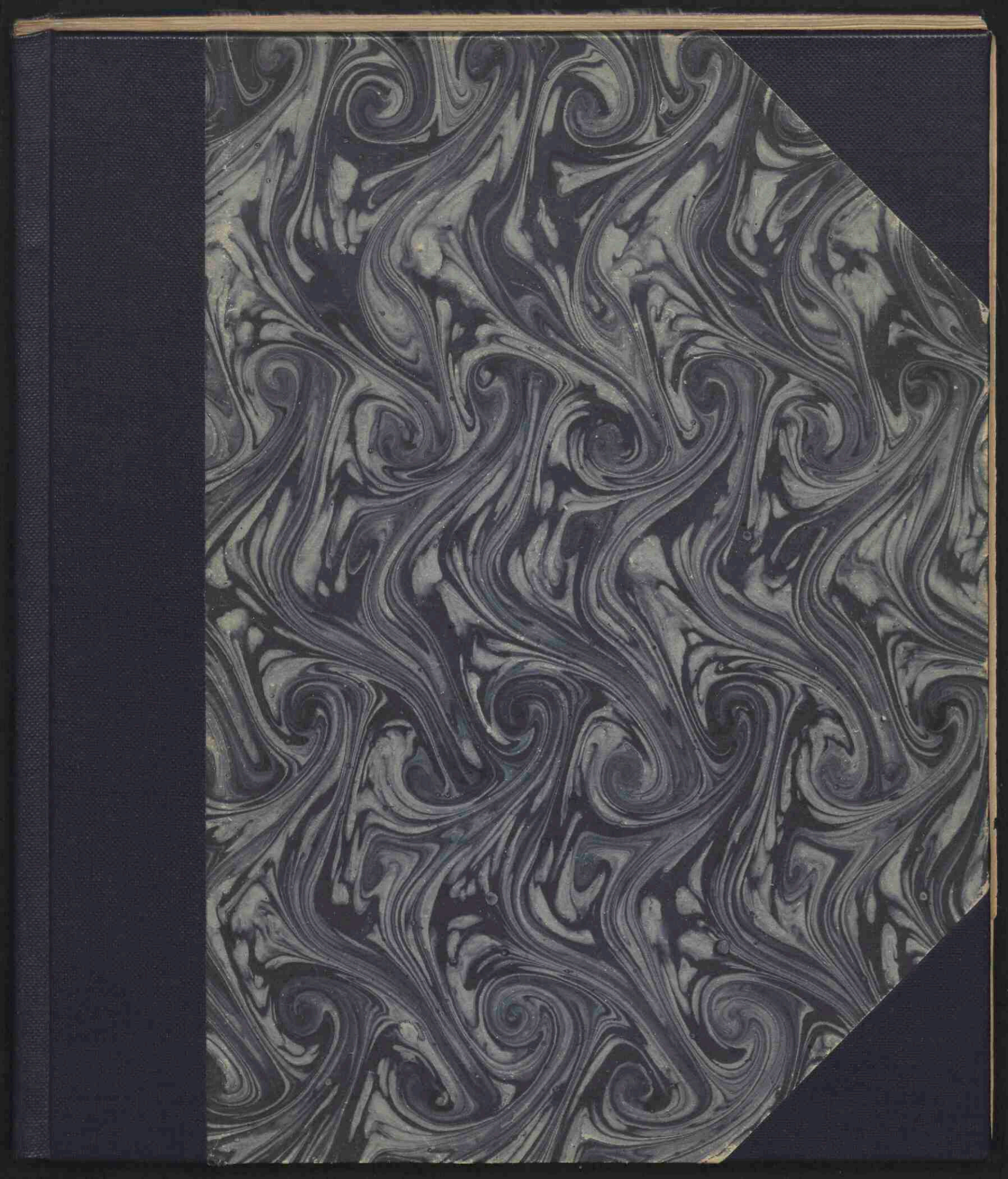


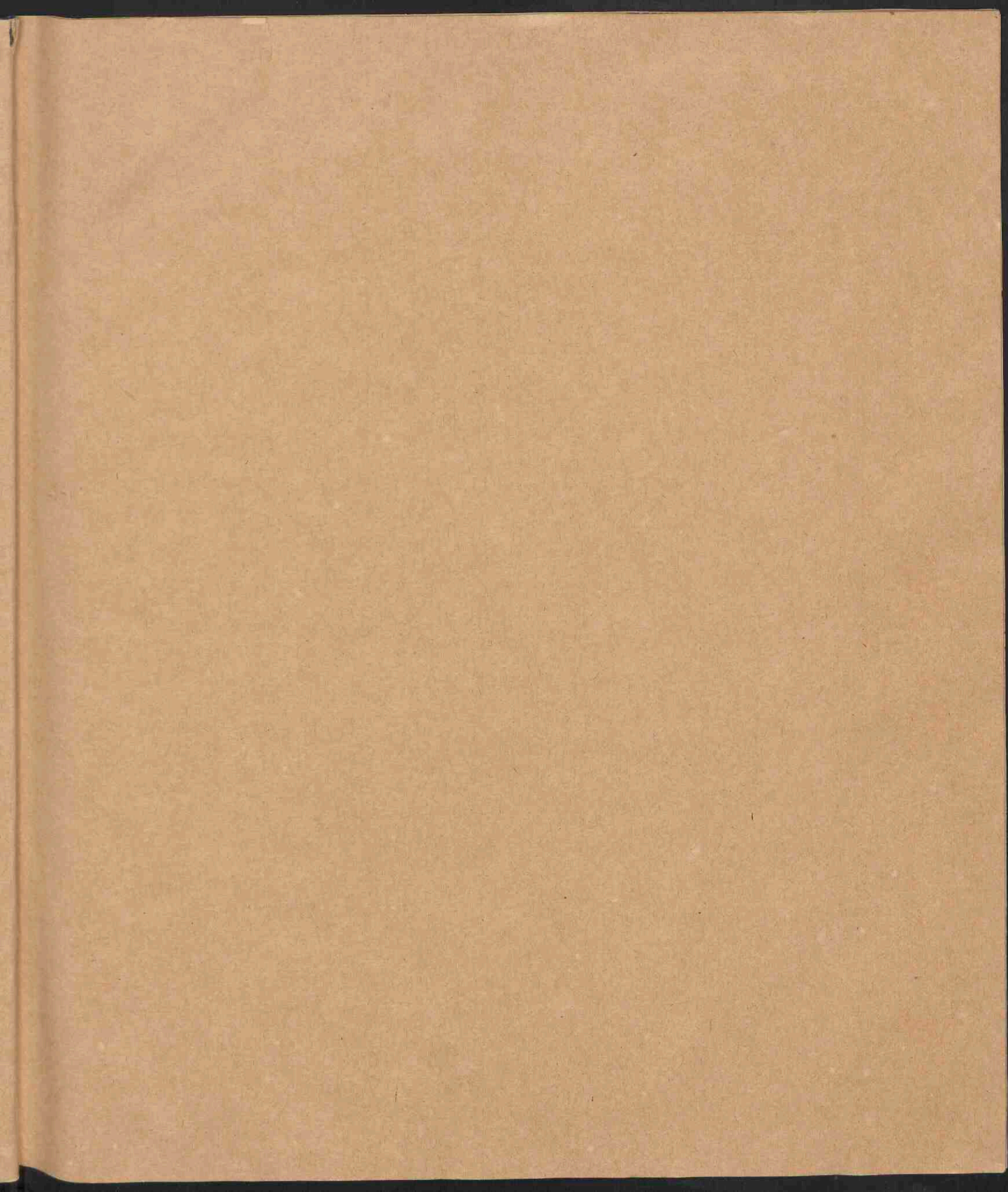


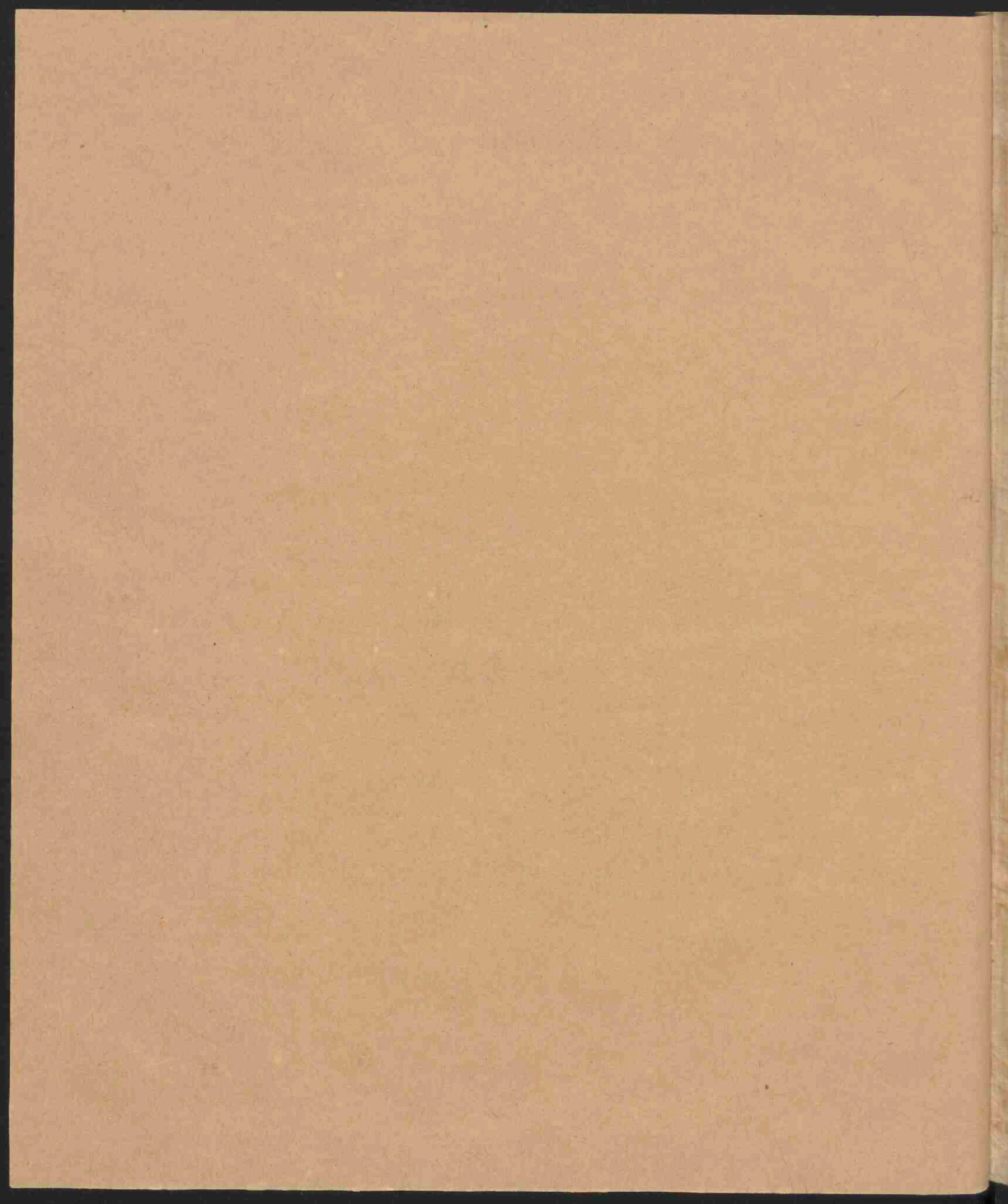
Proefnemingen aangaande de snelheid van het geluid

<https://hdl.handle.net/1874/380883>









Aan den Konink. getrouwde L. Byl.

*ph.
A. van Beeck*

Physica. Lab.
UTRECHT.

C 14 MOLSHOUD

210210

4245

PROEFNEMINGEN

AANGAANDE DE

SNELHEID VAN HET GELUID,

DOOR

G. MOLL EN A. VAN BEEK.

PROEFNEMINGEN

AANGEVAARDIGDE

SNELHEID VAN HET GELUID.

DOOR

G. MOLENAAR VAN DER KAM.

Utrechts Universiteits
Museum

C14 Mol 3/1000

PROEFNEMINGEN

AANGAANDE DE

SNELHEID VAN HET GELUID,

DOOR

G. MOLL EN A. VAN BEEK.

Men is aan den onsterfelijkcn ISAAC NEWTON de analytische uitdrukking verschuldigd van de snelheid des geluids (*). Wanneer men die snelheid noemt V , en g is de intensiteit der zwaartekracht.

p de barometrische drukking.

D de digtheid der lucht, dan bewijst NEWTON dat men

$$\text{heeft } V = \sqrt{\frac{g p}{D}}.$$

EULER, LAMBERT, LAGRANGE, RICATI hebben zich met deze theorie bezig gehouden, en alle deze beroemde Wiskundigen zijn tot hetzelfde resultaat als NEWTON gekomen.

De

(*) Princip. L. II. Prop. 48. Theor. 38 in de editie van LE SUEUR en JACQUIER T. II. p. 384, en in de Edit. van HORSLEY, T. II. p. 442. Zie ook BIOT Traité Math. et expér. de Physique, T. II. p. 10.

De proeven ondertuschen, waaraan deze theorie moest worden getoetst, gaven eene uitkomst, verschillende van dezelve. Het is waar, dat de werktuigen, waarmede die eerste waarnemingen geschieden, op verre na niet die volmaaktheid hadden, welke thans geëischt wordt; vooral ontbraken de middelen, om den tijd met genoegzame naauwkeurigheid te meten, doch men bespeurde echter reeds toen een aanmerkelijk onderscheid tuschen de theoretische bepaling en de uitkomst der proeven.

In later tijd, toen men deze waarnemingen met meer naauwkeurigheid herhaalde, toen men daarenboven de eigenschappen der gasfoorten, waaruit de dampkringslucht is zamengefeld, beter had leeren kennen, toen men acht begon te geven op den waterdamp die in deze lucht aanwezig is, en vooral, toen de intensiteit der zwaartekracht op verschillende breedten juister bekend werd, zag men het verschil, hetwelk ruwere proeven reeds hadden aangetoond, tuschen theorie en ondervinding, bevestigd. Het bleek ontegenzeggelijk, dat het geluid zich bijna $\frac{2}{3}$ sneller door de lucht voortplant, dan volgens de theorie zoude moeten geschieden. Dit verschil tuschen naauwkeurige proeven en eene wiskundige theorie, steunende op de wetten der werktuigkunde, vereischte al de aandacht der wisen natuurkundigen. Het was klaar, dat de theorie onvolledig moest zijn, doch minder gemakkelijk aan te wijzen, wat in dezelve was voorbij gezien. LA PLACE (*) toonde aan, dat er zich bij de kleine zamendrukking der luchtdeeltjes, door de trillingen des geluids veroorzaakt, warmte moet ontwikkelen; dat hierdoor de temperatuur der lucht, in grootere evenredigheid dan deszelfs digtheid, werd vermeerderd, en dat dus noodzake-

lijk

(*) GILBERTS Ann. d. Physik. T. XVIII. p. 385. YOUNG, lectures on nat. Philos. T. I. p. 370. BIOT Traité Math. et exp. de Physique T. II. p. 17 en VAN REES disc. de celeritate soni, Traj. ad Rhen. 1819.

Iijk de snelheid des geluids grooter worden moest. Het schein echter onmogelijk van voren te bepalen, welke hoeveelheid warmte door de trillingen der lucht ontwikkeld wordt, en in die onzekerheid koos men de partij van de formule van NEWTON te vermenigvuldigen met eenen empirischen coëfficient, waarvan de waarde door proeven moest bepaald worden; en de uitdrukking van de snelheid des geluids wierd nu

$$v = \sqrt{\frac{g p}{D}} \cdot \sqrt{1 + K.}$$

waarin K door proeven moest bepaald worden. Die der Fransche Akademisten, van CASSINI III., MARALDI, LA CAILLE in 1738 (*), geven $K = 0,4254$ de formule wordt dan

$$v = \sqrt{\frac{g p}{D}} \times \sqrt{1,4254} = 1,1939 \sqrt{\frac{g p}{D}}.$$

Dan men gevoelde weldra ook het gebrekkige dezer correctie, dewijl dezelve steunde op proeven, die geenszins boven alle bedenking verheven waren, en men begreep, dat men op deze wijze voor iedere nieuwe reeks van proefnemingen eene andere waarde voor K zoude bekomen. LA PLACE ontdekte dat de vermeerderde temperatuur eener snel zaamgeperste lucht, bekend wordt uit de rede, welke er bestaat tusschen de specifieke warmte der

(*) Mém. de l'Acad. R. d. S. 1738. p. 128.

der lucht bij eene bestendige drukking tot die bij een bestendig volume. (*). Wanneer dus C' de specifieke warmte der lucht, bij eene bestendige drukking, en C de specifieke warmte bij een bestendig volume beteekend, dan word de Newtonsche formule

$$V = \sqrt{\frac{g p}{D}} \times \sqrt{\frac{C'}{C}}$$

Het wiskundig betoog van deze correctie vindt men in de Akademische Verhandeling over de snelheid des geluids, van den Heer VAN REES, thans Hoogleeraar te Luik. Wij hebben het niet overtollig geoordeeld, dit bewijs een weinig meer door den auteur uitgewerkt, achter deze Verhandeling te voegen (†). De waarde van $\frac{C'}{C}$ werd door LA PLACE eerst ontleend uit proeven van DELAROCHE en BÉRARD, en gesteld op 1,4954 (§). Doch latere zeer nauwkeurige proeven van GAY LUSSAC en WELTER, welke nog niet in derzelve geheel zijn uitgegeven, hebben deze waarde nader doen kennen = 1,3748 (**). De formule van NEWTON, aldus verbeterd, schieen

(*) LA PLACE in Annal. de Chim, et de Phys. T. III. p. 238. La vitesse réelle du son est égale au produit que donne la formule newtonnienne, par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air soumis à la pression constante de l'atmosphère et à diverses températures, à sa chaleur spécifique, lorsque son volume reste constant.

(†) Vergelijk POISSON sur la vitesse du son, Annal. de Phys. et de Chim. Mai 1823. p. 5. LA PLACE heeft zijne formule niet bewezen.

(§) Zie deze proeven Annales de Chimie T. 85. p. 72.

(**) Zie Connaisance des tems 1825, p. 372.

scheen niets meer te wenschen over te laten; maar in de proeven, welke tot dus verre genomen waren, bestond eene oorzaak, die belette, dat dezelve immer volmaakt met de theorie konden overeenkomen. De veranderlijke kracht van den wind namelijk, welke den voortgang van het geluid met deszelfs geheele eigene snelheid vermeerdert of vermindert, schein geene naauwkeurigheid in de proeven toe te laten; want men kon moeijelijk hopen, de proeven bij volkomene stilte te zullen kunnen nemen, en een werktuig, om ons de juiste kracht van den wind, welke hier in de berekening moet gebruikt worden, te leeren kennen, is nog niet uitgevonden.

