie jechać za nim powoli.

Gdyby następnie wyświetlano obraz w tem samym tempie, to scena ta również odbywałaby się powoli. Dla uniknięcia tego obracający korbę operator przy nakręcaniu filmu stosuje pewną sztuczkę. Mianowicie nakręca on tę scenę o wiele wolniej, niż jest przyjęte ogólnie, tak że robi nie szesnaście zdjęć na sekundę, lecz zaledwie cztery.

Przypuśćmy, że samochód jechał za zbrodniarzem z szybkością 15 km. na godzinę. W takim razie, przy tak powolnem nakręcaniu filmu, samochód przesunie się, od jednego zdjęcia do następnego, na taką samą odległość, jak przy szybkości cztery razy większej — zwykłym tempie 16 obrazów-zdjęć na sekundę. Jednakowoż tak powolnie nakręcany film zostaje wyświetlany w tempie zwykłym — 16 obrazów na sekundę; skutkiem tego na ekranie wydaje się, że samochód istotnie pędzi jak szalony po wąskiej i pełnej zakrętów drodze, z szybkością 60 km. na godzinę, i widzom stają włosy na głowie.

Przy takiej więc procedurze przebieg scen na ekranie odbywa się o wiele szybciej niż w rzeczywistości.

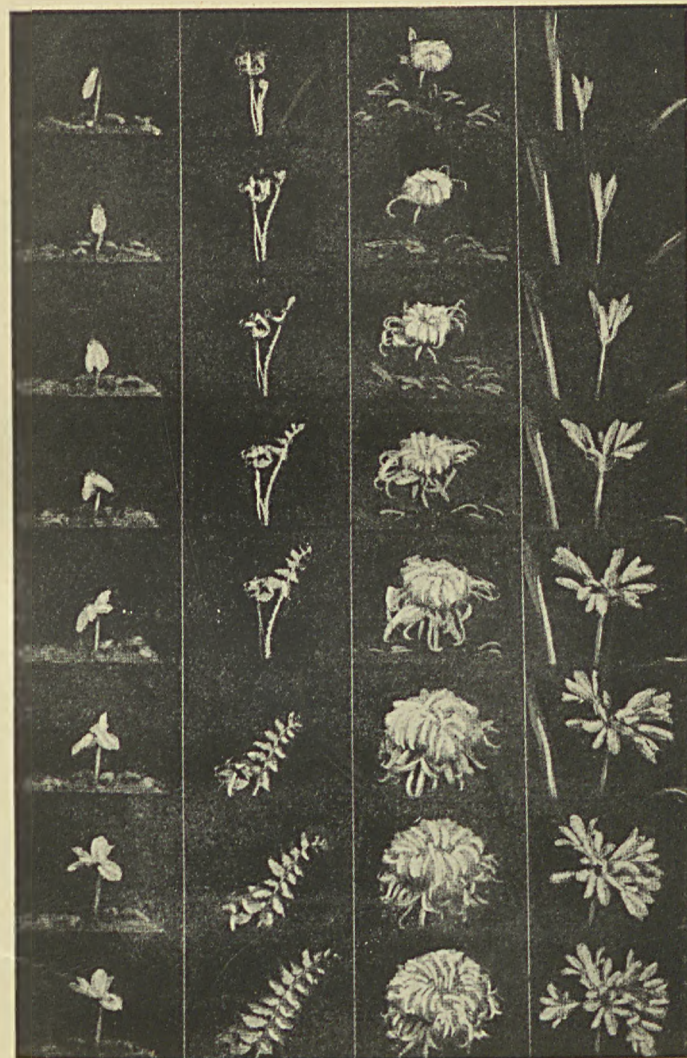
Sztuczka taka jednak bywa posuwana nieraz o wiele dalej jeszcze. Naprzykład namoczony groch układa się ściśłą warstwą na wilgotnej podkładce z waty i wciągu 8 dni robi z niego co kwadrans jedno zdjęcie na taśmę filmową. O ile przez cały ten czas poduszka z waty będzie stale wilgotna, to groch wypuści kielki na kilka centymetrów długie. Po upływie tygodnia w ten sposób otrzyma się na taśmie 768 zdjęć-obrazów, które można później wyświetlić w zwykłym tempie — 16 obrazów na se-

kundę — wciągu 48 sekund. Dzięki temu widz ujrzy, jak wciągu niecałej minuty rozwijają się z grochu duże kielki. Wrażenie jest dlatego niezwykle silne, iż rozwijające się i wystrzelające w górę niezmiernie szybko kielki, zwłaszcza w początkowej części obrazu, przedstawiają widok raczej wykluwania się rojących i wijących się węży, niż kiełkowanie ziarnka grochu.

Rysunki 33 do 36 przedstawiają właśnie takie t. zw. przyspieszone filmy, wykonane w celach reklamy dla jednej z fabryk nawozów sztucznych, aby naocznie przekonywająco pokazać wpływ nawozów sztucznych na szybkość wzrostu roślin. Ten sam sposób przyspieszonych filmów bywa wreszcie stosowany do przedstawiania obrazu czynności niepomiernie jeszcze wolniejszych. Naprzykład wciągu dwóch lat są dokonywane dwa razy dziennie zdjęcia z budującego się w tym czasie wielkiego gmachu i otrzymuje się 1500 zdjęć - obrazów, które w następstwie zostają wyświetlone w kinie wciągu zaledwie półtorej minuty i pokazują, jak gmach dosłownie wyrasta z ziemi.

Rozpatrzmy teraz zadanie odwrotne; mianowicie o ile idzie o przedstawienie na ekranie czegoś o wiele wolniej niż odbywa się to w rzeczywistości. Chcemy naprzykład widzieć poszczególne ruchy konia wyścigowego w największym galopie lub też zbadać dokładnie działanie pocisku, uderzającego w jakiś cel.

Przy wyświetlaniu takiego filmu musi być oczywiście zachowana normalna szybkość przesuwania się taśmy — 16 obrazów na sekundę, inaczej bowiem nie skorzystamy ze zdolności oka do przetrzymywania



Rys. 33 — 36.

wrażeń wzrokowych i nie otrzymamy żadnego istotnego przedstawienia tego co chcemy zobaczyć. O ile więc zamierzamy dać na ekranie obraz dziesięć razy wolniejszy, niż jest w rzeczywistości, to musimy przy nakręcaniu go zrobić 160 zdjęć wciągu sekundy, które dopiero potem, przy wyświetlaniu filmu, mogą być przesuwane przed ekranem przez 10 sekund.

O wiele trudniejsze zadanie jest jednak, gdy chodzi o uzyskanie obrazu biegu pocisku. Kula karabinowa posiada szybkość 500 m. na sekundę i z tą samą szybkością przebija nawylot cel, np. bańkę mydlaną o średnicy 10 cm. Na cały więc przebieg kuli od wejścia do bańki do wyjścia z niej — na co zużywa  $1/5000$  część sekundy — trzeba zrobić co najmniej pięć zdjęć; na całą więc jedną sekundę wypadnie 25000 zdjęć.

Rozwiązanie tego zadania można osiągnąć dwiema różnymi drogami. Oczywiście jest, że zwykły aparat do zdjęć przy nakręcaniu filmów, w którym taśma posuwa się podobnież skokami zapomocą t. zw. Krzyża Maltańskiego, jak w aparatach do wyświetlania, jest do tego celu niewystarczający. W takim aparacie bowiem granicę osiągalnej możliwości stanowi zwykle 16 do 18 zdjęć na sekundę. Przy fotografowaniu zaś takim, gdy wymagane są setki lub nawet tysiące zdjęć wciągu sekundy, taśma musi posuwać się całkowicie równomiernie. Prócz tej są nadto jeszcze inne wielkie trudności.

Każdy oddzielny obraz - zdjęcie na taśmie filmowej ma wysokość dwóch centymetrów; taśma zaś przesuwana się podczas robienia zdjęć z szybkością 32 cm. na sekundę. Dla otrzymania zaś 1000 zdjęć wciągu



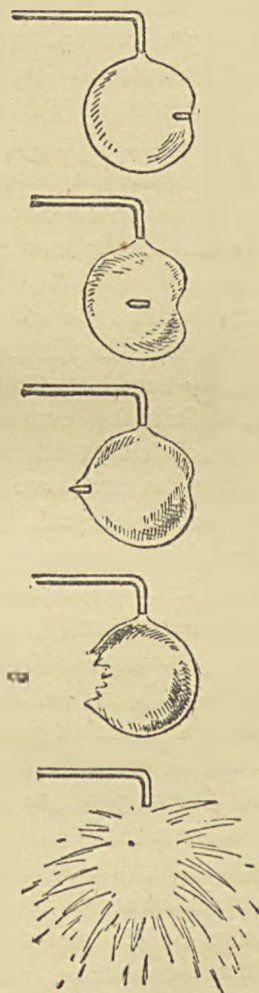
sekundy szybkość przesuwania się taśmy musi od razu podnieść się do 2000 cm. czyli 20 m. Musi więc ona zniknąć z przed linii soczewki z szybkością pociągu kurjerskiego; takie zaś przesuwanie można oczywiście uzyskać jedynie przy równomiernym ruchu jej, co znów daje się wykonać tylko przy pomocy specjalnie mocnych i pewnie zbudowanych mechanizmów, przewijających taśmę.

Przy 25000 zdjęć na sekundę taśma musiałaby w warunkach zwykłych osiągać fantastyczną prędkość 500 metrów na sekundę, t. j. przesuwać się z szybkością kuli, wystrzelonej ze strzelby. Ponieważ zaś, oczywiście, jest to całkowicie niewykonalne, to poradzono sobie w ten sposób, że dla takich wyjątkowych ilości zdjęć, zmniejszono wysokość każdego poszczególnego obrazu-zdjęcia o jedną czwartą. Ale nawet i przy tem niezbędną jest szybkość przesuwania się taśmy, dosięgająca 125 m. na sekundę, co, jak dotąd, jest najwyższą osiągalną prędkością, i należy wątpić, czy będzie mogła ona być kiedyś przekroczona.

W każdym razie jest rzeczą niewątpliwą, że przy wszelkich takich zdjęciach — ponad zwykłą ilość 16—20 obrazów na sekundę — taśma filmu musi przesuwać się równomiernie, i dopiero wtedy można osiągnąć wypełnienie zadania — uzyskanie na niej obrazów nieskażonych.

Zadanie to zostało rozwiązane dwoma sposobami. Pierwszy — powraca do dawnego środka stosowanego, jak to było powiedziane wyżej, przez Anschütza — iskier elektrycznych. Sprzyjającą dla tego sposobu okazała się przytem okoliczność, że przez te 25 lat,

jakie upłynęły od zastosowania ich pierwszy raz, zostało zbadane dokładnie zagadnienie wyładowywania się iskier elektrycznych. W telegrafji zaś bez drutu opracowano układ iskier, t. zw. gaszonych lub dźwięczących, w którym ściśle określona jest liczba iskier, ukazujących się na sekundę, i czas trwania każdej. Telegrafja bez drutu stosowała 1000 iskier na sekundę, z czasem trwania każdej —  $1/10000$  sekundy. Już takie urządzenie było wystarczające dla potrzeb kinematografji przyspieszonej. Z łatwością jednak daje się zwiększyć ilość



Rys. 37. Zdjęcie kinematograficzne przelotu kuli przez bańkę mydlaną.

Zwraca uwagę elastyczność bańki. Otwór wlotu kuli zaciąga się zpowrotem, o wiele większy zaś otwór wylotowy nie zamyka się i powoduje rozpęknięcie się bańki.

iskier, jak podobnie skraczać czas ich trwania. Przy pomocy więc właśnie takiego strumienia iskier udało się fotografować lecący pocisk, z szybkością dającą 25000 zdjęć w ciągu sekundy (Rys. 37).

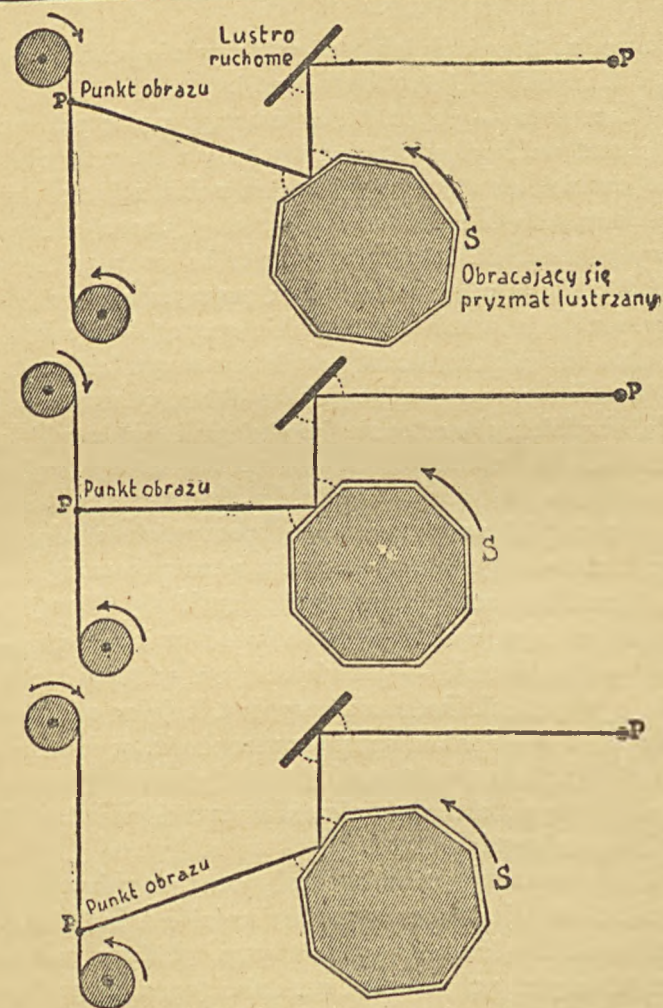
Oświetlenie zapomocą iskier elektrycznych nie jest jednakże dostatecznie jasne. Wskutek tego zdjęcia takie, zwłaszcza że naświetlenie trwa niezmiernie krótko, zawsze są nieco zniekształcone i zamazane.

Z tego względu więc, o wiele lepszą, o ile nie idzie o zbyt wielkie ilości zdjęć, jest inna droga, mianowicie — wykorzystanie pewnych zjawisk optycznych. Odnośne urządzenie przedstawia rysunek 38; jest ono dziś powszechnie stosowane.

Przy tem urządzeniu obraz rzucany przez soczewkę aparatu fotografującego pada nie bezpośrednio na taśmę, lecz na obracający się lustrzany pryzmat — graniastosłup. Szybkość obrotów pryzmatu jest zapomocą prostej przekładni trybowej uzgodniona z szybkością posuwania się równomiernie biegnącej taśmy fimowej tak, że odbity od lustra obraz przesuwają się z taką samą ściśle prędkością jak taśma i wydaje się przeto na niej nieruchomy.

Można na prostym przykładzie wyjaśnić zasadę tego rodzaju fotografowania.

Wziąwszy do ręki nieduże lusterko, stańmy podczas słonecznego dnia przy torze kolejowym. W lusterku odbija się słońce, i poruszając odpowiednio lusterkiem, możemy skierowywać to jaskrawe odbicie słońca na punkt dowolny. Kiedy zaś nadjedzie pociąg, wykonajmy takie proste zadanie: skierujmy na niego to odbicie i starajmy się utrzymać je nieruchomo sta-



Rys. 38. Schemat stosowania pryzmatu lustrzanego. Światłoczuła taśma filmowa odwija się równomiernie. Przyjmowany punkt obrazu zostaje rzucony zapomocą obracającego się pryzmatu lustrzanego na taśmę, z szybkością, zgadzającą się z szybkością taśmy, i wskutek tego utrzymuje się stale na jednym miejscu taśmy. Rycina przedstawia przebieg ten przy trzech położeniach pryzmatu lustrzanego.

le np. na drzwiach jakiegoś wagonu; nie przedstawia to żadnych specjalnych trudności.

Zasada ta — pryzmatu lustrzanego ma tę przewagę nad wzmiankowanym sposobem z iskrami elektrycznymi, że stosując ją można robić zdjęcia przy pełnym świetle dziennym; wówczas gdy sposób iskrowy pozwala na fotografowanie tylko podczas ciemności. Z tego właśnie względu otrzymywane tym trybem zdjęcia zawierają wszelkie szczegóły i subtelności, tak jak zwykle zdjęcia kinematograficzne.

Jeżeli film, zawierający około 400 zdjęć na sekundę, będziemy następnie wyświetlali w zwykłym tempie 16 obrazów, to wszystkie sceny wyjdą zwolnione 25 razy. Człowiek skaczący ze ściany wysokiej na 4 metry, w rzeczywistości osiąga ziemię w ciągu jednej sekundy; wzmiankowany zaś pryzmat lustrzany pozwala mu unosić się w powietrzu opadając wolno — aczkolwiek ze stałe wzrastającą prędkością — prawie całe pół minuty, zanim dotrze do ziemi. Podobnie wprowadzając w zdumienie ukazywani w ten sposób skoczkowie, szybkobiegacze, konie na wyścigach. Niestety w książce, na pojedynczych obrazach niema możliwości oddać tych zdumiewających wrażeń.

Rozpatrywany przez nas cały czas w opisywanej postaci film jest niemy; przynajmniej dla ludzi normalnych. Z głuchoniemymi jedynie, którzy umieją czytać wyrazy z poruszeń ust mówiącego, wypadają czasem, owszem, inne rezultaty. Niejednokrotnie głuchoniemi widzowie wybuchali głośnym śmiechem przy najwięcej właśnie wzruszających scenach filmu. Działo się to wskutek tego, że odczytywali oni z po-

ruszeń warg występujących w filmie artystów, akurat w tych miejscach, rozmaite, niejednokrotnie bardzo nawet trywialne uwagi ich, nie mające najmniejszego związku z akcją filmu. Takie jednak wypadki należy, oczywiście, uważać jako jedynie wyjątkowe. Dla ogółu zaś — aby film mógł mówić, trzeba było wynaleźć inne sposoby.

W początkach kinematografii próbowano rozwiązać zagadnienie to środkami, jakie były wówczas do rozporządzenia. Mianowicie posiadano wtedy już gramofon i właśnie sięgnięto do niego w tym celu. Najwięcej co dało się tem osiągnąć jednak — było doprowadzenie do odtwarzania jednocześnie śpiewu i gry artystów; czyli inaczej mówiąc — załatwienie na jednym posiedzeniu spraw akustycznych i optycznych. I przy tem jednak powstawały nieraz nieprzewidywane trudności, z tego względu choćby, że do dobrego nagrywania płyt były konieczne właściwe pomieszczenia, które znów nie nadawały się do zdjęć kinematograficznych.

W tych warunkach więc postępowano w następujący sposób. Przedewszystkiem śpiewak w sali muzycznej wytwórni płyt gramofonowych naśpiewywał przez lej płytę. Po tem następowała druga część procedury — już w sali operacyjnej wytwórni filmów. Artysta, oświetlony jarzącym światłem elektrycznych lamp łukowych, stawał przed obiektywem aparatu fotografującego i, przez cały czas gdy płyta była grana, wykonywał właściwe poruszenia warg, niejako postępując za muzyką; czyli że nie forsując wcale swego gardła czynił ustami takie ruchy, jak gdyby istotnie, ściśle w takt, śpiewał tę arję, co była na

plycie. Przy wyświetlaniu takiego filmu ruch aparatu projekcyjnego i obroty płyty gramofonu były ściśle ze sobą uzgodnione zapomocą odpowiedniego mechanizmu.

Należałoby więc, zda się, spodziewać się przy takim postępowaniu jaknajdoskonalszych wyników. Jednakże nie jest tak bynajmniej. Okazuje się bowiem, że każdy człowiek zwraca o wiele więcej uwagi na wargi mówiącego, niż naogół przypuszcza się. Zawsze przy takim wykonaniu okazywały się różnice w czasie — między tonami gramofonu a poruszeniami warg śpiewającego artysty, widocznego na ekranie; właśnie ta niezgodność nieoczekiwanie zupełnie psuła wrażenie całości. Przekonano się jednak przy tem, że istotnie bezwarunkowo konieczne jest uzgodnienie poruszeń obrazu i zastosowanej do niego muzyki, nawet aż do jednej dziesiątej części sekundy, o ile złudzenie patrzącego na obraz ma być istotnie niczem nienaruszane.

Osiągnięcie tego możliwe jest dopiero wówczas, gdy fotografie akcji oraz mowa i muzyka będą się znajdowały na tej samej taśmie filmowej t. j. gdy przy wyświetlaniu filmu jednocześnie część optyczną i akustyczną sceny będzie oddawała jedna i ta sama taśma.

Tak więc zagadnienie filmu mówiącego sprowadza się do zagadnienia, można rzec, gramofonu optycznego czy fotograficznego. Trzeba móc odfotografować jaknajdokładniej mowę i śpiew, a następnie wynaleźć sposób odtwarzania tych fotografii ponownie. Jest to zadanie, nad którego rozwiązaniem pracują fizycy już od początków bieżącego stulecia. I gdy

jeszcze do niedawna taki fotogramofon był jedynie uważany jako interesujące usiłowanie fizyków, to dzisiaj, wobec filmu mówiącego, nabrał on ważnego znaczenia praktycznego.

Wrażenia, jakie przyjmujemy zapomocą naszych uszu, jako mowę lub śpiew, dochodzą do nas w postaci fal dźwiękowych, które przez wciąż zmieniające się ciśnienie powietrza działają na nasz organ słuchowy. Ściśle teoretycznie więc rzecz biorąc, powstaje zadanie przekształcania tych prostych szybkich zmian ciśnienia w jaknajściślej odpowiadające im zmiany światła i zarazem odfotografowywanie ich. Przy tem jednak okazują się następujące okoliczności. Zwykły film daje 16 obrazów wciągu sekundy, każdy o wysokości 20 mm; wobec tego więc wciągu sekundy przesuwają się 320 mm. taśmy. Dźwięk lub mowa wywołuje przeciętnie około 1000 drgań dźwiękowych w tym samym okresie czasu. Ta ilość drgań więc musi być zmieszczona też na wspomnianych 320 milimetrach taśmy; tak, że dla każdej poszczególnej fali dźwiękowej wypada do rozporządzenia na taśmie zaledwie małe kawałeczki — około jednej trzeciej części milimetra. I na tej drobnej przestrzeni musi być sfotografowana każda fala jaknajdokładniej, w jej każdorazowej chwilowej postaci naturalnej i nieskażonej przez zmiany jasności światła. Jest to sprawa, która bez żadnej wątpliwości, stawia technice fotograficznej zadania trudne w najwyższym stopniu. Przy dzisiejszych soczewkach oraz filmach jest ono jednakże całkowicie wykonalne.

Pierwsi wynalazcy wynaleźli bezpośrednią drogę przetwarzania zmian ciśnienia w zmiany natężenia

światła. Zastosowali oni bowiem t. zw. płomień dźwięczący, t. j. płomień gazu, które wychodzą z wąskich rurek, zmieniają swą jasność, stosownie do rytmu drgań dźwiękowych, o ile w bliskości ich mówi się lub śpiewa. Fotografując więc takie płomień, otrzymywano pierwsze zdjęcia-obrazy dźwięków, będące tym sposobem fotograficznymi odtworzeniami mowy.

Dla celów jednak filmu dźwiękowego sposób ten nie nadawał się. Trzeba więc było pójść drogą okólną — przez elektryczność. Przy tym sposobie przede wszystkim zmiany ciśnienia fal dźwiękowych musiały być przekształcane w odpowiadające im zmiany natężenia prądu elektrycznego i dopiero wówczas zapomocą tego pulsującego prądu wytwarzane znów odpowiednie zmiany natężenia światła. Istotnie dopiero tą drogą udawało się otrzymywać prawdziwe jaknajdokładniejsze nieskażone fotografie dźwięków.

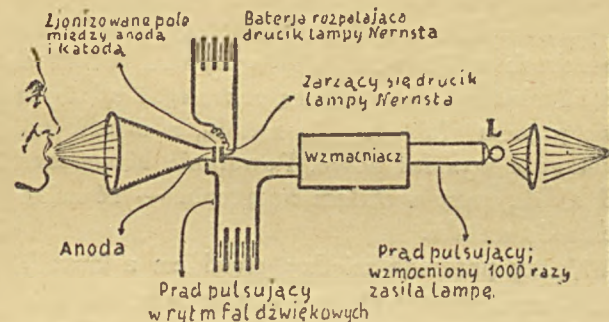
Należy więc teraz rozpatrzyć techniczne sposoby, zapomocą których taki film osiąga cel<sup>1</sup>. Wynalazcy przy pracach swych wychodzili z założenia, że tylko w tym wypadku uda się uzyskać prawdziwe, nieskażone, a więc odpowiadające rzeczywistości odtworzenie dźwięków, gdy będą stosowane środki wolne całkowicie od bezwładności.

Takimi zaś mogły być jedynie elektrony prądu elektrycznego; odpowiednio więc do tego powstał cały szereg całkowicie nowych aparatów.

Pierwszym etapem drogi od fal dźwiękowych do fotografamów było, jak wzmiankowano wyżej, prze-

<sup>1</sup> Autor opisuje aparaturę dla filmu dźwiękowego według systemu Triergon.

kształcenie zmian ciśnienia w zmiany natężenia prądu elektrycznego. Cel ten został osiągnięty zapomocą aparatu odbiorczego, który wynalazca nazwał katodofonem. Zasadniczą część katodofonu, przedstawionego na Rys. 39, stanowi t. zw. pręcik Nernsta, zasi-



Rys. 39. Schemat urządzenia odbiorczego przy wytwarzaniu filmu dźwiękowego.

W katodofonie fale dźwiękowe dochodzą do przestrzeni między żarzącym się drucikiem lampki Nernsta a zimną płytką metalową i wywołują zmiany natężenia prądu z baterji anodowej. Prąd ten, wzmocniony we wzmacniaczu, idzie do lampy L. Cylindryczna soczewka rzuca wążutki obraz lampy na równomiernie przesuwającą się taśmę filmową.

lany elektrycznością z baterji akumulatorowej i żarzący się tuż obok kawałka metalu. Jak każde ciało żarzące się, pręcik Nernsta również wyrzuca we wszystkie strony elektrony. Jest to takie samo zjawisko jak w lampkach przy aparatach radiowych, gdzie druciki są jakby otoczone chmurką elektronów, która nazewnętrz zaznacza się jako przestrzeń naładowana ujemnie. Gdy jednak te zjawiska



w lampach radjowych odbywają się prawie w całkowitej próżni, to w katodofonie zachodzą w otaczającym powietrzu i pod normalnym ciśnieniem atmosferycznym.

Weźmy jakieś źródło wysokiego napięcia, np. zwykłą radjową baterję anodową i połączmy jej biegun ujemny z pręcikiem Nernsta, a biegun dodatni z owym kawałkiem metalu. Wtedy zajdzie to samo co w lampkach radjowych. Pod wpływem włączonego napięcia elektrycznego zaczną przebiegać od żarzącego się pręcika elektrony do metalu, a drucik będzie bezustannie wysyłał nowe. Powstanie równocześnie prąd elektryczny o stałym natężeniu — również od pręcika do metalu.

Tuż przy przerwie między pręcikiem a kawałkiem metalu, znajduje się cieńszy koniec leja, do którego wchodzi drgania dźwiękowe śpiewu lub wypowiedzianych słów. I teraz oto dzieje się coś, czego nie przypuszczaliśmy. Przewodnictwo elektryczne przestrzeni między żarzącym się drucikiem a chłodnym metalem zmienia się, ściśle dokładnie i bez najmniejszych zniekształceń, stosownie do rytmu zmian ciśnienia powietrza, powodowanych przez drgania dźwiękowe. Wynikiem tego zjawiska jest oczywiście, również pulsowanie prądu baterji anodowej, też zgodne z temiż drganiami. Zapomocą więc tak stosunkowo prostego urządzenia — katodofonu — osiąga się wprost idealne przekształcanie zmian ciśnienia powietrza w odpowiednie zmiany natężenia prądu elektrycznego.

Następuje teraz druga część zadania; mianowicie — przekształcanie zmian natężenia prądu elek-

trycznego w zmiany natężenia światła. Można byłoby sądzić, że będzie do tego całkowicie odpowiednim elektromagnetyczny t. zw. przerywacz, jaki stosował profesor Korn przy swych pierwszych próbach przenoszenia obrazów zapomocą telegrafu. (Porównać rozdział od telegrafji obrazowej do „dalekowiedzów“). Wynalazcy jednak wychodzili z założenia, że należy stosować tylko środki nie posiadające masy oraz bezwładności, a więc jedynie elektrony i prąd elektryczny. Pomyślną okolicznością było to, że akuraty zostały doprowadzone do wysokiego udoskonalenia radjowe wzmacniacze lampkowe. Przy pomocy tych wzmacniaczy wynalazcy mieli możność wzmacniać dostarczany przez katodofon, pulsujący lecz słaby prąd elektryczny do takiego stopnia i przytem bez najmniejszych zniekształceń, że mógł on być użyty bezpośrednio do zasilania małej lampki elektrycznej.

Już sama ta lampka jest małym arcydziełem. Zawiera ona w szklanym naczyniu, w którym znacznie rozrzedzono powietrze, pęczek cieniutkich drucików, które, łatwo rozżarzając się pod działaniem dopływającego z katodofonu i wzmocnionego prądu elektrycznego, momentalnie przekształcają zmiany jego natężenia w odpowiadające im zmiany natężenia światła.

Tak więc, przy pomocy trzech przyrządów — katodofonu, wzmacniacza i specjalnej lampy elektrycznej — osiąga się w dwóch etapach całkowitą przemianę zmian ciśnienia powietrza w zmiany natężenia światła; i fale dźwiękowe są gotowe do odфотографowania.

Przy dalszem jednak postępowaniu w praktyce

wysunęła się odrazu nowa trudność. Widzieliśmy poprzednio, że taśma filmowa w zwykłym filmie posuwa się skokami, zatrzymuje nieruchomo na pewien moment, potrzebny do zrobienia na niej kolejnego zdjęcia, poczem wciągu jednej piątej tegoż czasu przesuwa się znów dalej aby umożliwić następne zdjęcie. Zupełnie inaczej jest przy fotografowaniu fal dźwiękowych. Płyną one bez przerwy, więc wymagają też nieprzerwanego przesuwania taśmy; t. j. kiedy soczewka cylindryczna rzuca na taśmę filmową wąziutki i poprzeczny do kierunku jej ruchu obraz drucików lampki elektrycznej, rozżarzonych pod działaniem pulsującego prądu elektrycznego, taśma musi przesuwać się bez przerwy. Stąd zachodzi konieczność umieszczania na taśmie filmowej fotografii motywu w innym miejscu jak fotografii akcji. Wówczas gdy zdjęcia akcji, wykonywane w dotychczasowy sposób, wypadają na tę część taśmy, która posuwa się skokami — odpowiadające tym momentom akcji fale dźwiękowe są fotografowane na części taśmy, znajdującej się poza obydwoma wspomnianymi wyżej Krzyżami Maltańskimi i przesuwej się stale bez przerw.

Na gotowej taśmie filmowej fotografie fal dźwiękowych są więc przesunięte w stosunku do miejsca odpowiednich obrazów akcji, o pewną odległość. Oczywiście, że przy wyświetlaniu filmu postępuje się analogicznie jak przy nakręcaniu, a mianowicie: obrazy akcji są rzucane na ekran z części taśmy filmowej przesuwej się skokami, natomiast odnośne dźwięki są odtwarzane z odpowiednich miejsc znajdujących się na części taśmy przesuwej się nieprzerwanie.

Trudności istotne zaś powstają wówczas jedynie, gdy zachodzi nieraz nieunikniona w praktyce konieczność obcinania lub sklejanego filmu.

Podobnie jak przy nakręcaniu filmu dźwiękowego, tak również i przy wyświetlaniu go musi się korzystać z okólnej drogi przez elektryczność. Jako punkt wyjściowy mamy rozwijający się film. Jego miejsca poczerńałe dają się bez specjalnych trudności przekształcać w odpowiadające im zmiany natężenia światła. Wystarcza do tego rzucać na taśmę filmową zapomocą soczewki cylindrycznej obraz rozżarzonych drucików lampki elektrycznej, dającej jednostajne oświetlenie. Wytworzone przez soczewkę wąziutkie pasemko światła doznaje przy przechodzeniu przez taśmę filmu silniejszych lub słabszych przyćmień zależnie od stopnia jej zaczernienia i skutkiem tego otrzymujemy poza taśmą światło o natężeniu zmieniającem się zgodnie z rytmem sfotografowanych fal dźwiękowych. Te pasemka światła o zmieniającem się natężeniu zostają skupione zapomocą drugiej soczewki, w jeden świecący punkt i rzucone na płytkę kadmową komórki foto-elektrycznej. Komórka ta, która odgrywa nadto wielką rolę w telegraficznym przesyłaniu obrazów systemem Karolusa (porównać rozdział o telegrafii obrazowej), jest idealnym t. zw. przenośnikiem światła. Przekształca ona istotnie, bez skażenia, zmiany natężenia światła w zmiany natężenia prądu elektrycznego.

Już przy opisie katodofonu było powiedziane, że wielką rolę w telegraficznym przesyłaniu obrazów systemem Karolusa (porównać rozdział o telegrafii obrazowej), jest idealnym t. zw. przenośnikiem świa-

ła. Przekształca ona istotnie, bez skażania, zmiany natężenia światła w zmiany natężenia prądu elektrycznego.

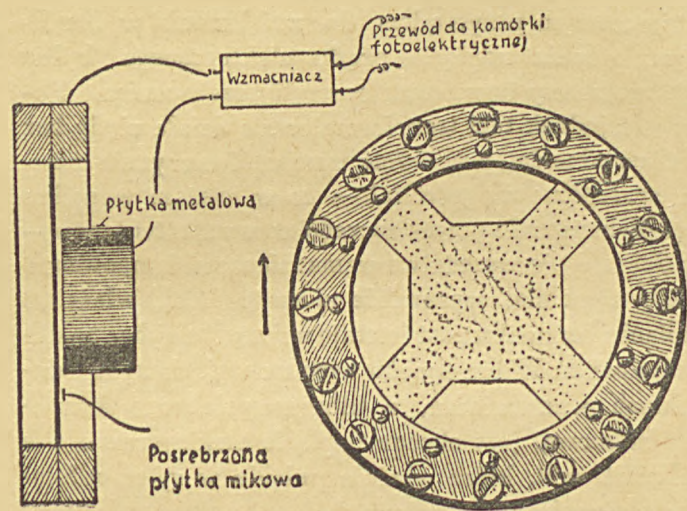
Już przy opisie katodofonu było powiedziane, że ciała żarzące się, jak wspomniany pręcik Nernsta lub drucik lampy radjowej, wysyłają elektrony i niejako owijają się chmurą ich. To samo czynią również niektóre metale, a zwłaszcza kadm, gdy padają na nie promienie światła; przytem ilość wysyłanych elektronów jest proporcjonalna do siły oświetlenia. Na tem właśnie zjawisku jest oparta komórka fotoelektryczna. Zawiera ona w bańce szklanej, w której znacznie rozrzedzono powietrze, płytkę kadmową, jako katodę, a naprzeciwko niej drugą płytkę metalową, jako anodę. Jeżeli połączymy płytkę kadmową z biegunem ujemnym a drugą płytkę z dodatnim zwykłej baterji anodowej, to w ciemności prąd elektryczny w tej kadmowej komórce fotoelektrycznej nie powstanie. Przy oświetleniu zaś komórki wzmiarkowaniem wyżej światłem o zmieniającem się natężeniu, jakie daje z drugiej strony taśmy filmowej lampka elektryczna, powstaje w komórce prąd elektryczny o natężeniu zmieniającem się w rytm zmian natężenia światła. A więc operując i tutaj jedynie elektronami, osiągamy przekształcenie bez skażeń zmian natężenia światła w zmiany natężenia prądu.

Podobnie jak przy urządzeniu do nakręcania filmów tak i tutaj nowoczesny wzmacniacz radjowy daje pożądaną możność wzmacniania jeszcze w dalszym stopniu wychodzącej z komórki kadmowej energii elektrycznej. Wzmocnienie to jednak nie dotyczy prądu, lecz jedynie jego napięcia. Zasadniczo

najprostszym przyrządem do zwiększania w dowolnym stopniu napięcia prądu elektrycznego byłby ogólnie znany transformator czyli przetwornica. Ponieważ jednak taki transformator nie działa nigdy bez zniekształcenia, przeciwnie zawsze faworyzuje pewne szczególne długości fal — co w naszym wypadku będzie oznaczało pewne szczególne wysokości tonów — to daje się pierwszeństwo wzmacniaczowi lampowemu, który wypełnia, wprawdzie nieco trudniej, właściwe zadanie, lecz natomiast istotnie najzupełniej bez zniekształcenia. W ten sposób więc na wyjściowych kontaktach wzmacniacza, z którym połączono komórkę kadmową, jest obecne napięcie elektryczne o sile kilkuset wolt, które właśnie pulsuje w rytm odfotografowanych fal dźwiękowych.

Następnem zadaniem jest przekształcenie tej energii elektrycznej w odpowiednie drgania dźwiękowe, przytem nadto, jak tego wymagają potrzeby kinematografu, w tak silne, aby mogły wystarczyć na całą obszerną widownię. Do radja stosuje się w tym celu znane ogólnie głośniki, które bez wyjątku, zbudowane są według zasady ogólnie używanych telefonów elektromagnetycznych. Elektromagnesy jednak nie dają nigdy odbioru naturalnego, lecz nieco zniekształcony. Dla tych samych więc względów, dla których wynalazcy opisywanego systemu unikali stosowania do wzmacniania transformatorów elektromagnetycznych, unikają również i głośnika także elektromagnetycznego, a zastosowali natomiast aparat, który nazwali statofonem.

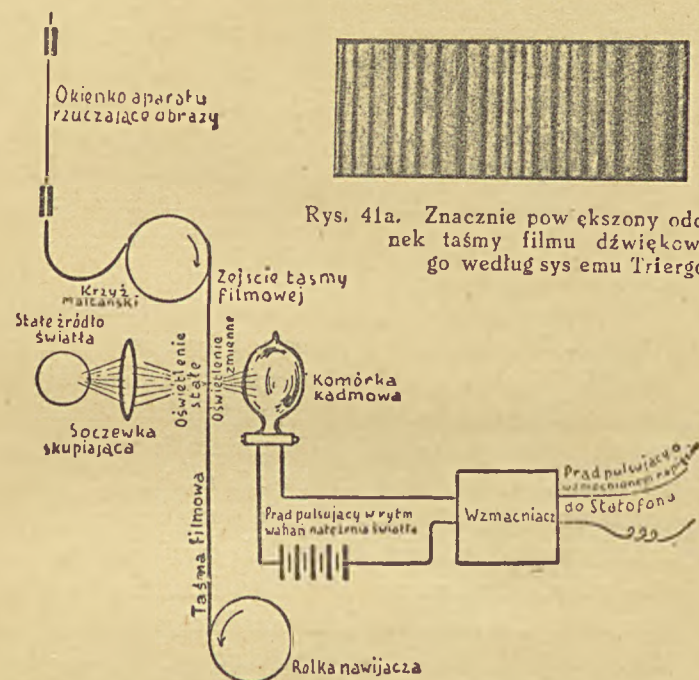
Statofon (Rys. 40) jest to rodzaj telefonu kondensatorowego, t. j. takiego, w którym ruchy membrany,



Rys. 40. Statofon, czyli głośnik kondensatorowy, w którym membrana drga w rytm zmian przyłożonego napięcia.

wywołujące fale dźwiękowe, są powodowane przez drgania dźwiękowe, są wywoływane przez przyciągania i odpychania nie elektromagnetyczne lecz elektrostatyczne.

Membranę statofonu stanowi odpowiedniej wielkości płytka z miki, która jest przymocowana tylko w kilku punktach swego obwodu; jedna strona jej jest podklejona cienką podkładką ze staniolu. Dokładnie naprzeciw niej i ściśle równoległe do niej znajduje się umocowana nieruchomo płytka metalowa. Obydwa bieguny wspomnianego wyżej wzmacniacza napięcia są połączone — jeden z metalową płytką, drugi — z nakładką staniolową na membranie.



Rys. 41a. Znacznie powiększony odcinek taśmy filmu dźwiękowego według systemu Triergon

Rys. 41. Schemat filmowego aparatu projekcyjnego systemu Triergon.

Obrazy są rzucane na ekran przez okienko aparatu z części taśmy, przesuwanej się skokami; odtwarzanie dźwięków z części taśmy, poruszającej się równomiernie. Światło, o natężeniu zmienionem przez taśmę, dochodzi do światłoczułej komórki fotoelektrycznej; pulsujący elektryczny prąd przechodzi do statofonu przez wzmacniacz.

Dopóki na biegunach wzmacniacza nie ma żadnego napięcia, to obie płytki metalowe nie posiadają żadnego ładunku elektrycznego, skoro tylko jednak pojawia się ono, to w tej chwili obiedwie powierzchnie metalowe — nakładki staniolowej i płytki metalowej — naładowują się, podobnie jak okładki kondensatora elektrycznego

i ponieważ elektryczności przeciwne przyciągają się, więc membrana poczyna być, więcej lub mniej, przyciągana do płytki metalowej. Ruchy tej membrany również nie podlegają żadnym zniekształceniom i efekt końcowy jest taki, że statofon odtwarza odfotografowane na taśmie filmowej fale dźwiękowe mowy lub muzyki z czystością i siłą, dotychczas nie spotykaną.

W ten sposób oto przedstawia się, w zarysach ogólnych, bynajmniej nie prosta a będąca wynikiem wieloletnich prac wynalazców, aparatura filmu dźwiękowego. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że ostatnie słowo w tym kierunku nie zostało jeszcze wypowiedziane. W każdym jednak razie można już powiedzieć, że osiągnięte tym właśnie sposobem rezultaty są naprawdę godne podziwu. Uzyskuje się bowiem nie tylko jednoczesność i synchronizm akcji i słów, lecz również została ustalona zasada stosowania środków niematerjalnych w celu otrzymania odbiorów wolnych od zniekształcenia.

Pozostaje teraz jeszcze jedna kwestja: czy film dźwiękowy rozpowszechni się tak szybko, jak to stało się, w ciągu lat 30, ze zwykłym filmem niemy. Opisany film dźwiękowy wywołał bowiem jednak rewolucję nie pod jednym tylko względem. W przeciwieństwie do zwykłego dzisiejszego niemego filmu, przy którym artyści muszą troszczyć się jedynie o stronę optyczną granych przez siebie ról, film dźwiękowy wymaga artystów, zadowalających zarówno wymagania zwykłej gry filmowej, jak również wymagania normalnego pełnego przedstawienia teatralnego. Przez to jednak daje on, już nawet na

dzisiejszym stopniu rozwoju swego, zadowolenie i przyjemność artystyczną, bez porównania wyższą niż zwykły film niemy. Można więc mieć słusznie nadzieję, że pomimo tych opisanych wielkich trudności, zostaną jeszcze dokonane nowe wynalazki, wobec których dzisiejsze kino będzie uważane jedynie za przejściowe i niedoskonałe etapy rozwoju.

Tymczasem zaś wynalazek opisywanej zasady znalazł jeszcze inne, ciekawe i doniosłe w skutkach zastosowanie. Przy wyświetlaniu filmu pasemka dźwiękowe przebiegają z tą samą szybkością, z jaką przesuwają się przy nakręcaniu filmu, i oddają utwory muzyczne w tej samej wysokości tonów. Oczywiście jednak nic nie stoi na przeszkodzie aby przesuwac te pasemka dziesięć lub sto razy wolniej, czyli uczynić tu, w dziedzinie akustyki, to samo, co w dziedzinie optycznej robił pryzmat lustrzany.

Wysłuchiwanie jednak takiego przedstawienia robiłoby słuchaczom mocno wątpliwą przyjemność. Już bowiem przy dwa razy mniejszej prędkości utwór wyszedłby w tonach o oktawę niższych; przy  $\frac{1}{4}$  szybkości — o dwie oktawy i t. d. Nie to też istotnie stanowi cel takiego zwalniania ruchów; idzie o co innego. Mianowicie: zmiany natężenia prądu elektrycznego, wywołane przez aparat pod wpływem pasemek dźwiękowych, skierowuje się na rylec, poruszony przez elektromagnes i żłobiący kanaliki dźwiękowe na obracającej się pod nim płytce woskowej. W rozdziale poprzednim jest opisane nagrywanie płyt gramofonowych przy pomocy takich właśnie płytek woskowych. Tam rylec musi żłobić na płytce drgania dźwiękowe, ściśle tak szybko jak zachodzą one w

rzeczywistości, tutaj zaś jest całkowicie inaczej. Jeżeli przesuwac pasemka dźwiękowe z prędkością, równą zaledwie dziesiątej części ich pierwotnej szybkości przy nagrywaniu, to przegranie jednej płyty, trwające normalnie pięć minut, będzie się ciągnęło całe pięćdziesiąt minut. Samo przez się rozumie się, że płytka woskowa obraca się też z taką samą zmniejszoną prędkością. Dzięki tym wolnym ruchom rylec może niejako spokojniej żłobić kanaliki w płytce, dokładny i gładki; przy opisywanem wyżej zaś zwykłym nagrywaniu, zawsze posuwa się on pospiesznie, wskutek czego kanaliki wychodzą powyszczerbiane i chropowate.

W ten sposób nagrana płytka woskowa zostaje w następstwie zużytkowana w dalszej fabrykacji, tak jak opisano w poprzednim rozdziale. Wynikiem końcowym są t. z. Tri-ergon-płyty, t. j. płyty wykonane według metody fotoelektrycznej, noszące przydługą nieco nazwę Tri-Ergon Photo-Electro-Record.

I tutaj również, w przeciwieństwie do zwykłego akustycznego, bezpośredniego nagrywania, trzeba iść drogą okólną przez optykę i elektryczność. Mimo to jednak płyty, wykonane według tej metody, posiadają zachwycającą piękność dźwięków i oddają wszystkie subtelności z nadspodziewaną wyrazistością.

Bardzo ciekawą jest okoliczność, że w tej metodzie Tri-ergonowej dwie, zasadniczo różne, dziedziny — fizyczna i techniczna — o których właśnie była mowa w tym i poprzednim rozdziale, najzupełniej wzajemnie przenikają się. Podobne wzajemne wiązanie się zobaczymy jeszcze dalej — przy porównaniu tematów niniejszego i piątego rozdziału.

### III

#### PLYNNY WĘGIEL

Około sto lat temu odkryto w Pensylwanji, w Ameryce Północnej, pierwsze źródła ropy naftowej (Rys. 42) i wkrótce przekonano się, że ropa ta — nazwana wówczas olejem skalnym lub ziemnym — może służyć jako doskonały materiał opałowy; zaczęto też próbować, czy nie da się nią zastąpić węgla. Wkrótce jednak okazało się, że szkoda marnować jej na opał, a że natomiast może ona być z korzyścią stosowana zamiast oleju rzepakowego do oświetlenia.

Wobec tego w połowie ubiegłego stulecia rozpoczęły się pierwsze próby skonstruowania lampy naftowej, w której ten olej skalny mógłby palić się podobnie spokojnym i jasnym płomieniem, jak olej rzepakowy w ówczesnych lampach olejnych. Usiłowania te zostały, z punktu widzenia techniki oświetlenia, uwieńczone szybko pomyślnym wynikiem: nafta w lampach dawała światło o wiele bielsze i jaśniejsze, niż olej rzepakowy. Pozostawiało jednak wiele do życzenia bezpieczeństwo przy używaniu tych lamp. Zachodziły wciąż nieprzewidziane a ciężkie nieszczęśliwe wypadki: lampy naftowe zupełnie niespodziewanie wybuchwały, wzniesając pożary lub nawet powodując śmierć ludzi. Wskutek tego oświetlenie zyskało złą reputację i zaczęto je znów zarzu-



Rys. 42. Przypadkowe odkrycie źródeł ropy naftowej. Ropa naftowa zapaliła się od ogniska, roznieconego przez osadników.

cać; aż wreszcie wykryto przyczyny wybuchów i wynaleziono środki zapobiegające im.

Badania chemiczne ropy naftowej — oleistej, jasnej jak woda cieczy — wydobywającej się z ziemi, udowodniły, że nie jest ona jednorodnym ciałem chemicznym, lecz mieszaniną rozlicznych związków węgla z wodorem o bardzo różnych temperaturach wrzenia. (Rys. 43). Jak tylko przekonano się o tem,

100 Litrów	20 l	Benzyna lekka
	20 l	Benzyna ciężka
	30 l	Nafta
	15 l	Oleje smarowe
	3 l	Wazelina
	12 l	Mazut

Rys. 43. Schematyczne przedstawienie produktów destylacji ropy naftowej.

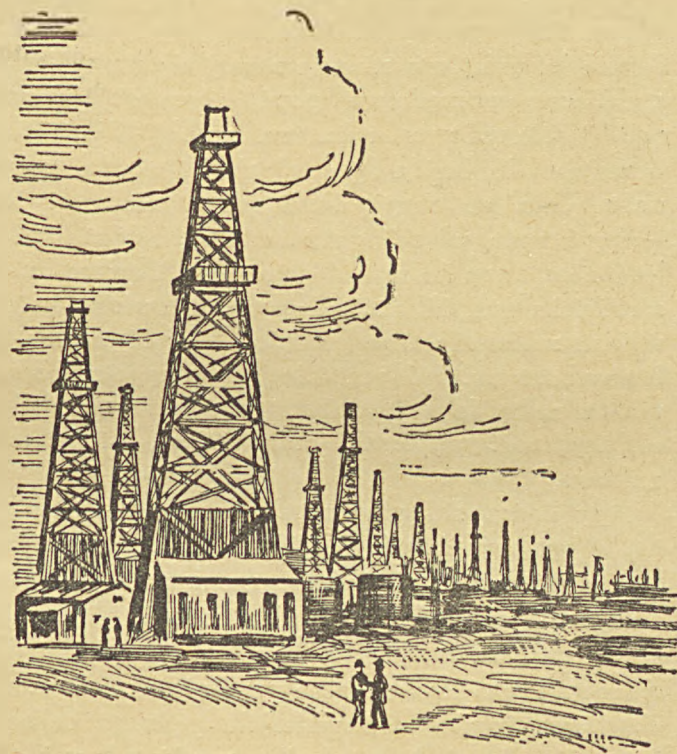
została niezwłocznie powzięta myśl poddawania ropy destylacji t. zw. cząstkowej, polegającej na zbieraniu oddzielnie części destylatu, różniących się temperaturą wrzenia. W ten sposób najpierw otrzymano z ropy naftowej t. zw. lekką benzynę, która tak silnie ulatnia się nawet już przy temperaturze pokojowej, że użyta do zwykłej lampy z knotem powoduje bezwarunkowo zawsze wybuch; przy nieco wyższej tem-

peraturze destylacji ukazała się t. zw. benzyna ciężka. I dopiero przy dalszem znaczniejszem podniesieniu temperatury zjawiała się oleista ciecz — nafta, która w następstwie przez wiele dziesiątków lat była środkiem oświetlającym całego świata i nawet dotarła do chat eskimosów i szałasów hotentockich.

Przy dalszem podnoszeniu temperatury przy destylacji ropy otrzymano jeszcze inne produkty destylacji; mianowicie kolejno: naprzód wyborną oliwę maszynową, następnie lepkie smary, oraz stały tłuszcz, znany ogólnie pod nazwą wazeliny. To co pozostało po destylacji przedstawiało gęstą czarną maź, t. zw. mazut, który daje się wysmienicie spalać pod kotłami parowemi.

Praktyka więc wykazała, że jedynie przez destylowanie czyli rafinowanie w opisany sposób ropy naftowej można otrzymać naftę do oświetlenia bez zarzutu. Następstwem tego było powstawanie w bliskości źródeł naftowych rafinerij nafty, gdzie otrzymywana ze źródeł ropa poddawana była opisanej wyżej destylacji. (Rys. 44).

Wielkie kotły takich rafinerij muszą być oczywiście opalane; zrazu używano w tym celu ropy, szybko jednak zaniechano tego z następujących względów. Gdy z jednej strony nafta, oleje maszynowe i smary były bardzo chętnie nabywane za dobrą cenę, niemal w każdych ilościach, to z drugiej — nie było dostatecznego zużytkowania otrzymywanej przy destylacji benzyny. Znano bowiem początkowo jedynie użytek benzyny, jako płynu do wywabiania plam, i zużytkowane na ten cel ilości jej, w porównaniu z ilościami nafty do lamp, zapotrzebowy-



Rys. 44. Zagłębia naftowe.

Dziesiątki wież wiertniczych nadają charakterystyczny wygląd całej okolicy. Ropa bądź sama własnym ciśnieniem wytryska z otworów wiertniczych bądź jest wypompowywana. Pożary w kopalniach nafty powodują nieraz wielkie katastrofy.

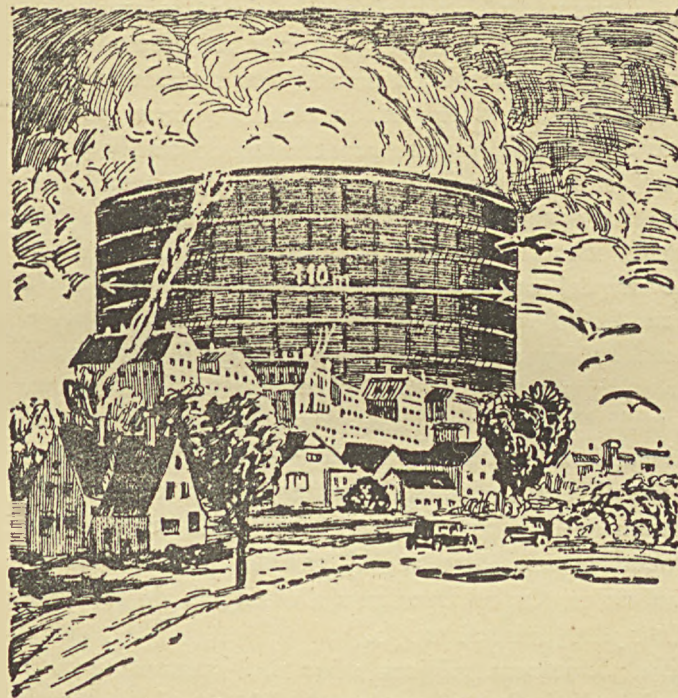
wanej corocznie przez rynki, były znikomo małe. W tej sytuacji rafinerje postąpiły w ten sposób, że zaczęły opalać swe kotły destylacyjne już nie ropą, która wszak zawierała cenną naftę do oświetlenia, lecz otrzymywaną jako odpadek przy destylacji benzyną.



Tak stały sprawy aż do czasu, gdy w ostatnim dziesiątku ubiegłego stulecia zaczął się rozwój automobilizmu; początkowo powoli, lecz szybko rosnąc gwałtownie z roku na rok. W czasach dawniejszych każda gospodyni kupowała prawdopodobnie co drugi dzień jeden litr nafty do lampy i mniej więcej raz na miesiąc niedużą butelczkę benzyny do wywabiania plam. Dopiero automobilści wystąpili jako nabywcy hurtowi: na każdy wyjazd zabierali do swych zbiorników 20, 30 lub 50 litrów benzyny. Jednocześnie jednak zapotrzebowanie na naftę do lamp zaczęło się zmniejszać, gdyż elektryczność wypierała coraz więcej oświetlenie raftowe.

Przy końcu stulecia żadna rafinerja nie myślała już o opalaniu swych kotłów kosztowną benzyną. Natomiast w r. 1905 stwierdzono niemożność całkowitego zaspokojenia zapotrzebowań na ten materiał pędny do samochodów jedynie produktami destylacji ropy, i w r. 1910 znaczna procentowo ilość samochodów używała, jako materiału pędnego benzolu (zwanego obecnie benzenem) — węglowodoru t. zw. aromatycznego, otrzymywanego przy destylacji smoły pogazowej.

Tymczasem wybuchła wojna światowa. Jednakże po latach walk i rewolucyj rozwój automobilizmu postępował niepowstrzymanie; i dziś wiemy już, że światowe zapotrzebowanie materiałów pędnych nie może stale całkowicie być pokrywane ani przez produkty destylacji ropy naftowej, ani przez podobne produkty destylacji smoły pogazowej. W r. 1925 zapotrzebowanie materiałów pędnych w samych Niem-



Rys. 45. Roczne spożycie materiałów pędnych (benzyna, benzol i t. zw. smar Bergiusa) w Niemczech.

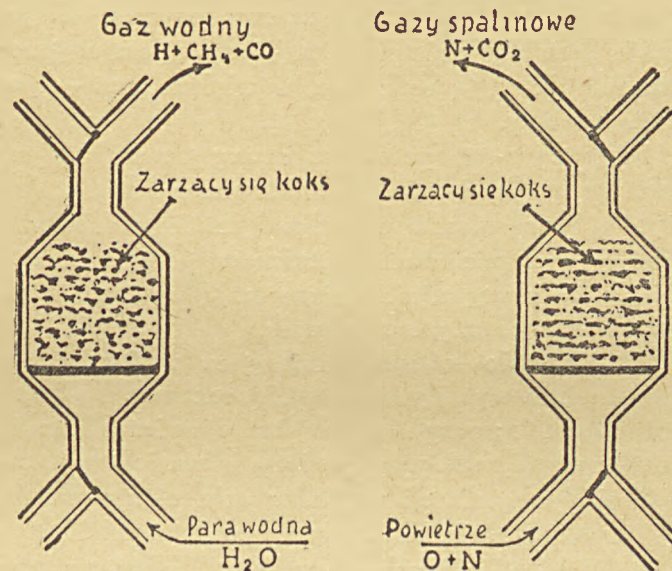
Ilość ta może wypełnić zbiornik o średnicy 110 metrów i takiejże wysokości. Rycina przedstawia wielkość takiego zbiornika w porównaniu z domami.

czech wynosiło 500000 ton, a w roku 1927 przekroczyło milion. (Rys. 45). Tak gwałtownie rosnący popyt może być zaspokojony jedynie przez nowe materiały pędne, uzyskiwane przy pewnej procedurze, niezbyt trafnie nazwanej skraplaniem węgla.

Węgiel kamienny, zwłaszcza t. zw. gazujący oraz

węgiel brunatny, składa się z właściwego pierwiastka węgla oraz całego szeregu t. zw. węglowodorów. Przy destylacji węgla kamiennego w rozpalonych retortach węglowodory gazowe ulatniają się w postaci gazu świetlnego, płynne przechodzą do smoły pośladowej, a w stałym koksie pozostaje prawie całkowicie czysty węgiel. Zrozumiałe jest stąd, że zwykła prosta destylacja węgla kamiennego nie może dać więcej węglowodorów, ponad ilość jaka była początkowo w węglu kamiennym. Jeżeli więc chcielibyśmy zwiększyć przy destylacji wydajność materiałów pędnych, t. j. płynnych węglowodorów, to musielibyśmy pozostający w koksie wolny węgiel połączyć z wodorem; czyli — według przyjętej w chemii grecko-łacińskiej nazwy wodoru — hydrogenium — hydrogenizować go, czyli uwodornić. Procedura którąśmy wyżej nazwali poprostu skrapianiem węgla, sprowadza się w istocie do tej właśnie hydrogenizacji węgla.

Na pierwszym miejscu więc stoi sprawa uzyskania niezbędnego wodoru. Jak wiadomo, czysty wodór można otrzymywać wieloma różnymi sposobami. Mianowicie np: można zapomocą prądu elektrycznego rozkładać wodę na tlen i wodór; czysty wodór otrzymuje się również przez działanie cynku lub żelaza na rozcieńczony kwas siarkowy, przyczem z metali tych powstaje siarczan cynku lub siarczan żelaza; można wreszcie przepuszczać parę wodną nad rozżarzonymi wiórkami żelaznymi, które wtedy wiążą tlen a uwalniają wodór. Te jednak i podobne sposoby są dla omawianych wyżej celów zbyt kosztowne, bowiem idzie o to, aby wodór mógł być



Rys. 46. Schemat wytwarzania gazu wodnego.

Obraz lewy przedstawia właściwe wytwarzanie gazu. Para wodna z kotłów zostaje przepuszczana przez żarzący się kok, a gorą odciąga się gaz wodny. Na obrazie prawym kok, ochłodzony przez parę wodną do czerwonego żaru, jest ponownie ściwego silnego żaru, a produkty spalania są usuwane przez główny wylot.

uzyskany możliwie jaknajtańszym sposobem. Środki ku temu daje właśnie znowu ten sam węgiel.

Podstawową, wyjściową czynnością jest wytwarzanie naprzód t. zw. gazu wodnego. (Rys. 46). Przez retortę napełnioną rozżarzoną koksem przepędza się parę wodną i wywołuje przez to pewną chemiczną reakcję. Para wodna rozpada się na tlen i wodór; tlen łączy się z węglem koksu, tworząc tlenek węgla,

wodór zaś, w pewnej części stanowiącej niewielki jedynie procent, wiąże się również z węglem w gazowe związki węglowodorowe, w większej zaś — pozostaje wolny.

Powstały w ten sposób gaz, zwany gazem wodnym, jest w niektórych miastach oddawna również w dużym stopniu stosowany, jako gaz do oświetlania i gotowania, ponieważ naturalne węglowodory, wydobywane z węgla, nie zawsze mogą wystarczyć na wciąż rosnące zapotrzebowanie.

Podobne do otrzymywania gazu wodnego jest wspomniane wyżej postępowanie, nazwane hydrogenizacją węgla; przy niem bowiem również otrzymuje się z węgla nowe węglowodory, w stanie gazowym.

Dla hydrogenizacji węgla w celu otrzymywania płynnych węglowodorów, gaz wodny stanowi surowiec do fabrykacji wolnego wodoru. Wodór uzyskuje się przez oddzielenie go od obydwóch innych składników gazu wodnego, mianowicie — tlenu węgla i węglowodorów. Daje się to przeprowadzić stosunkowo łatwo i tanio, gdyż tlenek węgla i gazowe węglowodory skraplają się przy temperaturze stosunkowo wysokiej, w porównaniu z wodorem, którego temperatura skraplania wynosi 250 stopni poniżej zera. Do oddzielenia więc wodoru wystarczy ochłodzić gaz wodny do temperatury około 100 stopni niżej zera, według metody skraplania gazów, wynalezionej przez polaków fizyka Wróblewskiego i chemika Olszewskiego, na zasadzie której Niemiec Linde zbudował znaną maszynę skraplającą; wówczas z tej oziębionej mieszaniny ulatnia się czysty technicznie wodór, reszta zaś składników pozostaje

staje w stanie ciekłym. Metoda ta została do potrzeb hydrogenizacji jeszcze udoskonalona przez inżyniera Bronna w jednej z hut w Niemczech.

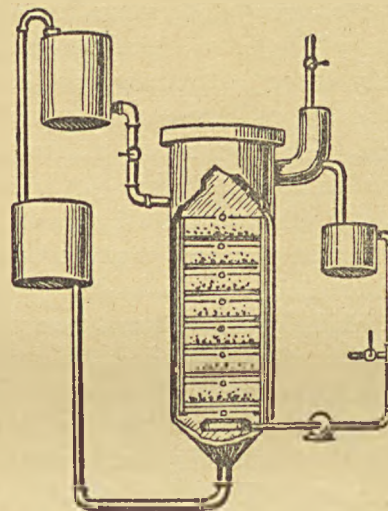
Skraplanie gazów według sposobu Lindego przedstawia się następująco. Gaz, który ma być skroplony, np. zwykle powietrze atmosferyczne, zostaje w pierwszym cylindrze pompy tłoczącej ściśnięty prawie do jednej dwudziestej części swej pierwotnej objętości. Jednocześnie jest on silnie ochładzany zzewnątrz wodą, ponieważ przy takim ścisnieniu nagrzewa się bardzo wysoko. Tak stłoczony, zostaje następnie przeprowadzony do drugiego cylindra tejże pompy i tu znów podlega dalszemu ściśnieniu — do jednej dziesiątej, a nawet dwudziestej, swej terażniejszej objętości i również nieustannie ochładzany. Wówczas gaz ten, mający temperaturę zwykłej wody zimnej i pozostający pod ciśnieniem okrągło 200 atmosfer, wpuszcza się do pustego zbiornika w którym następuje gwałtowne rozprężanie się gazu. Energję do wykonania pracy przy rozprężaniu się musi gaz niejako wydostać z siebie samego i znajduje ją też istotnie we własnem cieple, które częściowo zostaje zużyte na wykonanie owej pracy. Skutkiem tego cała masa gazu doznaje raptownego oziębienia, prawie do 200 stopni poniżej zera. Oziębienie to jest aż nadto wystarczające do skroplenia większości gazów, nawet takich jak powietrze lub gaz wodny. Przy skraplaniu tym sposobem powietrza obydwaj jego składniki — tlen i azot przechodzą w stan płynny; w gazie wodnym zaś nie poddaje się temu jedynie wodór, który, jak było powiedziane, skrapla się dopiero przy 250 stopniach poniżej zera.

