

Ing. Slavko Cimerman — Zagreb

Dnevne promjene elemenata Reichenbachovog daljinomjera

Iz referata održanog pred pozvanom komisijom Geodetske Uprave na Tehničkom fakultetu u Zagrebu dne 19. V. 1951.

God. 1946. objavio je prof. ing. Svečnikov u Geodetskom glasniku svoj rad pod naslovom »O uticaju nekih činilaca na tačnost određivanja odstojanja običnim tahimetrom«. U tom radu primjetio sam jednu značajnu činjenicu. Na temelju rezultata opažanja i mjerenja Reichenbachovim daljinomjerom utvrdio je prof. Svečnikov da se primjećuje dnevno kolebanje optički mjerene dužine. Utvrđeno je (statistički) da se dužina popodne i pred večer povećava. Oko devet sati do podne također dužina ima neki relativni maksimum. (Tablica 1, 2)

U svojoj knjizi »Geodezija za II. razred« na str. 363 prof. Svečnikov daje tabelu korekcija sa uputom za popravljene dužina mjerenih u vrijeme od 16 do 18 sati. (Tablica 3)

Nisam dobio utisak, da prof. Svečnikov pristaje na tumačenje ovih dužinskih promjena pomoću refrakcije, iako spominje publikaciju dr. Egerta: »Einfluss der Refraktion auf die Fadendistanz-messung« Z. f. V. 1911/18. Pisac ovih redaka sklon je isto takovom gledanju. Maksimalna relativna pogreška, koja je primjećena gotovo 1/400 čini se prevelika, da bi se cijela mogla prevaliti na refrakciju. Očito je, da iako pravilnik ne predviđa upotrebu ove tablice, ipak se sa sigurnošću preporuča njezina upotreba. Prirodno se prema tome nameće želja, da se ipak utvrde uzroci ovako znatnih kolebanja.

Otvoreno pitanje popodnevnog produženja dužine mnogi su pokušali tumačiti termičkim razlozima. Bio sam također sklon traženju uzroka u termičkim promjenama, iako jutarnje produženje ne bi bilo s time u skladu. Uopće teško je teoretski i eksperimentalno pratiti termičke uzroke (širenje topline i zakašnjenje istezanja). Od oka su se činile te promjene prevelike da bi ih se moglo pripisati samo termičkim promjenama na mjeranom instrumentu i priboru.

Vršeci nedavno neke pokuse primjetio sam neke činjenice, koje su dovele na razmišljanje o učincima spektralnih promjena i fizikalno optičkih uzroka na geodetske instrumente i tako na sam Reichenbachov daljinomjer.

I. Tokom jednog dana na jednom opažачkom mjestu ima bezuvjetnih fizikalnih promjena i upliva, od kojih se takorekuć ne možemo osloboditi. Trajanje sunčanog zračenja i njegove promjene stvaraju znatne promjene u temperaturi najnižih slojeva atmosfere. Posljedice toga su poznate promjene u dimenzijama tijela — stezanje odnosno istezanje (uzdužno i volumno). Mnoge slučajne pogreške pripisuju se dakle tim termičkim promjenama.

* Preštampano iz Tehničkog pregleda, Zagreb 1951. Broj 3.

Tablica br. 1. **Neposredno mereno otklojanje: 48,65 m.** Tehnološki Beuthaupt's br. 38665.

Doba dana	Preći dan: 16 jula										Drugi dan: 19 jula										Treći dan: 23 jula									
	Čitanja su vršena na:					Sredina $O_1 = \frac{O_d + O_s + O_g}{3}$	Čitanja su vršena na:					Sredina $O_2 = \frac{O_d + O_s + O_g}{3}$	Čitanja su vršena na:					Sredina $O_3 = \frac{O_d + O_s + O_g}{3}$												
	donjem delu letre	sredini letre	gornjem delu letre	Vert. ugao $\alpha = +0^{\circ}01'$	O_s		donjem delu letre	sredini letre	gornjem delu letre	Vert. ugao $\alpha = +0^{\circ}01'$	O_s		donjem delu letre	sredini letre	gornjem delu letre	Vert. ugao $\alpha = +0^{\circ}01'$	O_s													
	Vert. ugao $\alpha = -1^{\circ}17'$	O_d	Vert. ugao $\alpha = +1^{\circ}17'$	O_g	Vert. ugao $\alpha = +1^{\circ}17'$	O_d	Vert. ugao $\alpha = +0^{\circ}01'$	O_s	Vert. ugao $\alpha = +1^{\circ}17'$	O_g	Vert. ugao $\alpha = -1^{\circ}17'$	O_d	Vert. ugao $\alpha = +1^{\circ}17'$	O_g	Vert. ugao $\alpha = +1^{\circ}17'$	O_d														
7 čas	—	—	—	—	—	48,68	48,70	48,68	48,68	48,69	—	—	—	—	—	—														
8	48,58	48,60	48,58	48,58	48,59	48,68	48,80	48,78	48,75	48,75	48,68	48,70	48,68	48,70	48,68	48,68														
9	48,58	48,70	48,68	48,68	48,65	48,58	48,70	48,68	48,69	48,69	48,58	48,70	48,68	48,70	48,68	48,66														
10	48,58	48,70	48,68	48,68	48,65	48,58	48,60	48,58	48,59	48,59	48,58	48,60	48,58	48,70	48,68	48,63														
11	48,58	48,60	48,58	48,58	48,59	48,58	48,60	48,58	48,59	48,59	48,58	48,60	48,58	48,70	48,68	48,60														
12	48,58	48,60	48,58	48,58	48,59	48,58	48,60	48,68	48,62	48,62	48,58	48,60	48,68	48,70	48,68	48,61														
13	48,58	48,70	48,58	48,58	48,62	48,58	48,70	48,68	48,65	48,65	48,58	48,70	48,78	48,78	48,69	48,65														
14	48,68	48,70	48,68	48,68	48,69	48,68	48,80	48,88	48,79	48,79	48,68	48,70	48,78	48,78	48,72	48,73														
15	48,68	48,70	48,78	48,78	48,69	48,68	48,80	48,78	48,75	48,75	48,68	48,70	48,78	48,78	48,72	48,73														
16	48,68	48,70	48,68	48,68	48,69	48,68	48,80	48,88	48,79	48,79	48,68	48,70	48,78	48,78	48,72	48,73														
17	48,68	48,70	48,78	48,78	48,72	48,68	48,90	48,88	48,82	48,82	48,68	48,70	48,78	48,78	48,75	48,76														
18	48,68	48,70	48,78	48,78	48,72	48,78	48,90	48,98	48,89	48,89	48,68	48,80	48,78	48,78	48,75	48,79														