Het middel om zich voor den invloed des winds te beveiligen, bestaat daarin, dat er aan de beide uiteinden eener bekende grondlijn, op hetzelfde oogenblik eenig gelijksoortig geluid wordt voortgebracht, waarvan de snelheid op beide de punten gelijktijdig wordt waargenomen. Het gemiddelde uit beide waarnemingen kan dan voor de ware snelheid des geluids, bij eene stille lucht, worden gehouden, omdat, in dit geval, het geluid voor den eenen waarnemer juist zoo veel wordt versneld, als het voor den anderen door den wind wordt vertraagd. Dan, bij deze handelwijze worden de proeven noodwendig omslagtiger en meer kostbaar, want tot dezelve wordt een dubbel getal waarnemers en een dubbel stel Instrumenten vereischt. Hoewel deze bedenking niet geheel vreemd schijnt te zijn geweest aan de Fransche Akademisten, welke in 1738 de snelheid des geluids nabij Parijs onderzocht hebben, zoo kunnen echter de twee eenige kanonschoten, welke 35' na elkanderen, op de beide punten gevallen waren, niet als gelijktijdig worden aangemerkt. Men had daarenboven bij deze proeven verzuimd, om de temperatuur der lucht waar te nemen, ook waren de middelen, om den tijd te meten niet zoo naauwkeurig als thans, en men had ook geen acht op den hygrometrischen toestand der lucht kunnen geven. Daarom besloot het *Bureau des longitudes* van Frankrijk, in 1822, op voordragt van den Heer DE LA PLACE, deze proeven met alle naauwkeurigheid te herhalen, en tot dat einde werd eene Kommissie benoemd, bestaande uit de Heeren

ARAGO, MATHIEU, PRONY en BOUVARD, waarbij zich VON HUMBOLDT en GAY LUSSAC voegden. Zij kozen daartoe, nabij de Hoofdstad, twee geschikte punten, waarvan zij den afstand naauwkeurig bepaalden. In den eersten nacht van den 21sten Junij 1822, toen zij hunne proefnemingen aanvingen, hoorde men te Villejuif alle de schoten van Monthlery, doch op dit laatste punt werden slechts zeven schoten van Villejuif waargenomen. Den tweeden nacht van den 22sten Junij 1822 hoorde men te Monthlery slechts een schot van Villejuif; hiermede werden de proeven geëindigd, en uit de zeven schoten van den eersten nacht het besluit opgemaakt.

Reeds vóór dat wij kennis droegen van deze werkzaamheden der Fransche geleerden, hadden wij de begeerte opgevat, om deze proeven in dit land te ondernemen, vooral ook omdat men hier nimmer iets dergelijks met genoegzame naauwkeurigheid had beproefd. Wij deden dan tot dat einde eene voordragt aan Zijne Koninklijke Hoogheid Prins FREDERIK der Nederlanden, die zoo gaarne elke nuttige poging tot bevordering en uitbreiding van al wat groot en goed is ondersteunt. De voordragt was naauwelijks geschied of het behaagde Zijner Koninklijke Hoogheid, dezelve op de meest vleijende wijze toe te staan, en ons alle de hulp, die wij van de Artillerie mogten verlangen, toe te zeggen, terwijl de kosten door het Departement van den Grootmeester zouden worden gedragen. De Luitenant Kolonel M. A. KUYTENBROUWER, kommandeerende het 4de Bataillon Artillerie Nation. Militie, benevens de Heeren Officieren van hetzelfde Bataillon, toonden zich ijverig en genegen om aan deze wetenschappelijke zaak deel te nemen, en ons bij te staan.

Indien men mogt oordeelen, dat onze proeven niet ongelukkig zijn geslaagd, vooral indien men mogt vinden, dat de schoten op de beide stations meer juist gelijktijdig zijn geweest, dan die van alle vroegere proefnemers, erkennen wij gaarne zulks aan den verlichten ijver van den Luitenant Kolonel KUYTENBROUWER en der Heeren Officieren verschuldigd te zijn, welke niets verzuimd hebben van hetgeen onze proeven konde bevorderen.

§ 2.

VOORLOOPIGE WERKZAAMHEDEN EN BESCHRIJVING DER
WERKTUIGEN, BIJ DEZE PROEVEN GEBRUIKT.

Tot een geschikt terrein voor deze proeven meende men twee punten te moeten kiezen, welke ten allen tijde gemakkelijk weder te vinden zouden zijn, en welke, op eenen genoegzamen afstand van elkander gelegen, echter de een van den ander gemakkelijk konden gezien worden. Hiertoe koos men den afstand tuschen *den Kooltjesberg* en den heuvel, *de zeven boomen* genoemd. De Kooltjesberg ligt een half uur ten Oosten van Naarden, achter *Krayloo*, en wordt ook wel, uit hoofde van eene daarop geplaatste tafel, *de tafelberg* genoemd. Aan de rechterzijde van den straatweg van Utrecht naar Amersfoort, op het noogste gedeelte van den Amersfoortschen berg, ligt een heuvel *de zeven boompjes* genoemd. Wij besloten deze twee kennelijke punten tot ons oogmerk te bezigen, en te onderzoeken, hoe veel tijd het geluid besteedt, om van het eene derzelve het andere te bereiken. Door voorloopige hoekmetingen met het Sextant en den Theodoliet, bevond men den afstand der beide punten tuschen de 17000 à 18000 meters te bedragen. Men zal hieronder zien hoe die afstand naauwkeuriger is bepaald.

Op onze aanvraag, en door medewerking van den Heer STRATENUS, behaagde het zijner Excellentie den Minister van Marine, ons bij deze proeven het gebruik van twee Chronometers der Marine te vergunnen. Het eene was van *ANVRE* N^o. 444, het andere van onzen Vaderlandschen kunstenaar *KNEBEL* N^o. 40. Wij zullen den gang van deze Chronometers gedurende den tijd dat dezelve vóór het beginnen der proeven, op ons observatorium zijn geweest, hier onder stellen, en men zal hierin een nieuw bewijs vinden van de voortreffelijkheid der uurwerken van den Heer *KNEBEL*.

ZENBERG schijnt dezelve, bij zijne proeven over het geluid, het eerst te hebben gebruikt. Dezelve waren naar den decimalen tijd ingerigt, en deelden den dag van 24^h in 10,000000 deelen; de fecondewijzer geeft dus honderdften van eene decimale seconde. Lang vóór den aanvang der proeven vergeleek men deze horologiën dagelijks met de sterrekundige horologiën op het Observatorium, en het bleek dat men dezelve genoegzaam konde vertrouwen. Gedurende de proeven werden de tertien horologiën dagelijks, vóór en na de proeven met de Chronometers vergeleken, en de twee volgende tafels doen zien, dat dezelve zeer wel aan het oogmerk beantwoorden.

De gang van het tertien horologie, aan de Zeven Boompjes, werd dagelijks twee malen vergeleken met den Chronometer, N^o. 40, van KNEBEL, in 89 reeksen, elk van 5', dit geeft voor den middelbaren loop $69''$, 68 decimalen tijd van het tertien horologie in 1', of $60''$ Sexagesimaal tijd van den Chronometer, blijkens de volgende Tafel:

01.812	20.812	21.812	22.812
02.812	20.812	21.812	22.812
03.812	20.812	21.812	22.812
04.812	20.812	21.812	22.812
05.812	20.812	21.812	22.812
06.812	20.812	21.812	22.812
07.812	20.812	21.812	22.812
08.812	20.812	21.812	22.812
09.812	20.812	21.812	22.812
10.812	20.812	21.812	22.812
11.812	20.812	21.812	22.812
12.812	20.812	21.812	22.812
13.812	20.812	21.812	22.812
14.812	20.812	21.812	22.812
15.812	20.812	21.812	22.812
16.812	20.812	21.812	22.812
17.812	20.812	21.812	22.812
18.812	20.812	21.812	22.812
19.812	20.812	21.812	22.812
20.812	20.812	21.812	22.812
21.812	20.812	21.812	22.812
22.812	20.812	21.812	22.812
23.812	20.812	21.812	22.812
24.812	20.812	21.812	22.812
25.812	20.812	21.812	22.812
26.812	20.812	21.812	22.812
27.812	20.812	21.812	22.812
28.812	20.812	21.812	22.812
29.812	20.812	21.812	22.812
30.812	20.812	21.812	22.812
31.812	20.812	21.812	22.812
32.812	20.812	21.812	22.812
33.812	20.812	21.812	22.812
34.812	20.812	21.812	22.812
35.812	20.812	21.812	22.812
36.812	20.812	21.812	22.812
37.812	20.812	21.812	22.812
38.812	20.812	21.812	22.812
39.812	20.812	21.812	22.812
40.812	20.812	21.812	22.812
41.812	20.812	21.812	22.812
42.812	20.812	21.812	22.812
43.812	20.812	21.812	22.812
44.812	20.812	21.812	22.812
45.812	20.812	21.812	22.812
46.812	20.812	21.812	22.812
47.812	20.812	21.812	22.812
48.812	20.812	21.812	22.812
49.812	20.812	21.812	22.812
50.812	20.812	21.812	22.812
51.812	20.812	21.812	22.812
52.812	20.812	21.812	22.812
53.812	20.812	21.812	22.812
54.812	20.812	21.812	22.812
55.812	20.812	21.812	22.812
56.812	20.812	21.812	22.812
57.812	20.812	21.812	22.812
58.812	20.812	21.812	22.812
59.812	20.812	21.812	22.812
60.812	20.812	21.812	22.812
61.812	20.812	21.812	22.812
62.812	20.812	21.812	22.812
63.812	20.812	21.812	22.812
64.812	20.812	21.812	22.812
65.812	20.812	21.812	22.812
66.812	20.812	21.812	22.812
67.812	20.812	21.812	22.812
68.812	20.812	21.812	22.812
69.812	20.812	21.812	22.812
70.812	20.812	21.812	22.812
71.812	20.812	21.812	22.812
72.812	20.812	21.812	22.812
73.812	20.812	21.812	22.812
74.812	20.812	21.812	22.812
75.812	20.812	21.812	22.812
76.812	20.812	21.812	22.812
77.812	20.812	21.812	22.812
78.812	20.812	21.812	22.812
79.812	20.812	21.812	22.812
80.812	20.812	21.812	22.812
81.812	20.812	21.812	22.812
82.812	20.812	21.812	22.812
83.812	20.812	21.812	22.812
84.812	20.812	21.812	22.812
85.812	20.812	21.812	22.812
86.812	20.812	21.812	22.812
87.812	20.812	21.812	22.812
88.812	20.812	21.812	22.812
89.812	20.812	21.812	22.812

Sexag.	Decim.	Sexag.	Decim.	Sexag.	Decim.	Sexag.	Decim.
5'	348",31	5'	347",93	5'	348",34	5'	348",13
"	348",10	"	348",21	"	348",22	"	348",56
"	347",85	"	347",94	"	348",28	"	348",21
"	348",37	"	348",15	"	348",36	"	348",18
"	348",31	"	348",23	"	348",55	"	348",04
"	348",70	"	347",85	"	348",40	"	348",31
"	347",52	"	348",19	"	347",63	"	348",40
"	348",03	"	348",32	"	347",32	"	348",34
"	347",78	"	348",28	"	348",17	"	348",10
"	347",84	"	348",18	"	348",21	"	348",18
"	348",06	"	347",84	"	348",25	"	348",23
"	347",94	"	348",26	"	348",19		
"	348",09	"	348",23	"	347",70		
"	348",04	"	348",28	"	348",25		
"	348",08	"	348",16	"	348",18		
"	347",87	"	348",10	"	348",25		
"	348",15	"	348",65	"	348",14		
"	348",10	"	348",37	"	348",42		
"	347",05	"	348",47	"	348",13		
"	347",98	"	348",31	"	348",12		
"	348",13	"	348",18	"	348",22		
"	348",31	"	348",29	"	348",39		
"	348",04	"	348",42	"	348",34		
"	348",20	"	348",23	"	348",37		
"	348",24	"	348",26	"	348",25		
"	348",04	"	348",56	"	348",30		

Hiernit blijkt dat in 445 Sexagesimale minuten van den Chronometer de secondevijzer van het tertien horologie heeft gedaan $30986^{\prime\prime},83$ omdraaijingen, en dus 1' sexagesim. = $69^{\prime\prime},63$ omdraaijingen.

Op den Kooltjesberg werd het daar geplaatste tertien horologie insgelijks vóór en na de waarnemingen, met den Chronometer van ARNOLD, N^o. 444, vergeleken. Zie hier het detail dezer vergelijkingen:

In 1' sexag. deed de secondevijzer van het tertien horologie

•	•	69", 33
•	•	69", 44
•	•	69", 35
•	•	69", 64
•	•	69", 38
•	•	69", 78
•	•	69", 38
•	•	69", 44
•	•	69", 22
•	•	69", 30
•	•	69", 32
•	•	69", 39
•	•	69", 68
•	•	69", 56
•	•	69", 22
•	•	69", 44
•	•	69", 45
•	•	69", 23
•	•	69", 47
•	•	69", 70
•	•	69", 38

dus in 21' sexagesimaal $1458^{\prime\prime},1$ omdraaijingen
of 1' sexagesim. op den Chronometer gelijk aan $69^{\prime\prime},433$ van het tertien horologie.

Wij twijfelen geenszins of horologien met centrifugaal slingers zullen meer en meer in gebruik komen, wanneer het er op aan komt om zeer kleine deelen des tijds te meten. Dewijl dezelve weinig bekend zijn, zal het niet onnoodig zijn aan te merken dat CHRISTIAAN HUYGENS de eigenschappen van den Conischen middelpunt schuwenden slinger heeft ontdekt (*), naderhand hebben KEIL en vooral CLAIRAUT dit onderwerp behandeld. De conische slinger welke YOUNG beschrijft, en die hij als zeer geschikt voorstelt, om kleine tijddeelen te meten, is in vele opzichten onderscheiden van dengeenen welke wij gebruikt hebben. Het is niet onwaarschijnlijk dat men eerlang deze slingers zal zien gebruiken, om eene Ster gestadig in het veld van groote telescopen, die 400 of 600 maal ver grooten, te doen blijven.

Op ieder station bevond zich een reis-barometer, van BUTTI te Amsterdam. Dezelve waren onderling, en met een uitmuntenden barometer van DOLLOND, behoorlijk vergeleken. Thermometers van de beste soort door NEWMAN en DOLLOND, dienden om de temperatuur der lucht aan te geven, ook deze waren onderling vergeleken. Een aantal goede kijkers was op beide de stations aanwezig. De voeten van deze kijkers waren zoodanig roegesteld en geplaatst, dat men de kijker slechts op dezelve had leggen, om dadelijk het andere standpunt in het veld te hebben; dit was noodig om de kijkers bij nacht te kunnen rigten. Op den Kooltjesberg bediende zich Prof. MOLL van eenen voortreffelijken binoculus van DOLLOND, en hij overtuigde zich op nieuw van het voordeel dezer Vaderlandsche uitvin-

(*) Zie HUYGENS de Horolog. oscill. in fine. KEIL Inleid. tot de ware Natuur en Sterrek. in fine, holl. vertal. CLAIRAUT Mem. de l'acad. d. sc. 1735. p. 281. GILB. Ann. d. Phys. Bd. 16. p. 494 en neue Folge Bd. 5. p. 383. YOUNG'S Lectures on Nat. Phil. T. 1. p. 191. en LESLIE'S Elements of Natural Philosophy. T. 1. p. 102.

Vinding boven de gewone enkele kijkers, vooral bij langdurige waarnemingen, dewijl door den binoculus de oogen veel minder worden vermoed. (*).

Om de hoeveelheid waterdamp in de lucht en de spanning van dezelve te bepalen, bedienden wij ons van den fraaijen hygrometer van DANIELL. Op elke station was een dier schoone, en in ons land nog schaars bekende werktuigen voorhanden. Men weet dat dit werktuig niet rust op de uitzetting, aan welke hygrometrische lichamen door de vochtigheid onderworpen zijn, gelijk de hygrometers van DE SAUSSURE, DE LUC, KATER, WILSON enz. (†).

De streek des winds werd bij de proeven waargenomen, aan zeer doelmatige, door de Heeren Officieren daartoe uitgedachte Windwijzers.

Eindelijk moet men onder de onontbeerlijke werktuigen rangschikken, een ijzeren zes, en een metalen lange twaalf ponden, met derzelve toebehooren en amunitie, welke op iedere station geplaatst waren. Derhalve op den Kooltjesberg en onder de zeven boomen, stonden op elke plaats twee stukken geschut. Op iedere station waren de noodige tenten opgerigt tot verblijf der waarnemers en berging der instrumenten. De waarnemers aan Kooltjesberg sliepen in deze tenten, de nabijheid van Amersfoort veroorloofde aan die van de Zeven boomen zich na afloop der proeven derwaarts te begeeven. Het spreekt van zelve dat aan ieder station het noodig getal Artilleristen aanwezig was, tot bediening van het Kanon.

De (*) Dat de binoculus van Nederlandschen oorsprong is, heeft de uitmuntende VAN SWINDEN bewezen, in eene Verhandeling die wij hopen dat spoedig het licht zal mogen zien. Zie over den binoculus Legentil Mém. de l'Acad. d. Sc. de Paris 1787, p. 401.

(†) Zie DANIELL on a new hygrometer, in Journal of the Royal Institution Vol. VIII. p. 298 en DANIELL, Metereological essays and observations, London 1823, p. 139.

De zorg en oplettendheid waarmede de Heeren Artilleristen aan deze proeven deel namen, blijkt daaruit, dat alle de fijnere instrumenten naar en van de plaatsen hunner bestemming zijn gebracht, zonder dat aan een enkel de minste ramp is gebeurd. De toenmalige Sergeant-Majoor, thans Luitenant VAN VIERSSEN, heeft zich hierdoor zeer verdienstelijk gemaakt. Chronometers, Barometers, tertien Horologien, Hygrometers zijn te voet heen en weder door Heeren adspiranten der Artillerie getransporteerd.

§ 3.

BEREKENING VAN DEN AFSTAND DER BEIDE PUNTEN VAN WAARNEMING.