Jako środek obniżenia kosztów produkcji stosuje się nadto przeciwprądowe urządzenie do chłodzenia, zapomocą wzmiankowanych pozostałych płynnych składników gazu wodnego, które będąc niesłychanie zimne, przechodzą przez cały układ specjalnych rur i ochładzają świeże ilości gazu mającego być stłaczanym.

Oszczędzają one w ten sposób kosztownej pracy maszyn. Mianowicie: ponieważ te nowe masy gazu kurczą się wskutek oziębienia — niema potrzeby stłaczania ich zapomocą maszyn; cały przebieg więc odbywa się z zachowaniem niejako stanu równowagi. W jednej części aparatu świeże ilości gazu wodnego zostają, przy umiarkowanym nakładzie pracy maszyn oraz użyciu zimnej wody, jak również wykorzystaniu zimna skroplonego właśnie gazu, stłoczone, rozprężone i skroplone. Wodór w stanie gazowym ulatnia się przez właściwy wylot w innym miejscu aparatu. Natomiast przepływające, w przeciwnym do napływu świeżego gazu kierunku skroplone składniki gazu wodnego — tlenek węgla i węglowodory, oddają swe użytkowe zimno tym nowym masom gazu i, wracając znów do początku aparatu już w stanie gazowym „są do rozporządzenia”, jako pełnowartościowa siła gazowa, która np. w silnikach gazowych bywa użytkowana do poruszania pomp kompresyjnych.

Działanie praktyczne tego urządzenia jest takie, że można produkować, według żądania wodór więcej lub mniej czysty technicznie, w sposób niezwykle tani.

Tak więc — można rzec — surowiec do hydroge-



Rys. 47. Zestawienie tłuszczów według amerykańskiej patentowanej metody Elles'a.

Płynny tłuszcz spływa ze zbiornika górnego po lewej stronie do kotła uwodorniającego, w którym znajdują się liczne sита z katalizatorem. Zdołu wchodzi wodór, włączany przez rozpylacz. Tłuszcz odbywa długą drogę w kotle i styka się z wodorem. Ulatniający się górą, niezwiązany przez tłuszcz, wodór zostaje ponownie doprowadzony do kotła przez rozpylacz.

nizacji węgla już jest do rozporządzenia; pozostaje teraz tylko zapoznać się z samym przebiegiem hydrogenizacji.

Zagadnienie hydrogenizacji, t. j. uwodorniania jak się mówi w chemii, różnych związków chemicznych zajmowało chemików na długo jeszcze przed wojną

światową. Pierwsze stosowanie hydrogenizacji na większą skalę było przy t. zw. zestalaniu tłuszczów. Istnieje cały szereg tłuszczów, do których m. in. należą zwłaszcza rozliczne tranu rybie, które przez przyłączenie do nich wodoru całkowicie zmieniają swój charakter, tracą przykry posmak rybi i przemieniają się w tłuszcze stałe i najzupełniej jadalne. Dobry zaś tłuszcz jadalny jest artykułem o stosunkowo dużej wartości, o wiele większej w każdym razie, niż np. jakikolwiek olej maszynowy. Można więc, nawet przy stosunkowo dość kosztownej hydrogenizacji, uzyskiwać duże korzyści z przemiany mało wartościowych tranów w tłuszcze jadalne. Dlatego były naprzód opracowane metody postępowania przy zestalaniu tłuszczów, i już w roku 1908 została założona pierwsza tego rodzaju wielka przetwórnia w Herfordzie w Westfalii.

Hydrogenizacja zachodzi naskutek jednoczesnego działania: określonej temperatury, ciśnienia, oraz t. zw. katalizatorów. Taki katalizator — przy hydrogenizacji jest nim jaknajdokładniej rozdrobniony nikiel metaliczny — odgrywa w przebiegu operacji niezmiernie osobliwą, a wciąż jeszcze niewyjaśnioną dostatecznie rolę. Jeżeli do zbiornika, w którym znajduje się tłuszcz, poddany właściwemu ciśnieniu i ogrzany do temperatury odpowiedniej, poczniemy wtłaczać od dołu wodór w stanie gazowym, to nie zajdzie żadna reakcja. Wodór będzie wychodził górą taki sam jak wchodził z dołu, a tran pozostanie niezmienny. O ile jednak przedtem zmieszamy tran z pewną ilością sproszkowanego niklu metalicznego, to hydrogenizacja następuje właści-

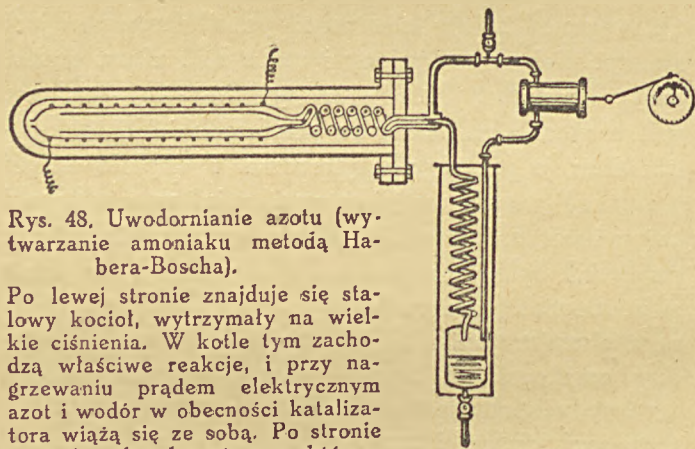
wym trybem i większość pęcherzyków wodoru wiąże się niezwłocznie z tranem dotąd, aż nastąpi stwardnienie tłuszczu. (Rys. 47). Następnie tak przerobiony tłuszcz, ciekły wskutek ogrzania do wysokiej temperatury, przeciska się przez bardzo gęsty filtr, aby oddzielić wszystkie cząsteczki niklu.

Proszek niklowy wywołał hydrogenizację jedynie tylko przez swoją obecność; po odfiltrowaniu jest najzupełniej niezmienny i może być niezwłocznie użyty na nowo. Próbowano wyjaśnić to działanie w ten sposób, że wodór na powierzchni ziarenek niklu doznaje pewnego zgęszczenia i dopiero dzięki temu nabywa zdolności przenikania w cząsteczki tranu i wiązania się z nimi chemicznie. W każdym razie, jak było powiedziane, działa on jedynie przez swą obecność, nie podlegając sam żadnym przemianom chemicznym. Działa niejako jak łącznik między cząsteczkami tranu a cząsteczkami wodoru i z tego względu jest nieraz nazywany w podobnych procesach ciałem łączącym.

Obecność katalizatora jest konieczna również i przy innych hydrogenizacjach. Np. dla wytwarzania amonjaku stosowaną często metodą, przy której azot i wodór w obecności katalizatora łączą się bezpośrednio, tworząc amonjak w postaci gazowej. Tutaj również ma miejsce hydrogenizacja azotu, która zachodzi przy ciśnieniu około 200 atmosfer, w temperaturze ciemno-czerwonego żaru, i w obecności katalizatora. (Rys. 48).

Ponieważ stosowane przy rozmaitych hydrogenizacjach katalizatory, jak np. nikiel, gąbka platynowa, sproszkowany kobalt, palad i t. p. nie podlegają

przy tem żadnym zmianom i, przynajmniej teoretycznie, mogą być używane do nieskończonej ilości hydrogenizacji, to zdawaćby się mogło, że nic nie staje w praktyce na przeszkodzie do takiego ich użytkowania. Niestety jednak, z pewnych powodów, tak nie jest. Katalizatory istotnie nie ulegają



Rys. 48. Uwodornianie azotu (wytwarzanie amoniaku metodą Habera-Boscha).

Po lewej stronie znajduje się stalowy kocioł, wytrzymały na wielkie ciśnienia. W kotle tym zachodzą właściwe reakcje, i przy nagrzewaniu prądem elektrycznym azot i wodór w obecności katalizatora wiążą się ze sobą. Po stronie prawej — kondensator, w którym wytwarzany amoniak skrapla się w ochładzanej wężownicy i splywa do zbiornika pod spodem; gazy wodór zaś oraz azot unoszą się w górę i zostają odsysane przez specjalne pompy i powracają ponownie do kotła

same żadnym zmianom, natomiast zdolność działania ich zostaje stopniowo osłabiana przez rozmaite zanieczyszczenia, osiadające na nich. Głównie działają tak związki siarki i arsenu, które wpływają na katalizatory, jakby można wyrazić się, zatruwając je. Tak też często w praktyce, gdy katalizator nagle traci zdolność działania, mówi się, że jest on zatruty przez połączenie się z nim, niejednokrotnie cał-

kowiec nieznacznych ilości, związków siarki lub arsenu.

Przy zestalaniu tłuszczów lub wytwarzaniu amoniaku, można jednak używać tak czystych surowców do hydrogenizacji, że nie będą zachodziły żadne zatrucia katalizatorów. Natomiast przy hydrogenizacji węgla lub smoły pogazowej rzecz się ma całkowicie inaczej. W węglu lub smole zawsze znajdują się związki siarki, jak również często arsenu i fosforu, które bezwarunkowo zawsze powodują szybkie zatrucie każdego katalizatora. Aby więc można było przeprowadzać istotnie skutecznie hydrogenizację węgla, trzeba było wynaleźć nowe metody; mianowicie operowanie jedynie tylko właściwymi temperaturami i ciśnieniami, bez użycia katalizatorów. Udało się to istotnie!

Z pośród tych metod, które dały pomyślne wyniki, należy postawić na pierwszym miejscu, noszącą nazwę od wynalazców jej — metodę Fischera i Bergiusa. Pierwszy pracował z brunatnym węglem reńskim; działał on na węgiel, znajdujący się w zbiorniku odpornym na działanie wysokiej temperatury, ogrzany do 400 stopni i poddany ciśnieniu 150 atmosfer wodorem i tlenkiem węgla; tą drogą udało mu się przemienić do 45% użytego węgla brunatnego w płynne węglowodory, bez zastosowania jakiegokolwiek katalizatora. Fischer doszedł do tego sposobu po przeprowadzeniu uprzednio wielu prób, z rozmaitymi katalizatorami, zwłaszcza związkami sodu, przy których udało mu się uwodородnić prawie całą ilość węgla zawartego w węglu brunatnym. Badacz wyrobił sobie wówczas pogląd, że je-

żełiby nawet nie dodawać żadnego katalizatora, to rolę jego będzie spełniało żelazo samej retorty.

Jeszcze w czasie prac Fischera, które właśnie doprowadziły w roku 1913 do przedstawionego wyżej rozwoju opisanej metody, zajmował się hydrogenizacją węgla również Bergius i w roku 1913 ogłosił ciekawy patent w tym kierunku. Bergius wychodził z założenia, że należy hydrogenizować węgiel, torf lub drzewo jedynie tylko zapomocą temperatur od 400 do 500 stopni oraz ciśnienia 100 do 200 atmosfer, przy jednoczesnym doprowadzaniu wodoru; gdyż każdy katalizator musi zostać szybko zatruty przez związki siarki, znajdujące się w węglu. Tym sposobem właśnie pracując, Bergius zdołał przemieniać do 85% użytych ilości rozlicznych rodzajów węgla w związki ciekłe i rozpuszczalne. Przy tem okazało się, że hydrogenizacja przebiegała specjalnie pomyślnie, gdy przeznaczony do hydrogenizowania węgiel był najprzód sproszkowany a następnie rozmieszany z jakimkolwiek olejem smołowym lub płynnym węglowodorem.

Badania, które Bergius prowadził systematycznie przez szereg lat, udowodniły niezbicie, z jednej strony — znaczenie właśnie tego mieszania węgla z ciekłymi węglowodorami, z drugiej zaś — wpływ wysokości stosowanych ciśnień. Tak naprzykład udało mu się przy jednej próbie z 150 kg. sproszkowanego węgla, który, zmieszany z taką samą ilością ciężkiej benzyny, był pod ciśnieniem 200 atmosfer nagrany do 400 stopni, i pochłoniął 5 kg. wodoru, przemienić w ciekłe węglowodory 85% całej ilości węgla. W innym wypadku 5 kg. węgla, rozmiesza-

nych z 10 kg. oleju smołowego, przy stałym dopływie wodoru, temperaturze 400 stopni i ciśnieniu 100 atmosfer, otrzymano aż 88% w postaci ciekłych węglowodorów; jedynie 12% węgla nie uległo hydrogenizacji.

Zanim zapoznamy się z dalszym rozwojem w praktyce tego tak doniosłego zagadnienia, musimy przedtem jeszcze rozpatrzyć szczegółowiej powstające przy hydrogenizacji produkty — węglowodory.

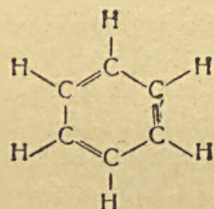
W przyrodzie znajdują się dwie różniące się między sobą, grupy węglowodorów. Z ropy naftowej, drogą prostej destylacji, uzyskujemy znajdujące się w niej węglowodory, t. zw. tłuszczowe, które zbudowane są według ogólnego wzoru  $C_nH_{2n+2}$ , w którym „n” oznacza dowolną cyfrę całkowitą. Naprzykład w benzynie lekkiej znajduje się heksan, dla którego „n” ma wartość 6; tak że wzór chemiczny jego jest  $C_6H_{14}$ . Dla następującego po nim, cięższego, heptanu „n” jest 7, a więc jego wzór będzie  $C_7H_{16}$ .

Ze smoły pogazowej, również drogą destylacji, otrzymujemy węglowodory, t. zw. aromatyczne; między niemi przedewszystkiem benzol i toluol, które wykazują znaczną różnicę w swej strukturze. Mianowicie: cząsteczka benzolu jest zbudowana według wzoru  $C_6H_6$ , toluolu zaś —  $C_7H_8$ . Porównywając te wzory z poprzedniemi, widzimy, że cząsteczka benzolu zawiera, przy jednakowej ilości atomów węgla, o 8 atomów wodoru mniej niż cząsteczka heksanu; cząsteczka zaś toluolu również o 8 atomów wodoru mniej, niż cząsteczka heptanu.

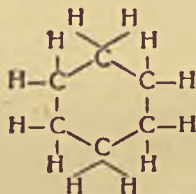
Wartość kaloryczna jednakże, a co za tem idzie —

siła pędna płynnych materiałów pędnych zależy właśnie głównie od zawartości w nich wodoru. Gdy 1 kg. węgla daje przy całkowitem spalaniu tylko 8000 kaloryj, czyli jednostek cieplnych, to 1 kg. wodoru daje 32000 kaloryj — t. j. cztery razy więcej.

W tych warunkach więc należy przy doskonaleniu techniki hydrogenizacji, dążyć do uzyskiwania takich ciekłych węglowodorów, które zawierają w swych cząsteczkach możliwie jaknajwięcej atomów wodoru. Okazuje się jednak, że tworzące się przy hydrogenizacji węglowodory należą do grupy



Rys. 49. Wzór strukturalny cząsteczki benzolu ( $C_6H_6$ ).



Rys. 50. Wzór strukturalny cząsteczki t. zw. sześciowodorobenzolu ( $C_{10}H_{18}$ ).

wzmiankowanych węglowodorów aromatycznych, w których cząsteczkach atomy nie są uszeregowane w jeden rząd, jak w naftowych, lecz, jak np. w benzolu, tworzą zamknięty łańcuch. Przy dostatecznie długo ciągnącej się hydrogenizacji udaje się stosunek zawartości wodoru do węgla w tych olejach pędnych doprowadzić do takiego najwyższego korzystnego stopnia, jaki przewiduje teoria. Wzór strukturalny benzolu, otrzymanego z destylacji smoły pogazowej wygląda tak jak na rysunku 49,

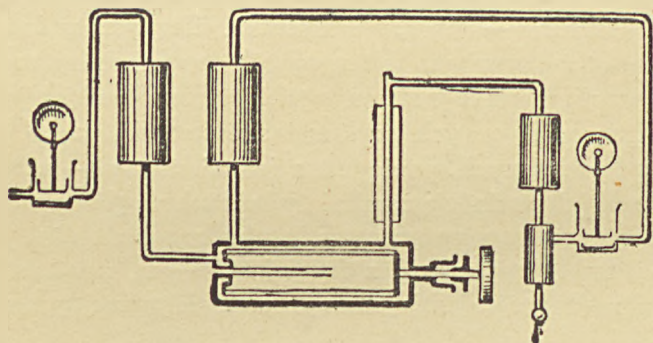
a skrócony —  $C_6H_6$ . Przez hydrogenizację zaś węgla udaje się wytworzyć ciekły węglowódor, którego cząsteczka (Rys. 50), posiadając również zamknięty sześcioboczny łańcuch atomów węgla, ma na sześciu rogach tego sześcioboku dołączone 12 atomów wodoru; tak że niema tu wcale wiązań podwójnych benzolu. Również dało się uzyskać podobny do toluolu węglowódor, który odpowiadał wzorowi  $C_7H_{13}$ , wobec czego stoi on pod względem zawartości wodoru, o wiele bliżej heptanu —  $C_7H_{16}$ , niż toluolu —  $C_7H_8$ . Wszystkim licznym związkom, otrzymywanym w ten sposób zapomocą hydrogenizacji, została nadana ogólna nazwa związków hydroaromatycznych, czyli związków aromatycznych uwodorodnionych, ponieważ z jednej strony — cząsteczki ich posiadają zamknięty łańcuch węglowy węglowodorów aromatycznych, pochodzących z destylacji smoły pogazowej, z drugiej zaś — są uwodorodnione do najdalszej granicy, przewidywanej przez teorię.

Pomyślne wyniki badań, prowadzonych przez Bergiusa w coraz to większej skali, doprowadziły w końcu do powstania w Niemczech specjalnego zakładu, w którym hydrogenizacja węgla i smoły pogazowej zaczęła być prowadzona masowo, fabrycznie.

W zakładzie tym dokonywa się hydrogenizacji w dużych, leżących retortach cylindrycznych, o pojemności 3.5 m. sześć., z podwójnymi ściankami, zaopatrzonych w miesządkła, i wytrzymałych na ciśnienie; przerabiają one 15 ton węgla wciągu 24 godzin. Jak było powiedziane wyżej, hydrogenizacja prowadzi się przy temperaturze 450 stopni Celsjusza, t. j.



odpowiadającej ciemno-czerwonemu żarowi, przy której wytrzymałość żelaza spada znacznie. A że jednocześnie ciśnienie w retortach dochodzi do 150 atmosfer, czyli 150 kg. na centymetr kwadratowy ścianek tych retort, więc oczywiście dla zapewnienia bezpieczeństwa ścianki te muszą być niesłychanie mocne i wytrzymałe. Takie dwa przeciwne sobie warunki zostały jednakowoż w wymienionym zakładzie dzięki pewnemu wspianiałemu pomysłowi technicznemu całkowicie pogodzone; widać to na rysunku 51.

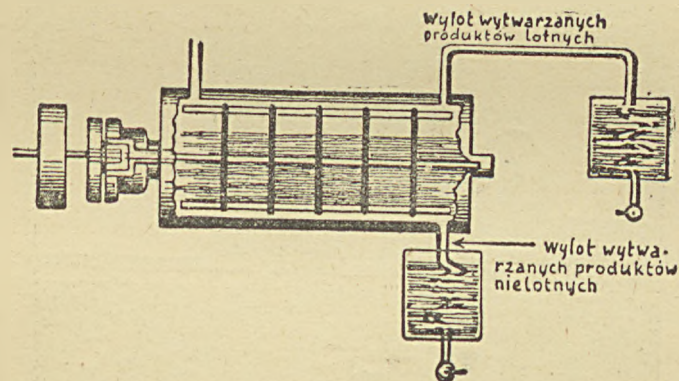


Rys. 51. Schemat aparatu Bergiusa.

Do zbiornika, znajdującego się pośrodku w dole, w którym zachodzi właściwa reakcja, od strony lewej wchodzi surowiec (masa węglowo-smołowa), od strony prawej — wodór. Mechanizm z prawej strony zbiornika porusza mieszadła, które mieszają dokładnie masę, poczem we właściwym czasie przesuwają ją dalej.

Retorty mają, jak powiedziano wyżej, ścianki podwójne, i przestrzeń między nimi jest nagrzewana nie działającym chemicznie i również uprzednio nagrzanym gazem, który jednocześnie pozostaje pod takim samym ciśnieniem, jak wewnątrz retorty. Zewnętrzna zaś ściana retorty jest bezustannie ochład-

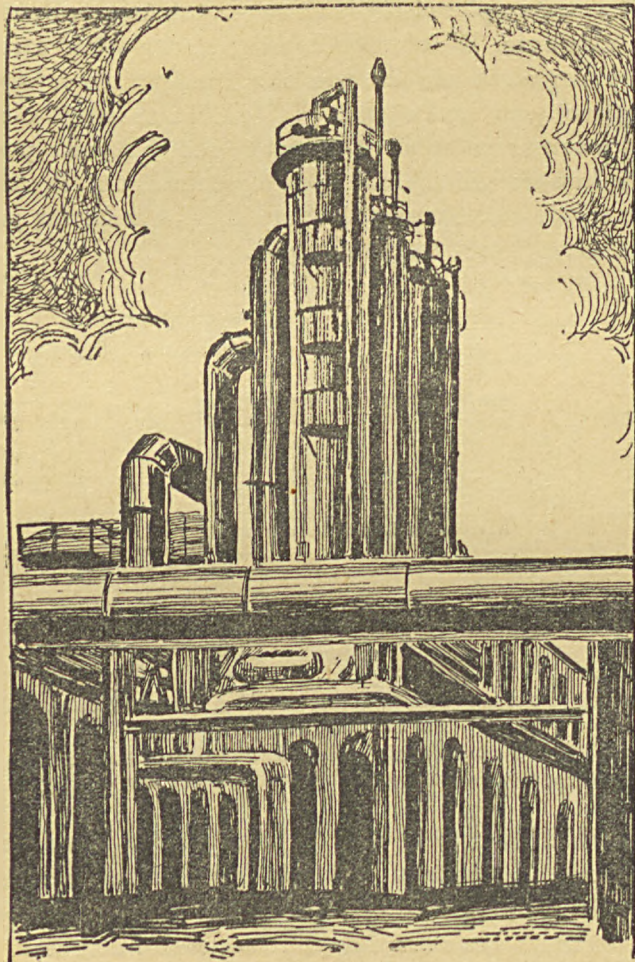
zana wodą — zachowuje więc stale swą wytrzymałość i może opierać się całkowicie takiemu szalonnemu ciśnieniu. W ten sposób wewnętrzna ścianka retorty nagrzewa się do właściwej temperatury, wymagalnej przy hydrogenizacji, i oddaje to swoje ciepło wewnątrz retorty. Ponieważ zaś jest ona pod jednakowym ciśnieniem z obydwóch stron, to nie potrzebuje ew. okazywać oporu działaniu na nią jakichkolwiek sił mechanicznych.



Rys. 52. Schemat uwodorniania według niemieckiej metody w Mannheim-Reinau.

Tutaj również stosuje się zbiornik z mieszadłem, oraz ma miejsce rozdzielanie produktów ciekłych i nie ciekłych.

Do każdej retorty należy kilka pomp, które dostarczają do wnętrza jej wodór i węgiel do hydrogenizacji. Węgiel przedtem zostaje zmielony, urobiony, np. ze smołą, na masę i dopiero wciskany do retorty. Hydrogenizacja następuje bardzo szybko, poczem gotowa już masa zostaje zapomocą innej pompy przepychana do drugiej retorty, tam zwolna ochładzana



Rys. 53. Fabryka dla hydrogenizacji węgla.

i wreszcie wyładowywana przez specjalne wyloty. Obrabiana masa — z jednej strony nie może przebywać zbyt długo w pierwszej retorcie, ponieważ następuje niepożądany i szkodliwy rozkład wytwarzanych związków; z drugiej zaś — nie powinna również zbyt prędko przechodzić do wylotów, gdyż może okazać się zhydrogenizowaną niedostatecznie. Dlatego też w każdej retorcie jest specjalne mieszadło, które nie tylko miesza dokładnie zawartość, lecz jednocześnie przesuwa ją z, raz na zawsze ustaloną, określoną prędkością od otworu wyjściowego do wylotu retorty (Rys. 52).

Tak oto rozwinął się ten wynalazek w ciągu ostatnich 15 lat. Fischer był, jako czysty naukowiec, pierwszym pionierem tej idei; po nim przyszedł Bergius, również wybitny uczyony, który rozwinął ją dalej praktycznie i doprowadził do powstania wielkich zakładów specjalnych, które wyzyskują to odkrycie ze spodziewaną korzyścią i na wielką, fabryczną skalę.

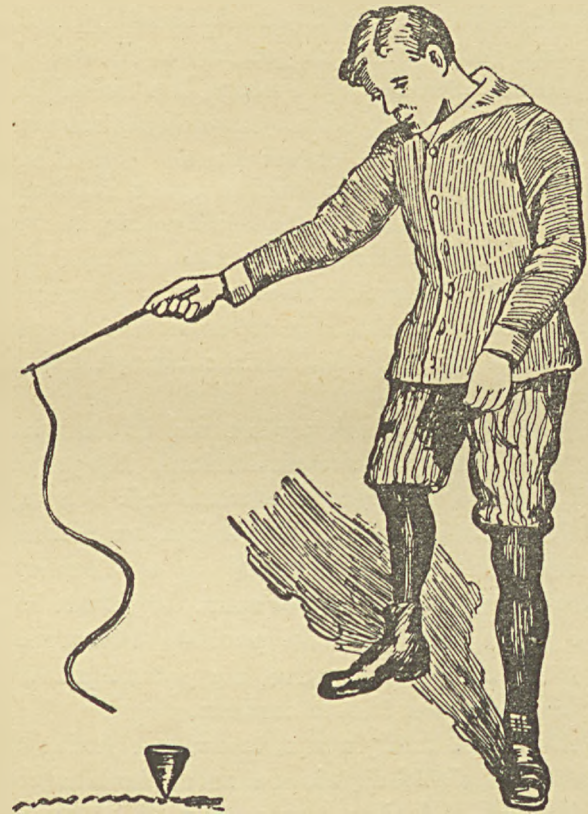
## IV

## WIRUJĄCE KRAŻKI

Każdy z nas, jeszcze przed tem zanim zaczął molić się nad zwalczaniem trudności abecadła i tabliczki mnożenia, znał dobrze t. zw. bąka. Wydawał się on cudowną rzeczą, bez względu na to czy to był najprostszy drewniany bączek, którego podcinało się biczkiem, czy też duży bąk z blachy, pomalowany różnokolorowo, puszczany w ruch przez pociąganie nawijanego nań sznurka (Rys. 54). Gdy obracał się z wielką szybkością na swej osi, wydawał się czemś żywym: pomimo przyciągania ziemi stał na ostrym koniuszczku tej osi, wykonywając osobliwe ruchy na podłodze lub stole i kiwał się na wszystkie strony w najrozmaitszy sposób. Była to zabawka zachwycająca i zajmująca.

Nieco później do tych bąków przybyła nowa podobna zabawka — diabolo, też niezwykła i osobliwa. Wprawni chłopcy potrafili wyrzucać szpulkę ze sznurka aż do czubków wysokich drzew a potem łąpać ją zpowrotem na ten sznurek. Wytlumaczyć to można jedynie w ten sposób, że wirująca szpulka diabolo wyrzucana w górę, zachowuje, lecąc w powietrzu, wciąż stale ten sam kierunek swej osi i spada również w ten samem położeniu.

Wreszcie doszliśmy do posiadania tak długo upragnionych welocypedów, staliśmy się dzielnymi cyklistami i znów zmuszeni byliśmy uczynić nowe od-



Rys. 54. Bączek podcinany batem

Wskutek podcinania batem, bączek szybko obraca się, zachowując stale położenie pionowe, do którego zawsze powraca sam, o ile nawet nachyli się. Gdy przyrzeć się uważnie, można zauważyć, że ostry koniec bączka opisuje zygzakowatą linię, uwidocznioną właśnie na rysunku.

krycie, które również wracało do wzmiankowanej właściwości bąka. Mianowicie: jadąc na rowerze wolno, trzeba trzymać mocno kierownik i wciąż kie-

rować nim uważnie. Jeżeli jednak będziemy jechali szybko, np. około 20 km. na godzinę, to okaże się, że wcale nie trzeba robić tego i można bez żadnej trudności jechać „bez rąk”, t. j. nie trzymając kierownika.

To są jednak jedyne doświadczenia, jakie każdy człowiek nieomal robił z bąkiem lub z działaniem bąka. W szkołach nadto dowiedzieliśmy się, że nasza ziemia jest również olbrzymim bąkiem, który w ciągu 24 godzin obraca się dokoła swej osi w przestrzeni. Po doświadczeniach z diabloło twierdzenie takie można oczywiście przyjąć jako istotnie najzupełniej uzasadnione.

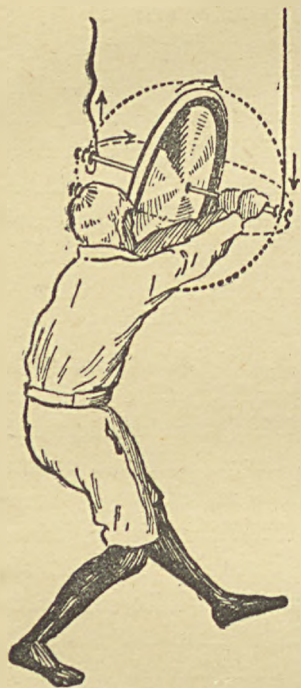
Nieco niepojętą jednak wydaje się dalsza wiadomość, że oś ziemską, wskutek działania siły przyciągającej słońca i księżyca, nie zachowuje bezwzględnie ściśle kierunku swego, lecz wykonywa nieznaczne wahania, które uwidoczniają się w niezmiernie powolnym przesuwaniu się pór roku. Większość ludzi, słysząc wyrażenie „precesja punktów równonocy”, czyli porównania dnia z nocą, nie potrafi przedstawić sobie, co ono w istocie oznacza.

Podobnie jak każdy z nas, technika również całe lata odnosiła się obojętnie do zagadnienia ruchów bąka. W XIX stuleciu maszyny wszystkie posiadały naogół tak małą ilość obrotów, że ruch wirowy nie wywierał żadnego zauważalnego a tembardziej szkodziwego działania. Gdy jednak weszły w użycie szybkoobrotowe silniki samochodowe oraz turbiny parowe, zmieniła się postać rzeczy. Łożyska nagrzewały się bez żadnej widocznej i usprawiedliwionej przyczyny, wały kół zamachowych, zwłaszcza samochodowych, pękały raptem jak przecięte, aczkolwiek były obli-

czane na wielokrotnie większą wytrzymałość i wykonane należyście. Szukano przyczyn poomacku, aż dopóki nie spostrzeżono, że wypadki takie zachodziły w częściach maszyn, które były niejako potężnymi bąkami i wskutek tego mogły wywierać pewne działania, których nadal już przy obliczeniach wytrzymałości maszyn nie należało lekceważyć.

Nie tyczyło się to jednak przytem zwykłej siły odśrodkowej, która pojawia się w każdym ciełe wirującym i zależnie od okoliczności może stać się tak wielką, że rozrywa je. Tę siłę i jej przykre następstwa zbadano całkowicie dostatecznie już w pierwszej połowie XIX wieku, przy różnych wypadkach rozrywania się kół rozpędowych, i już wówczas obliczano wirujące części maszyn umyślnie z wielokrotnie większą wytrzymałością na jej działanie niszczące. Chodziło raczej o opór, jaki oś jakiegoś silnego bąka musi okazywać każdej nagłej próbie zmiany położenia jej w przestrzeni. Ta sama właściwość, która w diabloło była dla nas tak pożądana i cenna, występuje również np. w kole zamachowym samochodu, wykonywającym około 1500 obrotów na minutę. Kiedy jednak samochód pocznie kołysać się i uderzać na nierównym bruku ulicy i koło zamachowe silnika jest zmuszane wciągu ułamków sekundy obracać się w coraz to inaczej nachylonych płaszczyznach, to musi ono okazywać taki opór, którego nawet najlepsza oś ze stali chromowej nie wytrzyma wkońcu i wystrzeli w jednej chwili z motoru, porzrywana jak granat na kawałki. Potężnymi bąkami również są ciężkie koła, t. zw. biegowe, czyli wirniki turbin parowych; tak że nawet w stosunkowo wol-

no obracających się turbinach okrętowych należy pilnie brać pod obrachunek nieuniknione przy wzburzonem morzu i tłuczeniu się okrętu o fale działanie sił wirowych i odpowiednio obliczać wytrzymałość wałów, kół oraz łożysk.



Rys. 55. Doświadczenie z bąkiem, zawieszonym swobodnie.

Jeżeli prawy koniec osi pociągać ku sobie, to lewy wznosi się w górę; bąk wykonywa precesję.

Wszystkie takie wypadki zmusiły techników do wielo głębszego zapoznania się z działaniem sił wirowych i, jak to zdarza się często—z nieprzyjemnych początków wypadł przyjemny koniec. Spostrzeżono, że te, dające się nieraz w bardzo przykry sposób odczuwać, właściwości bąka można z korzyścią spżytkować do innych celów. Bąk zawsze okazuje opór każdej próbie zmiany położenia jego osi, co istotnie dla wielu ruchów maszyn bywa nieraz bardzo niepożądane. Czy więc, naodwrot, nie dałoby się zapomocą bąka tłumić ruchów niepożądanych? Wynalezienie przez Schlicka na przełomie stuleci t. zw. bąka okrętowego było odpowiedzią na to pytanie. Zapomocą odpowiednio

wbudowanego w kadłub okrętu bąka udaje się redukować do minimum przykre kołysania się okrętu, wywołujące jak wiadomo morską chorobę. Oś bąka ma dążenie do utrzymywania niezmiennie swego położenia w przestrzeni; czyż nie jest więc ona dzięki temu silnym konkurentem kierującej się zawsze ku północy igły magnesowej kompasu? Idea ta właśnie została potwierdzona przez wynalezienie t. zw. kompasu-bąka, czyli gyro-kompasu.

Jeżeli więc oś bąka może utrzymać stały, nie dający się zmienić, kierunek w przestrzeni, to czyż nie byłoby możliwe połączenie z nią jakiegokolwiek rodzaju urządzenia sterującego i dojście w ten sposób do sterowania statkami bez ludzi? Podobne sterujące mechanizmy z bąkiem stosowane są przy torpedach i samolotach i wskazują, że myśl taka jest uzasadniona.

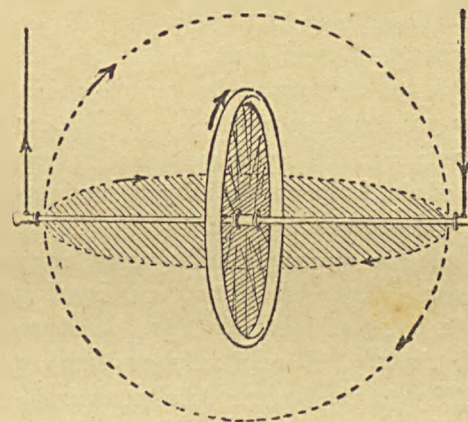
Istotnie też powstał w wieku obecnym nowy dział techniki, mianowicie technika bąków czyli krążków wirujących, i już dziś niektóre jej pomysły konstrukcyjne stały się w wielu wypadkach wprost niezbędnymi; a końca rozwoju tego działu techniki przewidzieć nie można.

Zanim jednak zbliżymy się do jej dzieł, musimy na przód poznać nieco teorię bąków. Jest ona sucha, jak każda teoria; można jednak uczynić ją przyjemniejszą i łatwiejszą do strawienia zapomocą rozmaitych licznych i łatwych do wykonania doświadczeń praktycznych. Taką pomocą do tych doświadczeń są przede wszystkim bąki, t. zw. giroskopy, jakie za parę groszy można dostać w każdym składzie pomocy szkolnych.

Następnie niezmiernie pożyteczne do tego samego celu jest zwykłe koło od roweru, które też można znaleźć za dostępną cenę. Na takie koło zamiast obręczy gumowej nakładamy mocny wałek ołowiany, zrobiony np. z rury ołowianej, dającej się łatwo wygiąć i przymocowujemy ją zapomocą drutu do obwodu koła. Mamy wówczas niezmiernie mocny giroskop, na którym można wykazać jaknajlepiej wszystkie właściwości bąka. Rysunek 55 przedstawia właśnie takie koło. Oś koła, na której obraca się ono w łożysku kulkowym, należy znacznie podłużyć i zawiesić za oba końce swobodnie w powietrzu na łańcuszkach lub mocnych sznurkach. Gdy wprowadzimy koło w szybki ruch obrotowy, jak na rysunku wskazuje strzałka nad obwodem koła, to, patrząc z boku, przekonamy się, że obraca się ono w kierunku wskazówek zegara. Następnie uchwycimy rękami za prawy koniec osi i starajmy się przesunąć ją w płaszczyźnie poziomej, ciągnąc ten koniec ku sobie; okaże się, że oś będzie stawiała silny opór. Jednocześnie przytem lewy koniec osi będzie wznosił się ku górze, a prawy opuściłby się, gdyby pozwalał mu sznur lub łańcuch. Na rysunku 56 płaszczyznę i kierunek, w którym staramy się przesunąć oś, wyobraża zakreskowana elipsa i strzałki na jej obwodzie; kierunek zaś tego właściwego ruchu osi koła, którym odpowiada ono na nasze usiłowania, wskazują strzałki przy końcach osi: przy lewym — w górę, przy prawym — nadół.

To, co widzimy właśnie, jest zasadniczą cechą i zjawiskiem działania bąka. Wyrazić słownie da się to w sposób następujący. Oś bąka uchyla się od siły, starającej się zmienić położenie jej, w kierunku pod

prostym kątem do niej. Ten ruch uchylający się wykonywa ona tak długo, dopóki wkońcu nie zajmie położenia takiego samego, jakie ma oś tego skręcają-



Rys. 56. Przedstawienie pojawiających się sił i momentów skręcających przy precesji bąka w trzech płaszczyznach w przestrzeni.

Bąk wiruje w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny rysunku; wirowanie — przy patrzeniu od strony prawej — odbywa się w kierunku ruchu wskazówek zegara. Przy pociąganiu prawego końca osi ku sobie, w płaszczyźnie zakreskowanej na rysunku, pojawia się moment skręcający, mający kierunek — jeżeli patrzeć z góry — zgodny z ruchem wskazówek zegara. Bąk odpowiada na to wznieszeniem lewego końca osi, t. j. momentem skręcającym w płaszczyźnie koła, wykonanego na rysunku linią przerywaną, — również zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

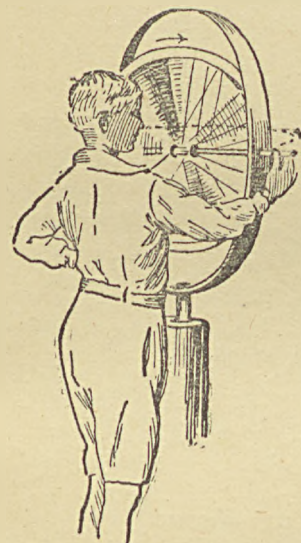
tego ruchu, czyli — zleje się z nią. W doświadczeniu, przedstawionem na rysunkach 55 i 56, staraliśmy się przesunąć oś koła w płaszczyźnie poziomej, w kie-

runku — przy patrzeniu zgóry — ruchu wskazówek zegara; a zarazem, podobnież w tym samym kierunku — obrócić cały przyrząd około jego osi pionowej. Odpowiedział zaś on w ten sposób, że oś jego prawym końcem opuściła się, a lewym poszła w górę. Po pewnym dostatecznym czasie stanęłaby ona wkońcu w położeniu pionowym i w ten sposób zlałaby się z osią ruchu skracającego ją; wówczas, przy patrzeniu zdołu, koło obracałoby się wciąż w kierunku ruchu wskazówek zegara.

Gdybyśmy nie wprawili koła, przed rozpoczęciem doświadczenia, w ruch obrotowy, czyli że liczba obrotów jego równałaby się zeru, to tych zjawisk nie widzielibyśmy. Wtedy cały przyrząd, przy tem przekręcaniu go w płaszczyźnie poziomej, okazałby jedynie opór nieznaczny, pochodzący z bezwładności masy; a o uchyłaniu się go w kierunku prostopadłym oczywiście nie mogłoby być nawet mowy. Jeżeli ująć zagadnienie bąka cyfrowo, to wyliczenia doprowadzają do wniosku, że bąk, wykonywający nieskończoną ilość obrotów, będzie okazywał każdej narzucanej mu zmianie położenia również nieskończenie wielki opór i nie będzie uchyłał się w kierunku, jak widzieliśmy, pod prostym kątem. Samo przez się rozumie się, że takie wyliczenie ma znaczenie jedynie teoretyczne, ponieważ ilość obrotów bąka musi być w praktyce ograniczona.

Jednakowoż, opierając się właśnie na tych podstawach cyfrowych, możemy powiedzieć, że to, co widzieliśmy przy naszym doświadczeniu, jest pewnego rodzaju kompromisem. Bowiem bąk w pierwszej chwili poddaje się chętnie sile skracającej go; dalsze jed-

nak zmuszanie go do zmiany położenia w płaszczyźnie poziomej wywołuje niezwłocznie uchylenie się jego w kierunku prostopadłym do tej płaszczyzny. Opór ten z kolei powoduje działanie odwrotne i wywołuje w tej płaszczyźnie siłę, działającą na bąka w kierunku odwrotnym do narzucanego mu przez nas skracania go. Tu więc odkrywamy, że bąk okazuje istotnie silny opór zamierzony przez nas zmianie jego położenia.



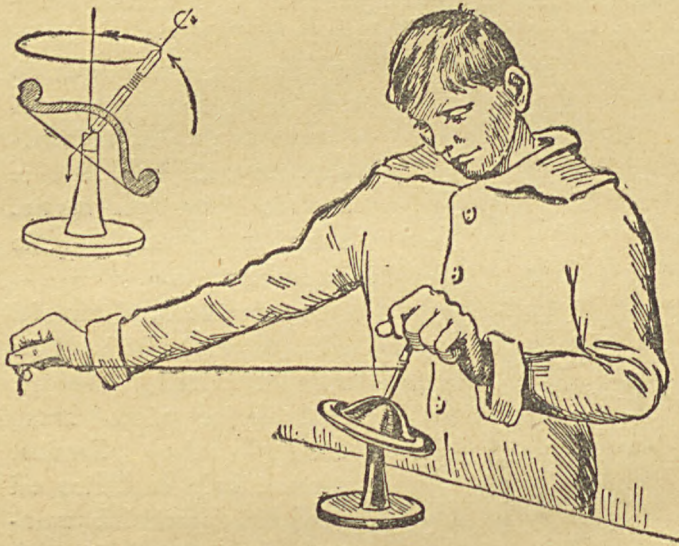
Rys. 57. Przy takim urządzeniu bąk nie może być wykonywania ruchu precesyjnego.

Stawia on obecnie nieznaczny opór przy skracaniu go, natomiast silnie oddziałuje na oś pionową.

gdyż przez takie urządzenie odebraliśmy kołu możliwość usuwania się tak jak poprzednio w kierunku pod prostym kątem. Gdy więc spróbujemy przekręcać je, jak przy pierwszym doświadczeniu, w płaszczyźnie poziomej,

Potwierdzenie słuszności takiego rozumienia tych zjawisk możemy znaleźć, modyfikując nieco nasze doświadczenie. Zamiast wieszać koło za końce osi na łańcuszkach lub sznurach, umieścimy je tak, jak wskazuje rysunek 57 w innym pionowym kole, które ze swej strony, też może obracać się dokoła swej osi, również pionowej. Teraz doświadczenie nasze będzie miało zupełnie inny przebieg, gdyż przez takie urządzenie

to przekonamy się, że opór będzie niepomiaralnie mniejszy niż przedtem. Wskazuje to nam więc, że



Rys. 58. Doświadczenie z giroskopem.

Gdy patrzeć z góry, to bąk obraca się w kierunku ruchu wskazówek zegara. Siła ciężenia wyprostowuje bąk. Precesja zachodzi w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu wskazówek zegara.

bąk może ujawniać całkowicie swe osobliwe ruchy i dążenie do utrzymania położenia swego tylko wtedy, gdy posiada pewną swobodę.

Dalsze doświadczenie przeprowadzimy z dwoma krążkami giroskopami — jak wspomniano sprzedawanymi w składach pomocy szkolnych. W giroskopie pokazanym na rysunku 58 ciężki krążek ze zgrubieniem w kształcie wałka na obwodzie jest tak silnie



Rys. 59. Doświadczenie z giroskopem.

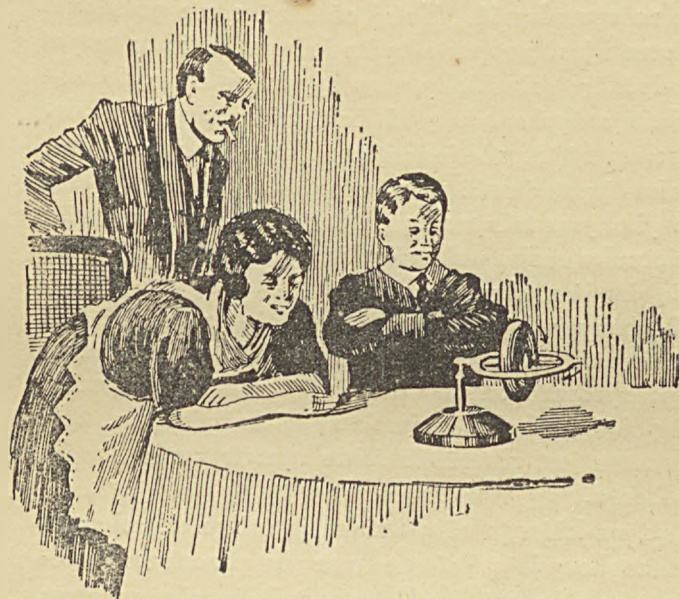
Bąk wiruje w kierunku ruchu wskazówek zegara. Siła ciężenia stara się zrzucić bąk z podstawki. Precesja w kierunku ruchu wskazówek zegara.

wygięty wdół na podobieństwo grzyba, że punkt ciężkości całego przyrządu leży niżej od jego punktu podparcia, t. j. tego, w którym oś jego opiera się o podpórkę. Na taki krążek siła przyciągania ziemi wywiera również działanie skręcające, t. j. dążące do



ustawienia jego osi pionowo. Może on więc stać na podstawie również w spokoju, o ile oś jego ma kierunek pionowy. Zupełnie inaczej jest w krążku przedstawionym na następnym rysunku 59. W nim punkt ciężkości znajduje się ponad punktem podparcia, i siła ciężenia ziemskiego stara się przewrócić go; pozostawiony więc w spokoju, bez ruchu, spadnie z podstawki. W obydwóch tych bakach siła przyciągania ziemi występuje jako siła skręcająca, która — w wypadku drugim stara się przekręcać krążek w kierunku ruchu wskazówek zegarowych, w pierwszym zaś — w przeciwnym. Teraz zaś właśnie nasze poprzednie doświadczenia z kołem rowerowym pozwolą nam przepowiedzieć od razu zjawiska, jakie ujrzymy, gdy wprawimy nasze krążki w ruch wirowy. U obydwóch krążków ruch ten będzie odbywał się — jeżeli patrzemy z góry — w kierunku ruchu wskazówek zegara.

Zapomocą sznurka nawiniętego na oś krążka wprawimy więc krążki w ruch wirowy, przytem w takiej pozycji, aby osie ich były nachylone około 45 stopni do poziomu. Niezwłocznie krążki zaczną odchyłać się pod prostym kątem od działania siły ciężenia. Ponieważ jednak siła ta działa bezustanku i jednakowo na krążki w każdym ich położeniu, to w rezultacie swobodny koniec osi każdego zacznie opisywać w powietrzu drogę, wskazaną na rysunkach 58 i 59 eliptyczną linią. W wypadku pierwszym przebiega ona w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara — przy patrzeniu z góry, w drugim zaś — za ruchem ich. Zjawisko to — gdy dolny koniec osi krążka pozostaje nieruchomy a górny opi-



Rys. 60. Doświadczenie z gioskopem.

Gioskop jest podparty tylko jednym końcem osi i opiera się siłę ciężenia przez wykonywanie odpowiednio szybkiej precesji.

suje około — jest właśnie tą tak zwaną p r e c e s j ą baka, czyli tym samym ruchem, jaki wykonywa oś ziemską i powoduje powolne przesuwanie się pór roku.

Wyobrażony na rysunku 59 krążek również nie poddaje się siłę ciężenia, która stara się zrzucić go z podstawki, lecz uchyla się od niej podobnie pod kątem prostym; skutkiem tego również wynika wspomniana precesja, też w kierunku ruchu wskazówek zegara. Jeszcze wyraziściej ukazują się te zjawiska przy doświadczeniu z krążkiem, przedstawio-

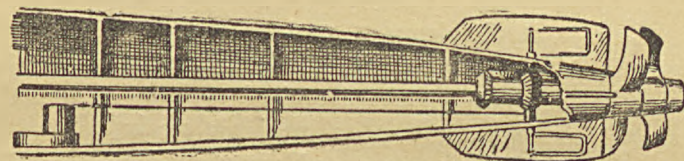
nym na rysunku 60. Tutaj oś krążka ma położenie poziome i jest podparta tylko jednym końcem swym o podpórkę; należałoby więc spodziewać się, że bąk spadnie natychmiast pod działaniem siły ciężenia. Jednakowoż tak nie jest; i tu właśnie ukazuje się zasadnicza właściwość wirowego ruchu bąka: oś krążka wykonywa taką samą precesję jak na rysunku 59 w kierunku ruchu wskazówek zegara, i cały bąk zdaje się drwić z siły ciężenia.

Zbierzmy więc razem wszystkie najważniejsze właściwości wirujących krążków, które poznaliśmy w przeprowadzonych doświadczeniach, przyczem pod pojęciem bąka, pojmujemy ciało wirujące, którego masa jest rozłożona ściśle symetrycznie dokoła osi obrotu.

Bąk, na którego oś nie działają żadne siły skręcające, zachowuje położenie swe w przestrzeni niezmiennie; gdy zaś jakaś tego rodzaju siła poczyna działać na niego, to uchyla się on od niej w kierunku pod kątem prostym. Znając więc te tylko zasadnicze zjawiska, będziemy w możności teraz pojąć rozmaite zastosowania techniczne bąka, bez potrzeby bardziej szczegółowego badania jego właściwości.

Jednym z najpierwszych było zastosowanie bąka jako t.zw. bieźnika kierunkowego, nazywanego w marynarce polskiej prostopem żyroskopem, w torpedach. Torpeda jest to jakby pewnego rodzaju mała łódź podwodna, lecz bez załogi. Na rycinie 61 jest przedstawiony schematyczny widok tylnej części dawniejszej torpedy Whiteheada. W jej części przedniej znajduje się ładunek materiału wybuchowego oraz zapalnik uderzeniowy, t. zw. udarnik. O wiele więk-

szą od przedniej, środkową część tej torpedy, mającej kształt cygara, zajmuje zbiornik powietrza, będącego w stanie niezmiernie ściśnionym i stanowiącego siłę napędową dla mechanizmu poruszającego torpedę. W tem samym pomieszczeniu znajduje się silnik pneumatyczny, który obraca śrubę napędową



Rys. 61. Schematyczny widok aparatu sterującego w torpedzie. Bąk sterujący wprawia w działanie zawory cylindra ze ściśnionem powietrzem. Tłok tego cylindra działa na dźwigniki lub liny, które ustawiają stery boczne we właściwym stałym położeniu.

torpedy i zapomocą niej popycha torpedę w wodzie naprzód z szybkością 50 km. na godzinę. Przy wystrzale torpeda jest wyrzucana zapomocą ściśnionego powietrza przez rurę wyrzutową w żądanym kierunku. Gdy torpeda znajdzie się w wodzie, poczyna działać jej własne maszyny i nadają jej ruch naprzód.

Szłoby to tak wszystko bardzo składowie, gdyby nie było nieprzewidzianego a nie poddającego się żadnej kontroli wpływu falowania morza, które stara się aż nadto silnie spychać lecącą w wodzie torpedę z jej właściwego początkowego kierunku. W czasach dawniejszych, gdy nie znano i nie wyrabiano jeszcze środków przeciw takim wpływom, bywały wypadki, że wyrzucana torpeda, w której popycha-

jące ją mechanizmy pneumatyczne działały całkowicie sprawnie i pewnie, opisywała w wodzie łuk i zawracała w ten sposób, że własny okręt jej musiał od niej uciekać. W takich warunkach naturalnie nie można było nawet myśleć o strzałach, choćby mniej więcej celnych. Dopiero zmieniła się postać rzeczy, gdy spróbowano skorzystać z pomocy bąka.

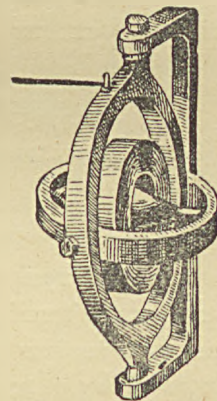
Zasada mechanizmu z zastosowaniem bąka jest przedstawiona na rycinie 62. W t. zw. zawieszeniu Kardana, t. j. w dwóch pierścieniach, mogących poruszać się jeden w drugim, znajduje się bąk, ważący około 1 kg., który przed wyrzuceniem torpedy zostaje zapomocą małej turbiny ze ścieśnionem powietrzem, puszczony w ruch wirowy, z prawie 1000 obrotów na minutę. Oczywiście więc rzecz, iż oś tego bąka będzie utrzymywała niezmiennie położenie swe w przestrzeni, nawet wówczas, gdy torpeda zbaczałaby z wytkniętej jej drogi. Skutkiem tego jednak, oczywiście powstaje ruch względny między mechanizmem bąka a samem ciałem torpedy. Gdyby ktoś znajdował się w torpedzie, to miałby wrażenie, że oś bąka odsuwa się wlewo; tymczasem zaś w rzeczywistości sama torpeda zbacza i kieruje się wprawo.

Wzmiankowany ruch względny jest w niezmiernie prosty sposób przeniesiony do poruszanego również ścieśnionem powietrzem, mechanizmu sterującego, który skręca ster torpedy wprawo lub wlewo, stosownie do tego, w jaką stronę przesunie się maleńki wentyl czyli zawór od ścieśnionego powietrza. Nie można bowiem wymagać od bąka, aby sam bezpośrednio kierował sterem torpedy, gdyż musiałby

on reagować różnymi precesjami na pojawiające się bezustanku wciąż nowe a znaczne siły i nie mógłby zachowywać początkowego kierunku swej osi, nadanego przy wyrzucaniu torpedy. Przeciwnie, do poruszania wentylów mechanizmu sterującego potrzebna jest siła tak nieznaczną, że nie wywoła żadnych precesyj bąka, i wówczas dopiero utrzymuje on niezmiennie położenie swej osi i steruje torpedą prosto po wytkniętej linii do celu.

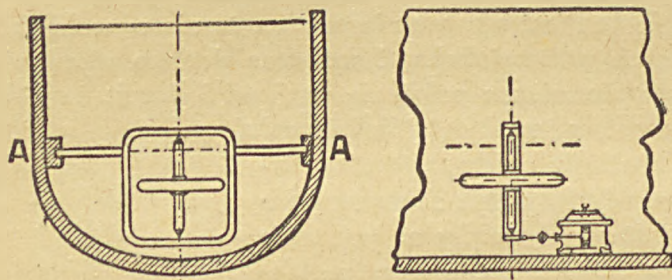
Po długim czasie nawet i te drobne oddziaływania ze strony wentylów wpływałyby na położenie osi bąka i tem samem na kierunek ruchu torpedy. Ponieważ jednak bieg torpedy w wodzie trwa zaledwie parę minut, przeto opisane właśnie urządzenie jaknajzupełniej spełnia swe zadanie.

Z biegiem lat, a zwłaszcza w czasie wojny światowej, zostało ono udoskonalone w wielu szczegółach. Waga oraz liczba obrotów krążka bąka zostały znacznie zwiększone. Bąk musiał oddziaływać nie tylko na ster boczny, aby sprostować boczne odchylenia od kursu, lecz również — na wysokośćowy, aby zmuszać torpedę do biegu stale na pewnej wyznaczonej głębokości. Jednocześnie zaś z powiększeniem całego ciała torpedy wzrastała również osiągalna odległość strzału — aż do 10 km., z okre-



Rys. 62. Schematyczne przedstawienie bąka w torpedzie. Od krążka zewnętrznego przeprowadzony jest drążek do zaworów cylindra ze ścieśnionem powietrzem.

sem przelotu prawie aż do 5 minut. Zasada została przy tych ulepszeniach niezmienną i odpowiadała zadaniu najdoskonalej, nawet przy zwiększonych wymaganiach.



Rys. 63. Schematyczny widok z przodu i z boku bąka okrętowego Schlicka.

Następnym użytkownikiem bąka było stosowanie go w celu utrzymywania równowagi okrętów, a zwłaszcza zmniejszania tak przykrego kołysania się ich. Pod wyrażeniem kołysanie należy rozumieć wahadłowe ruchy okrętu, w poprzek dłuższej osi jego, powodowane przez wiatr boczny i falowanie morza.

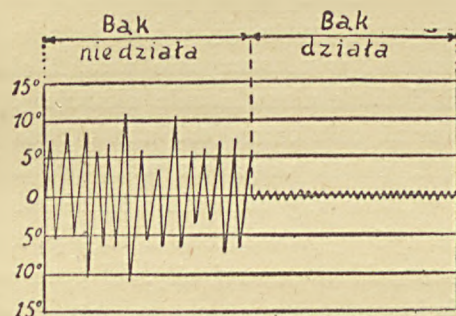
Rycina 63 ukazuje taki przyrząd według pomysłu Schlicka. Na rysunku pierwszym, przedstawiającym przekrój poprzeczny okrętu, jest zawieszona w kadłubie okrętu, dwoma czopami osi w górnej swej części ruchoma rama, w której wiruje bąk na osi pionowej. Pod wpływem siły ciężenia rama wisi również pionowo, i dopóki okręt płynie równo i spokojnie, całe to urządzenie pozostaje również w spokoju. Nagle powstaje falowanie, które nachyla okręt nieco na prawą stronę, a więc odchyła oś bąka z dotych-

czasowego położenia w kierunku ruchu wskazówek zegara.

Teraz jednak, gdy znamy już zjawiska zachodzące przy bąku, możemy zgóry powiedzieć co nastąpi. Bąk musi wykonać precesję, t. j. oś jego będzie starała się wznieść w płaszczyźnie wzdłuż okrętu. Siła ciężenia jednak niezwłocznie okazuje jej pewien opór, ponieważ cała rama jest zawieszona za swą górną część, działa więc jak wahadło, które pod wpływem właśnie siły ciężenia wisi również pionowo i może być wyprowadzone z tego położenia jedynie przez nakład pewnej siły. W tych więc warunkach bąk musi również okazać pewien opór kołysaniu. Ponieważ zaś nie ma możliwości wykonać tej precesji swobodnie, przeto musi opierać się zmianie położenia swej osi. To sprzeciwiające się działanie bąka jest nadto jeszcze wzmocnione zapomocą hamulca, połączonego z dolną częścią ramy bąka i zwiększającego opór bąka przeciw precesji.

Działanie więc bąka okrętowego Schlicka przedstawia się w sposób następujący. Wskutek falowania kadłub okrętu poczyną kołysać się, czyli wykonywać ruchy wahadłowe z jednej strony ku drugiej na swej osi podłużnej. Wahanie to powoduje jednocześnie wyprowadzanie z właściwego położenia osi bąka, na które bąk może odpowiadać niezwłocznie precesją. Jak było powiedziane jednak, nie ma on możliwości wykonywania jej swobodnie, gdyż okazują mu silny opór siła ciężenia i hamulec. Wskutek tego wykonywa on precesję jedynie w stosunkowo nieznanym rozmiarze a zarazem okazuje siłom kołysającym, które starają się odchylić od wła-

ściwego położenia, podobnie jak os jego, również i kadłub okrętu, opór tak silny, że kołysanie jest jedynie bardzo nieznaczne.



Rys. 64. Wykres działania, ustawiającego baka okrętowego. Na linii pionowej podane są w stopniach kątowych nachylenia się okrętu na obiedwie strony. Pierwsza połowa linii łamanej wykresu wskazuje wahania okrętu przy baku nieczynnym; druga — przy baku działającym.

Działanie baka okrętowego widać najdokładniej na wykresie, podanym na rysunku 64. Na linii pionowej pokazane są, w stopniach kąta, wysokości kołysań, które okręt wykonywał w obie strony, linie zaś poziome oznaczają okresy czasu. Lewa strona wykresu podaje kołysania okrętu, gdy bak nie był czynny, prawa zaś — gdy działał. Jak widać z tego, w pierwszym okresie kołysania okrętu w obie strony dochodziły do 10 stopni, wówczas gdy w drugim były zupełnie nieznaczne, wynoszące zaledwie około jednego stopnia; pożądane więc zachowywanie równowagi było uzyskane.

Że mimo to bak okrętowy nie doznał większego rozpowszechnienia, tak jak początkowo można było spodziewać się, to powód leży głównie w tem, że

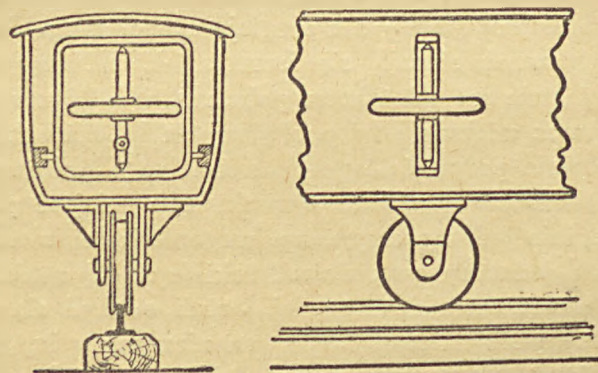
w tym samym czasie poznano inne sposoby, przytem tanie — zwłaszcza stosowanie tak zwanych zbiorników na naciąg wodny przeciw kołysaniu, — zapomocą których można ograniczać w wielkim stopniu te tak przykre ruchy okrętów.

Płynący po morzu okręt znajduje się przy warunkach normalnych w t. zw. stałej równowadze. Oznacza to, że obiedwie siły, działające na jego kadłub, mianowicie: z jednej strony skierowane w górę wypieranie przez wodę, a z drugiej — siła ciężenia, działająca w dół, starają się bezustannie utrzymać okręt stale we właściwym położeniu i, o ile zostaje on przez uderzenie fal pochylony na któryś bok — ponownie przywrócić go do normalnego położenia.

Całkowicie odmienne warunki mają miejsce przy pojeździe jednotorowym, np. wagonie kolei, zwanej często jednoszynową. Pojazd taki (rys. 65) znajduje się w równowadze niestałej. Jeżeli odchylił się on naprawo lub nalewo, choćby na nieznaczny kąt, od położenia równowagi, to siła ciężenia działa niezwłocznie w ten sposób, że usiłuje go jeszcze więcej przechylić na tę stronę i przewrócić. W okręcie, gdy siła bocznych kołyszących uderzeń fal zostaje, nawet bez działania baka okrętowego, przewyższona przez własną, t. zw. kierującą lub ustanawiającą siłę okrętu, to okręt za każdym razem wraca do swego środkowego położenia — równowagi, poczem przechodzi przez nie i nachyla się na przeciwną stronę. Zadaniem więc baka okrętowego jest, w pewnym stopniu, takie łagodzenie tych wahań, aby kąt pochylecia był możliwie jaknajmniejszy. Gdy więc okręt przechodzi jak wahadło przez punkt równo-

wagi, to bąk ma możność w tym momencie niejako wytchnąć od wysiłku i dopiero wykonać precesję w przeciwną stronę i również samemu powrócić do równowagi.

Inaczej zupełnie rzecz się ma przy zastosowaniu takiego bąka okrętowego do wagonu jednoszynowego. Wagon podobnie jak okręt, zaczyna kołysać się



Rys. 65. Schematyczny widok wagonu jednoszynowego (z bąkiem).

Należy zwrócić uwagę na odmienny sposób zawieszenia bąka tutaj, niż na rys. 28-m. Tam siła ciężenia, wspomaganą nadto przez hamulec, stara się przeciwdziałać precesji — kołysaniu się ramy. Tutaj, wspierana przez silnik dodatkowy, stara się wzmocnić precesję.

i przechyla na jedną stronę. Silnie przyhamowany bąk będzie niezwłocznie działał — wykonywał precesję i starał się powstrzymać to boczne nachylenie się wagonu; jednakże, naturalnie, nie ma on możności przewyciężenia go całkowicie, i będzie ono, aczkolwiek nieco wolniej postępowało dalej nieustannie. Równocześnie przechylające działa-

nie siły ciężenia będzie zwiększało się wciąż — tem silniej, im więcej wagon nachyla się. Bąk jednak będzie wykonywał precesję wciąż w tym samym kierunku dotąd, aż oś jego ostatecznie przyjmie położenie poziome. W tym momencie zaś pochylanie się wagonu nie będzie miało już żadnego znaczenia dla bąka co do odchylenia jego osi, ponieważ właśnie zajmie ona położenie równoległe do działającej siły. Siła wyprostowująca bąka stanie się równą 0, i wagon przewróci się, tak jakby na nim nie było wcale bąka.

