

F. KUCHARZEWSKI.

Dyoptra Herona i próba jej odtworzenia.¹⁾

Herona z Aleksandryi traktat o dyoptrze, znaleziony w trzech kodeksach rękopiśmiennych greckich z XVI wieku: № 2430 Biblioteki paryskiej (str. 79—118), C III 6 Biblioteki seminarium protestanckiego w Strassburgu (str. 81—120), oraz w Bibliotece cesarskiej w Wiedniu, pierwszy zbadał i przełożył na język włoski w roku 1814 fizyk *Venturi*¹⁾ z Bolonii. Z opisu narzędzia i nader niedokładnych a z opisem mało zgodnych obrazków (rys. 1), napotkanych w rękopismach, próbował *Venturi* odtworzyć dyoptrę *Herona* i podał pierwszy krytyczny jej rysunek (rys. 2). Drugi zawdzięczamy uczonemu matematykowi francuskiemu *Vincentowi* (rys. 3), którego przekład francuski traktatu *Herona*, wraz z odpisem tekstu greckiego, wyszedł w r. 1858²⁾. W wydanym w roku 1903 w Lipsku tomie trzecim dzieł *Herona*, tekst grecki traktatu o dyoptrze oparty został na rękopiśmie, znalezionym później w Paryżu, w kodeksie *Mynasa* (supplément grec № 607), pochodzącym z XII czy XIII wieku. Rękopism ten okazał się pierwowzorem trzech wzmiankowanych wyżej, a wyciągnięte z jego badania szczególnie ogłosił w r. 1899 *Herman Schöne*³⁾ wraz z przygotowanymi do lipskiego wydania rysunkami dyoptry (rys. 5, 6 i 7), wagi wodnej (rys. 8, 9 i 10) i łat niwelacyjnych (rys. 11, 12 i 13), w odtworzeniu technika *Juliusza Neumanna* z Berlina.

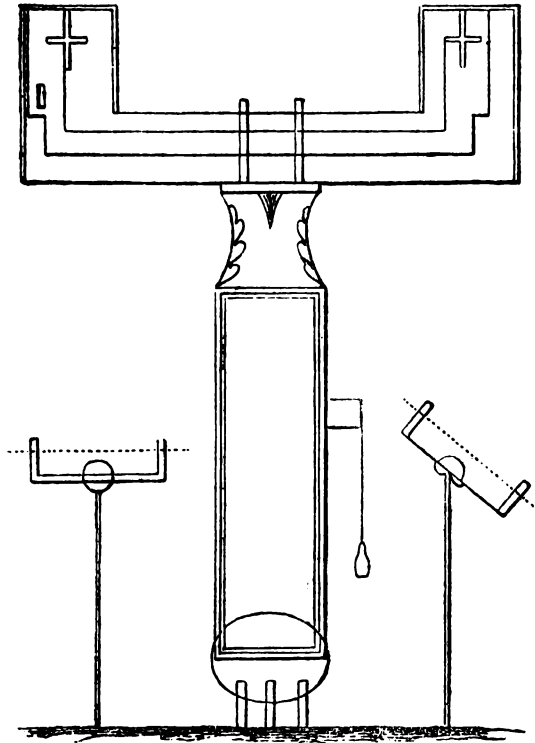
¹⁾ Streszczenie pracy, drukowanej w „Przeglądzie technicznym“.

²⁾ Commentarj sopra la storia e le teorie dell'ottica. Bologna 1814 II Erone il Meccanico, del Traguardo.

³⁾ Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Impériale et autres bibliothèques, publiés par l'Institut Impérial de France. Paris 1858.

⁴⁾ Jahrbuch des Kaiserlich Deutschen Archaeologischen Instituts. Band XIV. Berlin 1899. Drittes Heft, p. 91—103. „Die Dioptra des Heron“ von Hermann Schöne, Charlottenburg.

