

Foucault's pendulum

FK 165.4

Toestand van de wortelking der aarde  
op het steenmetal vlak en de slingers.

---

1

# Elementaire Theorie der Stijgen, proeven van Foucault.

---

Indien een ligchaam door  
dore of gene kracht gidevangen wordt zich  
in een vlakke te bewegen, zoo zal het, we-  
gens de zwaarte der fysicaar, die naar  
inertie of traagheid maakt, zich in die  
vlakke blijven bewegen, zoo lang het niet  
door een niet-windige oorzaak van die  
vlakke wordt afgeleid. De bykansidore be-  
wegingen in een vlak van ligchaam,  
worden volstuit niet gestaard, als het  
gehele vlak in de ruimte wordt voort-  
bewogen. Indien een ligchaam, dat zich  
door bepaalde krachten in een vlakke  
beweegt, met de trouwen maakt die  
krachten voorttelaijen, in de ruimte wordt  
verplaatst, zoo zal de vlakke, waarin het  
zich beweegt, evenwijdig aan zich zelve  
voortgaan. Zoo blijft de loopbaan der  
maan evenwijdig aan zich zelve, ten-  
wyl zy niet de kade om de zon wordt  
overgevoerd. Zoo maeten ook de loopbaan  
der planeten evenwijdig aan zich zelve  
blyven, opskoon zy niet de kade door  
de ruimte der schepping worden voort-  
wogen.

Indien de vlakke zelve, in  
welke een ligchaam zich beweegt, met  
zich in de ruimte verplaatst, en daarbij  
aan voorwaerden gekonden is, die haar  
beletten evenwijdig aan zich zelve voort-  
tegaan, zoo zal zy niet-stationair, wegens  
de inertie, steeds traakten der staad te

2  
behouden, dien zij insnuemt. Die voorwaer-  
den maectens zich met de inverteer-  
enigen, om aan den stand der vlakke,  
in een bepaald tydval, bepaalde veran-  
deringen taetbrengen. De voorwaerde,  
aan welke de vlakke moet beantwoor-  
den, in welke een dinget zyn skonome-  
dingen verbroecht, bestaat daerin, dat  
zij altijd loopen moet door den vasten  
hael der plaats, waar de dinget is opge-  
hangen. Is die vertikaal in rust, zoo  
zal die vlakke, wegens de inverteer, horen  
staed niet veranderen. Gaat die vertikaal  
verwijdij aan zich zelve voort, zoo  
zal ook die vlakke verwijdij aan zich  
zelve maeten voortgaan. Wanneer  
alder een dinget niet juist boven een  
van de polen der aerde is opgehangeren,  
kan de vertikaal, door welken zyn  
skonome de taet bestendig loopen moet,  
niet in rust zyn, maek verwijdij aan  
zich zelve voortgaan, daar hij, bestendig  
naar het middelpunt der aerde grient  
blyvende, by de wieteling der aerde een  
hoer at, de oppervlakke van een' repton  
wikkelvormigen kogel beschryven maek.  
De stingerwikkete kan alreus niet ver-  
wijdij aan zich zelve blyven in de  
verplaatting in de reente, die zij anders  
gaet, maek bepaald worden door de stand-  
verandering van den vertikaal om hoer  
eigene neiging, om den stand dien zij  
heeft te behouden.

De werking welke de inverteer  
op de standverandering der skonome-  
vlakke maek niet alleen, laat zich af-  
teisen niet, om opkolderen staer een wer-  
king der zwaartekraekt. Om dit veel

