PARCIE SKLEPIEŃ I OPÓR WEZGŁOWIÓW.

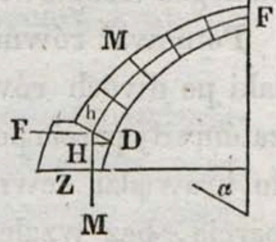
21. Każde sklepienie za pokrywę budowli służące, gdy iest podług prawideł wyżey podanych zrobione, iest rzeczywiście bryłą równego wciąż oporu spoczywaiącą na swey podporze, którą tu zowiemy *wezgłowiem*. Wezgłowie zatém iest to bryła bezpośrednio służąca za posadę sklepieniu, prócz tego uważamy ią odciętą przez przybraną poziomą płaszczyznę, i na niey położoną. Zrównania, na sklepienia kolébkowate równoważące się w sobie i z wezgłowiami.

Ustanowienie równowagi między całém sklepieniem a wezgłowiem, iest drugiém w nauce sklepień do rozwiązania główném zagadnieniem. Każde równoważące się sklepienie, leżące na płaszczyznach pochyłych swoiego wezgłowia, i iakoby ieden klin działaiące, na dwoie rozdziela siłę swoiego ciężaru. Częścią iedną usiłuie obrócić wezgłowie około zewnętrznéy krawędzi iego podstawy, a drugą pionowie ie uciska, i ta ostatnia część siły w iedno się łączy z ciężarem samégoż wezgłowia.

Ponieważ równoważące się sklepienie działa iakoby klin iaki po dwóch równie pochyłych płaszczyznach; szukaiąc zatém siły parcia poziomego, mocą którey wezgłowia około krawędzi zewnętrznych obrócić usiłuie, łatwo tę siłę parcia, bez względu na tarcie, oznaczyć można. Iakoż iest ona statecznie $F=\frac{M}{\operatorname{sty}\alpha}$; gdzie α znaczy kąt między spoieniem nasady a pionową zawarty, $2M$ massę klina czyli całego tu sklepienia. A ponieważ $\frac{M}{\operatorname{sty}\alpha}$ naleźliśmy bydź równe stałey ilości C (15); *wyrażenie* zatém *parcia poziomego* *iest statecznie iednakie i w niczém niezmienne dla każdey części równoważącego się sklepienia.* Z tego początku, czyli zasady, konieczny wynika wniosek: *iż parcie poziome nieźmiernie małego klińca w zamku, iest zupełnie takie, iakie iest parcie całego sklepienia.*

Ponieważ równoważące się sklepienie siłą swoiego ciężaru dwoiaki skutek sprawuie, to iest, raz usiłuie wezgłowia obrócić około ich krawędzi zewnętrznych; drugi raz dąży, do posunienia ich po płaszczyźnie poziomey: ieżeli zatém, moment usiłowania pierwszego, równoważy się z momentem siły ciężaru wezgłowia, powiększonego momentem ciężaru połowy sklepienia, obrócenie nie nastąpi. A skoro znowu parcie poziome iest mnieysze od summy ciężarów, wezgłowia i połowy sklepienia, mnożonych przez stosunek tarcia; wówczas posunienie wezgłowia po płaszczyźnie poziomey także nie nastąpi. A tak zrównania, które na równowagę sklepień kolébkowatych w tym przypadku podaie P. Berard, są następuiące:

$$\left.\begin{aligned} F(H+h) &= M(Z-D)+\tfrac{1}{2}fHZ^2 \\ F &< \pi(M+fHZ) \end{aligned}\right\} \cdots 9)$$



W nich F znaczy siłę poziomego parcia, M ciężar połowy sklepienia, Z szerokość wezgłowia, H wewnętrzną wysokość wezgłowia, h część teyże wysokości wezgłowia, wziętą wyżey aż do mieysca, w którém się stosuie siła poziomego parcia; D odległość śrzodka nasady sklepienia czyli podstawy ostatniego klińca od wewnętrzney ściany wezgłowia; f gęstość materyału wezgłowia, kiedy gęstość sklepienia bierzemy za iedność; π stosunek tarcia do ciśnienia dany z doświadczenia.