Jak to już zaznaczył C a n t o r ¹⁾, pomimo dość szczegółowego opisu, nie podobna z zupełną świadomością odtworzyć kształtów dyoptry H e r o n a. Może kiedyś odnajdą archeologowie w jakim wykopalisku szczątki starożytnego narzędzia, pozwalające zdać sobie sprawę ściślej

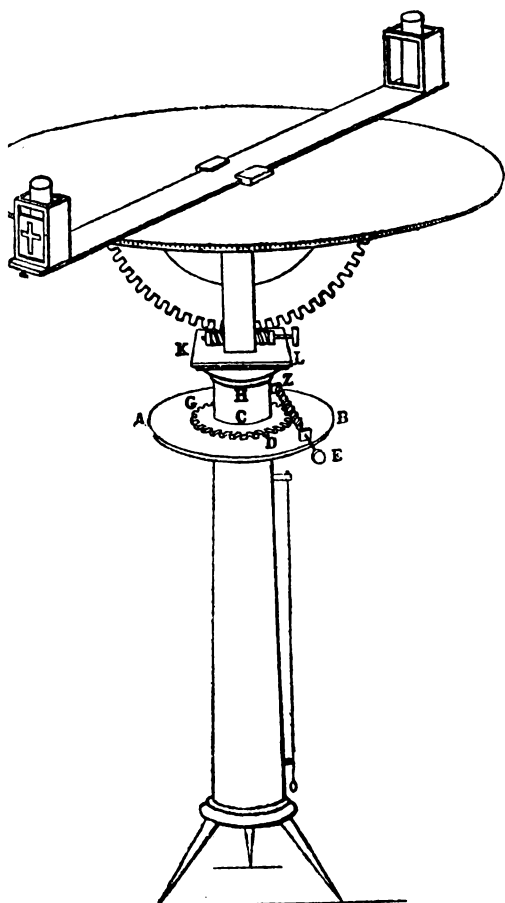


Rys. 1. Obrazki w rękopismach.

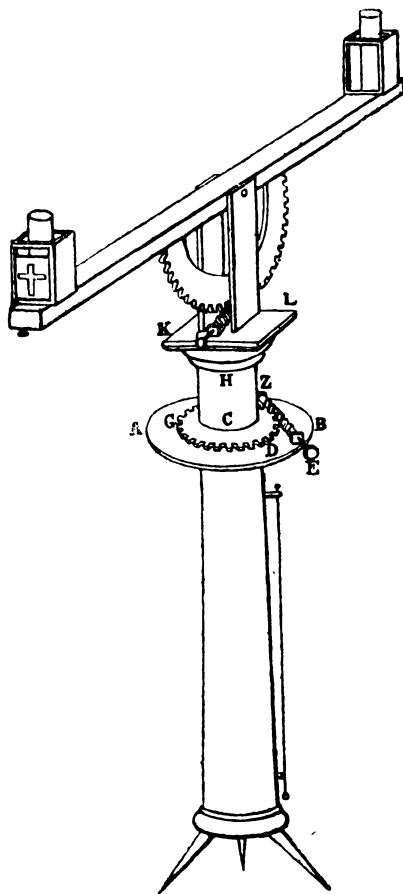
z pojedynczych części. Tymczasem podjęte w ciągu ubiegłego stulecia próby odtworzenia całości, wyłącznie na podstawie tekstu, zasługują na uwagę, stanowiąc jedno z najpoważniejszych poszukiwań w zakresie budzącej się do życia historii techniki.

¹⁾ Die Römischen Agrimensoren S. 20.

Dla rozpatrzenia i porównania tych prób podajemy przekład polski opisu dyoptry, dokonany na podstawie przekładu francuskiego Vincenta i niemieckiego Schönego, którzy znów obaj powołują się



Rys. 2. Odtworzenie Venturi'ego.



Rys. 3. Odtworzenie Vincenta.

na włoski przekład Venturi'ego. Rysunki odtworzeń, dokonanych przez Venturi'ego (rys. 2) i Vincenta (rys. 3), ułatwią zrozumienie opisu.