Liczne próby przeprowadzane w tym kierunku — znalezienia drogi do utrzymywania równowagi wagonów jednoszynowych — potwierdziły całkowicie słuszność tej teorii.

Takie proste urządzenie jak bąk okrętowy nie zdolne jest utrzymać w równowadze pojazdu o równowadze niestałej. Przyczynę, dla czego tak jest, łatwo znaleźć, gdy ujmie się zagadnienie to z punktu widzenia prawa o zachowaniu energii. Mianowicie: dla tego, aby przywrócić napowrót do równowagi nachylony na jakąś stronę wagon jednoszynowy, taki jak wyobrażony na rysunku 65 należy wykonać pewną pracę. Praca ta, jak łatwo obliczyć, będzie równa iloczynowi z wagi wagonu oraz drogi, na której trzeba podnosić w górę punkt ciężkości wagonu, aby doprowadzić go do położenia środkowego. Inaczej niż w kołyszącym się w obie strony okręcie — tutaj, za każdym razem gdy doprowadza się wagon do równowagi, musi być dodana pewna praca. Skąd więc weźmie się ona, skoro jak wiadomo bąk sam z siebie dać jej nie może? Hamulec, taki jak u bąka okręto-

wego, nietylko nie jest urządzeniem, mogącem dawać pracę, lecz, przeciwnie, pochłania ją; jak to naprz. widzieliśmy przy bąku okrętowym, pochłania on tę niepożądaną pracę, którą wykonywa kadłub okrętu pod wpływem falowania wody. Tak więc zwykły bąk okrętowy nie mógłby w żadnym wypadku stanowić urządzenia, które dostarczałoby stale trwającej pracy, niezbędnej do bezustannego utrzymywania, t. j. doprowadzania do równowagi wagonu jednoszynowego, wobec czego wagon bezwzględnie w końcu musiałby przewrócić się; istotnie — nie tak prędko jak bez bąka, lecz mimo to nieodwołalnie.

Jednakowoż udało się szczęśliwie uzyskać możliwość, zapomocą pewnego specjalnego mechanizmu, dostarczania tej nieustannie niezbędnej pracy. Mianowicie — przez wywoływanie t. zw. precesji dodatkowej.

Rama bąka przy tym mechanizmie nie jest połączona z hamulcem, jak w bąku okrętowym, lecz z pewnym innym mechanizmem silnikowym, który właśnie wywołuje tę dodatkową precesję. Wagon nachyla się — bąk poczyna niezwłocznie wykonywać precesję w określonym kierunku, a równocześnie pracuje przeciw sile nachylającej. Natychmiast rozpoczyna działanie wspomniany silnik dodatkowy i nadaje przymusowo bąkowi nowy ruch, przewyższający jego własną dobrowolną precesję. Wynalazek ten był prawdziwie jajkiem Kolumba i rozwiązał sprawę jednym zamachem.

Cóż jednak zachodzi przy tem w istocie? To — że przez zastosowanie tego dodatkowego mechanizmu niejako odwróciliśmy całe urządzenie; a mianowicie:

z chwilą gdy począł działać ten dodatkowy motor, zmiana położenia osi wirującego bąka, wywołana przez nachylenie się wagonu, przestała już być wyjściową, natomiast stała się taką zmianą, spowodowaną przez ten właśnie motor, i ona ze swej strony wywołała nową precesję osi bąka w kierunku pod prostym kątem. Ponieważ zaś oś bąka była właśnie w tym kierunku złączona sztywno z korpusem wagonu, to ta nowa precesja starała się przymusowo podźwignąć i przywrócić wagon do równowagi. W ten więc oto sposób sprawa dostarczania pracy została rozwiązana: pracę dla przywracania wagonu do stanu równowagi dał właśnie ten motor dodatkowy, który siłą zmuszał oś bąka do zmiany swej pozycji.

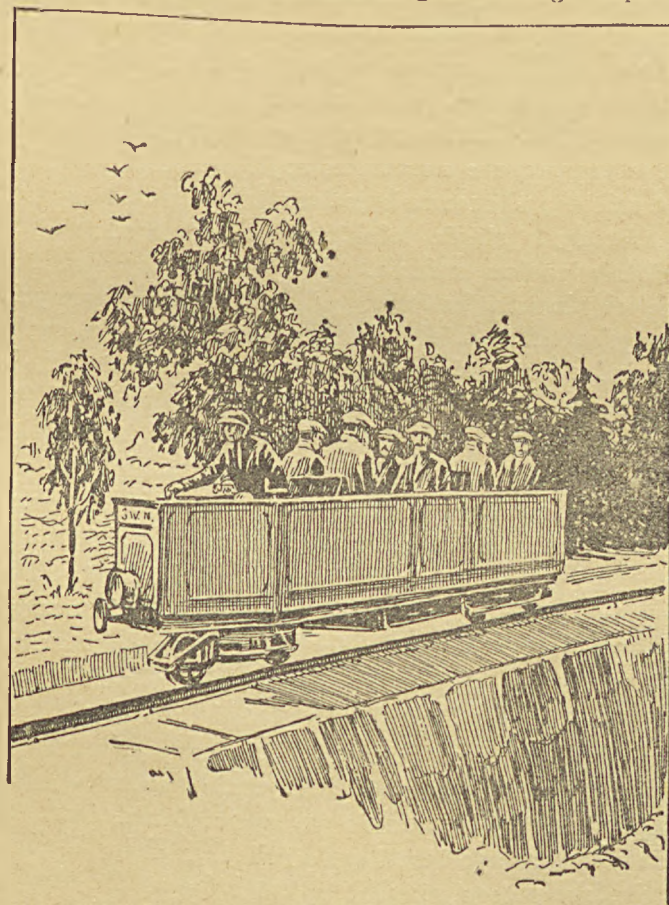
Rozwiązanie takie wygląda prosto w teorii, jednakże jest niezmiernie trudne do wykonania w praktyce. Precesję dodatkową nadaje bąkowi tłok, poruszany zgęszczonym olejem, a istotnie pomysłowe stawidło działa tak, że ta dodatkowa precesja jest ściśle proporcjonalna do każdochwilowej własnej precesji bąka. W wyniku tych udoskonaleń udało się zbudować pojazdy, które biegną po jednej szynie, zachowując najzupełniejszą równowagę.

Niezmiernie ciekawe z wielu względów jest przy tem zachowanie się samego wagonu. Samo przez się rozumie się, że równowaga jego jest najzupełniej niezależna od jego ruchu: zachowuje on ją zarówno będąc nieruchomym, jak i w ruchu. Zdumiewa to niezmiernie ludzi, którzy skłonni byliby przenosić wnioski z doświadczeń z kołem rowerowym na takie wagony. Zapomocą specjalnych przyrządów pomiaro-

wych można jaknajzupełniej stwierdzić w wagonie stojącym bez ruchu ciąglą nieustającą pracę utrzymywania się w równowadze. Wagon nie pozostaje nigdy w absolutnym spokoju, lecz bezustannie waha się w obie strony, choćby tylko na ułamki milimetra, od położenia równowagi. Jeżeli zaś przyciem nagle wskoczy na niego z jednej strony człowiek, wagi choćby 75 kg. i będzie stał obciążając go tak z jednego boku, to bok ten uniesie się niezwłocznie w górę i wagon będzie się przechylał w przeciwną stronę pody, aż razem z człowiekiem stanie zpowrotem w położeniu równowagi. Niemniej godnem uwagi jest zrównoważające działanie baka przy biegu wagonu na zakrętach toru. Wagon na łukach przechyla się zawsze do środka tyle, aż wypadkowa sił — ciężenia i odśrodkowej — będzie przechodziła ściśle przez szynę, i wtedy wagon zachowuje równowagę.

Pierwsze wagony jednoszynowe, jakie pojawiły się w Londynie i w Berlinie, wzbudziły wówczas ogólny podziw. (Rys. 66). Mimo to jednak wynalazek ten nie został dotąd wprowadzony w praktyczne użycie, aczkolwiek do niedawnych czasów przedstawiał on jedyny środek, dający możność prowadzenia pojazdów kolejowych z szybkością 200 lub nawet więcej kilometrów na godzinę. Jak w wielu kierunkach — i tutaj również przeszkodziła wojna światowa. Jest jednak rzeczą całkiem prawdopodobną, że ludzie powrócą do tego sposobu zapewniania równowagi zapomocą baków, skoro tylko zagadnienie istotnie szybkich kolei stanie się prawdziwie palącym.

Te doświadczenia jednak z kolejami jednoszynowymi dały technice sposobność gruntownego zapo-



Rys. 66. Wagon jednoszynowy w biegu.

znania się z zagadnieniem szybkowirujących baków. Obydwa baki w dotychczasowych wagonach jedno-



szynowych wykonywają 8000 obrotów w ciągu minuty i mając średnicę  $\frac{1}{2}$  metra, rozwijają szybkość obwodową 200 metrów na sekundę. Napęd swój biorą od silników elektrycznych o prądzie stałym tym sposobem, że twornik silnika umocowany jest silnie na osi bąka. Konieczne więc wobec tego były silniki elektryczne o normalnej szybkości 8000 obrotów na minutę; zbudowanie jednak takich silników przy ówczesnym stanie elektrotechniki przedstawiało istotnie trudne zadanie. Dalej — oś bąka obraca się obydwoma końcami w łożyskach kulkowych. Łożyska takie działały z początku należycie, szybko jednak zużycie energii do napędu bąka poczęło silnie wzrastać, liczba zaś obrotów spadła do 5000. Wobec tego trzeba było koniecznie zasklepić każdego bąka oddzielnie wraz z łożyskami jego i silnikiem elektrycznym w pewnego rodzaju skrzynce aluminiowej, z której następnie wypompowywano możliwie całkowicie powietrze. Wyniki takiego ulepszenia potwierdziły jego słusność. Spożycie energii bowiem w takim pomieszczeniu z próżnią spadło aż do 10% poprzedniego, a jednocześnie znikło nagrzewanie się całego bąka, jakie dotąd dawało się niepożądanie zawsze odczuwać. Teraz przy pełnej szybkości wirowania bąków, faktycznie potrzebny był dopływ energii jedynie do przewyciężania niezmiernie nieznacznego tarcia w łożyskach kulkowych. Potwierdzenie tego również widać było po długości t. zw. okresu zaniku ruchu. Po wyłączeniu prądu od silników elektrycznych, bąki wirowały jeszcze przeszło trzy godziny, zanim zatrzymały się całkowicie. Ta okoliczność miała niezmiernie ważne znaczenie

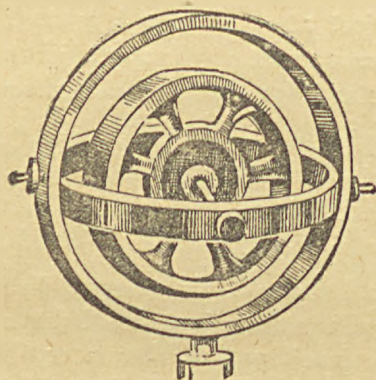
przy używaniu takiej komunikacji jednoszynowej. W praktyce bowiem należy zawsze liczyć się z tem, że dopływ prądu może być z jakiegokolwiek powodu nieprzewidzianie przerwany. Wagon zaś jednoszynowy, który w takim razie natychmiast straciłby równowagę i przewrócił się, byłby już oczywiście nie do użytku. Dzięki jednak wzmiankowanej okoliczności, że wagon zachowuje jeszcze conajmniej godzinę po ustaniu dopływu prądu całą swą siłę ustawiającą, prostującą, jest aż nadto dosyć czasu, aby w takim wypadku przerwania prądu opuścić boczne podpory wagonu i ustawić go mocno i nieruchomo.

Podczas gdy bąki — okrętowy i wagonowy — nie uzyskały dotąd szerszego praktycznego rozpowszechnienia, to technika bąków osiągnęła niezmiernie pomysłne wyniki w innej zupełnie dziedzinie.

Kompas z bąkiem, zwany często giro - kompasem, w którym siła ustawiająca osi bąka zastępuje siłę igły magnesowej w dotychczasowych kompasach magnesowych, nie tylko znalazł szerokie zastosowanie, ale nawet prawie całkowicie wyparł z wielkich okrętów dawny kompas magnesowy. Próby użytkowania siły ustawiającej wolnej osi bąka do kompasu datują się od połowy zeszłego stulecia.

Już sławny fizyk francuski Foucault, któremu zawdzięczamy znane doświadczenie z wahadłem, mające pokazać bezpośrednio obrót ziemi, podał tego rodzaju myśl. Dopiero jednak istotnie poważne prace w tym kierunku były podjęte na przełomie stuleci przez wielu uczonych i doprowadziły w końcu do wynalezienia idealnego giro-kompasu.

Bąk, zawieszony całkowicie swobodnie w t. zw. zawieszeniu Kardana (Rys. 67), ma dążenie, jak to było powiedziane, do utrzymywania w przestrzeni niezmiennego położenia swej osi. Jeżeli więc przy rozpoczęciu doświadczenia nadamy osi takiego bąka pewne określone położenie, to należy spodziewać się, że utrzyma ona je przez dłuższy okres czasu niezmiennym. Ten niezmienniający się kierunek w sto-



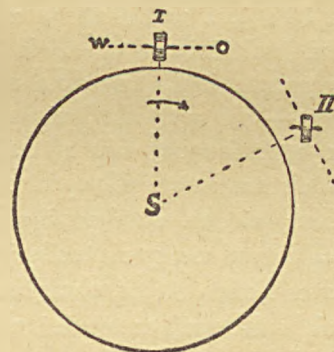
Rys. 67. Bąk w zawieszeniu Kardana.

Bąk posiada wszelką swobodę ruchów. Może on, nie podlegając wpływowi żadnych sił zewnętrznych, utrzymywać swe położenie w przestrzeni. Jest to t. zw. bąk azymutowy.

sunku do przestrzeni nie będzie jednak żadną miarą oznaczał w odniesieniu do ziemi stałego podobnie kierunku na niebie. Biorąc za podstawę astronomiczne pojęcie azymutu jakiegoś punktu na niebie, nazwiemy takiego bąka bąkiem azymutowym.

Rysunek 68 wyobraża ziemię, widzianą od bieguna południowego; czyli, że krąg oznacza równik.

Ziemia obraca się z zachodu na wschód, a więc na tym rysunku — zgodnie z ruchem wskazówek zegara. W położeniu I nasz bąk azymutowy jest ustawiony ściśle w kierunku zachód - wschód. Po pięciu zaledwie godzinach punkt ten równika przejdzie w położenie II, i bąk będzie stał wówczas, mając swój dawny koniec wschodni silnie wzniesiony w górę (przy patrzeniu z równika); po upływie sze-



Rys. 68. Zachowanie się bąka azymutowego na ziemi.

Kula ziemiska jest na rysunku widziana od strony bieguna południowego; bąk znajduje się na równiku.

ściu godzin stanąłby wręcz pionowo, a po 12 jego poprzedni koniec wschodni stałby się zachodnim i t. d.

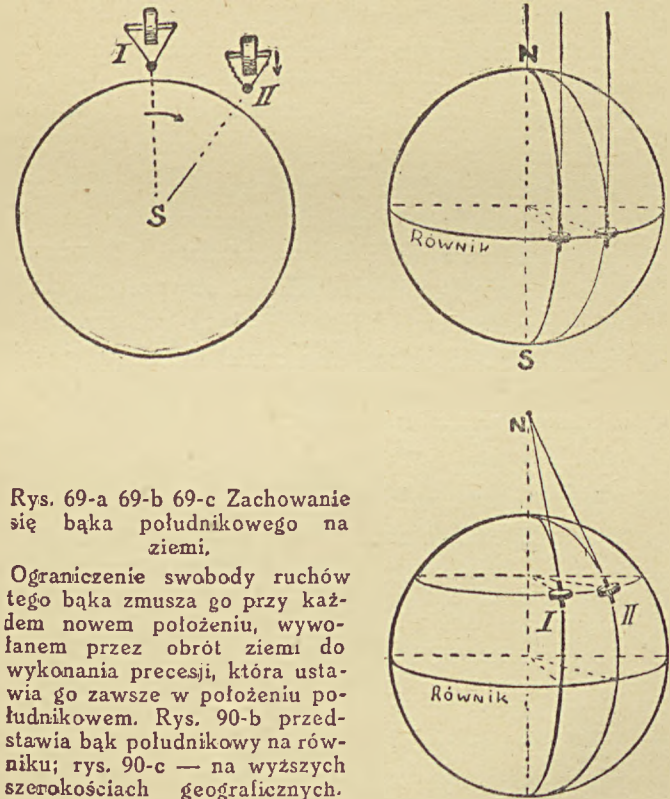
Jak widać z takiego zachowania się bąka azymutowego, nie kwalifikuje się on do zadań kompasu. Nadto dołącza się do tego jeszcze pewna bardzo niebezpieczna okoliczność. Przyjęliśmy, że bąk będzie zachowywał zawsze swój kierunek. Nie możemy je-

dnak nigdy przewidzieć, czy nie okażą się jakieś niedające się skontrolować siły, które z biegiem czasu nie odchyliły go jakimkolwiek sposobem od jego kierunku początkowego. Z tego względu więc bąk azymutowy nie może być uważany za odpowiedni do zastosowania do giro - kompasu. Przekłada się też inną konstrukcją, którą, w odróżnieniu od bąka azymutowego, nazwano bąkiem południkowym.

Na rysunku 69 a jest wyobrażona ziemia, widziana od bieguna południowego. Bąk znajduje się na równiku w położeniu I, przyczem oś jego ma kierunek poziomy — od zachodu ku wschodowi. Tym razem jednak ograniczymy mu nieco swobodę ruchów. Na dwóch sznurach, idących z obu końców jest przywieszony ciężar. Ponieważ całe urządzenie, w stosunku do kierunku siły ciężenia, jest symetryczne, więc obydwie końce osi są obciążone jednakowo. Ciężar nie działa skręcająco na oś, więc nie pobudza bąka do żadnej precesji. Tymczasem jednak ziemia obraca się z zachodu na wschód, wskutek czego bąk przejdzie w położenie II. Tutaj siła ciężenia działa niejako tylko na sznur u wschodniego końca osi, sznur zaś u końca zachodniego jest całkowicie odciążony. Wskutek tego na wschodnim końcu osi bąka pojawia się siła działająca w dół, która zgodnie z właściwościami bąka, przedstawionymi na rysunku 56 zmusza go do wykonywania precesji pod prostym kątem, t. j. w danym wypadku — kierowania końca wschodniego swej osi ku północy. Precesja taka następuje natychmiast, gdy bąk opuszcza pozycję I, i skręca go w kierunku północ-południe.

W położeniu, które podaje rysunek 69 b oś bąka

jest równoległa do osi ziemskiej, i koniec północny jej wskazuje na punkt, w którym północny koniec przedłużonej w przestrzeni osi ziemskiej przechodzi przez sklepienie nieba; t. j. wskazuje na gwiazdę Po-



Rys. 69-a 69-b 69-c Zachowanie się bąka południkowego na ziemi.

Ograniczenie swobody ruchów tego bąka zmusza go przy każdym nowym położeniu, wywołanym przez obrót ziemi do wykonania precesji, która ustawia go zawsze w położeniu południkowym. Rys. 90-b przedstawia bąk południkowy na równiku; rys. 90-c — na wyższych szerokościach geograficznych.

łarną. Gdy bąk zajmie takie położenie, to dalsze obracanie się ziemi nie powoduje już więcej żadnego skręcania osi bąka, tak że bąk nie ma powodu do

dalszej precesji i utrzymuje stale niezmiennie już swój kierunek ku gwiazdzie Polarnej.

Do tej pory rozpatrywaliśmy jedynie bąka, umieszczonego na równiku; obraz rzeczy zmienia się jednak nieco, o ile przeniesiemy bąka na inną szerokość geograficzną, jak to wskazuje rysunek 69 c. Tutaj również, początkowo ustawiony w kierunku zachód-schód, bąk zaczyna wykonywać pod wpływem obracania się ziemi, precesję i po jakimś czasie — zgodnie ze swą nazwą bąka południkowego — zajmuje położenie takie, jakie wskazuje właśnie pozycja I. Oś jego będzie również poziomą, w stosunku do powierzchni ziemi i będzie leżała w płaszczyźnie południka; nie będzie jednak już równoległą do osi ziemi: przedłużenia obydwóch tych osi przetną się w punkcie N. W miarę obracania się ziemi, pozycja bąka I przejdzie w pozycję II. Dotychczasowy jednak stały kierunek południkowy nie będzie — w przeciwieństwie do zjawiska na równiku, jak to przedstawia rysunek 69 b — nadal równoległym do poprzedniego. Bąk nie będzie już wskazywał ku północy, jeżeli zmieniony kierunek siły ciężenia — podobnie jak w poprzednio rozpatrywanych wypadkach — tutaj nie wywoła precesji bąka takiej, że koniec północny jego osi zwróci się wlewo w zmienionym nieco teraz kierunku — ku północy. To wszystko więc wskazuje, że bąk południkowy całkowicie samoczynnie ustawia się w opisany sposób, z jakiegokolwiek położenia początkowego, w kierunku północ-południe i utrzymuje ten kierunek silnie swą siłą ustawiającą, korygując również automatycznie wszelkie odchylenia od niego. I zachowuje się w ten sam sposób zarówno na równiku jak i na wyższych szerokościach geograficznych (rys. 69 c).

155

Czy jednak będzie to tak samo w każdym punkcie ziemi? Aby przekonać się o tem, umieścimy naszego bąka południkowego na biegunie północnym. Biegun północny, jak wiadomo, jest nie pod jednym tylko względem miejscem bardzo podejrzanem. Niema tam nigdy żadnego określonego czasu, żadnej określonej daty, i jest jeden tylko kierunek na niebie — południkowy: w którąkolwiek stronę udalibyśmy się z bieguna północnego — zawsze pójdziemy ku południowi. Zupełnie też słusznem wydaje się przypuszczenie, że i bąk południkowy również może w takim miejscu wpaść w kłopot.

Zawiesiliśmy go tam w ten sposób, że oś jego była pozioma.

Zgodnie z tem cośmy tylko co powiedzieli — niema możliwości określenia wogóle kierunku osi, jaki w płaszczyźnie poziomej zajmuje ona przy rozpoczęciu doświadczenia; określenie jednak takie, jak to się zaraz okaże, niema w istocie żadnego znaczenia. Okazuje się bowiem, że na biegunie siła ciężenia, której kierunek zlewa się z kierunkiem osi ziemskiej, utrzymuje go w przestrzeni niezmiennie. Wskutek tego przywieszony do końców osi bąka ciężar obciąża je jednakowo stale. Stąd dalej wynika, że bąk południkowy na biegunie nie ma żadnych powodów do wykonywania precesji, natomiast zachowuje się zupełnie tak samo jak bąk azymutowy. Wszystko to co mówimy o biegunie północnym odnosi się, oczywiście, również i do bieguna południowego. Sprawdza-

nia drogą obliczeń stwierdzają, że te zmiany w zachowaniu się bąka nie pojawiają się nagle, w chwili osiągnięcia punktu bieguna, lecz że ta siła bąka, wskazująca północ, zanika ustawicznie stopniowo w miarę oddalania się od równika, gdzie jest ona największa, ku biegunowi. W naszych szerokościach geograficznych siła ustawiająca giro-kompasu jest okrągło dziesięć razy większa od siły zwykłego kompasu magnesowego i do, mniej więcej, 78-go stopnia szerokości geograficznej wystarcza aż nadto, aby czynić giro-kompas nadającym się do użytku narzędziem nawigacyjnym. Uchylenie się jego niejako od działania na szerokościach wyższych nie stanowi jeszcze tak poważnego braku; ponieważ: pierwsze — wogóle żegluga w tych krainach arktycznych nie jest zbyt brana pod uwagę, a po drugie — na tych szerokościach myliłby się również i kompas magnesowy. Wyprawy zaś, badające i przeszukujące te pustynie, muszą starać się o posiadanie środków określania kierunków na niebie zapomocą obserwacji astronomicznych. Że zaś wreszcie w najbliższym sąsiedztwie bieguna zawodzą nawet tak nieomyłne obserwacje jak astronomiczne, to dowodzi, że żegluga tam jest sprawą więcej niż ciężką. Narazie jednak niema to jeszcze zbyt wielkiego praktycznego znaczenia. Będzie miało je wówczas dopiero, gdy zostanie zaprowadzona regularna komunikacja lotnicza między częściami świata, i pewne linje lotnicze będą przechodziły właśnie nad biegunem. Wówczas jednak być może, pomimo swych licznych braków, bąk azymutowy stanie się jedynym pomocniczym środkiem dla żeglugi powietrznej, pozwalającym z mi-

nimalną bodaj pewnością przebywać drogę nad niebezpiecznymi krainami poza 20 równoleżnikiem.

Po tem wszystkim, cośmy powiedzieli o bąku azymutowym i południkowym, będzie zrozumiałe porównanie, które może wyjaśnić właśnie omawiane wyżej zjawiska. Gdyby postawiono komu zadanie, aby skonstruował przyrząd, któryby mógł utrzymywać stale nadany mu kierunek ruchu, to mógłby wypełnić je w ten sposób: wziąć matematycznie okrągłą i zrównoważoną kulę i puścić ją w ruch toczący się po gładkiej i ściśle poziomej płaszczyźnie. Teoretycznie — kula taka, którą nazwiemy azymutową, powinna nadany jej przez popchnięcie początkowy kierunek zachowywać do nieskończoności. Oczywiście jednak może się zdarzyć, że jakikolwiek przypadek, choćby mucha znajdująca się na drodze kuli lub coś podobnego, spowoduje odchylenie się jej od początkowego kierunku. Wówczas pocznie ona toczyć się w tym samym kierunku dopóty, dopóki nowy przypadek nie nada jej innego kierunku. Żadne jednak te zmiany kierunków nie dadzą się skontrolować. Będziemy mniemali, że wszystko jest w jaknajlepszym porządku, a tymczasem w rzeczywistości kula azymutowa podlega silnym odchyleniom i toczy się w innym niewłaściwym kierunku; i właśnie ten błąd nasz pochodzi głównie ze wzmiarkowanej niemożności kontroli.

Co innego zupełnie jest z kulą południkową. Tutaj konstruktor nie może poprzestać na samem dążeniu kuli do zachowania swego kierunku, lecz musi nadto na płaszczyźnie, po której ta kula ma się toczyć, wyźłobić, w kierunku biegu kuli, coś w ro-

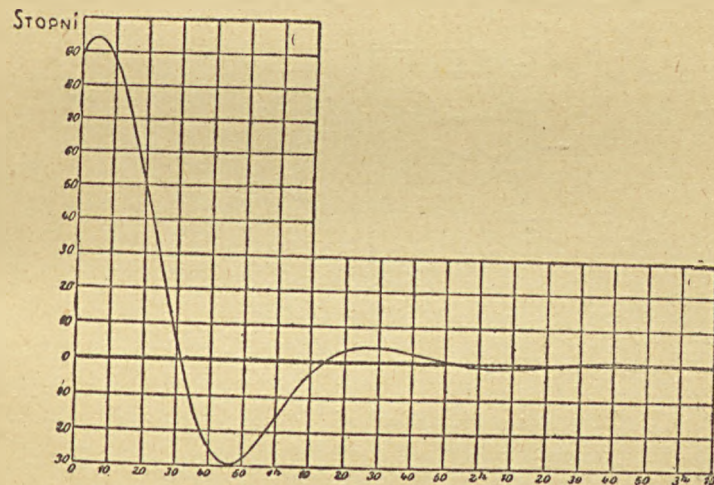
dzaju płytkiej rynienki i dopiero w tej rynience puścić popchnięciem kulę w ruch. Dopóki kula będzie zachowywała nadany jej przez pchnięcie kierunek, to będzie toczyła się naprzód bez żadnych wahań. Z chwilą jednak, gdy odchyli się od tego kierunku, woczy się natychmiast na pochyłość boku rynienki, poczem zostanie stamtąd ściągnięta automatycznie przez siłę ciężenia. Jeżeli dalej podobnie woczy się na taką samą przeciwną pochyłość, to znów tak samo stoczy się zpowrotem; i tym sposobem będzie wykonywała wahań w obie strony; coraz jednak mniejsze, aż wkońcu pójdzie znów prosto w rynience.

To jest właśnie zasadnicza różnica między kulą azymutową a południkową: przy pierwszej nie wiadomo, jakie zjawiska zachodzą; przy drugiej zaś: albo zauważa się nieznaczne wahań w obie strony i dzięki temu wie się, że kula w ten właśnie sposób dostraja się niejako do pierwotnie nadanego jej kierunku; albo też — o ile toczy się prosto bez wahań — to wiadomo z całą pewnością, że posuwa się ściśle w nadanym jej właściwym kierunku.

W dokładnie podobny sposób waha się bąk południkowy, wchodząc we właściwy swój kierunek — północ-południe. Gdy wreszcie po różnych położeniach swych osiągnie go, to jeszcze w dalszym ciągu wykonywa niewielkie wahań tam i napowrót i t. d. Te nieznaczne wahań mogą jednak trwać bardzo długo; to też zostało skonstruowane specjalne urządzenie, które tak tłumii je, że bąk już w krótkim czasie ustawia się spokojnie w swej właściwej pozycji.

Rysunek 70 przedstawia właśnie wykres takiej

krzywej tłumianych wahań. Bąk był puszczone w ruch w kierunku wschód - zachód, t. j. z odchyleniem od właściwego kierunku o 90 stopni. Po upływie 30 minut osiągnął położenie północ - południe (0 stopni), poczem przekroczył je, odchylając się o 30 stopni ku zachodowi, i znów powrócił do stopnia 0. Na wykresie tym widać jak w krótkim czasie

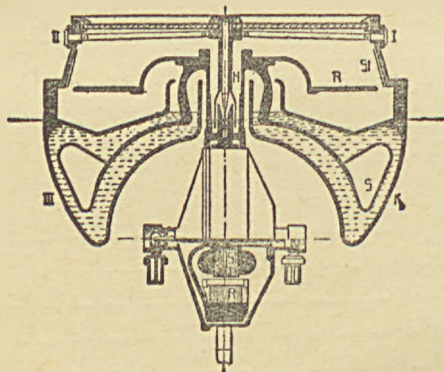


Rys. 70. Krzywa tłumienia wahań przez pojedynczy kompas bąkowy Anschütza.

Na linii pionowej są podane w stopniach katowych odchylenia od kierunku północnego. Bąk był puszczone w ruch przy odchyleniu 90°, t. j. przy kierunku wschód — zachód. Na linii poziomej wyznaczone są 30-to minutowe okresy czasu. Po upływie 30 minut od rozpoczęcia ruchu bąka, krzywa przecina linię zerową, i bąk ustawił się w kierunku północnym. W ciągu następnych 15 minut odchylił się w przeciwną stronę o 30° i w ciągu dalszych 30 minut powrócił do pierwotnego położenia północ — południe. W dwie godziny po rozpoczęciu ruchu, znów miał kierunek ku północy i potem utrzymał go już z dużą dokładnością.

te jego wahania stały się prawie niezauważalne. Na linii pionowej wykresu są oznaczone stopnie kąta, a na poziomej dziesięciominutowe odstępy czasu.

Dodatkowe obciążenie bąka, takie jak wskazuje schematyczny rysunek 69 a, w praktyce skutecznia się bardzo prosto. Mianowicie w ten sposób, że wirujący bąk zawieszają się cokolwiek — wystarczy jakies parę milimetrów wyżej ponad punktem jego



Rys. 71. Przekrój jednobąkowego kompasu Anschütza.

Z pływakiem S jest złączony wirujący bąk K (w dole) oraz róża stron świata R (w górze).

ciężkości. W pierwszych takich przyrządach zawieszano bąka na mocnym drucie, takim jakiego używa się na struny fortepianowe. Rychło jednak zmieniono zawieszenie na inny sposób; mianowicie na urządzenie takie, że cały aparat kompasu pływa swobodnie w jakiejś cieczy; podobnie jak to oddawna jest stosowane przy magnetycznych kompasach okrętowych zwanych Fluid-

kompasami. W ten bowiem sposób jedynie unika się całkowicie nieuniknionego w „suchych” kompasach tarcia w łożyskach, które powoduje błędy we wskazaniach kompasu. Samo przez się rozumie, że następnie cała konstrukcja kompasu włącznie z cieczą i naczyniem zawierającym ciecz i pływak, musi być zawieszona w t. zw. zawieszeniu Kardana, aby zabezpieczyć całe urządzenie od wszelkich wpływów, pochodzących od ruchów okrętu.

Po tych wstępnych uwagach będzie już zrozumiałe bez żadnych dodatkowych wyjaśnień przekrój giro - kompasu, pokazany na rysunku 71; K jest to zbiornik w rodzaju kotła, w którym właśnie znajduje się cały kompas, napełniony w dolnej swej części rtęcią; w rtęci pływa pływak, mający kształt pierścienia — S. Od pływaka podnosi się ku górze rodzaj kołpaka czy dzwonu z blachy, obejmujący środkową oś pionową, a od niego odchodzi wdół t. zw. rura dźwigająca, która podtrzymuje wirującego bąka w pomieszczeniu w rodzaju skrzynki. Cała ta część pływająca kompasu ma u góry umocowaną różę kompasową R tarczę okrągłą z oznaczeniami na niej stronami świata; kierunek okrętu określa się według tego, jakim punktem róża kompasu stoi naprzeciw kreski St, wyłobionej w ścianie kotła kompasu. Właściwy bąk R ma średnicę 150 mm. i wiruje z szybkością 20 000 obrotów na minutę; co daje prędkość obwodową 155 m. na sekundę.

Anschütz utrzymywał, że nie należy tworzyć w pomieszczeniach kompasu próżni, ponieważ użytkowywał on poruszane w niej powietrze do pewnych funkcji regulujących bieg bąka. Silnik bąka

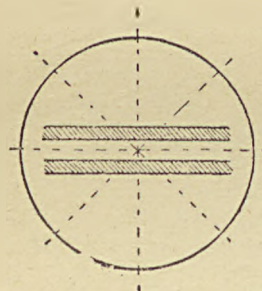
w tych warunkach zużywa  $\frac{1}{4}$  siły t. zw. konia mechanicznego, z czego 95% idzie na przewyciężenie tarcia o powietrze.

Giro-kompas, czyli kompas bąkowy, w opisanej wyżej postaci, okazał się odrazu przyrządem nawigacyjnym pracującym w wymiennie i przewyższającym o wiele kompas magnesowy. W pierwszym rzędzie całkowicie niemożliwe jest sterowanie zapomocą kompasu magnesowego łodziami podwodnymi, w których kompas znajduje się w przestrzeni otoczonej ze wszystkich stron z konieczności żelaznymi ścianami. Podobnie na okrętach wojennych kompas magnesowy, pod wpływem najróżnorodniejszych nie dających się kontrolować przyczyn, jak choćby np. obracania się wieży pancernej lub wypuszczania stalowych pocisków, daje tak błędne nieraz wskazania, że kierowanie się nim jest wprost całkowicie niemożliwe. Nic dziwnego też, że giro-kompas niezwłocznie po swem ukazaniu się został wprowadzony w marynarce wojennej na całym świecie. Podobnie również i na żelaznych okrętach handlowych wykazuje giro-kompas przewagę swą nad kompasem magnesowym; tak że i w marynarce handlowej oczywiście wypiera powoli kompasy dawniejsze.

Giro-kompas, w omawianej postaci, jest jednak wrażliwy na silne kołysanie się okrętu oraz rytmiczne wstrząsy kadłuba okrętu wywołane przez bieg maszyn.

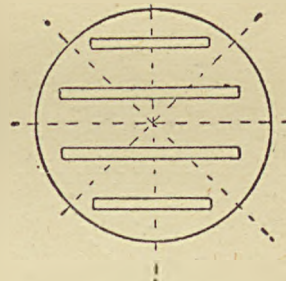
Coś podobnego zauważono już w połowie zeszłego stulecia przy kompasach magnesowych, w których magnesy prętowe były umocowane przy róży kompa-

sowej w sposób, jak wskazuje rysunek 72. Już wówczas fizyk angielski Lord Kelvin wskazał jako zasadę asymetryczne rozłożenie prętów magnesowych i podał układ ich taki (rys. 73), że są one rozłożone nad różą kompasową w ten sposób, że momenty bezwładności ich we wszelkich kierunkach są zawsze równe.



Rys. 72. Dawne urządzenie kompasu magnesowego.

Na róży kompasu znajdują się tylko dwa magnesy. Daje wahania wskazań.



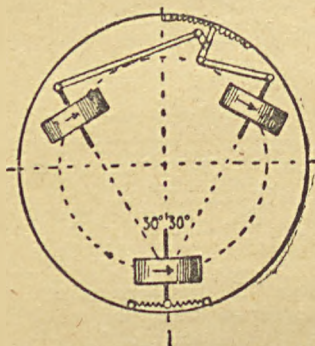
Rys. 73. Nowoczesne urządzenie kompasu magnesowego.

Na róży kompasu jest kilka magnesów. Wahań wskazań niema.

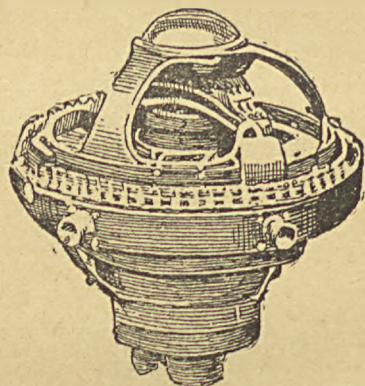
W zupełnie podobny sposób postąpił Anschütz, (Rys. 74), gdy umieścił trzy bąki na jednym urządzeniu pływakowym; i dopiero wówczas kompas bąkowy, teraz — trzy-bąkowy, został istotnie udoskonalony jak można najlepiej; wskazywał zawsze bez omyłki, prawidłowo i nie dawał opóźnień. Przy takiej konstrukcji właściwe zadanie — wskazywania kierunku — wypełnia tylko jeden z trzech bąków; błędne wskazania



dwóch pozostałych znoszą się wzajemnie; oś zaś pierwszego bąka ma zawsze położenie dokładnie ku północy, gdyż wypadkowa siła ustawiająca ma zawsze kierunek północny. Tutaj więc te dwa bąki wytwarzają równowagę całego układu, podobne bardzo do tego, które, jak było wspomniane, proponował Lord Kelvin do kompasu magnesowe-



Rys. 74. Schematyczny widok trzybąkowego kompasu An-schütza.

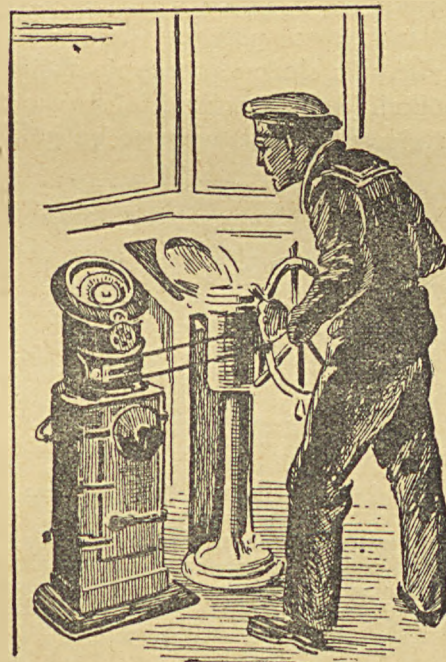


Rys. 75. Wygląd zewnętrzny trzybąkowego kompasu An-schütza.

go. Tak więc oto kompas trzy-bąkowy (rys. 75) jest istotnie idealnym przyrządem dla żeglugi morskiej i powietrznej.

Po przedstawieniu tych różnorodnych zastosowań technicznych bąka należy dla zamknięcia całości powrócić raz jeszcze do zjawisk wywołanych przez ruch wirowy naszej kuli ziemskiej. Rysunek 77 przedstawia roczny bieg ziemi dokoła słońca. Jak wiadomo kula ziemską, której masa wynosi 5 kwadryljonów kilogramów, wirując wykonywa wciągu 24 go-

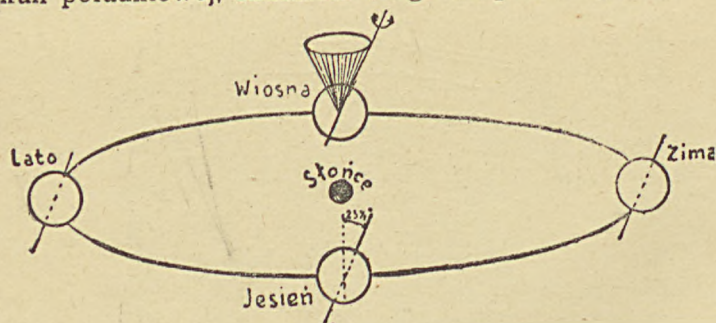
dzin jeden pełny obrót dokoła swej osi, mającej kierunek północ-południe. Przedstawia więc sobą bąka potężnych rozmiarów i odpowiednio wielkiej siły ustawiającej. Przytem oś ziemską jest nachylona do płaszczyzny drogi ziemi okrągło na 23,5 stopnia.



Rys. 76. Kompas bąkowy w budce sternika na okręcie.

W poprzednich częściach tego rozdziału było przyjęte założenie, że bąk, na którego nie działają żadne siły zewnętrzne, ma dążenie do utrzymania bez zmian położenia swej osi w przestrzeni, czyli że za-

chowie się jak bąk azymutowy. Ziemia w zasadzie jest takim właśnie bąkiem. Jak pokazuje rysunek 77 oś ziemi utrzymuje stale niezmienny swój kierunek podczas całego obiegu dokoła słońca, odpowiadającego jednemu rokowi ziemskiemu. Stąd właśnie pochodzą pory roku, jak to łatwo zrozumieć z rysunku 77. W dniu 21-m czerwca północny koniec osi ziemskiej jest pochylony ku słońcu, promienie słońca więc padają na półkuli północnej bardziej stromo niż na półkuli południowej, skutkiem czego na półkuli półno-



Rys. 77. Droga ziemi dokoła słońca, oglądana od kierunku północnego.

Ziemia utrzymuje położenie swe w przestrzeni, podobnie jak bąk. Wskutek wpływu sił zewnętrznych, oś ziemi wykonywa precesję, jak to wskazane jest przy pozycji wiosennej ziemi na rysunku. Całkowite koło precesji zostaje wykonane w ciągu 26000 lat.

nej jest lato. 21-go września warunki na obydwóch półkulach są jednakowe; zachodzi więc t. zw. jesienne porównanie dnia z nocą i panują pory roku przejściowe: na półkuli północnej — jesień, na południowej — wiosna. Dnia 21-go grudnia północny koniec osi ziemskiej jest odchylony od słońca, południowy zaś ku niemu pochylony. Na południowej więc pół-

kuli jest lato a na północnej — zima. Wreszcie 21-go marca warunki na obu półkulach są znów jednakowe, i nadchodzi wiosenne porównanie dnia z nocą.

Powiedzieliśmy wyżej, że bąkiem azymutowym jest taki bąk, na którego nie działają żadne siły zewnętrzne. Wiemy jednak o tem, że na ziemię wywierają działanie rozliczne nawet bardzo potężne siły. Pierwszą z nich jest oczywiście siła przyciągająca słońca, która właśnie zmusza ziemię do wykonywania dokoła niego swej eliptycznej drogi. Następnie istnieje bynajmniej nie mała znacząca siła przyciągania księżyca; i wreszcie działają nieustannie zmienne wciąż siły przyciągania wszystkich planet naszego układu słonecznego. A więc żadną miarą nie można uważać ziemi jako bąka, na którego nie wywierają wpływu siły zewnętrzne wobec czego powstaje pytanie, jakim sposobem może ona zachowywać się jak bąk azymutowy i utrzymywać bez zmiany położenia swej osi? Odpowiedź na to jest taka. Siły zewnętrzne o ile kierunku ich działania przechodzi ściśle przez środek ciężkości bąka, nie mogą wywierać żadnego skręcającego wpływu na jego oś, a więc — pozbawić go charakteru bąka azymutowego. Gdyby ziemia była prawidłową kulą, a masa jej rozłożona równomiernie we wszystkich kierunkach dokoła punktu ciężkości tej kuli, to siły przyciągania innych ciał niebieskich działałyby tak, jak gdyby przechodziły przez ten punkt środkowy kuli i, wobec tego, nie wywoływałyby żadnych zakłóceń.

Jak wiadomo jednak, ziemia nie jest prawidłową kulą, lecz silnie spłaszczoną u obydwóch biegunów.

Dla zrozumienia więc zachodzących zjawisk można przedstawić rzecz w następujący sposób: wyobraźmy sobie, że kula ziemską składa się z dwóch części: kuli prawidłowej i złączonego z nią silnie wzdłuż równika pierścienia z tejże materji. Dopóki siły przyciągania ciał niebieskich działają na samą kulę, to przechodzą one przez jej punkt środkowy i nie mają wpływu na tego bąka ziemskiego. Gdy zaś zaczną działać na równikowy pierścień, to nie będą przechodziły przez punkt ciężkości całego układu i wskutek tego będą starały się wywołać choćby zupełnie nieznaczne zakłócenia, w sensie skręcania w którąkolwiek stronę osi ziemskiej. Na każdą jednak taką zaczepkę bąk odpowiada precesją w ten sposób, że oś jego uchyla się w kierunku pod kątem prostym i, o ile siła skręcająca nie zmienia się skutkiem tego, to końcami swej osi opisuje koła.

To samo właśnie robi ziemia. Rysunek 77 przedstawia drogę ziemi, widzianą od północy. Przy patrzeniu z tej strony — ziemia wiruje w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegara. Natomiast precesja odbywa się w kierunku ruchu tych wskazówek, jak to na rysunku widać w wiosennej pozycji ziemi. Z doświadczeń z giro - kompasem, pokazanych na rysunkach 58 i 59 możemy przyjąć, iż siła skręcająca powodująca precesję działa tak, że stara się oś bąka — gdy kierunek wirowania bąka i ruchu precesji są przeciwne sobie — wprowadzić do punktu środkowego koła precesyjnego. Możemy więc z tego wnioskować, że siły zakłócające, powodujące precesję kuli ziemskiej, działają w ten sposób, iż starają się zmniejszać nachylenie osi ziemskiej

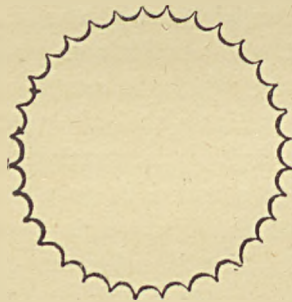
do płaszczyzny jej drogi i doprowadzić ją z wolna do położenia pionowego.

Wiemy wszelako, że takie prostopadłe do płaszczyzny drogi ziemi położenie osi ziemskiej miałyby jaknajbardziej nieprzyjemne następstwa. Znikłyby przedewszystkiem zmiany pór roku: na równiku byłoby stale lato, wieczna zima na biegunach, a w szerokościach pośrednich stale t. zw. przejściowe pory roku — wiosna lub jesień. W naszej strefie moglibyśmy spodziewać się stałej nie zmieniającej się przez cały rok temperatury, która byłaby arytmetyczną przeciętną z temperatury 21-go marca i 21-go września, i wystarczałyby zaledwie do dojrzewania owoców. W najwyższym stopniu więc korzystnem dla ludzkości jest ta właśnie okoliczność, że bąk ziemski opiera się skręcaniu jego osi i woli raczej wykonywać precesję.

Sama precesja odbywa się niesłychanie powoli, co jest dowodem, że te siły zakłócające są, w stosunku do siły ustawiającej kuli ziemskiej, całkowicie nieznaczne. Roczna precesja osi ziemskiej wynosi zaledwie 50 sekund łuku. Dla uzmystowienia sobie tego należy rozdzielić przedstawione na rysunku 77 koło precesji na 360 stopni kątowych i dalej: każdy stopień na 60 minut, a każdą minutę na 60 sekund. Cały krąg więc będzie miał: 360 pomnożone przez 60 i jeszcze raz przez 60, czyli — równo 1296000 sekund łuku, z których zaledwie 50 oś ziemską przebiega w ciągu jednego roku. Potrzebuje więc ona okrągło 26000 lat, aby wykonać pełną zamkniętą precesję.

Nazewnątrz musi się ten ruch precesyjny ujawniać

przez naturalnie niezmiernie powolne przesuwanie się dat równonocy. Przypuśćmy, że zatrzymamy nasz obecny kalendarz niezmiennym przez tysiąc lat; wtedy data wiosennego i jesiennego porównania dnia z nocą będzie go powoli wyprzedzała. Po upły-



Rys. 78. Prócz ruchu precesyjnego oś ziemi wykonywa nadto małe ruchy wahające, zwane nutacją.

Każda pojedyncza nutacja zostaje wykonana w ciągu 19 lat. By dać porównawczą wielkość precesji i nutacji na tym rysunku, należałoby narysować na obwodzie koła precesji 1370 ząbów — nutacji.

Wielkanoc byłaby świętem jesiennym, a Boże Narodzenie wypadłoby w samą pełnię lata. To jednak są ostatecznie kłopoty, które możemy śmiało pozostawić przyszłemu pokoleniom.

Dla uzupełnienia całości można jeszcze wkońcu nadmienić, że ruchy kuli ziemskiej nie są w rzeczy-

wie około 2200 lat wypadłaby ona na 21 lutego a najdłuższy dzień podobnie nie byłby 21 czerwca, lecz 21 maja. Po 6500 lat różnica między kalendarzem a istotną datą równonocy wyniosłaby pełne trzy miesiące. Mielibyśmy na półkuli północnej daty: najdłuższego dnia — 21 marca, jesiennego porównania dnia z nocą — 21 czerwca, a najkrótszego dnia — 21 września. Po 13000 zaś lat warunki, w stosunku do dzisiejszych, byłyby całkowicie odwrócone: najkrótszy dzień na naszej półkuli wypadłby na 21 czerwca, a najdłuż-

wistości tak proste jak wyobraża je rysunek 77. Do tych sił, które wywołują równomierną precesję, przybywają jeszcze nadto pewne inne, słabe, periodyczne siły, pod których wpływem koniec osi ziemskiej nie opisuje równego gładkiego obwodu koła, lecz linię kołową ząbkowaną, mniej więcej taką, jaką przedstawia rysunek 78. Okres czasu przejścia osi ziemskiej od wierzchołka jednego ząbka do drugiego wynosi okrągło 19 lat. Te drobne zakłócenia wielkiej precesji zasadniczej są przepisywane głównie wpływowi księżyca. Dla odróżnienia ich od ruchów właściwej precesji, zostały nazwane *n u t a c j ą* (od łacińskiego słowa *nutare* — chwiać się, wahać). Podobne ruchy nutacyjne dają się zauważyć na bąkach, nawet na tych co służą jako zabawki; są one w każdym razie jednak zjawiskami drugorzędnymi i nie mają żadnego zastosowania w technice.

## V

OD TELEGRAFJI OBRAZOWEJ  
DO „DALEKOWIDZÓW“

Już w pierwszych latach telegrafji elektrycznej, około połowy ubiegłego stulecia, robione były liczne próby przesyłania za pośrednictwem drutu telegraficznego rycin i t. p. na dalsze odległości. Pragnienia takie zbyt wyprzedzały jednak swą epokę, więc też zostały stopniowo zaniechane.

Historja przesyłania obrazów zapomocą telegrafji, które można nazwać telegrafją obrazową, rozpoczęła się w r. 1877 niezmiernie doniosłemi doświadczeniami, wykonanemi przez francuskiego fizyka Senleca d'Ardres z nadspodziewanemi rezultatami, które w następstwie zużytkował niemiecki profesor Korn do swego wynalazku w tej dziedzinie. Aby jednak móc zrozumieć należycie doniosły ten wynalazek należy przedtem uprzytomnić sobie, co może wogóle przenosić drut telegraficzny.

Drut taki jest niczem innym jak przewodnikiem prądu elektrycznego, t. j. można przez niego przesyłać prąd ze stacji wysyłającej do stacji odbierającej; przytem nadto można zmieniać w momentach szybko następujących po sobie natężenie tego prądu — od zera do żądanej mocy, i zarówno — jego kierunek. To jest jednak wszystko. I właśnie zapomocą takiego tylko prostego środka miałyby być rycina jakaś lub foto-

grafja, ze wszelkiemi swemi subtelnościami, przesyłana ze stacji wysyłającej do odbierającej?

Jeżeli np. nawiniemy jakąś rycinę na wałek i będziemy obracali go, jednocześnie przesuwając powoli i stopniowo w kierunku jego osi, to możemy rozparzeć całą rycinę punkt za punktem. O ile, dalej, nad tym obrazem umocujemy jakiś ostry sztyft, np. choćby zaostrzony ołówek lub coś podobnego, to wówczas każdy punkcik obrazu musi przejść pod tym sztyftem. Gdy zaś prędkość poziomego przesuwania się wałka wybierzemy taką, że za każdym swym pełnym obrotem przesunie się on o  $1/10$  mm naprzód, a użyjemy sztyftu z ostrzem, mającem w przekroju poprzecznym  $1/10$  mm kwadratowego, to, obracając wałek we wskazany sposób, niejako podzielimy całą rycinę na punkty-kwadraciki o powierzchni  $1/10$  mm kwadratowego; na jednym więc milimetrze kwadratowym będzie się mieściło 100 takich punktów.

Weźmiemy teraz zamiast wałka cylinder szklany, oświetlony od wewnątrz, nakleimy na niego nie rycinę, lecz np. taśmę filmową i, obracając jak wyżej cylinder, będziemy rozpatrywali obrazy taśmy przez lupę, również punkt za punktem. Oczywiście nie będziemy widzieli już całości obrazu, natomiast spostrzeżemy, iż poszczególne takie punkty przechodzące pod lupą są jedne jaśniejsze, inne ciemniejsze, w zależności od tego, czy należą do białych czy ciemnych miejsc obrazów.

O ile więc udałoby się te zmieniające się nieustannie jasności punktów „prztelegrafować“ ze stacji wysyłającej do odbierającej, a tam przenieść je ja-

kimś sposobem na taki sam jak nasz i tak samo poruszający się cylinder, to na tamtej stacji odtworzylibyśmy ten sam obraz, który mielibyśmy na stacji wysyłającej, i w ten sposób omawiane zadanie byłoby rozwiązane.

Z tego krótkiego przeglądu widzimy, jakie poszczególne części powinien zawierać aparat do przesyłania obrazów sposobem telegraficznym. Przewszystkiem więc na stacji wysyłającej i odbierającej muszą być dwa jednakowe cylindry szklane, obracające się i przesuwające jaknajdokładniej zgodnie ze sobą, czyli — sięgając do greckiego wyrażenia — poruszające się synchronicznie. Dalej, stacja wysyłająca musi posiadać urządzenie, które zdolne byłoby w prądzie elektrycznym, przebiegającym od niej do stacji odbierającej, wywoływać takie same zmiany jego natężenia, jakie zachodzą w jasności nasuwających się jeden za drugim punktów obrazu. I wreszcie niezbędne jest też na stacji odbierającej urządzenie, mogące rzucać na znajdujący się na tejże stacji cylinder, lecz nie oświetlony, światło zmiennej jasności, odpowiadającej zmianom natężenia prądu nadchodzącego ze stacji wysyłającej.

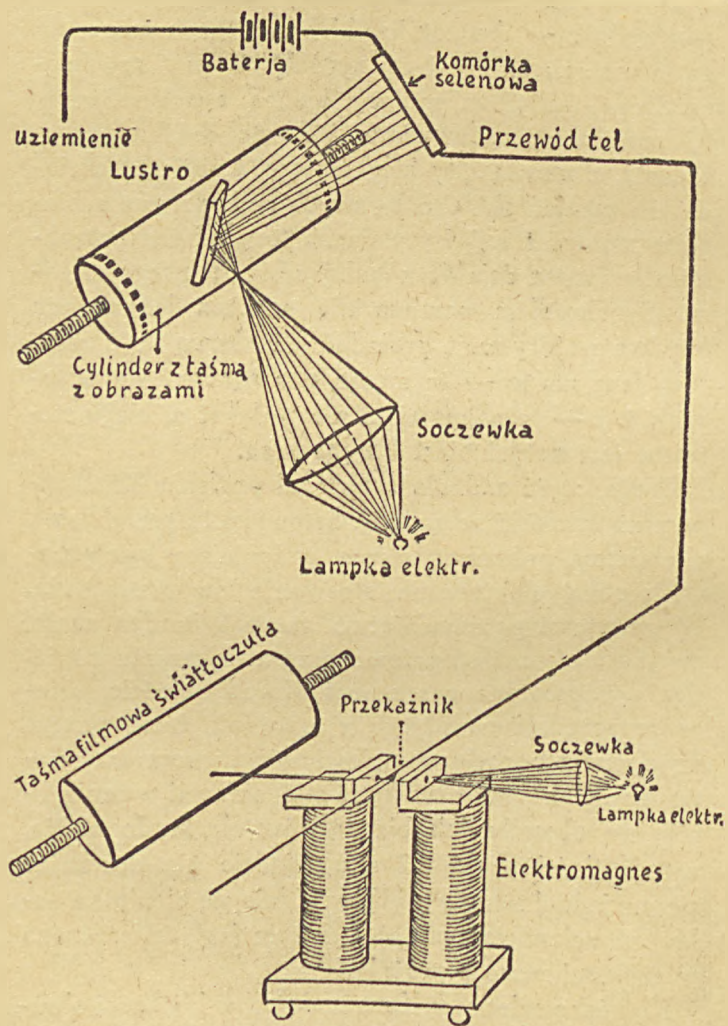
Pierwsza część zadania — sporządzenie dwóch poruszających się synchronicznie na obydwóch stacjach cylindrów, aczkolwiek wiąże się z wielu innymi jeszcze zagadnieniami, jest jednak stosunkowo łatwo wykonalne. Używa się do tego dwóch mechanizmów zegarowych lub elektromotorów, doregulowanych na jednakową ilość obrotów, które puszczą się w ruch jednocześnie w tym samym momencie.

Następnie motor stacji nadawczej wysyła przez

przewodnik — drut, w krótkich odstępach czasu, do motoru stacji odbierającej sygnały t. zw. regulujące. Dopóki obydwie motory biegną synchronicznie, to prąd ten nie wywiera żadnego działania; natomiast, z chwilą gdy bieg motoru stacji odbierającej nie zgadza się, choćby na ułamek obrotu, z biegiem motoru stacji wysyłającej, to prąd ten natychmiast poczyna działać, regulując bieg tamtego motoru. Synchronizm bowiem nie oznacza jedynie, że obydwie motory mają posiadać jednakową ilość obrotów, lecz nadto — że muszą one zgadzać się w fazach, t. j. — że najmniejsza niezgodność w biegu motorów jest natychmiast korygowana.

Drugą część zadania rozwiązał profesor Korn za pomocą komórki selenowej. Selen jest to pierwiastek chemiczny, pokrewny siarce, zmieniający swe przewodnictwo elektryczne stosownie do oświetlenia. W ciemności przewodnictwo to jest bardzo małe, zwiększa się zaś stopniowo przy zwiększaniu oświetlenia. Stosowana przez prof. Korna komórka selenowa przedstawia płytkę z materiału izolacyjnego, mianowicie porcelanową, owiniętą dwoma nieizolowanymi cienkimi drucikami miedzianymi w ten sposób, że obwody ich biegną równolegle do siebie, w odległości około 0,2 mm, nigdzie nie dotykając się; na jednej stronie płytki znajduje się cieniutka nakładka selenowa; całość wreszcie jest umieszczona w szklanej rurce z próżnią.

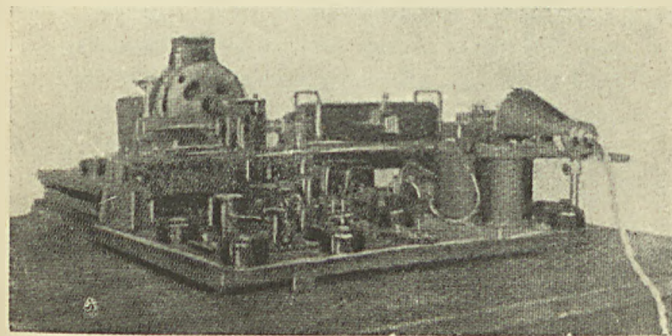
Komórkę selenową Korn umieścił w bliskości obracającego się cylindra szklanego w ten sposób, że nie brała ona żadnego udziału w jego ruchu. (Rys. 80). Zewnątrz cylindra, w zamknięciu nieprzepuszczają-



Rys. 80. Schematyczne przedstawienie aparatury Korna. Wzgórze stacja nadawcza, z cylindrem z obrazami, lampą i komórką selenową. Wdole stacja odbierająca, ze światłoczułą taśmą filmową, lampą i przełącznikiem.



Rys. 79. Fotografia Prof. Dr. A. Korna, przetelegrafowana według jego sposobu z Monachjum do Berlina.



Rys. 84. Fotografia aparatu Korna. Aparat wysyłający i odbiorczy znajdują się obok siebie. Na przodzie na prawo widoczny silny elektromagnes przełącznika, w środku — walce z obrazami, w tyle na lewo motor elektryczny.

cem światła, znajduje się lampka elektryczna, która przez pewien układ soczewek rzuca promienie światła na wzmiankowany cylinder szklany. Światło przechodzi przez jakikolwiek punkt obrazu nawiniętej na ten cylinder taśmy filmowej, przenika do wnętrza cylindra i tam przez lustro lub pryzmat lustrzany zostaje odbite i rzucone na komórkę selenową. Samo przez się rozumie się, że ten promień światła, przy przechodzeniu przez taśmę filmową, podlega większemu lub mniejszemu przyćmieniu, w zależności od tego, czy przechodzi przez ciemniejsze czy jaśniejsze miejsce na taśmie. Wobec tego musi się odpowiednio zmieniać przewodnictwo elektrycznej komórki selenowej i podobnie — natężenie prądu elektrycznego, podawanego dalej poprzez tę komórkę po drucie do stacji odbierającej.

Na stacji odbiorczej również zewnątrz obracającego się cylindra znajduje się lampka elektryczna, w takim samym jak wzmiankowano zamknięciu, która też przez układ soczewek rzuca cienki jak włos promień światła na ten cylinder. Na drodze jednak tego promienia znajduje się przekaźnik elektromagnetyczny, t. zw. galwanometr strunowy, zasilany prądem, przepływającym przez drut telegraficzny. Rysunek 80 podaje szczegóły konstrukcji tego galwanometru. Między biegunami silnego elektromagnesu jest naciągnięty drut, przez który przechodzi prąd elektryczny doprowadzany z linii telegrafu; drut ten odchyła się więcej lub mniej, stosownie do chwilowego natężenia prądu. Na drucie jest umocowana trójkątna, o minimalnej masie, blaszka aluminiowa, która w zależności od większego lub mniejszego odchy-



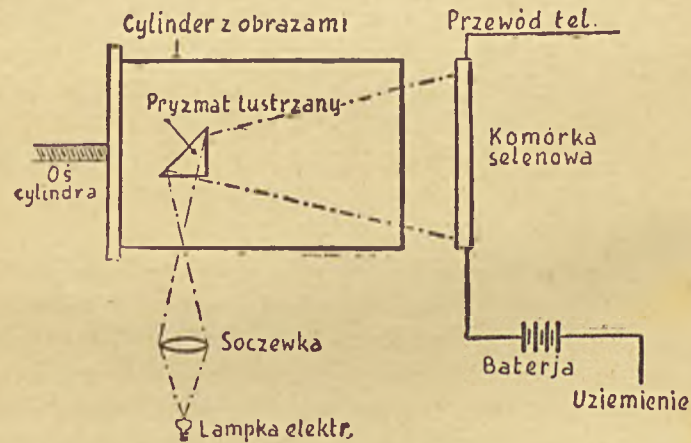


lenia drutu przez przepływający prąd, przysłania więcej lub mniej promień światła.

Promień światła zaś naświetla obracający się cylinder z filmem w ten sposób, że z filmu po wywołaniu go otrzymuje się odrazu pozytyw telegrafowanego obrazu.

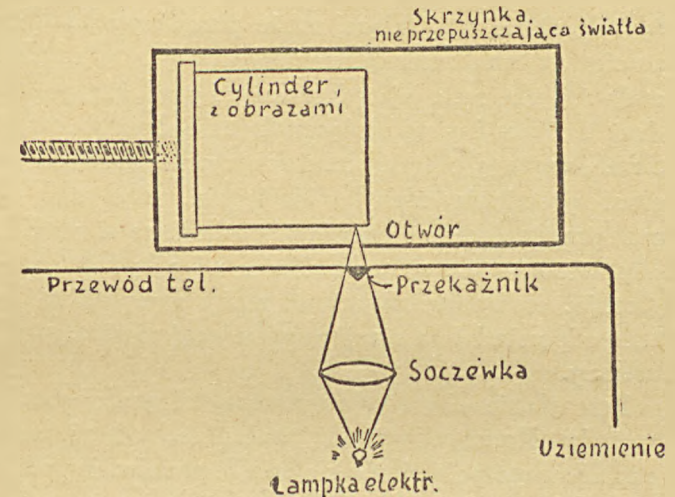
Przejrzyjmy teraz jeszcze raz cały przebieg.