Doba dana	Prvi dan: 12 jula						Drugi dan: 14 jula						Treći dan: 15 jula						
	Čitanja su vršena na:						Čitanja su vršena na:						Čitanja su vršena na:						
	donjem delu letve	sredini letve	gornjem delu letve	Vert. usao $\alpha = -23'$	Vert. usao $\alpha = +10'$	Sredina $O_1 = \frac{od+os+og}{3}$	donjem delu letve	sredini letve	gornjem delu letve	Vert. usao $\alpha = -30'$	Vert. usao $\alpha = +18'$	Sredina $O_2 = \frac{od+os+og}{3}$	donjem delu letve	sredini letve	gornjem delu letve	Vert. usao $\alpha = -20'$	Vert. usao $\alpha = +17'$	Vert. usao $\alpha = +54'$	Sredina $O_3 = \frac{od+os+og}{3}$
	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}	O_{16}	O_{17}	O_{18}
7 čas	119,89	120,00	119,97	119,95	120,00	120,10	120,07	120,06	120,00	120,10	120,07	120,00	120,20	120,37	120,00	120,20	120,37	120,19	120,07
8	119,99	120,10	120,27	120,12	119,90	120,00	120,07	119,99	119,90	120,00	120,07	120,10	120,10	120,17	120,00	120,10	120,17	120,09	120,07
9	119,79	120,10	120,17	120,02	119,90	120,00	120,07	119,99	119,90	120,00	120,07	120,10	120,10	120,17	120,00	120,10	120,17	120,09	120,08
10	119,89	120,10	120,07	120,02	119,90	119,90	119,97	119,92	119,90	119,90	119,97	120,00	120,00	120,17	119,90	120,00	120,17	120,02	119,99
11	119,89	120,00	119,97	119,95	119,90	120,00	119,97	119,96	119,90	120,00	119,97	120,00	120,00	119,97	119,90	120,00	119,97	119,96	119,97
12	119,79	120,00	119,97	119,92	119,80	119,90	120,17	119,96	119,90	119,90	120,17	120,00	120,00	119,97	119,90	120,00	119,97	119,96	119,95
13					119,90	120,00	120,07	119,99	119,90	120,00	120,07	120,00	120,00	120,07	119,90	120,00	120,07	119,99	119,99
14	119,79	120,10	120,07	119,99	119,90	120,10	120,17	120,06	119,90	120,10	120,17	120,00	120,10	120,17	120,00	120,10	120,17	120,09	120,05
15	119,89	120,10	120,07	120,02	120,10	120,20	120,07	120,12	120,10	120,20	120,07	120,00	120,00	120,07	120,00	120,00	120,07	120,02	120,05
16	119,99	120,10	120,07	120,05	120,10	120,10	120,17	120,12	120,10	120,10	120,17	120,10	120,10	120,17	120,10	120,10	120,27	120,16	120,11
17	120,09	120,10	120,17	120,12	120,10	120,20	120,17	120,16	120,10	120,20	120,17	120,16	120,10	120,17	120,00	120,10	120,17	120,06	120,12
18	120,09	120,20	120,27	120,19	120,30	120,20	120,27	120,26	120,30	120,20	120,27	120,26	120,20	120,27	120,10	120,10	120,37	120,19	120,21

Kao slijedeća fizikalna promjena mnogo se spominje geometrijsko optička promjena nazvana refrakcijom, također posredno dovedena u vezu sa sunčevim zračenjem, sa temperaturnim stanjem odnosno sa temperaturnim gradientom. Za potpuno obuhvaćanje uzroka refrakcije proširuju se opažanja na stanje atmosferskog tlaka i vlage.

Mnogo je pisano o refrakciji, manje ili više točno. Previše se toga nepoznatog pripisivalo refrakciji* a premalo se vodilo računa o tome gdje je upliv refrakcije baš od naročitog značaja, kao na pr. na preciznom nivelmanu. Razlog je u kvalitativnom razmatranju refrakcije. Dragocjeni su radovi dr. Kukkamakj i dr. Brocksa, koji su konačno prekinuli deskriptivno tretiranje refrakcije i otvorili put u ozbiljno i temeljito naučno kvantitativno rješenje pitanja refrakcije.

Držim, da će izvjesno ne odvajanje refrakcije od fizikalno optičkih promatranja također donijeti prilog boljem upoznavanju refrakcije.

Do sada pretežu metode posrednog mjerenja i računanja refrakcije, jer ne postoji način njenog direktnog mjerenja. Kod trigonometrijskog mjerenja on se izgleda upravo preformira u vidu specijalnih obostranih istovremenih opažanja; nivelman još uvijek nema način direktnog mjerenja.