Ze zrównania pierwszego otrzymamy Z, gdy H będzie dane i wzaiemnie. Zrównanie drugie zamyka warunek niemożności posunięcia się wezgłowia po płaszczyźnie poziomey.

Wiedzieć prócz tego należy, iż zrównaniom poprzedzaiącym może się stać zadosyć iednemu bez drugiego, to iest: iż może się wezgłowie wywrócić bez posunięcia się i wzaiemnie. Trwały i zupełny spoczynek układu wymaga, aby obadwa te zrównania miały mieysce.

22. Z tego, co poprzedziło, oczywiście widzimy, iż zadanie o parciu sklepień i oporze ich wezgłowiow zawsze mogłoby bydź rozwiązane, to iest: zawsze umielibyśmy ocenić siłę, którą sklepienie wywiera na wywrócenie i rozsunięcie wezgłowiów, gdyby tarcie pomiędzy klińcami nie zachodziło i gdyby te klińce podług wyłożonych warunków równowagi udziałane były. Wszakże zbyt rzadko zdarza się widzieć podobne sklepienie; bądź to, że te naukowe zasady nie są znaiome budownikom, bądź też, że ich warunkom zadosyć uczynić nie mogą, będąc związani innemi warunkami budowli. Stąd też wszystkie prawie nasze sklepienia nie są równoważącemi się w sobie bryłami; a ieżeli nie wszystkie dla tego pękaią, to ten ocalaiący ie skutek przypisać należy: tarciu, zaprawie wapienney i innym przyczynom przemagaiącym.

Uwagi nad parciem nierównoważących się sklepień.

Brak równowagi sprawia pospolicie w sklepieniu ruch, któremu tarcie nawet sprzeciwić się nie może. Ruchem tym powodowane niektóre części sklepienia runąć usiłuią; iedne obracaiąc się przy podniebieniu, drugie przy grzbiecie sklepienia, iakby z sobą w tych mieyscach zawiasą połączone były, tak, iż sklepienie otwiera się razem w wielu mieyscach na wklęsłey i wypukłey powierzchni. Dla takiego ruchu każde sklepienie, w którém brakuie równowagi, ostaćby się nie mogło, gdyby części iego nie były związane zaprawą wapienną, którey siła, niby kley iaki, wstrzymać ie od upadku może.

Stąd wynika naprzód: iż parcie sklepienia usiłuiące obrócić lub rozsunąć wezgłowia iest siłą wypadkową ze wszystkich sił i oporów działaiących na sklepienie. Powtóre: iż ta siła parcia zwyczaynych sklepień, przez przybliżenie tylko oznaczoną bydź może, iako zależąca od wielu dowolnych, a danych rzeczy, które weń wchodzą, i wielu ieszcze względów fizycznych, których dokładnie ocenić nie możemy. Że zaś sklepienie pękaiąc, pęknąć koniecznie musi w mieyscach naysłabszych, i że wiedząc te mieysca, można w nich pęknieniu zapobiedz, a tém samém sklepienie nierównoważące się ocalić. Starano się przeto podadź sposoby wytknięcia ich w każdym przypadku, aby przez to można było oznaczyć te części sklepienia, które parcie sprawuią. Tak więc w sklepieniach nierównoważących się cała rzecz przywodzi się do oznaczenia *mieysc słabych* (joints de rupture).

Lahire z kilku postrzeżeń, uczynionych na sklepieniach kolébkowatych półokręgowych i równey wciąż grubości, wnosi, iż mieysca słabe w sklepieniach leżą pod 45° i że dwiema pod takim kątem nachylonemi do poziomu płaszczyznami, a przez oś kolébki poprowadzonemi, oddzielona część sklepienia, posuwaiąc się po dwóch pozostałych z wezgłowiami zrosłych częściach, obraca ie koło zewnętrzney krawędzi i obala, słowem: że część ta śrzodkowa działa sposobem klina. Na tém przypuszczeniu oparte podał zrównania równowagi sklepień kolébkowatych, zrównania te, dla wielkiey łatwości w stosowaniu praktycznym, od wszystkich budowniczych chętnie przyięte i używane były.

