ROZDZIAŁ XV.

O równoważeniu barometrycznem.

168. Do mierzenia wysokości za pomocą barometru naylepiey użyć barometru *Deluka*, którego skład i opisanie dobrze iest każdemu z Fizyki wiadome. Kiedy w tém narzędziu ACK (*fig.* 44) żywe srebro w ramieniu lewém podniosło się do F, a w ramieniu prawém do D, wtenczas parcie słupa żywego srebra BF na powierzchnią merkuryuszu B, równa się parciu atmosfery. Nazwiymy parcie atmosfery wywarte na iedność powierzchni przez π, siłę ciężkości w mieyscu obserwacyi przez g, gęstość żywego srebra przez m, a wysokość słupa BF przez h. Będzie: $\pi = gmh \ldots\ldots (1)$.

169. Ciężar słupa powietrza pracego na żywe srebro w barometrze odmienia się, z przyczyny rozpuszczania się i oddzielenia wody z atmosfery, dla wiatrów i innych może dotąd niepoznanych przyczyn. Stąd i wysokość żywego srebra w barometrze ustawicznym ulega odmianom. Odmiany te daią się szczególniey postrzegać na wyniosłych górach, których właśnie wysokość rachować przedsiębierzemy. Lecz doświadczenia P. *Ramond* pokazały: że takowe odmiany naywięcey zrana i wieczorem przypadaią; koło południa zaś atmosfera nie iest miotana wiatrami, i wysokość barometru równie iak i termometru bywa przez godzinę i więcey stateczna. Takie więc chwile do naszych obserwacyy wybierać należy.

Dwa barometry, ieden umieszczony na spodzie góry, drugi na iey wierzchołku, powinny bydź zupełnie podobnego składu i porównalne. W osadzie ich ma się znaydować termometr, którego kulka z merkuryuszem może bydź zanurzoną w żywém srebrze barometru, albo bardzo blizko rurki barometryczney zostawać powinna. Te termometry wskażą temperaturę żywego srebra w barometrach. Inne termometry podobnież zgadzaiące się z sobą, posłużą nam do mierzenia temperatury otaczaiącey atmosfery.

Obserwacye wysokości barometrów, na spodzie góry i na wierzchołku; w tymże samym czasie odbywać się powinny. Dla pewności należy robić obserwacye od dziesiątey zrana, do godziny pierwszey lub drugiey po południu, i co kwadrans wysokości barometru i termometru zapisywać. Z tego potrzeba wziąść średni wypadek. Atmosfera powinna bydź pogodna i spokoyna. Naylepiey się udaią obserwacye, kiedy barometry i termometry, umieszczone w cieniu na spodzie i na wierzchołku góry, około południa przez czas znaczny nie odmieniaią swoiey wysokości.

170. Z kolei przytoczyć tu wypada prawa dobrze wiadome z Fizyki, na których oprzemy wywod wzoru służącego do mierzenia wysokości za pomocą barometrów.

Wiemy z doświadczeń *Mariotta*, powtórzonych i rozmaitym sposobem stwierdzonych przez PP. *Gay-Lussaka* i *Daltona*, że powietrze zawarte w pewném naczyniu odmienia swoię objętość w stosunku prostym jeometrycznym uciskaiących ciężarów. *Powtóre:* doświadczenia tychże PP. *Gay-Lussaka* i *Daltona* przekonały, że powietrze atmosfery, równie iak i wszystkie gazy za zmianą temperatury iednostaynie odmienia objętość, przynaymniey od 0° do 100° termometru setkowego; tak że wziąwszy objętość powietrza zawartego w naczyniu zaiedność za odmianą temperatury na stopni x, objętość iak iedność zamieni się na $(1+0{,}00375 . x)$. Nakoniec kiedy gaz lub powietrze zawarte w iakiémkolwiek naczyniu nie odmienia objętości i gęstości, wtenczas sprężystość zależy wprost od temperatury.

171. Nazwiymy gęstość powietrza przez r, temperaturę przez x, a przez p siłę sprężystości, albo co na iedno wychodzi parcie wywarte na iedność powierzchni; a niech oznacza stosunek sprężystości do gęstości w temperaturze 0°. Będzie w temperaturze 0°.... $\frac{p'}{r}=a$, $p'=ar$;

a w temperaturze x.......... $p=ar(1+0{,}00375.x)$...... (2).

Ilość a oznacza się przez doświadczenie; i iest stateczną dla iednego gazu, dla każdego zaś z osobna iest różną.

172. Zastosuymy te prawa do naszego celu. Uważmy warstę powietrza, którey podstawa iest na powierzchni przecięcia słupa żywego srebra w barometrze, ciągnącą się aż do ostatnicy granicy atmosfery. Jeżeli powietrze iest spokoyne, możemy ią uważać oddzieloną od powietrza, i zostaiącą niciako w naczyniu stałém. Siła ciężkości wykierowana w kierunku długości warsty, działa bezustannie na iey cząstki. Do równowagi więc potrzeba, ażeby gęstość, ciśnienie i temperatura, były iednostayne w całey przestrzeni warstewki poziomey, którey wysokość iest nieskończenie mała. Prawo to znaiome iest z hydrostatyki.