Na stacji wysyłającej (Rys. 81), promień światła



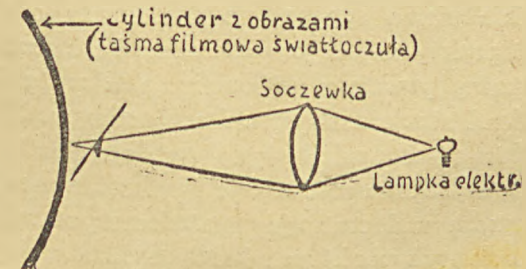
Rys. 81. Schemat aparatu wysyłającego Korna.

ła przechodzi w tej chwili przez jasny punkt obrazu; może więc dojść do komórki selenowej nieprzyćmiony. Opór komórki jest skutkiem tego nieznaczny, i do stacji odbierającej biegnie prąd silny (Rys. 82). Tam odchyła on drut przekaźnika elektromagnetycznego (Rys. 83) w ten sposób, że płytką aluminiową zagradza drogę promieniowi światła. Odpowiadający więc nadaw-



Rys. 82. Schemat aparatu odbierającego Korna.

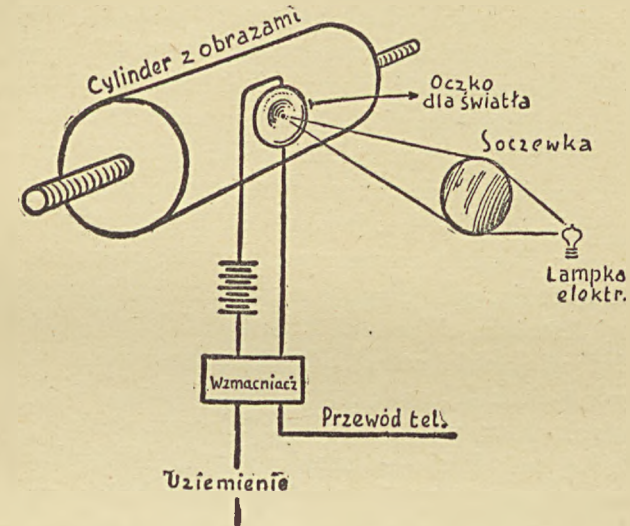
czemu, punkt na filmie stacji odbierającej nie zostaje oświetlony, a więc nie poczernieje; czyli, że istotnie jasnemu punktowi obrazu stacji wysyłającej będzie odpowiadał również jasny na odbierającej. Podobnie może być i odwrotnie: przed promieniem



Rys. 83. Sposób działania przekaźnika.

światła stacji wysyłającej może przejść punkt obrazu ciemny; na komórkę więc selenową wtedy padnie mało światła, opór jej będzie duży, i prąd, idący przez drut do stacji przyjmującej, będzie bardzo słaby. Skutkiem tego płytka aluminiowa prawie że nie zasłoni promienia światła, dosięgnie więc ono filmu przyjmującego prawie nieosłabione i wywoła odpowiednie poczernienie. Znow więc będzie analogicznie: ciemnemu punktowi stacji wysyłającej będzie odpowiadał na stacji przyjmującej również punkt ciemny.

Przesyłanie obrazów zapomocą telegrafu, według metody Korna (Rys. 84) wzbudziło od pierwszej chwili swego pojawienia się wielki podziw, i spodziewano się z tego wynalazku niezmiernie wiele, zwłaszcza w zakresie dostarczania pismom sprawozdań, można wyrazić się—obrazowych. Zapomocą takiego aparatu możnaby np. zdjęcie robione w Paryżu przetelegrafować w ciągu pięciu minut do Berlina. I wtedy, gdy pociąg pośpieszny potrzebuje 20 godzin na przebycie drogi Paryż—Berlin, to jakikolwiek wypadek, który zaszedł w Paryżu, mógłby już po 2—3 godzinach ukazać się w pismach berlińskich. Wielkie pisma europejskie zrozumiały odrazu korzyść praktyczną tego wynalazku, i już przed wojną światową powstały w Londynie, Paryżu, Berlinie i Kolonji stacje nadawcze i odbiorcze według metody Korna i prowadziły żywą wymianę ilustracyj (Rys. 85, 86, 87). Sprawność tego telegrafu obrazowanego jest zwłaszcza widoczna, gdy weźmiemy pod uwagę ilość przesyłanych punktów z każdego obrazu. Poprzednio przyjęliśmy taki podział obrazu na kwadraciki-punk-



Rys. 88. Schemat aparatu wysyłającego Karolusa. Cylinder z obrazami, oczko dla światła i lampka elektryczna.

ty, że każdy milimetr kwadratowy był rozbity na 100 punktów. Profesor Korn nie doszedł nawet do tej granicy. Rozdzielił on każdy milimetr kwadratowy zaledwie na 10 punktów, co całkowicie wystarczało do uzyskiwania najzupełniej zadowalającej ostrości przesyłanych obrazów; w ten sposób więc zdołał przesyłać w ciągu 5 minut, czyli 300 sekund, obrazy wielkości  $9 \times 12$  cm., t. j. 108 centymetrów kwadratowych. Przetelegrafowywał  $108 \times 100 \times 10$ , t. j. 108000 punktów obrazu w ciągu 300 sekund, czyli 360 obrazów na sekundę. Taka sprawność była ogromna, lecz stanowiła ona jednocześnie najwyższą granicę osiągalną zapomocą aparatu Korna.

Nie można było jednak negować faktu, że wszystkie części aparatu Korna posiadały pewną t. zw. w fizyce bezwładność. Naprzykład komórka selenowa na stacji nadawczej reagowała prawie że momentalnie na podrażnienie światłem, lecz potem potrzebny był pewien okres czasu na to, aby po ustaniu podrażnienia świetlnego odzyskała swój poprzedni wysoki opór. Dopiero zapomocą niezwykle pomysłowego urządzenia, polegającego na tem, że bezwładności jednej komórki selenowej przeciwdziałała bezwładność drugiej takiej samej, zdołał profesor Korn przezwyciężyć tak dalece tę przeszkodę, że mógł osiągnąć wzmiankowaną wyżej szybkość telegrafowania.

Nadto zaś dalej — jeden przewód telegraficzny nie wystarcza przy nieograniczenie szybkich zmianach natężenia prądu. Nasze zwykłe druty telefoniczne są dostosowane do przenoszenia zwykłej mowy z około 1000 zmian natężenia prądu na sekundę; co odpowiada około 1000 fal dźwiękowych mowy. Chcąc więc podnieść sprawność aparatu Korna, np. wtrójnasób, trzeba byłoby przedtem zwiększyć zdolność linii telefonicznej. Również wreszcie, szybkość przenośnika elektromagnetycznego jest, przy prędkości przesyłania 360 punktów obrazu na sekundę — prawie że ostateczną granicą jego sprawności. Aczkolwiek bowiem masy dwóch ciał drgających pod wpływem prądu — blaszki aluminiowej oraz drucika — są minimalne, to bądź co bądź istnieją one, i opór ich przeciw nadawanym im ruchom wzrasta w stosunku prostym do kwadratu liczby tych poruszeń.

Chcąc więc posunąć się istotnie dalej poza to, co

osiągnął prof. Korn, należałoby poszczególne części składowe jego aparatu zastąpić innymi, pozbawionymi wzmiankowanej bezwładności. Tym, kto uczynił istotnie taki krok, i z powodzeniem, był fizyk Karolus. Zastąpił on drut telefoniczny przesyłaniem bezdrutowem, komórkę selenową — komórką fotoelektryczną, a przenośnik elektromagnetyczny — komórką elektrostatyczną. Zobaczymy zaraz jakie to ma znaczenie.

W dzisiejszych czasach radja można przypuszczać, że każdemu jest znane zasadniczo urządzenie radjostacji nadawczej. Antena tej stacji wysyła fale elektryczne, które wprawiają antenę stacji odbiorczej w ściśle dostrojone współdrżania. Wywołane w ten sposób drżania elektryczne zostają przedewszystkiem zapomocą wzmacniaczy elektronowych wzmocnione i potem — albo wysłuchiwane przez telefon albo zużytkowane do wprawiania w działanie jakiegokolwiek przenośnika elektrycznego lub innego przyrządu w tym rodzaju. Dla potrzeb radja są obecnie stosowane fale elektryczne długości 80—2000 metrów. Przytem zawsze jest ważne prawo, że liczba otrzymana z pomnożenia długości fali, liczonej w metrach, przez liczbę fal, przypadających na jedną sekundę, jest równa szybkości światła, w metrach na sekundę, jest równa szybkości światła, w metrach na sekundę, t. j. blisko 300 milionów metrów, o ile więc, weźmiemy długość fali 300 metrów, to otrzymamy prawie równo milion fal na sekundę.

Następnie należy jeszcze mieć na uwadze to, że każdy aparat, czy to radjotelefon, przenośnik, czy inny tego rodzaju przyrząd, prawie nigdy nie działa

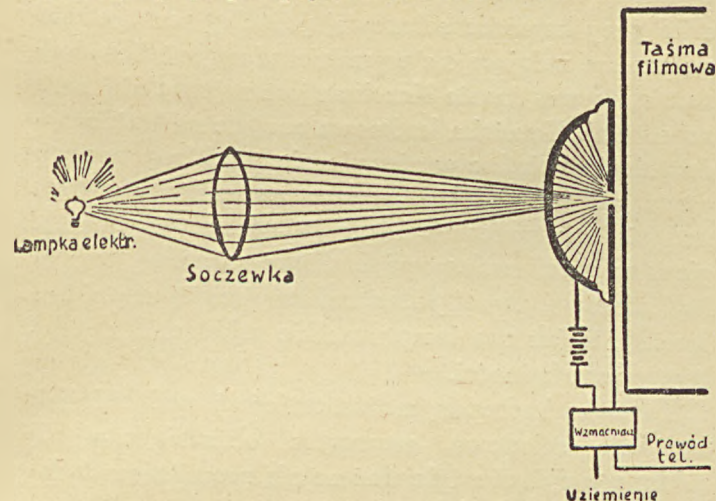
na pojedynczą tylko falę, a przeciwnie niezbędny jest jakby strumień conajmniej dwunastu fal. Przy telegrafii iskrowym, pracującym na fali długości 300 metrów, można przetelegrafować zaledwie około 100000 punktów obrazu. W porównaniu z aparatem Korna stanowi to istotnie wielki skok naprzód.

Jak przekonamy się jednak niżej, nie jest to jeszcze wystarczające dla najostateczniejszych możliwości dzisiejszego rozwoju omawianego zagadnienia. Jednakowoż posunięto się istotnie nieco dalej przez zastosowanie fal krótszych; ponieważ przy tem zwiększa się liczba fal. Np. już przy falach długości 80 metrów można przesyłać 370000 punktów obrazu, czyli że dziesięciokrotnie więcej, niż według sposobu Korna. Jednocześnie zaś oznacza to, że obraz, dla którego przesłania Korn zużywał 5 minut, czyli 300 sekund, przy tym sposobie może być przesłany w ciągu jednej trzeciej części sekundy. Jeżeli więc uda się w przyszłości telegrafować, przy pomocy jeszcze krótszych fal, to oczywiście będzie możliwe przesyłanie obrazów w czasie jeszcze krótszym. Jednakowoż już te dotychczas osiągalne, podane wyżej cyfry dowodzą wyższości przesyłania bezdrutowego nad dawniejszym przy pomocy drutów.

Komórkę selenową stacji nadawczej zastąpił Karolus komórką fotoelektryczną (Rys. 88). Komórka taka przedstawia rurkę lub bańkę szklaną z dwiema wtopionymi metalowymi elektrodami i możliwie zupełną próżnią wewnątrz. Jedna elektroda kończy się wewnątrz rurki szklanej płytką kadmową. Nazewnątrz rurki końce elektrod są połączone z biegunami jakiegokol-

wiek źródła prądu elektrycznego w ten sposób, że elektroda z płytką kadmową — z biegunem ujemnym, druga zaś z dodatnim.

Dopóki komórka fotoelektryczna pozostaje w ciemności, to działa całkowicie tak jak izolator; żaden więc prąd przepływać nie może. Z chwilą



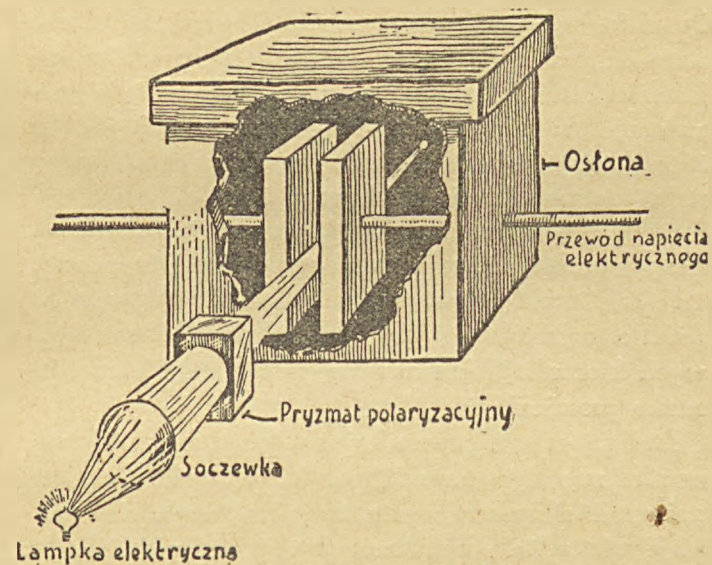
Rys. 89. Szczegóły oczka dla światła aparatu Karolusa. Prztelegrafowany obraz może być nieprzezroczysty.

nak gdy padnie na nią jakiegokolwiek światło, a zwłaszcza fioletowe, to dzieje się to samo co w znanych wzmacniających lampkach radjowych przy rozżarzaniu się drucików. Z płytki kadmowej uwalniają się elektrony, które przedewszystkiem otaczają ją jakby chmurką elektronów, a nazewnątrz ujawniają się jako przestrzeń naładowana elektrycznością ujemną. Pod wpływem jednak wspomnianego wyżej źródła prądu elektrycznego elektrony te prze-

biegają od płytki kadmowej do drugiej elektrody, czyli przez rurkę przepływa prąd elektryczny. Zachodzi więc całkowicie to samo, co przy stosowanej przez Korna komórce selenowej: opór elektryczny tej fotoelektrycznej komórki kadmowej zmniejsza się w miarę wzmacniania oświetlenia jej. Jednakowoż o ile przy komórce selenowej przebieg ten spotyka się zawsze z dającą się wyraźnie odczuwać bezwładnością, to urządzenie Karolusa jest najzupełniej wolne od niej. Komórka kadmowa reaguje na każde podrażnienie świetlne w niezmiernie krótkim przeciągu czasu, ale też podobnie szybko po zniknięciu tego podrażnienia przestaje reagować. Jeżeli więc zastąpimy na stacji nadawczej komórkę selenową komórką kadmową, nawet pozostawiając resztę części bez zmiany, to już usuniemy wszelkie zakłócenia z przyczyny bezwładności.

Komórkę kadmową można umieścić, podobnie jak komórkę selenową, wewnątrz obracającego się szklanego cylindra i działać na nią promieniem światła, który przechodzi przez umocowaną na cylindrze taśmę filmową z obrazami. W praktyce jednak przekłada się takie urządzenie, jakie wskazują rysunki 88, 89; przy niem bowiem nie potrzeba już więcej lub mniej przezroczystych filmów, lecz można używać bezpośrednio czarno - białych rysunków na jakimkolwiek papierze nieprzezroczystym. Jest to możliwe dlatego, że dla fotoelektrycznej komórki wystarczające jest światło odbite od rysunku. Na rysunku 89 widać, że komórka ta ma formę pierścienia, znajduje się natomiast nie wewnątrz, lecz zewnątrz obracającego się cylindra, tuż przy

nim. Na boku komórki zwróconej do cylindra jest umocowana płytka z otworem w środku — metalowa, lecz nie z kadmu; tuż naprzeciwko niej znajduje się płytka kadmowa z podobnym otworem.



Rys. 90. Komórka Karolusa. Elektrody w siarczku węgla, na których pojawia się zmienne natężenie prądu.

Otworek w płytce pierwszej ma wielkość, odpowiadającą akurat punktowi obrazu.

Wychodzące z lampki elektrycznej promienie światła zostają skupione przez wypukłą soczewkę zbierającą, przechodzą przez komórkę fotoelektryczną i padają w postaci punktu na cylinder z obrazem. Stosownie więc do tego, czy przechodzący w danej chwili punkt obrazu jest jaśniejszy czy też ciemniej-

szy, to, albo płytka kadmowa otrzymuje więcej światła, albo też pochłania go więcej powierzchnia obrazu; tym sposobem oświetlenie płytki kadmowej odpowiada ściśle każdorazowej jasności punktu obrazu.

Dalsze zadanie polegało na zastąpieniu przenośnika elektromagnetycznego stacji odbierającej innem urządzeniem — takim, które byłoby wolne od bezwładności. I tu Karolus wpadł na istotnie niezmiernie szczęśliwy pomysł. Dla zrozumienia jednak tego nowego urządzenia musimy rozpatrzyć choćby pokrótce zagadnienie polaryzacji światła.

Światło słoneczne, lub wychodzące z jakiegokolwiek lampy, jest światłem niespolaryzowanym; to znaczy, że cząsteczki eteru, uważane za przenośniki światła wykonywają drgania we wszelkich możliwych kierunkach ale zawsze prostopadłych do kierunku promienia światła.

Istnieją jednak pewne kryształy, np. kryształy minerału zwanego turmalinem, które, aczkolwiek są najzupełniej przezroczyste, to jednak wybitnie zmieniają własności przepuszczanego przez nie światła. Kryształ turmalinu działa na światło tak, jak gdyby był zbudowany podobnie do książki, składającej się z kartek naprzemian—jednych szklanych przezroczystych, innych—nieprzezroczystych. Gdyby taka książka została umieszczona na drodze promienia światła w ten sposób, że kierunek tego promienia byłby taki sam jak płaszczyzn kartek, czyli że promień ten padałby na kant książki, to oczywiście tylko te drgania światła przeszłyby przez książkę, które odbywałyby się w płaszczyźnie kartek książki; wszystkie zaś inne zanikłyby na kartkach nieprzezroczy-

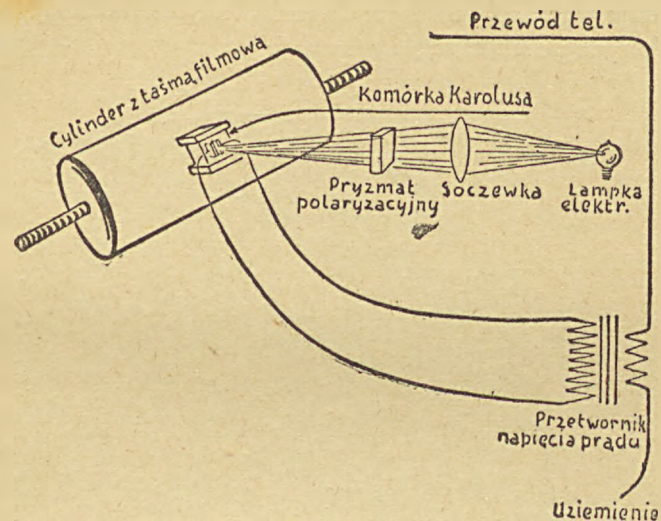
stych. Światło, przechodząc przez postawiony mu chwilowo na drodze kryształ turmalinu, może również wykonywać drgania jedynie tylko w jednej płaszczyźnie; czyli, jak wyraża się fizyka—ulega polaryzacji płaskiej. Zewnętrznie jednak niczem się to nie zaznacza w tem świetle.

Teraz zaś umieścimy na drodze tego spolaryzowanego już światła drugi kryształ turmalinu i obserwujemy co się z niem stanie. Gdy ten drugi kryształ — druga książka — stoi tak, że płaszczyzny jej szklanych kartek mają ten sam kierunek co płaszczyzny pierwszej, to spolaryzowane światło przechodzi bez żadnych zmian, gdyż drgania odbywają się w płaszczyźnie tych szklanych kartek. Jeżeli jednak poczniemy obracać ten drugi kryształ w ten sposób — utrzymując nadal nasze porównanie — że szklane kartki drugiej książki będą tworzyły coraz większy kąt z płaszczyzną kartek pierwszej, to światło przy przechodzeniu przez nie—przez ten drugi kryształ—będzie ulegało coraz silniejszemu przyćmieniu. Gdy zaś wreszcie kartki drugiej książki staną prostopadle do kartek pierwszej, to wówczas nie przejdzie światło wcale, i patrzący od strony drugiego kryształu ujrzy całkowicie ciemną powierzchnię. Te zjawiska polaryzacji są tem więcej zdumiewające, że właśnie kryształ, który wydaje się najzupełniej przezroczysty jak szkło i przepuszcza światło zwykle bez żadnych zaciemnień, jest dla światła spolaryzowanego, zależnie od swego położenia: to całkowicie przezroczysty, to całkowicie nieprzezroczysty.

Umieścimy więc na drodze promienia światła dwa kryształy turmalinowe w ten sposób, że ich płaszczy-

znych polaryzacji będą równoległe do siebie. Promień światła przejdzie przez pierwszy kryształ i zostanie spolaryzowany; podobnie przejdzie on dalej niezaciemniony i przez drugi kryształ, ponieważ płaszczyzna polaryzacji tego drugiego kryształu jest równoległa do płaszczyzny pierwszego. Następnie umieścimy między obydwoma kryształami, na drodze promienia światła, naczynie szklane, napelnione siarczkiem węgla — cieczą przezroczystą jak woda. Zauważymy, że nie ma ona żadnego widocznego wpływu na płaszczyznę polaryzacji przechodzącego promienia. Teraz jednak nakleimy na obydwa boki tego szklanego naczynia arkusiki staniolu i połączymy je z dwoma biegunami jakiegoś źródła prądu elektrycznego, np. używanej dzisiaj ogólnie baterji anodowej. Natychmiast nastąpi skrócenie płaszczyzny polaryzacji światła przechodzącego przez siarczek węgla, i ujawni się to przez pociemnienie pola widzenia za drugim kryształem. Ponadto okazuje się, że zaciemnienie to jest proporcjonalne do napięcia na arkusikach staniolu, oraz że zaciemnienia i rozjaśniania się pola widzenia następują bez żadnego opóźnienia, zgodnie ze zmianami napięcia na arkusikach staniolu.

Opisane wyżej zjawisko było zauważone pierwszy raz przez angielskiego fizyka Johna Kerra i znane jest pod nazwą „zjawiska Kerra”. Niemiecki fizyk Karolus, oparłszy się na niem, zbudował następujący aparat. Wygląd zbudowanej przez Karolusa komórki przedstawia rysunek 90. W naczyniu szklanym są umieszczone naprzeciw siebie dwie, całkowicie izolowane między sobą elektrody w ten sposób, że mię-



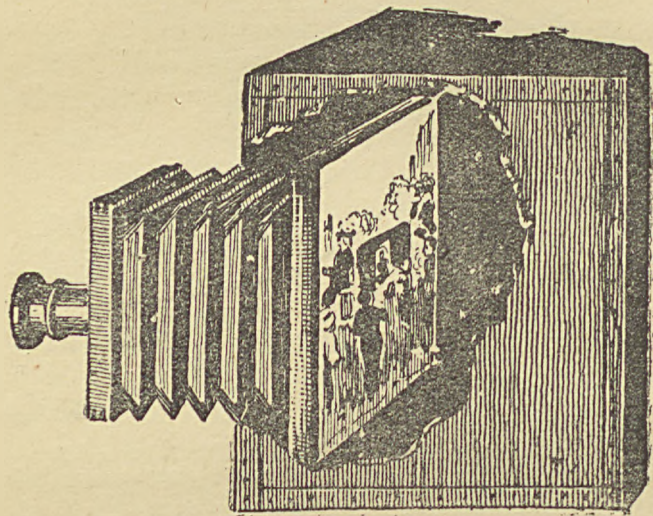
Rys. 91. Aparat przyjmujący Karolusa. Cylinder z taśmą filmową, komórka Karolusa, źródło światła i przetwornik napięcia prądu.

dzy niemi pozostaje wąska szczelina, która jest napelniona siarczkiem węgla.

Wysyłane przez lampkę elektryczną promienie światła przechodzą naprzód przez jeden kryształ turmalinowy, potem przez tę szczelinę i wreszcie przez drugi kryształ; poczem zostają skupione przez soczewkę cylindryczną w jeden punkt i rzucone na światłoczułą taśmę filmową umieszczoną na obracającym się cylindrze stacji odbierającej (Rys. 91).

Jednocześnie na obydwóch metalowych elektrodach wzmiankowanej komórki z siarczkiem węgla pojawia się zmienne napięcie prądu elektrycznego. uzyskiwane zapomocą znanych w radjofonji sposo-

bów wzmacniania i prostowania prądów, z fal wysyłanych przez stację nadawczą.



Rys. 92. Kamera fotograficzna na Telewizorze — „Dalekowiedzu”. Widok zostaje przez Telewizor przyjęty na matówkę punkt za punktem, poczem przekazany stacji przyjmującej.

Wynalazek ten był przez Karolusa później jeszcze więcej udoskonalony i dziś już jest od dłuższego czasu w praktycznym użyciu. Metoda ta pozwala przesyłać nie tylko obrazy, lecz wszelkiego rodzaju dokumenty pisane, o wymiarach  $9 \times 12$  cm., t. j. o powierzchni okrągło jednego decymetra kwadratowego, wciągu czasu, wynoszącego obecnie w praktyce około 15 sekund, który nadto można skracać do 5 a nawet w razie potrzeby do 3 sekund. Wskutek tej właśnie szybkości telegrafja obrazowa, jakby można

ją nazwać, przewyższa niepomierne z punktu widzenia ekonomicznego używany dotychczas w telegrafji iskrowej alfabet Morse'a. Na kawałku papieru, rozmiaru  $9 \times 12$  cm., można napisać o wiele więcej, niż przesłać zapomocą alfabetu Morse'a wciągu pięciu, a nawet piętnastu sekund. Ponieważ zaś koszty przy telegrafji bez drutu są powodowane głównie przez ilość czasu, zużywanego na przekazanie depeszy z jednej stacji do drugiej, więc i w tem również wykazuje się przewaga tych nowych depeszyrękopisów nad dawnym sposobem z alfabetem Morse'a.

Niedawno uczyniono jeszcze dalszy krok; mianowicie — można przysyłać przez ocean nawet depesze-obrazy czeków pieniężnych. Aczkolwiek wobec istniejących praw bankowych, banki odmawiają jeszcze dotąd honorowania takich czeków, to należy jednak spodziewać się, że i w tym kierunku prawodawstwo dostosuje się z biegiem czasu do postępującej wciąż naprzód techniki.

W istniejącej obecnie postaci swej telegrafja obrazowa, czyli przesyłanie obrazów drogą telegraficzną metodą Karolusa jest, okrągło licząc, 100 razy szybsze od dawnej metody Korna. W każdym razie jest to ogromny krok naprzód i, jak to było powiedziane poprzednio, otwierający nowe drogi telegrafji iskrowej. Pozostaje jedynie jeszcze jedno pytanie; mianowicie — czy ten rozwój jest już zakończony, czy też aparat Karolusa może ulec dalszym jeszcze udoskonaleniom?

W rozdziale o kinematografji było wzmiankowane, że oczy ludzkie posiadają własność przetrzy-



mywania, jakiś czas otrzymywanych wrażeń świetlnych. Dzięki tej właściwości oka obrazy następujące po sobie w odstępach czasu wynoszących  $1/10$  sekundy, zlewają się, dla patrzących na nie, w jeden poruszający się obraz.

Przyrząd Karolusa może przekazywać obrazy o powierzchni jednego decymetra kwadratowego wciągu 5 sekund, przyczem każdy poszczególny punkt obrazu zajmuje przestrzeń wynoszącą  $1/25$  milimetra kwadratowego. Gdyby było można powiększyć tę zdolność aparatu pięciokrotnie, to doszlibyśmy do tak oddawna wytrwale zdobywanego celu — przyrządu, który możnaby nazwać elektrycznym „dalekowidzem”. Wówczas na stacji odbierającej nie byłoby już potrzeby rzucania promienia światła, skręcane przez komórkę z siarczkiem węgla, na światłoczuły film, lecz można byłoby puszczać go na zwykły ekran kinowy i widzieć odrazu telegrafowany obraz.

Wybiegając nieco naprzód, należy zaznaczyć, iż Karolus ma nadzieję osiągnięcia jeszcze dalszego poważnego podniesienia sprawności swego przyrządu. Jednakowoż nawet z takim, jak dzisiejszy, można już próbować dalszych kroków. Przedewszystkiem więc można zrobić nieco grubszy podział obrazu na punkty; np. tak, aby każdy punkt obejmował nie  $1/25$  milimetra kwadratowego, lecz cały jeden milimetr. Oczywiście taki obraz nie da tych wszystkich subtelnych szczegółów, jakie były widoczne na dotychczasowych, ale z punktu widzenia całości, okaże się wzamian inna kompensata. Aczkolwiek bowiem, przy tym grubszym podziale na punkty, ilość tych

obrazów-punktów spadnie do  $1/25$  poprzedniej, to z drugiej strony, przekazywanie ich będzie 25 razy szybsze, czyli że nie będzie potrzeba 5 sekund, lecz jedynie  $1/5$  sekundy. Dalej, można nasycić ekran, na który padają obrazy, roztworem pewnych soli wapniowych, dzięki czemu każdy punkt jego będzie świecił się jeszcze  $1/6$  —  $1/10$  sekundy po ustaniu naświetlenia.

Próby takie przeprowadzano w Stanach Zjednoczonych w Ameryce. Procedura cała odbywała się w następujący sposób:

Naprzeciwko obiektywu aparatu fotograficznego ustawiano człowieka, oświetlano go niezmiernie silnie zapomocą łukowych lamp elektrycznych i polecano wykonywać różne ruchy. Aparat fotograficzny oczywiście powtarzał te gesty na swej matowej szybce. Tuż, bezpośrednio zaś za tą szybką znajdowało się urządzenie odbierające, którego pierścieniowa komórka kadmowa, opisana wyżej, niesłuchanie szybko przebiegała swym punkcikiem świetlnym, punkt za punktem, obraz na szybce matowej. Wytwarzane wskutek tego przez komórkę prądy elektryczne były następnie zwykłym sposobem wzmacniane, przetelegrafowywane, i, na odległości 300 — 500 km. od tego miejsca, zużytkowywane do wprawiania w działanie komórki z siarczkiem węgla. Wreszcie wychodzący z tej znów komórki promień światła, drgający synchronicznie z promieniem stacji nadającej, był rzucany na ekran, mający własność krótkotrwałego świecenia po ustaniu naświetlenia.

Wynik tych prób był całkowicie taki, jakiego spo-

dziewano się: na ekranie widziało się twarz stojącej przed aparatem fotograficznym osoby odległej o 500 km.; rysy twarzy były wprawdzie nieco rozlane, ale w każdym razie można było całkowicie dobrze rozróżnić ich grę.

W ten oto sposób stworzono pierwszy, aczkolwiek jeszcze w niedoskonałej postaci, elektryczny „dalekowidz” i rzeczywiście można było widzieć na ekranie sceny, odbywające się przed aparatem fotograficznym, w tym samym momencie — jako istotnie żywe obrazy.

Gdybyśmy, spojrzeli w przyszłość i próbowali przepowiedzieć wszelkie możliwe dalsze udoskonalenia i rozwój, to w każdym razie musimy pamiętać o tem, że wszelkie początki w technice zawsze były bardzo skromne.

O kinematografii przecież zaczęli ludzie myśleć dopiero trzydzieści lat temu, a o telegrafii bez drutu zaledwie przed dwudziestu; i wówczas były to, w najlepszym razie, interesujące doświadczenia fizyczne, o których jedynie słyszało się i rozmawiało. Doświadczenia te jednak, z których jedne często udawały się a inne równie często nie udawały, nie mogły w żadnym razie nawet najśmielszym optymistom obiecywać wartości artystycznej. A dzisiaj świat stoi pod znakiem kinematografu i radja; i obydwa te wynalazki nietylko stały się gałęziami przemysłu, które obejmują cały świat i w których są zaangażowane miliony, lecz wartość artystyczna tego co one dają nie ulega najmniejszej wątpliwości.

Gdybyśmy chcieli przewidywać dalszy ich rozwój, to moglibyśmy próbować przepowiedzieć przyszłość

elektrycznego „dalekowidza”. Mogłaby ona leżeć w dwóch różnych całkowicie dziedzinach. Mianowicie: w zużytkowaniu dla celów wojennych oraz w dziedzinie ogólnej — w podobnej do dzisiejszej radjofonji telegrafji obrazowej, czyli w przesyłaniu obrazów na odległość sposobem telegraficznym.

Mimo wszelkich kongresów rozbrojeniowych i zjazdów pacyfistycznych jesteśmy jeszcze nieskończenie dalecy od zniesienia wojen. Wprost przeciwnie nawet — przyszłe wojny będą coraz bardziej materialne i techniczne. Jednocześnie zaś dążą ludzie od dawnego czasu do zdobycia możliwości wysyłania do walki maszyn wojennych, jak np. samolotów, czołgów, torped, bez załóg — sterowanych jedynie zdaleka zapomocą elektryczności. Już nawet ostatnia wojna światowa przyniosła kilka takich przyrządów. Zawsze jednak w tym zakresie przeszkadza jedna okoliczność, mianowicie, że maszyny podobne bez załogi, pozostawione same sobie, działają na ślepo. Gdy maszyna taka zniknie z widnokręgu człowieka, który gdzieś zdala w jakimś bezpiecznym miejscu kieruje nią, to dalsze użycie jej w zamierzonym celu staje się zwykle niemożliwe.

Od jednego zamachu, można rzec, zmieniłyby się jednak okoliczności, gdyby była możliwość odnalezienia zawsze zpowrotem takiej maszyny, np. samolotu zrzucającego bomby — przy pomocy jakiegoś „dalekowidza”, działającego sprawnie i pewnie. Wówczas oczywiście byłoby to tak, jakgdyby sternik nie siedział gdzieś zdala w schronie, lecz na tej samej maszynie.

Samolot bez załogi musi być zaopatrzony w sześć

całkowicie niezależnych od siebie „dalekowidzów”, patrzących w sześciu różnych kierunkach; mianowicie: w górę, w dół, naprawo, nalewo, wprzód i w tył. Z każdym z tych „dalekowidzów” musiałaby być złączona jednocześnie; spojona silnie z samolotem, komora fotograficzna, na której matówkę padałyby obrazy z obiektywu, oraz — opisane wyżej urządzenie z komórką kadmową i nadawcza stacja radiowa. Dla zadań „dalekowidza” musi więc samolot posiadać sześć stacji nadawczych, pracujących jednak na jednej antenie. I wreszcie konieczna jest na nim jedna stacja odbiorcza z oddzielną anteną do przyjmowania impulsów sterujących i podawania ich dalej do mechanizmu sterującego. Ta sama stacja będzie również przyjmowała we właściwych momentach polecenia zrzucania bomb. W każdym razie taki już obraz wskazuje, że podobny samolot bojowy przyszłych wojen będzie arcydziełem, choćby tylko w jednej dziedzinie radjotechniki.

Zobaczmy teraz, w jaki sposób może działać całe takie urządzenie. W zabezpieczonym od bombardowania schronie, daleko od pola walki, zupełnie ciemnym, siedzi sternik, mający kierować takim samolotem i ma przed sobą na ścianie sześć ekranów filmowych, na które są rzucane te sześć zmieniających się obrazów, jakie przyjmują i nadsyłają nieustannie „dalekowidze” samolotu. Zwłaszcza obraz, podawany przez „dalekowidz” patrzący w dół, ukazuje bez przerwy miejscowość, nad którą przelatuje samolot i pozwala odręcznie na mapie odnaleźć, w jakiej okolicy znajduje się on w danej chwili, i w razie potrzeby zmieniać jego kurs.

Takie manewrowanie samolotem umożliwi mechanizm sterujący, poruszany sposobem bezdrutowym, którego dźwignia znajduje się również przed sternikiem w schronie; działanie tego mechanizmu oparte jest na następującej podstawie. Gdy sternik przesunie dźwignię w prawo, to daje tem automatycznie sygnał-impuls, który skręca boczny ster samolotu, znajdującego się o setki kilometrów, również w prawo i zmusza samolot do zmiany kursu w tę samą stronę.

Podobnie — przesunięcie dźwigni w schronie wlewo skierowuje samolot wlewo. Przez cały ten czas „dalekowidz”, znajdujący się na samolocie, działa oczywiście bez przerwy, sternik zaś w schronie widzi na ekranie, czy samolot wykonywa istotnie nadawane mu ruchy i posuwa się we właściwych kierunkach.

Gdy kierowany w ten sposób samolot znajdzie się w końcu nad właściwym punktem ziemi, np. nad twierdzą nieprzyjacielską, to znów wystarcza przesunięcie innej dźwigni w schronie, aby puścić w działanie aparat na samolocie zrzucający bomby, i bomba zostaje zrzucona na to miejsce. Skutek zaś tej bomby ukazuje znów „dalekowidz” zwrócony ku dół. Gdy zostaną zrzucone wszystkie bomby, to ten sam sternik może w podobny sposób zawrócić samolot, skierować go zpowrotem do przystani samolotów i zmusić do lądowania.

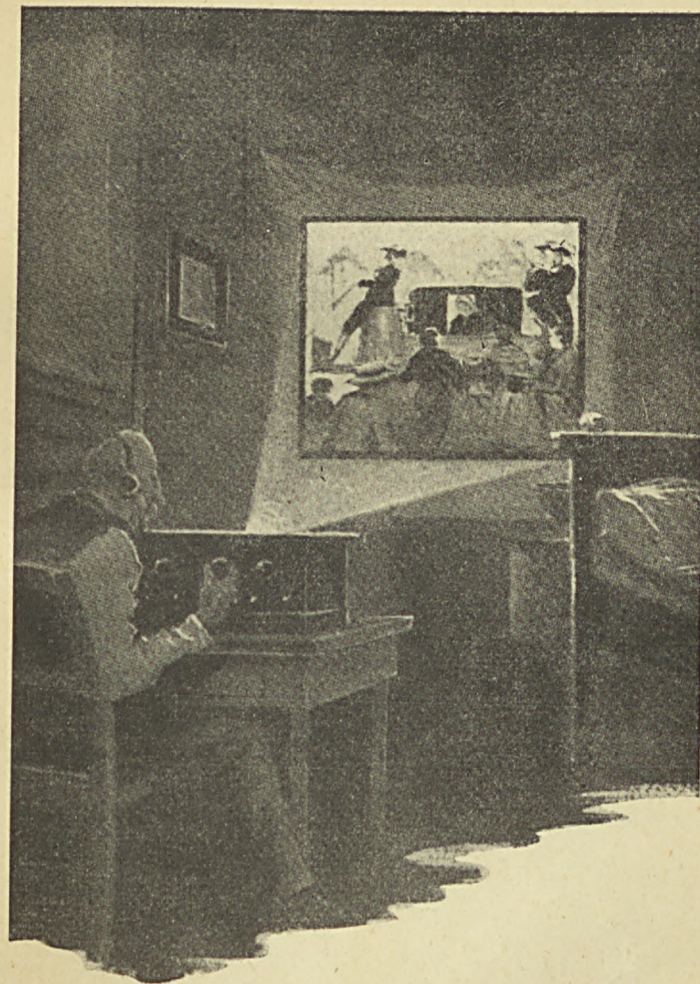
Opisany przebieg byłby taki jednakże tylko w tych razach, gdyby nieprzyjaciel nie bronił się należycie przeciwko takim napadom. W zwykłym wszakże przebiegu walk zostaje wysyłana przeciw zbliżającemu się samolotowi lotnicza eskadra przeciwnika.

z załogami lub bez; wówczas położenie omawianego samolotu staje się krytycznym. Sternik w schronie oczywiście spostrzeżę na ekranie dzięki „dalekowidzom” nadlatujące samoloty nieprzyjacielskie, stara się więc uchylić samolot od starcia, przez np. wznie-sienie go wyżej ponad samoloty przeciwnika.

Możliwe też jest, że w przyszłych wojnach będą zachodziły takie zażarte walki powietrzne między eskadrami samolotów bez załóg, że nie tylko będą zrzucane bomby, lecz walka będzie toczyła się przy pomocy karabinów maszynowych i armat. Tu jednak dochodzimy już do granicy, u której kończy się właściwy sens tej czysto mechanicznej wojny technicznej: sterowany z daleka samolot, z chwilą gdy zrzucił bomby, wypełnił swe zadanie; ponieważ zaś nie ma on na sobie ludzi żyjących może być potem ewentualnie zniszczony.

Przyjemniejsze od tych opisywanych usiłowań, mających na celu niszczenie, będzie oczywiście zastosowanie „dalekowidzów” do t. zw. sprawozdań obrazowych. Mamy już dzisiaj trybem bezdrutowym sprawozdania bezpośrednie np. z torów wyścigowych: słyszymy przez telefon gwar publiczności, okrzyki triumfów lub niezadowolenia, gdy konie przebiegają przed celownikiem, i wreszcie ogłaszanie przez megafon zwycięzców. W ten sam sposób mogą być przesyłane rozprawy sądowe, obchody uroczystościowe i t. p.

W przyszłości zaś nie tylko w ten sposób będą używane mikrofony telegrafii czy telefonji iskrowej. Będą budowane kamery fotograficzne (Rys. 92), łączone z „dalekowidzem” i przytem poruszające się



Rys. 93.

tak, że obiektyw ich będzie postępował za przebiegiem jakichś ważniejszych wydarzeń. Abonent radja będzie posiadał prócz aparatu radjowego jeszcze nadto aparat odbiorczy do „dalekowidza”. W mieszkaniu na ścianie zawiesi biały ekran i, jednocześnie ze słyszeniem przez radjoaparat przebiegu zdarzenia, będzie widział je na ekranie — jakby w swoim własnym kinie (Rys. 93).

Przy takich sprawozdaniach obrazowych abonent będzie miał podawane sobie słuchowo i wzrokowo te wszystkie ciekawe zdarzenia, jakie dzisiaj podają drukiem pisma. W ten sposób będzie on mógł widzieć np. pochody, zawody sportowe i t. p. w tym samym momencie, gdy one się odbywają. Oczywiście jedynie zdarzenia nieprzewidziane, jak np. wypadki nieszczęśliwe i t. p. nie mogłyby być oglądane; ale zresztą oglądanie takich rzeczy nie daje żadnych przyjemnych wzruszeń.

W ostatecznych wynikach, połączenie „dalekowidza” z telegrafją iskrową dochodzi do tego samego, o czym była mowa w jednym z poprzednich rozdziałów; mianowicie — do filmu dźwiękowego. Tu jednak należy podkreślić zasadniczą różnicę. Film dźwiękowy daje nam, w czasie dowolnym i dowolną ilość razy powtarzane wzrokowo i słuchowo, przedstawienie jakiegoś dzieła sztuki, np. dramatu, opery, które zostało specjalnie dla tego celu raz jeden wykonane i sfilmowane. W przeciwieństwie do tego, „dalekowidz” i telegrafja iskrowa, złączone razem, wspólnie podają nam istotne zdarzenia i przytem w tej samej chwili, gdy one zachodzą. Oczywiście — czysto zewnątrznie — jedno i drugie jest w wyniku



jednakowe; być więc może, że obiedwie te dziedziny, znajdujące się dziś jeszcze u samych początków techniki w tym zakresie, w przyszłości połączą się i będą mogły dawać wówczas istotny, najdoskonalszy film dźwiękowy.

## VI

## SZTUCZNA PRZĘDZA

Spojrzymy na pająka, gdy siedzi nieruchomy na brzegu swej siatki, a potem nastraszmy go. Jak strzała spuści się wdół po niteczce i zniknie w kryjówce.

Skądże wzięła się tak nagle ta niteczka, będąca dla niego liną ratunkową? Powstała przecież odrazu, w tej samej chwili, gdy rzucił się do ucieczki.

Mówimy, że pająk uprzął nitkę pajęczyny. Niestety wyrażenie to jest bardzo dalekie od rzeczywistości; powstała ona bowiem w sposób niezmiernie różniący się od powstawania nitek z przędzy.

Pająki posiadają na końcu odwłoka brodawki, przez które z licznych gruczołków wydzielają ciecz — o składzie chemicznym niezmiernie złożonym i zawierającym białko — wydzielinę, którą mogą wypuszczać każdej chwili z siteczkowatych brodawek w postaci cienkich niteczek. Niteczki te, o powierzchni niezmiernie lepkiej, krzepną prawie momentalnie na powietrzu, sklejjąc się w jedną stosunkowo grubą nić, czemu sam pająk pomaga zapomocą ostatniej pary swych nóg zakończonych pazurkami. Nitki pajęczyny również powstają z tej samej białkowej wydzieliny, krzepnącej w jednej chwili po wytryśnięciu z brodawek w mocne gładkie nitki.

Nitki pajęcze są jednolite, nie mają żadnych skrętów dokoła swej osi podłużnej tak jak prawdziwe

nici, skręcane z przędzy na maszynach przędzalniczych, oraz — jak okazuje się pod mikroskopem — nie są zbudowane taksamo jak naturalne włókna wełny lub bawełny — z pojedynczych komórek powstających zwolna stopniowo na drodze wzrostu.

W ten sam sposób jak nici pajęczce, powstają nitki jedwabne, któremi gąsienica jedwabnika owija się, tworząc kokon, na czas przeobrażenia się w motyla. Jak wiadomo, w celu zabicia poczwerek wrzuca się kokony do wrzącej wody, poczem rozmotuje się, z dwunastu lub więcej kokonów razem, cieniutkie niteczki jedwabne. Niteczki te pod działaniem gorącej wody stają się również jak pajęczce lepkie i skleją się razem w jedną grubszą nitkę; następnie te już grubsze nitki zostają skręcane po kilkanaście razem i tworzą wreszcie to, co w życiu codziennym znamy i nazywamy nićmi jedwabnemi.

Teraz powstaje pytanie — czy moglibyśmy sztucznie, w jakikolwiek sposób, naśladować to, co, jak opisano wyżej, przyroda wykonywa w naszych oczach w tak, zdaje się, łatwy sposób? Na to trzeba przede wszystkim powiedzieć zgóry, że naśladowanie całkowite i zupełne jest niemożliwe, ponieważ fibroina jedwabna, t. j. wydzielina, z której gąsienica jedwabnika wytwarza niteczki oprzędu, jest ciałem tak złożonym, że wytworzenie jej sposobem sztucznym jest niewykonalne, przynajmniej jeszcze w ciągu długiego, nie dającego się przewidzieć, czasu.

Natomiast posiadamy materiał nadający się wyśmienicie jako surowiec do wyrabiania najróżnorodniejszych sztucznych jedwabi, a zwłaszcza sztucznych

włókien — mianowicie celulozę, czyli błonnik. Błonnik jest materiałem budowlanym, z którego zbudowane są ścianki większości komórek roślinnych. W prawie całkowicie czystej chemicznie postaci widzimy go w oczyszczonej i wybielonej bawełnie, która też właśnie stanowi surowiec do wyrobu większości rodzajów sztucznego jedwabiu.

Pod względem składu chemicznego jedwab sztuczny różni się zasadniczo od jedwabiu naturalnego; przy wyrobie jednak sztucznego zawsze dąży się i stara naśladować ile można właściwy proces wytwarzania jedwabiu naturalnego przez gąsienice jedwabnika; dlatego też jedwab sztuczny ma taki piękny połysk i jest szeleszczący jak prawdziwy.

Pierwszą czynnością, zawsze, jest przemienienie błonnika, t. j. czystej bawełny, w rodzaj cieczy, która mogłaby być wyciskana przez siteczka o drobnutkich otworkach, dających jaknajcieńsze niteczki, krzepnące niezwłocznie po wyciśnięciu ich. O ile jednak łatwo mówi się to, o tyle trudniej jest wykonać w praktyce. Nie znamy bowiem dotąd jeszcze takiego rozpuszczalnika, który rozpuszczałby błonnik tak, jak np. woda rozpuszcza cukier. Przeciwnie nawet — wszystkie ciała, zapomocą których błonnik daje się wkońcu przemienić w ciecz, wywierają, i przytem bynajmniej nie mało znaczące, działanie, zmieniające jego skład chemiczny. Otrzymujemy więc rodzaj płynnej masy, składającej się z rozpuszczonego w jakimś rozpuszczalniku, chemicznie zmienionego błonnika, która — podobnie do naturalnego przebiegu wytwarzania w przyrodzie — zostaje przetłaczana przez drobnutkie otworki, —

t. zw. dysze i wychodzi w postaci cieniutkich niteczek.

Zasadnicze metody wyrobu jedwabiu sztucznego są dwie: t. zw. sucha i mokra. Przy metodzie suchej masa wytryskuje w powietrze, a rozpuszczalnik zostaje usunięty przez wyparowywanie; przy mokrej — dziś przeważnie stosowanej — wyciśnięte niteczki wprowadzane są do pewnego roztworu, który usuwa rozpuszczalnik, czasami także działając na skład chemiczny samych niteczek.

Wynikiem końcowym w jednej i drugiej metodzie są niteczki, składające się z błonnika, nie czystego jednak, lecz o zmienionym nieco składzie chemicznym.

Dalej znów są również dwa różne zasadnicze przebiegi wyrobu. W pierwszym — niteczki podlegają takiej dalszej przeróbce, że te przemiany chemiczne, które były niezbędne dla osiągnięcia rozpuszczalności błonnika, są przeprowadzane teraz w kierunku odwrotnym. Wynikiem tego jest otrzymywanie jedwabiu sztucznego, składającego się tylko z zupełnie czystego błonnika, czyli że jest on chemicznie identyczny z bawełną, a jednocześnie, dzięki opisanej procedurze, posiada właściwości jedwabiu naturalnego. Przy drugim sposobie — zmieniony skład chemiczny niteczek pozostawia się, tak że nie są już one z czystego błonnika, lecz z różnych związków jego. Według sposobu pierwszego otrzymuje się jedwab Chardonneta, wiskozowy i miedziowy, według drugiego zaś jedwab octanowy i eterowy. Rozpatrzmy teraz wyrób każdego z tych jedwabi.

Gdy mowa jest o jedwabiu sztucznym, to na pier-

wszem miejscu należy wymienić hr. Hilarego de Chardonneta, który już w r. 1884 uzyskał pierwszy patent i wzbudził podziw na wszechświatowej wystawie w Paryżu w 1889 roku swą błyszczącą przędzą. Prawdopodobnie każdemu z czytelników znany jest jasny jak woda, pachnący nieco eterem płyn, zwany kolodjum, który można dostać za parę groszy w składzie aptecznym. Używa się go do smarowania skaleczeń, gdyż tworzy szybko mocną nieprzenikliwą dla powietrza błonkę. Kolodjum to nie jest niczem innym, niż rozpuszczoną w mieszaninie eteru i alkoholu bawełną strzelniczą i w zasadzie jest identyczne z dającą się prząść płynną masą na sztuczny jedwab Chardonneta. Bawełna strzelnicza zaś jest bawełną, t. j. czystym błonkiem, którą przez traktowanie mieszaniną stężonego kwasu azotowego i siarkowego, znitrowano, t. j. na miejsce atomów wodoru w pierwotnym jej składzie chemicznym wprowadzono tyleż grup nitrowych, o składzie chemicznym  $\text{NO}_2$  (N oznacza azot, O — tlen).

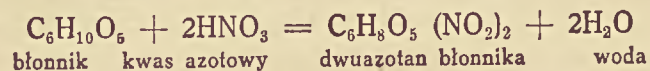
Nazwa „bawełna strzelnicza“ aż nadto mówi sama za siebie; istotnie bowiem ta nitroceluloza jest niebezpiecznym i niezmiernie czułym materiałem wybuchowym. Oczywiście więc jest, że nitki jedwabiu Chardonneta muszą być, po wykonaniu właściwego przędzenia, zdenitryfikowane zpowrotem, t. j. przemienione na nowo w zwykły błonnik; gdyż nawet najpiękniejszy i najwięcej różnokolorowy krawat nie wart byłby nic, gdyby miał z powodu jakiejś przypadkowej iskierki eksplodować.

Wyrób więc według metody Chardonneta rozpo-



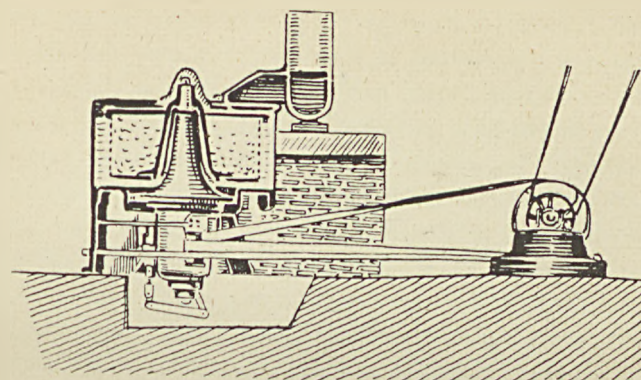
czyna się wytwarzaniem nitrocelulozy. W tym celu bawełnę oczyszczoną jaknajstaranniej zanurza się przy pomocy żelaznych szczypiec w mieszaninie stężonego kwasu azotowego i siarkowego i dokładnie zamoczoną pozostawia pod działaniem tych kwasów najwyżej kwadrans.

Reakcja chemiczna, jaka zachodzi przytem, wyraża się następującym wzorem:

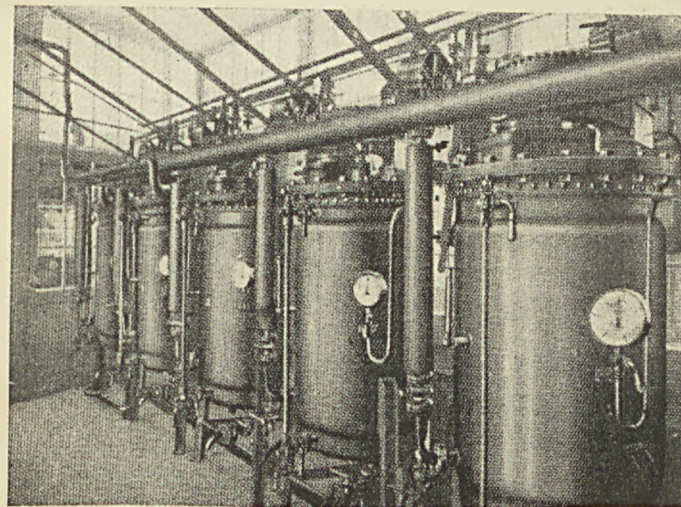


Wzór ten wskazuje, że od błonnika zostały oderwane dwa atomy wodoru, a na ich miejsce weszły dwie grupy nitrowe ( $\text{NO}_2$ ). Powstały przy tem związek nosi nazwę dwuazotanu błonnika — dinitrocelulozy. Nie jest on identyczny z używaną do celów wojennych lub rozsadzania skał bawełną strzelniczą, dla której otrzymania należy jeszcze więcej atomów wodoru zastąpić grupami nitrowymi, lecz jest podobnie zapalny; tak że, jak powiedziano wyżej, niezbędna jest jego denitryfikacja.

Po obrobieniu bawełny kwasami musi ona być na-przód jaknajstaranniej wypłókana, a potem jeszcze przemyta rozcieńczonym roztworem sody, aby usunąć najmniejsze nawet ślady kwasów i w ten sposób uniemożliwić szkodliwe ich działanie. Dla usunięcia wilgoci z bawełny stosuje się — używane również i w wielu innych działach fabrykacji sztucznego jedwabiu — wirówki (Rys. 94). W wyglądzie zewnętrznym tak przygotowanej i wysuszonej bawełny nie można zauważyć prawie żadnych zmian;



Rys. 94. Centryfuga do celulozy. Mokrą celulozę uwalnia się od resztek wilgoci zapomocą wirówki.



Rys. 95. Kadzie, w których płyn do przędzenia filtruje się i następnie dojrzewa.

zwłaszcza budowa nitki i wytrzymałość ich jest taka sama jak przedtem; jedynie w dotknięciu wydaje się ona nieco szorstka i twardsza. Teraz jednak — co właśnie jest najważniejsze — daje się całkowicie rozpuszczać w mieszaninie eteru i alkoholu; włókna i komórki przytem zachowują się przytem zupełnie jak cukier lub sól w wodzie. Powstająca w ten sposób masa jest właśnie tym dającym się w następstwie prąść materiałem na sztuczny jedwab Chardonneta. Przy produkcji fabrycznej rozpuszczanie prowadzi się w wielkich obracających się bębnach stalowych, z mieszadłami, w których znitrowana bawełna zostaje przerabiana z mieszaniną eteru i alkoholu i po upływie 20 godzin jest już całkowicie rozpuszczona. Płynna masa ta jednak zawiera zawsze jeszcze pewne cząsteczki stałe, które łatwo zatykałyby otwórki sitek dysz, przez które masa jest wytłaczana. Dlatego też zostaje ona jeszcze przeciśnięta pod ciśnieniem 100 atmosfer przez niezmiernie subtelny filtr, który zatrzymuje najdrobniejsze ślady zanieczyszczeń. I po tem oczyszczeniu nie jest ona jeszcze podatna do przędzenia, ponieważ zawiera niezliczoną ilość drobniutkich pęcherzyków powietrza, nadających jej z początku wygląd mętny. Pozostawia się więc ją na dłuższy przeciąg czasu w t. zw. kadziach dojrzewających, w których te pęcherzyki powoli wznoszą się w górę, i w końcu ciecz cała staje się przezroczysta jak szkło (Rys. 95). Przyjmuje się przytem nadto, że prócz tego w cieczy tej zachodzą pewne chemiczne przegrupowania; mianowicie polegające na tem, że poszczególne cząsteczki masy, drobne, łączą się razem w cząsteczki większe. Chemiczy

nazywają zjawisko to polimeryzacją — od greckiego — *polys* — wiele i *meros* — cząstka, gdyż wiele małych cząsteczek, łącząc się, tworzy jedną większą. W technologii jedwabiu sztucznego proces ten nazywa się zwykle dojrzewaniem masy, i to właśnie wyrażenie spotkamy również jeszcze dalej przy rozpatrywaniu innych sposobów fabrykacji.

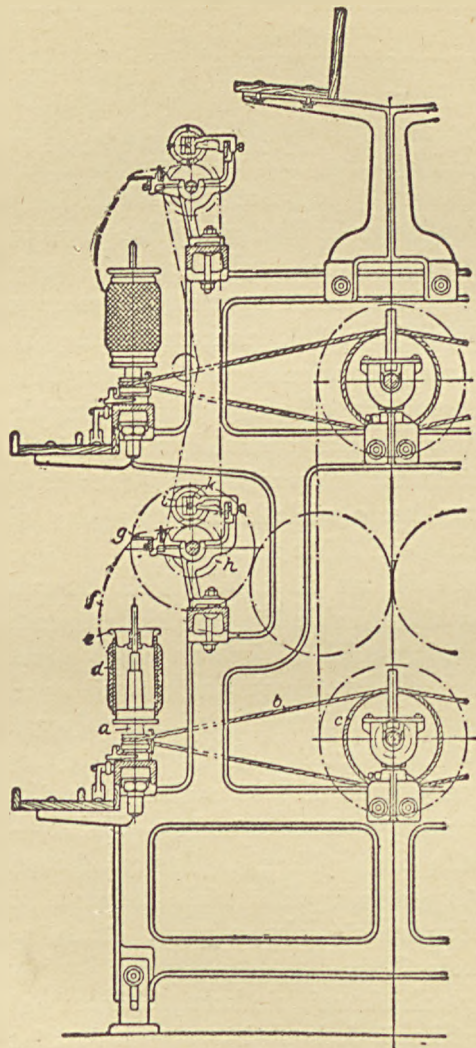
Dojrzałą masę kieruje się do maszyny, zwanej przędzarką; tam zostaje ona przetłoczona pod ciśnieniem 40 atmosfer przez dyszę o otworkach zaledwie 0.08 mm. w średnicy. Tak wysokie ciśnienie jest konieczne, poto aby można było tę lepłą płynną masę przepchnąć przez tak małe otworki.

Podobnie jak w oprzędzie gąsienicy jedwabnika, wychodzące z otworków niteczki są w pierwszym momencie kleiste i rozciągliwe. Tę właściwość ich wykorzystuje się w taki sposób, że na maszynie, zwanej motakiem lub motowidłem, poddaje się je znacznemu rozciąganiu, tak że stają się one jeszcze cieńsze, niż były przy wychodzeniu z otworków dysz. Dalej — również taksamo jak przy rozmotywaniu oprzędów jedwabnika — niezwłocznie łączy się około 10 — 20 takich pojedynczych niteczek i spaja w jedną mocniejszą. Podczas tego całego przebiegu, trwającego zaledwie parę sekund, ulatnia się rozpuszczalnik, czyli mieszanina w równych częściach eteru i alkoholu; konieczne więc jest zamknięcie szczelne tej części maszyny w pomieszczeniu szklanym, z którego eter i alkohol jest bezustannie usuwany, następnie zużytkowywany do wytwarzania nowych ilości masy jedwabnej.

Po odparowaniu rozpuszczalnika nitki jedwabiu są najzupełniej stwardniałe i mocne; nie posiadają jednak jeszcze żadnych skrętów i nie są, jak się mówi fachowo, znitkowane, t. j. skręcone w nitki właściwe, gdyż powstały przecież jako cieniutkie strumienie przy wytłaczaniu. Następną więc czynnością jest właśnie nitkowanie ich czyli skręcanie, przy jednoczesnym wyciąganiu na specjalnych maszynach — wyciągarkach (Rys. 96), poczem na innych — motarkach — zwijanie w znany kształt luźnych motków. Czyni się to w tym celu, aby później przy denitryfikacji roztwór chemikaljów, którym będą traktowane, mógł dojść do nici ze wszystkich stron; co oczywiście jest przy tem o wiele łatwiej osiągalne, niż z nitkami nawiniętymi ściśle na szpule.

Denitryfikacja ma na celu odjęcie dwuazotanowi błonnika, z którego składają się nitki, grup nitrowych, wprowadzenie na ich miejsce na nowo atomów wodoru i uzyskanie tym sposobem przemiany całej masy jedwabnej zpowrotem w masę, składającą się jedynie z czystego błonnika. Dokonywa się tego przez działanie na jedwab na wspomnianych motkach roztworem kwaśnego siarczku sodu —  $\text{NaSH}$  — i osiąga całkowitą denitryfikację. Zastąpienie przy tem ciężkich grup nitrowych o wiele lżejszymi atomami wodoru odczuwa się odrazu przez stratę wagi jedwabiu około 30%.

Teraz jednak ukazują się korzyści i wady stosowania denitryfikacji. Jedwab istotnie nie jest już zapalny; natomiast moc jego w stosunku do poprzedniej jest o wiele niższa. Nić jedwabna, sporządzona metodą Chardonneta, wytrzymuje: przed denitryfikacją



Rys. 96. Maszyna do nitkowania w fabryce sztucznego jedwabiu. Kilkanaście cieńszych nitek ulega skręceniu w jedną grubszą nitkę.

obciążenie 150 gramów, po denitryfikacji zaś rozrywa się w stanie suchym przy obciążeniu 110 gr. a w mokrym — już przy 25 gr. To jest właśnie słaba strona jedwabiu Chardonnetta. Inne rodzaje jedwabiu sztucznego posiadają brak ten w znacznie mniejszym stopniu, tak że w takim samym stadium — po denitryfikacji — znoszą pranie, oczywiście przy zachowaniu przytem pewnych koniecznych ostrożności. Z jedwabiem zaś Chardonnetta takie rzeczy są prawie całkowicie wykluczone, i dlatego też jest on używany wyłącznie na krawaty, suknie balowe i t. p. wyroby, o których jakimkolwiek praniu wogóle nie ma prawie mowy. Ta wrażliwość jedwabiu Chardonnetta na wilgoć spowodowała, że wyrób jego został obecnie prawie całkowicie zarzucony; aczkolwiek jedwab ten właśnie pod względem połysku, świetności barw i miękkości ujęcia jest istotnie wprost przecudny.