Dosadajući rezultati govore da nema smisla govoriti o konstantnom koeficientu refrakcije $k = 0.13$.

prof. Svečnikov: Tablica 3.

Tablica popravaka otstojanja određena optičkim putem u vremenu posle 16 časova			
Čas merenja	Dužina poligone strane		
	od 40 do 80 m	od 81 do 120 m	od 121 do 160 m
Popravke u santimetrima			
16 ^h 00 m	—6	8	10
30 m	7	9	11
17 ^h 00 m	8	10	12
30 m	10	12	14
18 ^h 00 m	14	16	18

* Citiram na pr. prof. Dr. R. Finsterwaldera na slučaju trigonometrijskog mjerenja visina: »Der Einfluss und die Unsicherheit der Refraktion wurden bisher stark überschätzt weil die durch die Lotstörungen nach (5) hervorgerufenen Fehler vñ irrthümlich der Refraktion zur Last gelegt werden«.

Iz tih rezultata je ujedno moguće zaključiti, da smo previše refrakcionog utjecaja pripisivali mjerenjima provedenim Reichenbahovim daljinomjerom, osim u slučaju kad zaista čitamo na letvi u samom podnožju. I kod horizontalne i vertikalne letve pri mjerenju dužina javlja se upliv samo t. zv. diferencijalne refrakcije.

Utjecaj refrakcije postoji bezuvjetno, dapače po najnovijim istraživanjima dnevni hod refrakcije se može podudarati s opaženim promjenama navedenim u tabeli 1. Moguće da kod vizura 50 do 120 m možemo očekivati utjecaj refrakcije čak i decimetarskog reda, ali promjeni od 3 dm držim da treba pokušati pronaći još koji drugi uzrok. Ne treba izgubiti iz vida da je priroda, odnosno naš teren, laboratorij sa vrlo isprepletenim fizikalnim uslovima i prema tome može se očekivati i nepovoljniji slučaj zbrajanja učinaka.

Tokom jednog dana na jednom opažačkom mjestu sunčana svjetlost (zračenje) kvalitativno mnogo se mijenja. Spektralni odnosi, obzirom na intenzitet pojedinih valnih dužina, se mijenjaju. (Tabela 4)

Izgleda, da se ne može govoriti o simetriji stanja s obzirom na meridijan (podne), ili zenit.

Mi iskorišćujemo reflektiranu i difuznu sunčanu rasvjetu. Svjetlost na putu kroz atmosferu do zemlje i do instrumenta prate izvjesni fizikalni događaji a to su:

1. raspršenje (difuzija) svjetlosti na samoj atmosferi i slabljenje,
2. fiziološka difuzija,
3. obična refleksija.

a) Sveukupna sunčana energija definira se spektralnim grafikonom, koji ne pokazuje nekih osobitih likovnih pravilnosti. Uzrok nepravilnostima su neočekivane promjene difuzije i absorpcije. U pojavi raspršenja, s obzirom na dužinu puta zrake svjetlosti kroz atmosferu ima međutim izvjesne pravilnosti, mi bi rekli sistematičnosti. Time se može dovesti tumačenje raspršenja u funkcijsku vezu sa zenitnom udaljenosti sunca. Pod večer a naročito pred zalazak sunca taj je učinak raspršenja najveći.

Smanjenje intenziteta svjetlosti unutar granica vidljivog spektra, koje uzrokuje raspršenje, najveće je za kratkovalni dio spektra i smanjuje se prema duževalnom.

Atmosfera je, naročito u donijm slojevima, prilično mutni medij, natrunjen parom, prašinom, dimom i t. d. Sve te čestice, kao strano tijelo, stvaraju uzrok za raspršenje odnosno za gubitke. Mi ćemo se poslužiti Rayleighovom formulom, kojom se tumači promjena intenziteta u ovisnosti od valne dužine

$$I_a = \frac{c}{\lambda^4}$$

Iz toga slijedi na pr. da kratkovalni rub vidljivog spektra t. j. ljubičasto sa $400 \text{ m}\mu$ ima 16 puta veće raspršenje od crvenoga sa $800 \text{ m}\mu$. Ako se maknemo sa $\lambda = 590 \text{ m}\mu$ na $600 \text{ m}\mu$ pokazuje se već razlika u

A. L. Taylor — G. P. Kerr: Krivulja prosječne raspodjele energije za dnevno svjetlo.

A) zenitno nebo, temperatura boje 13.700°K; B) sjeverno nebo u ravni. 45° temperatura boje 10.300°K, C) totalno prekrivno nebo temperatura boje 6.500°K, D) sunce plus nebo u horizontalnoj ravnini temperatura boje 6.000°K, E) direktno sunčano svjetlo temperatura boje 5.335°K.

Podaci su dobiveni u okolici Cleveland-a u uvjetima koji predstavljaju prelaz između povoljnih i nepovoljnih uvjeta atmosfere. Ekstremi nisu obuhvaćeni. O konstantnosti, vele autori nema govora, a najkonstantnija svjetlost bi se dobila u horizontalnoj ravnini sa suncem plus čitavo nebo.

