

Dyoptra Herona i próby jej odtworzenia.

(Dokończenie; p. Nr 47 r. b., str. 643).

Posługując się tym opisem dla odtworzenia dyoptry, zauważył VENTURI, że w § III, tam, gdzie zastąpiliśmy kropkami brakujące zdania, spotyka się w rękopismach miejsce puste, jakby pozostawione na rysunek przyrządu—a sam ciąg opisu wykazuje w tem miejscu widoczną przerwę. To też przy odtwarzaniu przyrządu, przyszło mu uzupełnić opis wzmiankami z dalszych paragrafów traktatu, w których HERON, ucząc jak z pomocą dyoptry rozwiązuje się różne zadania geodezyjne, wymienia mimochodem niektóre części przyrządu, zaznaczając ich cel i użycie. Wzmianki te wykazują: że dyoptra miała liniał służący do celowania; że ten liniał obracał się na powierzchni tarczy, dostatecznie wielkiej, aby jej obwód mógł być podzielony na 360° i na części stopnia, i aby mogła w niektórych razach służyć na podobieństwo stolika do wytykania na gruncie linii krzywych; że tarcza razem z liniałem mogły być ustawiane w różnych nachyleniach do poziomu a nawet zupełnie pionowo; że liniał można było łatwo zdejmować z tarczy i napowrót na niej umieszczać; że przy pomocy półkola pionowego liniał można było poruszać w płaszczyźnie pionowej. Z figury niedokładnej (rys. 1), znalezionej w rękopismach, wniósł VENTURI: że podstawa przyrządu spoczywała na trzech nogach; że podobnie jak łata niwelacyjna zaopatrzona była w pion, służący do prawidłowego jej ustawiania; że wreszcie przezierniki miały kształt krzyżyków. W końcu zauważył, że cały przyrząd przedstawia wiele analogii do teodolitu, a do niwelacji być może, że zdejmowano walec HC (rys. 2) i całą górną część przyrządu, na to miejsce zaś stawiano z innym walcem liniał z wagą wodną, opisany w § IV. Skoro jednak HERON kładzie nacisk na możliwość wykonywania wszystkich czynności mierniczych i niwelacyjnych zapomocą jednego i tegoż samego narzędzia, przeto VENTURI w odtworzeniu jego przyrządu wolał umieścić na górnej tarczy liniał z wagą wodną, służący mogący po wylaniu wody jako zwykła celownica.

Poglądów VENTURI'EGO nie podzielił VINCENT, nie znajdujący, aby rękopisma przedstawiały w opisie dyoptry znaczniejszą przerwę. Sądził on, że w tem miejscu tekst przerwany jest tylko pozornie, wskutek pomyłek przepisywania i w odpisie jaki wydał, poprawiwszy parę wyrazów, związał ze sobą zdania przedzielone kropkami. Przekład jego brzmi: „Na tablicy kapitelu umocowane są (pionowo) dwa słupy z miedzi, w kształcie liniałów, przedzielone odstępem równym grubości koła; na tejże tablicy, między słupami, znajduje się śruba ruchoma, której podstawki przymocowane są do kapitelu walca i która dopasowana jest w ten sposób, aby poruszała koło w płaszczyźnie pionowej. W odstępie między słupami, które się wznoszą na wysokość czterech cali ponad kapitel, może być umieszczony liniał poprzeczny, cztery łokcie długi, którego szerokość i długość zastosowane są do wymiarów odstępu, a cała długość dzieli się w tem miejscu na dwie połowy”.

Jak widzimy, niepodobna się zgodzić na takie odtworzenie tekstu, gdyż przy czterocalowej wysokości słupów, nie mogłoby się pomieścić pod liniałem półkole pionowe ze śrubą. Tem więc prawdopodobniejszą staje się zaawazona w tem miejscu przez VENTURI'EGO przerwa w rękopismach. Zresztą VINCENT utrzymywał słusznie, że niektóre części przyrządu były ruchome i mogły zastępować jedna drugą a pomimo to przyrząd nie przestawał być jedną i tą samą dyoptrą, jak tego chciał HERON. Według VINCENT'A, HERON mógł odłożyć opis niektórych części ruchomych do dalszych paragrafów. I tak np. w § XVIII jest mowa o umieszczaniu na dyoptrze tarczy poziomej z obracającym się na niej liniałem, a tekst tej wzmianki pozwala przypuszczać, że przedtem nie było mowy o tarczy. Wszystko to doprowadziło VINCENT'A do wniosku, że w § III HERON chciał opisać dyoptrę z temi tylko częściami