„III. Przygotowuje się podstawę w kształcie małej kolumny, mającą u góry czop okrągły. Na czop nasadzona zostaje spóśrodkowo mała tarcza bronzowa. Ponad nią nakłada się na czop walec bronzowy, mogący się swobodnie w koło niego obracać. W dolnej części walca umocowane doń jest koło zębate, mniejsze od wzmiankowanej tarczy, a na niej się opierające. Walec u góry zakończony jest tablicą, w kształcie małego kapitelu doryckiego. Zęby koła wchodzą w zwoje umieszczonej obok niego śruby, która się obraca w podstawkach przymocowanych do tarczy, mającej średnicę większą od koła zębatego. Obracając śrubę, obracamy koło zębate oraz z kołem połączony walec bronzowy. Koło z walcem połączone jest stałe trzema śrubkami. Wzdłuż śruby jest wgłębienie tak szerokie, jak głęboki jest wykrój śruby. Gdy więc śruba tak jest nastawiona, że zęby koła wchodzą w to wgłębienie, wtedy koło zębate obracać się może niezależnie. Gdy zaś poruszmy śrubę, wtedy zęby koła wchodzą w zwoje śruby i zazębienie ma miejsce.

Niech więc będzie *AB* tarcza bronzowa, otaczająca czop i połączona z podstawą, *GD* koło zębate połączone z walcem, *EZ* śruba zazębiona z kołem zębatego, *HC* walec połączony z kołem zębatego *GD*, zakończony u góry, jak powiedziano, małym kapitelem doryckim *KL*. Na tablicy kapitelu umieszczone są dwa słupy bronzowe w kształcie liniałów, rozstawione w takiej odległości jeden od drugiego, że pomiędzy nimi pomieścić się może koło zębate pionowe, a na tablicy pomiędzy słupami obracać się może śruba, której małe podstawki pasujące do wzmiankowanego czopa. Oba długie i równoległe do czopa biegnące słupy wystają w górę po nad nim blisko na 4 cale ¹⁾. pomiędzy temi wystającymi częściami umieszcza się liniał cztery łokcie długi, a tak szeroki i wysoki, że się tam mieści i w tem miejscu dzieli na dwie połowy.

IV. Na powierzchni górnej liniału wydrążony jest kanałik, o przekroju półokrągłym lub kwadratowym, tak długi, aby mógł pomieścić rurkę bronzową o 12 cali krótszą od liniału. Na obu końcach tej rurki umieszczone są dwie rurki pionowe, wyglądające jakby zakrzywienia pierwszej. Wysokość tych części zakrzywionych wynosi nie więcej jak dwa cale. Rurka bronzowa nakryta jest z wierzchu liniałem, dopasowanym do wgłębienia, utrzymującym rurkę w jej położeniu i przyczyniającym się do nadania lepszego wyglądu przyrządowi. We wzmiankowane zakrzywienia wstawione są dwie rurki szklane odpowiedniej średnicy, około 12 cali wysokie. Połączenia rurek szklanych z zakrzywieniami rurki bronzowej oblepione są woskiem lub innym kitem, aby nie przepuszczały wody, wlanej do rurki.

Na liniale, przy rurkach szklanych, postawione są otaczające je budki tak, że rurki, mieszcząc się w ich wnętrzu, są zarazem przez nie podtrzymywane. Do tych budek dopasowane są blaszki metalowe, które mogą się w nich poruszać od góry do dołu, dotykając się rurek szklanych i mając w środku wycięte przezier-

¹⁾ Cal grecki (palec) = 0,01875 m., cztery cale stanowią dłoń (palma) = 0,075 m., a sześć dłoni — łokieć (pechys) = 0,45 m.

niki. Każda blaszka ma przymocowaną u spodu pochewkę walcową, $\frac{1}{2}$ cala wysoką, a przez każdą pochewkę przechodzi brązowy pręcik, równie długi jak wysokie są rurki. Pręciki te, mające poniżej pochewek nacięcia śrubowe, przechodzą przez otwory w liniale, a przy każdym otworze umieszczone ostrze wchodzi w zwój śruby. Kręcąc wystającą dolną część pręcika, podnosić można lub opuszczać blaszkę z przeziernikiem, gdyż pręciki obracając się swobodnie w pochewkach, pociągają je za sobą, za pośrednictwem małych nakładek, odpowiadających wgłębieniom wewnątrz pochewek.