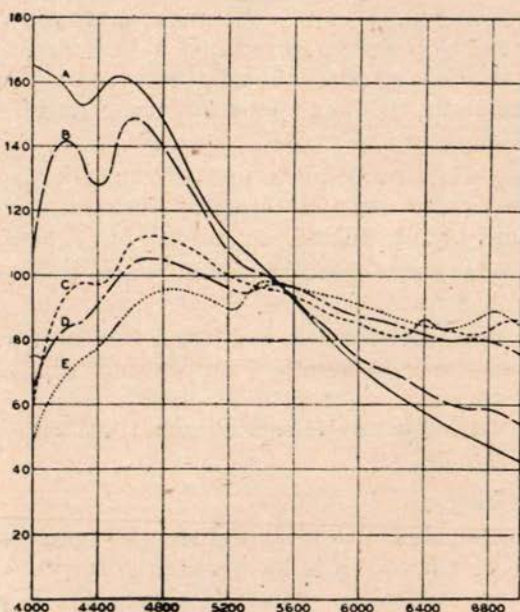


Tabela 4

A. H. Taylor-G. P. Kerr: Prosječne temperature boje dnevnoga svjetla za različito godišnje doba i vremenske uvjete (svjetlo primljeno u horizontalnoj ravnini)

	April i maj	Jun i juli	Septemb i oktob.	Novemb. Decemb. i Februar
Direktno sunčano svj. samo 9 prije do 3 pop.	5800°K	5800°K	5450°K	5500°K
Direktno sunčano svj. prije 9 h i poslije 3	5400	5600	4900	5000
Sunčano svj. plus svj. vedrog neba	6500	6500	6100	6200
9 prije do 3 pop.	6100	6200	5900	5700
Prije 9h i poslije 3h				
Sunčano svjetlo plus svj. neba slabo prekritoga ili uz sumaglicu	5900	5800	5900	5700
Sunčano svjetlo plus nebesko 25 do 75% prekrivno	6450	6700	6250	—
Totalno prekrivno nebo	6700	6950	6750	—
Svjetlo neba sa sumaglicom ili dimom	7500	8150	8400	7700
Svjetlo sa plavog vedrog neba				
9 prije podne do 3 pop.	26000	14000	12000	12000
Prije 9 i poslije 3.	27000	—	—	12000

raspršenju od 8—10%. No ima i još drastičnijih tumačenja gubitaka uzrokovanih raspršenjem. To razjašnjava zašto na površini zemlje gotovo i nema kratkovalnog ultravioleta.

Promjenom apsolutne visine na jednoj vertikali također se mijenjaju istovremeni odnosi spektralnih intenziteta. U rjedim slojevima atmosfere sunčana svjetlost podliježe znatno manjem raspršenju naročito za kratkovalni dio. Stoga je u visinama odnos kraće-valni prema duže-valnim promijenjen, te kraćevalni nisu toliko oslabljene kao u donjim slojevima atmosfere.

Fizikalna očiglednost se može i smije u ovim slučajevima pozvat u pomoć; plavilo neba i večernje crvenilo su vidljivi rezultati raspršenja.

b) Fiziološka difuzija osnovana je na svojstvu klorofila da različito upija i reflektira pojedine dijelove vidljivog spektra. Naročito je važno istaknuti da u svjetlosti slabijeg intenziteta klorofil postaje obilati potrošač kraćevalnog dijela vidljivog spektra. Spomenuto je bilo na drugom mjestu o pojavama u duževalnom infracrvenom (albedo deset puta veći, Woodov efekt u fotografiji).

Potertao bi da klorofil t. j. zelenilo prirode predstavlja znatni dio ploha, koje su obasjane dnevnom sunčanom svjetlosti; ukupni učinak na toj velikoj plohi ima karakter »velikoga« kao i mnoge pojave u prirodi.

c) Refleksijom postaju vidljivi predmeti, koji ne emitiraju svoju svjetlost. Jedna te ista sunčana svjetlost, pomoću koje vidimo predmete različito se reflektira u pojedinom dijelu vidljivog spektra. Boja predmeta nije ništa drugo nego odgovor, što se od pojedine površine reflektira, što upija, što propušta. To je možemo reći posljednja korektura spektralnih odnosa one prvotne direktne sunčane svjetlosti, i to upravo prije nego ćemo je mi iskoristiti gledajući neki predmet. Otuda i dolazi do one šarolikosti prirode i predmeta uopće. Treba ovdje istaknuti, da grafikoni koji pokazuju sposobnost i moć refleksije za pojedinu valnu dužinu za različite predmete izgledaju vrlo različito. Moć refleksije ovisi također o kutu upadanja; funkcijska veza između kuta upadanja i koeficijenta ima parabolički oblik.

d) Treba spomenuti i emisiju zemlje pošto se i zemlja zagrije tokom dana (u jutro ta pojava ne bi dolazila u obzir). Zbog relativno niskih temperatura područje emisije zemlje spada svakako u duževalno (infracrveno) područje iznad 2μ , tako, da ta emisija ne vrši spektralne »smetnje« u vidljivom dijelu spektra.

Iz navedenih tumačenja pod I. a), b), c) d) slijedi da u prirodi postoji velika isprepletanost odnosa u dnevnoj rasvjeti.*

II. U zrakopraznom prostoru sve frekvencije vidljivog spektra šire se istom brzinom. U raznim sredstvima ova postavka ne vrijedi. Na pre-

* U jednoj uredskoj diskusiji u Beogradu vrlo zgodno je primijetio prof. Svečnjikov da bi mi geodeti mogli govoriti o promjeni »strukture svjetlosti, a ing. B. Salačanin je dodao da bi D-linija bila neka »normalna« mjera.

lazu iz sredstva u sredstvo brzina širenja se mijenja, može doći do faznog pomaka i zaokreta valne plohe. Geometrijska optika to izriče indeksima loma i govori se o lomu zrake svjetlosti.