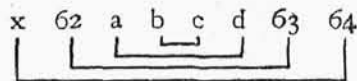
mi ruchomymi, które były potrzebne do zadań paragrafu VI, to jest do praktyki poziomowania, gdyż następnie, przy każdym zadaniu, jakie traktuje, wymienia, w którą z części ruchomych dyoptra ma być zaopatrzona. Ostatecznym wynikiem było odtworzenie dyoptry jak na rys. 3, z pominięciem tarczy poziomej i umieszczeniem liniału z wagą wodną na półkolu pionowym. VINCENT sądził, że odtwarza w ten sposób dyoptrę jako narzędzie poziomnicze, zapominając, że osadzenie wagi wodnej na ruchomem półkolu pionowym nie zgadza się z jej przeznaczeniem.

Odkrycie rękopismu paryskiego Nr 607 i staranna krytyka tekstu, pozwoliły SCHÖNE'MU stwierdzić bezpodstawność poglądu VINCENT'A a słuszność przypuszczeń VENTURI'EGO. Zestawiając zdania tekstu przed przerwą w rękopismie, opisujące słupy w kształcie liniałów umocowane na tablicy kapitelu, koło pionowe między słupami, śrubę, która to koło porusza i jej podstawki,—ze zdaniem po przerwie, odnoszącymi się do sposobu umieszczenia między słupami wielkiego liniału z wagą wodną,—SCHÖNE zaznacza zupełny brak związku między jednymi a drugimi i niemożność ich pogodzenia, gdyż czop leży znacznie niżej niż tablica kapitelu, podstawki śruby na tej tablicy umieszczone nie mają z nim żadnego związku, wreszcie brak jest w opisie dyoptry szczegółowych wskazówek, odnoszących się do wielkości i przeznaczenia półkola zębatego pionowego i sposobu połączenia go z liniałem do celowania.

Że w tem miejscu brak jest w rękopismach pewnej części tekstu, wykazuje to SCHÖNE rozpatrzeniem kodeksu Nr 607, którego karty pergaminowe ułożone są w ósemkowe zeszyty, złożone każdy z czterech arkuszy na pół złamanych i wchodzących jeden w drugi, jak to schematycznie przedstawia rys. 4. Wyjątek stanowią tylko pierwsze karty traktatu, obejmujące właściwie opis dyoptry. Traktat rozpoczyna się na karcie 62^r (recto = strona przednia).

Karta poprzednia, oznaczona na rysunku przez x, należąca do jednego arkusza z kartą 64 jest wycięta, a karta 65 rozpoczyna następny zeszyt ósemkowy. Pomiedzy kartą 63^v (verso = strona tylna) a 64^r, jak również pomiedzy 64^r a 65^r, niema żadnej przerwy w tekście, brakować więc może kart tylko między 62 a 63. Tymczasem karta 62^r kończy się zdaniem: „na tablicy pomiedzy słupami obracać się może śruba, której małe podstawki“ a karta 63^r zaczyna się od słów: „pasując do wzmiankowanego czopa“, czyli między niemi właśnie jest przerwa, którą zaznaczyliśmy kropkami w polskim przekładzie paragrafu III. Według więc wszelkiego prawdopodobieństwa, wypadły i zaginęły ze środka zeszytu cztery karty: a, b, c, d, tworzące dwa arkusze ad i bc a ten brak w kodeksie Nr 607 powtarza się w rękopismach późniejszych, widocznie z niego przepisanych.

Podobnie jak VENTURI'EMU posłużył SCHÖNE'MU do odtworzenia tych części, których opis zaginął, dalszy ciąg traktatu. Przedewszystkiem rozróżnia on w dyoptrze HERONA dwa narzędzia: *miernicze*, służące do celowania, wytykania linii, mierzenia kątów i t. p. i *poziomnicze*. Narzędzie miernicze miało liniał celowniczy z dwiema skazówkami, który obracał się na tarczy okrągłej i mógł być z niej zdejmowany. Tarcza miała zwykle położenie poziome, ale zapomocą półkola zębatego mogła się nachylać do poziomu a nawet być ustawianą pionowo. Na tarczy wyrze były dwie średnice do siebie prostopadłe, na które można było nastawiać skazówki celowniczy przy wytykaniu kątów prostych — a nadto obwód tarczy mógł być dzielony na 360° , do pomiarów astronomicznych. Narzędzie poziomnicze składało się z umieszczanego na



Rys. 4.