V. Opisawszy ustrój dyoptry, mówić będziemy o towarzyszących jej łątach i tarczach. Przygotowuje się dwie łąty 10 łokci długie, 4 cali szerokie, a 3 cale grube. Wzdłuż każdej łąty, w pośrodku jej szerokości, wyłobiony jest rowek o przekroju trapezoidalnym w kształcie jaskółczego ogona, t. j. z mniejszą podstawą trapezu zwróconą na zewnątrz. Do tego rowka dopasowuje się suwak, mogący się w nim swobodnie posuwać bez wypadania na zewnątrz. Do suwaka przymocowana jest tarcza o średnicy 10 do 12 cali. Na tarczy nakreślono średnicę, prostopadłą do kierunku łąty, a tarczę pomalowano z jednej strony średnicy na biało, a z drugiej na czarno. Do suwaka przyczepia się sznur, nawinięty na krążek u szczytu łąty i zwieszający się z tyłu. Postawiwszy łątę pionowo na gruncie i ciągnąc sznur z tyłu, podnosimy tarczę do góry; przy puszczaniu sznura tarcza schodzi na dół własnym ciężarem. Tarcza obciążona jest z tyłu ołowiem, tak że łątwej może opadać. Gdy więc ciągniemy za sznur, aby tarczę podnieść do góry, to w każdym miejscu możemy ją zatrzymać.

Nadto podzielić wypada długość łąty, zaczynając od dołu, na tyle łokci, dłoni i cali, ile ta długość wynosi, a przez punkty podziału, na bocznej stronie łąty, leżącej na lewo względem tarczy, prowadzi się kreski. Tarcza ma z tyłu, na wysokości swego środka, umocowaną skazówkę, która przesuwana po kreskach i wskazuje, na jakiej wysokości leży środek tarczy. łątę ustawia się ściśle pionowo w następujący sposób. Na bocznej stronie łąty, na której niema kreski, umocowany jest ćwiek 3 cale długi, mający na końcu przebitą otworę od dołu do góry, przez który przechodzi sznurek. Na tym sznurku zawieszony jest ciężarek. U spodu umocowany jest drugi ćwiek, wystający ściśle na taką długość, jaka jest odległość środka otworu w górnym ćwieku od ściany łąty. Na końcu tego drugiego, ćwieka w środku jego grubości, zrobiona jest kreska. Gdy sznurek z ciężarkiem pada na kreskę, łąta stoi pionowo.“

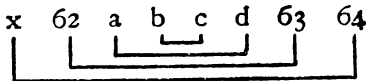
Posługując się tym opisem dla odtworzenia dyoptry, zauważył *Venturi*, że w § III, tam, gdzie zastąpiliśmy kropkami brakujące zdania, spotyka się w rękopismach miejsce puste, jakby pozostawione na rysunek przyrządu, a sam ciąg opisu wykazuje w tym miejscu widoczną przerwę. To też przy odtwarzaniu przyrządu, przyszło mu uzupełnić opis wzmiankami z dalszych paragrafów traktatu, w których *Heron* uczył, jak z pomocą dyoptry rozwiązuje się różne zadania

geodezyjne, wymienia mimochodem niektóre części przyrządu, zaznaczając ich cel i użycie.

Poglądów *Venturi*'ego nie podzielił *Vincen*t, nie znajdujący, aby rękopisy przedstawiały w opisie dyoptry znacznieszą 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.