Couplet wkrótce po Lahirze o równowadze takichże sklepień piszący, uważa ie rozdzielaiącemi się na cztery części. Przypuszcza, iż otwieraią się na podniebieniu w zamku, a na grzbiecie w mieyscach słabych, i że te cztéry części działaią na siebie sposobem *dzwon spieraiących się* (arcs boutants), niby zawiasą pewną między sobą połączonych. Z tego przypuszczenia i teoryi drążka przychodzi do zrównań na równowagę sklepień kolébkowatych.

Z doświadczeń nad sposobem pękania sklepień, a osobliwie robionych przez P. Boistard w 1800 roku (*), wypada: 1ód że podczas pękania, klińce nie slizgaią się po płaszczyznach spoień, lecz odstaią od siebie i obracaią się na krawędziach przyległych. 2re Sklepienia półokręgowe kolébkowate, maiące grzbiet równoległy od podniebienia albo całkiem poziomy, skłonne są do pękania w mieyscach około 30° od poziomu przypadaiących. Sklepienia zaś utworzone łukiem złożonym, ze trzech łuków koła, każdy o 60°, i spłaszczone na $\frac{1}{3}$ lub $\frac{1}{4}$ część strzały, pękaią na 45^{m} albo 55^{m} sto-

(*) Recueil d'expériences et d'observations faites par Boistard.

pniu, licząc od początku łuku małego. Sklepienia utworzone łukiem koła niewiększym od 120° blisko, mieysce pęknienia maią w samey nasadzie, czyli w spotkaniu się łuku ze ścianą, byleby tylko sklepienie nie było wciąż bardzo małey grubości. Stąd wynika, iż dwa są tylko przypuszczenia: iedno *klina*, drugie *dzwon spieraiących się;* w pierwszém przypuszcza się oraz, że klińce są doskonale gładkie i twarde, w drugiém nie daie się względu na tarcie.

Lecz te obadwa przypuszczenia Lahira i Coupleta wymagaią koniecznie poznania wprzód położenia spoień, podług których sklepienie pęka, a oznaczenie ich w tych obudwóch przypuszczeniach nie iest dokładne. Oprócz tego, nie daie się w nich względu ani na tarcie posuwaiącey się, iak klin, śrzodkowey części, ani względu na moc wiążącą i moc spoienia w zaprawie, które to siły parciu przeciwne, zmnieyszyć go znacznie i położenie mieysc słabych odmieniać koniecznie muszą.

Dla uniknienia więc zarzutów, które przeciw tym teoryom uczynićby można, podaie P. Berard nową całkiem teoryą równowagi sklepień, wolną od przypuszczeń niczém niepopartych, na którey zupełnie przestać możemy, ograniczaiąc się ogólnym rzeczy widokiem.

Nauka ogólna P. Berard o parciu sklepień kolébkowatych.

23. Podług P. Berard trzy są gatunki sklepień kolébkowatych, albo raczey cztéry. Pierwszy, obeymuie sklepienia takie, w których zamek odepchnąłby części poboczne, gdyby temu się nie sprzeciwiało tarcie, i te zowie autor sklepieniami *o zamku przemożnym* (à clef prépondérante). Drugi gatunek zawiera sklepienia, których zamek byłby wypchnię-

tym od części pobocznych, gdyby go tarcie nie utrzymywało, a takie mianuie autor, sklepieniami *o zamku niedostateczny siły* (à clef en défaux). Trzeci gatunek sklepień składaią same równoważące się sklepienia.

W pierwszym gatunku sklepień parcie od wierzchniey części wywarte, równe iest ciśnieniu, iakiego ta część doświadcza, i przenosi się całkowicie ku nasadzie sklepienia. Tam wypadkowa siła, z sił ciężaru i rzeczonego parcia, daley iuż za tym punktem przeydzie, przez któryby przechodziła wypadkowa z tychże sił, równoważącego się sklepienia siła: owszem przeyść nawet może za krawędź zewnętrzną sklepienia; i wtedy sklepienie od obalenia dłużey wstrzymać się iuż nie będzie mogło, ieżeli temu tarcie nie przeszkodzi.