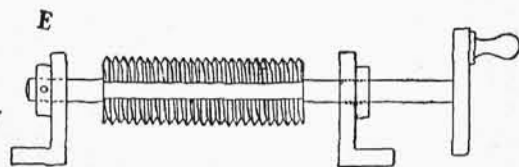
tej samej podstawie liniału z wagą wodną. Opis tego liniału jest zupełny w § IV, a że niema tam wzmianki o skazówkach, więc liniał z wagą wodną był różny od liniału celowniczego. Śruba na tablicy, dwa słupy wysokie, półkole zębate i wielka tarcza okrągła były zbyt ciężkie dla narzędzia poziomniczego, którego liniał miał zachowywać położenie poziome. Z pewnością więc wszystkie te części można było zdejmować razem z tablicą a na ich miejsce stawiać inną tablicę, z niskimi słupami, między którymi mógł się mieścić liniał z wagą wodną.

Widok boczny i przekrój narzędzia mierniczego, w odtworzeniu SCHÖNE'go, przedstawiają rysunki 5 i 6. Na kolumnie, stojącej na trzech nogach i zaopatrzonej w czop, umocowana jest tarcza A B. Koło zębate $\Gamma\Delta$, mniejsze od tarczy, spoczywa na pierścieniu, dla zostawienia miejsca mechanizmowi śruby EZ. Walec H Θ , umocowany na kole zębata, stanowi jedną całość z kapitelem KA i tablicą, na której umieszczone są dwa słupy w kształcie liniałów. Między słupami obraca się na małych podstawkach druga śruba, w zazębieniu z półkolem pionowym, którego oś wsparta jest na słupach. Na półkolu osadzona jest wielka tarcza okrągła, przypominająca astrolabium, z wrytymi na niej dwiema prostokątami do siebie średnicami. Na tej tarczy obraca się liniał celowniczy, zaopatrzony we dwie skazówki.

Ponieważ tarcza winna przyjmować położenie nachylone a nawet pionowe, przeto nie leży ona bezpośrednio na półkolu zębata, ale na prostokątnym przedłużeniu tego półkola, tak aby w położeniu pionowym znajdowała się poza kapitelem i śrubą.

O samej celownicy nie można odnaleźć w traktacie HERONA ściślejszych danych. Długość jej przyjął SCHÖNE taką samą, jak liniału z wagą wodną, to jest cztery łokcie, (1,80 m), co jest prawdopodobnem, zważywszy, że takąż długość miała celownica HIPPARCHA. Przezierniki były zapewne bez nitek, pokazanych na rys. 5, bo dyoptra, o której wspomina znacznie później HERON z Bizancjum, zaopatrzona była tylko w otwory w przeziernikach.

Ustrój śruby EZ przedstawia p. SCHÖNE na rys. 7. W śrubie bez końca, poruszanej korbą, równoległą do osi wycięty był rowek. Gdy zęby koła $\Gamma\Delta$ (rys. 5) znajdowały się w tym rowku, można było obracać swobodnie całą górną część przyrządu. Po poruszeniu śruby, zęby koła wchodziły w jej zwoje i można było, kręcąc korbą, nadawać kołu zęba-

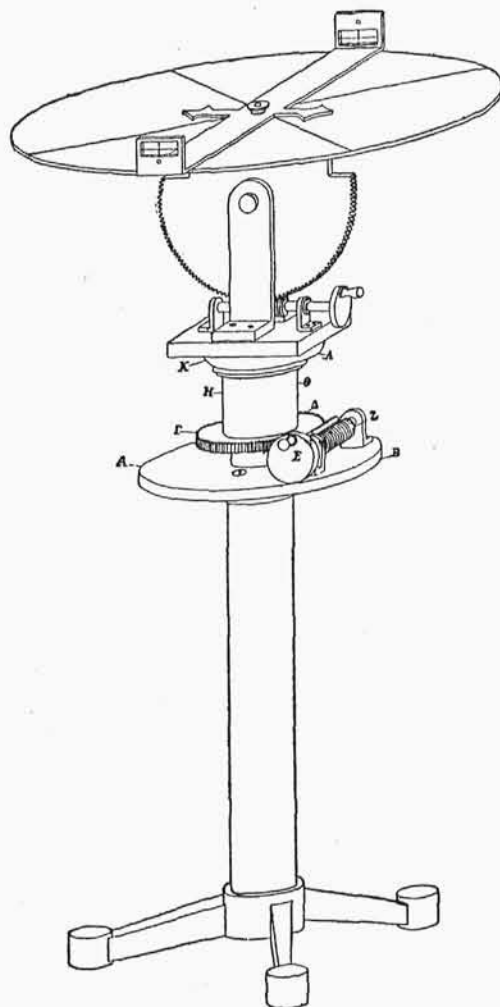


Rys. 7.