Drugim, po jedwabiu sztucznym Chardonnetta, rodzajem jedwabiu, jest jedwab wyrabiany przy pomocy roztworu amonjakałnego tlenku miedzi. Metoda ta jest o wiele prostsza, a przedewszystkiem tańsza od metody Chardonnetta i daje jedwab zupełnie taki sam jak tamta. Ważna w niej jest okoliczność, że niema potrzeby zmieniania składu chemicznego błonnika celem rozpuszczenia go, ponieważ stosowany przy niej amonjakałny roztwór tlenku miedzi posiada zdolność rozpuszczania czystego błonnika włókien, a więc np. bawełnianych, powodując jednocześnie w nim potrzebne chemiczne przemiany. Co do składu tego płynu miedziowego zdania są jeszcze nieco podzielone. Większość przyjmuje, że płyn ten zwany od wynalaz-

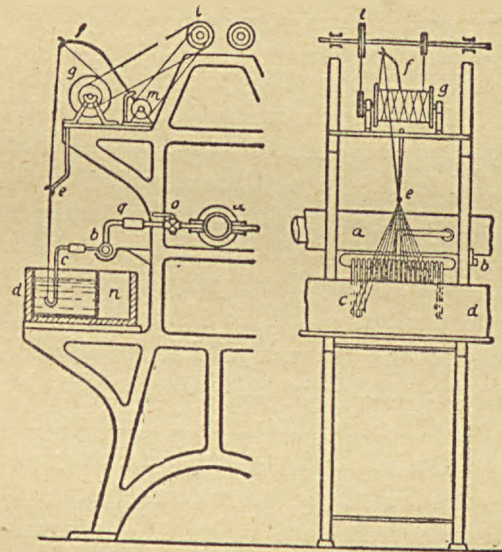
cy odczynnikiem Schweitzera, jest roztworem amonjalkalnym tlenku miedzi o budowie  $\text{Cu}(\text{NH}_4)(\text{OH})_2$ . Zewnętrznie wygląda on jako płyn ciemnoniebieskiego koloru. Przy przygotowaniu i następnie używaniu tego odczynnika konieczne jest utrzymywanie bardzo niskiej temperatury, najmniej 5 stopni Celsjusza, ponieważ inaczej, zachodzą w nim zupełnie niedostrzegalne zewnętrznie przemiany, i traci on swą zdolność rozpuszczania błonnika. Cała więc ta część przebiegu fabrykacji musi być prowadzona z płynami zimnemi jak lód, co naturalnie wymaga odpowiednich urządzeń chłodzących.

Wytwarzanie masy na nici jedwabne jest całkowicie podobne jak przy metodzie Chardonnet'a; mianowicie: tak samo jak tam, oczyszczony błonnik miesza się z płynem miedziowym w obracających się lub zaopatrzonych w mieszadła bębnach metalowych, potem — również przepuszczany przez filtr i następnie pozbawiany pęcherzyków powietrza. „Dojrzały” roztwór ten nie jest jednak bezbarwny, lecz ma zabarwienie ciemno-niebieskie, które w następstwie nitki zatrzymują aż do chwili odmiedzenia ich.

Przędzenie odbywa się na mokro; rysunek 97 przedstawia taką przędzarkę. Roztwór masy jedwabnej zostaje, pod ciśnieniem zaledwie 2 atmosfer, wytłaczany przez dysze w kształcie rurek, których otwory są dwa razy większe od otworków dysz przy sposobie Chardonnet'a. Wobec tego więc wychodzące z nich niteczki są o wiele więcej rozciągane wzdłuż, tak że ostatecznie grubością równają się nitkom jedwabnym Chardonnet'a i jedwabiu naturalnego. Również i tu zostają one niezwłocznie łączone, po 12 —

20 oddzielnych, w jedną grubszą nić i nawijane na krzyż na szklane szpule.

Wychodzące z otworków dysz niteczki przechodzą przez kąpiel z wodnego roztworu ługu sodowego



Rys. 97. Maszyna do przędzenia. Nitka wytłoczona z rurki c przechodzi przez kąpiel d z roztworu ługu sodowego.

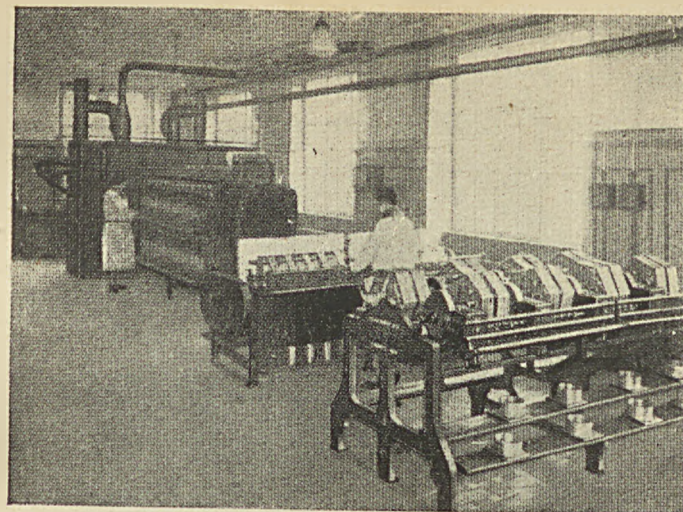
wego z nieznacznym dodatkiem cukru, przy temperaturze 50 stopni. Kąpiel ta działa niezwłocznie na roztwór miedziowy masy nitki, uwalnia amonjak i odejmuje część miedzi w postaci tlenku miedziowego ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), reszta zaś miedzi pozostaje w nitkach, wskutek czego mają one przezroczysty odcień niebiesko-zielonawy.

Dalsza fabrykacja przebiega całkowicie podobnie jak u Chardonnet'a. Wysuszone nitki zostają na-

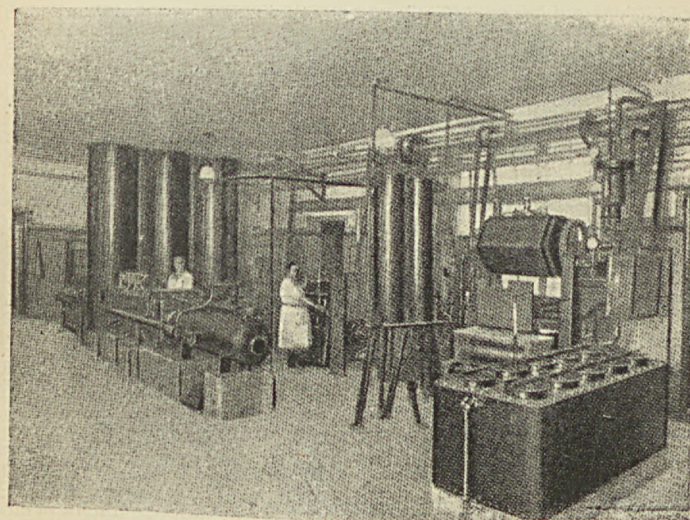
przód „znitkowane”, dalej — zwinięte w motki, poczem idą do t. zw. odmiedzenia, t. j. pozbawienia ich resztek pozostałej w nich miedzi, co odpowiada denitryfikacji przy metodzie Chardonneta. Jakkładniejsze odmiedzenie następuje przy moczeniu przez dłuższy czas motków w 2% kwasie siarkowym, który przemienia wszystką pozostałą jeszcze w nitkach miedź w rozpuszczalny siarczan miedziowy, usuwany zapomocą bezustannego wypłókiwania.

Aczkolwiek świeżo wytłoczone nitki mają strukturę najzupełniej taką jak jedwab naturalny, to jednak, wskutek działań chemicznych na nie oraz odmiedzania lub denitryfikacji przy metodzie Chardonneta, są one nieco szorstkie i strzępiaste. Te braki usuwa się prawie we wszystkich rodzajach jedwabi przez t. zw. nabłyszczanie na specjalnych maszynach, zwanych nabłyszczarkami. Mianowicie, wysuszone motki z jedwabiem przepuszcza się, jak to widać na rysunku 99 w nagrzewanej komorze przez polerowane metalowe i również nagrzewane parą walce, które wczasie działania rozsuwają się powoli nieco od siebie. Nici zostają jakby odprasowane i wskutek tego odzyskują całkowicie utracony przy obrabianiu chemicznem ich połysk.

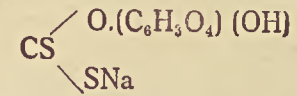
Trzecim rodzajem jedwabu sztucznego jest t. zw. jedwab wiskozowy. Słowo wiskoza, jak wiadomo, oznacza pewną cechę niektórych ciał, mianowicie — ich lepkość. Np. bardzo lepkiemi ciałami są: smary, miód, syrop cukrowy. W chemji wiskożą nazywa się gęsta płynna masa, będąca połączeniem błonnika z siarczkiem węgla ( $CS_2$ ) i siarczkiem sodu ( $SNa_2$ ), jak to przedstawia następujący wzór



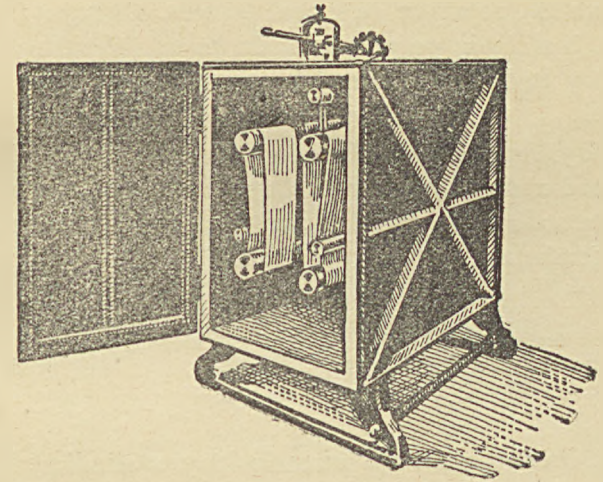
Rys. 98. Maszyny do mycia, suszenia i nitkowania jedwabiu sztucznego.



Rys. 101. Oddział fabryki do wyrobu jedwabiu wiskozowego. Widoczne kotły do otrzymywania alkalicelulozy, rozstrzępiarki i bęben, w którym miesza się alkalicelulozę z siarczkiem węgla.



Wiskoza była pierwszy raz otrzymana przez chemików angielskich w r. 1891, gdy działali ługiem so-



Rys. 99. Nabłyszczarka do sztucznego jedwabiu.

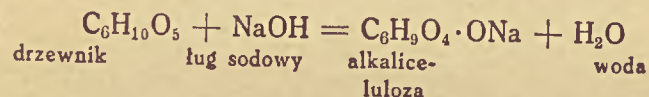
dowym i siarczkiem węgla na błonnik. Otrzymali oni gęstą płynną masę żółto-pomarańczowego koloru, podobną wyglądem zewnętrznym do miodu i posiadającą aromatyczny zapach. Jednakowoż upłynęło od tego czasu więcej niż 10 lat, zanim podjęto poważne próby zużytkowania tej masy jako materiału do wyrobu sztucznego jedwabiu.

Metoda ta jest pod względem ekonomicznym bardzo korzystna; nie trzeba bowiem używać jako surowca bawełny, lecz można stosować drzewnik, w po-



staci miazgi drzewnej, ze zwykłych sosen, co jest naturalnie bez porównania tańsze. Mamy więc tutaj drogę: od pospolitego krajowego drzewa do kosztownej szaty balowej. Oczywiście daje to w wyniku ostatecznym ogromne uszlachetnienie i podniesienie wartości tego pospolitego i taniego surowca. Trudnym zdaje się, do wiary, że kawał drewna, mający wartość np. 3 złotych, po przerobieniu go na jedwab wiskozowy będzie przedstawiał wartość około 5000 złotych.

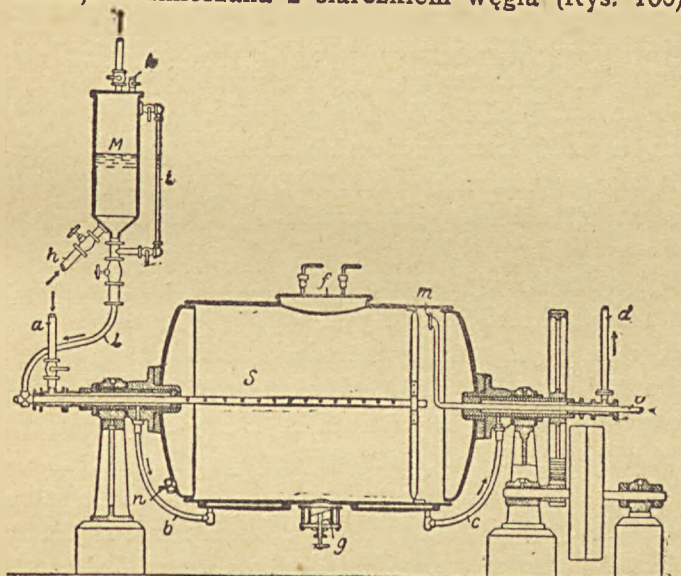
Wyrób wiskozy odbywa się dwoma etapami. Najprzód zanurza się drzewnik w stężonym roztworze ługu sodowego, wskutek czego zachodzi następująca przemiana:



t. j. drzewnik zostaje przemieniony w alkalixelulozę. Zewnętrznie nie różni się ona niczem od zwykłego drzewnika; zwłaszcza zachowuje całkowicie strukturę włóknistą. Dalej — na specjalnych maszynach, t. zw. rozwłókniakach lub rozstrzępiarkach, zostaje możliwie jaknajdokładniej rozdzielona na oddzielne włókna, poczem zmielona. Praktyka wskazała następnie, że ta papka drzewna musi być pozostawiona na kilkanaście dni w zamkniętych zbiornikach celem dojrzewania, zanim zostanie użyta do dalszej fabrykacji. Ponieważ chemicy nie są jeszcze dotąd zgodni na punkcie procesów chemicznych, zachodzących podczas tego dojrzewania, więc nie będziemy się tu zaj-

mowali bliżej podawanymi przez nich rozmaitemi poglądami.

Dojrzała papka przechodzi dalej do obracających się i zaopatrzonych w mieszadła bębnow, w których zostaje rozmieszana z siarczkiem węgla (Rys. 100).



Rys. 100. Bęben, w którym miesza się alkalixelulozę z siarczkiem węgla; siarczek węgla dopływa z naczynia M.

Ponieważ mieszanina taka nagrzewa się bardzo silnie wskutek zachodzących w niej reakcji chemicznych, więc bębny muszą być stale ochładzane przy pomocy specjalnych maszyn oziębiających. Po 2—3 godzinach połączenie drzewnika z siarczkiem węgla jest całkowicie dokonane, i w bębnie znajduje się gotowa już lepka wiskoza, która zostaje przetłoczona do specjalnych kadzi i tam rozcieńczona ługiem sodo-

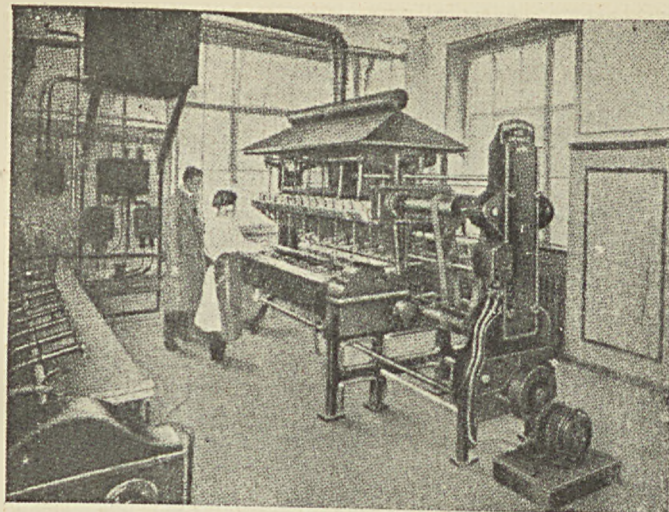


wym. (Rys. 101). W kadziach tych są również nieustannie poruszające się miesządła, które dokonywają najdokładniejszego przemieszania sporządzonej masy.

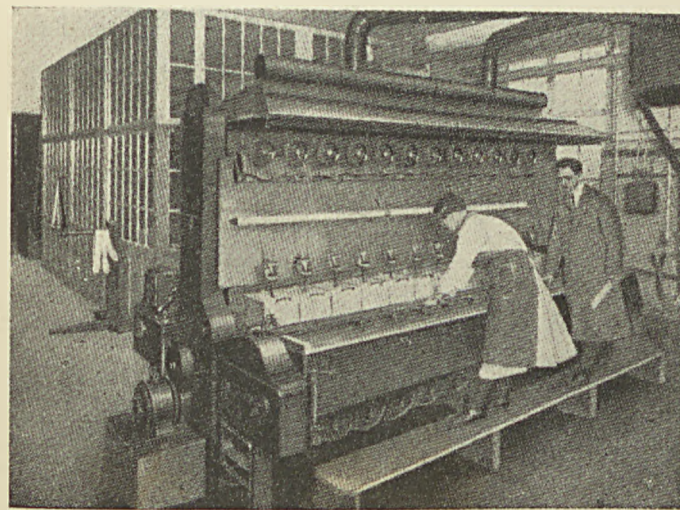
Dalej, podobnie jak przy opisywanych poprzednio metodach, masa ta musi być naprzód przepuszczona przez filtry, a następnie pozbawiona pęcherzyków powietrza. Zanim jednak stanie się zdatną do przędzenia musi jeszcze znów dojrzewać przez kilka dni. Gotowa ostatecznie, nadająca się do przędzenia, przypomina barwą i lepkością mniej więcej czysty olej rycynowy.

Przędzenie wykonywa się na maszynach — przędzarkach, które jednak pod wielu względami różnią się od używanych przy metodach Chardonnet'a i miedziowej (Rys. 102 i 103). Zamiast pojedynczych dysz, jak tam, w tych maszynach są t. zw. spryskiwacze lub rozpylacze, które moglibyśmy przyrównać do sittek zwykłych naszych polewaczek. Rozpylacze są to krótkie cylindry, których jeden koniec jest złączony silnie śrubami z przewodem dopływu masy, drugi zaś, zamknięty, posiada około 12 — 48 otworków o średnicy 0,1 mm., przez które jest wytłaczana masa pod ciśnieniem 3 atmosfer. Specjalne pompy z kołami zębatymi tłoczą masę do tych rozpylaczy (Rys. 104).

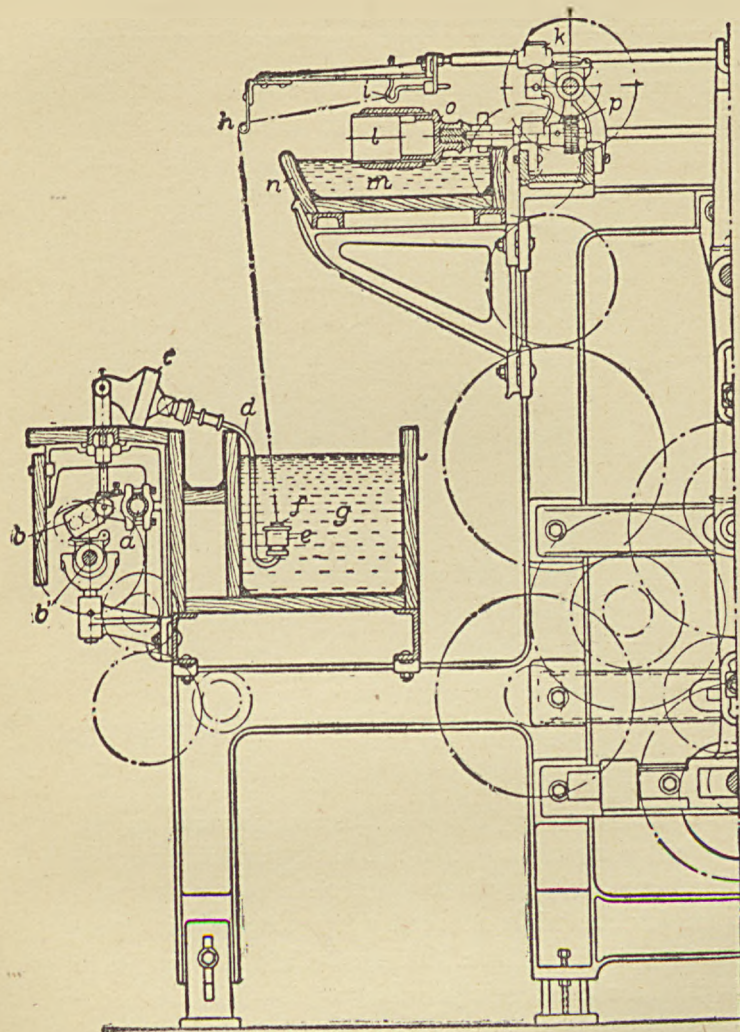
Wyciskane z otworków rozpylaczy oddzielne niteczki masy dostają się niezwłocznie do t. zw. kąpieli, w której odrazu zostają łączone w pojedyncze grubsze nici do przędzenia. Skład chemiczny tej kąpieli jest różny w różnych fabrykach jedwabiu wiskozowego. Przeważnie stosowane dzisiaj jest przędzenie t. zw. kwaśne, przy którym kąpiel ta reduku-



Rys. 103. Motarka do wyrobu jedwabiu wiskozowego.



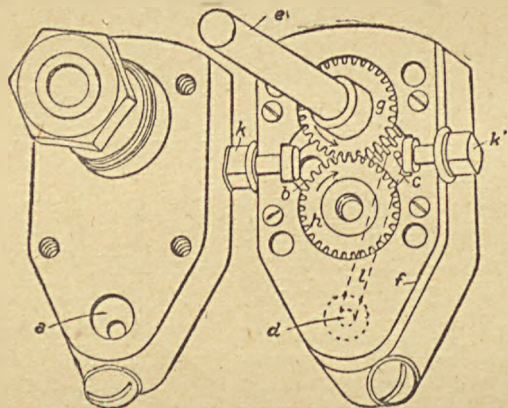
Rys. 106. Przędzarki centryfugowe.



Rys. 102. Przędzarka do wyrobu jedwabiu wiskozowego.  
Ciecz, z której przędzie się nitki, jest wytłaczana przez rozpy-  
lacz f; nitki przechodzą przez kapiel g i zostają nawinięte na  
szpule,



jąca czyli odtleniająca składa się z roztworu słabego, zaledwie 10/0, kwasu siarkowego z dodatkiem pewnych soli. Skład chemiczny tych kąpielii zależy od tego, czy świeżo uprzedzone nici mają być jesz-



Rys. 104. Pompki z kołami zębatymi przedzarki jedwabiu wiskowego. Zębate koła g i h tłoczą do rozpylaczy ciecz, z której przedzie się nitki.

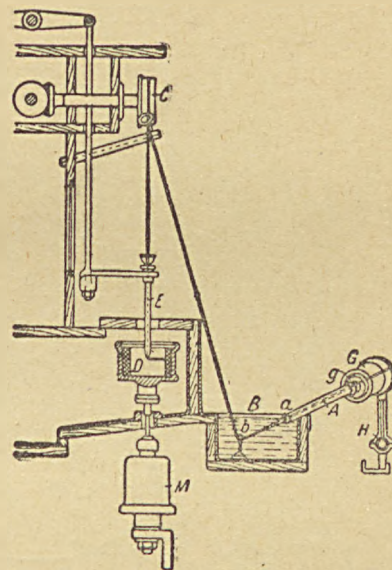
cze rozciągane, czy też nie. Wzmiankowana kąpiel, składająca się z kwasu i soli, tak szybko przemienia niteczki wiskozy w twarde stałe nici z drzewnika, że jakiegokolwiek znaczniejsze wyciąganie ich prawie że jest niemożliwe. O ile zaś idzie o wyrabianie specjalnie niezmiernie cienkiego jedwabiu wiskozowego, to stosuje się inne kąpiele, słabiej działające, w których nitki zanim stwardnieją, są wyciągane aż do 1/10 ich początkowej grubości (Rys. 105).

Te właśnie procesy wyciągania nitek powodują stosowanie przedzarek centryfugowych czyli ka-

dziowych przy wyrobie jedwabiu wiskozowego. Tworzące się nici mogą być — podobnie jak to miało miejsce przy opisywanych wyżej maszynach do przedzenia — od razu po wytworzeniu ich i zestaleniu nawijane na szpule, np. jak to wyobraża rysunek 97, przedstawiający często używaną w przedzalniach sztucznego jedwabiu maszynę. Można też również układać je w formie zwoju na dnie, wewnątrz

obracającego się szybko naczynia, jak to wskazuje rycina 105. Naczynie to obraca się, wykonując około 3000 do 5000 obrotów na minutę, a jednocześnie

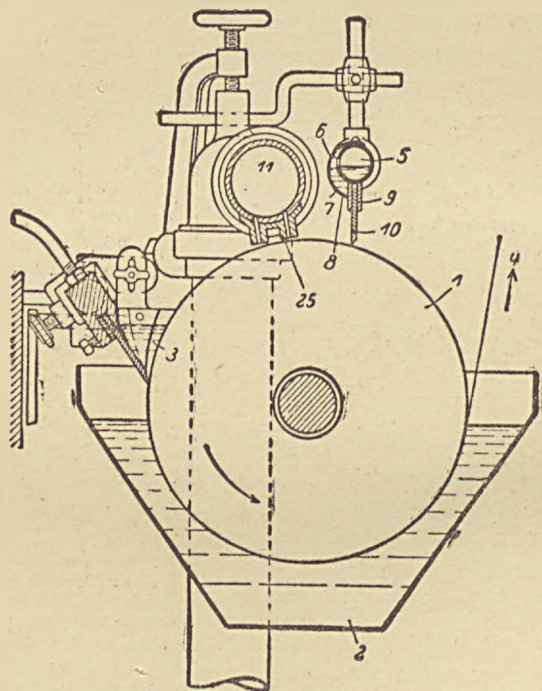
wodzik czyli przesuwacz nici porusza się w górę i nadół po całej wysokości naczynia, dzięki czemu nici układają się prawidłowymi skręconymi warstwami na dnie naczynia. Używanie przedzarek centryfugalnych (Rys. 106) daje tę korzyść, że świeże nici, które początkowo składają się jedynie z ułożonych równolegle niteczek, w ilości odpowiadającej ilości otworków sitka rozpylacza,



Rys. 105. Przedzarka centryfugowa. Nitki wychodzące z rozpylacza a, przechodzą przez kąpiel zestalającą B i układane są przez wodzik E na dnie szybko obracającego się naczynia D.

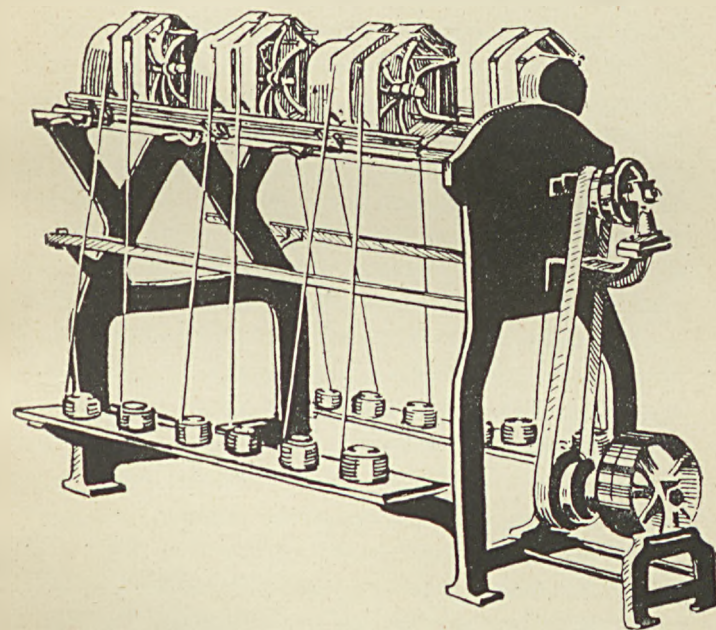
otrzymują stosownie do obrotów naczynia odpowiednie skręcanie i znitkowanie.

W dalszym przebiegu fabrykacji uprządzone nitki zostają bądź ze szpul bądź ze wspomnianych zwojów



Rys. 108. Maszyna do wyrobu koronek i tiulów ze sztucznego jedwabiu.

nawijane na motaki (Rys. 107), jeszcze raz wymyte i zwijane w motki. Przędza taka jednakże, wskutek pewnej jeszcze zawartości siarki, ma niepozorny żółto-szary kolor i szorstką powierzchnię. Przez nową jednak jeszcze kąpiel z roztworu siarczku-sodu

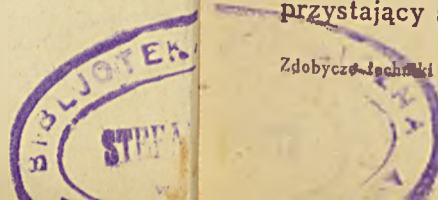


Rys. 107. Motaki. Mokie jeszcze nitki nawija się na motaki, z których zdejmuje się je po wyschnięciu.

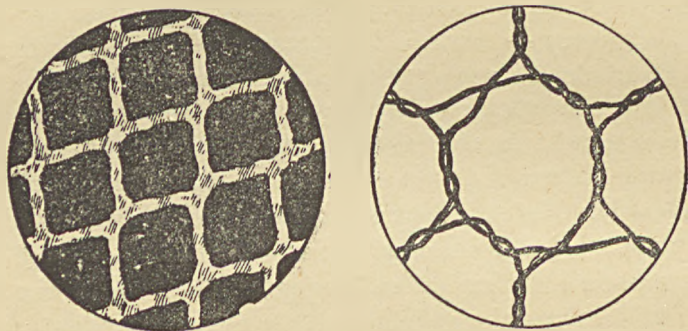
siarka zostaje usunięta całkowicie, poczem znów wymyty starannie i wysuszony jedwab przechodzi do t. zw. nabłyszczarek (Ryc. 99). Po całej procedurze wreszcie wychodzi jedwab wiskozowy jako wyrób gotowy — materiał błyszczący, miękki w ujęciu i do złudzenia podobny do jedwabiu naturalnego.

We wszystkich opisywanych metodach dążeniem było uzyskanie nici jaknajwięcej podobnych do jedwabiu naturalnego oraz możliwie jaknajcieńszych i długich. Można jednak wychodzących z dysz nici nie nawijać odrazu na szpule, lecz pozwolić im spadać swobodnie do kąpieli redukującej. Wtedy będą one o wiele mocniejsze i jednocześnie utworzy się płątanina nici we wszystkich kierunkach, i otrzyma się produkt, który pod nazwą sztucznego włosa odgrywa poważną rolę w handlu i przemyśle tapeciarskim. Dalej nadto przedsięwzięto wyrabianie z rozpuszczonego drzewnika bezpośrednio materiałów, zwłaszcza tiulu, drogą swoistych czynności, odpowiadających przedzeniu i tkaniu.

Główną częścią używanej do tego celu maszyny (Rys. 108) jest wielki polerowany walec miedziany, około 2 metrów długości i najmniej 1 metra średnicy. Na powierzchni tego walca zostaje wygrawerowany rysunek mającego być wykonanym tiulu; dolną częścią swą walec ten, obracający się wolno, zanurzony jest w tak zwanej kąpieli strącającej, której skład zmienia się w zależności od rodzaju użytego drzewnika. Górna część walca przechodzi tuż pod zbiornikiem, z którego sływa masa rozpuszczonego drzewnika na całą powierzchnię walca. Specjalny nóż, przystający ściśle do tej powierzchni, zbiera wszyst-



ką zbyt dużą masę, tak że tylko nacięcia powierzchni są nią wypełnione. Ta właśnie masa w nacięciach zostaje przy obracaniu się walca zanur-



Rys. 109 i 110 „Tkaniny” otrzymane zapomocą maszyny, przedstawionej na rys. 108.

zana w roztworze redukującym. Pod działaniem tego roztworu drzewnik natychmiast twardnieje, przemienia się w stały, i wytworzony w ten sposób materiał (Rys. 109 — 110) (nie można powiedzieć „tkanina”, ponieważ żadnego tkania przy tym niema) tiulowy zostaje w tejże kąpieli chwyłany i posuwany dalej przez inne walce, a z głównego walca przybywa wciąż nowa masa drzewnika.

Wszystkie opisywane dotąd rodzaje sztucznego jedwabiu składają się, po przejściu i zakończeniu całego procesu wyrobu, jedynie z czystego błonnika. O ile jednak zaletą ich jest piękny wygląd zewnętrzny, o tyle wadą mała odporność na wilgoć. Wobec tego uporczywie nie ustawano w pracy nad tem zagadnieniem — aby zdołać wynaleźć jedwab wolny od tego braku; wynikiem tych prac były dwa nowe ro-

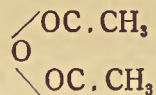
dzaje jedwabiu: t. zw. jedwab octanowy oraz eterowy. Jedwabie te, w przeciwieństwie do poprzednich, nie składają się jedynie z czystego błonnika, lecz ze związków jego; skład chemiczny ich wskazują właśnie same nazwy tych jedwabiu.

Pierwszy rozpatrywany przez nas rodzaj jedwabiu — Chardonneta — był wytwarzany przy użyciu kwasu azotowego. Dzięki przechodzeniu grup azotowych z kwasu azotowego do cząsteczek błonnika uzyskano piękne nici nitrocelulozy, dające się prząść. Wielka zapalność jednak nitrocelulozy, granicząca z wybuchowością, zmusiła do przemieniania wytwarzanych nitek zpowrotem w nitki z czystego błonnika; przy tem jednak, niestety, zniknęły zalety pierwszych.

Gdyby więc udało się znaleźć na miejsce kwasu azotowego jakiś inny kwas, któryby również czynił błonnik rozpuszczalnym, a nie nadawał mu takich niekorzystnych właściwości jak wybuchowość lub łatwa zapalność, to możnaby dojść do sztucznego jedwabiu, którego wytwarzanie byłoby proste, a posiadałby on własności całkowicie takie same, jak opisywane dotąd jedwabie z czystego błonnika.

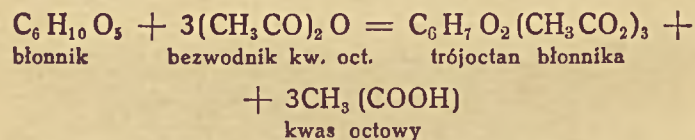
Prowadzone przez długi czas próby z wszelkimi możliwymi do pomyślenia, kwasami nieorganicznymi nie dawały wyników pożądaných, gdyż wszystkie wytwarzane związki błonnika okazywały się pod każdym względem nienadającymi się. Dopiero osiągnięto pomyślny wynik, gdy zwrócono się do kwasów organicznych, a w szczególności do kwasu octowego. Na miejsce stosowanego w metodzie Chardonneta kwasu azotowego użyto bezwodnika kwasu octo-

wego. Bezwodnik ten, będący potomkiem kwasu octowego, który bardzo rozcieńczony wodą znany jest każdemu jako ocet jadalny, przedstawia ciecz o nieprzyjemnym ostrym zapachu; skład chemiczny jego określa wzór



który wskazuje, że z dwuwartościowym atomem tlenu są związane dwie reszty kwasowe.

Wyrób prowadzi się w ten sposób, że błonnik oczyszczony jaknajstaranniej miesza się z bezwodnikiem kwasu octowego, przyczem zachodzi wówczas reakcja:



Gdy przy metodzie Chardonnet'a tworzy się dwuazotan błonnika (porównaj str. 208), tu powstaje trójoctan; czyli że tam do cząsteczki błonnika wchodzi dwie grupy nitrowe, a tutaj trzy octanowe.

Przemiana błonnika w nitrocelulozę pod działaniem kwasu azotowego dokonywa się w ciągu paru minut; przy tej metodzie zaś, potrzeba o wiele dłuższego czasu — dwa do trzech tygodni — aby reakcja ukończyła się całkowicie, i cała ilość błonnika pomieszczona w roztworze została przemieniona w trójoctan błonnika. Otrzymany produkt ma wygląd

gęstej ciekłej masy i składa się przeważnie z trójoctanu, rozpuszczonego w kwasie octowym, jak to właśnie widać z podanego wyżej wzoru. Kwas octowy usuwa się przez wymycie wodą, a pozostały nierozpuszczalny octan błonnika przechodzi w stan stały i może być w następstwie wysuszony i przechowywany.

Octan błonnika jest niewrażliwy na wrzącą nawet wodę, dzięki czemu stanowi doskonały materiał na jedwab sztuczny. W praktyce jednak nasuwają się pewne nieoczekiwane trudności. Uprzedzone z niego nici stają się szybko kruche, a nadto — używane przy tej metodzie rozpuszczalniki są, wszystkie bez wyjątku, trujące i gryzące, wobec czego do fabrykacji masowej mało odpowiednie.

Dopiero więc osiągnięto właściwy cel wówczas, gdy udało się octan błonnika doprowadzić, zapomocą dalszych przeróbek chemicznych, do postaci, w której staje się on rozpuszczalny również w acetonie. Aceton, którego skład wyraża się wzorem  $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$ , jest cieczą wrzącą już przy 56 stopniach o charakterystycznym, orzeźwiającym, eterycznym zapachu. Dopiero więc po rozpuszczeniu błonnika octanowego w acetonie uzyskano idealny materiał na jedwab sztuczny. W przeciwieństwie bowiem do koniecznego dotąd przedzenia na mokro, teraz można było stosować przedzenie na sucho, gdyż aceton ulatnia się zupełnie ze świeżo wytworzonych nitek już przy niewielkim nawet podniesieniu temperatury. Przy wyrobie więc masowym całe urządzenie przędzące musi być oczywiście szczelnie zakapturzone. Para acetonu jest

z pomieszczenia tego bezustannie odsysana zapo-  
mocą pomp ssących; poczem w innym miejscu zosta-  
je przez ciśnienie i ochładzanie skraplana, i w ten  
sposób odzyskuje się zpowrotem większą część uży-  
tego acetonu.

Dalszy przebieg wyrobu jedwabiu octanowego  
jest zupełnie taki sam jak wypróbowany i przy-  
jęty przy innych metodach. Wychodzące z 10 do 12  
małych otworków dysz cieniutkie niteczki zo-  
stają natychmiast, jeszcze w stanie kleistym, łą-  
czone w jedną nić, która, grubsza już, jest na specjal-  
nej maszynie—skręcarce—we właściwy sposób skrę-  
cana czyli znitkowana. Dla pełności obrazu na-  
leży nadmienić, iż równocześnie z metodą przędze-  
nia tego jedwabiu na sucho, są już w użyciu, zwła-  
szcza w Anglii, rozmaite sposoby przędzenia na  
mokro.

Jedwab octanowy odznacza się piękną białą barwą  
i silnym połyskiem, jest trudno palny, zapalony  
w jednym miejscu zwykle nie pali się dalej, ponie-  
waż wytwarzająca się przy spalaniu para tłumi ogień  
i, wreszcie, jest prawie że niewrażliwy na wrzącą wo-  
dę. Przedmioty, wykonane z tego jedwabiu, znoszą  
doskonale wielokrotne pranie, o ile oczywiście wy-  
konywane ono jest z pewną delikatnością. Takie oto  
są wszystkie przewagi jedwabiu octanowego nad da-  
wnymi prostymi jedwabiami z czystego błonnika  
i one też właśnie tłumaczą i uzasadniają szybkie  
rozpowszechnienie się tego nowego artykułu.

Pomimo tego wszystkiego jednak jedwab octano-  
wy nie jest bynajmniej ostatnim słowem w tej dzie-  
dzinie; posiada on bowiem już rywala, i to nie byle-

jakiego, w innym, również niedawno wynalezionym,  
jedwabiu eterowym. Za daleko wszakże zaprowadzi-  
łoby nas zapuszczanie się tutaj w skomplikowane do  
najwyższego stopnia, a częściowo nawet niewyja-  
śnione całkowicie, procesy chemiczne, które umożli-  
wiły pewnym chemikom angielskim uzyskanie błon-  
nika eterowego, jako produktu wyjściowego do wy-  
robu sztucznego jedwabiu. Dalsze zaś procesy przy  
wyrobie według tej metody odpowiadają najzupeł-  
niej opisywanym poprzednio. Błonnik eterowy, przez  
dodanie pewnego właściwego rozpuszczalnika, prze-  
mieniony zostaje w płynną masę, dającą się praść,  
poczem jest przędzony na mokro lub na sucho. Po  
usunięciu eteru przez wyparowanie lub innym spo-  
sobem, pozostaje nić, składająca się z czystego błon-  
nika eterowego i odznaczająca się połyskiem jed-  
wabistym, miękkością ujęcia, niewrażliwością na  
wodę i łatwością przyjmowania barwników.

Obecnie zagadnienie to jest posunięte już tak da-  
leko, że dojrzało do rozpoczęcia produkcji masowej,  
i istotnie są już czynione kroki do opuszczenia labo-  
ratorjum a rozpoczęcia pracy w fabrykach. Równo-  
cześnie jednak, niezależnie od tego, badania tego za-  
gadnienia posunęły się ze swej strony znów jeszcze  
dalej.

W początkach tego rozdziału było powiedziane, że  
naturalna nitka oprzędu gąsienicy jest w najwyższym  
stopniu złożonym ciałem, należącym do wielkiej che-  
micznej grupy białek, oraz że nie można nawet prze-  
widzieć czasu, kiedy uda się otrzymać je w sztuczny  
sposób. Technologia jedwabiu sztucznego przyjęła  
jako materiał wyjściowy błonnik naturalny, który,



zawarty we włóknach lnu i bawełny, zdawna już okazał się doskonałym materiałem na przędzę. Podobnie też, w dalszym ciągu, przy wyrobie jedwabiu sztucznego również błonnik był zatrzymany jako materiał podstawowy; jedynie w jedwabiu octanowym i eterowym wyrabiane nici nie są z czystego błonnika, lecz z rozlicznych złożonych związków jego. Dalszym krokiem właśnie są jedne z ostatnich patentów niemieckich, odnoszące się głównie do jedwabiu tiouretanowego. Theios oznacza po grecku siarkę, stąd początek tej nazwy, wskazującej, iż w jedwab ten wchodzi związki zawierające siarkę.

A więc dochodzimy, jak widać, do surowców, które w każdej cząsteczce swej o niezmiernie skomplikowanym składzie zawierają pięć zasadniczych pierwiastków: węgiel, tlen, wodór, azot i siarkę. Pierwiastki te jednak występują również i w cząsteczkach wszelkich protein czyli białek. Historia rozwoju zagadnienia jedwabiu sztucznego wskazuje, że ludzie dążą powoli ku materiałom, odsuwającym się coraz dalej od czystego błonnika, a upodabniającym się coraz więcej ciałom białkowym, z których składa się jedwab naturalny. W każdym jednak razie błonnik pozostaje zawsze materiałem podstawowym. Ulega on jednak, wskutek wszelakiego rodzaju działań chemicznych, tak głęboko sięgającym przeistoczeniom, że otrzymywana ostatecznie tym sposobem masa do przędzenia w istocie z pierwotnym błonnikiem ma bardzo mało wspólnego.

Wyniki tych ostatnich ulepszeń i rozwoju znajdują się dotąd oczywiście jeszcze w stadium doświadczeń laboratoryjnych; w każdym jednak razie można

już powiedzieć, że wynalezienie wspomnianych wyżej sposobów wyrobu opartych na związkach zawierających siarkę (według patentu—„Thiourethaneide”) stanowi dalszy znów ogromny skok naprzód. Otrzymywane przy tej metodzie nici (Rys. 111 i 112) odznaczają się nie tylko pięknym jedwabistym połyskiem,



Rys. 111 i 112 Nitki jedwabiu sztucznego oglądane przez mikroskop. (150-krotne powiększenie). Na rys. 112 obraz poprzecznego przekroju nitki.

miękkością i całkowitą niewrażliwością na wodę, lecz nadto dają się farbować tak samo łatwo i temi samymi barwnikami jak jedwab naturalny; wówczas gdy do barwienia poprzednich jedwabi trzeba używać innych barwników oraz zachowywać specjalne ostrożności.

Technologia jedwabiu sztucznego ma charakter niejako uszlachetniający: niskowartościowy błonnik, przez odpowiednią obróbkę jest przekształcany we włókna, nieomal najzupełniej podobne do drogiego wysokowartościowego jedwabiu na-

turalnego. Taki właśnie kierunek miały wszelkie prace w tej dziedzinie aż do czasu wybuchu wojny światowej. Wojna wywołała wielkie zapotrzebowanie materiałów włóknistych w Europie środkowej; wówczas gdy w Ameryce i Egipcie gniły olbrzymie zapasy — w państwach centralnych był niesłychany brak ich. Wobec tego skierowano wszelkie wysiłki, aby zastąpić brakującą bawełnę, stanowiącą podstawowy materiał do wyrobu tej sztucznej przędzy, drzewnikiem z drzew krajowych; t. j. zamiast nie stosować drzewo. Dążenia te miały niezmiernie pomyslny wynik, jak to właśnie widać z dzisiejszej fabrykacji przeważnej części jedwabiu sztucznego — z drzewa. Że zaś mimo to często nieraz jeszcze przekłada się bawełnę nad drzewo, to czyni się to ze względów ekonomicznych: czysty drzewnik, uzyskiwany z drzew krajowych, jest w obrachunku ostatecznym kto wie czy tańszy od uzyskiwanego z bawełny.

Rychło jednak w czasie wojny przekonano się, że jedwab sztuczny nie może żadną miarą zastąpić całkowicie dawnej naturalnej przędzy lnianej lub bawełnianej, ponieważ tkaniny, wyrabiane z gładkich nici jedwabiu takiego, dzięki ich silnemu przewodnictwu ciepła mało nadają się na odzież do codziennego użytku. Toteż w czasie wojny zaradzano temu, ile można było, przez stosowanie t. zw. pęczków nicianych. Mianowicie, jedwab sztuczny był wyrabiany nie w postaci długich stumetrowych nici, lecz krótkich, zaledwie kilkunastocentymetrowych, i dopiero pęczki takich krótkich nitok były, bądź same bądź razem z jakimkolwiek innymi włóknami naturalne-

mi, przędzone, i tym sposobem otrzymywano nici które niewiele miały w sobie z gładkiego błyszczącego jedwabiu, natomiast podobne więcej były do naturalnej puszystej przędzy wełnianej.

Po wojnie ten środek pomocniczy, jako tymczasowy, został zarzucony i, jak powiedziano wyżej, wszystkie usiłowania i prace są skierowane ku temu, aby stworzyć taki sztuczny jedwab, któryby był jak można najwięcej zbliżony do naturalnego. Jak wielką konkurencję stwarza jedwab sztuczny jedwabowi naturalnemu, widać z zestawienia właściwych cyfr; mianowicie: np. w roku 1923 na rynkach światowych znajdowało się 44000 ton jedwabiu sztucznego a 34 000 naturalnego. Pierwsze miejsce przytem w produkcji zajmowała Ameryka — z 14000 ton, drugie Anglja — z 7000 ton. Aby jednak lepiej uplastyczyć ten stosunek należy uprzytomnić sobie, że światowe zapotrzebowanie włókna przędzalnianego wynosiło we wzmiankowanym roku 10 000 000 ton, w czym zapotrzebowanie naturalnego i sztucznego jedwabiu nie stanowiło nawet 1%.

Byłoby błędem, gdybyśmy chcieli np. przypuszczać, że jedwab sztuczny, nawet w najdoskonalszej postaci i wytwarzany z taniego drzewa krajowego, w krótszym czy dłuższym czasie wyprze wszelkie inne przędziwo. Przypuszczenia takie byłyby, zarówno pod względem ekonomicznym jak technicznym, bezpodstawne. Narazie przynajmniej jedwab sztuczny czyni konkurencję jedynie jedwabowi naturalnemu, jedwabnikom. Istotnie jednak rozwój w tej dziedzinie postępuje tak gwałtownie, a wyniki końcowe jego są trudne do przewidzenia,

że możliwe jest, iż w nieprzewidywanie szybkim czasie jedwab sztuczny będzie mógł całkowicie zaspokoić zapotrzebowania rynków, a jedwab naturalny będzie miał kiedyś wartość jedynie jako osobliwość.

## VII

### TELEFON AUTOMATYCZNY

Telefon, jako urządzenie do przesyłania głosu na odległość, wynaleziony przez Reissa w r. 1860, a następnie zbudowany w dzisiejszej zasadniczej formie przez Bella w r. 1878, początkowo spotkał się z pewnym niedowierzaniem ludzi, powątpiewających zrazu czy uzyska on szersze zastosowanie i rozpowszechnienie.

Rzeczywistość jednak niezmiernie szybko zadała kłam tym opinjom: liczba abonentów wzrastała niesłychanie szybko — z dziesiątków od razu na tysiące, i dzisiaj nie do pomyslenia jest życie społeczeństw kulturalnych bez telefonu.

Pierwsze zakładane stacje telefoniczne były obsługiwane na nie więcej niż około stu abonentów i obsługiwane manipulacyjnie przez jedną nawet osobę. W ciągu paru lat jednak liczba abonentów rozrastała się do dziesiątków tysięcy abonentów w większych miastach, stacje musiały rozbudowywać się i przeistaczać w wielkie zakłady o setkach pracowników i pracowniczek. Jednocześnie z tem wyłaniały się techniczne niedogodności takich wielkich instytucyj-centrali, i praca w nich była niezmiernie męcząca i wyczerpująca dla pracowników, zwłaszcza telefonistek, dokonywających połączeń telefonicznych na wezwania abonentów; a również — pojawiały się

techniczne trudności obsługiwanie wszystkich sprawnie i szybko.

Z tych względów więc już na przełomie zeszłego i obecnego stulecia powstała pierwsza myśl i zamierzenie przekształcenia tych centrali, pracujących siłą ludzką, na centrale automatyczne, t. j. dające połączenia telefoniczne samoczynnie, bez pomocy ludzkiej. Uplłynęło jednak ćwierć wieku, zanim myśl ta została wcielona pierwszy raz w czyn. Obecnie zaś automatyzacja telefonów postępuje tak szybko, że można z całą pewnością powiedzieć, iż za jakieś lat 15—20 większe miasta nie będą miały już telefonów ręcznych.

Idea zasadnicza telefonji automatycznej polega na tem, że abonent, który chce ze swej rozmównicy połączyć się z potrzebnym mu innym abonentem, dokonywa tego połączenia sam, bez zaprzętania telefonistek; t. j. zapomocą łatwych do nauczenia się i wykonania pewnych manipulacyj powoduje takie działanie urządzeń automatycznych w centrali, że łączy one go samoczynnie z żądanym abonentem.

W teorii wygląda to niezmiernie prosto; w praktyce jednak, jak to było powiedziane, minęło ćwierć stulecia zanim pomysł ten zdołano technicznie zrealizować.

Siłą napędową telefonu automatycznego jest naturalnie elektryczność. A więc, rzecz oczywista, trzeba było zbudować i dać każdemu abonentowi takie urządzenie jego aparatu, aby był on w możności zapomocą niego otwierać i zamykać idący od jego aparatu do centrali prąd elektryczny, czyli — posyłać centrali dowolną, według swego życzenia, liczbę

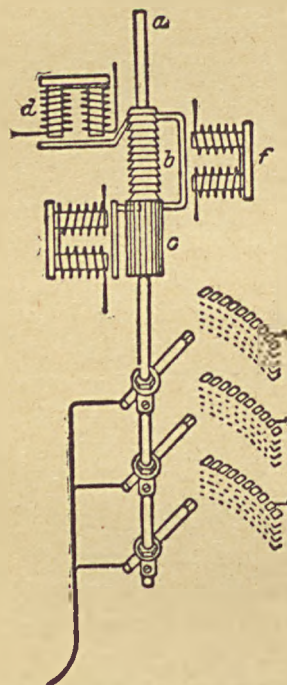
bę krótkich uderzeń prądu. Te uderzenia zkolei służą do wprowadzania w działanie pewnych elektrycznych mechanizmów, znajdujących się w centrali i noszących ogólną nazwę elektrycznych przekaźników.

Przekaźnik elektryczny jest elektromagnesem z ruchomą kotwicą. Gdy w zwojach elektromagnesów pojawia się prąd, to wzbudza w nich magnetyzm, wskutek czego przyciągają one kotwicę. Pod wpływem więc przepływającego w zwojach elektromagnesu prądu, nadsyłanego przez abonenta, kotwica elektromagnesu porusza się.

Ruchy kotwicy mogą być spożytkowane dwojako. W jednym wypadku mogą służyć do otwierania i zamykania obwodu prądu innego przekaźnika w centrali, a więc tym jednym przekaźnikiem można kierować dowolną liczbą innych przekaźników. W drugim zaś — te mechaniczne ruchy kotwicy można spożytkować bezpośrednio w ten sposób, że jeden swobodny koniec kotwicy będzie spełniał czynności t. zw. w telegrafji klucza zamykającego i przerywającego prąd, zapomocą którego zostawałyby wprawiane w ruch inne części znajdujących się w centrali mechanizmów elektrycznych. Jedno i drugie zastosowanie jest w dużej mierze spotykane przy dążeniach do osiągnięcia ostatecznego celu — stworzenia samoczynnego a pewnego łączenia dwóch abonentów.

Dla szczegółowego wyjaśnienia całego takiego urządzenia rozpatrzmy najpierw wypadek najprostszy — taki, gdy centrala automatyczna posiada jedynie stu abonentów do łączy automatycznych. Aparatem, który w centrali wykonywa właśnie tą

kie połączenia, jest przedstawiony na rysunkach 113, 114 i 115 t. zw. wybieracz. Aparat ten posiada 10 umocowanych w

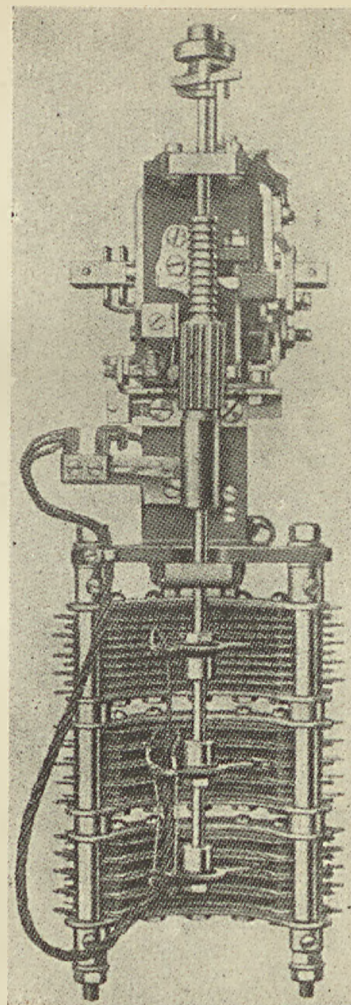


Rys. 113. Schemat wybieracza z trzema komplectami po sto kontaktów w komplecie.

Oś *a* może się obracać i podnosić. Przekaznik *d* podnosi, przekaznik *e* obraca, przekaznik *f* utrzymuje oś nieruchomo w każdym położeniu.

mi. W te właśnie rowki wpadają języczki dwóch przekazników. Gdy wprowadzić w ruch kilka razy gór-

niście kształcie półkola, leżących nad sobą, warstw, zawierających każda 10 kontaktów czyli styków. Te dziesięć warstw tworzy razem komplet 100 kontaktów, i w aparacie znajdują się trzy takie komplety, ponieważ trzy przewody każdego abonenta muszą być połączone. Dziesięć kontaktów dolnej warstwy posiada cyfry od 1 do 10, dziesięć kontaktów drugiej — od 11 do 20, trzeciej — od 21 do 30 i t. d., kontakty zaś najwyższej, dziesiątej warstwy mają cyfry od 91 do 100. Następnie — w środku, półkola z kontaktów znajduje się pionowy wał (rys. 113) z ramionami stykowymi. Na górną część tego wału nasadzony jest cylinder z 10 pionowymi wyłobionymi rowkami, czyli korbami, a nad nim drugi takiż cylinder, lecz z 10 korbami poziome-



Rys. 114. Wybieracz, przedstawiony schematycznie na rys. 113.

ny przekaźnik, to języczek jego podniesie środkowy wał stykowy o tyleż korbów w górę. Gdy uczynimy to samo z dolnym przekaźnikiem, to ten, wał, obróci się dokoła swej osi o tyle korbów, ile razy był poruszony dolny przekaźnik. Przyjmijmy dalej, że trzy przewody (rys. 113), które prowadzą do trzech ramion stykowych, są przewodami od abonenta, żądającego połączenia. Ma więc on możliwość, zapomocą pewnej liczby uderzeń prądu podnieść i obracać wał stykowy swego wybieracza, stosownie do życzenia; czyli, inaczej mówiąc, może ramię stykowe tego wału naprowadzać na każdy ze 100 kontaktów swego wybieracza.

Przyjmijmy nadto, że każdy ze stu abonentów posiada taki wybieracz z wałem stykowym, złączonym z trzema przewodami abonenta. Następnie kontakty kompletów wszystkich tych wybieraczy są połączone na tej samej zasadzie, jak w centralach ręcznych; mianowicie — na zasadzie t. zw. przełączników wielokrotnych. Rozumieć to należy w ten sposób, że przewód abonenta, dajmy na to Nr. 54, jest doprowadzony nie tylko do wału stykowego wybieracza tego abonenta, lecz rozgałęzienia od tego wybieracza są połączone również ze 100 kontaktami Nr. 54 wszystkich stu wybieraczy.

Dalej przypuścimy, że jakiśkolwiek inny abonent chce wywołać Nr. 54. Wtedy przedewszystkiem daje on ze swego aparatu przez swój przewód pięć uderzeń prądu do przekaźnika swego wybieracza i w ten sposób podnosi wał stykowy o pięć korbów; tak że wał staje na wysokości warstwy pięćdziesiątej. Następnie daje cztery uderzenia i obraca ten wał o tyle,



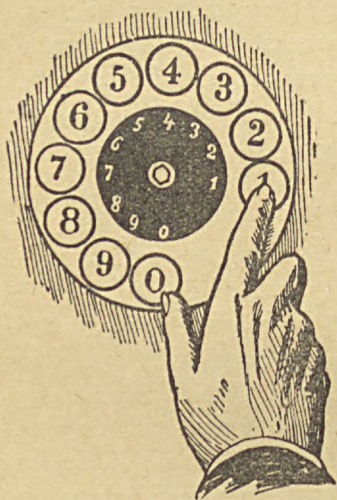
że ramiona stykowe będą leżały w granicach tej pięćdziesiątej warstwy, na kontakcie Nr. 54. W ten więc sposób połączenie z abonentem Nr. 54 jest dokonane. Praktyka nadto wymaga, aby — o ile przewód jest wolny — jednocześnie automatycznie zadźwięczał sygnał, przywołującyżądanego abonenta

Nr. 54, lub też, gdy nie można się połączyć — aby abonentowi wywołującemu był podany jakiś odpowiedni sygnał, powiadamiający go, że linja jest zajęta. I te kwestje też dają się rozwiązać zapomocą odpowiedniego zestawienia elektrycznych przekaźników.

Najpierw więc rozpatrzmy urządzenie aparatu abonenta, dające mu możliwość wykonywania najprostszym a pewnym sposobem uderzeń prądu, niezbęd-

Rys. 116. Tarcza z numerami telefonu automatycznego.

nych dla dokonania połączenia. Zewnętrznie można łatwo poznać telefon automatyczny po tarczy, dzisiaj już powszechnie dobrze znanej, umocowanej na przedniej stronie aparatu, mogącej obracać się i posiadającej 10 otworów, pod którymi znajdują się cyfry od 1 do 0. (Rys. 117). Tarczę tę obraca się dopiero po zdjęciu słuchawki z widełek lub haczyka —



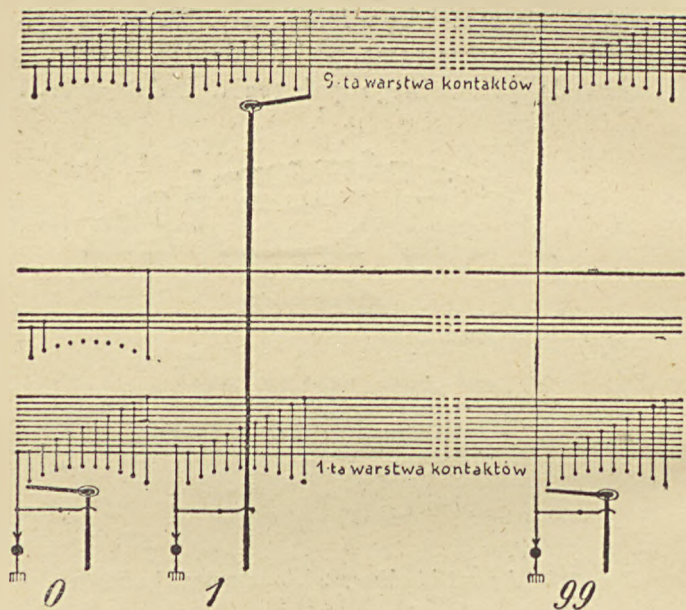
gdy abonent, np. stunumerowej centrali telefonicznej, chce w opisany sposób wywołać tenże Nr. 54. Zdjąwszy słuchawkę, wkłada on palec w otwór tarczy nad cyfrą 5 i obraca tarczę w kierunku ruchu wskazówek zegara dotąd, aż palec jego uderzy o widoczną od prawej strony, zastawkę wdole tarczy. Wówczas wyjmuje palec, a tarcza sama, pod działaniem sprężyny, powraca do pierwotnego położenia. Dalej wkłada



Rys. 117. Aparat biurkowy telefonu automatycznego

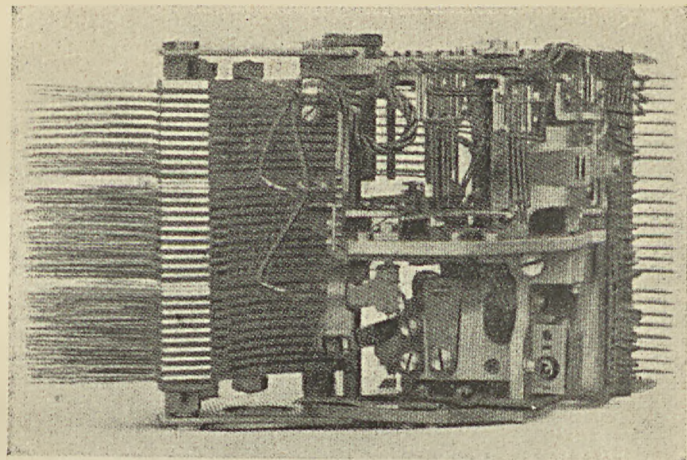
znów palec w otwór nad cyfrą 4, znów obraca tarczę aż do zastawki, i znów tarcza powraca zpowrotem; i — połączenie skuteczzone. To wszystko jednak, dające się łatwo opowiedzieć w paru słowach, w rzeczywistości jest przebiegiem niezmiernie skomplikowanym i bardzo starannie przemyślanym. Obracanie tarczy do zastawki jest czynnością samego abonenta. Jednakowoż, jak wiadomo, ludzie mają różne temperamety. Człowiek gwałtowny będzie obra-

cał tarczę za prędko, flegmatyczny — za powolnie; przekaźniki zaś w centrali wymagają uderzeń prądu, trwających pewien określony czas. Dlatego też rzecz jest tak urządzona: wtedy, gdy abonent obra-

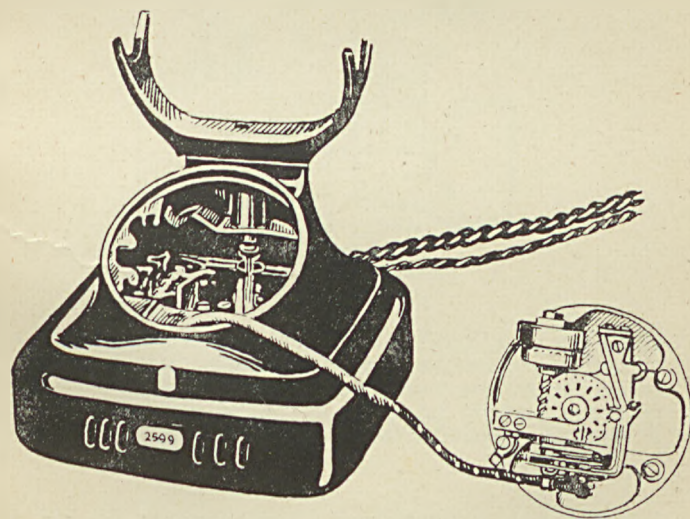


Rys. 119. Schemat centrali automatycznej dla stu abonentów. Grupa z dziesięciu przewodów odpowiada warstwie wybieracza, posiadającej dziesięć kontaktów. Całkowicie przedstawiono tylko zerową dziewiątą warstwę dziesięciu kontaktów. Abonent Nr. 1 połączył się z abonentem Nr. 99 w ten sposób, że najpierw podniósł wał swego wybieracza do dziewiątej warstwy dziesięciu kontaktów, a następnie nastawił na dziewiąty kontakt.

ca tarczę w kierunku zastawki, nie dzieje się nic; dopiero, gdy puszczone tarcza sama powraca do normalnego położenia, następują przerywania prądu



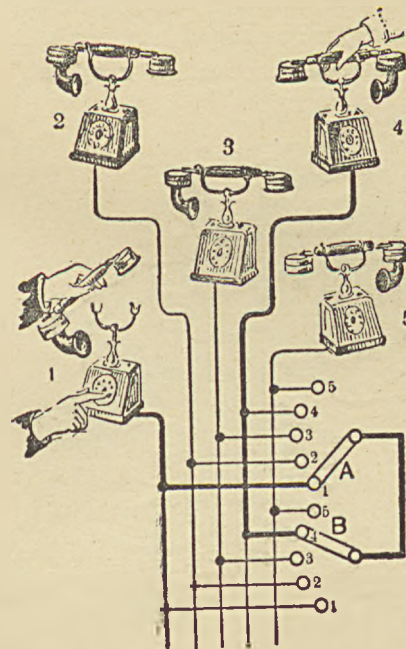
Rys. 115. Ten sam wybieracz, jak na rysunku 114, tylko we współczesnym wykonaniu.