Alvorens tot de proeven zelve over te gaan, zal het noodig zijn op te geven, hoe de afstand der beide punten, dat is van Zeven boompjes en Kooltjesberg is bepaald. Hoewel dit onderzoek eerst na den afloop der proefnemingen is geschied, moet dezelve echter alhier eene plaats vinden, omdat hiervan de nauwkeurigheid van de uitkomst afhangt. De geodetische meting van den Generaal KRAYENHOFF maakte het voor ons onnoodig het moeilijk, kostbaar en omslachtig werk van het meten eener basis te ondernemen. Wij konden volstaan met de zijden zijner driehoeken aan te nemen, en dezelve met eenige hoeken door ons te meten te verbinden. De hoekmetingen zijn door ons op den toren van den Dom te Utrecht, den Toren te Amersfoort, op de Pyramide van het Kamp van Zeist, aan de Zeven boompjes en op den Kooltjesberg verrigt. Wij bedienden ons daarbij van eenen Repetitie-cirkel van LENOIR van 10^m, 26 radius. De Heeren Kapiteins DE BOER en DE GROOT, de Luitenant RENAULT, de Adspiranten KUYTENBROUWER en VAN MAANEN waren ons in deze verrigting behulpzaam.

Wij zullen eerst opgeven welke hoeken er gemeten zijn, vervolgens hoe uit dezelfde op vier bijzondere wijzen de afstand van Kooltjesberg tot Zeven boomen is afgeleid, terwijl men in eene bijlage zal kunnen zien, hoe de hoeken op het middelpunt van ieder station, daár waar zulks noodig was, zijn herleid. Dit moest noodwendig, waar men niet in het middelpunt kon waarnemen geschieden, dus op den toren van Amersfoort, en op den Dom. Op de Pyramide, op den Kooltjesberg, aan de zeven boomen, had de Luitenant Kolonel KUYTENBROUWER geschikte bakens doen oprigten.

De herleiding op het middelpunt van elk standpunt geschiedde naar de formule

$$C = O + \frac{r \sin \{ O + y \}}{D \sin I} - \frac{r \sin y}{G \sin I''}$$

welke te vinden is in de bafé du Sijstème métrique décimal T. I. p. 120, en bij PUISSANT, Traité de géodésie, T. I., p. 90.

De herleiding tot het horizontale vlak, kon zonder fout, verwaarloosd worden.

De ligging van deze driehoeken, en van deze bafis, wordt in eene bijgevoegde fchets voorgesteld. De letters welke hieronder volgen, hebben op deze fchets betrekking.

met Amersfoort en de Pyramide van Zeven boomen

Station	Hoek	Hoek	Hoek	Hoek
Amersfoort	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"
Pyramide	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"
Zeven boomen	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"
Kooltjesberg	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"
Dom	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"	21° 38' 43"

Hoeken gemeten op den Dom te Utrecht, met Kooltjesberg en Amersfoort,
hoek K. U. A.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
1 Aug. 1823.	1. dubbeld.	98° 22' 30"	49° 11' 15"	
3 ^{de} P. M.	2. vier dubbeld.	196° 45'	49° 11' 15"	Gemiddelde hoek 49° 11' 18",2
	3. zes dubbeld.	295° 9'	49° 11' 20"	Gecentreerde hoek 49° 10' 25",2
	4. acht dubbeld.	393° 31' 30"	49° 11' 26"	
	5. tien dubbeld.	491° 52' 30"	49° 11' 15"	

met Kooltjesberg en Zevenboomen, hoek K. U. B.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
1 Aug. 1823.	1. dubbeld.	103° 2' 30"	51° 31' 15"	
	2. vier dubbeld.	206° 5'	51° 31' 15"	Gemiddelde hoek 51° 31' 9",1
	3. zes dubbeld.	309° 6' 30"	51° 31' 5"	Gecentreerde hoek 51° 30' 14",1
	4. acht dubbeld.	412° 9'	51° 31' 7",5	
	5. tien dubbeld.	515° 10' 30"	51° 31' 3"	

met Amersfoort en de Pijramide van Zeist, hoek A. U. P.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
1 Aug. 1823.	1. dubbeld.	43° 17' 30'	21° 38' 45"	
	2. vier dubbeld.	86° 35'	21° 38' 45"	Gemiddelde hoek 21° 38' 39"
	3. zes dubbeld.	129° 51'	21° 38' 30"	Gecentreerde hoek 21° 38' 0",5
	4. acht dubbeld.	173° 8'	21° 38' 30"	
	5. tien dubbeld.	216° 27' 30"	21° 38' 45"	

Hoeken gemeten op de Pijramide, met Utrecht en Amersfoort, hoek U P A.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. twee dubbeld.	225° 20'	112° 40'	
8 ^h . A. M.	2. vier dubbeld.	450° 41' 30"	112° 40' 22"	Gemiddelde hoek 112° 40' 20",1 uit het middelpunt gemeten.
	3. zes dubbeld.	676° 1' 30'	112° 40' 22"	
	4. acht dubbeld.	901° 21' 30"	112° 40' 22"	Harde wind.
	5. tien dubbeld.	1126° 45' 30"	112° 40' 33"	

met Utrecht en Zevenboompjes, hoek U P B.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	209° 35'	104° 47' 30"	
	2. vier dubbeld.	419° 9' 30"	104° 47' 22"	Gemiddelde hoek 104° 47' 23" uit het middelpunt gemeten.
	3. zes dubbeld.	628° 45'	104° 47' 30"	
	4. acht dubbeld.	838° 18'	104° 47' 15"	
	5. tien dubbeld.	1047° 53'	104° 47' 18"	

Hoeken gemeten aan de Zevenboompjes, met Utrecht en Kooltjesberg,
hoek U B K.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	153° 33' 30"	76° 46' 45"	Gemiddelde hoek 76° 46' 33",3 uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	307° 6' 30"	76° 46' 37"	
	3. zes dubbeld.	460° 39'	76° 46' 30"	
	4. acht dubbeld.	614° 12'	76° 46' 30"	
	5. tien dubbeld.	767° 44'	76° 46' 24"	

met Utrecht en de Pijramide van het Kamp, hoek U B P.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	111° 47'	55° 53' 30"	Gemiddelde hoek 55° 53' 19" uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	223° 33'	55° 53' 15"	
	3. zes dubbeld.	335° 20'	55° 53' 20"	
	4. acht dubbeld.	447° 6' 30"	55° 53' 19"	
	5. tien dubbeld.	558° 52'	55° 53' 12"	

met Kooltjesberg en Amersfoort, hoek K B A.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	159° 34' 30"	79° 47' 15"	Gemiddelde hoek 79° 47' 16",1 uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	319° 8'	79° 47'	
	3. zes dubbeld.	478° 44' 30"	79° 47' 25"	
	4. acht dubbeld.	638° 19'	79° 47' 22"	
	5. tien dubbeld.	797° 53'	79° 47' 18"	

Hoeken gemeten op den Toren te Amersfoort, met Utrecht en
Kooltjesberg, hoek U A K.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	145° 16'	72° 38'	Gemiddelde hoek 72° 38' 14",7 Gecentreerde 72° 37' 7",2.
	2. vier dubbeld.	290° 32' 30"	72° 38' 7"	
	3. zes dubbeld.	435° 50'	72° 38' 20"	
	4. acht dubbeld.	581° 6' 30"	72° 38' 19"	
	5. tien dubbeld.	726° 24' 30"	72° 38' 27"	

met Kooltjesberg en Zevenboomen, hoek K A B.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	187° 42' 30"	93° 51' 15"	Gemiddelde hoek 93° 51' 39" Gecentreerde hoek 93° 45' 7'
	2. vier dubbeld.	375° 27'	93° 51' 45"	
	3. zes dubbeld.	563° 11' 30"	93° 51' 55"	
	4. acht dubbeld.	750° 45'	93° 50' 37"	
	5. tien dubbeld.	938° 38'	93° 51' 48"	
	6. twaalf dubb.	1126° 28'	93° 52' 20"	
	7. veert. dubb.	1314° 06' 30"	93° 51' 53"	

met Utrecht en de Pijramide, hoek U B P.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
7 Aug. 1823.	1. dubbeld.	91° 27'	45° 43' 30"	Gemiddelde hoek 45° 43' 18",8 Gecentreerde hoek 45° 41' 32",2
	2. vier dubbeld.	182° 53'	45° 43' 15"	
	3. zes dubbeld.	274° 20' 30"	45° 43' 25"	
	4. acht dubbeld.	365° 46'	45° 43' 15"	
	5. tien dubbeld.	457° 11' 30"	45° 43' 9"	

Hoeken gemeten op den Kooltjesberg, met Utrecht en Amersfoort,
hoek U K A.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
8 Aug. 1823.	1. dubbeld.	116° 25' 30"	58° 12' 45"	Gemiddelde hoek - 58° 12' 40",3 uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	232° 51'	58° 12' 45"	
	3. zes dubbeld.	349° 15' 30"	58° 12' 35"	
	4. acht dubbeld.	465° 41'	58° 12' 37"	
	5. tien dubbeld.	582° 6' 30"	58° 12' 39"	

met Utrecht en Naarden, hoek U K N.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
8 Aug. 1823.	1. dubbeld.	191° 27'	95° 43' 30"	Gemiddelde hoek 95° 43' 25",7 uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	382° 54'	95° 43' 30"	
	3. zes dubbeld.	574° 20' 30"	95° 43' 25"	
	4. acht dubbeld.	765° 47'	95° 43' 22"	
	5. tien dubbeld.	957° 13' 30"	95° 43' 21"	

met Utrecht en Zevenboompjes, hoek U K B.

Datum.	Waarneming.	Gerepeteerd.	Enkele Hoeken.	
8 Aug. 1823.	1. dubbeld.	103° 27' 30"	51° 43' 45"	Gemiddelde hoek 51° 43' 42",8 uit het middelpunt gemeten.
	2. vier dubbeld.	206° 55'	51° 43' 45"	
	3. zes dubbeld.	310° 22'	51° 43' 40"	
	4. acht dubbeld.	413° 50'	51° 43' 45"	
	5. tien dubbeld.	517° 16' 30"	51° 43' 39"	

Na aldus de hoekmeting te hebben opgegeven, moeten wij overgaan om aan te toonen, hoe daarnit en uit de zijden van eenige driehoeken van den Generaal KRAYENHOFF, de afstand van de beide Stations is berekend.

Hoe de hoeken op de Doms en Amersfoortsche Torens gemeten, tot het middelpunt herleid zijn, ziet men in bijlage B. De ligging der driehoeken, en der Stations van Kooltjesberg en Zevenboomen, ziet men in de nevensgaande figuur, waarop ook de voornaamste windstreken zijn aangewezen.

Eerste wijs van Berekening.

In driehoek U A K is bekend.

U A = 19574, ^m 090 afstand van Utrecht tot Amersfoort, volgens de meting van den Heer KRAYENHOFF.

$$\angle U A K = 72^{\circ} 37' 7'',2$$

$$\angle A K U = 58^{\circ} 12' 40'',3$$

$$\angle A U K = 49^{\circ} 10' 25'',2$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle U A K = 72^{\circ} 37' 7'',2 \\ \angle A K U = 58^{\circ} 12' 40'',3 \\ \angle A U K = 49^{\circ} 10' 25'',2 \end{array} \right\} \text{Som. } 180^{\circ} 0' 12'',7.$$

Dus over de drie hoeken te verdeelen $12'',7$

$$\text{is } \angle U A K = 72^{\circ} 37' 2'',96$$

$$\angle A K U = 58^{\circ} 12' 36'',07$$

$$\angle A U K = 49^{\circ} 10' 20'',97$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle U A K = 72^{\circ} 37' 2'',96 \\ \angle A K U = 58^{\circ} 12' 36'',07 \\ \angle A U K = 49^{\circ} 10' 20'',97 \end{array} \right\} \text{Hiermede vindt men } U K = 21977, \text{ } ^m 1.$$

In $\Delta U B K$ is bekend $U K = 21977, \text{ } ^m 1$

$$\angle U B K = 76^{\circ} 46' 33'',3$$

$$\angle B K U = 51^{\circ} 43' 42'',8$$

$$\angle B U K = 51^{\circ} 30' 14'',1$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle U B K = 76^{\circ} 46' 33'',3 \\ \angle B K U = 51^{\circ} 43' 42'',8 \\ \angle B U K = 51^{\circ} 30' 14'',1 \end{array} \right\} \text{Som. } 180^{\circ} 0' 30'',2.$$

Dus over de drie hoeken te verdeelen $30''$

$$\text{is } \angle U B K = 76^{\circ} 46' 23'',24$$

$$\angle B K U = 51^{\circ} 43' 32'',73$$

$$\angle B U K = 51^{\circ} 30' 4'',03$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle U B K = 76^{\circ} 46' 23'',24 \\ \angle B K U = 51^{\circ} 43' 32'',73 \\ \angle B U K = 51^{\circ} 30' 4'',03 \end{array} \right\} \text{Hiermede vindt men } B K = 17663, \text{ } ^m 4 = \text{afstand der beide Stations.}$$

Tweede wijs van Berekening.

In $\triangle UAP$ is bekend; $UA = 19574,090$, volgens den Heer KRAYENHOFF.

$$\begin{array}{l} \angle UAP = 45^{\circ} 41' 32'',2 \\ \angle AUP = 21^{\circ} 38' 0'',5 \\ \angle UPA = 112^{\circ} 40' 20'',1 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Som. } 179^{\circ} 59' 52'',8 \text{ te kort } 7'',2, \text{ te verdeelen} \\ \text{over de drie hoeken,} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{en dus } \dots UAP = 45^{\circ} 41' 34'',6 \\ \phantom{\text{en dus}} \dots AUP = 21^{\circ} 38' 2'',9 \\ \phantom{\text{en dus}} \dots UPA = 112^{\circ} 40' 22'',5 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Hieruit berekent men } UP = \\ 15180,5. \end{array}$$

In $\triangle UBP$ is bekend, $UP = 15180,5$, zoo even gevonden.

$$\begin{array}{l} \angle UBP = 55^{\circ} 53' 19'',2 \\ \angle UPB = 104^{\circ} 47' 23'',1 \\ * \angle PUB = 19^{\circ} 18' 11'',6 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} * \text{ Van } \angle KUB = 51^{\circ} 30' 14'',1 \\ \text{afgetrok. } \angle KUA = 49^{\circ} 10' 25'',2 \\ \text{rest } \angle AUB = 2^{\circ} 19' 48'',9 \\ \text{en van } \angle AUP = 21^{\circ} 38' 0'',5 \end{array}$$

$$\text{Som } \dots 179^{\circ} 58' 53'',9$$

$$\text{afgetrok. } \angle AUB = 2^{\circ} 19' 48'',9$$

$$\text{dus te kort } 1' 6'',1 \text{ en}$$

$$\text{blijft } \dots \angle PUB = 19^{\circ} 18' 11'',6$$

te verdeelen over de drie hoeken

$$\begin{array}{l} \angle UBP = 55^{\circ} 53' 41'',23 \\ \angle UPB = 104^{\circ} 47' 45'',14 \\ \angle PUB = 19^{\circ} 18' 33'',63 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Hieruit vindt men } UB = 17725,8.$$

In $\triangle UBK$ zijn bekend, $UB = 17725,8$ zoo even gevonden

$$\begin{array}{l} \angle UBK = 76^{\circ} 46' 23'',24 \\ \angle BKU = 51^{\circ} 43' 32'',73 \\ \angle BUK = 51^{\circ} 30' 4'',03 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Door vorige berekening.}$$

Hieruit vindt men $BK = 17670,85$ afstand der beide Stations.

Derde wijs van Berekening.

In $\Delta U K N$ zijn bekend, $U N = 22987,369$ volgens den Heer KRAYENHOFF.

$$\begin{array}{l} L U K N = 95^{\circ} 43' 25'',7 \\ * L K U N = 12^{\circ} 13' 31'',1 \\ L U N K = 72^{\circ} 3' 3'',2, \text{ geconcludeerd.} \end{array} \left. \begin{array}{l} * \text{Van } L A U N = 61^{\circ} 23' 56'',324 \text{ van den Heer} \\ \text{KRAYENHOFF} \\ \text{trek af } A U K = 49^{\circ} 10' 45'',200 \\ \text{rest } L K U N = 13^{\circ} 31'',124. \end{array} \right\}$$

Hieruit heeft men $U K = 21978,2$

In $\Delta U B K$ heeft men door voorgaande berekeningen, $U K = 21978,2$

$$\begin{array}{l} L U B K = 76^{\circ} 46' 23'',24 \\ L B K U = 51^{\circ} 43' 32'',73 \\ L B U K = 51^{\circ} 30' 4'',03 \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Hieruit vindt men } B K = 17669,3 = \text{af-} \\ \text{stand der beide Stat ons.} \end{array} \right\}$$

Vierde wijs van Berekening.

In $\Delta U A K$ is bekend, $U A = 19574,090$ volgens den Heer KRAYENHOFF.

$$\begin{array}{l} L U A K = 72^{\circ} 37' 2'',96 \\ L A K U = 58^{\circ} 12' 36'',09 \\ L A U K = 49^{\circ} 10' 20'',97 \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Hieruit } A K = 17425,4 \text{ meters.} \end{array} \right\}$$

In den $\Delta B K A$ zijn bekend, $A K = 17425,4$

$$\begin{array}{l} L K B A = 79^{\circ} 47' 16'',1 \\ L B A K = 93^{\circ} 45' 7'' \\ * L A K B = 6^{\circ} 28' 57'',5 \\ \text{Som. } \dots 180^{\circ} 1' 20'',6 \end{array} \left. \begin{array}{l} * \text{Van } A K U = 58^{\circ} 12' 40'',3 \\ \text{trek af } L B K U = 51^{\circ} 43' 42'',8 \\ \text{rest } L A K B = 6^{\circ} 28' 57'',5 \end{array} \right\}$$

Dus $1' 20'',6$ over de drie hoeken te verdeelen, dezelve worden dan

$$\begin{array}{l} L K B A = 79^{\circ} 46' 49'',2 \\ L B A K = 93^{\circ} 44' 40'',2 \\ L A K B = 6^{\circ} 28' 30'',6 \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Hieruit berekenende } B. K. = 17668,55. \end{array} \right\}$$

DE AFSTAND UIT DEZE VIER BEREKENINGEN
AFGELEID.

De eerste wijs van berekenen geeft dan	17668, ^m 40
de tweede	17670,85
de derde	17669,30
de vierde	17668,55
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	
het midden uit allen	17669, ^m 28
verschil tuschen de meeste en minste	2, ^m 45

Wij zullen derhalve, om de snelheid des geluids te berekenen, de afstand der beide punten van Kooltjesberg en Zevenboompjes, alwaar zich de waarnemers bevonden, stellen op 17669,^{meters.}28.