Ostatecznym wynikiem było odtworzenie dyoptry jak na rys. 3, z pominięciem tarczy poziomej i umieszczeniem liniału z wagą wodną na półkolu pionowym. *Vincen*t 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 № 607 i staranna krytyka tekstu, pozwoliły *Schön*emu stwierdzić bezpodstawność poglądu *Vincen*ta, a słuszność przypuszczeń *Venturi*'ego. Zestawiając zdania tekstu przed przerwą w rękopiśmie, opisujące słupy w kształcie liniałów

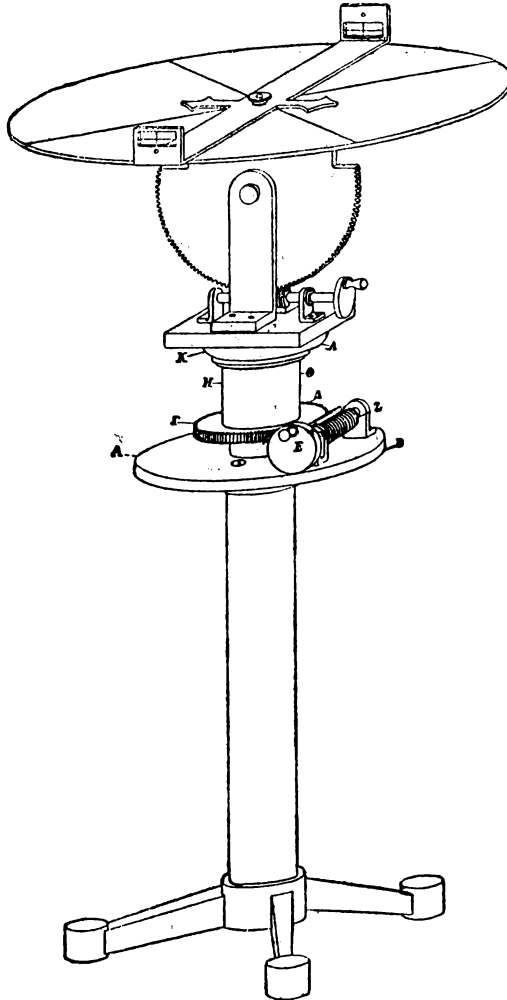


Rys. 4.

umocowane na tablicy kapitelu, koło pionowe między słupami, śrubę, która to koło porusza i jej podstawki—ze zdania mi po przerwie, odnoszącymi się do sposobu umieszczenia między słupami wielkiego liniału z wagą wodną—*Schön*e zaznacza zupełny brak związku między jednemi 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 *Schön*e rozpatrzeniem kodeksu № 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 właśnie opis dyoptry. Traktat rozpoczyna się na karcie 62^r (recto = strona przednia). Karta poprzednia, oznaczona na

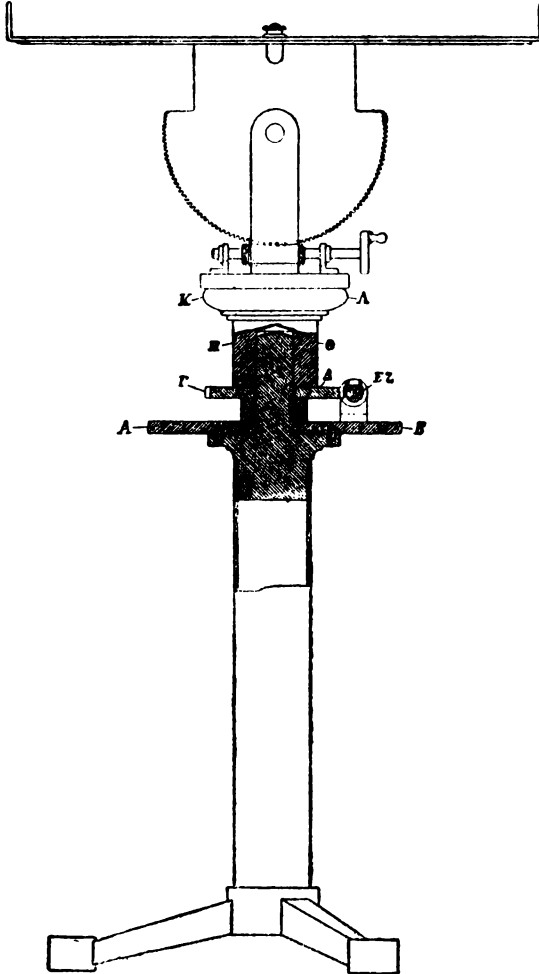
rysunku przez x , należąca do jednego arkusza z kartą 64 jest wycięta, a karta 65 rozpoczyna następny zeszyt ósemkowy. Pomiędzy kartą 63° (verso = strona tylna) a 64^r, jak również pomiędzy 64° a 65^r, niema