W drugim gatunku sklepień parcie wywierane przez część wierzchnią czyli zamek, słabsze iest od parcia, którego ten zamek doświadcza od reszty sklepienia: i to parcie przenosząc się do nasady, i tam oddziaływaiąc sprawuie parcie całego sklepienia. Składaiąc tę siłę parcia zamka z ciężarem połowy sklepienia, wypadkowa z nich przechodzić będzie bliżey wewnętrzney krawędzi sklepienia, niż w sklepieniu równoważącém się, i mocą tey wypadkowey siły sklepienie takie obaloném bydź może.

Łatwo to wszystko poymiemy, wyobraziwszy sobie sklepienie równoważące się, w którém zostawuiąc zamek nietknięty, ieżeli uymiemy część pewną miąszości reszcie pozostałey od zamka; tedy sklepienie po tey odmianie, należeć będzie do sklepień pierwszego gatunku: bo zamek w niém będzie przemożny czyli ze zbytkiem siły. Parcie sklepienia toż samo co i pierwey było, stanie się w tym razie *maximum*, i pochodzić teraz będzie, nie iuż od całego sklepienia, iak przedtém, lecz od samego tylko zamka; a więc, *parcie takich sklepień naydziemy szukaiąc zamka, daiącego* maximum *parcia.*

I przeciwnie, ieżeli uymiemy część pewną zamkowi równoważącego się sklepienia, gdy tymczasem w całku pozostaną inne iego części, zamek tak osłabiony będzie miał dążenie do wymknienia się w górę, a sklepienie stanie się sklepieniem drugiego gatunku. Parcie iego na wezgłowia, nie będzie iuż wówczas skutkiem zamka, lecz wszystkich od niego pozostałych klińcow. Im większy tedy będzie klin z nich złożony, tém parcie iego będzie też większe; *otrzymamy* zatém *parcie sklepienia drugiego gatunku, uważaiąc ie całe iako ieden klin, a to parcie będzie tu ieszcze* maximum.

Tak więc, we dwóch pierwszych rodzaiach sklepień, parcie sklepienia równe iest klinowi naywiększego parcia: w sklepieniach zaś równoważących się parcie iest stałe i wyrażenie iego ogólne $= \frac{M}{\text{st}y\,\alpha}$.

W pierwszym gatunku sklepień, M iest naymnieyszym klińcem ΔM zamka; albo, dla większey w stosowaniu dogodności czyniąc go nieskończenie małym, co iest prawie iedno, parcie iego będzie $= \frac{dM}{d\,\text{st}y\,\alpha}$.

W sklepieniach drugiego gatunku, M oznacza połowę sklepienia, a parcie iest $= \frac{M}{\text{st}y\,\alpha}$.

Nakoniec w sklepieniach równoważących się, wyrażenie parcia iest oboiętnie $\frac{M}{\text{st}y\,\alpha}$, lub $\frac{\Delta M}{\Delta.\text{st}y\,\alpha}$, lub $\frac{dM}{d.\text{st}y\,\alpha}$.

W tych poprzedzaiących trzech gatunkach sklepień, zaięte są tylko naypospolitsze przypadki; gdy tym czasem zdarzyć się może, iż klin wywieraiący naywiększe parcie, bynaymniey nie iest zamkiem sklepienia ani też iest częścią od niego pozostałą, ale iest raczey iakimś innym gdziekolwiek na boku położonym klińcem. W tym tedy czwartym przypadku, pamiętaiąc na to że prawdziwe parcie sklepienia iest zawsze od klina naywiększego parcia, szukać należy punktu podniebienia wytykaiącego to mieysce gdzie ów klin leży, używaiąc zrównania $d\left(\frac{M}{\sin a}\right)=0$.