Het verschil van 2,^m45 op de lengte van de basis op verschillende wijzen berekend, zoude een verschil in snelheid van slechts 7 millimeters in de minuut kunnen geven, en komt derhalve hier in geene aanmerking. De franche waarnemers van 1821 spreken van eene onzekerheid van 4^m op de lengte hunner standlijn (*).

§ 4

(*) Conn. d. t. 1825, p. 368.

§ 4.

BESCHRIJVING VAN DE WIJZE WAAROP DE PROEVEN
GENOMEN ZIJN.

Den 23sten Junij 1823 waren de waarnemers op hunne posten aangekomen, de instrumenten op geschikte wijzen geplaatst, het kanon op den heuvel der Zevenboompjes en op die van den Kooljesberg geplant.

Elk der instrumenten die bij deze gelegenheid zouden gebruikt worden, werd aan een bijzonder waarnemer toegedeeld, wiens werk alleen daarin bestond, om bij elk schot de hem toevertrouwde waarneming te doen, en dezelve op te teekenen. Zoo had de hygrometer van DANIELL, de barometer, de thermometer, de windwijzer op iedere station een afzonderlijke waarnemer. Het gevolg van deze schikking was, dat elk slechts op eene enkele zaak te letten hebbende, alle zijne aandacht op dezelve konde bepalen. Elk teekende zijne waarneming afzonderlijk op. Na den afloop der proefnemingen van iederen dag, werd uit deze aantekeningen eene algemeene tabel vervaardigd, welke de waarnemers aan de beide stations elkan- deren iederen morgen toezonden. In de tafels, bij deze verhandeling gevoegd, vindt men alle de waarnemingen zoo als dezelve dag voor dag zijn gedaan, te gelijk met de vereischte herleidingen in afzonderlijke kolommen.

Wij stelden het grootst belang dat de schoten op de beide stations, zoo veel mogelijk, *gelijktijdig* vielen. Deze volmaakte gelijktijdigheid was moeilijk te verkrijgen. Het voorstel komt hierop neêr; op eenen afstand van 17669^m twee stukken kanon op dezelfde seconde af te schieten. In de laatste Fransche proeven noemt men zulke schoten *gelijktijdig* welke somtijds 5 minuten van elkander verschillen, terwijl in onze proeven, or- der een veel grooter getal schoten, het verschil slechts 2" à 3" bedroeg, en in die schoten uit welke wij onze uitkomsten hebben afgeleid, was dit onderscheid nog veel geringer, gelijk men zien kan in de tafels der waarnemingen in de kolom geteekend *gelijktijdigheid der schoten*. De rede

waarom wij zoo veel belang in het affchieten der stukken op hetzelfde oogenblik stelden, is, dat het uitwerkfel van den wind op de snelheid des geluids dan alleen word weggenomen, wanneer eene volmaakte gelijktijdigheid der beide schoten plaats had. Want de kracht des winds blijft zelden gedurende vele seconden achter een dezelfde, dus zoude, indien er groot onderscheid tusschen de beide schoten was, het geluid van het eene meer versneld, dat van het andere meer vertraagd worden.

Om dan deze wenschelijke gelijktijdigheid der schoten te verkrijgen, werd in de eerste plaats vereischt, dat de Chronometers op beide stations denzelfden tijd aanwezen, of hetgeen op hetzelfde uitkomt, dat men wist hoeveel de beide uurwerken van elkander, bij de proefnemingen van elken dag verschilden.

Vóór het begin der proeven, des avonds omtrent 7 ^h 55' op den Chronometer aan de Zevenboompjes, werd aldaar een vuurpijl opgelaten, hetwelk dadelijk door de waarnemers aan den Kooltjesberg met een tweeden beantwoord werd. Dit sein gaf te kennen dat men gereed was om de waarnemingen te beginnen.

Om 8 ^h 0' 0" op den Chronometer van Zevenboompjes deed men op dat station een schot. De waarnemers aan den Kooltjesberg, teekenden nauwkeurig het uur, de minuut en seconde aan, waarop, volgens hunnen Chronometer het licht van het schot werd gezien. Nu wist men hoeveel de eene Chronometer bij den anderen vóór of achter was, doch om dit nog meer te bevestigen, deed men ten 8 ^h 5' 0" op den Chronometer van de Zevenboomen, een tweede schot, hetwelk op dezelfde wijze aan den Kooltjesberg werd waargenomen. Uit deze twee waarnemingen wist men nu juist aan den Kooltjesberg, wanneer de Chronometer op Zevenboompjes 8 ^h 10' 0" zoude wijzen, derhalve deed men te 8 ^h 10' 0" volgens den Chronometer van Zevenboomen, op beide Stations een schot, en wanneer het licht dier beide schoten gelijktijdig werd gezien, wist men dat de Chronometers behoorlijk geregeld en ter verdere waarneming gereed waren.

Om nu de stukken juist op de seconde die men begeerde, aftefeken,

(Translated Extract)

Experiments on the Velocity of Sound

by
G. Hall and A. van Beek
in 1823.

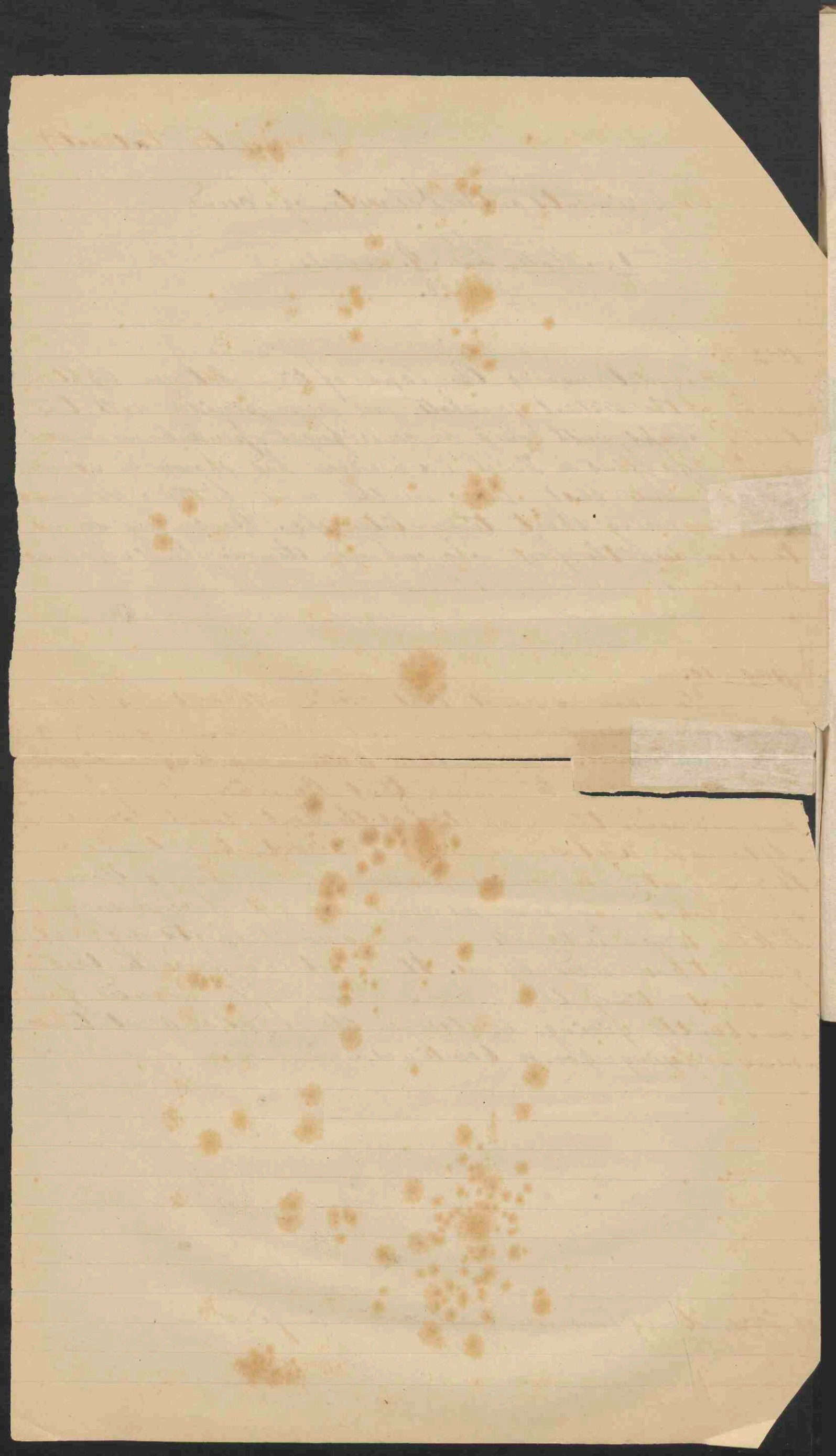
page 8.

For determining the lapse of time between light and sound of the distant gunshots we were provided with two testia-clocks with conic or centrifugal pendulum made by W. Pappius in Wesel. Experience had shown in sooner experiments that those are the most fitted instruments for measuring short time-intervals. Bensenberg seems to have been the first who employed them in his experiments on sound.

page 10.

We have no doubt that clocks with centrifugal pendulums will more and more be used for measuring minute time-divisions. ~~Because their little being known it will not be needless~~ to remark that Christiaan Huyghens has discovered the properties of the centrifugal pendulum^(x). Afterwards Keil and especially Clairaut have treated on this subject. The conical pendulum described by Young and proposed by him as being very fit for measuring little time-intervals is in many respects different from those used by us. It is not improbable that in a short time these pendulums will be used for constantly fixing a star in the fields of great telescopes magnifying 400 or 600 times.

(x) Vid. Huyghens de Horol. oscill. in fine. —



gebruikte men het volgende middel. Bij ieder stuk stond een Officier of Adspirant met den Chronometer vóór zich, en een ander, die het stuk moest affchieten, bij den arm houdende. Kort voor het begeerde oogenblik bragt deze laatste de zunder dicht vóór het gezwinde pijpje, en wanneer de eerste hem even vóór de bepaalde seconde den arm drukte, deed de tweede de vlam van de zunder het pijpje raken, en het stuk ging af. De oplettendheid der Heeren Officieren en Adspiranten, welke altoos de stukken hebben afgeschoten, veroorloofde ons hierin eene zeer groote naauwkeurigheid te bereiken, en de goede uitflag der proeven is men in eene groote mate aan den ijver dezer Heeren verschuldigd. Aan den Kooltjesberg hebben de Heeren VAN VIERSSEN, toen Sergeant-Majoor, en thans Luitenant der Artillerie, en de Sergeant-Adspirant, thans Adjutant Onder-Officier G. J. KUYTENBROUWER, dit behoorlijk op de seconde afvuren der stukken op zich genomen, terwijl hetzelfde aan de Zevenboompjes, door den Heer Luitenant SOMMERTON en den Sergeant-Adspirant VAN MAANEN, is verrigt.

Juist vijf minuten vóór dat de eigenlijke waarnemingen zouden beginnen, deed men op de Zevenboompjes een vuurpijl opgaan, welke terstond met een anderen van Kooltjesberg werd beantwoord; dit diende tot een sein dat de waarnemers op beide Stations gereed en op hunne posten waren. Indien een of ander gebrek aan de instrumenten, of eenige andere omstandigheid op een der Stations, verhinderd had, de waarnemingen op den vooraf bepaalden tijd te beginnen, zoude men daarvan, aan de andere, door drie vuurpijlen kennis hebben gegeven, waarna de verdere waarnemingen een half uur zouden zijn geschorst geworden, doch deze voorzorg is niet te pas gekomen, dewijl altoos alles op den bepaalden tijd is gereed geweest, en er zich geen gebrek aan de werktuigen heeft opgedaan.

Na dat men op beide Stations vier schoten had gedaan, en men de schoten van de andere Station niet alleen zag, maar ook hoorde, gaf men daarvan sein door het oplaten van eenen vuurpijl, en de vrengde was op beide plaatsen algemeen, wanneer van elk derzelve de vuurpijl het teeken gaf, dat men zich van onze werkzaamheden een goeden uitflag kon beloven.

Uit de tafels der waarnemingen, hier achter gevoegd, blijkt, dat ons in de drie eerste nachten der proefnemingen hetzelfde lot trof, waarover zich de Fransche Waarnemers beklaagden, te weten, dat de schoten van de eene Station op de andere niet *gehoord* wierden. Geen der schoten van de Zevenboompjes werd, niettegenstaande de grootste stilte en oplettendheid, aan den Kooltjesberg gehoord.

Wij hadden eerst beurtelings van het kanon à 12 ff en à 6 ff gebruik gemaakt, doch besloten naderhand dat van 12 ff uitsluitend en met eene welaangezette lading van 3 Kilogr. buskruid, te bezigen, ten einde het geluid zoo krachtig mogelijk te maken.

In den nacht van den 26sten Junij begon men, blijkens de tafel der waarnemingen van dien dag, aan Kooltjesberg de schoten van Zevenboompjes te hooren, doch nu hoorde men wederom niets aan de laatste Station, van die van de eerste.

Het plan van de onderlinge ligging van Kooltjesberg en Zevenboompjes, in betrekking met de windstreken, vergeleken met de tafels der waarnemingen, toont dat de rigting van den wind de oorzaak dezer teleurstelling was; wij besloten geduldig eene meer gunstige omstandigheid afewachten. Deze eerste nachten beschouwden wij echter niet als geheel verloren, dewijl alle de waarnemers, gedurende dezelve, gelegenheid hadden om zich in het gebruik der instrumenten, van welken zij zich moesten bedienen, volkomen te oefenen. Den 27sten en 28sten Junij verzamelden wij een genoegzaam aantal gelijktijdige schoten, welke op de beide Stations gehoord en gezien zijn, en leidden uit dezelve onze uitkomsten af.

Wij hebben van de proefnemingen der eerste nachten, toen men slechts op eene Station de schoten aan de andere gedaan, hooren konde, nog een ander, niet onbelangrijk gebruik, gemaakt. Wij hebben, namelijk, de snelheid van het geluid, welke ons de waarnemingen dezer beide nachten, van den 25sten en 26sten Junij hebben opgeleverd, tot 0° temperatuur en tot volkomen drooge lucht herleid, onderling vergeleken, en het aanzienlijk verschil van $\frac{1}{53}$ van het gemiddelde der beide waarnemingen, welke men

hier

hier aantreft, bewijst genoegzaam, hoe onnaauwkeurig alle vroegere proeven van dien aard geweest zijn, en hoe weinig men zich op zulke waarnemingen heeft kunnen verlaten, waarbij het geluid op het eene einde der grondlijn voortgebracht, alleen aan het andere einde werd waargenomen. Het zijn alleen waarnemingen van volstrekt gelijktijdige geluiden op de beide eindend eener grondlijn, welke met de theorie kunnen vergeleken worden. Dit wordt door de proeven van den 27sten en 28sten Junij bevestigd, welke slechts 0,66 of $\frac{1}{503}$ van het gemiddelde der beide waarnemingen onderling verschillen.

Gedurende den loop der proeven hadden wij dikwijls gelegenheid om belangrijke opmerkingen te maken, omtrent de zonderlinge en zeer afwisselende terugkaatsingen des geluids. Wij zouden overhellen om deze afwisselende terugkaatsingen met de Fransche Natuurkundigen aan wolken toetschrijven, welke ons dikwijls ons eigen schot eenige seconden, na dat het stuk was afgevuurd, weder deed hooren. Aan den Kooltjesberg, hoorden wij vrij standvastig, na verloop van 25' de terugkaatsing van het geluid van ons schot het terugkaatsend voorwerp lag dus $340^m + 12,5 = 4250^m$ omtrent van ons af.

§ 5.

BEREKENING VAN DE WAARNEMINGEN

VAN DEN 27sten JUNIJ 1823.

De waarnemingen zelve, vindt men in alle bijzonderheden in de bijgevoegde tafel van dien dag, dezelve zijn op de volgende wijze berekend:

In de formule van NEWTON (Princip, L. II Prop. 48)

$$V = \sqrt{\frac{g p}{D}}$$

is V de snelheid des geluids in 1''

D de digtheid der lucht, die van het kwik voor eenheid genomen zijnde,

g, de intensiteit der zwaartekracht

p, de barometrische drukking.

De

De proeven van BIOT en ARAGO, geven voor volkomen drooge lucht, en bij 0,76^m barometerstand de digtheid $D = 10466,82$, wanneer nu de barometerstand wordt D en de temperatuur t , dan heeft men, volgens de wet van MARIOTTE, en de bekende wetten van uitzetting der veerkrachtige vloeistoffen door de warmte:

$$D = \frac{p}{10466,82 \times 0,76 (1 + 0,00375 t)}$$

Dewijl er echter steeds waterdamp in de lucht aanwezig is, en deze gezamenlijk met de lucht, op het kwik des barometers drukt, zoo is de stand van dat werktuig ook gedeeltelijk aan dezen veerkrachtigen waterdamp toe te schrijven.

Naauwkeuriger proeven hebben geleerd, dat de digtheid van waterdamp slechts $\frac{10}{16}$ bedraagt van die van volkomen drooge dampkringslucht, derhalve moet p in de bovenstaande uitdrukking eene kleine correctie ondergaan. Noemen wij T de drukking van den waterdamp in den dampkring voorhanden, dan zal men voor den waargenomen barometerstand p , moeten stellen.

$$p - T + \frac{10}{16} T = p - \frac{3}{8} T, \text{ en de formule wordt}$$

$$D = \frac{p - \frac{3}{8} T}{10466,82 \times 0,76 (1 + 0,00375 t)}$$

Wanneer men deze waarde D overbrengt in de formule van NEWTON

$$V = \sqrt{\frac{gp}{D}}, \text{ dan heeft men}$$

$$V = \sqrt{\frac{g \cdot p \cdot 10466,82 \cdot 0,76 \{ 1 + 0,00375 t \}}{p - \frac{3}{8} T}}$$

$$= \sqrt{10466,82 \cdot 0,76 \{ 1 + 0,00375 t \} \frac{gp}{p - \frac{3}{8} T}}$$

Deze formule moet, volgens LA PLACE, vermenigvuldigd worden met den vierkantswortel, uit de rede welke er is tusfchen de specifieke warmte der lucht bij bestendig volume tot die bij bestendige drukking, dezelve wordt derhalve

$$v = \sqrt{10466,82 \times 0,76 (1 + 0,00375t) \frac{g \cdot p}{p - \frac{2}{3}T}} \times \sqrt{\frac{C'}{C}}$$

De uitkomst van deze formule moet met de proeven worden vergeleken, en wel in de eerste plaats met die van 27 Junij 1823, op welchen dag de volgende twee en twintig, *gelijktijdige* schoten op Kooltjesberg en Zevenboomen zijn waargenomen. In de onderstaande tafel welke een uittreksel is van de grootere en volledige, hier achter te vinden, bevat de eerste kolom het nummer van het schot, de tweede den tijd die het geluid besteedde om van Kooltjesberg tot Zevenboomen te komen, de derde den tijd in welchen het geluid van Zevenboomen tot Kooltjesberg kwam. De tweede en derde kolommen bevatten dus het tijdsverloop op elk der stations tusfchen het licht en het geluid van de andere waargenomen.