Niechże będzie z odległością tey warsty od powierzchni ziemi, przez r oznaczmy gęstość, przez x temperaturę, przez g′ siłę ciężkości, a przez p sprężystość. Ilości x, r, g′, p, będą funkcyami z. Wysokość tey warstewki wyrazić się może przez dz. A ieżeli nazwiemy podstawę warstewki, czyli przecięcie prostopadłe do osi dużey powietrza przez A, to Ap oznaczy parcie powietrza na podstawę dolną tey warstewki, a A(p+dp) parcie na podstawę górną. Stąd:

$$Ap-A(p+dp)=-Adp=\text{ciężarowi warstewki } Arg'dz; \quad -dp=rg'dz.$$

Ze wzoru (2) mamy: $r=\frac{p}{a(1+0{,}00375.x)}$, więc $\frac{dp}{p}=\frac{-g'dz}{a(1+0{,}00375.x)}$.

Chcąc otrzymać z tego zrównania p, potrzeba znać ilość x i wyrachować g′. Co do ilości x, czyli temperatury rozmaitych warst atmosfery, rozliczne przez fizyków robione były doświadczenia. Ale dla małości spółczynnika 0,00375, dość iest uczynić x = średniey temperaturze powietrza na spodzie i na wierzchołku góry. Ilość g' ocenia się następuiącym sposobem. Nazwiymy promień ziemi przez R, będzie: ciężkość na powierzchni ziemi $g : g' = (R+z)^2 : R^2$.

$$g' = \frac{gR^2}{(R+z)^2}. \quad \text{Zatém: } \frac{dp}{p} = \frac{-gR^2 . dz}{a\,(1+0{,}00375.\,x)\,(R+z)^2}.$$

Całkuiąc to zrównanie wypada: $\log p = \frac{kgR^2}{a\,(1+0{,}00375.\,x)\,(R+z)} + C.$

k iest to znamiennik równy 0,434295.

Dla oznaczenia ilości stałey C założmy z=0. Będzie: $\log \pi = \frac{kgR}{a(1+0{,}00375.\,x)} + C.$

Odbieraiąc zrównanie poprzedzaiące od teraźnieyszego znaydziemy:

$$\log \frac{\pi}{p} = \frac{kgR}{a(1+0{,}00375.\,x)} . \frac{z}{R+z} \ldots\ldots (3).$$

Zrównania (2) i (3) daią wartość na p i r przez fz, przeto zamykaią w sobie prawa gęstości i sprężystości powietrza w czasie równowagi atmosfery.

173. Chcąc zastosować zrównanie (3) do mierzenia wysokości za pomocą barometrów, przypuśćmy naprzód: żeśmy obserwowali wysokość barometru przy powierzchni ziemi h, i drugą pod wysokością z równą h'. W pierwszym razie niech temperatura żywego srebra będącego w barometrze wyrazi się przez T, w drugim przez T'. Ponieważ żywe srebro odmięnia swoię objętość o $\frac{1}{5550}$ na ieden stopień termometru setkowego, nazwawszy iego gęstość w temperaturze T przez m, w temperaturze T' gęstość żywego srebra wyrazi się przez: $m\left(1 + \frac{T-T'}{5550}\right)$. Stąd, stosownie do wzoru (1), $p = mg'h'\left(1 + \frac{T-T'}{5550}\right)$.

Dla krótkości nazwiymy $h'\left(1 + \frac{T-T'}{5550}\right)$ przez h''; h'' wyrazi wysokość żywego srebra w barometrze daną z drugiey obserwacyi i rozmnożoną przez $\left(1 + \frac{T-T'}{5550}\right)$. Stąd: $\frac{\pi}{p} = \frac{gh}{g'h''}$.

A że z §. 172. $g'=\frac{gR^2}{(R+z)^2}$, przeto: $\frac{\pi}{p}=\frac{h}{h''}\cdot\frac{(R+z)^2}{R^2}$.

$$\log\frac{\pi}{p}=\log\frac{h}{h''}+2\log\left(1+\frac{z}{R}\right)\ldots\ldots(4).$$

Pozwólmy, że temperatura atmosfery, w czasie obserwowania wysokości h przy powierzchni ziemi, była równą t, w obserwacyi zaś odbytey pod wysokością z niech się równała t'. Będziemy mieli $x=\frac{t+t'}{2}$.