Rys. 5.

żadnej przerwy w tekście, brakować więc może kart tylko między 62 a 63. Tymczasem karta 62° kończy się zdaniem: „na tablicy pomiędzy

słupami obracać się może śruba, której małe podstawki“ a karta 63^r zaczyna się od słów: „pasujące do wzmiankowanego czopa“, czyli między niemi właśnie jest przerwa, którą zaznaczyliśmy kropkami w polskim

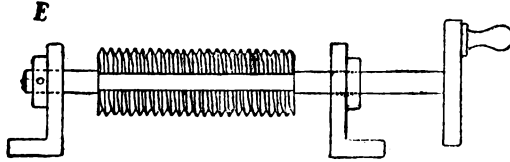


Rys. 6.

przekładzie paragrafu III. Według więc wszelkiego prawdopodobieństwa wypadły i zaginęły ze środka zeszytu cztery karty: *a, b, c, d*,

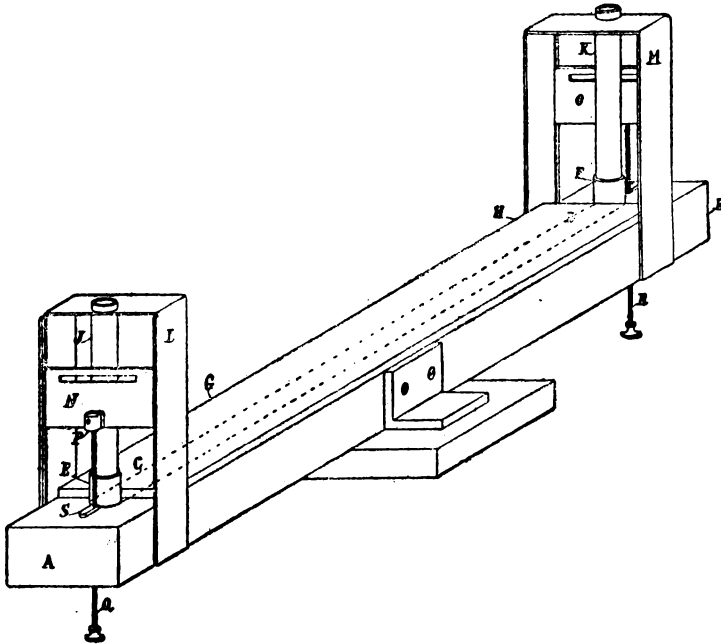
tworzące dwa arkusze *ad* i *bd*, a ten brak w kodeksie № 607 powtarza się w rękopismach późniejszych, widocznie z niego przepisanych.

Podobnie jak Venturi'emu posłużył Schönemu do od-



Rys. 7.

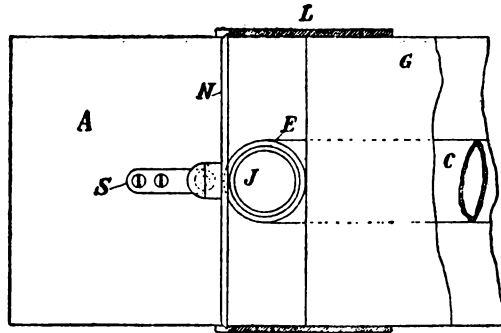
tworzenia tych części, których opis zaginał, dalszy ciąg traktatu. Przedwzyszkciem rozróżnia on w dyoptrze Herona dwa narzędzia