I.	II.	III.
N ^o .	Zevenboomen.	Kooltjesberg.
1.	52'',90	51'',17
2.	52'',69	50'',89
4.	52'',71	50'',68
5.	52'',92	50'',80
6.	52'',84	50'',86
7.	53'',04	50'',89
8.	52'',89	51'',01
9.	52'',79	51'',00
11.	52'',83	50'',99
12.	52'',77	50'',96
13.	52'',79	51'',10
14.	52'',99	51'',07
16.	52'',90	51'',08
17.	52'',64	51'',28
18.	52'',90	51'',21
19.	52'',87	51'',18
20.	52'',92	51'',33
22.	52'',91	51'',38
23.	52'',64	51'',35
24.	52'',57	51'',32
25.	52'',90	51'',14
26.	52'',96	51'',01

fom 1162'',37 fom 1123'',70
 1123'',70

fom 2286'',07 } dus gemiddelde snelheid des geluids, volgens de
 waarnemingen van 27 Junij 1823.

$$\frac{2286,07}{44} = 51'',96 \text{ over de basis van } 17669,28$$

En hieruit de snelheid des geluids in 1'', al

$$\frac{17669,28}{51'',96} = 340,06.$$

Ten

Ten einde nu de getallen in de formule hierboven nedergefeld, te fubftitueeren, ziet men uit de groote tafel, hier achter gevoegd, dat, ten tijde dezer proeven, de gemiddelde temperatuur was

aan de Zevenboompjes	=	11°, 21	honderddeelige fchaal
den Kooltjesberg	=	11°, 11	
gemiddeld		11°, 32	= <i>t</i> .

De gemiddelde barometerftand, verbeterd wegens temperatuur en capillariteit, was

aan de Zevenboompjes	^m	0,7439
den Kooltjesberg	^m	0,7456
gemiddelde verbeterde barometer	^m	0,74475 = <i>p</i> .

De fpanning van den waterdamp in de lucht, volgens den hygrometer van DANIELL:

aan de Zevenboompjes	^m	0,00901235
aan den Kooltjesberg	^m	0,00949378
gemiddelde fpanning van waterdamp	^m	0,00925307 = <i>T</i> .

Om de intensiteit van de zwaartekracht te berekenen heeft men de formule

$$g = (g) (1 - 0,002837 \cdot \cos 2 l)$$

waarin *g* is de verkregene fnelheid van een ligchaam na de eerfte feconde van dezelfs val, voor eene gegevene breedte *l*.

(*g*) dezelfde waarde voor 45° breedte. Zij *g'* dezelfde waarde voor de breedte van Parijs.

$$\text{de breedte van Parijs is} = 48^\circ 50' 14''$$

$$\text{dus } \cos 2 l = - 0,133544$$

$$\text{en } g' = (g) 1,00378864$$

E

De

De waarnemingen van den seconden slinger hebben g' voor Parijs doen kennen = $9^m,8088$.

$$\text{dus } (g) = \frac{9,8088}{1,00378864}$$

De breedte van Amersfoort $52^\circ 9' 20'',3156$ } volgens den Generaal
van Naarden $52^\circ 17' 46'',3766$ } KRAYENHOFF.

gemiddelde breedte . . . $52^\circ 13' 33'',3461$

en dus $\cos 2 l = - 0,2495664$

en $g = (g) 1,00070802$.

En hieruit vindt men voor de gemiddelde breedte van Naarden en Amersfoort, het uitwerkfel der zwaarte $g = 9812,03$.

Verder heeft men $\frac{C'}{C} = 1,3748$, volgens de laatste proeven van GAY

LUSSAC en WELTER, over de specifieke warmte der lucht.

Wanneer nu alle deze waarden in de formule worden overgebracht, dan geeft de theorie, onder de omstandigheden, welke den 27sten Junij 1823 hebben plaats gehad, de snelheid des geluids op dien dag:

$$V = \dots \dots \dots 335,14,$$

Onze onmiddellijke proeven hebben gegeven 340,06

Verschiil tusschen de theorie en de proeven 4,92.

Deze uitkomsten, in andere, bij de natuurkundigen gebruikelijke maten overgebracht, geven:

$$340,06 = 1116,032 = 1046,854 = 1083,178$$

$$- 335,14 = 1099,885 = 1031,709 = 1067,507$$

$$\text{Verschiil } 4,92 = 16,147 = 15,145 = 15,671$$

§ 6.

BEREKENING VAN DE WAARNEMINGEN

VAN DEN 28sten JUNIJ 1823.

Blijkens de tafel van de waarnemingen van 28 Junij, zijn er op dien dag veertien schoten gelijktijdig gevallen, en het tijdsverloop tusschen licht en geluid, op beide de plaatsen waargenomen, als volgt:

N ^o .	Zevenboomen.	Kooltjesberg.
3.	51'',81	52'',12
4.	51'',94	52'',10
5.	51'',77	51'',28
6.	51'',98	52'',51
7.	52'',17	52'',46
8.	52'',15	52'',28
9.	52'',25	53'',10
10.	52'',18	50'',17
12.	52'',40	52'',19
14.	52'',27	52'',62
15.	52'',27	51'',66
17.	52'',23	51'',52
18.	52'',49	51'',99
19.	52'',56	51'',60
fom	730'',47	727'',60
	727'',60	
	<u>1458'',07</u>	

het gemiddelde is dan $\frac{1458^m,07}{28} = 52^m,07$ snelheid, waarmede het geluid den 28sten Junij 1823 de basis, lang 17669^m,28, doorliep;

duſ gemiddelde snelheid van het geluid in 1'' . . . 329,34^m.
waarmede de theorie wederom moet worden vergeleken.

Op den 28sten Junij 1823, ten tijde van de waarnemingen, was de gemiddelde temperatuur, volgens de honderddeelige ſchaal,

aan de Zevenboompjes = 11°,07

Kooltjesberg . . . 11°,36

fom . . . 22°,43

gemiddeld 11°,215 = t.

Gemiddelde verbeterde barometerſtand gedurende deze ſchoten

aan Zevenboomen 0,7476 Meters.

aan den Kooltjesberg 0,7487 "

gemiddelde barometer 0,74815 = p.

Gemiddelde ſpanning van den waterdamp in de lucht, volgens den hygrometer van DANIELL.

Aan Zevenboomen 0^m,00812434

o Kooltjesberg 0^m,00868495

Gemiddelde ſpanning van den waterdamp op beide plaatſen } 0^m,00840465. = T.

Indien men deze waarden in de meergemelde formule ſtelt, verkrijgt men

$V = 335,10$ (*) de ſnelheid des geluids onder de omſtandigheden van 28 Junij, in 1'', volgens de theoretische berekening. De proeven hebben gegeven 339,34^m; verſchil 4,24 tuiſchen de proeven en de theorie.

§ 7.

(*) $339,34 = 1113,669 = 1044,639 = 1080,88$
 $335,10 = 1099,753 = 1031,587 = 1067,39$

Verſchil 4,24 = 13,916 = 13,052 = 13,52

§ 7.

HET BESLUIT UIT DEZE PROEVEN OP TE MAKEN.

Het blijkt dan uit de proeven van 27 en 28 Junij, dat de formule eene mindere snelheid geeft dan de proeven.

Den 27sten Junij 1823 was het verschil tusfchen de proeven en de theorie 4,92^m

en den 28sten Junij was dit verschil 4,24^m

Welligt zijn deze geringe verschillen toe te fchrijven aan de kleine misflagen, welke in de bepaling van de elementen der formule onvermijdelijk zijn. Mifchien zullen latere proeven ons ook de specifieke warmte der lucht, meer naauwkeurig dan thans, doen kennen, en daardoor de waarde van $\frac{C'}{C}$ veranderen. Indien het vermoeden van LAPLACE bevestigd wierd, en men bevond, dat, bij eene met waterdamp volkomen of bijna volkomen verzadigde lucht, de trillingen van het geluid eene nederplofing van water, en daardoor eene verhooging van temperatuur konden te weeg brengen, zoude dit welligt genoegzaam zijn, om rede te geven van het gering verschil, hetwelk thans nog tusfchen de theoretifche berekening en de uitkomst der proeven blijft beftaan. Het is voor den voortgang der wetenfchappen te wenfchen, dat de aandacht der natuurkundigen op deze belangrijke ftoffe moge gevestigd blijven.

Het verschil, hetwelk er tusfchen de proeven van 27 en 28 Junij beftaat, bedraagt slechts 0,72^m, of niet meer dan omtrent $\frac{1}{472}$ van het gemiddelde refultaat der beide waarnemingen. De Franfche natuurkundigen bevonden tusfchen hunne wederkeerige obfervatien van 24 Junij 1822, een verschil van $\frac{1}{28}$. Maar ook ons verschil van $\frac{1}{472}$ zal nog verminderd worden, wanneer de uitkomsten der proeven van beide dagen herleid worden tot de omftandigheden van dezelfde temperatuur en bij volkomen drooge lucht, dat is tot de temperatuur van 0° C.

De formule dezer herleiding is deze: (**)

Zij

(**) Zie over deze herleiding, Biot *Traité de Physique* T. II, Ch. I.

Zij V' de snelheid van het geluid bij 0° C en drooge lucht, terwijl V'' is de snelheid, waargenomen bij de temperatuur t , de spanning van waterdamp T en den barometer p .

$$V'' = \frac{V'}{\sqrt{1 + 0,00375 t}} \times \sqrt{1 - 0,37651 \frac{T}{p}}$$

Den 27sten Junij 1823 hadden wij, door de waarnemingen

$$V'' = 340^m,06$$

$$t = 11^\circ,16, \quad T = 0^m,00925307, \quad p = 0^m,74475$$

wanneer men deze waardijen in de formule stelt, krijgt men $V' = 332,38$.(*)

Maar den 28sten Junij 1823 vonden wij de waargenomene snelheid des geluids $V'' = 339,34$, $t = 11^\circ,215$, $T = 0,00840465$, $p = 0,74815$.

Deze waardijen in de formule gebragt, geven

snelheid van het geluid bij 0° C en drooge lucht, $V' = 331^m,72$.(†)

Het verschil tuschen de waarnemingen van 27 en 28 Junij 1823 bedraagt dus inderdaad slechts $0^m,66$ of $\frac{1}{553}$ van het gemiddelde der beide waarnemingen. Wij gelooven, dat, tot dus verre, geene proeven dezelve naauwkeurigheid hebben gegeven. (§)

Het eind-refultaat der proeven van 27 en 28 Junijenmits dien van ons geheel on-

	^m	Engels. voeten.	Parijs. voeten en Rijnl. voeten.
(*)	332,38	= 1090,827	= 1023,213 = 1058,715
(†)	331,72	= 1088,661	= 1021,182 = 1056,613
Verskil	0,66	= 2,166	= 2,031 = 2,102
Som	664,10	= 2179,488	= 2044,395 = 2115,328
Gemiddeld	332,05	= 1089,744	= 1022,197 = 1057,664

(§) Zie over het belang hetwelk de fransche geleerden in deze proeven over de snelheid des geluids, stellen, het verslag van den Heer FOURRIER, over de vorderingen der Wis- en Natuurkundige wetenschappen, in het Journal de Physique T. 96, Avril 1823, p. 152.

onderzoek is dus, dat de snelheid des geluids bij 0° of 't vriespunt, en volkomene drooge lucht door ons bevonden is 332^m,05 in 1". Of 1089,744 Engelsche, 1022,197 Parijsche of 1057,664 Rijnlandische voeten. Deze uitkomst houdt bijna het midden tusschen de proeven van BENZENBERG en die der Fransche natuurkundigen van 1822. Eene hier achter gevoegde tafel bevat de uitkomsten van vroegere proefnemingen; wij hebben dezelve grootendeels uit de Verhandeling van den Hoogleeraar VAN REES (*) ontleend. Men zal uit dezelve zien, dat de proeven van BENZENBERG, die der Franschen en de onze, vrij aanmerkelijk van de vroegere bepalingen verschillen. (**)

§ 8.

BEREKENING VAN DE WAARNEMINGEN

VAN 25 JUNIJ 1823.

Op dien dag waren de schoten niet gelijktijdig, men hoorde alleen aan de Zevenboomen de schoten van Kooltjesberg. Volgens de tafel der waarnemingen van dien dag heeft men:

N ^o . 1.	52 ^{''} ,31	
2.	52 ^{''} ,59	
4.	52 ^{''} ,47	
7.	52 ^{''} ,20	
8.	52 ^{''} ,47	
10.	52 ^{''} ,17	
12.	52 ^{''} ,27	
14.	52 ^{''} ,52	
15.	52 ^{''} ,54	
16.	52 ^{''} ,43	
17.	51 ^{''} ,92	
19.	52 ^{''} ,50	
<hr/>		
som	628 ^{''} ,39	gemiddelde uit 12 waarnemingen, is dus
	628 ^{''} ,39	
	<hr/>	= 52 ^{''} ,37.
	12	

Dus

(*) Dissertatio de celeritate soni, Trajecti ad Rhenum 1819.

(**) Men zal in deze Tafel ook de uitkomsten vinden van de latere proeven van Goldingham in Indiën, en van die van Dr. Olinthus Gregory in Engeland gelijktijdig met de onze genomen.

N ^o . 1.	50'',20
2.	50'',80
3.	51'',44
4.	52'',20
5.	51'',10
9.	50'',11
11.	50'',99
12.	50'',81
13.	51'',00
14.	51'',01
16.	52'',12
<hr/>	
som	560'',78.

Gemiddelde snelheid uit deze elf waarnemingen $\frac{560,78}{11} = 50'',98$ op de lengte van 17669,28.

Gemiddelde snelheid van het geluid in 1'' 346^m,59. (*)

Gemiddelde temperatuur bij deze 11 schoten:

aan de Zevenboomen	11°,57
aan den Kooltjesberg	12°,54

Gemiddelde temperatuur of $t =$ 12°,055.

Gemiddelde barometerstand bij deze schoten,

aan de Zevenboomen	0 ^m ,7493
aan den Kooltjesberg	0 ^m ,7512

Gemiddelde en gecorrigeerde barometerstand . . . 0^m,75025 = p .

De gemiddelde spanning van den waterdamp, was aan de Zevenboomen

.	0,00892922
aan den Kooltjesberg	0,01011376

gemiddelde spanning van den waterdamp 0,00952149 = T .

Stelt

(*) $\frac{m}{346,59} = \frac{Engelf\ voet}{1137,134} = \frac{Franf.\ voet}{1066,958} = \frac{Rijnlandf.\ voet}{1103,981}$

Stelt men deze waardijen in de formule, dan heeft men, de waargenomen snelheid bij 0° en bij eene volkomene drooge lucht $338,20^m$ (*) in de seconde.

Wanneer men dus de waargenomene snelheid van het geluid, van den 25sten en 26sten Junij 1823 vergelijkt, dan heeft men een verschil van $6,35^m$ (†) tusfchen de uitkomsten dezer twee dagen; op welke de fchoten *niet gelijktijdig* waren. Dat is, het verschil bedroeg $\frac{1}{23}$ van het gemiddelde van beide waarnemingen, of hetzelfde is omtrent tien maal grooter dan op den 27sten en 28sten Junij, toen deze gelijktijdigheid bestond. Wij befluiten hieruit dat het alleen door waarnemingen op twee punten tevens, en van gelijktijdige fchoten is, dat de snelheid des geluids kan worden bepaald, en dat men de theorie met de proeven kan vergelijken. In hoe verre de onze hieromtrent eenigen voorrang boven vroegere of gelijktijdige, mogen bezitten, zullen kundige beoordeelaars befliffen. (§)

§ 10.

Wij achten het allezins gepast hier eene lijst te laten volgen der Heeren Officieren en Studenten welke ons bij deze proeven wel hebben willen behulpzaam zijn en aan wier kunde en ijver wij ons zoo verplicht gevoelen.

Aan den Kooltjesberg:

Prof. MOLL.

J. F. RENAULT, 1ste Luitenant.

G. DILG, idem.

G. SIMONS, Math. Phil. Nat. Cand. Med. Stud.

J. G. MULDER, Med. Cand.

D. VAN DER PANT, Med. Stud.

G.

(*) $338,20^m = 1041,130 = 1109,927 = 1077,2536$.

(†) $6,35 = 19,548 = 20,84 = 20,218$.

(§) Zie over de laatste proeven der franfche natuurkundigen, BERZELIUS, Jahres - Bericht über die Fortschritte der Phyfifche Wiffenfchaften. 3ter Jahrgang p. 1.

G. J. TICHLER, Adspirant - Korporaal
 P. VAN VIERSEN, Sergeant - Majoor, thans 2de Luitenant.
 G. J. KUYTENBROUWER, Adspirant - Sergeant.
 K. H. ROBERTSON, " idem.
 A. ROBERTSON, " idem.
 B. TEN HARMSSEN, " idem.
 S. P. VAN NIBUWKUYK, " idem.

Aan de Zevenboompjes:

Dr. A. VAN BEEK,
 M. A. KUYTENBROUWER, Luitenant - Kolonel. (*)
 J. SOMMERTON, 1ste Luitenant - Adjudant.
 J. F. VAN DEN BYLLAERDT, 1ste Luitenant.
 B. VAN HOEY SCHILDHOUWER VAN OOSTEE, 1ste Luitenant.
 F. SEELIG, 2de Luitenant.
 F. KUYPER, Adjudant - Onderofficier, thans 2de Luitenant.
 C. A. BERGSMA, Math. et Phil. Nat. et Med. Cand.
 W. WENCKEBACH, Math. Phil. Nat. Stud.
 K. A. VAN MANEN VERWOERDT, Adspirant - Sergeant.
 F. W. J. HESHUSIUS, " idem.
 S. O. HANEWINKEL, " idem.
 J. VAN LACUM, " idem.
 M. H. BARON VAN UTENHOVE VAN BOTTSTEIN, Adspirant - Korporaal.