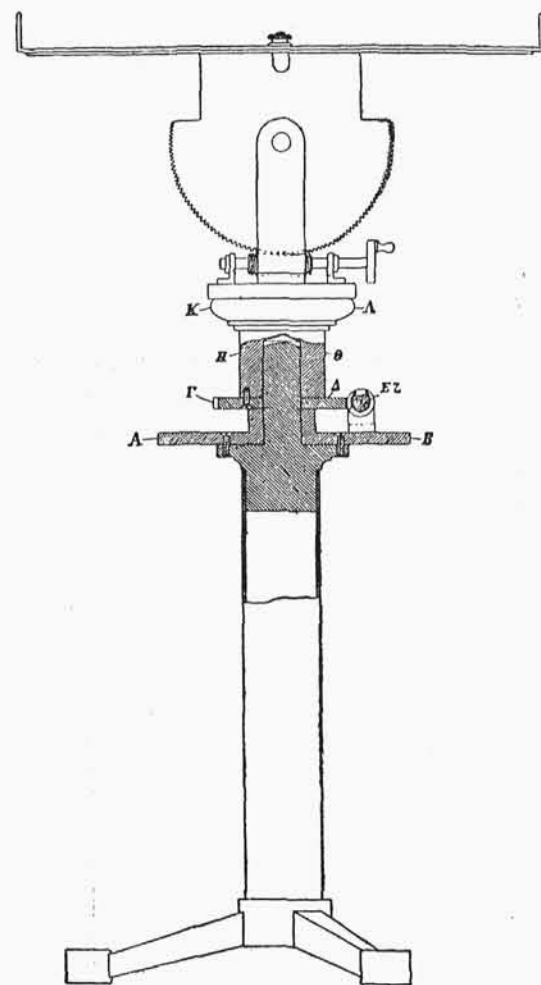
temu ruchy delikatne, jakich wymagało dokładne nastawienie celownika.

Liniał z wagą wodną, stanowiący narzędzie poziomnicze, przedstawiony jest na rys. 8 a w szczegółach na rys. 9 i 10. Liniał AB był zapewne drewniany, z rowkiem w górnej powierzchni, mieszczącym rurkę CD z zakrzywieniami E i F

po obu końcach. Deseczka GH podtrzymywała rurkę. W zakrzywieniach były umieszczone rurki szklane I i K, otoczone budkami L i M. Wzdłuż rowków, w bocznych ścianach budek, przesuwane być mogły blaszki metalowe N i O, w któ-

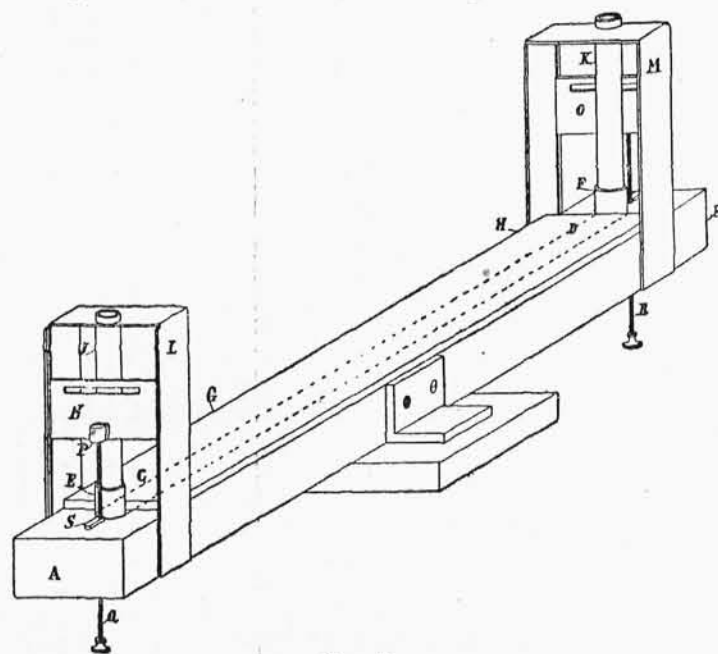


Rys. 5.