Rys. 118. Aparat telefoniczny, przedstawiony na rys. 117, otwarty. Zewnętrzna tarcza z numerami jest połączona za pomocą koła zębatego z hamulcem odśrodkowym (na lewo).



du. To powracanie, oczywiście, jest najzupełniej niezależne od usposobienia abonenta. Tarcza bowiem pociągana jest zpowrotem przez sprężynę, o ustalo-

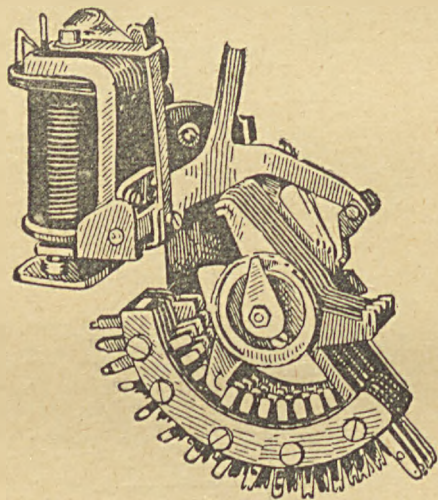


Rys. 120. Schemat domowej sieci telefonicznej dla pięciu abonentów. Każdy abonent posiada w centrali jeden wybieracz z pięcioma kontaktami. Abonent Nr. 1 połączył się z abonentem Nr. 4 w ten sposób, że, obracając tarczę z numerami swego aparatu, spowodował w centrali styk ramienia B z Nr. 4.

nej raz na zawsze mocy, regulowaną nadto przez hamulec odśrodkowy (rys. 117 i 118); tak że to samoczynne powrotne obracanie się tarczy jest stale i zawsze, do ułamka sekundy, jednakowe, i wobec

tego wywoływane uderzenia prądu mają wymaganą długość trwania.

W dotychczasowych opisach poznaliśmy wybieracz ze stu kontaktami, który, przez dwukrotne działanie tarczy z numerami, zapewnia bezpośrednie połączenie dwóch abonentów z ogólnej liczby stu



Rys. 121. Wybieracz przedwstępny z trzema warstwami kontaktów po dziesięć w każdej.

(rys. 119). Rysunek zaś 120 wyobraża, również łatwe do zrozumienia, urządzenia dla pięciu rozmówców. Jak było jednak wzmiankowane w początku, liczba abonentów w wielkich miastach bywa i ponad 20000. Aby więc i przy takiej ilości ustanowić łączenie automatyczne, konieczne są jeszcze inne urządzenia. Zrazu powstała myśl ewentualnego powięk-

szenia samych, pojedynczych wybieraczy. Pomysł jednak zbudowania takich wybieraczy, któreby posiadały 100 warstw kontaktów o 100 kontaktach w każdej, czyli ogółem rozporządzałyby 10000 kontaktów, jest z punktu widzenia technicznego co najmniej niewykonalny, a pod względem ekonomicznym — niemożliwy. Raczej więc należało pozostawić dotychczasowe normalne wybieracze centrali automatycznej, ze 100 kontaktami, a ze względów ekonomicznych zastąpić je w pewnej części innymi, jeszcze prostszymi aparatami, tylko z jednym pierścieniem o  $3 \times 10$ , t. j. 30 kontaktach, t. zw. przedwybieraczami, czyli wybieraczami przedwstępnymi, jakie przedstawia rysunek 121, a o których właśnie będzie niżej mowa.

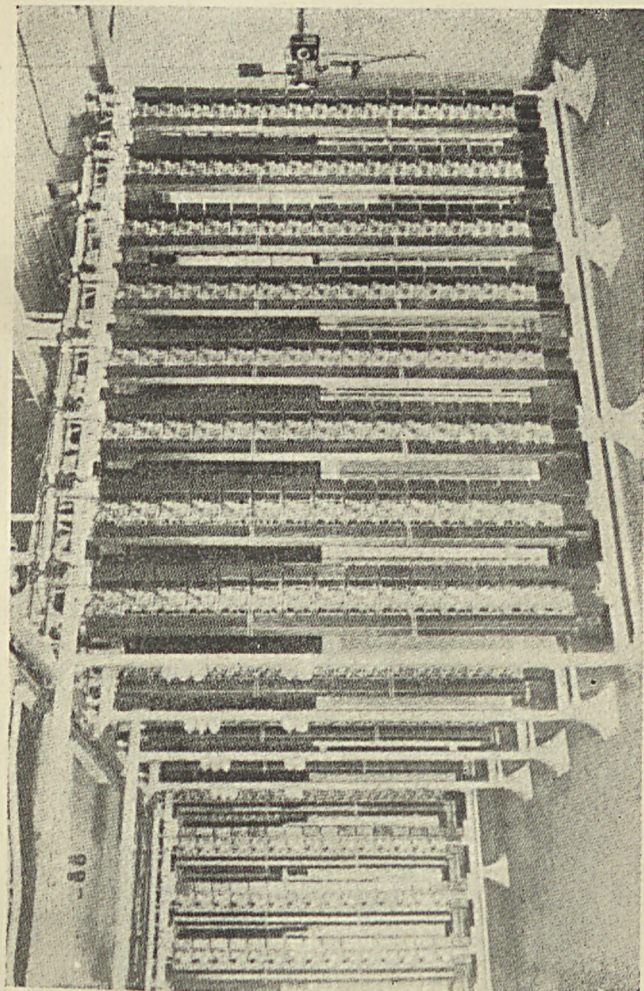
Rozpatrzmy teraz centralę automatyczną, posiadającą 1000 abonentów. Wszystkich tych abonentów można w centrali rozłożyć w grupy po 100 abonentów w każdej. Wówczas powstaje zagadnienie: jakim sposobem abonent jednej grupy stu może uzyskać połączenie z abonentem innej grupy stu? Da się to osiągnąć tym sposobem, że wybieracz danego abonenta nie będzie wybierał samych przewodów, lecz jedynie wspomniane grupy. Zobaczmy zaraz jak się to odbywa.

Przypuśćmy, że abonent Nr. 235 takiej centrali chce połączyć się z abonentem Nr. 856. Rozumując według tego cośmy opowiedzieli poprzednio, musiałby on postępować w następujący sposób. Po zdjęciu słuchawki z widełek przekreśli przede wszystkim tarczę swego aparatu, zaczynając od cyfry 8; tem pośle on osiem uderzeń prądu do swe-

go wybieracza w centrali i podniesie jego wał stykowy do ósmej warstwy kontaktów. Wszystkie jednak 10 kontaktów tej grupy są złączone z przewodami 10 wybieraczy grupy abonentów od Nr. 800 do 899. Następnie mechanizm przekaźnika jest urządzony tak, że ramię stykowe wybieracza, po tem, gdy wskutek przekręcenia tarczy na cyfrze osiem, dosięgnęło ósmej warstwy, przesuwa się w dalszym ciągu już samoczynnie od kontaktu do kontaktu, aż znajdzie jakiś wolny, t. j. dojdzie do niezajętego w jakikolwiek sposób wybieracza w tej grupie numerów 800—899. Na tym kontakcie ramię zatrzyma się, i tym sposobem abonent Nr. 235 jest przez wybieracz grupowy połączony z jednym stukontaktowym wybieraczem tej właśnie grupy numerów 800—899 tak, jak gdyby był on bezpośrednim abonentem z tej grupy, obejmującej jedynie sto rozmównic.

Gdy dalej, przekręci on na swej tarczy 5 i 6, to przez to wprawi w działanie ten wybieracz zwykły, który będziemy już nazywali wstępnym, grupy 800—899, który mu znalazł jego wybieracz grupowy, w sposób przedstawiony wyżej przy opisie prostej centrali tylko na stu abonentów; t. j. abonent w tej grupie, zawierającej cyfry od 800—899, wybierze dziesiątki i jednostki liczby 56 i tym sposobem zostanie połączony z abonentem Nr. 856.

Taki, obliczony na tysiąc abonentów układ wybieraczy grupowych, daje się już rozwinąć bez żadnych trudności dalej na dziesiątki lub setki tysięcy abonentów. Np. bowiem przy centrali na 10000 abonentów pierwszy właściwy wstępny wybieracz abenta pracuje jako wybieracz grupowy grup tysięcznych;



Rys. 122. Sala w centrali automatycznej. Wszystko odbywa się bez ludzkiej pomocy; pracują tylko automaty.

to znaczy, że 100 kontaktów pierwszego jego pierścienia jest złączone z 10 wybieraczami grupowemi 1-go tysiąca; dalej — 10 kontaktów jego drugiego pierścienia — z 100 wybieraczami grupowemi drugiego tysiąca i t. d. Gdy więc abonent chce wywołać np. Nr. 5856, to: najpierw przekręca na tarczy cyfrę 5 i przez to podnosi ramię stykowe swego wybieracza grupowego do piątej warstwy kontaktów, której 10 kontaktów jest złączonych z 10 wybieraczami grupowemi piątego tysiąca. Gdy zaś ramię stykowe dosięgnie tej piątej warstwy, to będzie ono przesuwawało się samoczynnie, aż znajdzie wolny wybieracz grupy tego piątego tysiąca.

Dalej, przekręca abonent na tarczy cyfrę 8 i tem wywołuje działanie tego wybieracza grupowego piątego tysiąca, który znalazł mu jego pierwszy wstępny wybieracz właściwy. Wał więc stykowy tego drugiego wybieracza grupowego podniesie się wskutek tego do ósmej warstwy kontaktów, której 10 kontaktów jest złączonych z 10 wstępnymi wybieraczami grupy cyfr 5800 i, znów podobnie, przesuwa się od kontaktu do kontaktu, aż znajdzie swobodny wybieracz wstępny tej grupy. Przez następne wreszcie przekręcenie na tarczy cyfry 5 i 6 abonent usianawia ostatecznie, wewnątrz grupy 5800—5899, żądane połączenie z numerem 5856.

Z powyższego przedstawienia wynika, że wybieracze grupowe, aczkolwiek zewnętrznie są całkowicie podobne do wybieraczy wstępnych, pracują zasadniczo jednak odmiennie od nich. Ponieważ wówczas, gdy abonent, zapomocą wstępnego wybieracza, sam kieruje, przekręcając cyfry na tarczy, ruchami piono-



wemi i obrotowemi wała stykowego, to przy wybieraczu grupowym powoduje on tylko ruchy w górę i w ten sposób wyszukuje jedynie pewnej potrzebnej grupy setek lub tysięcy. Dopiero zaś wybieracz wstępny sam poszukuje samoczynnie wewnątrz tej grupy, na 10 kontaktach właściwej warstwy, kontaktu wolnego, t. j. rozporządzalnego wybieracza wstępnego.

A więc w centrali na 9999 abonentów niezbędne są trzy wybieracze, a mianowicie: jeden wybieracz grupowy na tysiące, jeden taki sam na setki i jeden wstępny na dziesiątki i jednostki.

Byłoby jednak błędem wyciągać od razu z tego wniosek, że dla każdego poszczególnego abonenta niezbędne zawsze są wszystkie trzy wybieracze, t. j. że taka centrala musiałaby posiadać 30000 wybieraczy. Nie można bowiem zapominać o tem, że istotne użytkowanie przez abonenta jego linii telefonicznej jest stosunkowo bardzo nieznaczne. Można przyjąć, jako dane przeciętne, że każdy poszczególny abonent korzysta ze swego telefonu zaledwie 24 godziny w ciągu doby, t. j. użytkowuje zaledwie 10% całego czasu, a przez pozostałe 90% telefon jest nieczynny. Okoliczność ta właśnie powoduje, że ilość istotnie posiadanych przez centralę wybieraczy jest o wiele mniejsza, niż potrzebna teoretycznie, ponieważ trudno przypuszczać, aby każdy abonent istotnie rozmawiał przez telefon przez całe 100% rozporządzalnego czasu.

Oszczędność ta poczyna się już u pierwszego wybieracza wstępnego, jaki posiadać musi każdy abonent u końca swego przewodu telefonicznego. Mia-

nowicie — odrzuca się myśl stosowania u końca każdego poszczególnego przewodu telefonicznego stukontaktowego wybieracza grupowego, który zresztą pozostawałby tam przez 90% czasu najzupełniej bezczynnym, natomiast zastępuje się go o wiele mniejszym i odpowiednio tańszym aparatem, t. zw. wybieraczem przedwstępnym, którego wygląd przedstawia rysunek 121.

Wyberacz przedwstępny ma tylko jeden komplet  $3 \times 10$ , t. j. 30 kontaktów, które są złączone z 10 wybieraczami grupowymi pierwszej grupy. Jak tylko abonent zdejmie słuchawkę z widełek i jeszcze nie zacznie obracać tarczy z cyframi, wybieracz przedwstępny, który, w czasie gdy słuchawka leży na widełkach, znajduje się w stanie spokoju, poczyna samoczynnie poruszać się pęty, aż trafi na jakiś wolny kontakt, czyli na jeden swobodny wybieracz grupowy pierwszej grupy.

Najłatwiej będzie zrozumieć ten przebieg na centrali automatycznej, gdy porównamy go z podobnymi czynnościami na centrali ręcznej. Gdy abonent centrali ręcznej zdejmie z widełek słuchawkę, to w centrali zapala się lampa, t. zw. przyzywająca. Telefonistka ujrawszy światło, niezwłocznie, jak tylko załatwi poprzednie połączenie, włącza się w przewód tego nowego wywołującego abonenta, daje mu znak, przez powiedzenie swego osobistego oficjalnego numeru lub inaczej, że jest gotowa i czeka na polecenie; poczem, usłyszawszy żądany przez abonenta numer, dokonywa niezwłocznie połączenia. Naturalnie powinno to wszystko zająć kilkanaście sekund; w praktyce jednak ciągnie się, jak to wia-

domo, często bardzo o wiele dłużej, zanim telefonistka, od chwili zapalenia się lampki sygnałowej przyzywającej, zajmie się tym wywołującym abonentem.

W przeciwieństwie do tego, abonent centrali automatycznej posiada w tym wybieraczu przedwstępnym swoim jakby własnego prywatnego urzędnika, przeznaczonego tylko dla siebie w centrali i czekającego stale w gotowości na polecenia. I jak tylko abonent zdejmie słuchawkę z widełek, natychmiast poczyną on manipulować i wynajduje abonentowi swobodny wybieracz grupowy. Kiedy zaś abonent wkłada palec w otwór tarczy, aby nakręcić potrzebną cyfrę, wybieracz przedwstępny już ukończył swą pracę, i pierwszy obrót tarczy będzie działał — np. przy centrali na sto tysięcy abonentów — na jeden ze stu tysięcy wybieraczy grupowych. Przy pięciocyfrowych numerach abonentów całe wykonanie połączenia automatycznego zabiera około 10 sekund czasu, co w porównaniu z przebiegiem przy łączeniu ręcznym jest wielkim postępem.

Zwiedzenie centrali automatycznej daje pewne swoiste wrażenie (rys. 122). Na olbrzymich żelaznych podstawach, sięgających do sufitu sali, umocowane są tysiące wybieraczy i przekaźników; w przeciwieństwie do centrali ręcznej, przepełnionej telefonistkami i pracownikami, sala ta jest pusta, prawie bez człowieka. Jedynie tylko same wybieracze pracują niezłomnie: łączą sznury, dźwięczą, trzaskają, stukają, dokonywają połączeń i rozłączają je zpowrotem. W ten więc sposób maszyna samoczynnie wykonywa pracę, która doniedawna jeszcze obarczała ludzi.

## VIII

### ELEKTRYCZNE MASZYNY MÓWIĄCE

Już od paru dziesiątków lat, z doświadczenia z telefonami wiadomo, że elektryczność i elektromagnetyzm są środkami, nadającymi się wysmienicie do przenoszenia fal dźwiękowych. W ten sposób z tych fal można, przy zastosowaniu stosunkowo prostych urządzeń, przetwarzać mowę ludzką w prąd elektryczny, pulsujący ściśle z rytmem fal dźwiękowych, przemieniać ten prąd zpowrotem, na dowolnej jakiej się chce odległości, w fale dźwiękowe, czyste i najdokładniej zrozumiałe.

Środkiem, który daje nam możliwość osiągnięcia pierwszej części wzmiankowanego zadania, jest mikrofon. Zasadniczą częścią jego jest niewielka ilość drobniutkich ziarenek węgla, umieszczonych pomiędzy elastyczną membraną węglową, a mocną ścianką metalową. Gdy mówi się tuż przy membranie, to poczyną ona drgać zgodnie z uderzającymi w nią falami dźwiękowymi i ścisnąć ziarenka węgla, więcej lub mniej, przez co odpowiednio zmienia się przewodnictwo elektryczne między membraną, a ścianką metalową zgodnie z rytmem fal dźwiękowych. Jeżeli połączymy membranę i ściankę metalową z biegunami jakiegoś źródła elektryczności, to w utworzonym w ten sposób obwodzie poczyną przepływać prąd elektryczny, którego zmiany natężenia będą dokład-

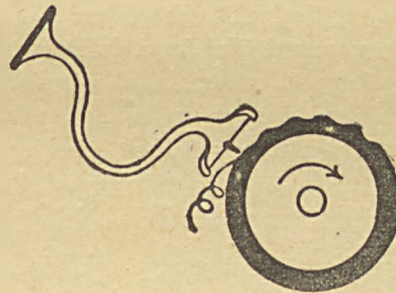
nem odbiciem fal dźwiękowych uderzających w membranę.

Ten pulsujący w obwodzie mikrofonu prąd stały daje się bardzo łatwo, przy pomocy małego i prostego transformatora czyli przetwornika przemieniać w prąd zmienny, t. j. w prąd, którego kierunek i natężenie ciągle się zmienia lecz który formą swych wahań powtarza wiernie fale dźwiękowe padające na membranę.

Przyrządem, który przemienia taki prąd zmienny zpowrotem w fale dźwiękowe mowy, jest telefon elektromagnetyczny. W głównych częściach swych składa się on z silnego magnesu stalowego z dwiema nasadami biegunowymi z miękkiego żelaza. Na nasadach tych są umieszczone dwie cewki z nawiniętym na nie drutem, przez które przepływa prąd zmienny, idący od przetwornika i, stosownie do swego każdorazowego kierunku i siły, działa to wzmacniająco to osłabiająco na siłę przyciągającą magnesu. Dalej, tuż przed biegunami magnesu znajduje się silnie umocowana brzegami cienka membrana żelazna, która, drgając odpowiednio do wahań siły przyciągającej magnesu, wprawia w drgania otaczające powietrze i tym sposobem, w miejscu gdzie przyjmuje się telefon, wywołuje drgania dźwiękowe, takie same i w tej samej chwili, jakie są nadawane mikrofonowi w miejscu, gdzie mówi się w telefon.

W ten sposób oto naszkicowane urządzenie obwodu telefonu z mikrofonem jest dzisiaj w użyciu w milionach sztuk w komunikacji telefonicznej i dozwala przenosić po drutach telefonicznych mowę ludzką na wielkie odległości. Wobec tego zupełnie

naturalną jest myśl — czy nie dałoby się zapomocą tego samego lub przynajmniej bardzo podobnego, urządzenia zwyciężyć nietylko przestrzeń, lecz i czas, i zbudować taki przyrząd, któryby drogą elektromagnetyczną dawał to samo, albo może i więcej nawet, jak dają znane oparte na zjawiskach czysto akustycznych przyrządy takie jak fonograf (rys. 123).



Rys. 123. Zasada fonografu i gramofonu.  
Fale dźwiękowe zapisuje się na odpowiedniej płycie.

Pierwszym kto, przed dwudziestu pięciu laty, podjął tę myśl i w pewnym stopniu zapoczątkował praktyczne wprowadzenie jej w czyn był duński inżynier Valdemar Poulsen. Po nim zajmowali się tem zagadnieniem fizycy amerykańscy i inni, i w wyniku ich prac powstały odpowiednie przyrządy, będące jaknajdoskonalszemi dziełami, tak pod względem działania jak konstrukcji technicznej.

Częścią przyjmującą dźwięki mowy jest w takim przyrządzie obwód mikrofonowy, złączony w opisany wyżej sposób ze zwykłym przetwornikiem. Zapomocą tego urządzenia prąd zmienny zostaje wpra-

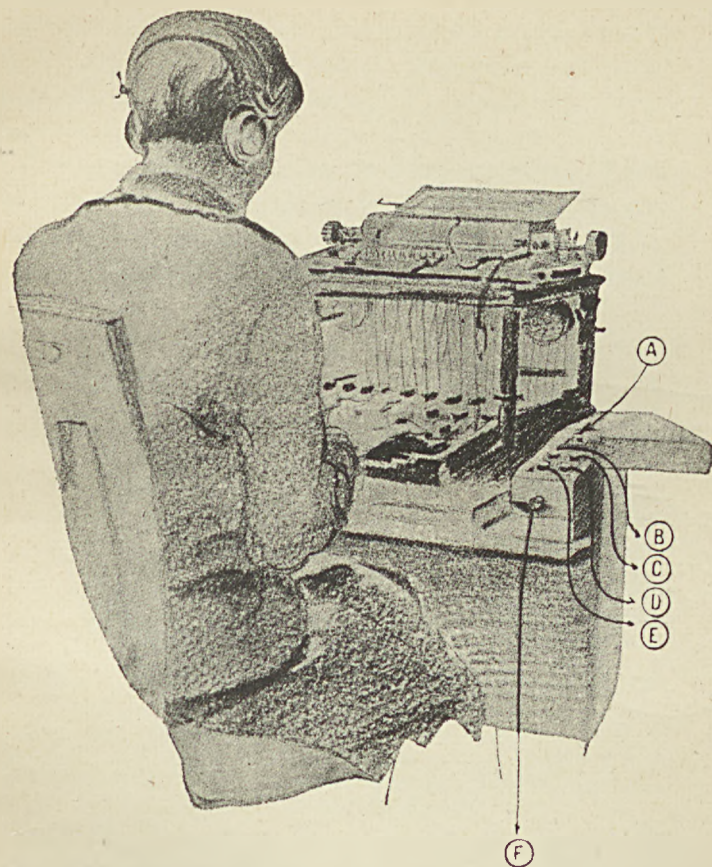
wiany, jak powiedziano poprzednio, w rytm fal dźwiękowych mowy.

Idzie jednak o to, aby można było tym prądem zmiennym wywoływać taką magnetyzację lub zmiany magnetyczne, któreby, przy użyciu jakiegoś innego jeszcze aparatu, pozwalały wypowiedane do mikrofonu słowa odtwarzać ponownie w dowolnym czasie i dowolną ilość razy. Rozwiązanie tego zagadnienia nie jest jednak tak łatwe, jakby mogło wydawać się z samej idei jego. Nie można bowiem zapominać o tem, że mowa ludzka wytwarza około 1000 fal dźwiękowych na sekundę; a więc gdyby chciało się utrwalić sposobem elektromagnetycznym półgodzinną mowę, to trzeba byłoby wykonać 1,8 miliona magnetycznych odbitek fal dźwiękowych.

Zarówno też nie mogą być zbyt wielkie same te części stalowe aparatu, które przyjmują magnetyczne obrazy — tak z punktu widzenia technicznego jak i ekonomicznego, ponieważ inaczej podnosiłoby do niedopuszczalnej wysokości koszt tych aparatów.

Wciągu długich lat wypróbowywano najrozmaitsze taśmy stalowe, druty wszelakich przekrojów oraz tarcze stalowe, na które namagnetyzowano drgania dźwiękowe, w formie linii spiralnej, podobnej całkowicie do linii na zwykłych płytach gramofonowych. Najlepsze rezultaty osiągnięto wówczas, gdy wybrano, jako najodpowiedniejszy nośnik dla tych magnetycznych obrazów, drut stalowy o średnicy zaledwie 0,3 mm.

Podczas działania aparatu, jakkolwiek mechanizm napędowy odwija ten drut z jednej szpuli i na-

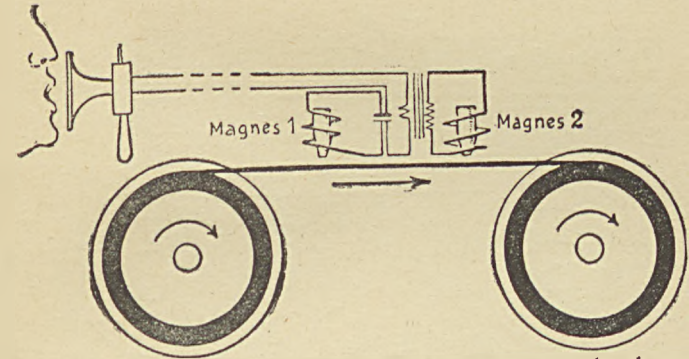


Rys. 126. Dyktafon. Przepisywanie na maszynie. Maszynistka pisze obiema rękami, kierując maszyną do dyktowania zapomocą nóg. Aparat posiada kilka przycisków z napisami: A — dzwonek do miejsca, gdzie odbywa się dyktowanie. B — wprzód, C — wtył, D — stop, E — powtórzenie, F — przełącznik na zapisywanie lub nadawanie.



wija na drugą, a jednocześnie część drutu między obydwoma szpulami, prosta, przechodzi pod elektromagnesami, które namagnetyzowują na niego drgania dźwięków mowy.

Następną, też nie łatwą do rozstrzygnięcia, kwestję stanowiła prędkość, z jaką drut ten miał być przesuwany. Jak było powiedziane wyżej — normalna mowa ludzka wywołuje 1000 drgań dźwiękowych

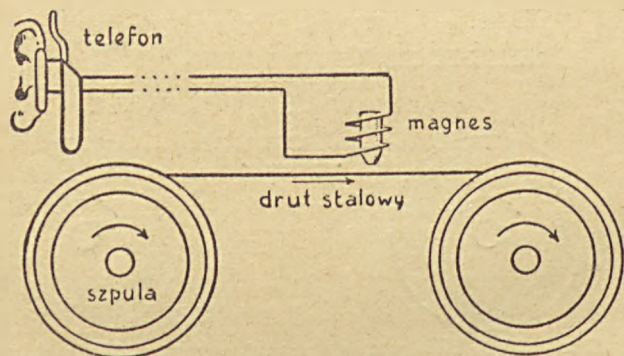


Rys. 124. Zasada elektromagnetycznej maszyny mówiącej, zapisywanie dźwięków.

Stalowy drut przedewszystkiem przesuwany obok magnesu gaszącego, (magnes 1) zasilanego stałym prądem elektrycznym, a następnie drugi magnes, (magnes 2) zasilany prądem zmiennym namagnetykuje na nim dźwięki.

na sekundę. Prędkość więc przesuwania drutu musi być zależna bezpośrednio od tej długości drutu, która jest niezbędna dla umieszczenia na niej magnetycznego obrazu jednej fali dźwiękowej. Stosunek, jaki właśnie zachodzi tutaj, można najłatwiej uświadomić sobie przez porównanie tego namagnetyzowania na drut drgań dźwiękowych z zapisywaniem papieru zapomocą ołówka. Oczywiście jest bez wy-

jaśnień, że cienkim i bardzo zaostrzonym ołówkiem, można w tym samym czasie napisać, o wiele drobniejszym pismem i o wiele więcej liter, niż np. grubym i tępym ołówkiem ciesielskim. Stosując odpowiednio precyzyjne i skupione na możliwie najmniejszej przestrzeni urządzenia elektromagnetyczne, które namagnetyzowują na drut drgania, zdołano sprowadzić niezbędną dla zmieszczenia jednego drga-



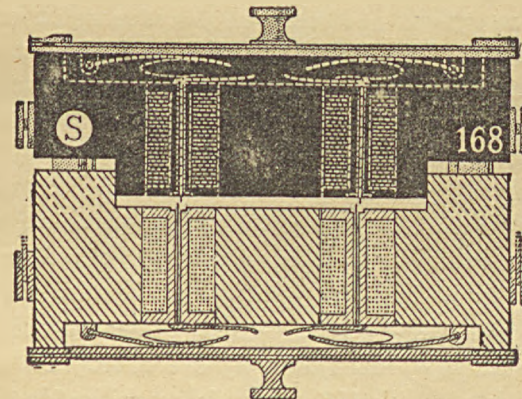
Rys. 125. Zasada elektromagnetycznej maszyny do dyktowania; odtwarzanie dźwięków.

Zwoje elektromagnesu połączone są z telefonem. Przesuwający się stalowy drut wywołuje w zwojach elektromagnesu zmienny prąd elektryczny, który w telefonie przetwarza się na dźwięk.

nia długość drutu, do 1 milimetra; czyli że więc — dla przyjęcia 1000 drgań dźwiękowych w ciągu jednej sekundy wystarczała szybkość przesuwania drutu — 1000 mm., t. j. 1 metr na sekundę.

W porównaniu z poprzednimi próbami, przy których drut przebiegał trzy lub więcej metrów w ciągu sekundy, stanowi to wielki postęp. Mimo to jednak

i tu okazują się niezbędne znaczne ilości drutu. Tak na przykład jeden z takich przyrządów do dyktowania, t. zw. elektromagnetyczny dyktafon przedstawiony na rysunkach 126 i 127 zawiera na obydwóch szpulach 7,5 km. drutu stalowego, czyli długości jednej mili geograficznej; waga tego drutu natomiast wynosi zaledwie 4,25 kg., czyli tutaj okazuje się korzyść małych średnic stosowanego drutu. Dozwala



Rys. 128. Odbieracz dźwięków maszyny do dyktowania.

W rozdzielonej na dwie części ebonitowej skrzynce znajdują się dwa układy magnetyczne. Obie cewki każdego układu są nieco przesunięte względem siebie. Górna połowa: widok zewnętrzny, kreskowanymi liniami zaznaczono części wewnętrzne. Dolna połowa: przekrój podłużny.

to zarazem otrzymywać przy takiej długości całego drutu wagę jego tak nieznaczną, że może on być z łatwością przesuwany przez mechanizm napędowy, a obracające się z nim szpule szybko i od razu puszczane w ruch lub zatrzymywane. Ta okoliczność ma właśnie wielkie znaczenie przy dyktafonie, ponieważ osoba zapisująca dyktowany tekst musi mieć

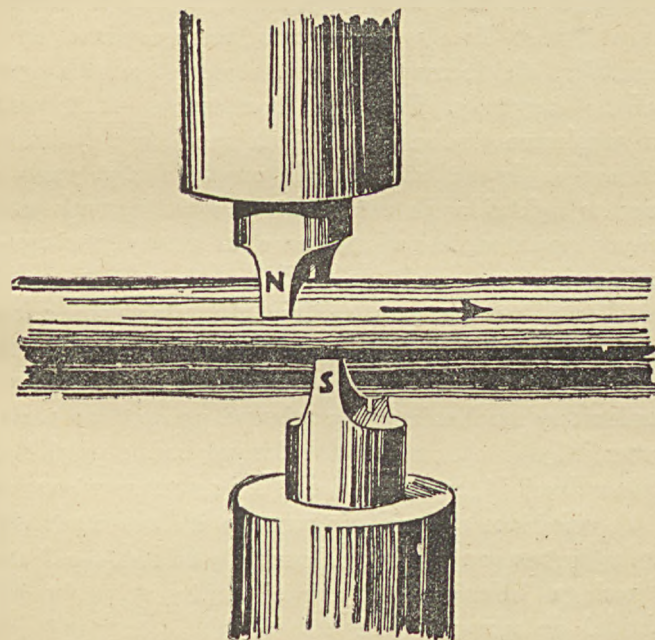
możność, w każdej chwili odrazu, stosownie do tego czy dyktujący mówi czy też przerywa, puszczać w ruch lub zatrzymywać aparat.

Rozpatrzmy teraz urządzenie elektromagnetyczne, które namagnetyzuje na drut drgania dźwiękowe. Urządzenie to t. zw. odbieracz dźwięków, umieszczone jest w czworokątnej skrzynce ebonitowej, długości 6, szerokości 2 i wysokości 4 cm. Jak widać na rysunku 128 skrzynka ta wewnątrz jest rozdzielona na dwie części i posiada w nich dwa całkowicie niezależne od siebie układy magnetyczne, których urządzenie elektryczne jest przedstawione schematycznie na rysunku 124.

Każdy z tych układów składa się, jak to właśnie widać, z dwóch oddzielnych, znajdujących się w górnej i w dolnej częściach odbieracza, cewek z kości słoniowej, owiniętych cieniutkim drutem miedzianym i posiadających wewnątrz otworu środkowego cienki okrągły rdzeń żelazny o średnicy 1 mm. Jak wskazuje rysunek 128 obiedwie cewki każdego układu są przesunięte względem siebie zaledwie około 1 mm., a obydwa rdzenie obejmują swemi widelkowatemi końcami przesuwający się drut w ten sposób, że między nimi pozostaje szczelina szeroka około 0,3 mm.; przesuwający się drut znajduje się więc pod działaniem pola magnetycznego rozciągającego się między obydwojma rdzeniami. Rysunek 129 przedstawia właśnie w pięćdziesięciokrotnym powiększeniu drut stalowy, grubości 0,3 mm. między końcami dwóch rdzeniów N i S.

Oczywistem jest, że przy takim układzie musi powstawać magnetyzm poprzeczny, jak to właśnie

wskazuje rysunek 130, przedstawiający przebieg linii sił magnetycznych. Zastanawiające jednak jest przytem, że nie udało się nigdy tego namagnesowania uwidocznnić naocznie, pomimo wielokrotnego



Rys. 129. Przesuwający się stalowy drut i obejmujące go rdzenie elektromagnesów.

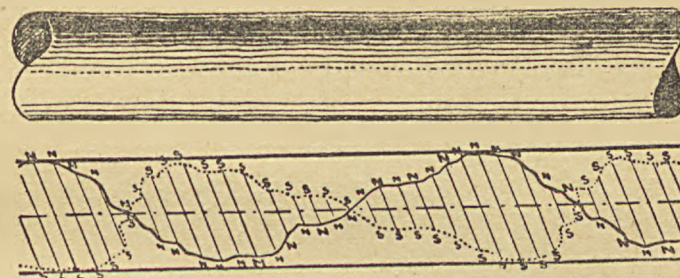
osypywania świeżo i silnie namagnesowanego drutu sproszkowanym żelazem.

Przy przyjmowaniu dyktanda (rys. 124) drut stalowy przechodzi w odbieraczu przedewszystkiem przez pierwszy układ magnetyczny, który nazywają gaszącym. W uzwojeniu tego układu pojawia się

słaby prąd stały; powstaje więc również stałe namagnesowanie obydwóch rdzeniów magnesów, które działają na przebiegający między nimi drut w taki sposób, że wszystkie namagnetyzowane poprzednio na ten drut drgania dźwiękowe zostają zniweczone. Tem właśnie urządzeniem przewyższa dyktafon elektromagnetyczny, stosowane jako dyktafony fonografy. Przy nich bowiem raz użyte walce woskowe trzeba naprzód na specjalnych maszynach zeszlifować, zanim będą mogły służyć ponownie; w dyktafonach zaś elektromagnetycznych usunięcie poprzednio nadanej na drut mowy następuje całkowicie automatycznie. Również — gdy walce woskowe po każdym szlifowaniu stają się coraz cieńsze i rychło muszą być zastępowane całkowicie nowymi, to drut dyktafonu pozostaje najzupełniej nie zmieniony mechanicznie, ponieważ podlega on wpływom jedynie elektromagnetycznym; może więc być, przynajmniej teoretycznie, ciągle i na nowo używany.

Po minięciu rdzenia pierwszego układu magnetycznego, gaszącego, drut odsuwa się od niego o 2 cm. i wciągu jednej pięćdziesiątej części sekundy dochodzi do rdzenia układu drugiego, właściwego — oddającego mowę (rys. 124). W uzwojeniu tego układu powstają prądy elektryczne zmienne, wywoływane w obwodzie mikrofonu przez dyktującego w mikrofon. Ponieważ zaś prądy te, jak było powiedziane, zmieniają się w rytm drgań dźwiękowych mowy, to muszą one wywoływać magnetyzację poprzeczną przesuwającego się drutu, również zmieniającą się, punkt za punktem, w rytm tych samych drgań dźwiękowych. Ze to istotnie odbywa się w ten sposób

i przytem nadto z nadspodziewaną ostrością i dokładnością, zobaczymy przy dalszem rozpatrywaniu sprawy.



Rys. 130. Drut stalowy w powiększeniu pięćdziesięciokrotnym. Pod nim przedstawiono schematycznie stan jego namagnesowania. Położenie skośnych kresek wskazuje przypuszczalne położenie „poprzecznych magnesów”, długość kresek — wartość namagnetyzowania. Odległość między dwiema kreskami odpowiada długości drutu wynoszącej 0,06 mm.

Teraz zaś przede wszystkim należy powiedzieć nieco jeszcze o innym wpływie tego drugiego układu magnetycznego. Przesuwający się drut zostaje przez pierwszy układ, można się wyrazić, oczyszczany ze wszystkich nadanych mu poprzednio obrazów dźwięków. Jednakże przytem zostaje w pewnym stopniu namagnesowany magnetyzmem trwałym stale i, jak wskazała praktyka, sprzeciwiającym się nieco przyjmowaniu nowych obrazów dźwięków. Dlatego też uzwojenie tego drugiego układu magnetycznego nie jest zasilane jedynie prądem, idącym od przetwornika i wywoływanym przez mówienie, lecz nadto dodatkowym bardzo słabym prądem stałym, który działa na drut odwrotnie niż układ ga-

szący. Dzięki temu urządzeniu wewnętrzny stan magnetyczny przesuwanego się drutu stalowego, jakby stwardniały od działania magnesu gaszącego, zostaje niejako spulchniony na nowo, i drut staje się niezmiernie czułym na odciskanie na nim nowych drgań dźwiękowych. To wtórne, skierowane przeciw gaszeniu, zachowanie się drutu wobec sił magnetycznych zostało nazwane polaryzacją magnetyczną. Przy nadawaniu więc na drut mowy — pierwszy układ magnetyczny odbieracza działa gasząco, drugi zaś w sposób polaryzujący i odciskający na drucie dźwięki mowy.

Wreszcie kończy się dyktowanie. Przez naciśnięcie odpowiedniego guziczka wprawiamy poruszający mechanizm cewek odbieracza, nie zawierających już prądu, w ruch zpowrotem tak długo, aż to miejsce drutu, na którym znajduje się początek dyktanda, znajdzie się ponownie w odbieraczu; i teraz można rozpocząć odbiór, czyli odtwarzanie na nowo zapisanego tekstu.

Sposób, w jaki odbywa się to, jest nader prosty. Przez naciśnięcie trzeciego guziczka, ten sam mechanizm zostaje wprawiony w ruch, znów naprzód, jednocześnie zaś końce cewek obydwóch układów magnetycznych połączone z dwoma końcami cewek drugiego telefonu (rys. 125).

To zaś, co teraz następuje, może być zgóry przepowiedziane na podstawie praw elektrodynamiki. Drut, w którym magnetyzm zmienia się bezustannie, przesuwa się między obydwoma żelaznymi rdzeniami

cewek i nadaje magnetyzm rdzeniom tkwiącym w cewkach odbieracza. Pod wpływem jednak tego magnetyzowania rdzeniów powstają w uzwojeniu cewek siły elektromagnetyczne, czyli prądy elektryczne, przebiegające ściśle w rytm odcisniętych na drucie magnetyzacji i wywołują w przyłączonym telefonie również ściśle odpowiednie drgania dźwiękowe — te same, które wywoływał dyktujący w mikrofon. I dopiero właśnie ten fakt — zadziwiająco czyste i wyraźne powtarzanie w telefonie przez przesuwanego się drut nadyktowanych słów — daje nam nie pozwalającą stwierdzić się inną drogą pewnością, że drut podczas dyktowania był istotnie namagnetyzowany poprzecznie, w rytm drgań dźwiękowych.

Jednocześnie zachodzi przytem jeszcze inne godne uwagi i zdumiewające zjawisko. Na podstawie wszystkich wiadomości, któreśmy zdobyli o zachowaniu się drutu stalowego przy nadawaniu mu dźwięków mowy (rys. 130), wyobrażamy sobie, że składa on się niejako z wielu setek tysięcy leżących poprzecznie w nim maleńkich magnesów różnej mocy. Leżą one w drucie nawiniętym na cewki obok siebie, zależnie od wzajemnego położenia zwojów drutu stalowego. Można więc byłoby się obawiać, że będą one działać na siebie, osłabiając się. Na szczęście to jednak nie zachodzi i drut z namagnesowaną na niego mową oddaje ją zpowrotem po upływie tygodni, a nawet miesięcy, prawie że zupełnie nie osłabioną, o ile tylko w tym czasie nie została ona „wygaszona” rozmyślnie.

Przy „odbiorze”, czyli odtwarzaniu na nowo dy-

ktanda, obiedwie cewki obydwóch układów magnetycznych zostają połączone całkowicie niezależnie od siebie z dwoma telefonami. Ponieważ zaś magnetyczne układy są oddalone od siebie o 20 mm., to każde miejsce przesuwanego się drutu stalowego przechodzi od jednego układu do drugiego w ciągu 1/50 sekundy. Skutkiem tego jedno ucho słuchającego słyszy dyktowane słowa o 1/50 sekundy później niż drugie. Ma tu więc miejsce to samo zjawisko stereoakustyczne, które konstruktorzy zwykłych aparatów mówiących lub grających starają się wytworzyć innymi sposobami (porównaj rozdział „Utrwalone dźwięki”).

W praktyce zaś to, zda się tak nieznaczne, opóźnienie słyszenia tekstu, podawanego przez jeden telefon, w stosunku do drugiego, okazuje się w istocie niezmiernie korzystnym dla czystości i wyrazistości odtwarzanej mowy. Wydaje się, że dźwięczy ona, można rzec, plastycznie, podobnie jak wydają się plastyczne przedmioty, gdy patrzy się na nie obydwoma oczami, wówczas gdy przy patrzeniu tylko jednym okiem brakuje wrażenia głębi przestrzeni.

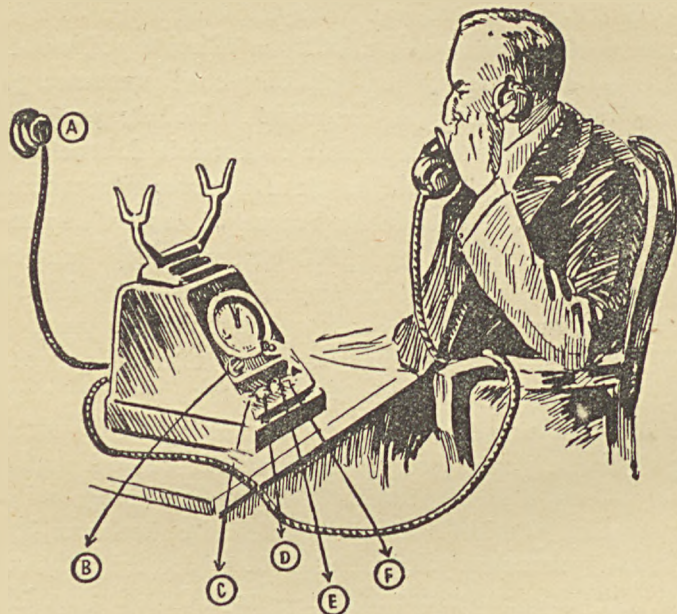
W ten sposób więc można słuchać zapisanego tekstu bądź wprost przez telefon, połączony z cewkami magnetycznymi, bądź też inną drogą; mianowicie — najpierw wzmocnić zapomocą ogólnie używanych wzmacniaczy, idący z cewek pod wpływem przesuwanego się stalowego drutu, słaby prąd i dopiero włączyć telefon.

W tem miejscu nie zawadzi zająć się jeszcze krótkim rozpatrzeniem samego zagadnienia energii. Skąd bierze się ta energia dźwiękowa, która w po-

staci powtarzanych dowolną ilość razy zapisanych słów dochodzi do naszych uszu, kiedy słuchamy dyktafonu nawet bez wzmacniacza? Dostarcza jej, tak samo jak w zwykłym gramofonie, mechanizm poruszający. W dyktafonie więc daje ją ten mechanizm napędny, który z jednej szpuli odwija a na drugą nawija drut stalowy oraz przesuwa go między biegunami magnesowemi. Należy przytem pamiętać, że dla wytworzenia całkowicie dobrze zrozumiałej mowy ludzkiej wystarcza nader nieznaczna ilość energii. Należycie zbudowany i zestawiony telefon, posiadający opór 200 omów, oddaje nawet przy średnim natężeniu prądu, wynoszącym 1/1000 ampera, mowę ludzką całkowicie dobrze słyszalną. Wogóle ilość energii, zużywanej w zamkniętym obwodzie prądu, równa się oporowi tego obwodu, wyrażonemu w omach, pomnożonemu przez kwadrat natężenia, przepływającego przez ten obwód prądu, wyrażonego w amperach. Dla wspomnianego więc wypadku wyniesie ona przy takim obliczeniu: 200 omów, pomnożonych przez 1/1000 w drugiej potęgde, t. j. 200 dzielone przez milion — czyli 0,0002 wata lub 0,2 miliwata. Ta ilość energii jest oczywiście znikomą małą i w stosunku do poprzednich wielkich ilości, niezbędnych do przewyciężenia tarcia, nie odgrywa wogóle żadnej roli.

Z całego przedstawionego wyżej porządku rzeczy wypływa, że zanim rozpocznie się wysłuchiwanie dyktafonu i ew. zapisywanie podawanego przez niego tekstu, przedewszystkiem należy koniecznie cofnąć drut stalowy na jego pierwotne miejsce, które zajmował przy rozpoczęciu dyktowania. Przy ruchu

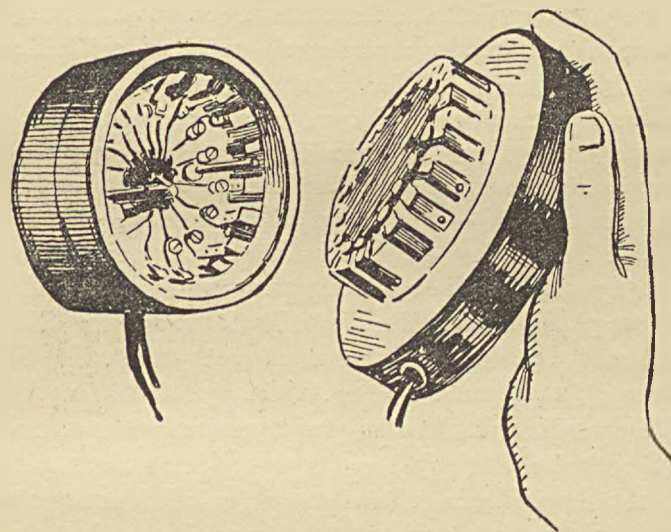
powrotnym tego drutu, magnetyzowane na niego fale dźwiękowe przechodzą koło rdzeniów magnesów odbieracza również, zjawisko — że słyszy się słowa, w kierunku odwrotnym, wskutek czego zachodzi



Rys. 131. Aparat do dyktowania dyktafonu. Dyktujący mówi w mikrofon. A kabel, łączący aparat „dyktujący” z „zapisującym”. W dolnej części aparatu znajduje się kilka przycisków z napisami: B — dzwonek, C — przyjęcie, D — odbiór, E — wtył, F — stop.

swoiste wymawianie od końca. Zrazu wydają się one całkowicie niezrozumiałe, gdy jednak pracować dłuższy czas na tym przyrządzie, to dochodzi się do takiej wprawy, że ucho samo odwraca niejako i słyszy te słowa tak, jakby były wymawiane właściwie — od początku ku końcowi.

Tak przedstawiają się zjawiska fizyczne w tym przyrządzie. Teraz zaś zrobmy krótki przegląd konstrukcyj mechanicznych w wielkim dyktafonie. Całość składa się z dwóch zasadniczych części: aparatu



Rys. 132. Wielozwojowy kabel łączący aparat „dyktujący” i „zapisujący” dyktafonu; długość jego może być dowolna.

tu „dyktującego” (rys. 131) i aparatu „zapisującego” (rys. 126 i 127), które połączone są między sobą wielozwojowym kablem (rys. 132) i oczywiście mogą znajdować się w dowolnej odległości od siebie. Zazwyczaj aparat zapisujący znajduje się w sali maszynistek, czyli t. zw. maszynowni, aparat zaś dyktujący — w gabinecie szefa; oczywiście jednak mogą one znajdować się nawet w zupełnie oddzielnych budynkach.

Aparat dyktujący podobny jest zewnętrznie do zwykłego telefonu biurkowego. Na widełkach leży słuchawka, będąca jak wiadomo połączeniem mikrofonu z telefonem, na przedniej stronie skrzynki aparatu znajduje się tarcza obrotowa ze skalą od 0 do 100; pod nią guziczek dzwonka, a jeszcze niżej rząd czterech guziczków z napisami, mniej więcej takimi: „przyjęcie“, „odbiór“, „wtył“, „stop“.

Na aparacie zapisującym, w maszynowni, obok analogicznego rzędu guziczków, znajduje się nadto dająca się przesuwac rączka dźwigni, mająca napisy: z jednej strony — „zapisywacz“, z drugiej — „nadawanie“. Przepisy dla maszynistek przytem głoszą, że gdy maszynistka opuszcza maszynownię lub zwłaszcza pokój z aparatem dyktującym, to rączka dźwigni musi być bezwarunkowo zawsze przesunięta na stronę „nadawanie“. Przy takim położeniu rączki kierowanie aparatem zapisującym jest przeniesione na aparat dyktujący, i osoba dyktująca ma możność przez pociśnięcie właściwego guziczka na swoim aparacie posuwać aparat dyktujący, a więc drut stalowy, bądź naprzód — do przyjmowania lub powtarzania tekstu, bądź wtył, oraz przez naciśnięcie guziczka „stop“ zatrzymywać go całkowicie w każdej chwili.

W czasie przyjmowania przez aparat dyktanda, t. j. wówczas, gdy drut stalowy przesuwac się naprzód, dyktujący w mikrofon nie słyszy nic, ponieważ wtedy pierwszy układ magnetyczny działa gąsząco, a dopiero drugi zapisująco. Przy powrotnym zaś biegu drutu słyszy swe dyktando, lecz powtarzane w kierunku odwrotnym; przy pewnej jednak

wprawie może całkowicie pewnie według słów „przecinek“, „średnik“, „kropka“ określić, do jakiego miejsca dyktanda cofnął się drut. Przy „oddawaniu“ zaś zapisanego tekstu przez aparat zapisujący może usłyszeć swe dyktando przez telefon, ale już powtarzane we właściwym porządku.

Gdy aparat pracuje, to wskazówka na wspomnianej wyżej tarczy z podziałką porusza się w obie dwie strony i wskazuje każdej chwili dyktującemu, w jakim miejscu drutu znajduje się on ze swem dyktandem. W praktyce stosuje się przytem specjalne bloczki do notowania, na których dyktujący notuje np. w ten sposób: 5—10 list do N., 10—15 list do X. i t. p. Taki bloczek, z zanotowaniem wszystkiego co było dyktowane, posyła się potem do maszynowni, przez co ogromnie ułatwia się pracę. Na aparacie bowiem zapisującym jest też identyczna tarcza z podziałką, i wskazówka jej porusza się najściślej synchronicznie ze wskazówką aparatu dyktującego; tak że maszynistka w każdej chwili wie dokładnie, jakie miejsce drutu stalowego znajduje się akurat pod guziczkiem „nadawanie“.

Następną część elektromagnetycznego dyktafonu stanowi aparat „zapisujący“, który zewnętrznie podobny jest do nowoczesnego stołu do maszyny do pisania (rys. 126 i 127). Posiada on w odpowiednim pomieszczeniu z prawej strony dwie szpule, z nawiniętym na nie drutem stalowym, poruszane zapomocą motoru elektrycznego; dalej, znajduje się tu bateria akumulatorowa do wprawiania w działanie przy naciskaniu różnych właściwych guziczków, rozlicznych przekaźników elektrycznych i do zasilania

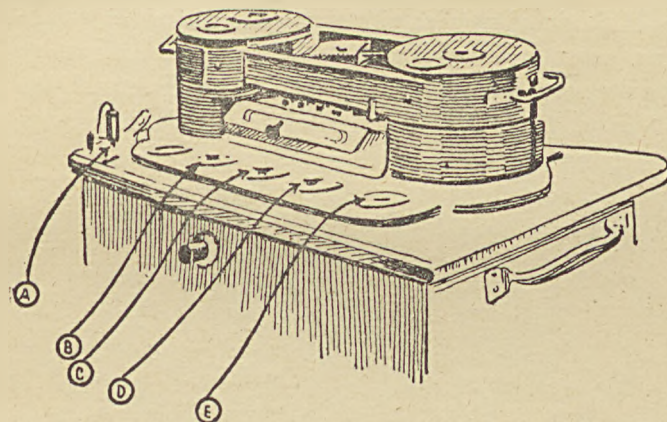


mikrofonu. Oczywiście niema w tym aparacie guziczka „przyjęcie”, ponieważ z aparatu zapisującego nie dyktuje się; natomiast obok guziczków „odbiór”, „wtył” i „stop” jest jeszcze jeden z napisem „powtórzenie”.

Maszynistka rozpoczyna pracę na aparacie „zapisującym” od przesunięcia wzmiankowanej wyżej rączki dźwigni przełącznika na stronę „nadawanie”, potem nakłada na uszy słuchawki i naciska guziczek „naprzód”. Jak tylko aparat zaczyna poruszać się, przyjmuje ona przez słuchawki dyktowane słowa i zapisuje. Naogół jednak dyktando jest szybsze niż możliwość zapisywania, tak że znajdujący się na drucie tekst poczyna w pewnym stopniu wyprzedzać maszynistkę; musi więc ona zatrzymywać aparat, co też uskutecznia przez naciśnięcie guziczka „stop”. Jednakowoż o wiele praktyczniejszym i pożyteczniejszym okazuje się właśnie tutaj guziczek „powtórzenie”. Naciśnięcie go nietylko zatrzymuje aparat, lecz zmusza złączony z nim drut stalowy również cofnąć się o długość dwóch słów. Dzięki temu więc może maszynistka zapisać wreszcie ostatnio usłyszany tekst i naciskając guziczek „naprzód” znów puszczać aparat w ruch. W ten sposób aparat powtarza zawsze jeszcze raz te same dwa słowa, o które cofnął się, tak że dzięki temu wytwarza się nieustanna kontrola przez sam drut zapisanego tekstu.

Dla potrzeb praktycznych urządzenie to zostało jeszcze więcej udoskonalone. Mianowicie, prócz guziczków „powtórzenie” i „wtył” działają tak samo dwa kontakty nożne, które znajdują się pod stołem i mogą być z łatwością poruszane nogami. Maszynistka więc

ma możliwość zająć obiedwie swe ręce zapisywaniem, a kierować aparatem — t. j. według potrzeby zatrzymywać czy puszczać go w ruch — nogami.



Rys. 133. „Scribivox” z założenymi szpulami.

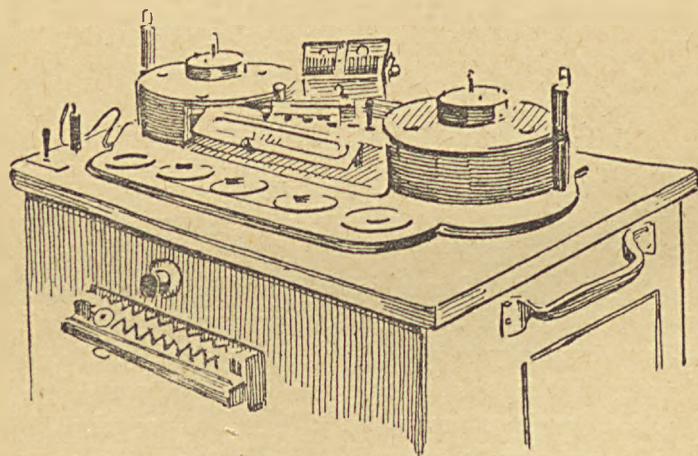
A — ostrze gaszące; B—wprzód; C — stop; D — wtył; E — wymiana szpul.

Inną mniejszą formę dyktafonu elektromagnetycznego przedstawia aparat, noszący nazwę „Scribivox”. Zewnętrznie wygląda on (Rys. 133 i 134) jak skrzynka drewniana, wielkości normalnej maszyny do pisanania, i zawiera wewnątrz wszystkie części, niezbędne do przyjmowania i oddawania dyktanda.

Długość drutu stalowego na jego szpulach jest taka, że wystarcza na dyktando, trwające jedynie 20 minut. To też obiedwie szpule z drutem stalowym można łatwo wyjąć i założyć potem na ich miejsce nową parę szpul.

Używa się tych aparatów w ten sposób, że dyktujący stawia jeden u siebie na stole, a drugi, zupełnie taki

sam stoi w maszynie; dyktujący mówi w swój aparat na stalowy drut tak długo, aż zużyje całą długość jego, wtedy zdejmuje tę parę szpul, zakłada nową i dyktuje dalej na nie; pierwsza para zaś zostaje odesłana wraz z bloczkiem notatkowym, na którym są wynotowane wszystkie zapisane listy, do maszyny (Rys. 135). Tam maszynistka zakłada szpule na swój aparat, przesuwa drut wtył, na początkowe miejsce i rozpoczyna już w zwykły, opisany wyżej sposób, odbierać i zapisywać nadyktowany tekst.



Rys. 134. „Scribivox” ze zdjętymi szpulami.

Ten mały dyktafon odznacza się istotnie niewysoką ceną i oczywiście może znaleźć większe rozpowszechnienie w biurach, niż wielki dyktafon, który głównie używa się do obszernych prac.

Dotychczas widzieliśmy jedynie i omawiali zastosowanie elektrycznego dyktafonu do dyktowania. Jedna-

kowoż jest całkowita możliwość używania go, podobnie jak fonografu i gramofonu, do odtwarzania utworów muzycznych, czyli stosowania go jako pewnego rodzaju instrumentu muzycznego. Przedewszystkiem więc specjalnie dobrze nadaje się do spożytkowania w połączeniu z radjem. Można naprzykład przyjąć na drut



Rys. 135. Szpule ze stalowym drutem z zapisanym tekstem odsyła się do maszyny.

dyktafonu jakiś utwór, wykonany np. przez orkiestrę, a potem, odtwarzać z najzupełniejszą czystością i dźwięcznością utwór ten w czasie dowolnym. Można również wywoływane przez szpule przy odtwarzaniu tegoż utworu prądy elektryczne napróżd kierować do wzmacniacza lampkowego i dopiero, wzmacnione już, zużytkować bezpośrednio na radjowej stacji nadawczej, czyli np.

nadany raz na drut utwór powtarzać kiedykolwiek, jako audycję radjową. Te próby dały tak pomyślne wyniki, że w obecnym czasie powstał projekt zużytkowania dyktafonu w szerokiej mierze do potrzeb radja, zarówno przytem do utworów muzycznych jak i odczytów.

Zastosowanie dla celów muzycznych polega na tem, że nadaje się na drut jakiś np. koncert w tej miejscowości, gdzie on się odbywa, a potem już dopiero można z tego drutu nadawać go w dowolnym czasie i z dowolnych stacyj nadawczych i w ten sposób udostępniać rzeszom słuchaczy.

Co się tyczy odczytów, to można postępować w następujący sposób. Aparat Scribivox posyła się, z odpowiednią ilością kompletów szpul, prelegentowi do mieszkania; wtedy może on wypowiedzieć na drut cały swój odczyt w pokoju u siebie nie spiesząc się, bez potrzeby udawania się do sali odczytowej instytucji radjowej, która nadesłała mu ten aparat. Przytem, wygłaszając w ten sposób odczyt, zabezpieczony jest najzupełniej od tremy, jaką często wzbudza w wielu prelegentach radjowych świadomość, iż słuchają ich setki tysięcy uszu. Po wygłoszeniu odczytu w aparat prelegent ma możność przesłuchać go jeszcze sam i ustępy, z których ewentualnie nie jest zadowolony, poprawić lub usunąć całkowicie. I dopiero gdy już przeprowadzi taką korektę — reszta dalej wykonywa się całkowicie mechanicznie i automatycznie. Mianowicie: szpule z odczytem zostają przesłane do biura radjowego, nałożone na inny aparat, drut puszczony w ruch, i tekst, przepuszczony nadto jeszcze przez wzmacniacz, zostaje przekazany

stacji nadawczej. Nic oczywiście przytem nie stoi na przeszkodzie, o ile odczyt przedstawia istotną wartość, wysyłaniu tych samych szpul do innych stacyj radjowych i nadawaniu odczytu z nich dowolną ilość razy. Tu można nadmienić, że właśnie też w ostatnich czasach mowy niektórych polityków europejskich bywały w ten sposób na szpulach przesyłane, ew. w tłumaczeniu, do Ameryki i tam już wygłaszane ze stacyj radjowych.

Na tem wszystkiem, co dotąd zostało opowiedziane, nie wyczerpują się jednak jeszcze wszelkie możliwości rozwoju i stosowania elektromagnetycznej maszyny mówiącej. Pozostaje jeszcze nadto jeden użytek; mianowicie — jako pokojowego przyrządu muzycznego, mogącego najzupełniej dorównać dzisiejszym przyrządom akustycznym, jak np. gramofonowi. Szpule z drutu, z nadanemi na niego utworami muzycznymi lub wokalnymi, będą odpowiadały płytom gramofonowym i można będzie nabywać je tak, jak dziś kupuje się płyty gramofonowe.

Oczywiście jest jednak przy tem pewna niedogodność. Płyty gramofonowe mogą być (porównaj rozdział „Utrwalone dźwięki”) wyrabiane masowo i w szybkim tempie, po tem jak tylko są już nagrane płyty woskowe. W przeciwieństwie zaś do tego — do sporządzenia nagranych drutu stalowego jest, przynajmniej jak dotąd, tylko jedna droga — bezpośrednie nagrywanie utworów na drut. Czyli że zachodzi stosunek podobny, jak w pierwszych czasach po pojawieniu się fonografu Edisona. Z drugiej strony natomiast, każdy, rozporządzający dobrym aparatem radjowym i Scribivoxem ma możność istotnie warto-

ściowe audycje radjowe utrwać na drutach swego Scribivoxu, a potem powtarzać je sobie dowolną ilość razy.

Może jednak okaże się właśnie, że to co dziś stanowi słabą stronę elektromagnetycznej maszyny mówiącej, w porównaniu z gramofonem — w przyszłości będzie jej przewagą. Mianowicie: płyt gramofonowych nie może każdy sobie sporządzać, czy też odnawiać zużytych i musi kupować wciąż nowe, a stare, gdy są już tak zgrane, że niezdatne do użytku, niszczyć. Przeciwnie zaś — kto posiada zapas 100 czy 200 kompletów szpul do swego dektromagnetycznego aparatu, to, kiedy sprzykrzą mu się już nagrane dawniej utwory albo też wskutek częstego i długiego przegrywania ulegną jakimś zniekształceniom, może zawsze nagrywać swe druty wciąż nowymi audycjami radjowemi.

Możliwe też jest, iż rozwój dyktafonów pójdzie nawet tak daleko, że elektromagnetyczna maszyna mówiąca w niezadługim czasie wyprze stopniowo gramofon jako instrument pokojowy.

W każdym razie rozwój maszyny mówiącej doszedł dziś do takiej wysokości, że można już przepowiadać drutowi stalowemu, nagrzanemu czy naśpiewanemu, bardzo poważną rolę w technice przyszłych lat.

## IX

## MASZYNY DO LICZENIA

Wyobraźmy sobie dwa koła zębate, nasadzone na dwie dające się obracać osie oraz zachodzące zębami jedno w drugie, ponadto, że jedna z osi jest opatrzona korbą, zapomocą której można ją dowolnie obracać.

Oczywiście, że gdy jedna oś obraca się, to i druga musi czynić to samo, liczba zaś obrotów każdego koła zależy przytem od ilości zębów na kole. Jeżeli np. jedno koło ma na obwodzie 20 zębów, a drugie 10, to to drugie zrobi dwa obroty w tym czasie, gdy pierwsze obróci się jeden raz.