Žarišna daljina sfernog dioptra — leće — u ovisnosti je o indeksu loma. Očito je time, da je žarišna daljina leće ovisna o valnoj dužini t. j. $f = \psi(\lambda)$. Za jednu te istu nekorigiranu leću uz veću valnu dužinu crvena svjetlost ima veću žarišnu daljinu; obrnuto za plavo, t. j. za manji λ , imamo kraću žarišnu daljinu, kao posljedicu promjena u indeksu loma

Staklo	Linija		
	C (656m μ)	D (589m μ)	E (527m μ)
Lagani kron	1,513	1,515	1,519
Teški flint	1,743	1,752	1,762
Teški kron	1,610	1,614	1,627

Vidimo dakle, da postoje promjene indeksa po valnoj dužini, a to znači u isti čas i promjene žarišne daljine s valnom dužinom.

Kako utječe valna dužina na fokalnu daljinu praktično vidjet ćemo iz nekoliko primjera samo za korigiranu leću sabiraču. Za jedan sistem pak promjene mogu biti samo veće

Tabela 5

f	n _d	n _c	n _g	R/15 mm	$\frac{df_c}{f}$	Približno	$\frac{df_g}{f}$	Pri- bližno
80,0000	80,0000	80,1100	78,354	77,35	$\frac{0,11}{80}$	$\frac{1}{725}$	$\frac{1,664}{80,000}$	$\frac{1}{49}$
360 mm 1:9	360,13	360,23	360,88	330,18	$\frac{0,10}{360}$	$\frac{1}{3600}$	$\frac{0,75}{360}$	$\frac{1}{480}$
120 mm 1:6	120,000	120,026	120,270	120,35	$\frac{0,03}{120}$	$\frac{1}{4000}$	$\frac{0,27}{120}$	$\frac{1}{445}$
" još kor.	116,43	116,50	116,55	116,71	$\frac{0,07}{116}$	$\frac{1}{1660}$	$\frac{0,12}{116}$	$\frac{1}{965}$
240 mm 1:8	240,02	240,21	240,48	237,04	$\frac{0,19}{240}$	$\frac{1}{1260}$	$\frac{0,46}{240}$	$\frac{1}{520}$

OPASKA. Eventualni upliv sferne aberacije nije uzet u ovo razmatranje.

Naši objektivi imaju i veće žarišne daljine od navedenih u tabeli. Zanimljivo je primjetiti, da ovi slučajevi pokazuju za crveno i plavo povećanu žarišnu udaljenost i to za crveno čak do 1/1000 a za plavo 1/500.

Defokusiranja s tim u vezi primjećena su na izvjesnim eksperimentima, i ta me je činjenica prisilila na neka razmatranja, iako nisam vodio

računa o brojčanim podacima. Jednoznačnost fokalne promjene za duževalno i kraćevalno primjećena je u eksperimentu i u odnosu prema žutome zahtjevala je pozitivni zaokret vijka za fokusiranje; upotrebljen je bio instrument sa unutarnjim fokusiranjem.

III. Najelementarnija Reichenbahova formula glasi:

$$D = \frac{f}{s} l = Kl \quad (1)$$

Iznoseći svoje podatke prof. Svečnikov sumnja u konstantu. Držim, da se osjetljivi iznos promjena odnosno pogrešaka u mjerenju dužina ima faktično tražiti i u elementima »konstante« i zato smatram, da je ispravno bilo sumnjati u konstantu, ali je pogrešno bilo tražiti uzrok isključivo u promjeni temperature.

I taj uzrok postoji sigurno. Schwidofsky spominje na pr. da je prva Redta pokazala također neke pogreške i da su se pojavile sumnje na upliv temperature preko eksponenta loma dakle $n = \varphi(t)$, ali računi i ispitivanja u njihovom slučaju dali su obrazloženje za promjenu od 1 cm na 100 m dužine uz promjenu temperature od 10^0 C. Jedna vijest o nedavnim ispitivanjima u području vrlo velikih temperaturnih promjena govori u prilog tome t. j. o stabilnosti žarišne daljine s obzirom na promjene temperature.

Da uočimo oblik ovisnosti promjena dužina D od fizikalnih promjena treba načiniti totalni diferencijal gornjeg izraza (1).

$$dD = \frac{\partial D}{\partial f} df_s + \frac{\partial D}{\partial f} df_t + \frac{\partial D}{\partial s} ds_t + \frac{\partial D}{\partial l} dl_t \quad (2)$$

Indeks s označuje promjene na bazi spektralnih uzroka. Indeks t označuje promjene na bazi temperaturnih uzroka

$$dD = \frac{1}{s} df_s + \frac{1}{s} df_t - \frac{fl}{s^2} ds_t + \frac{f}{s} dl_t \quad (2a)$$

Uvedimo dvije supstitucije

$$\frac{1}{s} = \frac{D}{f} \quad \frac{f}{s} = \frac{D}{l} \quad (3)$$

pa dobijemo

$$dD = D \frac{df_s}{f} + D \frac{df_t}{f} - D \frac{ds_t}{s} + D \frac{dl_t}{l} \quad (4)$$

Dobivamo na taj način formulu podesnu za geodetsko razmatranje, jer je promjena u dužini izražena kao funkcija dužine i koeficijenata, koji prikazuju promjene fizikalne dimenzije shvaćene kao relativne pogreške.

Ako nadalje stavimo za neko fizikalno stanje:

$$\frac{df_s}{f} = k_1 \quad \frac{df_t}{f} = k_2 \quad \frac{ds_t}{s} = k_3 \quad \frac{dl_t}{l} = k_4 \quad (5)$$

i eliminiramo D ispred zgrade dobijemo

$$\Delta D = D (k_1 + k_2 - k_3 + k_4) = D [k] \dots (6)$$

$[k]$ predstavlja dakle izraz fizikalno optičke i termičke ravnoteže instrumenta i letve.