We wzorze (3) spółczynnik ilości x, to iest 0,00375, trzeba nieco powiększyć dla następuiącey przyczyny. Powietrze ma zawsze w sobie pewną ilość rozpuszczoney wody, tém większą im znacznieysza iest temperatura atmosfery. A że pod iednémże parciem atmosfery, ma się gęstość pary wodney, do gęstości powietrza $=10:14$, zatém powietrze tém iest lżeysze, im więcey ma w sobie rozpuszczoney wody. Przeto za przybywaniem ciepła w atmosferze powietrze w większym stosunku zmnieysza swóy ciężar, aniżeli powiększa objętość. Dla tego właśnie potrzeba powiększyć cokolwiek spółczynnik 0,00375, i zrobić go równym $0{,}004=\frac{1}{250}$. Stąd zamiast $0{,}00375.x$ potrzeba położyć $\frac{2(t+t')}{1000}$.

Podstawuiąc wartość za $\log\frac{\pi}{p}$ ze zrównania (4) i $\frac{2(t+t')}{1000}$ za $0{,}00375.x$ we wzorze (3), będzie:

$$\log\frac{h}{h''}+2\log\left(1+\frac{z}{R}\right)=\frac{kg\,R}{a\left(1+\frac{2(t+t')}{1000}\right)}\cdot\frac{z}{R+z}$$

$$z=\frac{a}{kg}\left\{1+\frac{2(t+t')}{1000}\right\}\left\{\log\frac{h}{h''}+2\log\left(1+\frac{z}{R}\right)\right\}\left\{1+\frac{z}{R}\right\}\ldots\ldots(5).$$

Przyszliśmy więc do wzoru na wysokość z wyrażoną przez funkcyą (t.t'.h.h''), szukaiąc wartości $\log\frac{\pi}{p}$, raz z parcia powietrza przy powierzchni ziemi i pod wysokością z, drugi raz z ciśnienia żywego srebra. Porównanie tych dwóch wartości na $\frac{\pi}{p}$ dało wzór (5) żądany.

174. Chcąc oznaczyć mnożnik stały $\frac{a}{kg}$, potrzeba wymierzyć jeodezycznie pewną wysokość z, i zanotować razem ilości h, h″, t, t′. Podstawiwszy te wartości w zrównaniu (5), otrzymamy z niego $\frac{a}{kg}$. Właśnie takową robotę odbywał P. *Ramond;* a biorąc średnią z wielokrotnie powtórzonych wymiarów znaczney liczby wysokości, znalazł $\frac{a}{kg} = 18336$ metrom, pod szerokością jeograficzną 45° i przy powierzchni morza.

175. Jeżeli g oznacza natężenie siły ciężkości pod szerokością jeograficzną 45°, a g″ natężenie teyże siły pod szerokością jeograficzną ψ, będzie: stosownie do doświadczeń robionych na kuli ziemskiey z wahadłem, $g'' = g(1 - 0{,}002837.\text{dost}\,2\psi)$. Stąd i $\frac{a}{kg}$ odmieniać musi swoię wartość pod rozmaitą jeograficzną szerokością. I *ogólnie:* $\frac{a}{kg} = 18336^{m}(1 + 0{,}002837.\text{dost}\,2\psi)$.

Oprócz tego, nazwawszy wyniesienie nad powierzchnią morza stanowiska niższego przez v, a promień ziemi przez R, $\frac{a}{kg}$ odmieni się na

$$\frac{a}{\frac{kgR^2}{(R+v)^2}} = \frac{a}{\frac{kg}{\left(1+\frac{v}{R}\right)^2}} = \frac{a}{kg\left(1-\frac{2v}{R}\right)} = \frac{a}{kg}\left(1 + \frac{2v}{R}\right).$$

A wzór na z wyrazi się pod tą nayogólnieyszą postacią:

$$z = 18336^{m}(1 + 0{,}002837.\text{dost}2\psi)\left\{1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right\}\left\{\log\frac{h}{h''} + 2\log\left(1 + \frac{z}{R}\right)\right\}\left\{1 + \frac{z}{R}\right\}\left\{1 + \frac{2v}{R}\right)(\alpha).$$

176. Chcąc za pomocą wzoru (α) oznaczyć wysokość z, potrzeba z przyzwoitemi ostrożnościami, wymienionemi w §. 169, ocenić h, h″, t, t′. Te wartości podstawuiąc we wzorze (α), i zaniedbuiąc ilość $\frac{z}{R}$, otrzymamy wartość przybliżoną na z. Z niey znaydę wartość przybliżoną na $\frac{z}{R}$. A odbywaiąc na nowo całe działanie, i podstawując w zrównaniu (α) h, h″, t, t″, i znalezione przez przy-

bliżenie $\frac{z}{R}$, wyrachuię powtórną wartość na z bliższą prawdy. To działanie należy dopóty powtarzać, póki dwie następne wartości na z nie zgodzą się z sobą. Pospolicie dwa razy odbyty rachunek przyprowadza do ściśley wartości na z.