De Kapitein DE BOER, de 1ste Luitenant RENAULT, de Adspiranten VAN MANEN en KUYTENBROUWER zijn ons bij de trigonometrische meting behulpzaam geweest, terwijl de Luitenant RENAULT en de Adspirant KUYTENBROUWER alle de berekeningen hebben herhaald.

(*) De Heer Luitenant Kolonel KUYTENBROUWER is gedurende de proeven onafgebroken werkzaam geweest, om derzelver goeden uitslag op alle wijzen te helpen bevorderen, en den overige waarnemers het wenschelijke gemak te bezorgen.

§ II.

TAFEL VAN DE ALGEMEENE WAARNEMINGEN WEGENS
DE SNELHEID DES GELUIDS.

N ^o .	Waarnemers.	Tijd.	Landtreek.	Lengte der basis. in meters.	Snelheid des geluids in 1'' in meters.	
1.	Mersenne.		Frankrijk.	—	448.	
2.	de Florentijnfche Akademisten	1660	Italie.	1800 ^m .	361.	
3.	Walker.	1698	Engeland.	800.	398.	
4.	Cassini, Huijgens enz.		Frankrijk.	2105.	351.	
5.	Roberts.		Engeland.	—	396.	
6.	Gassendi.		Frankrijk.	—	448.	
7.	Boijle.		Engeland.	—	366.	
8.	Flamsteed & Halleij.		Idem.	500	348.	
9.	Derham.	1704 1705	Idem.	1600 à 2000	348.	
10.	Cassini de Thuriy enz.	1738	Frankrijk.	22913 en 28526.	332,93.	bij t = 0.
11.	Bianconi.	1740	Italie.	24000.	318.	
12.	a Condamine.	1740	Peru.	20543.	339.	
13.	Dezelve.	1744	Cajenne.	39429.	358.	
14.	J. T. Majjer.	1748	Duitschland.	10,0.	336,86.	
15.	G. E. Muller.	1791	Idem.	2600.	318.	
16.	Epinoza & Banza.	1794	Chili.	16345.	356,14.	bij 0° = t.
17.	Benzenberg.	1809 1811	Duitschland.	9072.	333,7.	bij 0° = t.
18.	Arago, Matthieu, Humboldt en	1822	Frankrijk.	18612.	331,05.	bij 0° = t.
19.	Goldingham. z.		Madras.	9000.	348.	
20.	G. Moll & A. van Beek.	1823	Nederland.	17669,28.	332,05.	bij 0° = t.
21.	Dr. Olinthus Gregory.	1823	Engeland.	—	335,141.	bij 0° = t.

- (1) Mersenne de arte ballistica prop. 39.
- (2) Tentam. Experim. Acad. del Cimento, Lugd. Bat. Pars II. p. 113.
- (3) Phil. Trans. 1698, N^o. 247.
- (4) Duhamel, hist. Acad. Reg. lib. II. Sect. 3. Capt. 2.
- (5) Tentam. Experim. Acad. del Cimento, p. 113.
- (7) Boyle, On languid motion p. 24.
- (8) }
 (9) } Derham in Phil. Trans. 1708 et 1709.
- (10) Mémoires de l'Acad. de Paris 1738 et 1739.
- (11) Comment. Bononienses, Vol. II. p. 365.
- (12) De la Condamine, Introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du méridien, etc. 1751, p. 98.
- (13) Mémoires de l'Acad. 1745, p. 488.
- (14) J. T. MAYER, Praktische Géométrie, 1792, Bd. 1, p. 166.
- (15) Göttingische Gelehrte Anzeige, 1791, ft. 159.
- (16) Annales de Phys. et de Chim. T. VII. p. 93, en Journal of the Royal Institution, T. VII. p. 369.
- (17) GILBERTS Annalen der Physik, neue Folge, Bd. 5, p. 383.
- (18) Connaissance des tems, pr. 1825, p. 361.
- (19) Phil. Trans. 1823, P. 1.
- (21) In de Bibliothèque Universelle, Tome 26^{me} Août 1824, p. 264
 overgenomen uit de Transactions of the Cambridge Philosophical Society for 1824.

De Heer BENZENBERG heeft eene tafel berekend voor de snelheid des geluids in Parysche voeten, voor alle graden van den thermometer van

REAUMUR van -10° tot $+30^{\circ}$ (*), in deze tafel vind men de snelheid des geluids in 1" bij 0° in Parysche voeten 1027 voeten.
 Volgens onze proeven is deze snelheid 1022,197 "

Vershil 4 803 voeten.

Voor $11^{\circ},32$ C of 9° R heeft BENZENBERG 1047 3 Paryf. vt.
 Onze proeven van den 27 Junij geven 1046,854 "

Vershil 0,446 Par. vt.

En onze proeven van den 28 Junij bij denzelfden temperatuur 1044 6 9

Vershil 2.661 voeten

3,107

Gemiddeld verschil tusfchen de uitkomst der berekening

van BENZENBERG en onze proeven 1,553 voeten.

Paryfche maat,

of omtrent 5 decimeters.

§ 12.

INVLOED VAN HET GELUID OP DEN BAROMETER.

Gedurende onze proeven over de snelheid van het geluid, werden bij het afgaan van het kanon de kaarfen in de tent aan Kooltjesberg dikwijls als uitgeblazen. Dit verschijnsel wekte onze aandacht. Ik acht het der moeite waardig hetzelfde van wat nader bij te befchouwen. Het gefchut stond op den Kooltjesberg, de tent waarin zich de waarnemers bevinden aan den voet van dezelve, op eenen geringen afstand. Het kanon stond dus hooger dan de tent. Deze was van voren geopend, om de kijkers op de zevenboomen te kunnen rigten; dech aan de zijden, en vooral aan die, welke naar de zijde van het kanon gekeerd was, gefloten. Op de tafel in de tent ftonden twee of meer brandende kaarfen. Bij volkomene ftilte gebeur-

(*) GILBERTS Annalen d. Physik, neue folge, 1811 T. 9 of 39. p. 137.

beurde het dikwijls, dat een of wel beide de kaarfen als uitgeblazen wierden op het oogenblik, dat het kanon bij ons werd gelost.

Wij waren terstond gereed deze uitwerking toe te schrijven aan de heftige beweging in de lucht door den slag van het kanon veroorzaakt, doch de bedenking volgde dadelijk, of niet dan ook de slag op den barometer werkte. Het kwik in dezelve zoude dan in eene soort van schommelende beweging moeten komen op het oogenblik, dat het schot werd gelost. Men deed hierop, bij herhaling, naauwkeurig acht geven, en ik sloeg zelve verscheidene malen den barometer gade op het oogenblik dat het schot viel, doch wij konden geene de minste beweging in den barometer bespeuren. Men zoude hieruit moeten besluiten, dat het geluid niet op dit werktuig werkt. Ondertuschen heeft Sir HENRY ENGLEFIELD eenige proeven genomen, uit welke hij het tegendeel afleidt. (*) In 1773 en 1774 te *Brusfel* zijnde, beproefde hij, of het geluid van den klok van St. Gudule, die men zegt 8000 kilog. zwaar te zijn, op den barometer eenigen invloed had. Hij vond, dat het luiden van den klok den barometer in schommelingen bragt van 6 tot 10 duizendste van een' Engelschen duim. Hij voorziet de tegenwerking, die men hem maken kan, dat, namelijk, de schommelingen niet door de trillingen der lucht, maar door de beweging van den toren zelve zouden veroorzaakt worden, en tracht dezelve op de volgende wijze uit den weg te ruimen. De klok moest op een gegeven sein met volle kracht luiden, daarom moest dezelve in volle beweging zijn, alvorens de klepel aansloeg. Men hield dan den klepel met een hout vast, het welk weggetrokken werd, wanneer men met luiden wilde beginnen. Wanneer de klok dus, zonder te luiden, in volle svingering was, bespeurde men geene de minste be-

(*) NICHOLSONS Journal, vol. 2. p. 181. en GILBERTS Annalen bd. 14. 1803, p. 214.

beweging in den barometer, maar op het oogenblik dat de klepel aanfloeg sprong de kwik plotselings op. Hieruit leid Sir HENRY af, dat de beweging der lucht door het geluid, en geenzins de beweging van den toren de oorzaak van dit verschijnsel was. Wij kunnen dit nog zoo gaaf niet toestemmen.

Dat de barometer in rust bleef, bewijst alleen, dat de slingering van den klok niet in staat was, om de muren van den toren in eene beweging te brengen, groot genoeg om dezelve door den barometer te bemerken. Maar wij zouden gelooven, dat de klok aan de muren, die toch eenen zekeren graad van veërkracht bezitten, bij het luiden eene trillende beweging mededeelt, even gelijk andere veërkrachtige lichamen bij een sterk geluid mede beginnen te trillen. Indien de proef van Sir HENRY ENGLEFIELD, iets zoude hebben bewezen, dan had de barometer geheel onafhankelijk van de muren moeten hangen.

Dat het slaan, of veel liever het luiden van klokken, aan den toren eene trillende beweging geeft, heeft mij de ondervinding reeds voor vele jaren geleerd. Toen ik met onze overledene medeleden VAN BEECK CALKOEN en KEYSER het meridiaan verschil tuschen *Utrecht* en *Amsterdam* door buskruid-seinen bepaalde, had ik dikwijls gelegenheid, om corresponderende zonshoogten met het Sextant op den Westertoren te *Amsterdam* te nemen. Ik gebruikte daarbij eene artificieele horizont van olie en zwartfel, met een dak van Muscovisch glas of Mica. Deze horizont stond op de balustrade van den eersten omgang. Wanneer de klok *floeg*, geraakte dadelijk de olie in zulk eene trillende beweging, dat men, zoo lang dit duurde, de verdere waarnemingen moest staken. Het is waar, in deze ondervinding werden de trillingen der olie als met een microscoop waargenomen, hetwelk 16 maal vergrootte (want zoo sterk was het vermogen van den kijker van het sextant), doch die trillingen konden niet wel veroorzaakt worden door het geluid, dat is door de trillingen, welke de klok aan de lucht mededeelde; want de

ho-

horizont was met deszelfs dak luchtdigt gedekt. Daarenboven heeft men nooit gezien, dat de oppervlakte van stilstaand water, veel min van olie, door geluid in beweging wierd gebragt. De trillingen der klok werden, mijns oordeels, medegedeeld aan de wanden van den toren, en de vloeistof, die op die wanden rustte, werd daardoor bewogen. Maar indien *het slaan* van eenen klok, olie, nog met zwartfel verdikt, heeft kunnen in beweging brengen; door de trillingen door de wanden voortgeplant, dan is het zeker niet te verwonderen, dat de zwaardere klok van St. Gudule *luidende* het kwik heeft in beweging gebragt.

Dewijl dan nu, volgens onze ondervinding, het geluid geene uitwerking op den barometer scheen te hebben, poogde ik de zaak nog nader te onderzoeken. Ik deed op den lichten dag den barometer naast het kanon, op de hoogte der monding, vrijelijk hangen, en toen het kanon à 12 lb met 3 kilog. geladen afschieten. Ik kon geen de minste oscillatie in het kwik van den barometer bespeuren, ofschoon het stuk bij herhaling werd afgevuurd.

De zesponder en de twaalfponder wierden vervolgens met verzwaarde lading geladen, de barometer bij de monding, zoo ver voorwaarts als gevoegelijk geschieden kon, gehangen, en de beide stukken door onze bekwame Artilleristen tegelijk op dezelfde seconde afgevuurd. Doch de slag, van 4,5 kilog. buskruid, zoo zwaar als geschieden kon, aangezet, had geen invloed, die eenigzins merkbaar was op den barometer.

Ik besluit uit deze ondervinding, dat de invloed van het geluid op den barometer ten hoogsten twijfelachtig is. Het uitgaan der kaarfen in de tent kan ik echter op geene wijze verklaren, anders dan met aan te nemen, dat de golving in de lucht, door het schot veroorzaakt, dezelve uitbluscht.

Dr. BENZENBERG heeft ook in 1811 eenige proeven genomen aangaande de uitwerking van het luiden van klokken op den barometer. Hij was in de gelegenheid, van zich hiertoe van het geluid van een' der zwaarste klok-

ken,

ken, dien van den Dom van *Keulen*, te kunnen bedienen. Deze weegt 12000 kilog. en de klepel 200 kilog. De barometer werd zoodanig gehangen, dat dezelve geheel afgescheiden was van den toren zelve. Dr. BENZENBERG kon, met deze voorzorgen, geen den minsten invloed van het geluid op den barometer bespeuren. (*)

§ 13.

BEREKENING VAN HET VERSCHIL VAN WATERPAS VAN
KOOLTJESBERG EN ZEVENBOOMEN, UIT DE WAAR-
GENOMENE HOOGTE VAN DEN BAROMETER.

Dewijl, gedurende den loop van de proeven over de snelheid des geluids, bij aanhoudenheid op de beide standpunten den barometer werd waargenomen, en de beide barometers vóór den aanvang der proeven zorgvuldig met elkander waren vergeleken, verkreeg men eene reeks van nauwkeurige barometrische waarnemingen, waaruit het verschil van het waterpas met die juistheid kon worden afgeleid, welke barometrische metingen van niet veel verschillende hoogten toelaten. Ik heb dan deze berekeningen gedaan na de tafels van den Heer OLTMANS, te vinden in het *Annuaire du bureau des longitudes*, en voeg derzelve ontkomsten hierbij, omdat mij niet bekend is, dat men immer in onze Noordelijke, vlakke Provinciën het verschil van waterpas door den barometer heeft getracht te bepalen. Zeker is het toch, dat in onze meeste waterbouwkundige aangelegenheden, het verschil in het waterpas van twee plaatsen met

(*) GILBERTS *Annalen* 1811, neue Folge, T. 9, p. 129.

met meer juistheid moet gekend worden, dan hetzelfde door den barometer kan gegeven worden; doch aan den anderen kant is deze handelwijze, wanneer de omstandigheden slechts eene nadering vereischen, uit hoofde van deszells gemakkelijke en geringe kosten aan te prijzen.

Den 25 Junij 1823 was de gemiddelde barometerstand gedurende de waarnemingen verbeterd van de werking der capilariteit en herleid tot 0° c.

	getalen de tafels van OLTMANS.
aan Kooltjesberg	0,7538 6085,4
Zevenboomen	0,7522 6068,4
	17,0
Verschil in hoogte der standpunten	17,0

De verbetering wegens de temperatuur der lucht. (thermomètres détachés) is als volgt:

De temperatuur der lucht was aan de Zevenboomen $7^{\circ},41 = t$
 Kooltjesberg $8^{\circ},54 = t'$

$$15,95 = t + t'$$

$$31,90 = 2(t + t')$$

en de verbetering is het duizendste der gevondene genaderde hoogte, vermenigvuldigd met $2(t + t')$, dus

$$\text{Verbetering} = 0,017 \times 2(t + t') = 0,017 \times 31,9 = 0,542$$

dus het verschil der hoogten $17,54$ volgens de waarnemingen van 25 Junij 1823.

G 2

Voorts

Voorts den 26 Junij 1823

Gemiddelde Barometer.	Getalen in de tafels van OLTMANS.	Temperat.
Kooltjesberg . . 0,7512 . . . .	. 6057,8	12°,54.
Zevenboomen . . 0,7493 . . . .	. 6037,6	11°,57.
	. . 20°,2	24°,11 = $t + t'$
$2(t + t') \times 0,02$	= 0°,96	48°,22 = $2(t + t')$
	. 21°,16	

Den 27 Junij 1823.

Gemid. Barom.	Getalen in de tafels van OLTMANS.	Temperat.
Kooltjesberg . . 0,7456 . . . .	. 5998,3	11°,11.
Zevenboomen . . 0,7439 . . . .	. 5980,1	11°,21.
	. . 18,2	22,31 = $t + t'$
$2(t + t') \times 0,018$	= 0,8	44,62 = $2(t + t')$
	19 ^m ,0.	

Den 28 Junij 1823.

Gemid. Barom.	Getalen in de tafels van OLTMANS.	Temperat.
Kooltjesberg . . 0,7487 . . . .	. 6031,2	11°,36.
Zevenboomen . . 0,7476 . . . .	. 6020,6	11°,07.
	. . 10 ^m ,6	22°,43 = $t + t'$
	. . 0°,4	44°,86 = $2(t + t')$

Verschil in hoogte volgens waarn. van 28 Junij 11^m,0

"	"	27 "	19°,0
"	"	26 "	21°,2
"	"	25 "	17,5
			68,7

Gemid. verf. in waterpas der beide standpunten 17^m,18.

Reeds

Reeds in 1818 heb ik de hoogte van den Domstoren te Utrecht, door meting met den barometer, gepoogd te bepalen, ten einde daaruit af te leiden, welke nauwkeurigheid de meting met den barometer voor geringe hoogten geeft.

Zie hier de bijzonderheden der waarneming.

De barometer, hangende binnen den trap van den toren, 3,14 boven het oppervlak van de straat, teekende 766,7, de honderddeelige thermometer 12°. Op den bovensten omgang, aan de borstwering gehangen, teekende de barometer 758 en de honderddeelige thermometer 10°; hieruit de hoogte berekend, volgens de tafels van OLTMANS in het *Annuaire du bureau des longitudes* 91,872

hoogte van den barometer boven de straat . . . 3,140

De balustrade van den hoogsten omgang . . . 95,012

Volgens de tafels van BIOT de berekening doende, heeft men 94,071

Volgens de formule van DE LUC 82,939

Gemiddeld 94,0.

De bovenste balustrade boven de straat.

Door meting met een schietlood, vond ik, dat de kwikbak van den barometer, hangende op den bovensten omgang, beneden den vergulden bol van de koningsstang, is 7,222 dierhalve,

De hoogte van dezen bol boven de straat, volgens

de tafels van OLTMANS 102,233

" " BIOT 101,292

de formule van DELUC 100,151

gemiddeld . . . 101,225

De Generaal KRAYENHOFF, heeft door driehoeksmeting, volgens zijne aantekeningen, in het Archief van het Instituut voorhanden, de hoogte van dezen vergulden bol boven de straat bevonden 322,775 voeten rijnlandsch of 101,248, hetgeen dus met het gemiddelde der barometrische meting slechts 0,123 verschilt.