in te zien. Wanneer men zich dat al de linnen  
 laadregt op een platte vlakke oppervlakte even  
 uigdig naar elkander zigt en denzelfden stand  
 in de recinte hebben. De stand van zeelk  
 een dezerkende normaal, bepaalt die  
 van de vlakvete, tot welke hy behoort. Ver-  
 beeldt men zich een' oneindig grooten  
 kogel over die vlakvete, zoo zal zy, op de  
 oppervlakte van dien kogel, een' grooten  
 cirkel teekenen, en hare verlengde nor-  
 maal zal de oppervlakte van dien kogel  
 in twee tegen over elkander geplaatste,  
 grooten cirkelcirkelen, welke de polen van  
 die vlakvete en van dien grooten cirkel heet-  
 den noemen. Door de ligging van een der  
 polen, op de oppervlakte van den kogel,  
 wordt de stand der gemiddene vlakvete vol-  
 komen niet gedrukt, zoo dat de polen  
 van alle platte vlakken die oneindig  
 naar elkander zigt, zeelk zamen vallen,  
 en de verplaatsing der polen de standover-  
 andering van een vlakvete volkomen  
 uitdrukt. De insteek, door welke een  
 vlakvete steekt haare stand te bewaaren,  
 maekt alzo hierin bestaan, dat de polen  
 den vlakvete zich een weinig verplaatsen  
 als mogelijk is, en steeds eenen stand inne-  
 men, zoo dicht mogelijk by dien, welken  
 zy een oogenblik te voren innamen.

Laet een derzelve metalen  
 plaat een vlakvete verbeelden, en een van  
 zalen pen, laadregt op keeren bewaard, haare  
 normaal. Als men die pen met een  
 gewichtje bewaart, en de vlakvete zich,  
 op de wijze der rekompensoren, om een  
 dubbelt of laat bewegen, zoo dat zy ge-  
 heel vrij is, zoo zal zy, anders de wer-  
 king der zwaartekracht, raadswindig

in' horizontaleu staad moeten aannemen.  
 Als echter die vlakke gedraagenen wordt door  
 een lijn te loopen, die in een' spheriësch  
 staad met betrekking tot den horizon is  
 geplaatst, zoo zal zy ook een horizonta-  
 len staad kunnen aannemen, maar zy  
 zal, door de werking van de zwaartekracht  
 op het gewicht, meer staad verkrijgen,  
 zoo nabij den horizontalen, als de lijn  
 door welke zy loopen moet het gedaagt.  
 Zy (fig. 1) gkik die vlakke, ab de lijn  
 door welke zy gedraagen wordt te loo-  
 pen, cd haar normaal, d het gewichte-  
 gewicht en ce de verticale lijn, loopende  
 door het punt c. Is de taetel in rust ge-  
 worden, zoo heeft het gewicht d een bepaald  
 mogelyken staad in geraden; de lijn cd  
 maakt dan den kleinest mogelyken hoek  
 met de lijn ce en daarby vallen de lijnen  
ca, ce en cd in dezelfde verticale vlakke.  
 De pool der vlakke zelve staat daarby,  
 zoo dicht als haar mogelyk is, by de pool  
c der vlakke waerby zy steelt, en de  
 punten in welke de verlengde lijnen  
ca, ce en cd den aenindig grooten hoek  
 ontmoeten, liggen, op de oppervlakte van  
 den hoek, in denzelfden grooten cirkel.

De ligging van een vlakke  
 is bepaald, indien de ligging van twee,  
 elkander doorsnydende, lijnen is gegeven,  
 door welke zy loopen moet. Deze vlakke  
 moet loopen door de lijn ab en uit  
 onze voorgaande beschouwing laat  
 zich ligtelyk een tweede lijn afleiden,  
 door welke zy beëindigen, by elken staad  
 van de lijn ab, loopen moet. Zy gkkm  
 een vlakke loodrecht op de lijn ab en gk

kan doorsnede met de vlakke gkik. Trekt  
men in de vlakke gkik de lyn cf door het  
punt c loodrecht op ab, zaa zal die lyn,  
niet alleen op ab, maar ook op cd en ce  
loodrecht staan, en aldoo loodrecht zyn op  
een vertikaal vlak en evenwydig zyn aan  
den horizon. De lyn ag is evenwydig aan  
cf, en daarom zal ook de doorsnede ag,  
by elken stand van de lyn ab, evenwydig  
aan den horizon weten. Wird de lyn cd  
niet naar het middelpunt der aarde,  
maar naar een ander punt getrokken,  
zoo dat het vlak gkik bestendig streepje  
met een vlak kamertevallen, dat niet  
horizontaal was, zaa zaa de lyn ag  
niettemin altijd evenwydig aan dat vlak  
maeten blyven, onverschiklyk welken stand  
men aan de lyn ab geven moye.