Ponieważ wyrażenie parcia iest różne we czterech tych gatunkach sklepień, należy przeto umieć ie rozróżnić, i daną kolébkę odnieść do właściwego iey gatunku. Wykreślmy, przy danémpodniebieniu i danéy grubości k w zamku, grzbiet, któryby daną kolébkę uczynił równoważącą się: ieżeli wykreślony grzbiet obeymuie grzbiet dany, kolebka będzie pierwszego gatunku; ieżeli przezeń iest obiętym, kolebka iest gatunku drugiego; ieżeli obadwa grzbiety przystaią do siebie, oczywista, iż dana kolébka iest równoważącą się: nakoniec, ieżeli dwa grzbiety przecinaią się nawzaiem, kolebka iest czwartego gatunku. Przykład kolebki ostatniey wskazuie nam P. Berard na sklepieniu, którego podniebienie iest okręgowe, a grzbiet paraboliczny.

Wszystko, co się tu o sklepieniach samych powiedziało, niezmienioném pozostanie, chociaż przydamy do nich wezgłowia lub inne iakie podpory. Iakož, uważaiąc sklepienie złożone ze dwóch części, iedney $2M$, stanowiącey klin śrzodkowy, drugiey N po obu stronach złączoney z wezgłowiem: widoczna,iż parcie poziome klina przenosi się całkowicie na krawędź obrotu wezgłowia, tak,iakby się przelewało na ostatnią zewnętrzną krawędź sklepienia, gdyby nie było wezgłowia. I w rzeczy samey, zastosowawszy w punkcie tym obrótu wezgłowia, albo inney podpory, dwie siły: iednę pionową z dołu w górę, równą ciężarowi połowy sklepienia i wezgłowia, drugą poziomą zewnątrz ku wnętrzu działaiącą, równą parciu klina; równowagę utrzymać potrafimy.

Siła pionowa iest stateczną, lecz pozioma zmienia się i zależy od klina. Ta to siła działa prawie zawsze, lecz niekoniecznie zawsze działa na wywrócenie wezgłowia; gdyż zdarzyć się może, iż ono wywróconém będzie przez inną mnieyszą siłę: co się tak poiąć daie. Siła naywiększego parcia F, będzie to zawsze siła dążąca wezgłowie posunąć; lecz bydź może inna siła F', także parcie poziome, która nie będąc tak wielką, iak pierwsza, ma większy *moment*, od momentów trzech sił pionowych usiłuiących obrócić sklepienie w stronę przeciwną; a więc to będzie F', które działaiąc skuteczniey, wywróci wezgłowie. Dwa te skutki, obrócenie i posunienie wezgłowia, są od siebie całkiem niezależne: pierwszy bydź może skutkiem siły F, drugi zaś siły F'. A przeto, ieżelibyśmy oznaczyli Z, grubość wezgłowia, dostateczną do utrzymania równowagi z siłą F, tedy mimo tey, wezgłowie mogłoby bydź wywróconém od siły F', chociaż pochodzącey od klina mnieyszego parcia, lecz działaiącey skuteczniey. Co się zaś tycze tego drugiego klina, który daie siłę F', a który znać także koniecznie potrzeba, oznaczymy go nayłatwiey szukaiąc *maximum* Z, w zrównaniu równowagi na nieobracanie się zmieniaiąc w niém α. Co koniecznie na tym polega początku, iż siła ciężkości dążąc zawsze do sprawienia naywiększego skutku, naysposobnieyszego w sklepieniu użyć musi klina.

Skoro tedy krom naywiększego parcia, które sprawuie ruch poziomy albo posunienie, nayduie się albo naydować się może klin inny, który czyniąc *Z maximum* sprawuie obalenie; zdawaćby się mogło, iż dwie są osobne wartości na *Z*. Czuiemy przecię, iż zagadnienie więcey mieć nie może nad iedno rozwiązanie: te zatém dwa początki tak z sobą pogodzić należy. Iużto zawsze posunienie będzie skutkiem siły naywiększego parcia, lecz skutkiem teyże samey siły dziać się także będzie i wywrócenie; co takim sposobem poymować się daie. Siła *F*, która nie sprawiała wywrótu, działaiąc na spoienie klina, z którego wynikała, przenosząc się na spoienia inne, trafić może na takie, które iey skutecznieysze daie zastosowanie, i zrządza obalenie silney podpory. To więc spoienie pod kątem naprzykład α' wydadź powinno *Z maximum*, lecz w tym razie uważać należy *F* za ilość stałą. Można tedy wyobrazić sobie cztery spoienia pęknień, symetrycznie z obu stron sklepienia położone: klin zamknięty zwyczaynie między dwiema spoieniami wyższemi, sprawuie naywiększe parcie *F*; siła ta nie działa na tych dwóch spoieniach, lecz się przenosi na dwa niższe, gdzie się wywiera z większym skutkiem i sprawuie obalenie wezgłowia.