Rys. 6.

rych były wykrojone przezierniki. Rys. 10 objaśnia sposób przesuwania blaszki N, zapomocą pręcika Q, połączonego stałe z pochewką P. Na całej długości pręcika Q wykrojony

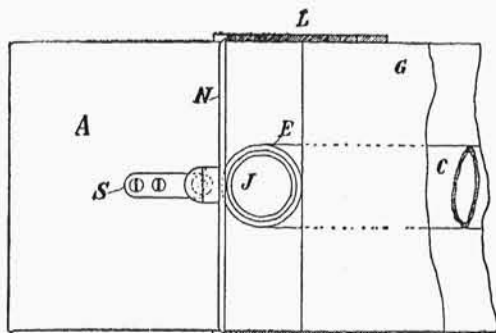


Rys. 8.

jest zwoj śruby, w który wchodzi świeczek S. Ustrój połączenia pręcika Q z pochewką P, zapomocą zgrubienia T, odtworzony został dość prawdopodobnie przez p. NEUMANN'A.

Zaznaczyć trzeba, że osadzenie liniału z wagą wodną na tablicy kapitelu, pomiędzy dwoma słupkami, jak na rys. 8, nie odtwarza ściśle opisu z końca § III, według którego słupy

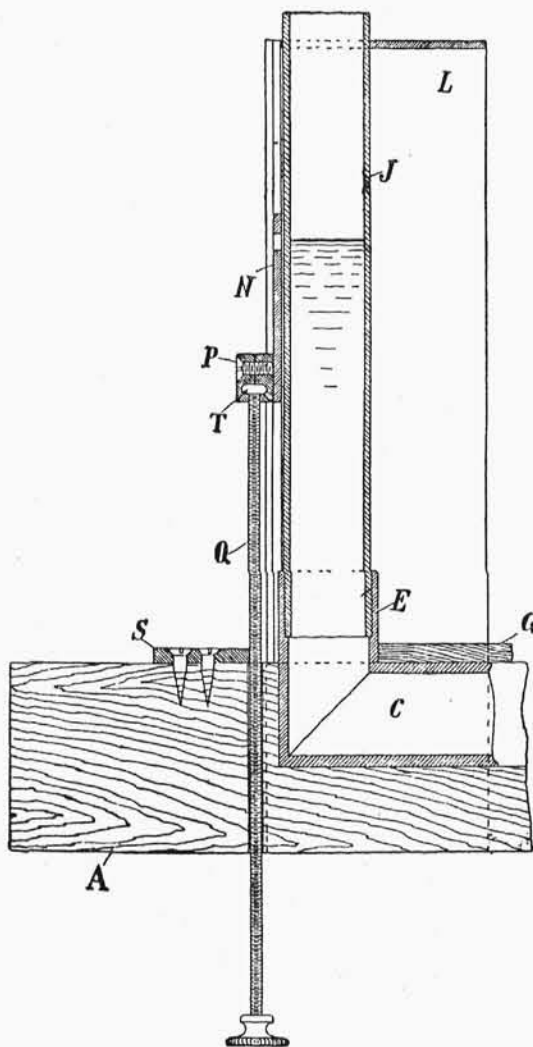
wystawać miały ponad czop „blisko na 4 cale“ (0,07 m). Ale stosując się do tego miejsca opisu, wypadłoby liniał z wagą wodną umieścić znacznie niżej od celownicy, co czyniłoby poziomowanie niedogodnym. I przy osadzeniu jak na rys. 8, jakkolwiek nie tak nisko, leżałby zawsze ten liniał niżej niż celownica, co wywołało przypuszczenie p. SCHÖNE'go, że po-



Rys. 9.

między kapitel a wagę wodną wstawiany był jeszcze walec metalowy odpowiedniej wysokości, doprowadzający wagę wodną do wzniesienia oka poziomującego.

Odtworzenie łąty poziomniczej, ściśle według tekstu HERONA, przedstawione na rys. 11, 12 i 13, daje to narzędzie

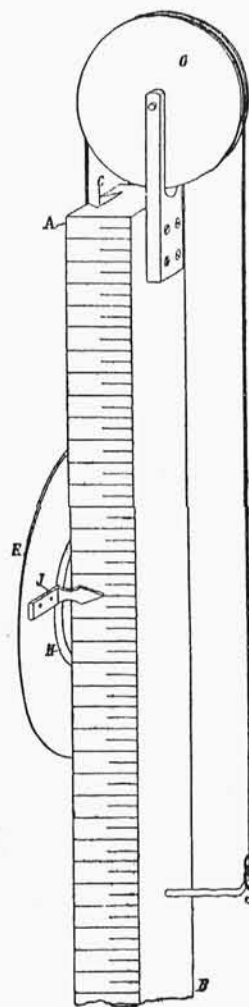


Rys. 10.