zy nu ab de vertikaal van  
eene bepaalde plaats in de vlakke gkik  
haar horizon. Laat gkik de vlakke wor-  
elden, in welke ons stinger zyn sekun-  
delingen valbruyt, en stelden wy voor  
een oogenblik, dat die vlakke streepje  
een oorspronkelyken stand aanneemen,  
die aangevoren wordt door de vlakke,  
welke op de standvastige lyn ce loodrecht  
staat. Hoe nu de lyn ab zich verplaatst,  
de doorsnede ag van het sekunelvlak  
met den horizon, zaa de altijd evenwydig  
aan het oorspronkelyke sekunelvlak  
maeten blyven, en de lyn ag zaa de, by  
alle mogelyke standen van den vertikaal  
ab, den kogel in punten treffen, liggende  
in den grooten sirkel van den kogel, die  
den oorspronkelyken stand van het  
sekunelvlak voortgeeven oordigt.

6

De invloed der inertie doet het  
lichaam niet valken met de boven be-  
stuurde werking overen. De inertie  
trekt niet een lichaam zich zooder-  
ning te doen bewegen als het zich vroeger  
bewoog, maar het in even, reeds ge-  
rijde, beweging te doen valken. Als  
een lichaam  $b$  (fig 2) gedwongen wordt  
zich te bewegen over een punt  $a$ , kan het  
het, in  $b$  gekomen, steeds langs de rechte  
lijn  $bc$  voortgaan. Is het lichaam in  $d$   
gekomen, kan het het niet een bewe-  
ging aantemen, die het vroeger had,  
zoo als die zijn richting door de raaklijn  
 $bc$  wordt aangegeven, maar het steeft  
in de beweging te valken die het  
op dat oogenblik heeft, en zijn richting  
door de raaklijn  $de$  wordt uitgedrukt.  
Hield de kracht, die het lichaam  $b$  aan  
het middelpunt  $a$  verbindt, eensklaps  
op, terwijl het lichaam in  $d$  is gekomen,  
zoo zoude het lichaam langs de lijn  $de$   
voortgaan, zijn richting bepaald wordt door  
de punten in de rechte, welke het fig-  
uur toon in een enkel oogenblik te  
voeren inaan.

De inertie dwingt dus de  
lijn, onder welke het schommelvlak den  
horizon doorsnijdt, niet om altijd even-  
wijdig aan den oorspronkelijken stand  
van het schommelvlak te blijven, maar  
zich zooderling te bewegen, dat zij telkens  
het een oogenblik evenwijdig <sup>(zoud zijn)</sup> is aan  
den stand, welke het schommelvlak  
het onmiddellijk voorafgaande oogen-  
blik inaan. Het punt waarin de ver-  
langde lijn <sup>ag (fig 1)</sup> ~~de~~ de oppervlakte des kogels  
treft, zal zich niet over een grooten



Fig. 1.