Takie są ogólne zasady rozwinioney przez P. Berard teoryi, która odrzuca niepewność względem położenia spoień pęknięcia. Prawidła praktyczne do tego używane na żadney stałey zasadzie oparte nie są, ani bydź mogą stwierdzone doświadczeniami, z przyczyny mnogiey liczby i zmienności rzeczy wchodzących do oznaczenia spoień pęknięcia.

Taż sama teorya zastosowana do sklepień baniastych.

24. Wszystko, co się tu rzekło o parciu sklepień kolébkowatych, stosuie się zarówno do sklepień baniastych; cała różnica zachodzi tylko w kształcie brył do równowagi przeznaczonych.

W sklepieniach kolébkowatych wyobraziwszy płaszczyzny prostopadłe do osi walca i równoległe do siebie, mamy tym sposobem warsty równey wciąż grubości; dla tegoto dosyć iest uważać iednę z nich którąkolwiek. W sklepieniach zaś baniastych, płaszczyzny pionowe przez strzałę przechodzące, dzielą sklepienie na wykrawki, a cały kołowy wieniec, na którym sklepienie stoi, na pryzmata, złożone z dwóch boków prostych i dwóch krzywych, z których każdy utrzymuie ciężar wykrawka bani i każdy równoważyć się powinien z parciem tegoż wykrawka. Bania i wieniec kołowy, za wezgłowie iey służący, będą w równowadze, ieżeli którykolwiek z tych wykrawków i pryzmat mu odpowiedny równoważyć się będą. Można nawet wyobrazić przecięcie pionowe przechodzące przez śrzodek wykrawka, oraz pryzmatu podpieraiącego, i założyć, że cały ciężar iest skupiony na tém przecięciu; tym sposobem wyrachować potrafimy na płaszczyźnie przecięcia, działania wzaiemne wykrawka i pryzmatu, tak iak w sklepieniu kolebkowatém, z tą odmianą tylko, iż w sklepieniach kolébkowatych przecięcia pionowe, proporcyonalne są powierzchniom, kiedy w baniach ciężary wykrawka i pryzmatu iemu odpowiednego, nie mogą bydź wyobrażone przez powierzchnie pionowego przecięcia, iedno tylko przez obiętości im odpowiadaiące.

To założywszy, można będzie naleźć zrównania równowagi, używaiąc iednego z dwóch przypuszczeń; to iest, przypuszczenia klina z tarciem lub bez tarcia, oraz przypuszczenia dzwon kołowych spieraiących się. W hypotezie pierwszey, uważać będzie potrzeba dwie części wykrawków naprzeciw siebie leżących, iako ieden klin, resztę zaś przyrosłą do wezgłowiów. Pozostanie tedy wynaleźć ów klin, który wywiera naywiększe parcie F; a potém znowu uważaiąc F za stateczne, potrzeba będzie naleźć Z, za pomocą zrównania na równowagę. W hypotezie drugiey, trzymaiąc się tegoż porządku, wypadnie odrzucić tylko tarcie, które tam swych skutków obiawiać nie będzie.