Rys. 8.

miernicze, służące do celowania, wytykania linii, mierzenia kątów it. 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 za pomocą półkola zębatego mogła się nachylać do poziomu, a nawet być ustawiana pionowo. Na tarczy wyryte były dwie średnice do siebie prostopadłe, na które można było nastawiać skazówki celownicze przy wytykaniu kątów prostych, a nadto obwód tarczy mógł być dzielony na 360° do pomiarów astronomicznych. Narzędzie poziomnicze składało się z umieszczonego na 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

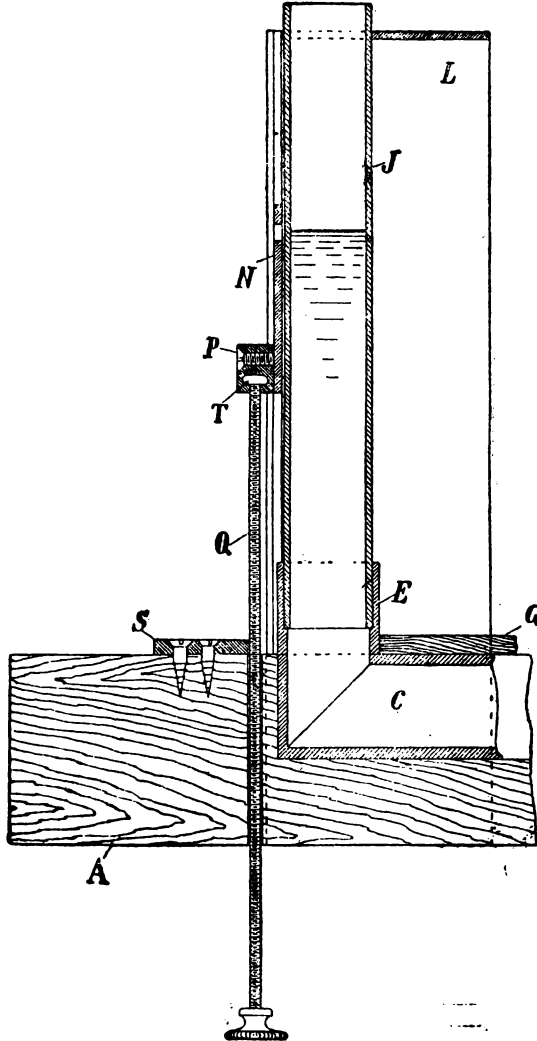


Rys. 9.

tarcza okrągła były zbyt ciężkie dla narzędzia poziomniczego, którego liniał miał zachowywać położenie poziome. Zapewne 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 Schönegego, przedstawiają rysunki 5 i 6. Na kolumnie, stojącej na trzech nogach i zaopatrzonej w czop, umocowana jest tarcza AB . Koło zębate $\Gamma\Delta$, mniejsze od tarczy, spoczywa na pierścieniu, dla zostawienia miejsca mechanizmowi śruby EZ . Walec $H\Theta$, umocowany na kole zębatego, 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 ząbieniu z półkolem pionowym, którego oś wsparta jest na słupach. Na półkole osadzona jest

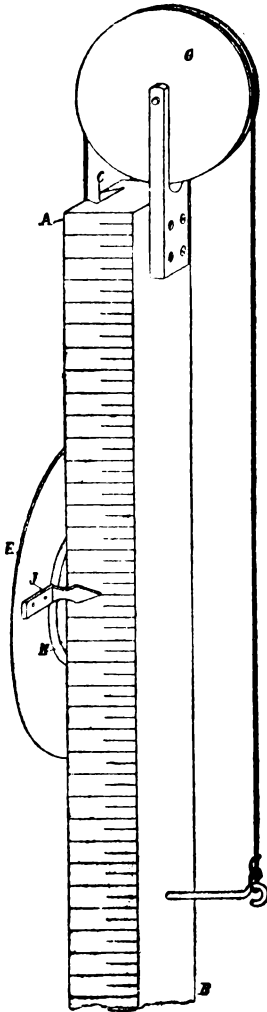
wielka tarcza okrągła, przypominająca astrolabium, z wyrytymi na niej dwiema prostopadłymi do siebie średnicami. Na tej tarczy obraca się