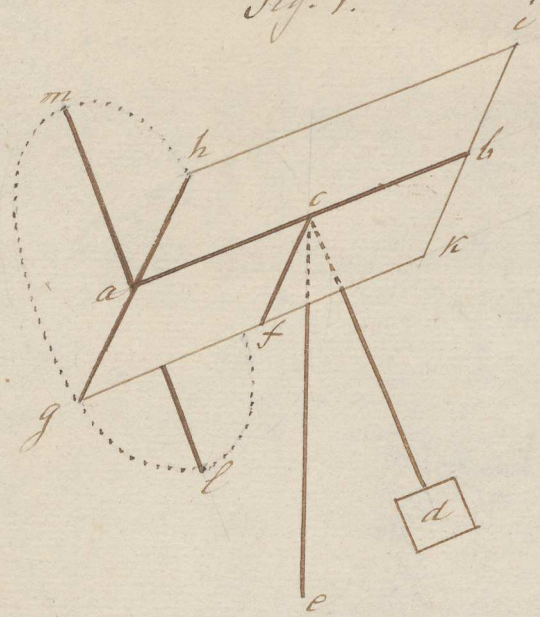


Fig. 2.

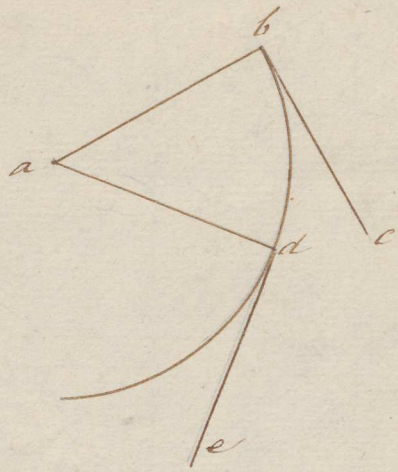


Fig. 3.

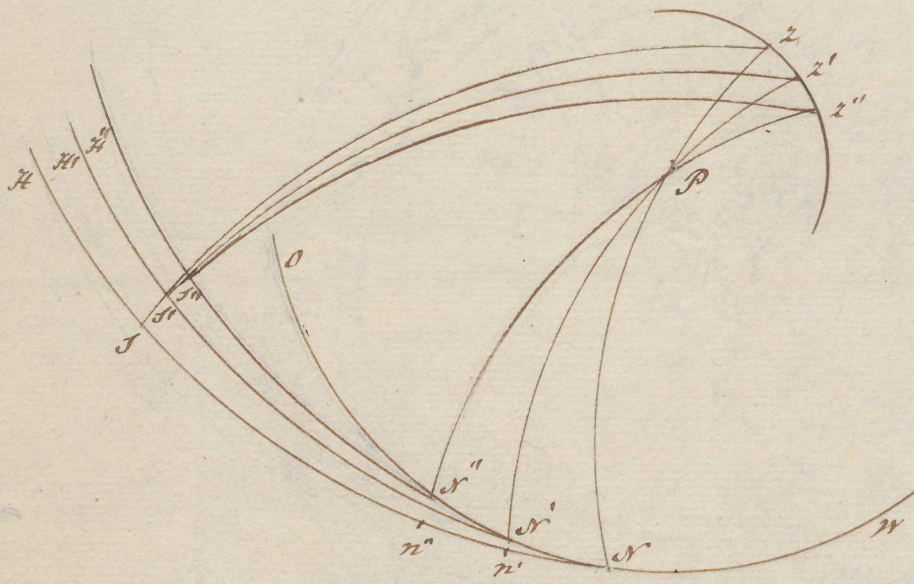
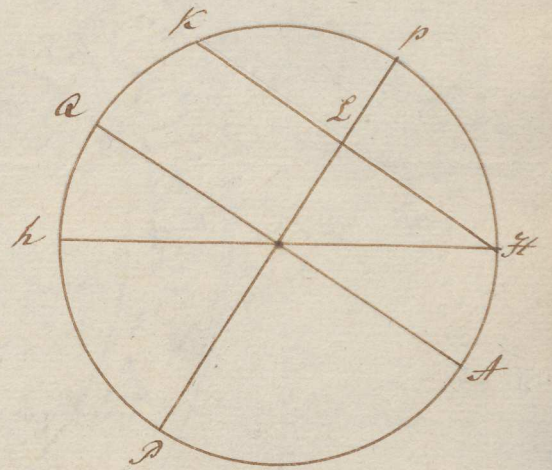


Fig. 4.