Wyrażenie poziomego parcia w sklepieniu iestto ciężar pewney iego części, dzieloney przez styczną kąta tey części odpowiedniego; przypominaiąc więc ciężar wykrawka (18), (który iest częścią n^{ta} ciężaru całey bani i iest $=\frac{2mcdx}{ndy}$) i dzieląc go przez sty$\alpha=\frac{dx}{dy}$, otrzymamy na wyrażenie poziomego parcia F ilość $\frac{2mc}{n}$; co iak widzimy, iest ilością stałą: a przeto *w sklepieniach baniastych, równie iak i wsklepieniach kolébkowatych, parcie poziome zawsze iest ilością stałą.*

Nie przytaczam tu iuż zrównań na równowagę tego rodzaiu sklepień, gdyż droga prowadząca do ich otrzymania iest widoczna; w słowach tylko wyrażę, iż równowaga, dla nieobracania się, zachodzić będzie, *skoro ciężar bani mno-*

żony przez wysokość walca wydrążonego czyli wezgłowia bani, i przez dosty α; równy iest ciężarowi bani mnożonemu przez grubość wezgłowia zmnieyszoną połową długości spoienia nasady, więcey ciężarowi wezgłowia mnożonemu przez połowę iego grubości.

Posunienie wezgłowia po podstawie podobnież nie nastąpi, ieżeli *ciężar bani pomnożony przez dosty α, mnieyszym będzie od ułamka wyrażaiącego tarcie, mnożonego przez summę ciężarów bani i wezgłowia.*

Wyrażenie ciśnienia prostopadłego, którego doświadcza każde spoienie w sklepieniu.

25. Wiadomość ciśnienia prostopadłego do spoienia, którego doświadczaią klińce, istotnie iest potrzebną w nauce budowania sklepień; a to, aby osądzić, czy kamień użyć się maiący, wytrzyma parcie przez rachunek nalezione, a następnie, aby naznaczyć grubość *k* w naycieńszém mieyscu, którą sklepienie mieć powinno.

Gdybyśmy przyłożyli do spoień, od których się poczyna sklepienie, dwie siły, iednę pionową równą ciężarowi połowy sklepienia, drugą poziomą, równą naywiększemu parciu *F;* i gdybyśmy w iednym i tymże samym czasie przyłożyli do zamka siłę poziomą *F;* oczewista, że połowa sklepienia stałaby w równowadze z temi trzema siłami. Widoczna bowiem rzecz przez się, że parcie oddziaływa po wszystkich klińcach, i że się tož samo dzieie z siłą pionową. Stąd wypada, iż każde spoienie iest dotknięte dwiema siłami, iedną *F* poziomą, drugą *M* pionową, równą ciężarowi wszystkich klińców nad tém spoieniem leżących: iest też dotknięte od dwóch sił drugich równych pierwszym a wprost im przeciwnych: i stąd nastaie równowaga i ciśnienie.

Skutek sił F i M należy rachować prostopadły do spoienia: summa dwóch ciśnień cząstkowych będzie ciśnieniem całém, czyli szukaną wartością P.

Ciśnienie częściowe od siły F pochodzące będzie $= F.\text{dost}\,\alpha$; ciśnienie sprawione od siły M będzie też $M.\text{wst}\,\alpha$: stąd ich summa $F.\text{dost}\,\alpha + M.\text{wst}\,\alpha = P$.

To zrównanie da nam poznać ciśnienie P, iakiego doświadcza każde spoienie: pokazuie oraz, iż to ciśnienie dla zamka iest $=F$, a dla wezgłowia $=S=M+N$, gdy spoienie nasady iest poziome.

A że ciśnienie P, iest siłą odmienną dla każdego spoienia; stąd się wywiązać może ciekawe i pożyteczne zadanie: wiedzieć, na które spoienie ciśnienie P iest naywiększe, i iakie iest wówczas wyrażenie wartości iego.

Naydziemy kąt α, spoienia o które idzie, czyniąc $=0$ różniczkę wartości P, gdzie F uważa się za ilość stałą; a kładąc tam zamiast M wartość iego w funkcyi α, daną przez postać sklepienia, będzie

$$M\,\text{dosty}\,\alpha - F + \frac{dM}{d\alpha} = 0.$$

Wynalazłszy α z tegoto zrównania i tę iego wartość włożywszy w zrównanie poprzedzaiące, otrzymamy szukane naywiększe ciśnienie P.

PRZYBLIŻONA I PRAKTYCZNA NAUKA O RÓWNOWADZE SKLEPIEŃ.

26. Zastosowanie wyższego rachunku bywa niekiedy pełne niepokonanych przeszkod; bo zaniedbuiąc w nim niektó-