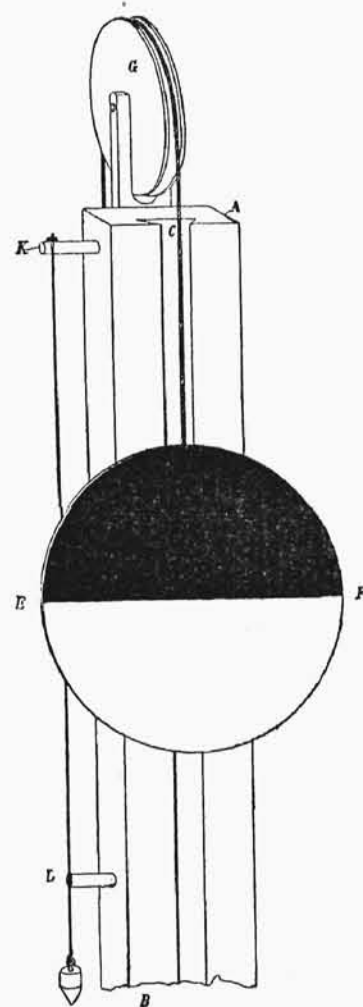
w postaci nader zbliżonej, do używanych jeszcze przed kilkudziesięciu laty łąt z tarczami.

Uważając dyoptrę HERONA jako narzędzie do dwóch celów służyć mogące, a mianowicie miernicze i poziomnicze, przyznać jej trzeba znakomitą wyższość nad innymi, o których doszła nas wiadomość z tych czasów. Jako narzędzie miernicze, ze swymi dwoma kołami, poziomem i pionowem, stanowi ona prototyp naszego teodolitu, a jako narzędzie poziomnicze sprowadza się właściwie do wagi wodnej i dziś

jeszcze opisywanej w podręcznikach. Żadne inne narzędzie starożytności nie zbliża się tak znacznie do typów nowoczesnych. Rzymska węgielnica, tak zwana *groma*, nie miała celownicy a tylko nitki ciężarków, przez które celowano. *Chorobates* WITRUVIUSZA nie mógł służyć do poziomowania z łątą, nie mając celownicy i dawał tylko różnicę poziomów



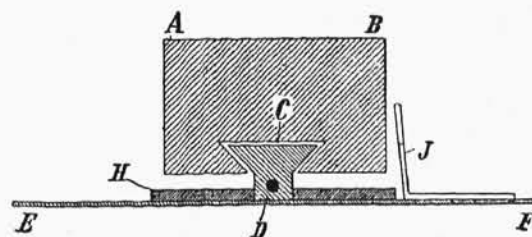
Rys. 11.



Rys. 12.

na przestrzeni swej własnej długości. Dyoptra HERONA stanowi przeto wspaniały pomnik techniki greckiej i w dziejach rozwoju narzędzi mierniczych i poziomniczych pierwszorzędne zajmuje miejsce.

To też nowe jej odtworzenie zwróciło uwagę świata naukowego. Píše o niem p. W. SCHMIDT w *Bibliotheca mathematica*¹⁾, zdając sprawę z pracy SCHÖNE'go i podnosząc jedno z zadań geodezyjnych, rozwiązanych przez HERONA



Rys. 13.

przy użyciu dyoptry, a mianowicie wytknięcie kierunku osi tunelu, przebijanego z dwóch stron góry a mającego iść w linii prostej między punktami krańcowymi.

W paragrafie XV traktatu o dyoptrze rozwiązuje to zadanie HERON w sposób przedstawiony na rys. 14, przez poprowadzenie szeregu prostopadłych i pomierzenie:

¹⁾ Nivellierinstrument und Tunnelbau im Alterthume. Von Wilhelm Schmidt in Helmstedt. *Bibl. Math.* 1903. 1 Heft. S. 7.

$$BE + ZH - \Theta K - M\Delta = BN$$

$$EZ + H\Theta + KM = \Delta N.$$

Otrzymałszy stąd stosunek $\frac{BN}{\Delta N}$, wytyka się kierunek przedłużenia osi tunelu $\Delta\Pi$ i $B\Xi$, w punktach krańcowych B i Δ , odcinając długości BO , $O\Xi$, ΔP , ΠH takie, aby było:

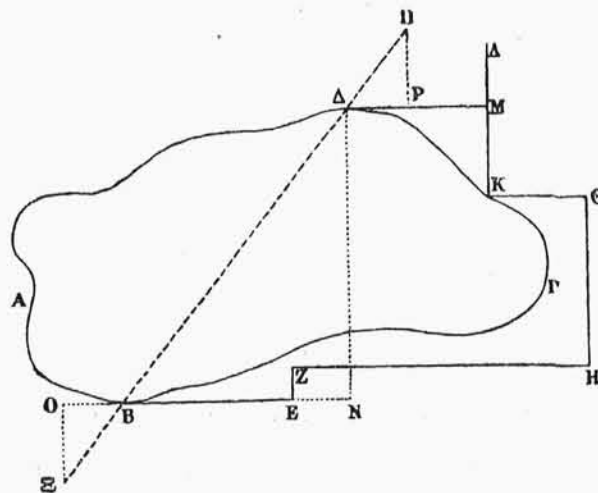
$$\frac{BO}{O\Xi} = \frac{BN}{\Delta N},$$

$$\frac{\Delta P}{\Pi H} = \frac{BN}{\Delta N}.$$

HERON zapewnia, że przy użyciu tej metody i wykonaniu pomiaru i niwelacji z pomocą dyoptry, dwie przebitki zejda się bez zboczenia. Że w swoim czasie był on postępowym inżynierem i oceniał jak należy praktykę swoich poprzedników, krytykując ostro ich metody i narzędzia w dwóch pierwszych paragrafach traktatu o dyoptrze, dowodzą tego niedokładności popełniane przed nim, jakie dziś wykrywa historia techniki. Ciekawy ich przykład odnalazł p. SCHMIDT w poszukiwaniach archeologicznych FABRICIUSA¹⁾.

Do trzech największych dzieł sztuki inżynierskiej greków zaliczył HERODOT tunel pod górą Kastro, na wyspie Samos. Budował go pierwszy znany w dziejach greckich inżynier EUPALINOS z Megary, żyjący w VI stuleciu przed Chrystusem. Chodziło o sprowadzenie do miasta Samos wody ze źródła, położonego z drugiej strony góry. Można było prowadzić wodociąg albo obchodząc górę, albo tunelem prostoliniowym, 1000 m długim, — wybrano jednak to drugie rozwiązanie i EUPALINOS rozpoczął budowę tunelu od obu końców. Gdy od północy przekopano 575 m a od południa 425, nastąpiło spotkanie, ale kierunek osi tunelu, wytknięty od strony północnej, nie zeszedł się z kierunkiem wytkniętym od strony południowej, zbaczając w miejscu spotkania, jak to dziś jeszcze jest widocznym, od 5 do 10 m na zachód. Podo-

linijnym, 1000 m długim, — wybrano jednak to drugie rozwiązanie i EUPALINOS rozpoczął budowę tunelu od obu końców. Gdy od północy przekopano 575 m a od południa 425, nastąpiło spotkanie, ale kierunek osi tunelu, wytknięty od strony północnej, nie zeszedł się z kierunkiem wytkniętym od strony południowej, zbaczając w miejscu spotkania, jak to dziś jeszcze jest widocznym, od 5 do 10 m na zachód. Podo-



Rys. 14.

bnie i w profilu podłużnym uwydatnia się niedokładność poziomowania. Ale zdarzyło się to na cztery wieki przed HERONEM a mniej więcej 2430 lat temu!

Feliks Kucharzewski.

¹⁾ E. Fabricius. Alterthümer auf der Insel Samos. *Mitteil. des D. Archäol. Instit. in Athen*, 1884. S. 163—192.

Drogi żelazne w dużych miastach.

Napisał Adam Świętochowski, inżynier.

(Ciąg dalszy; p. № 46 r. b., str. 637).

VII. Wnioski ogólne.

Z przytoczonych opisów i danych liczbowych o drogach żelaznych w dużych miastach, można wyrobić sobie pewne ogólne pojęcie o tem, jak te drogi układają się i jaką przybierają formę w najwyższym swym rozwoju.

Już przy poszczególnych opisach staraliśmy się zaznaczyć, że drogi żelazne w dużych miastach dają się podzielić na trzy rodzaje:

- A. Drogi żelazne zwykłe, będące w organicznym związku z siecią dróg żelaznych całego kraju.
- B. Drogi żelazne zwykłe, mające ruch miejski.
- C. Drogi żelazne odrębne—wyłącznie miejskie.