7  
cirkel bewegen, die dus voortaan het  
stand van het schommeldruk voorstelt, maar  
zijne beweging zal telkens tot een reeds  
geregeld stand van het schommeldruk  
kerlid maaken worden. Dit punt zal,  
op elk oogenblik, in den grooten cirkel  
liggen, welke de stand der schommeldruk  
te in het onmiddellijk voorgaande  
oogenblik niet dekte. Bij het volgende  
oogenblik ligt dit punt weder in den  
grooten cirkel, den stand der schommel-  
drakte in het eerstgemelde oogenblik voor-  
stellende, en zoo voortzigt. Door dezen regel-  
matigen oorgang, verbonden met de ver-  
strating welke de horizon door de ver-  
teling der aarde ondergaet, wordt de  
verstrikte beweging van de lyn, onder  
welke het schommeldruk den horizon  
maakt sijden, en van het punt door  
die hoornen in den horizon aange-  
voeren, volkomen bepaald.

Het Azimuth van een  
punt in den horizon, of van een  
lyn in hare vlakke geligen, wordt ge-  
rekeend van het Noorden of Zuiden.  
De Noord- en Zuidpunten van den hori-  
zen zijn standvastig met betrekking  
tot de aarde en standvastig met be-  
trekking tot de voorwerpen die ons  
omringen, maar zij komen, wegens  
de wending der aarde om hare as,  
gestadig met andere punten van  
de rechte, en met andere richtingen  
aan den vasten hemel overeen. Om  
het Azimuth der verandering te bepalen

welke het Azimuth ondergaat, van de  
 vlakke in welke een stringen zyne schouw-  
 melingen volbreugt, maar men kan niet  
 alleen op de volstrekte richting letter, van  
 de lyn, onder welke die vlakke door ho-  
 rizon doorsnijdt, maar ook op de vol-  
 strekte verplaatsing van de lyn, die, in  
 den horizon van een bepaald plaats  
 der aarde, de richting van het noorden  
 en zuiden aanwijst. In den tekenen  
 gelykden staet van den horizon der  
 plaats, moet men, voor aanschouwende  
 tyddesteppen, de plaats van het noorden  
 en de plaats van de draaiende met  
 het schoumeluik bepalen. De verande-  
 ring welke de afstand der punten, die  
 deze plaatsen uitdrukken, ondergaet, zal  
 de begeerde verandering van het Azimuth  
 der schoumeluik bepalen.

De volstrekte plaatsverandering  
 der punten, die met elkaander maaten worden  
 vergeleken, en de verandering welke hun ori-  
 esteringe afstand maal ondergaen, kan op  
 de volgende wyse aanschouwelyk gemaakt  
 worden. Zy (fig 3)  $P$  de pool der hemels,  $Z$  de  
 een deel van den parallel, die door het Zenith,  
 $N$  de een deel van den parallel die door  
 het noordpunt van den horizon aan den he-  
 mel wordt beschreven. Zy  $Z$  de plaats van  
 het Zenith voor een bepaald tyddestep,  $N$  de  
 draaiende overaanschuivende plaats van het  
 noordpunt der horizon,  $N'$  een deel van  
 den horizon voor dat tyddestep, welke horizon  
 den parallel  $N$  in het punt  $N$  maal  
 raakt. Zy  $Z'$  de oorspronkelyke schouw-  
 meluik. Laat  $Z'$ ,  $N'$ ,  $N''$  de plaatsen