177. Oprócz wzoru (α) iest ieszcze inny wzór daleko łatwieyszy do rozwiązania, lubo nie tak dokładny. Wyłożymy sposób otrzymania tego wzoru, bo P. *Biot* i inni ułożyli go w tablice, co sprawia wielką dogodność w odbywaniu rachunków. Jeżeli we wzorze (5) zaniedbamy $\frac{z}{R}$, będzie:

$$z = \frac{a}{kg}\left\{1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right\} \log \frac{h}{h''}\left\{1 + 0{,}002837 . \mathrm{dost}\, 2\psi\right\}.$$

Widzimy oczywiście, że ilość $\frac{a}{kg}$ będzie tu miała odmienną aniżeli pierwicy wartość. Na ten ostatni przypadek znalazł P. *Ramond* $\frac{a}{kg} = 18393$ metrom.

Przeto: $z = 18393^{m}(1 + 0{,}002837 . dost\, 2\psi)\left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right) \log \frac{h}{h''} \ldots\ldots (\beta).$

Trzeba pamiętać, że $h'' = h' \left(1 + \frac{T - T'}{5550}\right)$.

Prosty ten i łatwy wzór do rozwiązania ułożył w tablice P. *Biot*, które się znayduią w tomie 3cim iego astronomii fizyczney. Daią one w momencie i z zupełną dokładnością wysokość mieysc nie bardzo wyniosłych; dla tego zalecać ie należy inżynierom zatrudniaiącym się *równoważeniem*. W bardzo wielkich wysokościach, wypadki otrzymane ze wzoru (α) i (β) iuż się pomiędzy sobą różnią. Tak *np.* zastosowane do wymiaru góry Chimboraço naywyższey z gór Kordylierów w Ameryce, która ma 5879 metrów wysokości, daią różnicę dochodzącą do czterech metrów.

Tablica poprawek wysokości dla szerokości jeograficzney mieysca.

Szer. jeogr.	Poprawka.
0^{o}. . .	$+\frac{1}{352}$ z.
5 . . .	$+\frac{1}{358}$.
10 . . .	$+\frac{1}{375}$.
15 . . .	$+\frac{1}{407}$.
20 . . .	$+\frac{1}{460}$.
25 . . .	$+\frac{1}{548}$.
30 . . .	$+\frac{1}{705}$.
35 . . .	$+\frac{1}{1030}$.
40 . . .	$+\frac{1}{2030}$.
45 . . .	$\pm$ o.
50 . . .	$-\frac{1}{2030}$.
55 . . .	$-\frac{1}{1030}$.
60 . . .	$-\frac{1}{705}$.
65 . . .	$-\frac{1}{548}$.
70 . . .	$-\frac{1}{460}$.
75 . . .	$-\frac{1}{407}$.
80 . . .	$-\frac{1}{375}$.
85 . . .	$-\frac{1}{358}$.
90 . . .	$-\frac{1}{352}$.

Idąc od równika aż do 45° szerokości jeograficzney, poprawka dorzuca się do znalezioney wysokości. Od 45° aż do bieguna poprawka tu umieszczona odciąga się.

178. P. *Biot* następuiącym sposobem ułożył wzór (β) w tablice. Uważa on naprzód, że spółczynnik $1+0{,}002837.\cos 2\psi$ zależący od szerokości jeograficzney mieysca, wcale nieznaczną odmianę sprawia w wartości na z. Pod 45° szerokości drugi iego wyraz $=0$, maximum zaś iego na równiku i przy biegunach wynosi zaledwo $\frac{3}{1000}$ mierzoney wysokości. Smiało można go zaniedbać mierząc małe wysokości; w rozmiarze iednak znacznie wysokich mieysc można nań dawać baczność. P. *Biot* podał właśnie tablicę, którą tu przyłączamy, na poprawę rachowaney wysokości z ze wzoru (β), stosownie do szerokości jeograficzney ψ.

Pozostaie wyrachować tablicę na drugą część wzoru, to iest: na $18393^{m}\left\{1+\frac{2(t+t')}{1000}\right\}\log\frac{h}{h''}$. P. *Biot* zamiast $\log\frac{h}{h''}$, wziął $\log\frac{0^{m},76}{h''}-\log\frac{0^{m},76}{h}=\log\frac{h}{h''}$.

Przez co: $18393^{m}\left\{1+\frac{2(t+t')}{1000}\right\}\log\frac{h}{h''}=$

$$=18393^{m}\left\{1+\frac{2(t+t')}{1000}\right\}\left\{\log\frac{0^{m},76}{h''}-\log\frac{0^{m},76}{h}\right\}\ldots\ldots(\gamma).$$

Tak więc zamiast iednego wyrazu, otrzymuie autor wzór (γ) złożony ze dwóch wyrazów, do których wchodzą tylko po dwie ilości zmienne. Oba te wyrazy łatwo mogą bydź ułożone w tablice z podwóyném weyściem; a dla zupełnego ich podobieństwa dość iedną ułożyć tablicę.

Pierwsza iey kolumna zawiera wysokości barometru w millimetrach, od

$0^m,765 = 28^c. 3^l,1$, aż do $0^m,600 = 22^c. 2^l,0$. Ta odległość obeymuie 2000 metrów wysokości. Pamiętać potrzeba, że obie wysokości h i h″ powinny bydź przywiedzione do iedney temperatury.