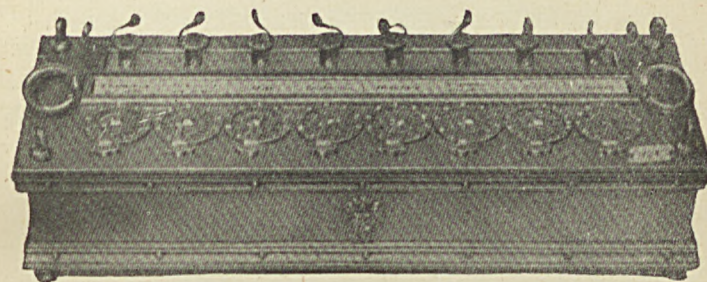
Takie połączenia kół zębatach spotyka się w technice bardzo często. Stosuje się je wówczas, gdy zachodzi potrzeba uzgodnienia, zapomocą odpowiedniego stosunku przeniesienia czyli przekładni, liczby obrotów maszyny napędzającej, np. motoru elektrycznego, z liczbą obrotów maszyny napędzanej. Każdy zegarek np. jest doskonałym przykładem takiego połączenia kół zębatach i takiej przekładni.

W zegarkach jednak widzimy nadto jeszcze coś innego; mianowicie, można zapomocą stosunkowo prostego urządzenia obliczać liczbę obrotów każdego koła takiego układu trybowego. Na cyferblacie bowiem zegara mała wskazówka wskazuje obroty kółka godzinowego, duża zaś, obracającego

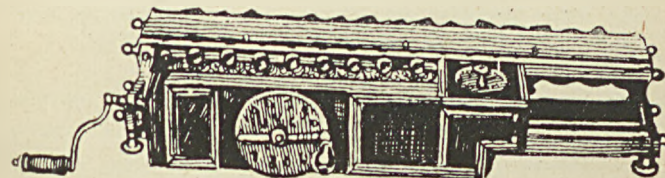
się dwanaście razy prężej — minutowego, i wreszcie t. zw. sekundnik czyli wskazówka sekundowa — obroty kółka sekundowego, które znów obraca się sześćdziesiąt razy szybciej, niż kółko minutowe. Są jednak zegary, gdzie wskazania czasu podają nie obracające się wskazówki, lecz cyfry, ukazujące się w małych okienkach w cyferblacie. Najlepsze tego rodzaju zegary posiadają sześć okienek przeznaczonych: dwa na sekundy — od 0 do 60, dwa na minuty, też od 0 do 60 i dwa na godziny — od 0 do 12, ew. 24.

Powróćmy teraz do wzmiankowanych na początku dwóch kół zębatach i połączmy oś każdego z licznikiem, w taki sposób jak to jest w naszych mieszkaniowych licznikach elektryczności. Gdy pokręcimy korbą pierwszego koła, to złączony z niem licznik wskaże ilość obrotów koła; licznik zaś drugiego również niezwłocznie pokaże obroty tego drugiego koła. Jeżeli stosunek w przekładni tych dwóch kół jest 1 : 3, to drugie koło w tym samym czasie co pierwsze wykona trzy razy więcej obrotów i złączony z niem licznik wskaże liczbę trzy razy większą jak licznik koła pierwszego. Gdybyśmy więc zapragnęli pomnożyć przez trzy jakąkolwiek liczbę, to należałoby obracać korbę pierwszego koła tak długo, aż na należącym do niego liczniku ukazałaby się ta liczba, i wtedy na liczniku drugiego koła ujrzeliśmy liczbę trzy razy większą od niej.

Te fakty potwierdzają myśl, że połączenia kół zębatach z licznikami mogą być stosowane do wykonywania całkowicie mechanicznie, jedynie przez proste obroty korbą, pewnych działań arytmetycznych,

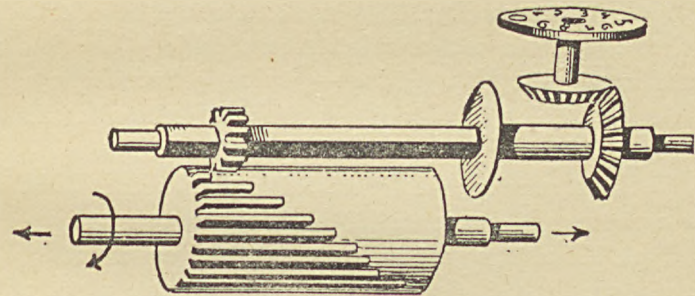


Rys. 136. Maszyna do liczenia Blaise Pascal'a z roku 1643.



Rys. 137. Maszyna do liczenia Leibniz'a z roku 1672.

dla wykonania których inaczej potrzebna byłaby wytężona praca umysłowa przy użyciu papieru i ołówka. Oczywiście, od takiej idei do stworzenia istotnie nadającej się do użytku i bezwzględnie niezawodzącej maszyny do liczenia prowadziła długa i ciernista droga. Już w roku 1643 matematyk francuski Blaise Pascal (Rys. 136) oraz później, w r. 1672 filozof niemiecki Leibnitz (Rys. 137)



Rys. 138. Koło Thomasa. Dolne koło posiada dziewięć zębów różnej długości i może się przesuwać wzdłuż swojej osi. Zależnie od położenia koła większa lub mniejsza ilość jego zębów zahacza o zęby koła górnego.

zajmowali się usilnie w ciągu długich lat tem zagadnieniem; rozwiązane jednak istotnie całkowicie i idealnie zostało ono dopiero w naszych czasach.

Poprzednio widzieliśmy, że można wykonywać mnożenie przez 3, o ile będą dwa koła o stosunku przekładni 1 : 3. W praktyce jednak są jeszcze i inne zadania: trzeba móc mnożyć przez 1, 2, 3, 4, i t. d. Z tego wynika, że nie można ustalać jednego tylko raz na zawsze stosunku w przekładni dwóch kół, lecz że musi być możliwość zmieniania tego stosunku

łatwo, stosownie do każdorazowej potrzeby. To zadanie właśnie stawiali sobie wszyscy pracujący wciąż ostatnich 300 lat nad zbudowaniem maszyny do liczenia — skonstruować maszynę, o dającym się zmieniać układzie kółek w przekładniach. Z pomiędzy licznych proponowanych rozwiązań tego zadania okazały się najodpowiedniejszymi dwa, które też dziś są prawie wyłącznie w użyciu; mianowicie: t. zw. koło Thomasa i koło Odhnera.

Koło Thomasa (Rys. 138) jest to t. zw. zębate koło schodkowe; nie ma ono kształtu płaskiego krążka, lecz raczej kształt cylindra — walca, przyczem jego dziewięć zębów są różnej długości: stopniowo coraz krótsze, tworząc coś w rodzaju schodków.

To koło odpowiadałoby naszemu pierwszemu kołu w omawianym na początku układzie dwóch kół zębatach. Osadzone jest na czworokątnej osi z korbą, może przesuwac się wzdłuż niej i porusza zwykle koło zębate o 10 zębach. Działanie tego schodkowego koła Thomasa jest widoczne odrazu.

Gdy stoi ono na osi tak, że wszystkie jego dziewięć zębów zaczepia za zęby drugiego koła, to przy jednym jego obrocie to drugie koło obróci się o 9 zębów. Jeżeli koło schodkowe przesuniemy wzdłuż osi tak, aby tylko osiem zębów zahaczało o koło zębate, to to ostatnie posunie się o osiem zębów i podobnie — dalej: o siedem, sześć i t. d. Następnie połączymy os koła Thomasa z licznikiem, który będzie wskazywał ilość obrotów jej; nadto włączymy specjalny przyrząd do nastawiania, zwany inaczej nastawidłem, wskazujący zapomocą wyskakujących cyfr, ilość zębów koła Thomasa zahaczających o zęby drugiego koła zęba-

tęgo. Wreszcie połączymy również koło zębate z licznikiem, który jednak podawać będzie nie tylko całe obroty, lecz i dziesiąte części ich, czyli że na nim jedna dziesiąta obrotu oznacza obrócenie się tego koła o jeden ząb.

Przypuśćmy, że pragniemy pomnożyć 4 przez 5. Nastawiamy więc koło Thomasa tak, aby w okienku nastawidła stała cyfra 4; oznacza to, że tylko cztery zęby tego koła zahaczają o 10 zębów drugiego koła. Następnie obracamy korbą pęty, aż licznik koła Thomasa wskaże 5. Co przy tem wynikło? Mianowicie przy każdym obrocie koła Thomasa, cztery zęby jego zachodziły w zęby drugiego koła i obróciły to koło o szerokość czterech jego zębów, a ponieważ okręciliśmy korbę całkowicie pięć razy, to drugie koło musiało obrócić się o pięć razy po 4, czyli o 20 szerokości jego zębów i licznik jego pokaże liczbę 20. Wynik więc naszego obliczenia możemy odczytać na tym liczniku; z tego względu więc możnaby nazwać go „wskaźnikiem wynikowym“.

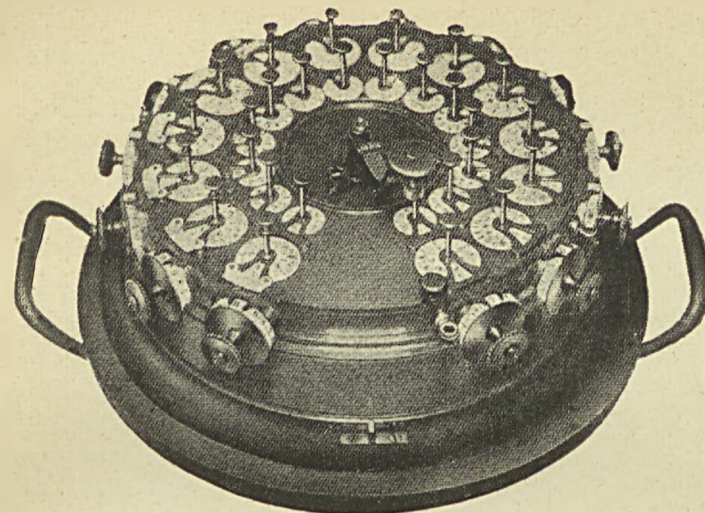
Nazwa „koło Thomasa“ pochodzi od nazwiska Karola Thomasa, który żył w latach 1785 — 1870 i ucho- dzi za założyciela przemysłu wyrabiania maszyn do liczenia; poprzednikami maszyn Thomasowskich są konstrukcje Pascala i Newtona.

Obok dużych zalet koło Thomasa posiada jednak i braki. Przedewszystkiem stawia mu się zarzut, iż z powodu kształtu cylindrycznego samego koła wymaga ono odpowiednio wiele przestrzeni. Z tego względu więc zostaje często zastępowane, nieprze- ścignionem przynajmniej do dziś, kołem szczeblowem Odhnera (Rys. 150).

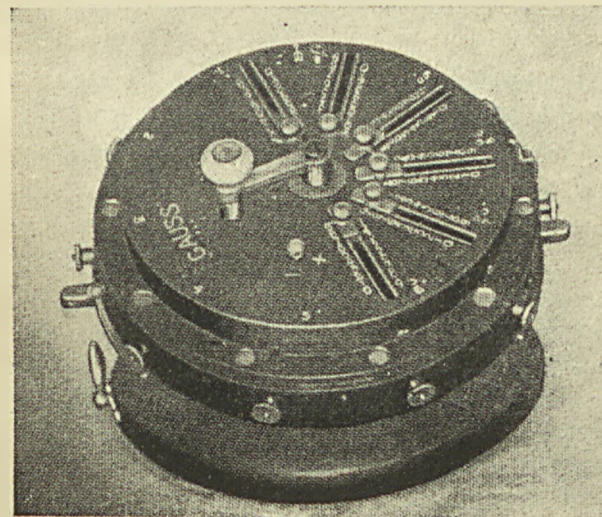
Koło Odhnera ma kształt zwykłego płaskiego koła zębatego, zamiast zębów jednak posiada 10 ruchomych szczebli, umieszczonych promienisto wewnątrz koła. Szczeble te, przez obrót prostego nastawidła, mogą być wysuwane nakształt zębów poza obwód koła. Stosownie do ruchów nastawidła wysuwa się odpowiednia ilość zębów — aż do wszystkich dziesięciu.

Zasada działania przyrządu z kołem Odhnera jest naturalnie ta sama, co przy kole Thomasa. Np. podobnież wyskakująca w okienku cyfra wskazuje, na ile zębów jest nastawiony obrót koła; reszta odbywa się również taksamo, jak opisano poprzednio.

Dotąd zajmowaliśmy się jedynie obliczeniami z liczbami jednoznakowymi i rozwiązywaliśmy je bardzo łatwo przy pomocy koła Thomasa lub Odhnera oraz zwykłego kółka zębatego. Rozwiązywanie jednak obliczeń nawet z wieloznakowymi liczbami również daje się przeprowadzać temiż środkami bez trudności. Na tę samą oś, na której jest umocowane pierwsze koło Odhnera, wyrażające jednostki, nasadzamy drugie także samo — dla dziesiątków. Jeżeli więc mamy zadanie np. pomnożyć 25 przez 4, to nastawiamy koło jednostek na pięć zębów a koło dziesiątków na dwa. Przy obracaniu korbą koło jednostek chwyta złączone z niem kółko zębate i, przy czterech pełnych obrotach korby, posuwa je o 20 zębów naprzód. Koło dziesiątków, ze swej strony, zahacza drugie kółko o stałej ilości zębów i przesuwają je o dwa razy po cztery, t. j. o 8 zębów. Obroty jednak tego drugiego koła zostają na wskaźnik wyniko-



Rys. 139. Maszyna do liczenia I. H. Müllera z roku 1783.



Rys. 140. Maszyna do liczenia Gaussa z początku XIX-go stulecia.



wy przeniesione dziesięciokrotnie większe, tak że pokaże on 80 i 20 t. j. całkowicie właściwe 100.

Co daje dobry wynik raz, to oczywiście może dać i częściej. Zamiast więc jednego lub dwóch kół Thomaasa czy Odhnera, możemy nasadzić na wał z korwą osiem, dziewięć, dziesięć kół, i wtedy każde koło będzie odpowiadało właściwemu miejscu w układzie dziesiętnym cyfr. Jeżeli przyjmujemy ostatnie koło za jednostki, to dziesiąte z kolei, licząc wlewo, z nasadzonych na wał obok siebie będzie odpowiadało miliardom. W ten sposób więc mamy możliwość rozłożenia na tych 10 kołach wszystkich cyfr naszego dziesiętnego układu, od zera do miljarða, i przy pomocy kółek trybowych, umocowanych na drugim wale, oraz złączonego z niemi mechanizmu wskaźnika wynikowego, przemnażać te cyfry prostem obracaniem korby.

Cały czas dotąd przy naszych rozpatrywaniach wychodziliśmy od prostego zestawu dwóch kół zębatych. Dalej zaś — przez przekształcenie pierwszego z tych kół na koło o zmiennej liczbie zębów, uzyskaliśmy urządzenie, które wykonywa liczenie mechanicznie przy pokręcaniu korwą. Następnie — przez umieszczenie na tym samym wale z korwą większej ilości, odpowiadającej ilości miejsc cyfr w naszym układzie dziesiętnym, kół zębatych o zmiennej liczbie zębów i przeniesieniu działania ich na dziesięciozębowe koło wskaźnika wynikowego — doszliśmy do nowego przyrządu, nadającego się do liczenia nie tylko liczb jednoznakowych, lecz milionów i miliardów. Mimo to jednak jeszcze nie dosięgliśmy końca: do tego bowiem, abyśmy stworzyli ostatecznie dosko-



nałą maszynę do liczenia, brakuje nam jeszcze jednej rzeczy.

Przypuśćmy, że musimy przemnożyć cyfry 745 i 627. Rozpoczynamy od tego, że nastawiamy na kołach Odhnera na wale z korbą liczbę 745. Wykonywa się to bardzo prosto przez ustawienie skrajnego koła na 5, następnego na 4 i dalszego na 7; wszystkie zaś pozostałe koła muszą stać na 0, t. j. nie mogą mieć żadnego połączenia z kołami wskaźnika wynikowego. Tę właśnie, ustawioną w ten sposób, liczbę 745 mamy pomnożyć przez 627. Można wykonać to w ten sam sposób właśnie, jak było opisane; t. j. — przez obrócenie korby wspólnego dla kół Odhnera wału istotnie 627 razy. Wówczas licznik tego wału wykaże 627, a na wskaźniku wynikowym będzie iloczyn z 745 i 627.

Jednakże sama myśl kręcenia korbą, jak w katarynce, sto a w innych wypadkach 1000 lub 10000 razy, jest tak niedorzeczna, że tego rodzaju rozwiązanie omawianego zadania oczywiście nie może być nawet brane pod uwagę.

Umysł jednak wynalazcy, któremu poleconoby rozwiązać podobne zadanie właśnie na maszynie takiej jak opisana wyżej, prawdopodobnie próbowałby w następujący sposób wybrnąć z kwestji: na kole Odhnera nastawiłby nie 745 lecz 74 500 i wówczas, pokręciwszy korbą jedynie sześć razy, uzyskałby na wskaźniku wynikowym iloczyn z 745 i 600; następnie mógłby nastawić 7450, dwa razy przekręcić korbą i odczytać  $745 \times 20$ ; wreszcie — w zwykły sposób liczbę 745 przekręcić 7 razy; potem — wszystkie te trzy

wyniki dodać razem i rezultat ostateczny dałby istotnie właściwy iloczyn —  $745 \times 627$ .

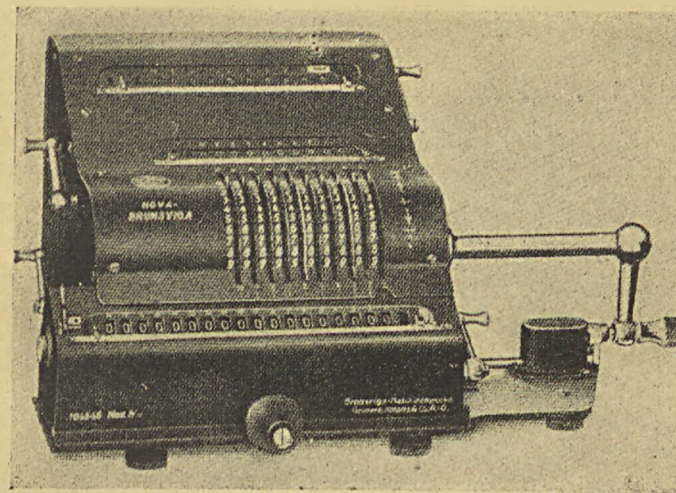
W zupełnie podobny właśnie sposób zostało zadanie to rozwiązane w praktyce; mianowicie tem jedynie, że wskaźnik wynikowy zrobiono przesuwalnym w kierunku kół Odhnera. Z tego zaś jasno wynika, że dzięki takiemu przesunięciu o każde jedno koło, czyli jedno miejsce cyfrowe, każdy poszczególny jeden obrót korby będzie miał to samo znaczenie co czterdzieści obrotów bez przesuwania wskaźnika.

Wtedy więc wypełnienie zadania będzie prowadziło się w następujący sposób. Przedewszystkiem nastawimy w nastawidle liczbę 745, mającą być mnożoną. Potem, przy zasadniczem położeniu nastawidla i wskaźnika wynikowego, przekręcimy korbą siedem razy; znaczy to w tym wypadku, że przemnożyliśmy 745 przez 7. Wynik tego mnożenia ukazuje się na wskaźniku wynikowym, a popchnięty temi obrotami korby licznik wskaże współczynnik 7. Dalej następnie przesuniemy obydwie układy kół o jedno miejsce i przekręcimy korbą dwa razy; dwa te obroty przy takim położeniu kół znaczą to samo co 20 przy położeniu zasadniczem. Wynik na wskaźniku wynikowym podnosi się z  $7 \times 745$  na  $27 \times 745$ , a licznik wału z korbą, t. zw. licznik ilorazowy, wskazuje liczbę 27. Jeszcze raz robimy to samo przesunięcie obu układów oraz sześć obrotów korbą. Teraz już te sześć obrotów stają się równymi 600 obrotom przy położeniu zasadniczem, i licznik ilorazowy wskazuje 627. Na nastawidle widać ustawioną liczbę 745, a wskaźnik wynikowy podaje z nieomylną pewnością iloczyn tych dwóch liczb — 467115,

Aby dojść do tego wyniku konieczne naprzód było nastawienie mnożnej 745 zapomocą trzech przesunięć rączki dźwigni; daje się to uskutecznić łatwo wciągu trzech sekund. Następnie trzeba było przekręcić korbą: 7, 2, 6 — razem 15 razy, oraz dwukrotnie przesunąć cały układ; co również nawet nieprawna osoba może wykonać swobodnie w 12 sekund, lub nieco więcej; wskazania przytem nastawidła i wskaźnika wynikowego służą jako kontrola prawidłowości wykonanych przesuwania i obracań. Całe więc mnożenie byłoby, najzupełniej nieomylnie i pewnie, przeprowadzone wciągu 15 sekund, bez potrzeby jakiegokolwiek obciążania umysłu rachmistrza maszynowego pracą rachowania. Każdy czytelnik może zrobić taką próbę porównawczą, wziawszy mianowicie, do ręki zegarek, wykonać to samo zadanie przy pomocy papieru i ołówka. Jeszcze więcej oczywistą okazuje się przewaga maszyny do liczenia, nazywanej nieraz nie bezpodstawnie stalowym mózgiem, gdy trzeba przemnażać np. dwie ośmiocyfrowe liczby i otrzymywać wynik szesnastocyfrowy.

Dla tych co muszą rachować ołówkiem na papierze, bodaj przykrzejszem od mnożenia jest dzielenie. Dla maszyny do liczenia zaś przejście od mnożenia do dzielenia sprowadza się jedynie do obracania korbą nie wprawo lecz wlewo.

Zadanie: podzielić 467115 przez 745 oznacza jedynie, że trzeba znaleźć, ile razy musi być 745 odjęte od 467115, aby w reszcie wypadło zero. A więc w opisanym przyrządzie naprzód nastawiamy: na wskaźniku wynikowym liczbę 467115, w nastawidle 745 i obracamy korbą wlewo; przytem samo przez się

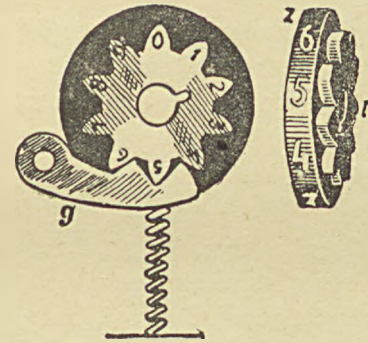


Rys. 151. Maszyna do liczenia f. Nova-Brunsviga.

A B C D E F G H i t. d.  
Z A B C D E F G i t. d.

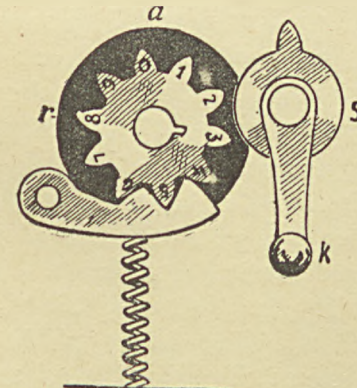
Rys. 152. Najprostszy przykład pisma szyfrowego. Alfabet pisma szyfrowego jest przesunięty o jedną literę w stosunku do alfabetu normalnego.

rozumie się, że wszystkie przesuwania zestawu kół wykonywamy w porządku odwrotnym. Postępując tak będziemy widzieli, że liczba na wskaźniku wyniko-



Rys. 141. Zamykadło *g*; krążek *z* z cyframi *z* jest nieruchomo złączony z krążkiem *r* o dziesięciu zębach,

wym zmniejsza się stopniowo po każdym obrocie korby i wkońcu staje się zerem; na liczniku zaś ilorazowym ukaże się liczba 627 — iloraz.



Rys. 142. Urządzenie przedstawione na rys. 141 połączone z krążkiem opatrzonym jednym zębem; krążek ten można obracać zapomocą korby.

We wszystkim cośmy wyżej opisali staraliśmy się, mimo nieprzystępnego w pewnym stopniu do opanowania materiału, dać możliwie zrozumiałe wyjaśnienie działania nowoczesnych maszyn do liczenia.

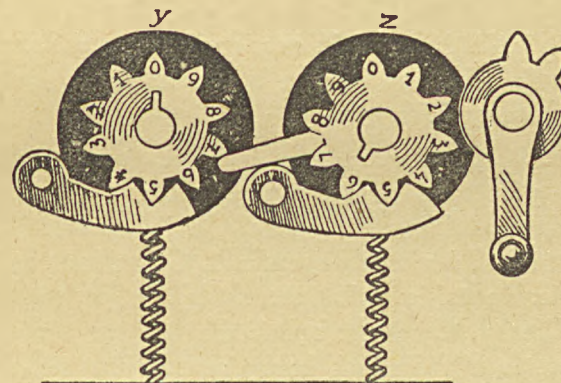
Teraz zaś przedstawimy dalszy rozwój w kierunku udoskonalenia poszczególnych ważnych zasadniczych części maszyny do liczenia, zaprojektowanej pierwotnie przez Odhnera, a w której następnie udoskonalił koła szczeblowe Trinks, konstruktor znanej maszyny firmy Brunsviga.

Krażek z cyframi *z* (Rys. 141) jest złączony nieruchomo z krażkiem *r*, o dziesięciu zębach: obydwaj razem mogą obracać się na jednej osi. Za zęby krażka *r* zaczepia t. zw. zamykadło *g*, które ma za zadanie zatrzymywanie stale obydwóch krażków w jakimkolwiek chwilowym położeniu ich. Na obwodzie krażka *z* są wybite pokolei cyfry od 0 do 9, i każda z nich odpowiada jednemu zębowi krażka *r*.

Obok krażków *r* i *z* (Rys. 142) umocowany jest trzeci krażek *s*, opatrzony jednym występem w kształcie zęba; krażek ten może być obracany około swej osi za pomocą korby *k*.

Jeżeli przekręcimy korbę *k* o jeden cały obrót, to występ krażka *s* zaczepi za jeden ząb krażka *r* i obróci go o jedną dziesiątą jego obwodu; dalsze posuwanie się krażka uniemożliwi zamykadło *g*. Nastąpi to, gdy zazębienie jego, wypychane przez sąsiednie zęby, ześlizgnie się z ich końców i wpadnie w najbliższą przerwę między zębami krażka *r* i zatrzyma go w tem nowym położeniu jego. Następstwem obrócenia się krażka *r* o jedną dziesiątą jego obwodu bę-

dzie naturalnie takiż obrót krażka z cyframi, i przy punkcie *a* ukaże się cyfra 1 zamiast dotychczasowego 0. Każdy następny obrót korby będzie wywoływał ukazywanie się przy punkcie *a* kolejno cyfr 2, 3, i t. d.; i wreszcie po obrocie dziesiątym do *a* powróci znów 0, jak było na początku.



Rys. 143. Krażek z jednym zębem, przedstawiony na rys. 142 zastąpiono krażkiem o dwóch zębach. Krażek *z* opatrzony jest długim występem. Gdy krażek *z* wykona całkowity obrót, to krażek *y* obróci się o jedną dziesiątą swego obwodu.

Zamieńmy teraz krażek *s* podobnym, lecz o dwóch występach (Rys. 143). Wtedy, przy jednym obrocie korby, krażek *r* obróci się o  $2/10$  swego obwodu, przy dwóch obrotach — o  $4/10$  i t. d. a przy punkcie *a* będą ukazywały się kolejno cyfry: 2, 4 i t. d.

Tym więc sposobem mamy możliwość wykonywania szeregu prostych dodawań; np.:  $0 + 2 = 2 + 2 = 4 + 2 = 6$  i t. d. Ponieważ zaś mechanizm ten po pięciu już obrotach nie może wykonywać działań dalej, poza podawanie tylko jednostek, a więc brakowało-

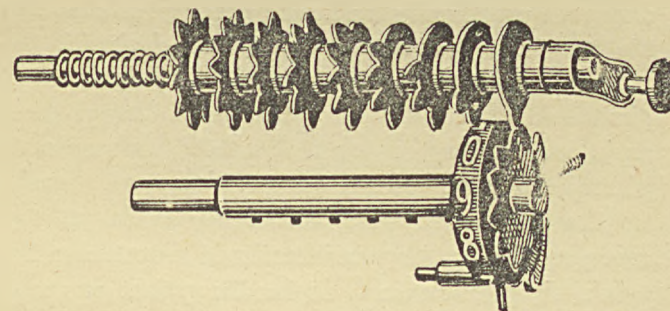
by dziesiątków, to rozbudujemy go w ten sposób, że obok krążka z dodamy jeszcze drugi krążek z cyframi y (Rys. 143). Będzie on różnił się od poprzedniego tem, że cyfry na nim będą następowały w odwrotnym porządku. Nadto jeszcze zaopatrzymy krążek z w długi występ.

Na rysunku 143 widać położenie jej. Znajdując się w takim położeniu działa ona, za każdym całkowitym prawie obrotem krążka z, na krążek zębaty, przymocowany do krążka y.

Na krótko przedtem, zanim 0 cofnie się z początkowego położenia swego pod punktem a, występ przy l spowoduje obrót krążka y o jedną dziesiątą obrotu, i pod a ukaże się cyfra 1. Gdy przypomniemy sobie, że takie położenie następuje po piątym obrocie korby, to odrazu będzie dla nas oczywistem, że po pięciu obróceniach korby możemy wynik dodawania  $0 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2$ , t. j. liczbę 10, odczytać z obydwóch krążków y i z. Po nowych pięciu obrotach otrzymamy w tenże sposób liczbę wynikową 20.

Oczywistem więc jest, że stosując większą ilość krążków z cyframi, umieszczonych w opisany sposób rzędem jeden za drugim i zaopatrzonych występami do przenoszenia dziesiątków, setek, tysięcy i t. d. — czyli t. zw. „dziesiątnymi przenośnikami” — uzyskamy rozbudowanie maszyny, dające możność wykonywania dodawań z liczbą 2. Gdy zaś zastąpimy krążek s, o dwóch zębach, podobnym krążkiem o trzech, to będziemy mogli wykonywać dowolne dodawania z liczbą 3. O ile więc zastosujemy całą serję krążków,

z jednym, dwoma, trzema i t. d. aż do dziewięciu, zębami i będziemy nastawiali je w mechanizmie tym zmiennie, to będzie on mógł wykonywać wszelkie możliwe kombinacje dodawania z każdą z liczb od 1 do 9. Umocowawszy zaś taką dziewięciodziałową serję krążków na jednej wspólnej, przesuwalnej wzdłuż i dającej się obracać zapomocą korby, osi (Rys. 144), dojdziemy w ten sposób do zasady koła Thomasa.



Rys. 144. Zasada koła Thomasa. Na osi znajduje się dziewięć krążków, opatrzonych jednym do dziewięciu zębów. Każdy z tych krążków może powodować obroty krążka o dziesięciu zębach.

Dalsze ewentualne przekształcenie tego mechanizmu w celu użytkowania go do mnożenia i dzielenia liczb wieloznakowych, przy pomocy wzmiankowanej serji krążków, staje wobec poważnych trudności. Przedewszystkiem więc, trzeba byłoby unikać w jakiś sposób konieczności zbytniego powiększania rozmiarów maszyny, oraz niedogodności i trudności wykonywania wszystkich niezbędnych manipulacji przy używaniu jej.

Wspomniana jednak dziewięciodziałowa serja krążków o różnej ilości zębów stanowi teoretyczną podstawę do urządzenia, które rozwiązuje to jedno z najcięższych zadań z zakresu rachowania mechanicznego znakomicie i bardzo zbliża nas do celu ostatecznego — zbudowania maszyny do liczenia, mogącej wykonywać działania nawet z liczbami wieloznakowymi jaknajsprawniej i najpewniej. Poniżej podany jest opis koła szczeblowego maszyny do liczenia f. Brundsviga, któremu można, dzięki niezwykle pomysłowemu urządzeniu, nadawać przez proste poruszenie ręki ilość zębów, potrzebną każdej chwili.

Krażki *p* i *q* (Rys. 145) znajdują się jeden pod drugim, silnie umocowane na wspólnej osi. Krażek *p* obejmuje dokoła inny krażek *f* (Rys. 146), mający kształt pierścienia z obwodem, odpowiadającym obwodowi krażka *q*, i dający się obracać dokoła *p* z pomocą rączki *h*. Aby uniemożliwić bocznie przesuwanie się pierścienia *f*, do krażka *p* jest przymocowana płytką, nie wskazana jednak na rysunku, aby nie zaciemniać widoku. Na bocznych płaszczyznach krażków *p* i *q*, znajduje się dziewięć promienisto rozłożonych wycięć, w których przesuwają się dziewięć czworokątnych szczebli *m*, posiadających, każdy, mały występ *r* (Rys. 149). Występy te wchodziły w składające się z dwóch części wycięcie *e* w pierścieniu *f* (Rys. 147 i 148).

Gdy będziemy obracali rączkę *h* w prawo, to występy *r* będą przesuwały się jeden za drugim przez schodek między obydwoma częściami wycięcia *e* ku wyższej części tegoż wycięcia, i górne końce szczebli *m* wysuną się poza obwód krażka *q* nazewnątrz.

W ten sposób więc można wysuwać dowolną liczbę szczebli, które potem, przez przekręcenie rączki *h* w odwrotnym kierunku — chować zpowrotem. Całe urządzenie to jest uzupełnione nadto jeszcze jednym zamykadłem sprężynowym, które wskakuje w jedno z wycięć na wewnętrzny brzegu krażka *f* (Rys. 145). Zadaniem tego zamykadła jest uniemożliwić krażkowi *f* samowolnie poruszanie się naprzód lub w tył, czyli tym sposobem uzależnić wysuwanie i cofanie się szczebli jedynie od poruszania rączki *h* ręką.

W takim więc nastawidło mamy do rozporządzenia dziewięcioszczęblowy krażek, ilość zębów którego możemy zmieniać bardzo łatwo według potrzeby.

Jeżeli więc umieścimy taki krażek szczeblowy, zamiast wyobrażonej na rysunku 142 serji kół, to, bez żadnych objaśnień, staje się oczywistym, że krażek ten spełnia zadanie każdej takiej serji dziewięciodziałowej (rys. 150).

W istocie też, tylko dzięki tym, dającym się nastawiać krażkom szczeblowym, okazała się możliwość stworzenia takiej maszyny do liczenia, która, przy swej małej objętości i trwałej budowie, może odpowiadać wszelkim stawianym jej wymaganiom.

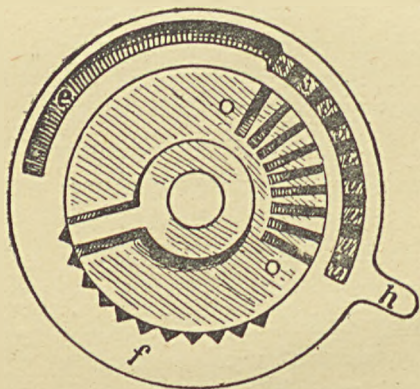
Na rysunku 151 jest przedstawiona taka maszyna f. Nova-Brundsviga, pracująca z krażkami szcze-



Rys. 145.  
Mniejszy krażek *p* przymocowany jest do większego krażka *q*.

Na obwodzie krażka *q* znajduje się dziewięć wycięć dla dziewięciu szczebli.

blowemi. W części środkowej jej znajduje się dziesięć szczelin z cyframi obok i rączką w każdej. Rączki te są t. zw. drążkami nastawnymi dziesięciu krążków szczeblowych; tak że można operować liczbami dziesięcioznakowymi. Niżej pod szczelinami widać na rysunku wskaźnik wynikowy, nad niemi zaś nastawidło i wskaźnik ilorazowy. Korba z prawej strony służy do obracania mechanizmu. Jak widać

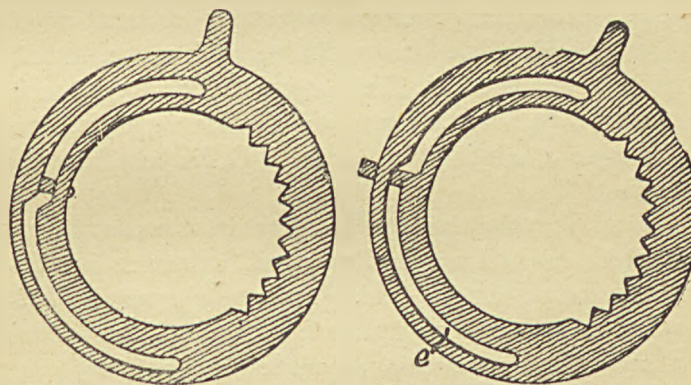


Rys. 146. Układ krążków przedstawiony na rys. 145 jest objęty przez krążek f. Mały krążek p znajduje się w środku rysunku. Krążek f posiada wycięcie e. Występy v szczebli (ob. rys. 149) tkwią w wycięciu e, natomiast właściwy szczebel znajduje się w wycięciach krążka q. Krążek f można obracać zapomocą rączki h.

ze wskaźnika wynikowego, można zapomocą tej maszyny wykonywać działania aż do osiemnastoznakowej liczby rezultatu końcowego.

Maszyny do liczenia są dziś w bankach, buchalterjach, biurach statystycznych, technicznych oraz wielu innych instytucjach wprost niezbędne. Uwalniają one pracowników od wyczerpującej nerwy pra-

cy, która przytem tylko w pewnym stopniu wydaje się, zewnętrznie, pracą umysłową, gdyż w istocie jest najzupełniej mechaniczną, a mimo to natężającą bardzo umysł. To, do czego dążyły w ciągu ostatnich trzech stuleci wielkie umysły, dziś znalazło najzupełniejsze rozwiązanie; nadto rozwój tych mechanizmów poszedł jeszcze dalej i doszedł do skonstruowania mechanizmu, będącego połączeniem maszyny do liczenia odrazu z maszyną do pisania.



Rys. 147. Dopóki występ tkwi w wewnętrznej części wycięcia e, dopóty szczebel nie wystaje na zewnątrz poza obwód krążka.

Rys. 148. Podczas obrotu krążka występy szczebli przesuwają się do zewnętrznej części wycięcia e i wówczas szczeble wysuwają się poza obwód krążka.

Przy wszystkich maszynach, któreśmy przejrzeni, pracujący na nich zawsze jednak jest zmuszony zadania swe i wyniki zapisywać ręcznie na papierze. Gdyby umiał on pisać na maszynie, to mógłby postawić ją obok maszyny do liczenia i zapisywać na niej wyniki. Wynalazcy jednak poszli dalej i połączyli



obiedwie maszyny razem, tak, że wystarczy naciśnięcie paru klawiszy maszyny do liczenia, aby podawane przez nastawidło, wskaźnik ilorazowy i wskaźnik wynikowy rezultaty odrazu gotowe wychodziły zapisane na taśmie papieru. Takie ulepszenie byłoby niezmiernie cenne np. w wielkich fabrykach dla obliczania poszczególnych plac robotnikom, gdyż maszyna dawałaby natychmiast na kartce obliczenie, które można byłoby odrazu dołączyć do wypłaty. Podobnie i w wielu innych instytucjach takie natychmiastowe utrwalanie pismem wyników rachunkowych byłoby oczywiście bardzo pożądane i cenne. Należy więc spodziewać się, że przyrząd, łączący w sobie maszynę do liczenia i maszynę do pisania, będzie pożądanym w niedalekiej przyszłości dla użytku ogólnego.

Przy sposobności można jeszcze zaznaczyć, że obecnie są w toku bardzo poważne prace i usiłowania wynalezienia takich maszyn biurowych, któreby całą robotę, np. w buchalterji bankowej, a zwłaszcza specjalnie prowadzenie kont, wykonywały całkowicie mechanicznie.

Maszyny takie dzieliłyby się na: perforujące (dziurkujące), segregujące i kontujące. Pierwsze wyglądają zewnątrz prawie jak maszyny do pisania. Zapomocą ich na kartkach, ustalonego raz na zawsze formatu, byłyby wpisywane wszelkie oficjalne pozycje obrotowe, dotyczące obciążenia lub uznania kont poszczególnych klientów, w określonej dacie i na określoną kwotę. Maszyna perforująca — z jednej strony, zapisywałaby te dane pismem maszynowym, z drugiej zaś — perforowałaby te karty pewnymi

ustalonymi znakami, które podawałyby kolejność dat, numerów kont i sumę obciążenia lub uznania konta.

Tak przygotowane karty przechodziłyby do maszyny segregującej, która zapomocą delikatnych kontaktów przeprowadzałaby segregowanie nieomal momentalnie. Te delikatne sprężynowe, mosiężne kontakty są jakby elektrycznymi palcami, przesuwanymi się po kartach i, natrafiając na dziurkowane miejsca, wywołują styk i wskutek tego powodują, że karty zostają rozsegregowane — najprzód według właściwości kont, następnie dat i wreszcie według obciążenia lub uznania konta. Potem już szłyby na maszynę kontrolującą, podobną również do maszyny do pisania, lecz z napędem elektrycznym, która napoczekaniu wystawiałaby każdemu klientowi właściwe jego konto.



Rys. 149. Pojedynczy szczebel z występem.

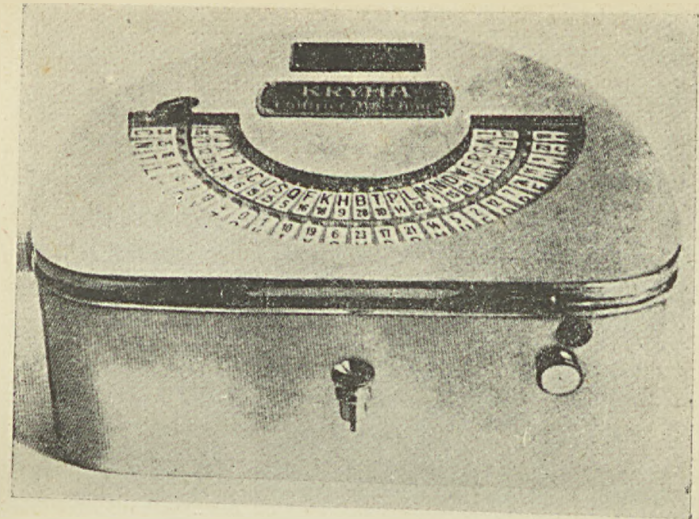
To opisane pokrótce mechaniczne ksiązkowanie jest jednak dziś jeszcze jedynie muzyką przyszłości. Dziś już wszakże jest tak daleko rozwinięte i częściowo w użyciu, że można już mówić, iż stopniowego wypierania pracy ludzkiej przez maszyny należy oczekiwać w nietak zbyt dalekiej przyszłości.

Na zakończenie można podać, niemniej od poprzednich interesujący przykład inteligentnej maszyny, mianowicie maszyny do szyfrowania i odszyfrowywania. Nieomal tak dawno jak istnieje pismo, ludzie starali się wynaleźć lub zbudować pismo tajem-

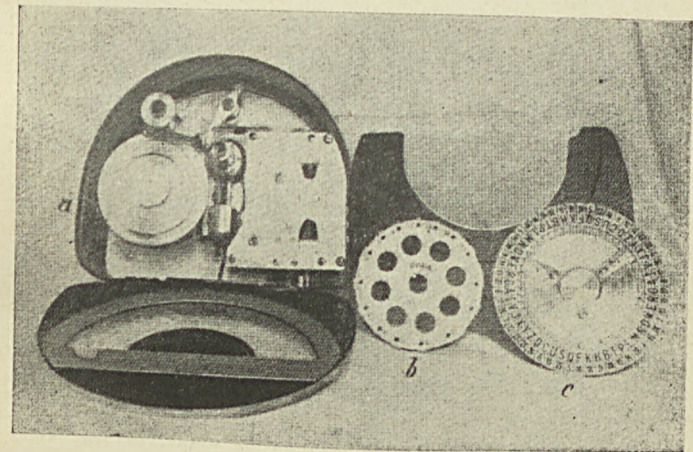
ne, które byłoby dla niewtajemniczonych całkowicie nie do odczytania. Najdawniejszy sposób polegał na tem, że cały alfabet przesuwano o pewną liczbę liter. Np. jak na rysunku 152 — górny wiersz zawiera litery do właściwego tekstu wysyłanego powiadomienia, czyli tak zwanego jasnego pisma, dolny zaś — ten sam alfabet, lecz przesunięty o jedną literę; litery dolnego wiersza — w szyfrze — odpowiadają literom górnego — w tekście właściwym. Oczywiście, przy takim prostym sposobie jest bardzo łatwo przerobić tekst właściwy na szyfrowy i odwrotnie — odszyfrować na właściwy.

Tę metodę szyfrowania nazywają czasami pismem tajemnem Juljusza Cezara, aczkolwiek z całą pewnością jest ona o wiele późniejszą. Człowiek wprawny dziś odszyfrowałby takie pismo w pięć minut najwyżej. We wszystkich językach kulturalnych, jak stwierdzono, są pewne stałe niejako prawa częstotliwości powtarzania się poszczególnych liter. Prawidłami te są też właśnie bardzo brane pod uwagę przy układaniu klawiatury maszyn do pisania; np. litera E, dalej pewne spółgłoski. Osoba, deszyfrująca tekst i znająca właśnie te właściwości danego języka, jest w możności szybko wykryć, co oznacza każda użyta w szyfrze litera czy znak; zarówno też, jednocześnie — czy ma do czynienia z alfabetem przesuniętym, czy też z innym rodzajem szyfru.

O ile więc idzie o istotne zaszyfrowanie, to trzeba klucz szyfru możliwie znacznie skomplikować. Jednym z takich sposobów mógłby być, według tego samego rysunku 152 następujący: najprzód odnaleźć pierwszą literę tekstu właściwego, potem przesunąć

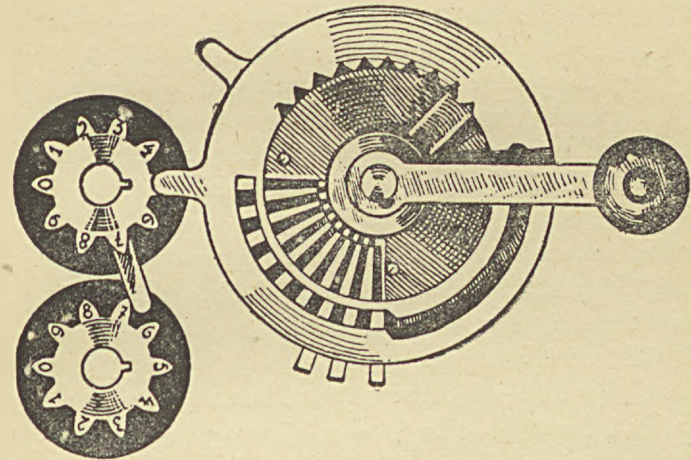


Rys. 153. Maszyna do szyfrowania, zbudowana przez inż. Kryha.



Rys. 154. Maszyna do szyfrowania otwarta i częściowo rozłożona: a — mechanizm zegarowy; b — wymienne koła zębate, c — tarcza z szyfrem.

dolny alfabet o jedną literę wlewo i odnaleźć drugą literę tekstu właściwego, następnie znów przesunąć dolny alfabet o jedną literę wlewo i odnaleźć trzecią literę tekstu i t. d. Taki szyfr nastęrczałby deszyfrującemu już spore trudności; dla dzisiejszych jednak biegłych specjalistów nie byłby długo nieczytelnym.



Rys. 150. W układzie krążków przedstawionym na rys. 143 zastąpiono krążek z dwoma zębami kołem Odhnera. Widać trzy wysunięte szczeble.

Wymyślano więc wciąż wiele nowych kluczy tajemnych i stwarzano rzeczywiście szyfry, które były istotnie nie do odczytania, bez posiadania klucza od nich. Teoretycznie wydaje się bardzo łatwym zachować taki klucz w tajemnicy; w praktyce jednakże, np. w czasie wojny okazywało się wielokrotnie nieraz wprost niepodobieństwem ukrycie go, gdyż czy to przez szpiegów, czy przekupstwem



lub wykradzeniem udawało się niepowołanym wchodzić w posiadanie odpisów tych notatek, które deszyfrujący urzędnik poselstwa czy jakiejś instytucji z konieczności musi robić dla siebie, aby móc, nie polegając całkowicie na zawodnej nieraz pamięci, przełożyć szyfrowaną depezę swego rządu na tekst właściwy.

Nieprawy posiadacz wykradzonego klucza oczywiście nie ogłasza nigdy o tym fakcie; dopiero więc, gdy poszkodowane państwo spostrzeża, że wszelkie jego dyplomatyczne zamierzenia są zawczasu wiadome przeciwnikowi i częstokroć zostają pokrzyżowane, to dochodzi powoli do przekonania, że najwidoczniej klucz jego szyfru został zdradzony, i że zachodzi natychmiastowa konieczność wprowadzenia innego klucza. Ogólnie zwykle nie dochodzi do takiej ostateczności, lecz jedynie, stosownie do okoliczności, stale co jakieś parę miesięcy zostaje klucz zmieniany, aby właśnie zapobiec możliwemu zdradzeniu go. Ale i ten środek kryje w sobie też poważne niebezpieczeństwo. Nowy klucz musi być podany do wiadomości poszczególnym poselstwom danego państwa; więc dokonuje się tego przez specjalnych urzędowych kurjerów dyplomatycznych, to właśnie przesyłanie takie następcza pożądane okoliczności szpiegom państwa nieprzyjacielskiego.

O wiele lepsze rozwiązanie uzyskuje sprawa ta za pomocą maszyny. Przypuśćmy, że w stolicy państwa w jakimś poselstwie znajdują się dwie uzgodnione między sobą maszyny — szyfrująca i deszyfrująca. Obiedwie one pracują oczywiście z jednym ustalonym kluczem; klucz jednak ten nie istnieje, tak jak

w dotychczas opisywanych wypadkach, w postaci notatki, na papierze, który można łatwo skopjować, lecz ukryty jest niejako w układzie kółek mechanizmu tych maszyn. Można więc zdobyć go jedynie przez skradzenie całej maszyny lub conajmniej całej tej części mechanizmu, która zawiera właśnie klucz. Taka kradzież jednakże wydałaby się zaraz na drugi dzień i nie osiągnęłaby celu. Oczywiście więc jest, że maszyna taka pod każdym względem daje większe zabezpieczenie przeciw wszelkim możliwym próbom zdobycia klucza szyfru przez strony niepowołane.

Istotnie też udało się inżynierowi, nazwiskiem Aleksander Kryha, zbudować maszynę szyfrującą i deszyfrującą, która nietylko, że posiada wszystkie zalety wymienione poprzednio, lecz nadto wprost oszłamia fantastyczną liczbą możliwych kombinacji szyfru. Jak zostało obliczone matematycznie, mechanizm tej maszyny daje zdumiewającą liczbę 463 kwadryljonów wszelkiego rodzaju kombinacji, możliwych do przeprowadzenia na niej. Cyfra ta na papierze przedstawia się jako 463 z 24 zerami. Komu sama ona bezpośrednio mało przemawia do wyobraźni, ten może uplastyczyć ją sobie w następujący sposób. Gdyby każdy człowiek z liczby dwóch miliardów mieszkańców globu ziemskiego posiadał taką maszynę, to mógłby na niej przeprowadzać sam, niezależnie od pozostałych ludzi, 200 biljardów różnych kombinacji klucza szyfru, zanim okazałoby się prawdopodobieństwo, iż wypadkowo natrafiłby on na jedną taką samą kombinację, na jaką podobnie trafiłby któryś z reszty mieszkańców ziemi.

Po tych objaśnieniach przygotowawczych przyrzyczymy się teraz samej maszynie, jaką wyobraża rysunek 153. Cała maszyna, wykonana w większej części z metalów lekkich, tak że waży równo 4 kg., znajduje się w aluminiowym futerale, wielkości około  $25 \times 20$  cm. i 10 cm. wysokim. Przez okienko w pokrywie tego futerału widać dwa koncentryczne półkola, podzielone na 26 przedziałek, z których każda posiada literę i cyfrę.

Obydwa te półkola czcionek odpowiadają podanym na rysunku 152 dwóm rzędom liter. Półkole zewnętrznie, większe, zawiera pismo „jasne” — właściwe, wewnętrzne zaś — szyfrowe. Gdy więc chcemy zaszyfrować jakiś tekst, to musimy dla każdej litery jego odnaleźć według liter półkola zewnętrznego odpowiadającą jej literę szyfru — na półkolu wewnętrznym, lub też, o ile chcemy szyfrować cyframi — odpowiadającą cyfrę.

Jak było powiedziane poprzednio, szyfrowanie przez proste przesuwanie alfabetu dziś nie daje już żadnej pewności. Z tego względu więc między zewnętrznym a wewnętrznym kołem czcionkowym znajduje się mechanizm zegarowy, który przy szyfrowaniu lub odszyfrowywaniu każdej poszczególnej litery przesuwają obydwa krążki o pewną określoną odległość względem siebie. Wielkość tych przesunięć zmienia się od wypadku do wypadku, a wykonują je specjalne kółko **b**, posiadające na obwodzie oddzielne grupy zębów. Ukazuje to dokładnie rysunek 154. Widzimy na nim otwartą maszynę, mechanizm zegarowy, wyjęte kółko **b** i koło czcionkowe **c** z czcionkami szyfru. Kółko **b** posiada 15 grup zębów,

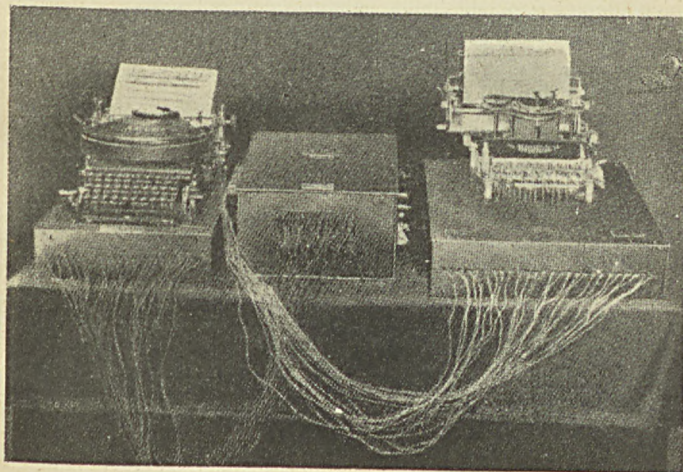
i pod każdą grupą znajduje się w tarczy kółka otwór lub nakładka. Przy kluczu szyfru jest notatka, wskazująca, zgodnie z tem, jak jest umówione, od którego otworka każdorazowo ma rozpoczynać się tekst przy szyfrowaniu lub odszyfrowywaniu. A więc to już nawet samo daje 15 całkowicie różnych jeden od drugiego kluczy, ponieważ kółko to zawiera 15 otworków. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie dodawać do każdej poszczególnej maszyny większą ilość tego rodzaju kółek zębatach, które można z łatwością usuwać i nakładać na ich miejsce inne.

Zobaczmy teraz, jak odbywa się szyfrowanie na takiej maszynie. Szyfrujący najpierw sprawdza, czy kółko zębate maszyny i umówiona nakładka, od której ma się zaczynać, stoją w punkcie zerowym. Po lewej stronie swej ma on tekst do zaszyfrowania, po prawej — ołówek i papier; mechanizm zegarowy maszyny jest nakręcony. Odszukuje więc pierwszą literę posiadanego tekstu właściwego na zewnętrznym półkolu czcionków i zapisuje stojącą nad nią literą wewnętrznego półkola — jako pierwszą literę szyfru. Po tem naciska znajdujący się na przedniej stronie futerału maszyny guziczek (rys. 153). Mechanizm zegarowy poczynają ić i przesuwa obydwa półkola o odległość zależną od grupy zębów kółka zębatego. Następnie w taki sam sposób wyszukuje na półkolu zewnętrznym drugą literę tekstu właściwego i zapisuje stojącą nad nią literę szyfrową z krążka wewnętrznego — jako drugą literę tekstu szyfrowego. W ten sposób odnajduje literę za literą, aż zaszyfruje cały tekst właściwy. Samo przez się rozumie się, że za każdym razem przesunięcia obydwóch pół-

koli są różne; a ponieważ nieustannie dodają się, więc powstaje niezliczona ilość kombinacji, która drwi sobie ze wszelkich usiłowań odszyfrowania jedynie umysłem.

Przy stosowaniu opisanej metody szyfrowania jednak, gdyby pozostawiać przerwy między wyrazami, to możnaby rozróżnić każdy oddzielny wyraz po długości jego. Aby więc i w tym kierunku zatrzeć wszelki ślad dla możliwości odszyfrowania, wyrzuca się w literach obydwóch półkoli czcionkowych literę „j”, a zamiast niej, gdy wypada ona, stawia się „i”; natomiast „j” używa się dla oznaczania przerw między wyrazami; czyli że szyfrujący szyfruje tak, jakby w tych miejscach, gdzie są przerwy, stała litera „j”. Wreszcie cały, powstały w ten sposób niekończący się, rząd liter dzieli się na regularne, np. po pięć liter, grupy; tak że całość niczem nie jest podobna do poprzedniego podziału słów w tekście właściwym i nie może zdradzić długości ich.

Odszyfrowanie tak sporządzonego tekstu jest naturalnie możliwe tylko wtedy, gdy posiada się ściśle taką samą maszynę, z takimi samymi kółkami zębatymi i z tak samo obsadzonemi na obydwóch półkolach czcionkowych literami i cyframi. Przy rozpoczynaniu odszyfrowywania sprawdza się, czy kółko zębate z umówioną do rozpoczynania nakładką stoi na zerze, potem wyszukuje się pierwszą literę szyfrowego tekstu na wewnętrznym półkolu czcionkowym i wypisuje odpowiadającą jej literę z półkola zewnętrznego, jako pierwszą literę tekstu właściwego. Po tem dozwala się mechanizmowi zegarowemu zrobić jeden ruch, i wynajduje w ten sam sposób na-

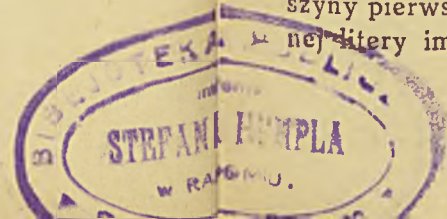


Rys. 155. Maszyna do szyfrowania, połączona elektrycznie z dwiema maszynami do pisania. Na pierwszej maszynie pisze się normalny tekst, druga maszyna wypisuje go szyfrem.

stępną literę właściwego tekstu; postępuje się tak, aż dopóki nie odszyfruje się całego tekstu.

Jak widać z tego, niezwykle prostymi środkami mechanicznymi zostało rozwiązane zagadnienie, nad którym najtęższe umysły pracowały przeszło 2000 lat. Dopiero maszyna umożliwiła takie ukrycie właściwego tekstu, że zapewniła tajność jego przeciw wszystkim niewtajemniczonym; gdyż wogóle istotnie jest on możliwy do odczytania jedynie dla tych, którzy posiadają maszynę, ściśle taką samą jak ta, w której był on ukryty.

Podobnie jak w opisywanych w początkowych ustępach niniejszego rozdziału maszynach, dalszy rozwój tych szyfrujących maszyn poszedł w kierunku połączenia ich z maszynami do pisania. Ideałem jest maszyna, na której możnaby pisać tekst właściwy, a otrzymywać szyfrowany. Jest to jednak, całkownie zrozumiale, nieosiągalne. Na zwykłej maszynie do pisania można uzyskać jedynie tylko jedno proste i ustanowione raz na zawsze ew. przesuwanie alfabetu, drogą zmieniania  $x$  razy stałych czcionków na uderzających młoteczkach. Toteż Kryha poszedł w kierunku innego, takiego jak na rysunku 155, urządzenia: dwóch maszyn do pisania i włączonej między nie maszyny szyfrującej, poruszanej elektrycznie. Na jednej z maszyn pisze się tekst właściwy, który oczywiście wychodzi odbity czcionkami maszyny na założonym papierze. Podczas drukowania jednak połączone z tą maszyną urządzenie elektryczne, przy każdym uderzeniu w klawisz maszyny pierwszej, daje właściwy dla danej poszczególnej litery impuls czyli pobudkę prądu do maszyny



szyfrującej. Tam impuls ten nadaje znów, odpowiedniej według klucza tej maszyny, literze szyfrowej pobudkę, która z kolei zostaje przekazana od niej do drugiej maszyny do pisania i w niej wywołuje uderzenie, odpowiadające pobudzającej literze szyfrowej. W ten sposób więc powstaje ostatecznie wydrukowany na założonym papierze na drugiej maszynie do pisania tekst szyfrowy, równocześnie z pisaniem na pierwszej maszynie tekstu właściwego. Cały zestaw ten może pracować w obydwóch kierunkach; podobnie też jest odwracalną maszyna szyfrująca. Można więc np. tekst, mający być odszyfrowanym, pisać na drugiej maszynie, a wówczas na pierwszej otrzymuje się od razu tekst właściwy.

Nie bez dużego nawet znaczenia jest fakt, że te zadziwiające manipulacje z dwoma zwykłymi maszynami do pisania wraz z maszyną szyfrującą osiąga się przez włączenie bardzo prostego przyrządzu elektrycznego; gdy zaś maszyny te w danej chwili nie są potrzebne do szyfrowania, to wystarcza wyjęcie paru niewielkich części tego przyrządzu, i obiedwie maszyny mogą być użyte jako zwykłe maszyny do pisania.

Opisana maszyna szyfrująca, dzięki jej prostocie i najzupełniejszej pewności działania, powinna, według wszelkiego prawdopodobieństwa, spowodować zwiększenie stosowania szyfrowanych tekstów i listów również i w świecie handlowym i przemysłowym. W ubiegłych latach, a nawet wiekach, pismo szyfrowane służyło głównie do korespondencji dyplomatycznej i urzędowej, tajność której była i wielu względów niezbędną. W czasach dzisiejszych spr-

wy handlowe i przemysłowe jednak mają niemniej-  
sze znaczenie, niż urzędowe; i wiele razy udanie się  
takich transakcyj ma o wiele większą cenę dla po-  
myślności czy szkód setek tysięcy ludzi, niż jakieś-  
kolwiek, więcej lub mniej, mało znaczące sprawy dy-  
plomatyczne. Toteż dzisiaj, obok istniejącego od wie-  
ków tajnego wywiadu politycznego, wywiad handlo-  
wy i przemysłowy rozwija się stopniowo coraz wię-  
cej i wyrządza niejednokrotnie wielkie szkody. Tu  
więc właśnie wkracza maszyna szyfrująca i zapew-  
nia handlowi i przemysłowi tę ochronę, której dzi-  
siał coraz więcej domagać się są one zmuszone.



## X.

## KOMUNIKACJA Z KSIĘŻYCEM

Od czasu, gdy Juliusz Verne przeszło 60 lat temu napisał swą fantastyczną „Podróż na księżyc”, nie pozostawiali ludzie w spokoju zagadnienia złożenia wizyty temu bliskiemu sąsiadowi ziemi. Droga do niego nie jest tak daleka — około 52 000 mil geograficznych, czyli przeszło 384 000 kilometrów. Światło przebiega tę odległość mniej więcej w  $1\frac{1}{4}$  sekundy; ale nawet szybkie nasze dzisiejsze środki komunikacyjne pozwoliłyby nam przebyć ją w znośnym czasie. Podróż np. dobrym samolotem, o szybkości 300 km. na godzinę, zajęłaby 1280 godzin, czyli 53 dni, t. j. mniej więcej tyle, co podróż dokoła ziemi.

Niestety, samolot nie jest odpowiednim środkiem do podróży na księżyc, ponieważ — poza wszelkimi innymi przeszkodami — powietrze, któreby miało podtrzymywać go, jest już na wysokości 50 km. tak rzadkie, że nie uniosłoby nietylko samolotu, lecz nawet balonu; na wysokości około 300 km. zaś zupełnie kończy się. Żeglarz powietrzny osiągnąłby więc prawie zaledwie jednej tysięcznej części swej drogi na księżyc.

W tych warunkach należy stworzyć inny środek komunikacji z księżycem. Juliusz Verne wybrał do tego wystrzał z armaty olbrzymich rozmiarów. Oparł się on przytem na dających się łatwo obliczyć podstawach, że pocisk, wyrzucony z ziemi w kierunku

księżyca z szybkością początkową 20 km. na sekundę, przewyciężyłby istotnie siłę przyciągania ziemi i na odległości nieco ponad 270 000 km. od ziemi doleciałby do punktu neutralnego, t. j. tego, gdzie przyciąganie ziemi równoważy się z przyciąganiem księżyca. Od tego punktu, pocisk podlegałby przyciąganiu jedynie księżyca i spadłby na jego powierzchnię.

Warunek nadania pociskowi prędkości początkowej 20 km. na sekundę jest o wiele łatwiejszy do wypowiedzenia, niż do wypełnienia w praktyce. Prędkość początkowa pocisków naszych największych dział okrętowych wynosi jedynie 1 km. na sekundę. Dzięki specjalnej konstrukcji i niespotykanej długości luf dział udało się w czasie wojny światowej osiągnąć prędkość początkową pocisków 2 km. na sekundę. Zwiększenie dziesięciokrotnie tej szybkości stawiałoby konstruktorom dział takie zadania, których dzisiejszemi środkami technicznymi bodaj nie dałoby się wypełnić.

Przypuścmy jednak, że udało się uzyskać taką prędkość początkową; mimo to jednak wynik naszego przedsięwzięcia w dalszym ciągu byłby bardzo wątpliwy. Pocisk musiałby przebywać z taką olbrzymią szybkością dolne, najgęstsze warstwy atmosfery, więc wskutek powstającego przy tem tarcia o powietrze prawdopodobnie tak silnie rozpaliby się, że roztopiłby się i opadł w postaci deszczu stopionego metalu.