Naravno da se tu mora dodati i upliv refrakcije i prema tome konačno dobivamo da je

$$\Delta D = \varphi (D, [k], R) \dots (7)$$

uz ostale slučajne pogreške nepoznatih uzroka.

Izvod je fizikalno ispravan i red korekcije bi mogao odgovarati. Međutim izvod se mora uskladiti radi računskog dijela postupka. Mi naime računski operiramo s konstantom uz pretpostavku da je zaista konstantna, njezine promjene su za nas sakrite, u koliko ne bi povremeno ispiti-

vali odnos $K = \frac{D}{l}$ i time zahvatili promjene konstante.

Opazajući materijal prof. Svečnikova može se usmjeriti na računanje promjena multiplikacione konstante uz pretpostavku, da je mjerenjena dužina nepromjenjiva i da se pogreške moraju prenijeti na pravo

mjesto t. j. na konstantu $K = \frac{f}{s}$

Za Δt od 16h—18h df , je zanemareno

$$dK = \frac{df_s}{s} - \frac{f}{s^2} ds_t \quad (8)$$

$$= K \frac{df_s}{f} - K \frac{ds_t}{s} \quad (9)$$

odnosno

$$\frac{dK}{K} = \frac{df_s}{f} - \frac{ds_t}{s} \quad (10)$$

Za $dK = 0$ treba biti:

$$\frac{df_s}{f} = \frac{ds_t}{s} \quad (11)$$

Tehnika instrumenata može biti zainteresirana na ovakova razmatranja, jer omogućuju uvid u mogućnost ili potpunog ili djelomičnog kompenziranja pogrešaka. U ovom slučaju relativna pogreška žarišne daljine mora biti korespondenta sa relativnom pogreškom (promjenom) razmaka Reichenbahovih crta. To je uostalom razumljivo, jer su to inverzni elementi Reichenbahove konstante. Integriranje izraza (10) i (11) vodilo bi nas na zanimljiva razmišljanja.

Čini se, da bi geodetski najjednostavnije bilo utvrditi kako ova naročito naglašavana fizikalno optička spektralna nestabilnost utječe na promjenu odsječka letve l.

Osnovno moramo razlikovati dva tipa instrumenta: 1. sa vanjskim fokusiranjem kod kojega f pretstavlja žarišnu daljinu objektiva. Kod tog tipa instrumenta povećanje f izaziva smanjenje odsječka na letvi, a umanjeње f povećanje odsječka l .

$$D = \frac{f}{s} l \text{ ili } l = \frac{Ds}{f} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} dl &= -\frac{Ds}{f^2} df_s + \frac{D}{f} ds_t \\ dl &= -l \frac{df_s}{f} + l \frac{ds_t}{s} \\ dl &= -l \left(\frac{df_s}{f} - \frac{ds_t}{s} \right) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Za moj slučaj laboratorijskog mjerenja $ds = 0$ pa imamo da je:

$$dl = -l \frac{df_s}{f} \quad (16)$$

koja formula je dovedena u vezu sa eksperimentalnim mjerenjem.

Bez konkretnih industrijskih podataka kromatskih korekcija i promjena žarišnih daljina za sisteme nema mnogo smisla ovu formulu teoretski dalje diskutirati. U konkretnom slučaju prema načinu korekcije upliv kratkovalnih može biti direktan ili inverzan. (Praktično na pr. on može s apsolutnom visinom biti upravno vezan ili obrnuto.) Defokusiranja u plavom izgleda da su u pravilu znatno veća od onih u crvenom području.

2. Za durbine s unutarnjim fokusiranjem s negativnom lećom stvar je mnogo kompliciranija. Tu se radi o ekvivalentnoj žarišnoj daljini f_0 dakle imamo

$$f_0 = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - u}$$

Naravno da se tu mora voditi računa i o samoj promjeni »u« uzrokovanoj fokusiranjem, ali na bazi spektralnog uzroka.

Ujedno primjećujem:

a) $|f_2| > |f_1|$

b) za moj slučaj prvih kvalitativnih opažanja »u« postaje manji i kod duževalnih i kod kratkovalnih. Duževalno sam ispitivao filterom RG₂ te UG₁ (uz iskorišćenje jedne male propusnosti od 12% u području crvenog 770 m μ), a kraćevalno na filmu osjetljivom za ultra ljubičasto.

c) »u« ne samo da može posredno doprinijeti mnogo nego čak i promjeniti predznak. Pri mojim laboratorijskim pokusima držim da se to baš desilo.

Ne smijemo zaboraviti u cijelom izvodu na fiziološko optičke korekcije u vezi sa različitom osjetljivošću oka unutar cijelog spektralnog područja, koje se naziva vidljivi spektar. Ako bi tu htjeli biti rigorozni,

morali bi se podsjetiti na dvostruku karakteristiku vidnog sistema t. j. za slabu svjetlost oko mijenja svoja svojstva osjetljivosti. To znači, da je i maksimum osjetljivosti pomaknut od $555 \text{ m}\mu$. Od te točke simetrično, iako nije simetrično, možemo shvatiti da se spušta krivulja osjetljivosti prema rubu spektra.

Sumirajući sve nabrojene faktore možemo promjene koje prof. Svečnikov daje u svojoj korekcionoj tablici protumačiti slijedećim faktorima.

U horizontalnom dijelu tablice:

Promjena fokusiranja t. j. promjene K u vezi unutarnjeg fokusiranja [Pitanje je iscrpno obrađeno od Wilda, Baeschlina, Roelofs-a, Köhlera i ostalih koje spominje Köhler].