W drugiey kolumnie są wartości na $(t+t')$ od $+12^\circ$ aż do $+42^\circ$ termometru setkowego.

Łatwo użyć tey tablicy, kiedy wysokości barometrów lub ilości ciepła $(t+t')$ w niey się nie mieszczą. Objaśnimy te przypadki szczególnemi przykładami przy końcu tego rozdziału.

179. Obserwacye meteorologiczne robione przez znaczny przeciąg czasu z dobrym barometrem i termometrem na iednémże mieyscu, dadzą iego średnią temperaturę i średnią wysokość barometru. Podobnież obserwacye dokładnie robione nad powierzchnią morza, pokażą średnią wysokość barometru i termometru tegoż mieysca. Z tych rzeczy, za pomocą przytoczonych wzorów lub też tablicy *Biota*, można dokładnie ocenić wyniesienie mieysca nad powierzchnią morza.

Podobne obserwacye robione na powierzchni ziemi w rozmaitych punktach z dobremi i porównalnemi narzędziami, dałyby różnice wyniesień tych punktów nad powierzchnią morza; a połączone z obserwacyami długości i szerokości jeograficznych, posłużyłyby do oznaczenia trzech współprzystaw różnych punktów ziemi.

Przykład. Według dokładnych obserwacyy *Shuckburga* wysokość średnia barometru nad powierzchnią oceanu, pod 50° szerokości jeograficzney, iest $0^m,7629$ *c*. $28^c. 2^l,2$. Srednia temperatura $= 12^\circ,8$ termometru setkowego.

W Genewie zaś, według postrzeżeń *Saussura*, średnia temperatura wynosi $+12^\circ$ termometru setkowego; a średnia wysokość barometru, za świadectwem P. *Cotte*, wyciągniona ze 14 lat, równa się $0^m,7266$ *c*. $26^c. 10^l,1$.

Tu średnie temperatury powietrza są razem średniemi temperaturami żywego srebra.

Tablica zniżeń żywego srebra w barometrach dla kapilarności rurki barometryczney.

Srednica rurki w millimetrach.	Zniżenie w millimetrach.
2 . . .	4,5599.
3 . . .	2,9023.
4 . . .	2,0388.
5 . . .	1,5055.
6 . . .	1,1482.
7 . . .	0,8813.
8 . . .	0,6851.
9 . . .	0,5354.
10 . . .	0,4201.
11 . . .	0,3506.
12 . . .	0,2602.
13 . . .	0,2047.
14 . . .	0,1597.
15 . . .	0,1245.
16 . . .	0,0970.
17 . . .	0,0754.
18 . . .	0,0586.
19 . . .	0,0430.
20 . . .	0,0352.

Poprawka umieszczona w tey tablicy stałecznie się dorzuca do wysokości żywego srebra obserwowaney w barometrze z wanienką.

Mamy więc: $t+t'=24^\circ,8$. $h=0^m,7629$.

$$h''=0^m,7266+\frac{0^m,7266\times0,8}{5550}=0^m,7267.$$

Tablica *Biota* stosownie do $h''=0^m,7267$ i $t+t'=24^\circ,8$.... daie...$375^m,6$.

a zaś na $h=0^m,7629$ i $t+t'=24^\circ,8$.... daie... $+31,9$.

Summa. . . . $=407^m,5$.

Poprawka na średnią szerokość jeograficzną . $=-0,2$.

Wyniesienie Genewy nad powierzchnią oceanu $=407^m,3$.

Przykład ten razem nas uczy, że kiedy $h>0^m,76$, wtenczas drugi wyraz zamiast odciągania dodaie się do pierwszego; co właśnie i ze wzoru (γ) wypada.

180. Nakoniec w robieniu obserwacyy z barometrem, oprócz łatwych zwyczaynych uwag, tę ieszcze ostrożność zachować należy. Doświadczenie przekonało fizyków, że żywe srebro zawsze wyżey podnosi się w barometrze syfonowym, aniżeli w barometrach z wanienką, lubo oba będą naydoskonaley zrobione. *La Place* pokazał, że to zniżenie żywego srebra w barometrach z wanienką pochodzi od kapillarności rurek barometrycznych; który wpływ będąc równym i przeciwnym w barometrach syfonowych, nic nie odmienia wysokości żywego srebra podniesionego dla parcia atmosfery. Chcąc zaradzić tey niedogodności, wyrachował *La Place* tablicę, która daie zniżenia słupa żywego srebra w millimetrach

w barometrach z wanienką. Srednica rurki podobnież w millimetrach iest oznaczona. Stosownie do tey tablicy, należy wysokość żywego srebra obserwowaną w barometrze z wanienką o pewną ilość stałą dla niego powiększyć. Barometry syfonowe poprawki tey nie potrzebuią.