Rozpatrzmy każdy rodzaj oddzielnie.

A. Drogi żelazne zwykłe.

W każdym dużym mieście schodzi się kilka lub więcej dróg żelaznych. O ile tylko drogi te znajdują się we wzajemnym z sobą związku, o tyle stanowią t. zw. węzeł kolejowy danego miasta. Rozumie się, że największym i zarazem najważniejszym węzłem kolejowym w całej sieci dróg żelaznych danego kraju, jest węzeł jego stolicy.

Cechą charakterystyczną węzłów kolejowych dużych miast jest to, że w nich kończą się wszystkie linie dróg żelaznych. Każda więc kończąca się w dużym mieście droga żelazna ma tu swą stację końcową z dworcem czołowym, umieszczonym tam, gdzie w czasie pierwotnej budowy drogi można było najłatwiej to uskutecznić, t. j. na krańcu ówczesnego miasta. W miarę szybkiego rozwoju miast, zaznaczonego na wstępie niniejszej pracy i jeszcze szybszego rozwoju dróg żelaznych, w układzie dworców i linii kolejowych dużych miast musiały nastąpić pewne ewolucje, które przechodziły mniej lub więcej ściśle przez następujące okresy.

Pierwszym skutkiem rozwoju ruchu kolejowego było oddzielenie ruchu towarowego od osobowego. Stacje towarowe oddzieliły się od osobowych i (za wyjątkiem niektórych stacji londyńskich) cofnęły więcej ku krańcom miasta, a osobowe pozostały na dawnym miejscu, jak najbliżej środka.

Jednocześnie z kolejowym wzrastający ruch miejski uliczny uniemożliwił istnienie przejazdów kolejowych w jednym

poziomie z ulicami, i dlatego we wszystkich przytoczonych miastach, drogi żelazne są wszędzie przeprowadzone w różnym poziomie z ulicami i najczęściej ponad niemi.

Następnie powstały dworce wspólne dla kilku kierunków. Z jednej strony drożyzna gruntów miejskich, a z drugiej dogodności wynikające ze wspólnej administracji, doprowadziły zarządy dróg żelaznych do łączenia po kilka kierunków w jednym końcowym dworcu, zwłaszcza jeżeli nowopowstające linie były własnością tego samego towarzystwa lub też rządu. W ten sposób widzimy urządzone główne dworce kolejowe w Brukseli, Paryżu i Londynie, będące dworcami wspólnymi dla całej sieci dróg, należących do jednego właściciela. W Berlinie szereg dworców drogi żel. miejskiej służy jednocześnie dla linii wschodnich i zachodnich pruskich dróg żelaznych, a w Wiedniu drogi żelazne państwowe mają także swe dworce wspólne.

Przebudowa i ulepszenie węzłów kolejowych w znaczniejszych miastach Niemiec, jakie po upaństwowieniu dróg żelaznych prowadzi już od lat wielu zarząd dróg pruskich, saskich i innych niemieckich, polega w dużym stopniu, jak już wyżej zaznaczyliśmy w opisie np. Hamburga, na zamiast kilku dworców bliżej siebie leżących i obsługujących oddzielne linie kolejowe, na jeden — wspólny dla nich wszystkich. W tych razach dworzec wspólny ma jeszcze tę wyższość nad dworcami oddzielnymi, że podróżni przejezdni, których liczba w mniejszych miastach jest duża, nie potrzebują przechodzić z jednego dworca na drugi, a przesiadają się tylko z pociągu do pociągu, lub nawet jadą dalej w tym samym, gdyż budowa wspólnego dworca ułatwia znacznie zaprowadzenie przejściowych pociągów z jednej linii na drugą. W dużych miastach, a zwłaszcza stolicach, liczba podróżnych przejezdnych jest znacznie mniejsza, więc i względ na nich jest mniejszego znaczenia.

Jeszcze wyższym stopniem rozwoju dróg żel. zwykłych należy uważać wydłużenie linii głównych z przesunięciem dworca końcowego w głąb miasta. Przykłady takich wydłużeń widzieliśmy kilka; w Paryżu na drogach: Orleańskiej, podmiejskiej do Sceaux i odgałęzieniu dróg Zachodnich, w Londynie na dr. żel. Południowo-Wschodniej. Prócz wymienionych,