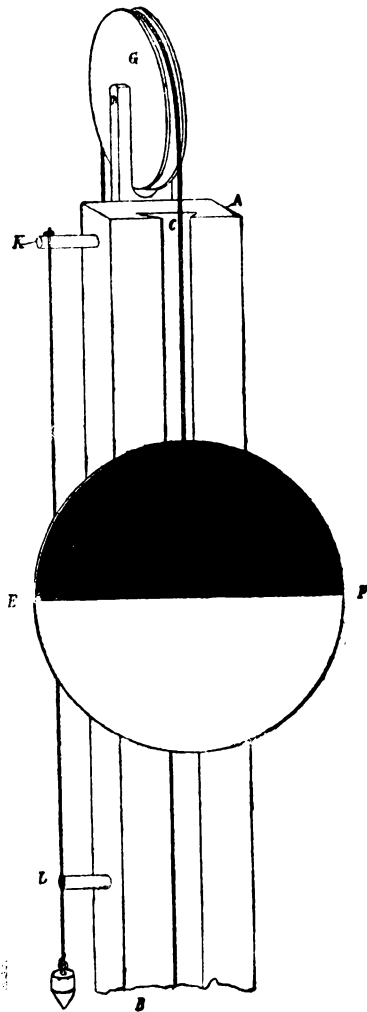
Rys. 10.

liniał celowniczy, zaopatrzony we dwie skazówki. Ponieważ tarcza winna przyjmować położenie nachylone, a nawet pionowe, przeto nie

leży ona bezpośrednio na półkolu zębatym, ale na prostokątnym przedłużeniu tego półkola, tak aby w położeniu pionowym znajdowała się poza kapitelem i śrubą.



Rys. 11.

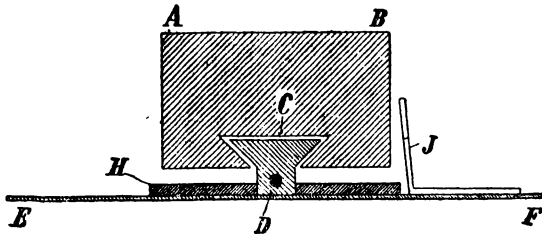


Rys. 13.

O samej celownicy nie można odnaleźć w traktacie Herona a ściślejzych danych. Długość jej przyjął Schöne taką samą, jak

liniału z wagą wodną, to jest cztery łokcie (1,80 m.), co jest prawdopodobne, gdy zważymy, 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, zaopatrzoną była tylko w otwory w przeziernikach.

Ustrój śruby *EZ* przedstawia *Schöne* na rys. 7. W śrubie bez końca, poruszanej korbą, równoległe 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 zębatemu ruchu delikatne, jakich wymagało dokładne nastawienie celownika.



Rys. 13.

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 z 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 których były wykrojone przezierniki. Rys. 10 objaśnia sposób przesuwania blaszki *N* za pomocą pręcika *Q*, połączonego stałe z pochwą *P*. Na całej długości pręcika *Q* wykrojony jest zwoj śruby, w który wchodzi ćwieczek *S*. Ustrój połączenia pręcika *Q* z pochwą *P*, za pomocą zgrubienia *T*, odtworzony został dość prawdopodobnie przez *Neumanna*.

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 S c h ö n e g o, że pomiędzy kapitelem a wagą wodną wstawiany był jeszcze walec metalowy odpowiedniej wysokości, doprowadzający wagę wodną do wzniesienia oka poziomującego.

Odtworzenie łąty poziomniczej, ściśle według tekstu H e r o n a, przedstawione na rys. 11, 12 i 13, daje to narzędzie w postaci nader zbliżonej do używanych jeszcze przed kilkudziesięciu laty łąt z tarczami.