181. Pozostało ieszcze objaśnić szczególnemi przykładami użycie w rozmaitych przypadkach tablic P. *Biota*. Przykład rozwiązany w §. 179. razem nas uczy użycia tablic, kiedy h, h″, i t+t′ mieszczą się w tablicy. Lecz może którekolwiek h albo t+t′ nie mieścić się w tablicy, potrzeba więc wytłumaczyć zastosowanie tablicy do tych rzadkich przypadków.

1*ód:* Jeżeli h przewyższa $0^m,765$, wtenczas możemy obie ilości dane h i h″ zmnieyszyć iedną setną, albo iedną dziesiątą częścią, i stosownie do tych wartości rozwiązać podany przykład. Bo we wzorze (β) mamy tylko $\log \frac{h}{h''}$, którego wartość nie odmieni się, zmnieyszaiąc o $\frac{1}{x}$ obie ilości h i h″. Nayprościcy iednak zmnieyszyć obie te ilości $\frac{1}{100}$ albo $\frac{1}{10}$ częścią.

Tak *np.* ieżeli $h = 0^m,7900$; $h'' = 0^m,7000$; odciągam *np.*

$\frac{1}{10}$ część. . . . . $-\ 0,0790.$ $-\ 0,0700.$

$(h - \frac{1}{10}h) = 0^m,7110$; $(h'' - \frac{1}{10}h'') = 0^m,6300.$

i stosownie do pewney wartości na (t+t′) szukam z z tablicy.

182. *Powtóre:* ieżeli h″ mnieysze iest od $0^m,600$, i dla małości swoiey nie mieści się w tablicy, do następnego udam się sposobu.

Wzór (γ) §. 178. iest: $z = 18393^m \left\{1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right\} \left\{\log \frac{0^m,76}{h''} - \frac{0^m,76}{h}\right\}.$

Wiemy, że $\log \frac{0^m,76}{h''} = \log \frac{0^m,76}{h''} \frac{(1+\frac{1}{4})^n}{(1+\frac{1}{4})^n} = \log \frac{0^m,76}{h''(1+\frac{1}{4})^n} + n \log \frac{5}{4} =$

$$= \log \frac{0^m,76}{h''(1+\frac{1}{4})^n} + n \log \frac{0^m,76}{0^m,608}.$$

Przeto: $z = 18393^m \left\{ 1 + 2\frac{(t+t')}{1000} \right\} \left\{ \log \frac{0^m,76}{h''(1+\frac{1}{4})^n} - \log \frac{0^m,76}{h} + n \log \frac{0^m,76}{0^m,608} \right\}$.

Potrzeba więc ilość h'' mnożyć przez $\frac{5}{4}$ wzięte w potędze pierwszey, albo w potędze drugiey, a naydaley w potędze trzeciey; przez co będziemy mieli we wzorze trzy wyrazy, które wzięte z tablicy ze stosownemi znakami, dadzą wartość na z żądaną.

Tak *np.* ieżeli $h = 0^m,76200$. $T = +25°,3$. $t = +25°,3$. $\psi = 1°.\ 45'$.
$h' = 0,38294$. $T' = +10°$. $t' = -1°,6$.

Wtenczas $t+t' = 23°,7$; $h = 0^m,76200$; $h'' = 0^m,38294 \left\{ 1 + \frac{15,3}{5550} \right\} = 0^m,384$.

Widzę że w tym razie potrzeba mnożyć h'' przez $(\frac{5}{4})^2$. Przeto $n = 2$.
$h''(\frac{5}{4})^2 = 0^m,600$. Tablica *Biota* daie stosownie......

do $t+t' = 23°,7$ { i do.....$h''(\frac{5}{4})^2 = 0^m,600$...... 1977,7.
......$h = 0^m,7600$.....+ 22,0.

ilości stałey $= 0,^m608$. raz. 1867,1.

drugi raz. 1867,1.

Summa = 5733,9.

Poprawka szerokości $= \frac{1}{352}$ z. .... = 16,3.

$z = 5750^m,2$.

183. *Potrzecie.* Jeżeli obie ilości h i h'' nie mieszczą się w tablicy *Biota*, dla tego, że każda w szczególności iest mnieyszą od $0^m,600$, wtenczas stosownie do uwagi wymienioney w §. 181. można do każdey z nich dorzucić iey część *np.* dziesiątą; następnie łatwo rozwiążemy przykład, według prawidła w §. 182. wyłożonego.

Tak *np.* pozwólmy, że $h = 0^m,5740.$ $h'' = 0^m,4820.$

$\frac{1}{10} h = 0^m,0574.$ $\frac{1}{10} h'' = 0,0482.$

$h(1+\frac{1}{10}) = 0^m,6314;$ $h''(1+\frac{1}{10}) = 0^m,5302.$

Stosownie do otrzymanych wartości i do danego $t+t'$ rozwiążemy podane zadanie sposobem wyłożonym w §. 182.