Wanneer men de uitkomst volgens de tafels van OLTMANS, herleid tot engelsche voeten, heeft men

$$91,872^m = 301,421^{\text{voeten.}}$$

en dan de hoogte zoekt door middel van de barometrische schuifschaal van LESLIE, heeft men voor het verschil in waterpas door de schuifschaal 302 engelsche voeten, welke uitkomst voor de nauwkeurigheid van deze, voor reizigers gemakkelijke schaal pleit.

BIJLAGE La. A.

WISKUNDIG BEWIJS DER LAATSTE CORRECTIE

VAN

L A P L A C E DOOR R. VAN REES.

Om het betoog der laatste correctie $\sqrt{\frac{C'}{C}}$ van LA PLACE te kunnen begrijpen, moeten wij kortelijk dat zijner eerste correctie $\sqrt{1+K}$ laten voorafgaan. Men veronderstelt, dat de oorspronkelijke digtheid D van eenig luchtdeeltje door de snelle zamendrukking, welke de trilling van het geluid veroorzaakt, worde $D(1+\omega)$ zijnde ω eene zeer kleine grootheid, waarmede deze digtheid wordt vermeerderd, dan zoude, indien bij deze zamendrukking geene warmte ontwikkeld wierd, de veerkracht der lucht $g.p$ in die zelfde evenredigheid moeten toenemen, en dezelve zoude dus worden $g.p(1+\omega)$, doch indien wij nu vooronderstellen mogen, dat er bij die gelegenheid werkelijk warmte wordt vrij gemaakt dan kan $D(1+\omega)$ wel niet veranderen, omdat het luchtdeeltje wordt verondersteld, in dezelfde ruimte bedwongen te worden, maar de uitdrukking der veerkracht $g.p(1+\omega)$ verkrijgt daardoor eenen nieuwen term, welke evenredig is aan de vermeerdering ω van digtheid der lucht; noemen wij dezelve $K.g.p.\omega$, zijnde K eene standvastige coefficient, dan wordt de uitdrukking der veerkracht op $g.p(1+\omega+K\omega)$.

Wanneer men nu deze waarde overbrengt in de analytische redeneringen, welke tot het bewijs van NEWTONS formule leiden, veranderd de formule

$$\sqrt{\frac{g.p}{D}} \text{ in } \sqrt{\frac{g.p}{D}} \times \sqrt{1+K}.$$

Het

Het bewijs nu der laatste correctie rust aanvankelijk op dezelfde gronden.

Laat een luchtdeeltje, welkers oorspronkelijke digtheid was D , bij eene temperatuur van t graden, door snelle zamendrukking worden $D(1 + \omega)$, zijnde ω weder eene oneindig kleine grootheid. De veerkracht van deze lucht zoude naar dezelfde evenredigheid worden $g p (1 + \omega)$ indien er door de zamendrukking geene warmte uit die lucht werd ontwikkeld; daar dit geschiedt en de temperatuur van dat luchtdeeltje, 't welk in dezelfde ruimte bedwongen blijft, daardoor wordt verhoogd, moet noodzakelijk deszelfs veerkracht in eene grootere evenredigheid vermeerderen, laat de verhooging der temperatuur van dit luchtdeeltje zijn t' graden, dan zal de uitdrukking der veerkracht $g p (1 + \omega)$, welke bij de temperatuur t genomen was, door de verandering van die temperatuur in $t + t'$, nu worden $g p (1 + \omega) \left(1 + \frac{t' \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375)} \right)$ bij eene digtheid

$D(1 + \omega)$. (*) Deze formule $g p (1 + \omega) \left(1 + \frac{t' \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375)} \right)$ kan, met weglating van eenen oneindig kleinen term, ook aldus uitgedrukt worden $g p \left(1 + \omega + \frac{t' \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375)} \omega \right)$ waarin blijkbaar de term $\frac{t' \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375)} \omega$ gelijk is aan K in de vorige uitdrukking dezer veerkracht

(*) Wanneer men de drukking der lucht bij eene temperatuur van 0° voor de eenheid aanneemt, zal dezelve bij t° worden $1 + t \cdot 0,00375$ en bij $(t + t')^\circ$ $1 + t \cdot 0,00375 + t' \cdot 0,00375$ derhalve zal, wanneer men de drukking der lucht bij t° voor de eenheid aanneemt, dezelve bij $(t + t')^\circ$ worden $1 + \frac{t' \cdot 0,00375}{1 + t \cdot 0,00375}$.

kracht, $g p (1 + \omega + K \omega)$ welke wij bij het bewijs der eerste correctie gebruikt hebben, men kan dus deze waarde voor K in de plaats

stellen in de daaruit voortgesprotenne formule $\sqrt{\frac{g p}{D}} \cdot \sqrt{1 + K}$: zij

wordt derhalve $\sqrt{\frac{g p}{D}} \cdot \sqrt{1 + \frac{t \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375 \omega)}}$

Het geheel betoog der nieuwe correctie van LA PLACE bestaat dus daarin, dat men bewijze te zijn

$$\frac{C'}{C} = 1 + \frac{t \cdot 0,00375}{(1 + t \cdot 0,00375 \omega)}$$

Om dit te doen, laat X de hoeveelheid warmtestof beteekenen, welke een volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ bezit, bij eene temperatuur $t = \frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)}$ en bij eene drukking p .

Stellen wij nu dat deze lucht verwarmd wordt, tot de temperatuur t , en dit wel op tweederlei wijze:

Vooreerst; zóó dat het volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ bestendig hetzelfde blijft, dat is te zeggen, dat de lucht zich door die verwarming niet kan uitzetten, maar genoodzaakt wordt dezelve ruimte te blijven beslaan.

En vervolgens zóó, dat de drukking p dezelfde blijft, en zich dus de lucht naar evenredigheid van de verwarming welke zij ondervindt, vrijelijk kan uitzetten.

1°. In het eerste geval, wanneer het volumen $\frac{V}{1 + \omega}$ bestendig hetzelfde blijft, zal de drukking bij eene temperatuur t worden:

$$= p \frac{1 + 0,00375 \cdot t}{1 + 0,00375 \left(t - \frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)} \right)} = p (1 + \omega)$$

omdat de drukking der lucht, bij hetzelfde volumen, in de verschillende temperatuur t en t' tot eikander staan, als $1 + 0,00375 t : 1 + 0,00375 t'$.

2°. In het tweede geval, wanneer de drukking p daar en tegen bestendig blijft, en de lucht zich kan uitzetten, zal het volumen $\frac{V}{1 + \omega}$ bij de temperatuur t , veranderen in V , want wij zagen, dat een volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ bij de temperatuur t eene drukking uitoefende $= p (1 + \omega)$, derhalve is volgens de wet van MARIOTTE

$$p : p (1 + \omega) = \frac{V}{1 + \omega} : x = \frac{p (1 + \omega) \frac{V}{1 + \omega}}{p} = V.$$

In het eerste geval 't welk wij beschouwd hebben, wordt de temperatuur van het volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ vermeerderd met $\frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375(1 + \omega)}$ bij bestendig volumen; de specifieke warmte, in dat geval zijnde $= C$, zal de hoeveelheid warmtestof welke er noodig is om dit volumen $\frac{V}{1 + \omega}$ tot de

temperatuur t te verhoogen moeten zijn $= \frac{C V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$

$$\text{want } 1 : C = \frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)} : x = \frac{C (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)}$$

$$\text{en } 1 : \frac{C (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)} = \frac{V}{1 + \omega} : x = \frac{C V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

In het tweede geval wordt de temperatuur van het volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ vermeerderd met dezelfde hoeveelheid $\frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)}$, doch dit geschiedt bij bestendige drukking, de specifieke warmte in dat geval zijnde $= C'$, zal de hoeveelheid warmtestof welke benoodigd is om dit

dit volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ tot de temperatuur t te verhoogen, moeten zijn

$$= \frac{C' V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2} \text{ want}$$

$$1 : C' = \frac{(1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)} : x = \frac{C' (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

$$\text{en } 1 : \frac{C' (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 (1 + \omega)} = \frac{V}{1 + \omega} : x = \frac{C' V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

derhalve zal de hoeveelheid warmtestof, welke een volumen lucht = V bevat, bij eene drukking = p , en eene temperatuur = t , zijn

$$= X + \frac{C' V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

terwijl de hoeveelheid warmtestof welke een volumen lucht = $\frac{V}{1 + \omega}$ bevat, bij eene drukking = $p (1 + \omega)$ en bij dezelfde temperatuur = t zal zijn

$$= X + \frac{C V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

Hieruit blijkt dus, dat wanneer een volumen lucht = V bij eene drukking = p en eene temperatuur = t wordt zamengedrukt in de ruimte $\frac{V}{1 + \omega}$ er eene hoeveelheid warmtestof zal vrij worden, welke gelijk is aan het verschil der beide genoemde hoeveelheden, dat is:

$$= \frac{C' V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2} - \frac{C V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

$$= \frac{(C' - C) V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2}$$

deze hoeveelheid vrij geworden warmte, wordt nu geheel besteed om de temperatuur van het volumen $\frac{V}{1 + \omega}$ te verhoogen, hetwelk in dezelfde ruimte bedwongen wordt. Dewijl nu bij bestendig volumen, de specifieke warmte der lucht is = C , valt het ligt, te berekenen hoe veel ver-

hooging van temperatuur deze hoeveelheid warmtestof in het genoemde
volumen lucht zal veroorzaken, want

$$C : 1 = \frac{(C' - C) V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)^2} ; x = \frac{C' - C}{C} \frac{V \omega (1 + 0,00375 t)}{0,00375 (1 + \omega)}$$

en $\frac{V}{1 + \omega} : 1 = \frac{(C' - C) V \omega (1 + 0,00375 t)}{C \cdot 0,00375 (1 + \omega)^2} ; x = \frac{(C' - C) (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 C (1 + \omega)}$

De temperatuur van het volumen lucht $\frac{V}{1 + \omega}$ zal dus door de ontwikkelde
en vrijgewordene warmtestof verhoogd worden met

$$\frac{(C' - C) (1 + 0,00375 t) \omega}{0,00375 C (1 + \omega)} \text{ graden. Deze waarde nu noemden wij}$$

t' , in de uitdrukking $\frac{t' \cdot 0,00375}{1 + t' \cdot 0,00375} = K$, dewelke daarin overgebracht
zijnde, heeft men:

$$\frac{(C' - C) 0,00375 ((1 + 0,00375 t) \omega)}{C \cdot 0,00375 (1 + \omega) ((1 + 0,00375 t) \omega)} = \frac{C' - C}{C} = K.$$

wanneer men den deeler $(1 + \omega)$, om de geringe waarde van ω , verwaarloost.

$$\text{Derhalve } 1 + K = 1 + \frac{t' \cdot 0,00375}{1 + t' \cdot 0,00375} = 1 + \frac{C' - C}{C} = \frac{C'}{C}$$

$$\text{en de formule } \sqrt{\frac{g p}{D}} \times \sqrt{1 + K} = \sqrt{\frac{g p}{D}} \times \sqrt{\frac{C'}{C}}$$

dat te bewijzen was.

La. B.

HERLEIDINGEN DER WAARGENOMENE HOEKEN
TOT HET MIDDELPUNT DER STAND-
PLAATSEN.

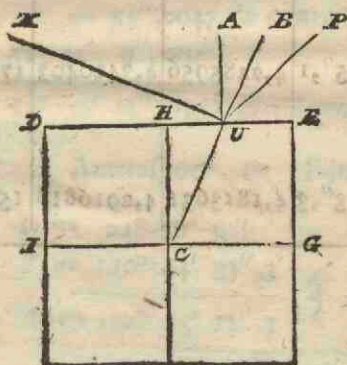
De formule is $C = O + \frac{R \sin. (O + T)}{D \sin. 1''} - \frac{R \sin. T}{G \sin. 1''}$

waarin is:

- C. De hoek van het middelpunt.
- O. De waargenomen hoek.
- T. De hoek van het linksche voorwerp, met het middelpunt der standplaats.
- R. De afstand van het werktuig tot het middelpunt der standplaats.
- D. De afstand van het regtsche voorwerp.
- G. De afstand van het linksche voorwerp.

Zie PUISSANT, *Traité de Géodésie* vol 1 p. 90. en *Base du Système métrique*, vol. 1 p. 120.

UTRECHT, OP DEN DOMSTOREN.



$$\left. \begin{aligned} DE &= 16,595 \\ DF = HC &= 8,298 \\ HU &= 0,863 \end{aligned} \right\} \text{Meters.}$$

$$\begin{aligned} \angle \text{Kooltjesberg } UD &= 37^\circ 29' 30'' \\ \angle \text{Amersfoort } UD &= 86^\circ 40' 48'',2 \end{aligned}$$

In den Δ HUC zijn bekend:

$$\left. \begin{array}{l} HU = 0,863 \\ HC = 8,298 \end{array} \right\} \text{Meters.}$$

$$\text{Tang } \angle HUC = \frac{R \times HC}{HU} = \frac{8,298}{0,863} = \text{Tang } 84^{\circ} 3' 45'', 1$$

$$\text{Voorts } UC = \frac{R \times HU}{\cos. \angle HUC} = \frac{0,863}{\cos. 84^{\circ} 3' 45'', 1} = 8,3428 = R.$$

Dus UC of $R = 8,3428$ Meters.

Gegevens voor de herleiding tot het middelpunt.

Waargenomene hoeken	R	\angle	Log D	Log G	D	G
Hoek K. U. A. 49° 11' 18'', 2						
Kooltjesberg en Amersfoort.	8,3428	121° 33' 15'', 1	4,2916818	4,3420403	19574,090	21980,6
Hoek K. U. B. 51° 31' 9'', 1						
Kooltjesberg en Zevenboompjes.	8,3428	121° 33' 15'', 1	4,2485956	4,3420403	17725,4	21980,6
Hoek A. U. P. 21° 38' 39''						
Amersfoort en Pijramide.	8,3428	170° 44' 33'', 3	4,1813631	4,2916818	15183,2	19574,090

Kool.

Kooltjesberg en Amersfoort, hoek K. U. A.

$$\begin{array}{r}
 O = 49^{\circ} 11' 18'',2 \\
 T = 121^{\circ} 33' 15'',1 \\
 (O + T) = 170^{\circ} 44' 33'',3
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 58^{\circ} 26' 44'',9 \\
 9^{\circ} 15' 26'',7
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{array}{r}
 1^{\text{ste}} \text{ Term} + 14'',1426 \\
 \quad - 66'',7126 \\
 \hline
 \quad - 52'',5700 \text{ de correctie} \\
 49^{\circ} 11' 18'',2000 \\
 \hline
 49^{\circ} 10' 25'',2300 \text{ gecentreerde hoek.}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 2^{\text{de}} \text{ Term} - 66'',7126
 \end{array}$$

Kooltjesberg en Zevenboompjes, hoek K. U. B.

$$\begin{array}{r}
 O = 51^{\circ} 31' 9'',1 \\
 T = 121^{\circ} 33' 15'',1 \\
 (O + T) = 173^{\circ} 4' 24'',2
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 58^{\circ} 26' 44'',9 \\
 6^{\circ} 55' 35'',8
 \end{array}
 \right.$$

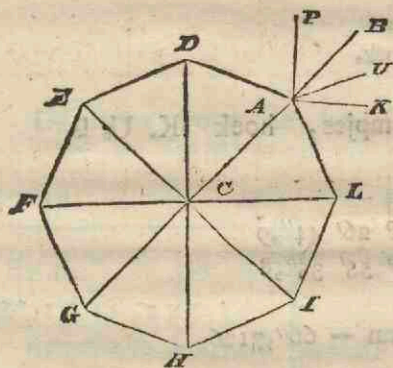
$$\begin{array}{r}
 1^{\text{ste}} \text{ Term} + 11'',7079 \\
 \quad - 66'',7126 \\
 \hline
 \quad - 55'',0047 \text{ de correctie} \\
 51^{\circ} 31' 9'',1000 \\
 \hline
 51^{\circ} 30' 14'',0953 \text{ gecentreerde hoek}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 2^{\text{de}} \text{ Term} - 66'',7126
 \end{array}$$

Amersfoort en Pijramide, hoek A. U. P.

$$\begin{array}{r}
 O = 21^{\circ} 38' 39'' \\
 T = 170^{\circ} 44' 33'',3 \\
 (O + T) = 192^{\circ} 23' 12'',3
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 9^{\circ} 15' 26'',7 \\
 12^{\circ} 23' 12'',3
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{array}{r}
 1^{\text{ste}} \text{ Term} = 24'', 31185 \\
 \quad - 14'', 14260 \\
 \hline
 \quad - 38'', 45445 \text{ de correctie} \\
 21^{\circ} 38' 39'' \\
 \hline
 21^{\circ} 38' 0'', 54555 \text{ gecentreerde hoek.}
 \end{array}$$

TOREN VAN AMERSFOORT.



$$\begin{array}{l}
 AD = DE = EF = FG = CH \\
 HI = IL = LA = 4 \text{ Meters.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \angle \text{Pijramide } AD = 49^{\circ} 2' \\
 \angle \text{Utrecht } AD = 94^{\circ} 12' \\
 \angle 7 \text{ Boompjes } AD = 73^{\circ} 31'
 \end{array}$$

In den Δ zijn bekend:

$$AD = 4 \text{ Meters.}$$

$$\angle ACD = 45^{\circ}.$$

$$\angle CAD = 67^{\circ} 30'$$

$$\angle CDA = 67^{\circ} 30'$$

$$\frac{AD \times \sin. \angle CDA}{\sin. \angle ACD} = \frac{4 \times \sin. 67^{\circ} 30'}{\sin. 45^{\circ}} = 5,22625 = R.$$

Gegevens voor de herleiding tot het middelpunt.