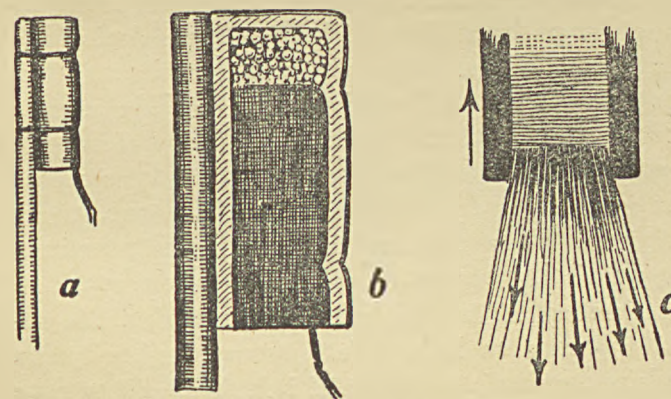
W każdym razie technika naszych czasów zarzucała najzupełniej dawny pomysł Verne'a — wystrzał z armaty do księżyca. Natomiast gruntownie i we wszelkich szczegółach obliczyła i wypróbowała, za-

równy teoretycznie, technicznie, jak praktycznie, inny całkowicie środek komunikacyjny, gwarantujący zasadniczą techniczną przydatność jego. Tak że podróż na księżyc możnaby sprowadzić praktycznie już jedynie do kwestji pieniężnej. Gdyby znalazło się tych niewiele koniecznych na ten cel milionów, to skomunikowanie się z księżycem mogłoby być całkowicie poważnie już opracowywane i zapoczątkowane praktyczne uskuteczenie. Gdy tylko zostanie dokonane parę przelotów nad biegunami, to przestaną one przedstawiać jakiś mniej lub więcej pociągający interes, i zagadnienie zwiedzenia księżyca stanie się aktualne.

Zgóry można powiedzieć, że zarówno obydwie bieguny, jak podobnie i księżyc, przedstawiają jedynie interes naukowy. Ze strony praktycznej, niema powodu wybierać się do krain biegunowych. Bieguny ziemskie bowiem, jak to stwierdziły bez żadnych wątpliwości wyprawy samolotami i balonami, przedstawiają nieskończone pustynie lodowe, na których nawet Eskimosi nie mogą mieszkać. Czy w okolicach tych znajduje się więcej czy mniej łądów — mogłoby to interesować, być może, geografów i geologów; dla ogółu jednak jest kwestja ta całkowicie bez znaczenia.

O księżycu zaś wiemy z całą pewnością, że nie posiada on ani atmosfery ani wody; tak że ludzie mogliby przebywać na jego powierzchni jedynie w ubraniach w rodzaju kostjumu nurków, lecz nie dającego się zgnieść, oraz — przy sztucznem dostarczaniu tlenku do oddychania. Samą powierzchnię księżyca stanowią niewietrzejące skały, o składzie, według

wszelkiego prawdopodobieństwa, takim samym, jak skały ziemskie. Dalej wiadomo, iż każde miejsce na powierzchni księżyca ma przez jedną połowę miesiąca noc, a przez drugą dzień. Wciągu takich długich dni promienie słońca, nie łagodzone niczem, wytwarzają straszliwy nie do zniesienia żar; wówczas — gdy podczas czternastodniowej nocy temperatura może spadać do temperatury przestrzeni międzyplanetarnych, t. j. do takiej, przy której wszystkie gazy skraplają się.



Rys. 156. Działanie rakiety.

a. Rurka tekturowa napełniona materiałem wybuchowym jest przymocowana do żerdzi. b. Przekrój podłużny rakiety, w górnej części znajduje się materiał świecący. c. Zapalono materiał wybuchowy. Rakieta wznosi się.

Gdyby więc istotnie ludzie doszli do tego, że mogliby odwiedzić księżyc, to wyprawa taka winna mieć za cel zbadanie przede wszystkim zupełnie nieznaną dotąd ludzom, stale odwróconej od ziemi części księżyca. Drugą bowiem zwróconą ku ziemi zna-

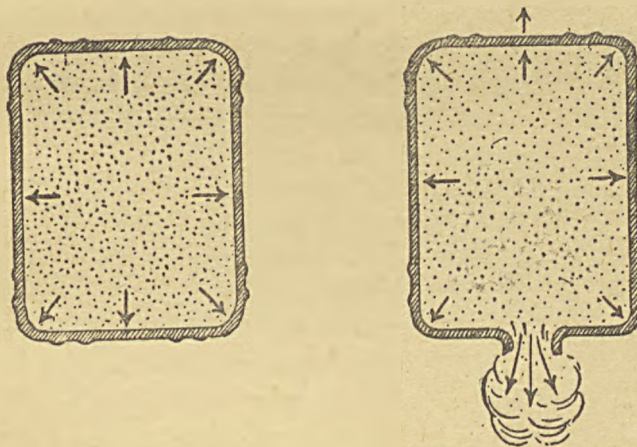
my prawie dobrze, o ile nie lepiej, niż niektóre części naszej własnej planety. Powierzchnia księżyca, oglądana przez najsilniejsze teleskopy ziemskie, przedstawia się nam tak, jakgdybyśmy patrzyli na nią gołym okiem z odległości zaledwie dziesięciu mil geograficznych. Taki wyraźny wygląd pochodzi z prawie całkowitego braku atmosfery, któraby zasłaniała i przeszkadzała widzieć wyraźnie i studjować wszelkie szczegóły skał i kraterów księżycowych.

Jak wszędzie — jest tam wiele dla nas niewiadomego; co też pobudza fantazję i tworzenie najróżnorodniejszych baśni. Dopóki ludzie nie przelecieli nad biegunami, utrzymywało się stałe przekonanie, że mogą znajdować się tam niezmiernie wielkie otwarte przestrzenie wodne, z obfitem życiem zwierzęcym i roślinnym. W podobny sposób fantazjowano nieraz też i na temat drugiej, niewidocznej dla nas, części księżyca. Utrzymywano, że być może przeniosła się na nią cała woda z księżyca i powietrze; tak że możliwe jest, iż tam mogą być istoty ludzkie. Dla nauki wyprawa na księżyc jest jeszcze bardziej pełna nadziei uzyskania wiadomości i doniosła, niż wyprawy do biegunów; z tego też względu właśnie ewentualne środki lokomocji w tym celu mogą słusznie rościć sobie pretensje do wzbudzania zainteresowania.

Takim środkiem lokomocji, na którym dziś skupia się cała uwaga, jest t. zw. rakietą, olbrzymich rozmiarów, wykonana ze wszelkimi możliwymi doskonałościami i precyzją techniczną. Każdy z czytelników oczywiście zna dobrze rakietę fajerwerkową, które zapalone wystrzelają, podobne do ognistych wę-

zów, na wielkie wysokości, dając zanim zgasną prześliczny widok na ciemnym niebie. Nie wszyscy jednak pewno mieli sposobność oglądać taką raketę nie wystrzeloną i wyjaśnić sobie, w jaki sposób ona działa.

Zajdziemy więc na plac, gdzie są przygotowane na wieczór wielkie fajerwerki i obejrzymy dokładnie zbliska rakietę; stoją one oparte ukośnie o żerdzie płotu. Weźmy jedną z nich do ręki i zobaczymy jak



Rys. 157.

Rys. 158.

wygląda. Widzimy mocny pręt, długości przeszło metr (Rys. 156a); u górnego końca pręta jest przymocowana twarda rurka tekturowa, napełniona materiałem wybuchowym. Rurka ta u góry jest szczelnie zamknięta również tekturową przykrywką, wdole zaś otwarta i zaopatrzona w lont, wystający nieco poza jej brzeg (Rys. 156b).

Postawimy tę raketę zpowrotem, jak uprzednio

w pozycji nieco pochylonej, w ten sposób, aby koniec otwarty rurki tekturowej był zwrócony ku dołowi. Aczkolwiek jest dzień i blask słońca, postanawiamy poświęcić jedną z nich dla dokonania doświadczenia. Przytykamy więc zapaloną zapalną do końca lontu, i w tej chwili zaczyna biec ogień po nim w górę. Dochodzi szybko do ładunku prochu i w jednej chwili wystrzela z sykiem i szumem z rurki (Rys. 156c). W tym samym momencie, jakby porwany niewidoczną ręką, cały pręt z rurką unosi się w powietrze i szybuje z coraz większą szybkością w kierunku, w jakim był nastawiony przed zapaleniem rakiety.

Wobec blasku słońca słabo widzimy ognistą smugę, jaką rakietę ciągnie za sobą, tak dobrze widoczną w nocy; możemy natomiast śledzić na wielką wysokość za prętem z przywiązaną doń rurką i widzimy coś, czego nie możemy zauważyć podczas ciemności; mianowicie — że pręt wkońcu przestaje wznosić się i spada zpowrotem na ziemię z wystrzeloną rurką.

Skądże powstaje to wznoszenie się bynajmniej nie specjalnie lekkiej rakiety? Wyjaśnienie przyczyny, powodującej wznoszenie się rakiety w powietrze, może być dwojakie, przyczem w obydwóch tych wypadkach dochodzi się do tego samego wniosku, co dowodzi, że obydwa punkty widzenia są jednakowo słuszne.

Wyobraźmy sobie zbiornik z blachy żelaznej (Rys. 157), zamknięty ze wszystkich stron i napełniony gazem pod wielkim ciśnieniem. Gaz ciśnię na ściany zbiornika we wszystkich kierunkach z jed-

nakową siłą. Każdemu ciśnieniu w jakimkolwiek kierunku odpowiada przytem jednocześnie przeciwnieśnienie, takiej samej siły — w przeciwnym kierunku. Wskutek tego wszystkie te ciśnienia wzajemnie równoważą się, i zbiornik nie okazuje żadnego dążenia do ew. poruszenia w jakimkolwiek kierunku.

Postać rzeczy zmienia się jednak całkowicie, gdy wyjmemy część jakiejś ściany zbiornika (Rys. 158). Wówczas gaz nie będzie mógł wywierać ciśnienia na ściankę zbiornika w tem miejscu, będzie jednak w dalszym ciągu wywierał je na przeciwległą, i skutkiem tego cały zbiornik przesunie się w kierunku, wskazanym na rysunku strzałką. Zrobiony przez nas otwór w ścianie zbiornika wywoła jeszcze inne zjawiska. Mianowicie — sprężony gaz w zbiorniku będzie gwałtownie wydobywał się przez ten otwór, podobnie jak gaz ze spalonego prochu wybuchał ze wspomnianej rurki tekturowej.

Zjawisko to miało wielokrotnie błędne wyjaśnienia; np. w tym rodzaju, że wystrzelający z otworu gaz opiera się niejako, czy też uderza, o otaczające powietrze i wskutek tego popycha rakiety naprzód. Wyjaśnienie takie jest błędne zasadniczo: rakiety bowiem zachowywałyby się najzupełniej tak samo w próżni, jak zachowuje się w atmosferze.

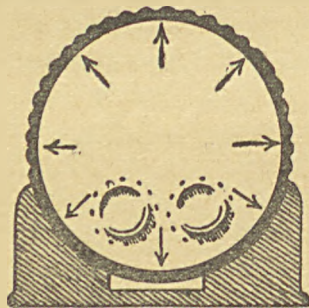
W dużej skali zjawisko to miewa miejsce przy wybuchach kotłów parowych. Wielki, zwykle kształtu walca, kocioł parowy napełniony parą odczuwa takie samo ciśnienie, jak opisany wyżej zamknięty ze wszystkich stron zbiornik (Rys. 159). Jeżeli jednak dzięki jakiejś wadzie ścianek kotła, w którymś miejscu ścianka pęknie czy wypadnie (Rys. 160), to

w tym miejscu ginie ciśnienie pary na ściankę i, jak to zawsze bywa przy takich wypadkach, cały kocioł wylatuje w powietrze, porywając okna, ściany, wyrzucony nieraz na daleką odległość. Tu właśnie jest typowe działanie rakietowe.

(W podanem wyżej wyjaśnieniu braliśmy za podstawę stosunek ciśnienia. Inne wytłumaczenie zjawiska da się łatwo przeprowadzić, jeżeli za taką podstawę przyjmemy armatę z której zostaje wystrzelony pocisk (Rys 161). Wiadomo, że przy tem zachodzi t. zw. oddawanie działa, czyli uderzenie wstecz, które nietylko, że wyrzuca pocisk z lufy, lecz jednocześnie całą lufę wraz z lawetą odpycha dość daleko wtył.

Dla naszych rozpatrywań zjawiska przyjmujemy, że armata unosi się w przestrzeni, jakby nieczuła na siłę przyciągania ziemi. Dalej — że waży ona wraz z lufą 500 kg., a pocisk, mający być wystrzelony z niej — 10 kg. Następnie przypuścimy, że pocisk wylatuje z lufy z szybkością 500 metrów na sekundę. Przy wystrzale przekonamy się, że całe działo cofnie się w kierunku przeciwnym strzałowi z szybkością 10 metrów na sekundę.

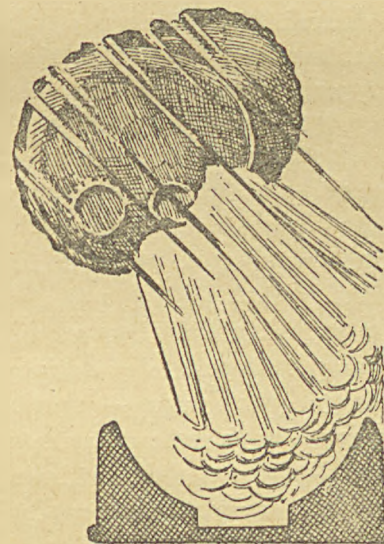
Nazwijmy punkt w przestrzeni, w którym pocisk opuszcza wylot lufy, P; wtedy w jedną sekundę po strzale znajdzie on się o 500 metrów po jednej stro-



Rys. 159.

nie tego punktu, działo zaś — o 10 po drugiej. Po dwóch sekundach odległości te będą odpowiednio — 1000 m. i 20 m. i t. d.

Wyobraźmy sobie, iż w tym punkcie P jest podparta belka wagi, której jedno ramię ma 500 m., a drugie 10 metrów. Jeżeli przywiesimy do dłuższego ramienia ciężar 10 kg., a do krótszego 500 kg., to



Rys. 160.

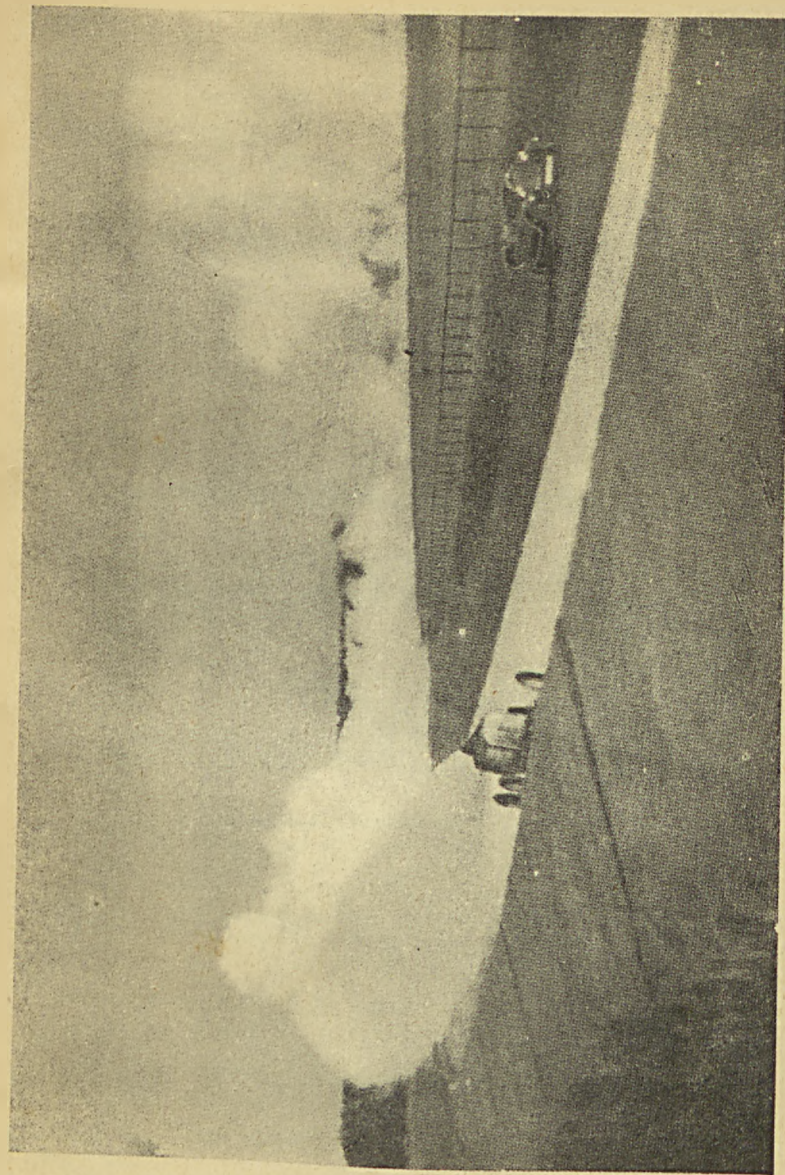
belka cała pozostanie w równowadze. To samo będzie, jeżeli przywiesimy odpowiednio: 1000 kg. i 20 kg. Można więc, wychodząc z tego, powiedzieć, że lecący naprzód pocisk oraz cofające się działo — w stosunku do punktu P, od którego oddalają się — pozostają stale w równowadze. Całe prawidło więc

da się wyrazić w ten sposób: gdy jakkolwiek układ mechaniczny zostaje przez działające w nim siły wewnętrzne rozdzielony na części, to punkt ciężkości całego układu zachowuje podczas tego dzielenia swoje pierwotne położenie i ruch — niezmienione.

Jeżeli teraz odniesiemy to prawidło do rakiety, to sprawa przedstawi się jak następuje. Gazy ze spalonego prochu wychodzą z rurki tekturowej w kierunku zgóry ku dołowi. Masa ich jest nieznaczna, szybkość natomiast bardzo wielka. Zgodnie z wyprowadzonym wyżej prawidłem, musi więc cała reszta masy rakiety przyjąć pewną szybkość w górę, aby został zachowany stosunek, iż: waga rakiety, pomnożona przez jej szybkość, równa się wadze wystrzelonych gazów prochowych, pomnożonych przez ich szybkość. Z tego wynika oczywistość, że rakieta zostaje wprowadzona w ruch w górę.

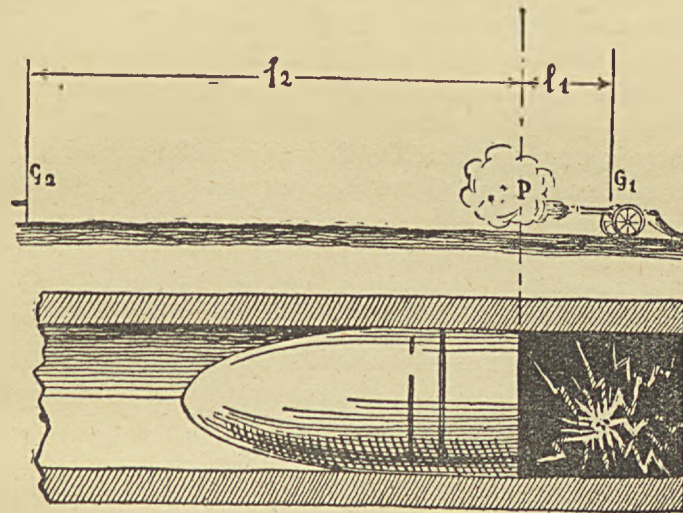
Dalej, nadto zachodzą dwie inne okoliczności, mające wpływ na wznoszenie się rakiety: jedna — sprzyjający, druga, przeciwnie — ujemny. Pierwsza okoliczność wywoływana jest przez siłę przyciągania ziemi. Ciężenie ziemskie nadaje każdemu swobodnie padającemu ciału przyspieszenie spadania okrągło liczące 5 metrów na sekundę. Jeżeli by więc to przyspieszenie lotu w górę, które rakieta uzyskuje od wybuchających gazów prochowych, było nikłe, to rakieta nie mogłaby wcale wznieść się.

Druga okoliczność, pomyślna, polega na tem, że przy rakiacie jest nie tylko jeden wystrzał — jak np. w armacie, gdzie zostaje wystrzelony jeden pocisk — lecz gazy prochu wybuchają z rurki stale przez dłuższy czas.



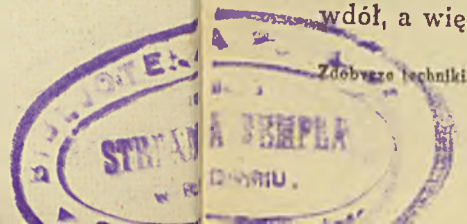
Rys. 164. Samochód raketowy podczas jazdy.

Przypuśćmy, że rakieta wzniosła się już w górę na jakąś odległość i posiada prędkość własną 20 metrów na sekundę. Możemy przytem najzupełniej nie uwzględniać wszystkiego tego, co zaszło przedtem. W chwili więc, gdy rozpoczynamy teraz tę nową



Rys. 161. Punkt ciężkości armaty wraz z pociskiem nie zmienia swego położenia i po wystrzale znajduje się w tem samym miejscu w jakim był przed wystrzałem. Armata cofa się, przy czem w każdej chwili iloczyn z ciężaru jej  $G$ , przez odległość jej  $l$ , od położenia środka ciężkości  $P$  równa się iloczynowi z ciężaru pocisku  $G$ , przez jego odległość  $l$  od środka ciężkości  $P$

obserwację, rakieta porusza się, a więc razem z nią i punkt jej ciężkości, z prędkością 20 metrów na sekundę w górę. Gazy wybuchają od tego punktu ciężkości z pewną określoną szybkością w dół, a więc rakieta otrzymuje dodatkową szybkość,

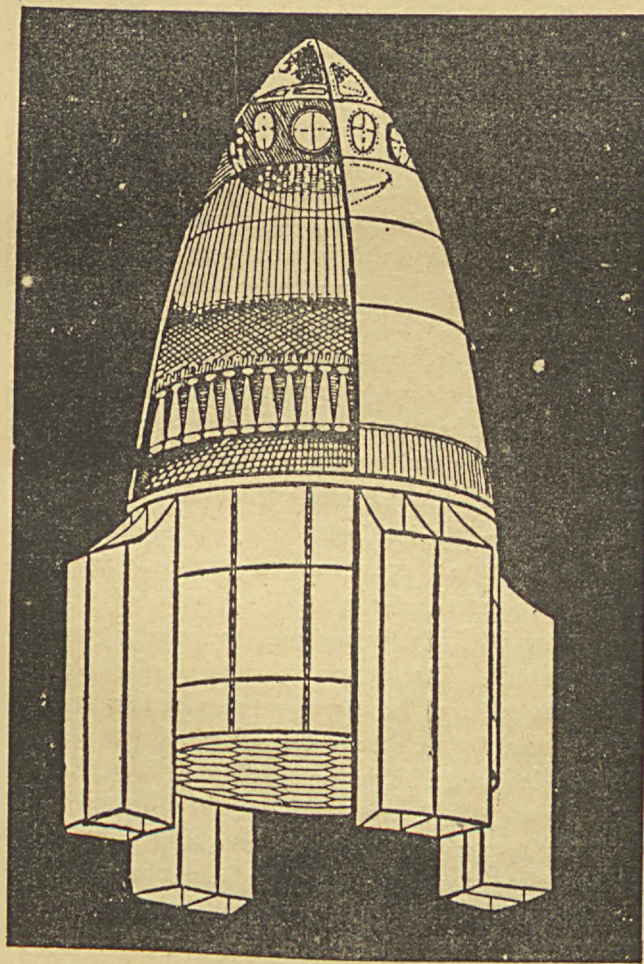


przytem takiej wielkości, aby wspólny punkt ciężkości rakiety i wybuchających gazów utrzymywał swoją szybkość ku górze — 20 metrów na sekundę — bez zmian.

W przeciwieństwie do podanego przykładu z armatą, przy rakiecie mamy do czynienia z przebiegiem o wiele korzystniejszym, gdyż ciągłym. Objasnienie matematyczne tego zjawiska jest możliwe przy pomocy jedynie wyższej matematyki, więc musimy je tutaj pominąć. W każdym razie z naszego przedstawienia wypływa jako oczywistość wniosek, że rakieta jest układem o wciąż, z sekundy na sekundę zmniejszającej się wadze i coraz wyżej wznoszącym się punkcie ciężkości.

Warunki i charakter takiego przebiegu można uczynić jeszcze lepiej zrozumiałymi, jeżeli zrobić porównanie z dawnym sposobem wyjaśniania podobnego zagadnienia. Było niekiedy robione takie mianowicie założenie: że z armaty zostaje wyrzeland pocisk, lecz druga mała armatka. Gdy zaś przeleci ona już w powietrzu pewną sporą odległość i będzie miała opaść na ziemię, to wybuchnie znajdujący się w niej nabój i wyrzuci w górę z jej lufy pocisk, z nową siłą, a sama armatka pocnie opadać na ziemię. Oczywiście układ taki można zwielokrotnić i w tej drugiej armatce umieścić trzecią, w trzeciej czwartą i t. d. Nie brakło nawet prób wyliczenia matematycznego na temat, czy udałoby się wyrzucić tym właśnie sposobem pocisk aż do księżyca. Sposób, w jaki działa rakieta, jest jednak o wiele korzystniejszy od takiego wsuwania armat jedna w drugą. Przy tych ostatnich bowiem działanie następuje zawsze

uderzeniami, raptownemi oddzielnemi pchnięciami, od wybuchów i wystrzałów; przy rakiecie zaś mamy



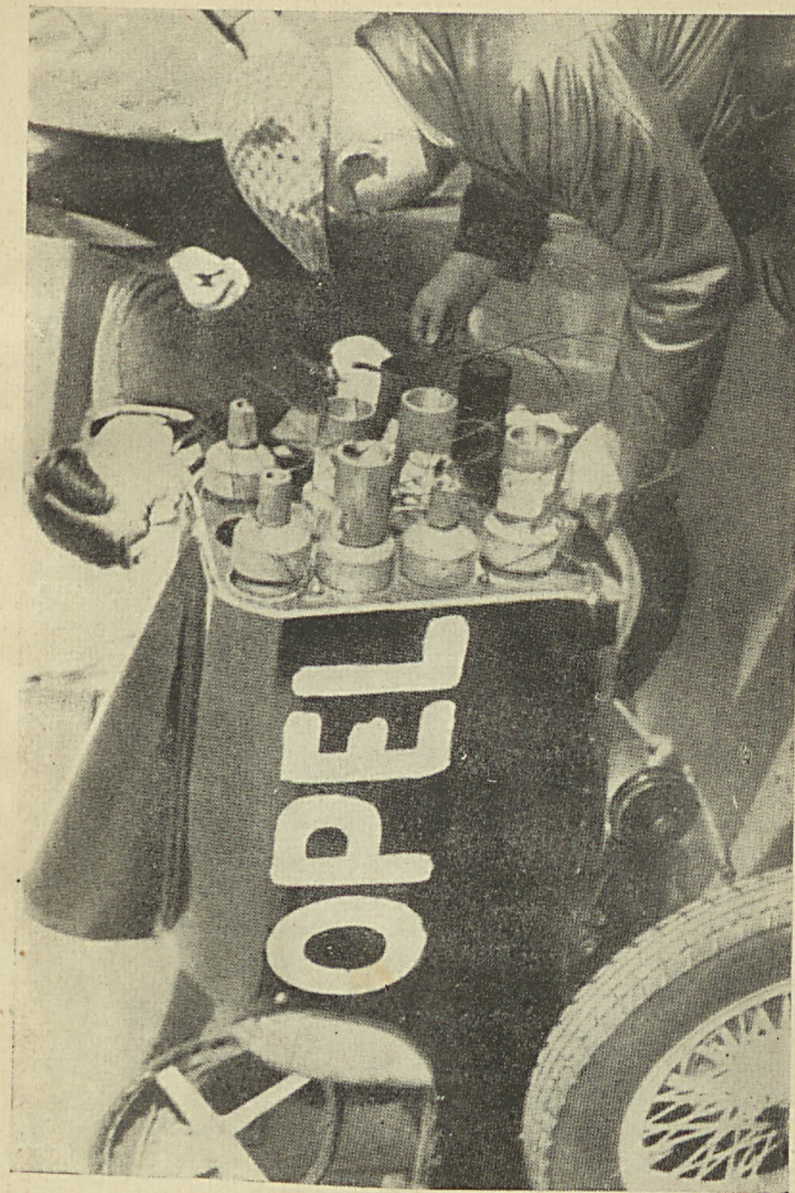
Rys. 162. Rakieta międzyplanetowa.



do czynienia z działaniem najzupełniej ciągłym, bez przerw. Zwłaszcza niema tych nieuniknionych, powstających nagle, raptownych wysokich ciśnień gazów prochowych. Cały układ więc może być, dzięki temu, o wiele lżejszy, ponieważ potrzebuje podlegać jedynie niewielkiemu ciśnieniu gazów, wybuchających nieustannie i popychających go naprzód.

Widzieliśmy to już właśnie w zwykłej rakiemie fajerwerkowej. Jeżeli chcielibyśmy wyrzucić całą rakiętę, t. j. pręt i rurkę, na taką wysokość od ziemi, do jakiej normalnie dolatuje ona przy jednym tylko wystrzale, to musielibyśmy użyć w tym celu pewnego rodzaju ciężkiego, o bardzo grubych ściankach, moździerza. W rakiemie zaś, jak widzieliśmy, wystarcza prosta rurka z tektury do umieszczenia w niej nasypki, czyli materiału napędowego, o niewielkiej wytrzymałości i nieznacznej wadze. Te wszystkie warunki okazują się tak korzystnymi dla rakiety, że istotnie możliwe jest — jak to stwierdzają bez żadnej wątpliwości badania teoretyczne — zbudowanie takiej rakiety, która zasadniczo mogłaby dolecieć do księżyca; przytem jej koszt byłby niewspółmiernie mały.

Przy dalszem rozważaniu tego zagadnienia należy jednak rozróżnić dwie ewentualności: rakiety z ludźmi wewnątrz, oraz — bez. Czytelnicy Juliusza Verne'a wiedzą, że kazał on trzem dzielnym ludziom puścić się w podróż w przestworza w olbrzymim jakby armatnim pocisku. Jest to oczywiście t. zw. licencja poetycka, niezbędna do tego, aby uczynić książkę zajmującą. W rzeczywistości zaś coś podobnego jest najzupełniej wykluczone; z tego względu przedewszystkiem i zasadniczo, że pocisk, mający istot-

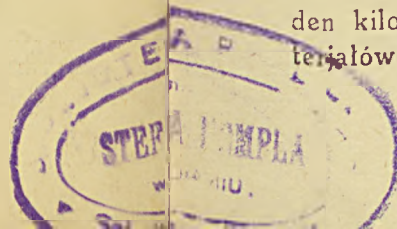


Rys. 163. Samochód rakiетowy.

nie dolecieć do księżyca, musiałby wciągu tych paru sekund przelotu przez lufę działa osiągnąć straszliwą szybkość, — taką, przy której jakakolwiek żyjąca istota wewnątrz pocisku zostałaby zmiażdżona i zerwana na kawałki. Całkowicie zaś inaczej jest przy rakiecie, stosowanej do tego samego celu: przyspieszenie, t. j. przyrost szybkości ruchu jej wciągu jednej sekundy, może być utrzymywane z łatwością w takich granicach, że pasażerowie rakiety nie odnieśliby żadnego szwanku. O wielkości tego przyspieszenia będzie mowa niżej.

Dalej — rozpatrując zagadnienie rakiety, będziemy przedewszystkiem opierali się na wykrytych przez niemieckiego fizyka Obertha prawach i na jego wnioskach. Jak powiedziano wyżej, wznoszenie się w górę zwykłej fajerwerkowej rakiety jest powodowane przez wybuchy t. zw. nasypki, czyli wybuchowego materiału napędowego, składającego się w znacznej części ze zwykłego prochu strzelniczego. Przez dodanie pewnych domieszek szybkość spalania się prochu zostaje zwolniona, tak że nabój nie wybucha w jednej chwili, lecz spala się stopniowo wciągu kilkunastu sekund i działa popychająco na rakieta.

Materiał wybuchowy jednak, nadający się do rakiety fajerwerkowej, jest dla rakiety, mającej dolecieć do księżyca, najzupełniej nieodpowiedni. Laik skłonny jest mniemać, iż jeden kilogram materiału wybuchowego — np. prochu, dynamitu i t. p. — zawiera w sobie o wiele większą ilość energii, niż jeden kilogram zwykłych wysokowartościowych materiałów opałowych. Błąd ten jest całkowicie zrozu-



miały z tego względu, że materiały wybuchowe wyładują cały zapas energii swej odrazu, w ułamek sekundy, i dzięki temu są zdolne wykonywać w postaci wybuchu, pracę burzącą. Ścisłe badania jednak wykazały, że jeden kilogram benzyny samochodowej dostarcza przy całkowitem spalaniu się dziesięć razy więcej energii, niż jeden kilogram wybuchającego dynamitu. Podobnie zachowuje się czysty alkohol etylowy czyli spirytus; wodór zaś, spalając się, uwalnia nawet trzydziestokrotnie tyle energii, co także sama wagowa ilość dynamitu.

Jeżeli więc idzie o zbudowanie rakiety o możliwie najwyższej zdolności roboczej, to trzeba porzucić wszelkie stosowane obecnie przy fajerwerkach materiały napędowe, natomiast zwrócić się do wzmiankowanych właśnie wyżej materiałów o wiele energiczniejszych. Tak też postąpił Oberth. Skonstruowany przez niego ze wszelkimi szczegółami aparat składa się przede wszystkim z dwóch rakiet silnie spojonych ze sobą. Większa rakietka, cięższa, t. zw. rakietka alkoholowa, używa jako paliwa alkoholu, który, przy doprowadzaniu do niego czystego tlenu, spala się, dając parę wodną i kwas węglowy; wybuchając z rakiety, tworzą one siłę napędową. Rakietka alkoholowa ma za zadanie wzniesić cały aparat do pewnej określonej wysokości w powietrze i przewyciążyć przytem większą część ciężenia ziemskiego. Jak tylko wypali się w niej zapas paliwa, oddziela się ona automatycznie od drugiej, mniejszej, złaczonej dotąd z nią, t. zw. rakiety wodorowej, i spada zpowrotem na ziemię; rozpoczyna się zaś praca tej właśnie drugiej rakiety — wodorowej. Paliwem

w niej jest czysty wodór; spala się on zmieszany z tlenem, tworząc parę wodną, która wybuchając z rakiety, daje potrzebną siłę napędową.

Przy planowaniu swej rakiety Oberth korzystał w wielkich rozmiarach z ostatnich nowoczesnych zdobyczy w kierunku skraplania gazów. Tlen i wodór nie znajdują się w rakiecie w stanie sprężonych gazów, do czego konieczne byłyby niesłychanie wytrzymałe, a więc i odpowiednio ciężkie butle stalowe, lecz w stanie płynnym, w butlach lekkich, podobnych do znanych dziś, odgrywających dużą rolę w życiu codziennym — termosów. Istnieje więc możność tworzenia zapasów niezbędnego paliwa w możliwie małych i lekkich pomieszczeniach i zapewnienia sobie w łatwy sposób posiadania potrzebnej ilości siły napędowej.

Oberth w swem fundamentalnem dziele p. t. „Rakietka międzyplanetarna” tak mówi o niej. „Właściwy aparat składa się z dwóch rakiet: rakiety alkoholowej i wodorowej. Ma on długość 5 m., szerokość i wysokość 55,6 cm i waży 544 kg. Waga samej rakiety wodorowej wynosi 6,9 kg. Materiałem, z którego jest zbudowany aparat, jest w pierwszym rzędzie stop aluminiowy, będący zaledwie trzy razy cięższy od wody i posiadający wytrzymałość na rozciąganie 30 kg. na jeden milimetr.”

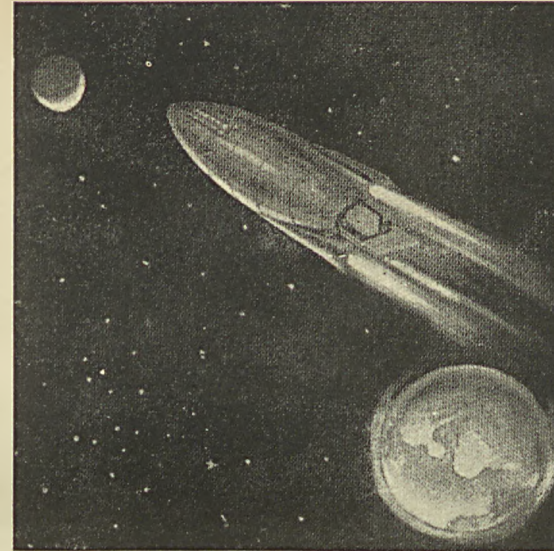
Rakietka wodorowa zaś zbudowana jest z czystego ołowiu; a to dlatego, że ma ona pracować dopiero w wielkiej odległości od ziemi wśród zimna przestrzeni międzyplanetarnej. Ołów zaś przy temperaturze 150 i więcej stopni Celsjusza niżej zera nabiera, jak

to zostało stwierdzone wielokrotnymi doświadczeniami z ciekłym powietrzem, mocy i ciągłości stali.

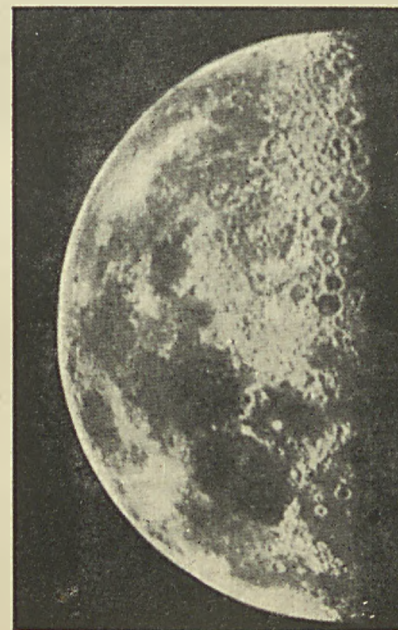
Gdyby spalać tylko czysty alkohol z odpowiednią domieszką jedynie tlenu, to otrzymywałoby się niesłychany żar, ale nieproporcjonalnie małej długości płomień. Żar ten przytem byłby prawdopodobnie tak wielki, że powodowałby równocześnie rozkład pewnej części wytwarzanych produktów spalania — pary wodnej i kwasu węglowego — na ich części składowe. Taki więc płomień o nadmiernym żarze nie nadaje się żadną miarą jako płomień napędowy do rakiety, i wielkie ilości ciepła zawarte w nim uchodziłyby z rakiety stosunkowo bezużytecznie. Oberth więc umyślił wpuszczać do takiego alkoholo-wodowego płomienia obfity strumień wody. Woda pod wpływem żaru płomienia momentalnie przemienia się w parę, i w ten sposób otrzymuje się płomień, aczkolwiek istotnie chłodniejszy, lecz zato większy i z o wiele większą siłą wystrzelający z dysz ognio-wych.

Całe działanie rakiety polega na tem, że w każdej chwili pewna ilość gazów wytwarzających płomień wystrzela z możliwie wielką szybkością z dysz. Mieszanie do wytwarzania tego płomienia proponuje Oberth taką: 45,8 kg. alkoholu, 98,8 ciekłego tlenu, z dodatkiem 341,5 kg. wody. Gazy spalinowe wybuchają z dysz z szybkością 1800 metrów na sekundę i wywołują pożądane działanie popychające aparat.

W podobny sposób działa wodór, spalając się razem z tlenem i wytwarzając przy tem parę wodną. I tutaj również konieczne jest dodawanie wody; ga-



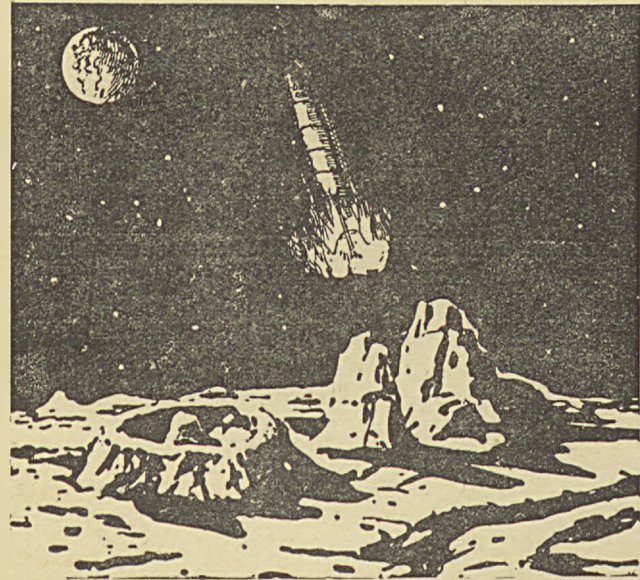
Rys. 166. Rakieta międzyplanetarna w drodze z ziemi na księżyc.



Rys. 168. Księżyc w kwadrze oglądany przez lunetę.

zy zaś spalinowe mają szybkość wylotową 3 400 metrów na sekundę.

W aparacie, projektowanym przez Obertha, rakietą wodorową znajduje się cała wewnątrz rakiety alkoholowej. Dopiero po wypaleniu się całego zapasu paliwa tej ostatniej, otwierają się automatycznie



Rys. 165. Rakietą międzyplanetarna wyrusza w podróż powrotną z księżyca na ziemię.

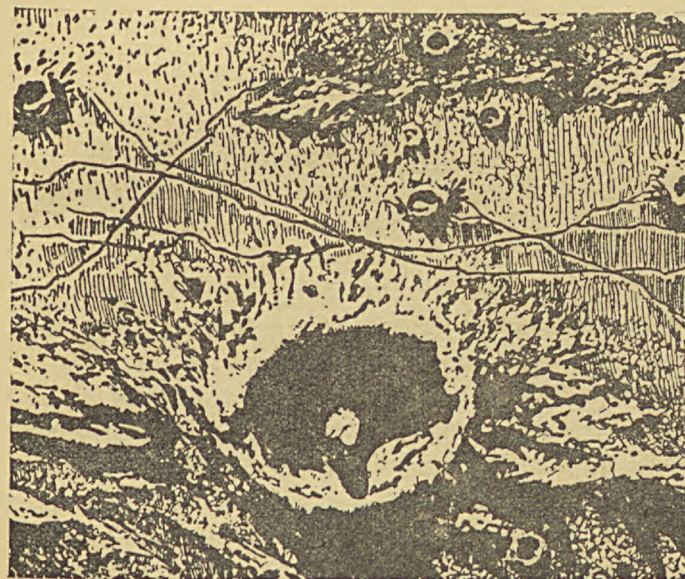
klapy, znajdujące się u jej końca, obracają się na zawiasach, i wówczas rakietą wodorową, pod działaniem t. zw. siły reakcyjnej czyli odporowej, wysuwa się automatycznie nazewnątrz z cofającej się rakiety alkoholowej.



Czy projekty Obertha mają jakieś widoki zrealizowania w mniej więcej niedalekiej przyszłości? Jeżeli idzie o koszty zbudowania takiego aparatu, to oblicza je Oberth, wliczając w to koszty wszelkich przedwstępnych prób i doświadczeń, na 10—20 000 marek niemieckich, t. j. około 20—45 000 złotych. Fachowy jednak kalkulator techniczny, mający doświadczenie w kierunku obliczania nowych aparatów, uznałby zapewne kosztorys ten o wiele za niskim. Jako porównanie może służyć fakt, że rozwój zagadnienia kompasu z bąkiem, Anschütza, (porównaj rozdział IV „Wirujące krążki”), od początków aż do ostatecznego rozwiązania go przez zbudowanie kompasu trzy-bąkowego, pochłonął okrągło milion złotych marek niemieckich. Gdybyśmy nawet jednak przyjęli najniepomyślniejsze okoliczności i taką samą też sumę za niezbędne do zrealizowania projektu Obertha — zbudowania istotnie zdolnej do działania rakiety międzyplanetarnej — to i tak nie byłoby jeszcze racji porzucać tej myśli. O wiele większe przecież sumy są wydawane „na stracone” na wiele innych przedsięwzięć, choćby np. na wyprawy samolotowe do biegunów. A przecież wyprawa taka, nawet martwego pocisku, na księżyc, ma większe znaczenie i może być o wiele więcej nęcąca, niż przeloty nad beznadziejnie pustynnami krainami biegunowemi. Należałoby więc spodziewać się, że znajdą się kiedyś niezbędne fundusze dla praktycznego zrealizowania pomysłu rakiety międzyplanetarnej.

Co jednak w istocie dałoby się uzyskać przez taki lot rakiety? Albowiem istotnie—obliczona i zbudowa-

wana jaknajdokładniej, w najdrobniejszych szczegółach według wszelkich wymagań techniki — zasadniczo mogłaby dolecieć do księżyca. Zapomocą największych lunet astronomicznych dałoby się przez pewną część — w rzeczywistości wprawdzie nie-



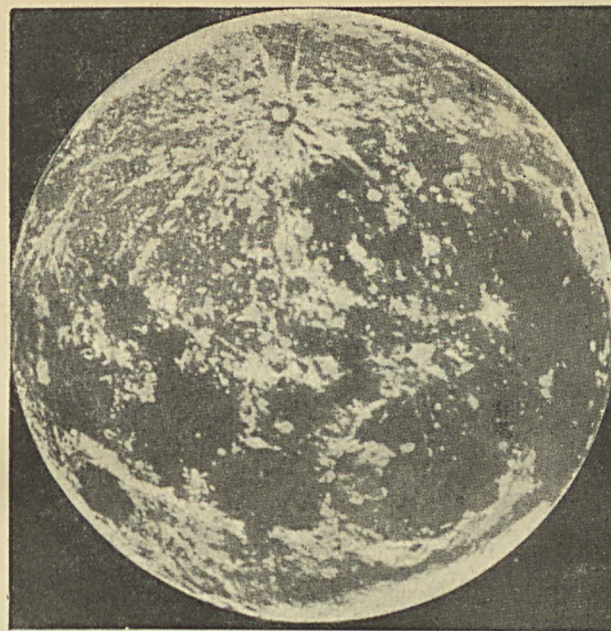
Rys. 167. Krajobraz księżycowy.

zmiernie nikłą w porównaniu z całością drogi — ślezić lot rakiety; nader szybko jednak wskutek swych niewielkich rozmiarów stałaby się niewidoczną. Nie byłoby więc możliwości stwierdzić tym sposobem, czy doleciała do celu; należałoby więc szukać jakiegoś innego. Sposobem tym, zasadniczo prostym, byłoby umieszczenie w czubku rakiety wodorowej wielkiej ilości magnezowego materiału wybuchowe-

go, który przy uderzeniu rakiety o powierzchnię księżyca zapaliłby się we właściwy sposób i dałby na parę sekund olbrzymi strumień światła. Oczywiście, sposób ten byłby odpowiedni jedynie wówczas, gdyby rakietą spadła na nieoświetlone słońcem miejsce powierzchni księżyca, gdyż inaczej blaski światła słonecznego zaćmiłyby każdy jakikolwiek sztuczny sygnał świetlny.

Przypuśćmy jednak, że wszystko odbędzie się pomyślnie i astronomowie nastawią we właściwym czasie swe teleskopy na księżyc. O ile taki sygnał świetlny udałby się, to mieliby oni możność stwierdzić, że rakietą doleciała istotnie do celu, określić ściśle punkt, w którym spadła na powierzchnię księżyca, i sprawdzić większą lub mniejszą zgodność drogi i czasu jej lotu z danymi według obliczeń.

Jak wiadomo, masa księżyca wynosi jedną osiemdziesiątą drugą część masy ziemi. Ponieważ zaś ciężenie na powierzchni księżyca jest sześć razy mniejsze, niż na ziemi, to stąd wypływa, że każde ciało na nim znajduje się od punktu środkowego jego globu o wiele bliżej, niż miejsce powierzchni ziemi od jej punktu środkowego. Dla obliczenia zaś jakiegokolwiek działania ciężenia należy wyobrazić sobie, że cała przyciągająca masa jest skupiona w punkcie środkowym ciała niebieskiego, a siła ciężenia na powierzchni jest równa masie tego ciała, podzielonej przez promień jego w drugiej potęgę. Dalej zaś, ta różnica mas ziemi i księżyca ujawnia się nadto w tym, że punkt neutralny na linii prostej, łączącej księżyc z ziemią, t. j. ten punkt, w którym siły przyciągania ziemi i księżyca równoważą się, znajduje się od księ-



Rys. 169. Księżyc w pełni oglądany przez lunetę.



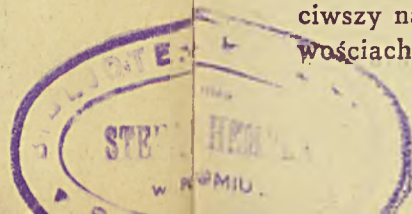
Rys. 176. Na księżycu. Siła ciężenia jest mniejsza jak na ziemi i mały wysiłek powoduje gwałtowne ruchy.

życa w odległości  $\frac{1}{10} d$ , a od ziemi — o  $\frac{9}{10} d$ , przy  $d$ , oznaczającym całą odległość między ziemią a księżycem.

Rakieta więc wyrzucona w kierunku odwrotnym — od księżyca ku ziemi — musiałaby: po pierwsze — przewyciężyć jedynie ciężenie sześć razy mniejsze od ziemskiego, i po drugie — przebiec drogę dzie więć razy krótszą niż przy locie z ziemi. Czyli że ogółem, musiałaby wykonać jedynie jedną pięćdziesiątą czwartą część tego, co wykonywa rakieta, lecąca ku księżycowi.

Stąd wypływają wytyczne dla dalszych etapów rozwoju zagadnienia. Można byłoby wysłać z ziemi nie podwójną, lecz potrójną raketę, której dwie części (np. choćby te same rakiety: alkoholowa i wodorowa) służyłyby do wykonania przez nie przelotu do księżyca; trzecia zaś dotąd bezczynna, gdyby już tam doleciały, mogłaby odłączyć się od tamtych dwóch i ruszyć w podróż powrotną. Również i w tym wypadku magnezjowy sygnał świetlny mógłby uwiadomić astronomów ziemskich o szczęśliwym przybyciu całego pocisku do celu. Lot powrotny trzeciej części rakiety byłby od punktu neutralnego już jedynie spadaniem jej na ziemię.

Prawdopodobnie pierwsze takie próby nie powiodłyby się od razu całkowicie. Mogłoby być naprzykład tak, że powracająca z księżyca część rakiety wyleciałaby z jego powierzchni nie we właściwym kierunku i wskutek tego po jakimś czasie znów spadłaby na księżyc zpowrotem; lub też, nawet wróciwszy na ziemię, mogłaby spaść w jakichś miejscowościach niezamieszkałych, niedostępnych, w mo-





rze — i tam by przepadła. Astronomja jednak swemi obliczeniami z jednej strony, oraz technika precyzyjnymi urządzeniami sterowymi z drugiej, mogłaby wiele takich trudności zmniejszyć, jeśli nie usunąć całkowicie.

Wyniki i korzyści takiego przedsięwzięcia byłyby oczywiście jedynie czysto naukowe; gdyż może jakimś środkami czy przyrządami udałoby się uzyskać np. próbki gleby powierzchni księżycy, lub zapomocą samozapisujących aparatów — dane o warunkach fizycznych w przestrzeni międzyplanetarnej, na powierzchni księżycy, w atmosferze ziemskiej w najwyższych jej warstwach i t. p. Oczywiście byłoby wielu entuzjastów, którzyby skłonni byli wyciągać z udanych podobnych eksperymentów zbyt pochopne wnioski o... podróżach ludzi na księżyc. Wiadomo bowiem np. co działo się przed 150 laty, gdy wynaleziono balony. Początkowo puszczano oczywiście balony bez ludzi, następnie tytułem próby pasażerami były psy, kury i owce, które ku najwyższemu zdumieniu widzów powracały z tych wycieczek powietrznych najzupełniej zdrowe i całe. Wreszcie zaryzykowano jednego pasażera — człowieka — jakiegoś przestępcę, skazanego przez sądy na śmierć; lecz niejaki Pilâtre de Rozier pozazdrościł sławy tytułu pierwszego pasażera powietrznego i sam wznosił się w balonie zamiast tego skazańca.

Jak dotąd jednak, zagadnienie podróży człowieka na księżyc należy do kategorii zagadnień prawie nie kwalifikujących się do rozważania poważnie i rzeczowo.

Każda rakieta, aby móc utrzymać, przynajmniej aż

do punktu neutralnego, nadany jej początkowy kierunek, musi posiadać odpowiednie urządzenia sterujące. Urządzenia te jednak, nawet przy fantazyjnym pocisku z ludźmi, nie mogą być, dla zrozumiałych powodów — niezmiernej szybkości lotu oraz przebieganiu w próżni międzyplanetarnej — ruchome, lecz jedynie stałe, podobne właśnie do tych, jakie Oberth projektował przy swym aparacie. Drugą kwestją zajmującą umysł badaczy, mającą jednak, jak dotąd, znaczenie więcej teoretyczne, jest kwestja złagodzenia upadku rakiety czy to na powierzchnię księżycy, czy też ew. powracającej — na ziemię. Każde ciało bowiem, padające od punktu neutralnego, przy uderzeniu o powierzchnię księżycy lub ziemi, zostałoby w jednej chwili zmiażdżone i rozbite na kawałeczki. Dla uniknięcia tego i osłabienia upadku projektowano stosowanie „przeciwrakiet”, umieszczonych na tejże rakiecie, lecącej na księżyc, lecz na przodzie jej, i działających w odpowiedniej chwili w kierunku przeciwnym do lotu rakiety i tym sposobem powstrzymujących jej bieg i zwalniających spadek.

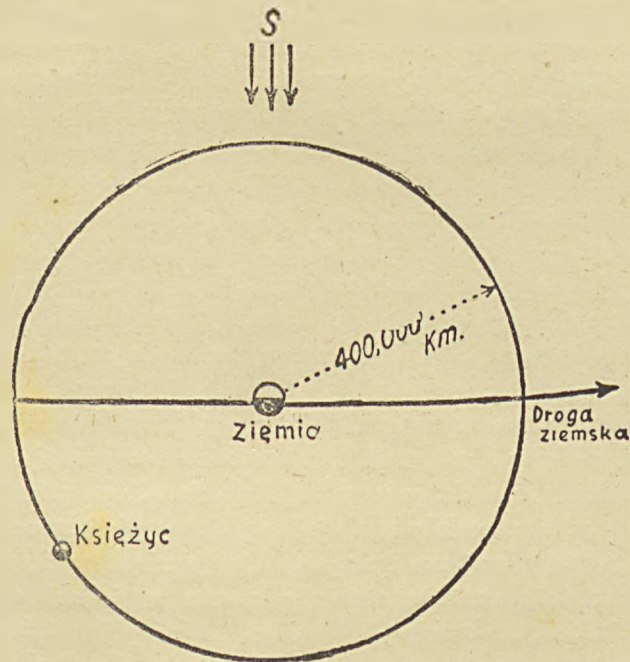
Oczywiście jednak, gdyby kiedykolwiek ludzkość zdołała dojść istotnie do pomyselnego rozwiązania tego niesłychanego zagadnienia — możliwości dostania się choćby na naszego najbliższego satelitę (bo co do innych planet, to kwestja taka leży poza wszelką sferą myśli realnych), to taka najniezwyklesza wyprawa dałaby uczestnikom również niezwykle wrażenia. Zasadniczo wyprawa taka wyglądałaby następująco.

Pasażerowie, wylądowawszy szczęśliwie na części powierzchni księżycy, w tym czasie oświetlonej przez

słońce, i znalazłszy choćby czasowo możliwą do zniesienia gorącą temperaturę w tej miejscowości, mieliby przed sobą do rozporządzenia, celem poznania tajemnic towarzysza ziemi, przedewszystkiem dzień księżycowy trwający około 14 dni ziemskich. Rakieta spoczywałaby na skalistym gruncie, a mieszkańcy jej widzieliby z najdrobniejszych szczegółami zalany niezwykle ostremi blaskami słońca krajobraz księżycowy. Jednakże po barometrze wystającym nazewnątrz poznaliby, że dokoła ich schroniska niema wcale atmosfery i wskutek tego — nawet śladu jakiegokolwiek ciśnienia atmosferycznego. Gdyby więc otworzyli drzwi lub okno swego ekwipażu, to całe znajdujące się w nim powietrze ulotniłoby się w jednym momencie w otaczającą próżnię. Ciśnienie atmosferyczne wewnątrz ekwipażu spadłoby momentalnie do zera, a oni sami zostaliby w tymże czasie ciśnieniem wewnętrznym ciał swych rozsadzeni i rozerwani na kawałki, podobnie jak ryby głębinowe, gdy są zbyt szybko wyciągane na powierzchnię morza.

Tak jednak nie uczynią i będzie inaczej. Rakieta nie posiada żadnych zwykłych drzwi, lecz w jednej ze ścian jest urządzona jakby szluza powietrzna. Mianowicie — niewielka kamera, w rodzaju budki telefonicznej, która za pomocą dwojga drzwi może łączyć się bądź z wnętrzem rakiety, bądź z zewnętrznym jej otoczeniem. Pasażerowie zaś są zaopatrzeni w kostjумы w rodzaju nurków, z twardego materiału gumowego, wytrzymującego ciśnienie od wewnątrz, dochodzące do jednej atmosfery. Nakładają je więc na siebie, a głowy okrywają hełmami miedzianymi z zaszklonemi otworami do patrzenia, przyśrubowy-

wując je do kołnierzy owych kostjumów. Zawieszony na plecach zbiornik z tlenem poczyna funkcjonować, jeden z uczestników wyprawy wchodzi do kamery. Drzwi zostają za nim zamknięte hermetycznie, zaczyna działać pompa ssąca i wyciąga powietrze pra-



Rys. 171.

wie całkowicie z kamery, wtlaczając je do wnętrza rakiety; odpowiednio umieszczony zaś barometr wskazuje stopniowe zmniejszanie się ciśnienia w kamerze. Wreszcie ciśnienie spada prawie do zera. Wtedy zluzuje się i odkręca śruby, przytrzymują-

ce drzwi zewnętrzne, i pierwszy człowiek stawia pierwszy krok na powierzchni naszego satelity i wychodzi na otwartą przestrzeń. Ogarnia go dziwne uczucie niezwykle lekkości; na ziemi ważył 75 kg., tutaj zaś mięśnie jego dźwigają zaledwie szóstą część tego ciężaru, t. j. 12,5 kg. Lekki podskok, na pół metra na ziemi, tutaj wyrzuca go o pięć metrów w górę; nieco silniejszym skokiem dostaje się z łatwością na występ skalny o 30 metrów nad nim.

Nieporównany zaś jest widok dokoła! Blask słoneczny jest tak niezmiernie silny, że zmusza go do przymknięcia oczu do połowy; a jednocześnie tuż obok — głęboka noc i niebo czarne jak kir. Gdy odwróci się tyłem do słońca, widzi na czarnym niebie niezwykle świetnie błyszczące gwiazdy. I na samej powierzchni księżycy są podobnie ostre kontrasty światła i całkowitej ciemności. Opodal nieduży stożek skalny rzuca długi cień; podróżnik nasz ukrywa się w nim przed żarem słońca i w jednej chwili ma dokoła siebie noc i chłód. Przedtem promienie słoneczne padały z siłą niełagodzoną niczem na jego gumowy kostjum i nagrzewały go niezmiernie mocno; tutaj zaś w cieniu odczuwa w jednej chwili straszliwe zimno przestrzeni międzyplanetarnych; więc czemprędzej ucieka na światło, do ciepła słonecznego.

W tymże czasie reszta pasażerów rakiety opuściła ją również i wyszła nazewnątrz. Są oni niemniej podnieceni i wykonywają zabawne podskoki i gesty. Nasz pierwszy podróżnik otwiera usta i przywołuje ich; aczkolwiek głos jego huczy mu niezwykle w jego miedzianym hełmie — tamci nie słyszą nic, choć dają

mu również znaki, by się zbliżył; mówią do niego coś, bo poznaje po poruszeniach ich ust; nie słyszy jednak ich głosów. To próżnia gasi każdy dźwięk i działa absolutnie izolująco.

Jeden z podróżników wreszcie zbliża się i nachyla ku niemu, tak że hełmy stykają się; i dopiero w ten sposób, gdy miedziane ścianki hełmów dotykają się, słychać wymawiane słowa; inny sposób porozumiewania się jest niemożliwy. Jedynie tylko jeszcze za pomocą radja, gdyż fale przyjmowane przez radjo są nieczułe na całkowitą nawet próżnię.

Podróżnicy rozchodzą się dokoła, zbierają próbki minerałów i stwierdzają, że powierzchnia księżycy składa się z utworów mineralnych, takich samych jak ziemskie — granit, porfir, bazalt i t. p. — przytem wyłącznie charakteru plutonicznego, t. j. powstałe przez skrzepnięcie i stwardnienie ongiś płynnych mas ognistych.

Drugim odkryciem, jakie podróżnicy stwierdzają, jest całkowity brak wody. Powstają więc natychmiast pytania: czy była kiedykolwiek woda na księżycu? a jeśli była, to co się z nią stało? czy wsiąkała wszyskta w glebę jego, czy też w postaci pary przewyciężyła słabe przyciąganie i uleciała raz na zawsze w przestrzeń międzyplanetarną?

Jednakowoż dzień upływa i czas myśleć o powrocie. Gdy słońce skłania się powoli ku horyzontowi, spostrzegają podróżnicy na czarnym niebie wąską sierp, mniej więcej cztery razy większy od sierpa księżycy, widzianego z ziemi. Tutaj jest on jednak piękniejszy, gdyż prześliczne czerwone światło otacza jego brzegi. Te różowe i czerwone blaski na nie-

bie, jakie widzimy rankami lub o zachodzie słońca, przybiegają tutaj przez pustą przestrzeń niczem nie zmacone i nie osłabione, i nadają ziemi, oglądanej z księżycy, niezwykle wygląd. Błyszczą ona różowymi i miedziano-czerwonymi blaskami, i... tęsknota za nią chwyta naszych samotnych wędrowców po pustynnych obszarach księżycy.

Rakieta do powrotnej drogi — przygotowana; drzwi szluzu powietrznej zamykają się szczelnie za ostatnim mieszkańcem rakiety; jedno ujęcie za kurek od gazu, naciśnięcie guziczka, wysyłającego iskrę do dysz ogniowych, i już syczy coś i szumi pod podstawą rakiety. Podróżnicy pośpiesznie układają się na swych pośłaniach, aby w ten sposób ile można osłabić ciśnienie na ich ciała, jakie muszą wytrzymać przy raptownym przyspieszeniu, wynoszącym około 40 metrów na sekundę, i nagle widzą, że grunt pod nimi zapada się, i rakieta z równomierną szybkością 15 kilometrów na sekundę pędzi zpowrotem ku ziemi. Lot taki trwa zaledwie około 45 minut, i rakieta dosięgła już punktu neutralnego; ciężenie ziemskie przezwycięża przyciąganie księżycy, i rozpoczyna się straszliwy spadek. Teraz więc przeciwdziałające specjalne rakiety muszą rozpocząć swe działanie; jest ono jednak o wiele poważniejsze, niż przy padaniu na księżyc. Muszą one stopniowo hamować bieg rakiety, zmniejszać szybkość spadania, aby zwolnić bieg o tyle, by upadek na powierzchnię ziemi nie zakończył się katastrofą.

Tak mogłaby wyglądać wyprawa na księżyc. Czyż jest to jednak istotnie możliwe kiedykolwiek do uskutecznienia? Dziś jeszcze lepiej pomijać tę kwestję.

W każdym razie rakieta Obertha, w takiej postaci jak opisana wyżej, stanowi pomysł o wielkim i w dosłownym sensie daleko sięgającym znaczeniu. Być może bowiem, że istotnie umożliwi ona ludziom lepsze poznanie natury odwiecznego towarzysza ziemi, co dla nauki będzie miało w każdym razie nie mniejszą wartość, niż dla świata ongiś odkrycie Ameryki przez Kolumba.



## SPIS ROZDZIAŁÓW

	Str.
I Utrwalne dźwięki . . . . .	9
II Obrazy żyjące i mówiące . . . . .	48
III Płynny węgiel . . . . .	95
IV Wirujące krążki . . . . .	120
V Od telegrafii obrazowej do „dalekowidzów” . . . . .	172
VI Sztuczna przęda . . . . .	203
VII Telefon automatyczny . . . . .	237
VIII Elektryczne maszyny mówiące . . . . .	253
IX Maszyny do liczenia . . . . .	279
X Komunikacja z księżycem . . . . .	310



7175  
MIEJSKA  
BIBLIOTEKA PUBL.  
w Radomiu