184. Nakoniec zdarzyć się może, że summa wysokości termometrów $t+t'$ iest mnieyszą od $+12°$, lub większą od $+42°$; łatwo znaydę wartość na z, za pomocą różnicy umieszczoney na każdy stopień termometru.

Tak *np.* niech będzie $h = 0^m,665.$ $h'' = 0^m,654.$ $t+t' = 8°.$

Powiększmy $t+t'$ do $12°$, i szukaymy odpowiedzi w tablicy na $t+t'+4°$, i na h i h''.

Będzie: $t+t'+4°$. . . $h = 0^m,665$. . . : $-1092^m,5$.

$t+t'+4°$. . . : $h'' = 0^m,654$. . . . $+1228,9$.

Summa $= +136^m,4$.

Ponieważ w każdey linii przy końcu mamy umieszczoną różnicę na $1°$ termometru, która przez dość długi szereg wyrazów iest stateczna, przeto mnożąc umieszczoną różnicę przy $0^m,665$, czyli $2^m,1$ przez 4, będzie $8^m,4$. Podobnież mnożąc różnicę na $1°$ termometru umieszczoną przy 654, czyli $2^m,4$ przez 4, będzie: $9^m,6$.

$9^m,6 - 8^m,4 = 1^m,2$. Odjąwszy $1^m,2$ od $136^m,4$, będzie: $z = 135^m,2$.

Podobnież należy postępować kiedy $t+t'$ przewyższa $42°$.

Przykłady umieszczone w §§. 179. 181. 182. 183. 184. objaśniaią użycie tablicy *Biota* na wszystkie zdarzyć się mogące przypadki. Nayczęściey iednak h, h'' i $t+t'$ prosto się mieszczą w tablicy, wtenczas przykład podany nayprędzey się rozwiązuie.

185. Przykłady rozwiązywane w wyższych §§. stosowały się do barometrów, których skala podzielona iest na części metru, i do termometrów setko-

wych. W kraiu naszym pospolicie skala barometrów daie cale i liniie stopy paryskiey *(pied du roi)*, a termometry maią podział *Réaumura*. Podamy na to szczególny przykład.

Tablica służąca na zamianę cali i liniy stopy paryskiey *(pied du roi)* na millimetry.

Cale.	Millimetry.	Liniie.	Millimetry.	$\frac{1}{12}$ linii.	Millimetry.
12.	324,83938.	1.	2,25583.	1.	0,18799.
13.	351,90933.	2.	4,51166.	2.	0,37598.
14.	378,97928.	3.	6,76749.	3.	0,56397.
15.	406,04923.	4.	9,02316.	4.	0,75195.
16.	433,11918.	5.	11,27915.	5.	0,93994.
17.	460,18912.	6.	13,53497.	6.	1,12792.
18.	487,25907.	7.	15,79080.	7.	1,31592.
19.	514,32902.	8.	18,04663.	8.	1,50390.
20.	541,39897.	9.	20,30246.	9.	1,69189.
21.	568,46892.	10.	22,55829.	10.	1,87988.
22.	595,53886.	11.	24,81412.	11.	2,06786.
23.	622,60881.				
24.	649,67877.				
25.	676,74872.				
26.	703,81866.				
27.	730,88861.				
28.	757,95856.				
29.	785,02851.				

Obserwacye wysokości barometru i termometru na spodzie wieży święto-Jańskiey i na galeryi, robione 1828 Marca 21. pod moim dozorem przez uczniów chodzących na Jeodezyą.

Liczba obserwacyi.	Czas obserwacyi.	Wysokość barometru u spodu.	Wysokość termometru spodu.	Wysokość barometru na galeryi.	Wysokość termometru na galeryi.	UWAGI.
1.	9g. 30'.	333l, 35.	+2°, 5.	331, l6.	+3°.	W ciągu całey roboty niebo było wypogodzone i wiatr mały. Barometry były syfonowe roboty *Ertela*. Termometry miały podział Réaumura.
2.	» 45'.	333, 15.	+1, 5.	331, 6.	+2°.	
3.	10g. 0'.	333, 1.	+1, 5.	331, 525.	+2°.	
4.	» 15.	332, 975.	+1, 25.	331, 5.	+2.	
5.	» 30.	332, 925.	+1, 25.	331, 3.	+2.	
6.	» 45.	332, 825.	+1, 25.	331, 3.	+2, 5.	
7.	11g. 0'.	332, 8.	+1, 75.	331, 3.	+3.	
8.	» 15.	332, 675.	+2, 0.	331, 2.	+3, 25.	
9.	» 30.	332, 625.	+2, 5.	331, 175.	+3, 25.	
10.	» 45.	332, 52.	+2, 5.	331, 1.	+3, 5.	
11.	12g. 0'.	332, 5.	+2, 75.	331, 1.	+3, 75.	
Srednia...	» » » »	332l, 859.	+1, 89.	331l, 336.	+2, 75.	
	Błąd stały	+ 0,4.				
		333, 259.				

Różnica wysokości barometrów = 1l, 923.