Waargenomene hoeken	R	T	Log. D	Log. G	D	G
Hoek U. A. K. Utrecht en Kooltjesberg . . . 72° 38' 14",7	5,22625	161° 42'	4,2412594	4,2916818	17428,5	19574,090
Hoek U. A. P. Utrecht en Pijramide 45° 43' 18",8	5,22625	116° 32'	4,2916818	3,8931644	19574,090	7819,24
Hoek K. A. B. Kooltjesberg en Zevenboompjes 93° 51' 39",1	5,22625	141° 1"	4,2412594	3,2980283	17428,5	1986,225

Utrecht en Kooltjesberg hoek U. A. K.

$$O = 72^{\circ} 38' 14",7$$

$$T = 161^{\circ} 42'$$

$$(O + T) = 234^{\circ} 20' 14",7$$

$$18^{\circ} 18'$$

$$54^{\circ} 20' 14",7$$

$$1^{\text{de}} \text{ Term} = 50",2528$$

$$2^{\text{de}} \text{ Term} = 17",2923$$

$$= 17",2923$$

$$= 1' 7",5451 \text{ de correctie}$$

$$72^{\circ} 38' 14",7000$$

$$72^{\circ} 37' 7",1549, \text{ gecentreerde hoek.}$$

I

Utrecht

Utrecht en Pijramide, hoek U. A. P.

$$O = 45^{\circ} 43' 18'',8$$

$$T = 116^{\circ} 32'$$

$$(O + T) = 162^{\circ} 15' 18'',8$$

$$63^{\circ} 28'$$

$$17^{\circ} 44' 41'', 2.$$

$$1^{\text{ste}} \text{ Term } + 16'',7848$$

$$- 123'',3435$$

$$2^{\text{de}} \text{ Term } - 123'',3435.$$

$$- 1' 46'',5587 \text{ de correctie}$$

$$45^{\circ} 43' 18'',8000$$

$$45^{\circ} 41' 32'',2413 \text{ gecentreerde hoek.}$$

Kooltjesberg en Zevenboompjes, hoek K. A. B.

$$O = 93^{\circ} 51' 39''$$

$$T = 141^{\circ} 1'$$

$$(O + T) = 234^{\circ} 52' 39''$$

$$38^{\circ} 59'$$

$$54^{\circ} 52' 39''$$

$$1^{\text{ste}} \text{ Term } - 50'',5905$$

$$- 341'',4310$$

$$2^{\text{de}} \text{ Term } - 341'',4310.$$

$$- 6' 32'',0215 \text{ de correctie}$$

$$93^{\circ} 51' 39''$$

$$93^{\circ} 45' 6'',9785 \text{ gecentreerde hoek.}$$

ZEVENBOOMEN.

KOOLTJESBERG.

Num- mers.	T I J D.	Kali- ber.	La- ding.	Tijdverloop tusssen het licht en het geluid.		BAROMETER in Metermaat.				THERMOMETER.		HYGROMETER VAN DANIELL.			W I N D.		GELUKTJUDIGHEID DER S C H O T E N.															
				Decim. tijd vol- gens het tertienHo- rologie. N ^o . 1	Gereduc ^d . in Sexa- gesim. tijd 1,69 ⁶³ ''.	Waargen. Baromet. Stand.	Correctie Thermo- meter. C.	Gecorri- geerde Baromet. Stand op 0 ^o Temp ^t .	Gecorri- geerde Baromet. Stand van de Capillari- teit.	Fahren- heit.	Honderd deelige.	Tempe- rat. van conden- satie. F.	Spann. van den Waterd ^{amp} . in Engel- sche duim- men.	Spanning in Meters van den Waterdamp.	Streek.	Kracht		Waargen. Baromet. Stand.	Correctie Thermo- meter. C.	Gecorri- geerde Baromet. Stand op 0 ^o Temp ^t .	Gecorri- geerde Baromet. Stand van de Capillari- teit.	Fahren- heit.	Honderd deelige.	Tempe- rat. van conden- satie. F.	Spann. van den Waterd. in Engel- sche duim- men.	Spanning in Meters van den Waterdamp	Streek.	Kracht				
1	des Avonds 9 ^h .	12	3	60''71'''	52''31	0,7508	11,40	0,7493	0,7524	47 ^o	8 ^o ,33	42 ^o	0,283	0,0071859	W. t. Z.	Matig	12	3	niet waar	0,7531	9 ^o ,50	0,7518	0,7533	47,75	8,75	40 ^o	0,263	0,0066781	Z. t. W.	Matig		
2	9 ^h .10'	12	3	61''02'''	52''59	0,7508	11 ^o	0,7493	0,7524	46 ^o	7 ^o ,78	41 ^o	0,273	0,0069320	W. t. Z.	idem.	12	3	"	0,7529	9 ^o ,25	0,7516	0,7536	47,50	8,61	40 ^o	0,263	0,0066781	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
3	9 ^h .20'	12	3	niet waar	gen.	0,7508	10,70	0,7494	0,7525	46 ^o	7 ^o ,78	41 ^o	0,273	0,0069320	Z. W. t. W.	"	12	3	niet waar	gen.	niet waar	gen.	niet wa	argen.	niet wa	argen.	niet wa	argen.	niet wa	argen.	Z. t. W.	"
4	9 ^h .30'	12	3	60''89'''	52''47	0,7508	10,50	0,7494	0,7525	43 ^o ,5	6 ^o ,39	42 ^o	0,283	0,0071859	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7530	9 ^o ,25	0,7517	0,7537	47,50	8,61	39 ^o	0,254	0,0064496	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
5	9 ^h .40'	12	3	niet waar	gen.	0,7508	10,25	0,7494	0,7525	44 ^o	6 ^o ,67	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7531	9 ^o ,50	0,7518	0,7533	47,50	8,61	40	0,263	0,0066781	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
6	9 ^h .50'	12	3	niet waar	gen.	0,7508	10,20	0,7494	0,7525	45 ^o	7 ^o ,22	42 ^o	0,283	0,0071859	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7531	9 ^o ,50	0,7518	0,7533	47,50	8,61	40	0,245	0,0062210	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
7	10 ^h .	12	3	60''59'''	52''20	0,7508	10,10	0,7494	0,7525	44 ^o	6 ^o ,67	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7531	9 ^o ,50	0,7518	0,7533	47,75	8,75	41	0,273	0,0069320	Z. t. W.	Kooltjesberg 0'',4 later.		
8	10 ^h .10'	12	3	60''89'''	52''47	0,7506	9,90	0,7493	0,7524	44 ^o	6 ^o ,67	44 ^o	0,305	0,0077446	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7530	9 ^o ,50	0,7517	0,7537	47,75	8,75	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
9	10 ^h .20'	12	3	niet waar	gen.	0,7506	10 ^o	0,7492	0,7523	44 ^o ,5	6 ^o ,94	44 ^o	0,305	0,0077446	W. t. Z.	"	12	3	60''04'''	51''89	0,7530	9 ^o	0,7518	0,7533	47,50	8,61	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	"	
10	10 ^h .30'	12	3	60''55'''	52''17	0,7505	10 ^o	0,7491	0,7522	44 ^o ,5	6 ^o ,94	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	niet waar	0,7533	9 ^o ,71	0,7520	0,7540	47,50	8,61	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	Kooltjesberg, 0'',6 vroeger.		
11	10 ^h .40'	12	3	niet waar	gen.	0,7505	10 ^o	0,7491	0,7522	45 ^o	7 ^o ,22	44 ^o	0,305	0,0077446	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7530	9 ^o	0,7518	0,7533	47	8,33	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	"		
12	10 ^h .50'	12	3	60''66'''	52''27	0,7505	10 ^o	0,7491	0,7522	45 ^o	7 ^o ,22	43 ^o	0,294	0,0074652	Z. W. t. W.	afwiss.	12	3	"	0,7531	9 ^o	0,7519	0,7539	47	8,33	41	0,273	0,0069320	Z. t. W.	bijna Gelijktijdig.		
13	11 ^h .	12	3	niet waar	gen.	0,7504	10 ^o	0,7490	0,7521	45 ^o	7 ^o ,22	44 ^o ,5	0,310	0,0078715	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7530	9 ^o ,75	0,7517	0,7537	47,25	8,47	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	"		
14	11 ^h .10'	12	3	60''95'''	52''52	0,7504	10,50	0,7490	0,7521	46 ^o	7 ^o ,78	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	"	0,7530	9 ^o ,25	0,7517	0,7537	47,50	8,61	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
15	11 ^h .20'	12	3	60''97'''	52''54	0,7504	10,50	0,7490	0,7521	46 ^o	7 ^o ,78	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	60''69'''	52''45	0,7532	9 ^o ,50	0,7520	0,7540	47,50	8,61	4	0,294	0,0074652	Z. t. W.	Gelijktijdig.	
16	11 ^h .30'	12	3	60''84'''	52''43	0,7504	10,40	0,7490	0,7521	47 ^o	8 ^o ,33	42 ^o ,5	0,288	0,0073129	W. t. Z.	"	12	3	62''59'''	54''09	0,7529	9 ^o ,50	0,7516	0,7536	47,50	8,61	43	0,294	0,0074652	Z. t. W.	Kooltjesberg, 1'' vroeger.	
17	11 ^h .40'	12	3	60''25'''	51''32	0,7503	10,30	0,7489	0,7520	45 ^o ,5	7 ^o ,50	43 ^o	0,294	0,0074652	W. t. Z.	"	12	3	niet waar	0,7532	8 ^o ,90	0,7520	0,7540	46,75	8,19	43	0,294	0,0074652	Z. t. W.	Gelijktijdig.		
18	11 ^h .50'	12	3	niet waar	gen.	0,7503	10,10	0,7489	0,7520	45 ^o	7 ^o ,22	43 ^o	0,294	0,0074652	W.	"	12	3	"	0,7531	8 ^o ,75	0,7519	0,7539	46,50	8,06	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	"		
19	12 ^h .	12	3	60''92'''	52''50	0,7503	10,20	0,7489	0,7520	45 ^o	7 ^o ,50	42 ^o ,5	0,288	0,0073129	W. t. Z.	"	12	3	61''75'''	53''36	0,7528	8 ^o ,75	0,7516	0,7536	46,50	8,06	42	0,283	0,0071859	Z. t. W.	Kooltjesberg, 0'',6 vroeger.	

WAARNEMINGEN van de snelheid van het geluid door G. MOLL & A. VAN BEEK, van den 27^{sten} Junij 1823.

ZEVENBOOMEN.

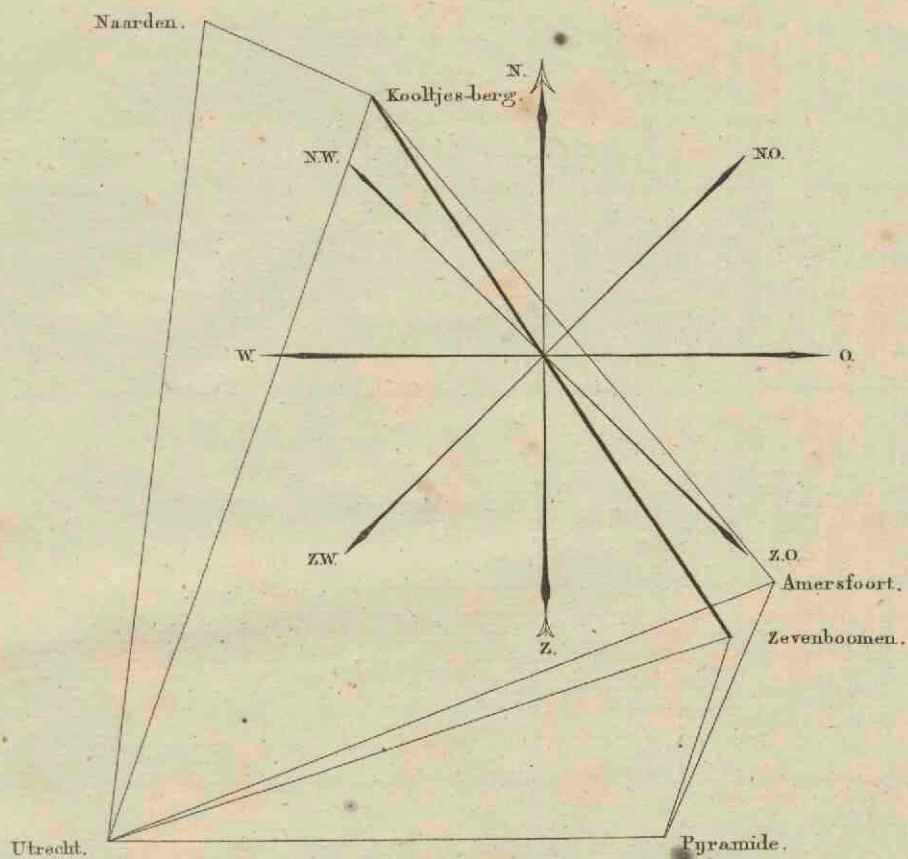
KOOLTJESBERG.

Num- mers.	T I J D.	Kali- ber.	La- ding.	Tijdsverloop tusschen het licht en het geluid.		BAROMETER in Metermaat.				THERMOMETER		HIJGROMETER VAN DANIELL.		W I N D.		G E L I J K T I J D I G H E I D S C H O T E N.	
				Decim. tijd vol- gens het tertienHo- rologie, N ^o . 1.	Gereduc ^d . in Sexa- gesim. tijd ,,69'63".	Waargen. Baromet. Stand.	Correctie Thermo- meter. C.	Geoorri- geerde Baromet. Stand op 0 ^o Temp ^t .	Geoorri- geerde Baromet. Stand van de Capillari- teit.	Fahren- heit.	Centesi- maal.	Tempe- rat. van Waterd. in Engel- sche duim- men. F.	Spann. van den Waterd. in Engel- sche duim- men.	Spanning in Meters.	Streek.		Kracht.
1	10 ^h .	12	3KG	61''39'''	52''90	0,74260	14 ^o	0,7407	0,7438	54 ^o	12 ^o ,22	49 ^o	0,363	0,0092173	Z.	Stil en afwisselend.	
2	10 ^h . 10'	12	3	61''15'''	52''69	0,74260	14,20	0,7407	0,7438	54 ^o	12 ^o ,22	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. O. t. Z.	»	
3	10 ^h . 20'	12	3	61''14'''	52''69	0,74260	14,10	0,7407	0,7438	53 ^o ,5	11 ^o ,94	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. t. W.	»	
4	10 ^h . 30'	12	3	61''17'''	52''71	0,74255	13,90	0,7407	0,7438	53 ^o ,5	11 ^o ,94	48 ^o ,5	0,357	0,0090649	Z.	»	
5	10 ^h . 40'	12	3	61''41'''	52''92	0,74250	14 ^o	0,7406	0,7437	53 ^o ,5	11 ^o ,94	49 ^o	0,363	0,0092173	Z. t. W.	»	
6	10 ^h . 50'	12	3	61''32'''	52''84	0,74250	14 ^o	0,7406	0,7437	53 ^o ,5	11 ^o ,94	49 ^o	0,363	0,0092173	Z. Z. W.	»	
7	11 ^h .	12	3	61''55'''	53''04	0,74255	14 ^o	0,7407	0,7438	53 ^o ,5	11 ^o ,94	49 ^o	0,363	0,0092173	Z.	»	
8	11 ^h . 10'	12	3	61''38'''	52''89	0,74255	14 ^o	0,7409	0,7440	53 ^o	11 ^o ,67	49 ^o ,5	0,363	0,0093697	Z. t. W.	»	
9	11 ^h . 20'	12	3	61''26'''	52''79	0,74255	13,90	0,7407	0,7438	53 ^o	11 ^o ,67	49 ^o	0,363	0,0092173	Z. W. t. Z.	»	
10	11 ^h . 30'	12	3	niet waar	gen.	0,74275	13,70	0,7409	0,7440	52 ^o ,5	11 ^o ,39	49 ^o	0,363	0,0092173	Z. Z. W.	»	
11	11 ^h . 40'	12	3	61''31'''	52''83	0,74275	13,60	0,7409	0,7440	52 ^o ,5	11 ^o ,39	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. Z. W.	Matig	
12	11 ^h . 50'	12	3	61''23'''	52''77	0,74260	13,55	0,7408	0,7439	52 ^o ,5	11 ^o ,39	49 ^o	0,363	0,0092173	Z.	»	
13	12 ^h .	12	3	61''26'''	52''79	0,74255	13,50	0,7407	0,7438	52 ^o ,5	11 ^o ,39	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. Z. W.	»	
14	12 ^h . 10'	12	3	61''49'''	52''99	0,74255	13,30	0,7408	0,7439	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. t. O.	»	
15	12 ^h . 20'	12	3	niet waar	gen.	0,74275	13,20	0,7410	0,7441	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. t. W.	»	
16	12 ^h . 30'	12	3	61''38'''	52''90	0,74275	13,10	0,7410	0,7441	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o ,5	0,357	0,0090649	Z. Z. W.	»	
17	12 ^h . 40'	12	3	61''08'''	52''64	0,74275	13 ^o	0,7410	0,7441	52 ^o	11 ^o ,11	49 ^o	0,363	0,0092173	Z. W. t. Z.	»	
18	12 ^h . 50'	12	3	61''39'''	52''90	0,74280	12,80	0,7411	0,7442	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. W.	»	
19	1 ^h .	12	3	61''55'''	52''87	0,74280	12,70	0,7411	0,7442	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. W. t. Z.	»	
20	1 ^h . 10'	12	3	61''41'''	52''92	0,74280	12,80	0,7411	0,7442	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. W. t. Z.	»	
21	1 ^h . 20'	12	3	niet waar	gen.	0,74270	12,70	0,7410	0,7441	52 ^o	11 ^o ,11	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. Z. W.	»	
22	1 ^h . 30'	12	3	61''46'''	52''91	0,74270	12,70	0,7410	0,7441	51 ^o	10 ^o ,56	48 ^o	0,351	0,0089126	Z. t. W.	»	
23	1 ^h . 40'	12	3	61''09'''	52''64	0,74250	12,60	0,7408	0,7439	50 ^o	10 ^o	47 ^o ,5	0,345	0,0087602	Z. Z. W.	»	
24	1 ^h . 50'	12	3	61''01'''	52''57	0,74250	12,60	0,7408	0,7439	50 ^o	10 ^o	47 ^o ,5	0,345	0,0087602	Z. Z. W.	»	
25	2 ^h .	12	3	61''38'''	52''90	0,74240	12,40	0,7407	0,7438	50 ^o	10 ^o	47 ^o ,5	0,345	0,0087602	Z. t. W.	»	
26	2 ^h . 10'	12	3	61''46'''	52''96	0,74240	12,40	0,7407	0,7438	50 ^o	10 ^o	47 ^o	0,329	0,0086079	Z. Z. W.	»	
27	2 ^h . 20'	12	3	niet waar	gen.	0,74240	12,40	0,7407	0,7438	50 ^o	10 ^o	47 ^o	0,329	0,0086079	Z. W. t. Z.	»	
28	2 ^h . 30'	12	3	61''26'''	52''79	0,74300	12,40	0,7413	0,7444	50 ^o	10 ^o	47 ^o	0,329	0,0086079	Z. W. t. Z.	»	

KOOLTIJSSBERG.

NEVENBOORT.

Kooltjessberg		Nevenboort	
Waarneemingen	Waarneemingen	Waarneemingen	Waarneemingen
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



Schaal van 20,000 Meters.