Refrakcija

Promjena spektralnih odnosa

Promjene temperature

U vertikalnom dijelu tablice:

Refrakcija

Promjena spektralnih odnosa

Promjene temperature

Fiziološko optičke promjene

Radi potpunosti neka bude napomenuto slijedeće: Mi danas smatramo, da je atmosferska refrakcija također funkcija i valne dužine zrake svjetlosti. Prema tome, uz ostale faktore promjenljivosti refrakcije, ove spomenute promjene u »strukturi« dnevnne rasvjete mogu biti uzrok jednoj možda maloj promjeni i kolebanjima refrakcije.

IV. U svrhu laboratorijskog ispitivanja i provjeravanja ovih izvoda izvedeni su eksperimenti na dva nivelira sa unutarnjim fokusiranjem i Reichenbachovom konstantom 100, durbin analitički. To su Zeiss B br 55392 Geozavod Zagreb, Fenel br. 18315 Geod. sred. tehn. škola Zagreb.

U jednoj tamnoj komori sa potpuno tamnim stijenama opservirana je jedna staklena skala sa podjelom cca pol milimetra, pod tri različite rasvjete.

U svrhu rasvjete su služili:

1. Philipsova lampa Philora S0 85 Watta (650 Volti), za koju tvornica kaže da daje žuto svjetlo, jer je punjena natrijevim parama. U samoj lampi vidi se prisustvo još nečega, što služi pri palenju pošto je palenje automatsko. Radi toga je vršena kontrola emisije pomoću spektroskopa. Tom kontrolom je utvrđeno da je u prvih deset minuta natrijeva D-linija slabog intenziteta i opaža se prisustvo raznih drugih linija. Nakon deset minuta zaista se intenzitet D linije vrlo povećava, dominantan je u velikom postotku ali osim D linije vide se još dvije u crvenom području i pet u zeleno plavom području. S obzirom na odnos intenziteta može se smatrati da je ovim svjetlom ispunjen skoro uvjet monohromatskoga. Kvalitet slike odličan.

2. Westinghouseve 2 rubin lampe po 25 Watta. Spektralna kontrola pokazuje da je filtrirano cijelo područje od otprilike $620 \text{ m}\mu$ prema niže a prema gore postoji kontinuirani široki crveni pojas. Za ove svrhe to vrlo dobro zadovoljava; kvaliteta slike vrlo dobra. Povoljnije bi bilo upo-

trijebiti više žarulja radi izjednačenosti sa Philorom, koja ima intenzivno svjetlo.

3. Westinghousovo plavčasto svjetlo 200 Wata (t. zv. Tageslicht). Kvaliteta slike vrlo opada.

Radi dimenzija sobe mjerenje je moralo biti vršeno na udaljenosti oko 3 m.

Rezultati pokusa:

Promjena rasvjetje od

Rubin — D linija — plavčasto zahtijeva promjenu fokusiranja tako, da treba izvršiti negativni zaokret. Mnogo veća promjena je između Rubin i D linije, nego između D linije i plavčastog. No pošto je kvalitet slike D linije mnogo povoljniji, odlučeno je mjeriti u razlici rubin-žuto. Promjena fokusiranja se s potpunom sigurnošću vidi.

Isto tako je utvrđeno da se mijenja odsječak na skali, a to je razumljivo čim se mijenja fokusiranje. Izvršena je koincidencija Reichenbachove gornje crte s jednom crtom skale u rubin rasvjeti, pa je ocjenjivana promjena u žutoj rasvjeti. Vršene su također dvije različite koincidencije. Kvalitativno je ocjenjeno da li se isti događaj zbiva i na donjoj crti. To je naravno potvrđeno i ocjena je vršena samo na gornjoj. Ocjenjeno je da promjena iznosi otprilike od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{15}$ razmaka podjele, što preračunano daje rel. pogrešku cca $\frac{1}{500}$. Za taj iznos je odsječak a time i dužina u rubin rasvjeti veća od onoga u žutoj rasvjeti D-linije. Nije primjećeno ništa što bi stavilo u pitanje ovaj zaključak. Izvršeno je sve skupa oko 40 ponavljanja na oba instrumenta. Radi debljine niti na B niveliru je opažanje povoljnije.

Jednog drugog dana ponovljen je pokus istog sadržaja na istom niveliru Fenell ali na dvostrukoj udaljenosti t. j. A = cca 5 m. Opažena je opet promjena cca $\frac{1}{600}$. Ujedno je mjerena promjena udaljenosti predmeta ΔA , koja odgovara promjeni fokusiranja sa crvenog na žuto. Ta promjena ΔA iznosi cca 20 cm na samoj udaljenosti oko 5 m.*

Primjenjen je bio i jedan stari Starke Kammerer tahimetar na ispitivanje. Slaba kvaliteta slike i nepodesne Reichenbachove niti nisu dozvolili da se izvrši mjerodavno opažanje.

Ovaj pokus dokazuje teoretsku ispravnost prijašnjih izvoda.

Rekapitulacija

Postoji terenski opažacki materijal koji pokazuje dnevne promjene dužine mjerene Reichenbachovim načinom. Poznati su teoretski fizikalno optički razlozi koji dovode u pitanje dnevnu stabilnost multiplikacione konstante. Ovo se potkrijepilo time, da se je pozvalo na istraživanja koja se odnose na promjene odnosa u dnevnoj rasvjeti. Izvršeno je fizikalno matematsko razmatranje i diskutirala se osnovna formula tahimetrije u granicama za koje postoji fizikalno tehnički smisao. Matematski oblik je izveden takav, kakav je najpodesniji za geodetsko razmatranje odnosno dovodi na direktna t. j. neposredna mjerenja u eksperimentu. Da bi se preporuka prof. Svečnikova s obzirom na korekzione tablice mogla pro-

* Uzete su oznake A i ΔA prema uobičajenim oznakama za diopričku formulu

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} = \frac{1}{f}$$

pisati treba izvršiti pokuse koji odgovaraju za normalne okolnosti te pokušati dnevne prilike u rasvjeti definirati pomoću neke srednje svjetlosti i na taj način dobiti podatke za relativne pogreške u dužini.