9  
voorstellen welke  $Z$  is, noordpunt en  $S$  is  
zan, na verloop van een klein tydsdeeltje,  
zullen inruimen. Na verloop van dat kleine  
tydsdeeltje is de lijn, onder welke het schou-  
melvlak der horizon doorsneet, evenwijdig  
aan het oorspronkelijke schoumelvlak  
gebleven. Het punt van den hemel, door  
dit lijn aangegeven, ligt altes in den  
vertikaal  $ZS$ , en de vertikaal  $ZS$  treedt den  
nieuwen horizon  $N'S'$  in een punt  $S'$ ,  
dat de doorsnede van het nieuwe schou-  
melvlak met den nieuwen horizon zal  
voorstellen, zoo dat  $Z'S'$  den stand van  
het schoumelvlak, na verloop van het  
eerste tydsdeeltje, uitdrukt.  $SN$  is het  
azimuth van het stingerpunt voor het  
eerste oogenblik,  $S'N'$  dat azimuth voor  
het volgende oogenblik, en het verschil  
tusschen  $SN$  en  $S'N'$  is de azimuthale  
verplaatsing, die het schoumelvlak in  
het eerste tydsdeeltje onderging. Laat nu  
weder een klein tydsdeeltje verloopene,  
zoo dat, by den aanvang van het  
derde tydsdeeltje, de standen van zenith,  
noordpunt en horizon worden, zoo als  
in de figuur door  $Z''$ ,  $N''$  en  $N''H''$  wordt  
aangegeven. By den aanvang van het  
tweede tydsdeeltje werd het schoumel-  
vlak door den vertikaal  $Z'S'$  aangegeven,  
en by den aanvang van het derde tyds-  
deeltje, moet het snijpunt van het  
schoumelvlak met den horizon weder  
in den vertikaal vallen. By den aan-  
vang van het derde tydsdeeltje, ligt altes  
dat snijpunt in  $S''$ , waar de vertikaal  
 $Z'S'$  den horizon  $N''H''$  doorsnijdt, en  
 $Z''S''$  wordt het nieuwe schoumelvlak.

Volkommer op dezelfde wyze verplaatst in zijk  
 de punten  $N$  en  $S$  by alle volgende tydsdeeltjes.  
 Wy zien dat het trapezium  $S$ , van het hooft  
 melkvlak met den horizon, zijk aan den  
 hemel over een kromme bys beweegt,  
 welke bestemd is op de groote sirkels  
 loodrecht staat, die door den horizon, by  
 de elkanter opvolgende oogen blikken,  
 aan den hemel wordt geteekend in dat  
 dit voor groote tydvakken een maal als  
 voor kleine gelden maal. Een en welc  
 blik op de figuur is toereikend om te  
 doen in zien, dat het verschiep henschon  
 de boogen  $S$  en  $S'$ , althans op een weinig  
 na, gelijc maect bys aan den boog  $N$ .  
 De verandering in  $N$  en  $N'$ , welke het  
 hooftmelkvlak in een klein tydsdeeltje  
 ondergaet, is altes, op een weinig na,  
 gelijc aan de lengte van het boogje  
 des parallels, dat door het noordpunt van  
 den horizon, in dat kleine tydsdeeltje,  
 wordt beschreven. Dit geldt eker voor een  
 voor alle volgende tydsdeeltjes, en daar  
 een maal, ook in een groter tydvak,  
 de verandering van dat  $N$  en  $N'$ , met  
 de lengte van den boog, dien het noord  
 punt van den horizon in dat tydvak  
 aan den hemel aflegt, overeenstemmen.  
 Een nadere beschrijving van de figuur  
 kan hier waarschijnlijk ophelderen.

Verbeelden wy ons dat de  
 parallel  $N$  en  $N'$ , van het punt  $N$  uitgaen  
 de, langs den horizon  $N$  en  $S$  worde ontrolt,  
 en by die ontrooling de sirkels en punten  
 welke de lateren standers van horizon  
 in  $N$  en  $N'$  vertegenwoordigen, niet zijk  
 vaert. Is de parallel een ver over den ho  
 rizon  $N$  en  $S$  geald, dat het punt  $N'$  in dien