Rachunek wysokości wieży odbyty za pomocą tablic barometrycznych P. *Biota* *) ułożonych według wzoru:

$$z = 18393^{m}\left(1+2\left(\frac{T+T'}{1000}\right)\right)\left(\log\frac{0^{m},76}{h''} - \log\frac{0^{m},76}{h}\right) \ldots\ (\gamma).$$

27^{c} *v.* 324^{l} . .	$730^{mm},88861.$	324^{l} . . .	$730^{mm},88861.$
9	20,30246.	7	15,79080.
0,2 . . .	0,45117.	0,3	0,67675.
0,05 . .	0,11279.	0,03 . . .	0,067675.
0,09 . .	0,02030.	0,006 . . .	0,013535.
	751,77533.		747,43737.
	$h = 751^{mm},78.$		$h' = 747^{mm},44.$

$$h'' = h'\left(1+\frac{T-T'}{5550}\right) = 747^{mm},29 = h''.$$

$T = t = 2^{\circ},36 \qquad T' = t' = 3^{\circ},44.$

$T - T' = -1^{\circ},08 \qquad T + t = 5^{\circ},8.$

$(747^{mm}$ . . $+12^{\circ})$ . . .	$141^{m},10.$	$(751^{mm}$ . . . $+12^{\circ})$ . . .	$97^{m},40.$
$0^{mm},29$	$-3,16.$	$0^{mm},78$	$-8,42.$
	137,94.		88,98.
$(12^{\circ}-5^{\circ},8=6^{\circ},2)$ . . .	$-1,76.$	$(12^{\circ}-5^{\circ},8=6^{\circ},2)$ . . .	$-1,26.$
1szy wyraz	$=136,18.$	2gi wyraz	$=87,72.$

$$z = 136^{m},18 - 87^{m},72 = 48^{m},46.$$

Poprawka dla szerokości $= \frac{z}{1000} = 0^{m},04.$

Stąd: $z = 48^{m},42 = 148^{st},3.$

---

*) Tablice barometryczne *Biota* znayduią się w trzecim tomie drugiego wydania iego astronomii fizyczney; i ieszcze osobno są drukowane, pod tytułem: *Tables portatifs barométriques. Paris.* 1815.

Rachunek wysokości wieży ze wzoru:

$$z = \underbrace{18393^m}_{a.} \underbrace{\left(1 + \frac{2(T+T')}{1000}\right)}_{b.} \underbrace{\log \frac{h}{h''}}_{c.} \underbrace{\left(1 + 0{,}002837 . \operatorname{dost} 2\psi\right)}_{d.}$$

$h = 0^m,75178.$ $h'' = 0^m,74729.$ $T+T' = 5^\circ,8.$ $\psi = 54^\circ,41'.2''.$

$$b = 1 + \frac{11,6}{1000} = 1,0116.$$

$$\log h = 9,8760908. +$$

$$\log h'' = 9,8734892. +$$

$$\log \frac{h}{h''} = 0,0026016 +$$

$$\mathrm{l.}\log \frac{h}{h''} = 7,4152405 +$$

$$2\psi = 109^\circ.22'.4''.$$

$$\log 0,002837 = 7,4528593 +.$$

$$\log 2\psi = 9,5206547 -$$

$$6,9735140 - 0,00094084.$$

$$d = 0,99905916.$$

$$\log d = 9,9995925. +$$

$$\log a = 4,2646526 +$$

$$\log b = 0,0050088 +$$

$$\log c = 7,4152405 +$$

$$\log d = 9,9995925 +$$

$$\log z = 1,6844944 +$$

$$z = 48^m,361 = 148^{st},30.$$

Wysokość od galeryi do ostatniego sklepienia wieży pod krzyżem odmierzona nicią z ciężarem $= 33^{st},5$.

Wysokość wieży do ostatniego sklepienia pod krzyżem $= 181^{st},8 = 90^{lok},9$.

186. Oprócz P. *Biota*, podali ieszcze tablice na szukanie wysokości mieysc z obserwacyy barometrycznych PP. *Lindenau*, *Oltmanns* i *Archanielski*. Pierwsze wydane są pod tytułem: *Tables barométriques pour faciliter le calcul des nivellemens et des mesures des hauteurs par le Baromètre, par Bernard Lindenau. Gotha.* 1809. Drugie: *Tables hypsométriques, ou Tables auxiliaires pour le calcul des hauteurs à l'aide du baromètre, d'après la formule de Mr La Place. Paris.* 1809. Trzecie: Карманная книжка для барометрическаго нивелированія. Санктпетербургъ. 1824. P. *Archanielski* zastosował szczególniey swoie tablice do mierzenia niezbyt wysokich gór, iakie się pospolicie znayduią w Rossyi. Tablica *Biota* prostsza od innych, daleko prędzey daie szukany wypadek. I dla tego upowszechnienie iey ważne byłoby dla inżynierów topografów trudniących się równoważeniem gór w Rossyi.