Bit će poduzeta statistička terenska verifikacija s time da će prije na instrumentima biti nanešena skala na vijak za fokusiranje. Uporedit će se instrumenti sa nutarnjim i vanjskim fokusiranjem uz zamjenu opservatora.

Očekuju se potpuno različiti rezultati za obje vrste instrumenata. Ujedno postoji nada da će se uspjeti odvojiti utjecaj refrakcije od fizikalno-optičkih utjecaja pretpostavljenih ovim izlaganjem. Ako statističko terenska verifikacija pokaže opravdanost ove hipoteze, može se ovo pitanje podvrći temeljitoj reviziji u onoj mjeri za koju bi se pronašlo opravdanje praktičnim značenjem.

Saradnja i pomoć: Iznešeno iskustvo dobiveno je kao nus-produkt jednog većeg rada, koji još traje i u sklopu kojeg mi je Geodetska uprava dala radnu pogodnost, Institut za industrijska istraživanja omogućio mi je kao gostu rad u foto-optičkom odjelu, Fizikalni institut Prirodoslovnog fakulteta pomagao kad god je zamoljen, Jadran film po režijskoj cijeni ustupio filmski materijal. Poimence naročito se zahvaljujem za stručnu pomoć prof. Dr. Kempni-u, Ing. Šternbergu od Instituta za lake metale, te Ing. Palčiću, direktoru Srednje geodetske tehničke škole.

LITERATURA

I. OPAZACKI MATERIJAL

- 1.) Ing. Svečnikov: O utjecaju nekih činilaca na točnost određivanja odstojanja običnim tahimetrom. Geod. glasnik 1946 I-II.
- 2.) Taylorr-Kerr: Josa 1941 volum 31 str. 3—8: The Distribution of Energy in the Visible Spectrum of Daylight.

II. TABELE

- 3.) Ing. Svečnikov: Geodezija II str. 363
- 4.) Grimschl-Tomaschek: Lehrbuch der Physik 1943-I str. 658, II/1943 str. 841
- 5.) Ing. Preiss: Geometrische Optik str. 31, 34, 37, 38, 41, 70

III. OPĆENITO

- 6.) Cimerman: O problemu opservacije na velikoj udaljenosti, Geod. list 1947 VI—VIII str. 161—164, 168—169
(Ueber die Probleme der Observation auf grosse Entfernung.)
- 7.) Cimerman: Prividne promjene brzine svjetlosti kao novi element određivanja terestričke refrakcije
(Die scheinbare Aenderungen der Lichtgeschwindigkeit als neues dynamisches Element in der Koeffizientbestimmung der terrestrischen Refraktion).
- 8.) Dr. Neidhardt: Geodezija II str. 30, 31.
- 9.) H. Köhler: Z. f. V. 3/1951: Die theoretische Genauigkeit des geodätischen Distanzmessung nach Reichenbach mit serienmässig hergestellten Fernrohren mit Innenfokussierung
- 10.) Vujović: Meteorologija
- 11.) Gjurici: Meteorologija i klimatologija
- 12.) Dr. Kukkamäki: Schw. Zeitschrift f. kult. u. Verm. 1950 br. III—IV »Die nivelitische Refraktion.«
- 13.) Dr. Brocks: Die terrestrische Refraktion ein grenzgebiet der Meteorologie und Geodäsie
- 14.) Dr. Brocks: Meteorologische Hilfsmittel für die Geodätische Höhenmessung.

Ing. Slavko Cimerman — Zagreb

THE DAILY VARIATIONS OF THE ELEMENTS OF THE REICHENBACH'S TELEMETER

There is some survey material showing the daily variations of the length measured in the Reichenbach's way (Eggert, Svečnikov). This work tries to find out besides the refraction as an important fact in the registered variations also the other reasons which might participate in the daily oscillations of the length measured by the optical method. The writer's special wish is to emphasize the physical-optical causes influencing the daily stability of the multiplication constant. In order to confirm this one refers to the investigations concerning the relation changes of the daylight (Taylor-Kerr). A physical-mathematical discussion took place where Reichenbach's base formula bordered to the technical-physical sense was discussed. The Formula (7) shows that the daily variations of the length are not only a function of the refraction but also of $[k]$ which expressin represents the physical optical and thermal balance of the instruments, as well as a function of the length D itself. Formulas (8) to (11) were simplified and aimed at fixing the variation of the multiplication constant K . Eventually there was defined the mathematical form of this change the most suitable for the geodetical survey and leading to the direct observations. The formula (16) $dl = -l \frac{df'}{f}$ was controlled by a laboratory experiment using Phillora and Westinghous' ruby bulbs. A considerable change of the focusing was observed by which an $A = 5$ metres corresponds to the change of ΔA is abt. 20 cm. Relative changes of the stadia section from $1/400$ to $1/600$ were registered; certainly to the open air changes are expected to be far smaller. Instruments with the interior focusing were applied, Zeiss Ni B nr. 55392 as the main one. There are also mentioned possibilities of the reasons for the changes of lower order. This work will give support to the correction tables of Prof. Svečnikov and a statistical open air verification to this purpose is planed.. The focusing screw will be provided with a scale separating thus the influence of the refraction from the spectral influences. At the same time, by this work one gives up the intention to accomodate Reichenbach's telemeter to the conditions of a half-precise telemeter.