horizon is getrokken, dan zal  $N'Z'$  op  
 den horizon loodrecht staan, het zenith  
 $Z'$  zal met  $Z$  in de horizon  $N'S'$  zal  
 met  $N'S$  samen vallen. Daar het lood-  
 rechte  $S'S'$  loodrecht op  $N'S$  staat, zal het  
 punt  $S'$ , bij die ontrolling, op zeer  
 weinig na, langs den vertikaal  $S'S$   
 nederdalen en het punt  $S'$  zal, althans  
 op graatkeders van hoogere orde na,  
 met het punt  $S$  samen vallen. Dezelfde  
 redenering geldt voor alle volgende oo-  
 genblikken. In de parallel zal ver uit-  
 vollen, dat het punt  $N''$  in  $N'S$  komt te  
 vallen, zal het zenith  $Z''$  met  $Z$ ,  
 de horizon  $N''S''$  met  $N'S$ , en het punt  
 $S''$  met de punten  $S$  en  $S'$  samen vallen.  
 Bij de ontrolling van den parallel, die  
 het noordpunt beschrijft, over den horizon  
 in zijn oorspronkelijken stand, vallen  
 dus de punten, die de doorsneden  
 van het schommelseek met den hori-  
 zont voorstellen, te zamen. Zie.  $n', n''$   
 met de punten in welke de punten  
 $N', N''$  met, bij de ontrolling van den  
 parallel, in den horizon  $N'S$  vallen,  
 dan zijn de bogen  $n'S, n''S$  met. getrokken  
 naar de bogen  $N'S, N''S$  met. De bogen  
 $Nn', Nn''$  met. worden alzo de verschil-  
 den teefkenen de schommelen  $N'S$  en  $N''S$ ,  
 $N'S$  en  $N''S$  met, en dit maekt zoo voor  
 onbepaalde tydsdueren voortgaan, weel  
 de vanderling voor alle tydsdueren van  
 getrokken lengte valstreckt derzelfde is.  
 De bogen  $Nn', Nn''$  met., niet anders  
 zijnde dan de bogen  $Nn', Nn''$  met.  
 langs den horizon ontvallen, hebben de-  
 zelfde lengte als de bogen van den parallel

$\sin' \cos'' \sin'$ . Wij zien hier dat, onder  
 veronderstelling der graatkreders van twee  
 90e graden, de arithmetische plaatsverander-  
 derving van het sekundenelck, in een  
 onbepaald tydruim, gelyk is aan de  
 lengte van den boog, welken het noord-  
 punt van den horizon, in dat tydruim,  
 naar den kromel aflegt.

by een (fig 4)  $APQ$  de  
 meridiaan van een plaats,  $p$  de noord-  
 pool des kromels,  $h$  de horizon,  $HK$   
 de parallel, welken het noordpunt van den  
 horizon  $H$  naar den kromel beschryft, en  
 $AK$  de aequator. Men ziet dat de parallel  
 $HK$  een cirkel is, met den straal  $HK$  be-  
 schreven en, den straal des kromels der de  
 eenheid waarmetende, is  $HK$  de sinus  
 van den boog  $pH$ . Maar  $pH$ , de afstand  
 van de pool tot het noordpunt van den  
 horizon, is gelyk aan de breedte der  
 plaats, die wy  $\phi$  zullen noemen, en alzo is:

Omtr. parallel: omtr. grooten cirkel  $\propto \sin \phi$   
 en voor boogen tot dezelfde hoeken behoorende:  
 boog van den parallel = boog van den gv. cirkel  $\times \sin \phi$

In een uur word, door elk punt  
 van den kromel,  $15^\circ$  van den cirkel afgeleid den  
 kromel beschryft. In een uur legt het noordpunt  
 van den horizon een boog van een' grooten  
 cirkel af, ten bedrage van

$$15^\circ \times \sin \phi;$$

en daar de verandering van het sekunden-  
 elck met de lengte  
 van den boog overeenkomt, is die ver-  
 andering, in den tyd van een uur, gelyk aan

$$15^\circ \times \sin \phi$$

Blykes de figuur, verplaatst  
 zids het sekundenelck in een richting  
 van het oosten naar het Westen.