

Ing. Slavko Cimerman — Zagreb

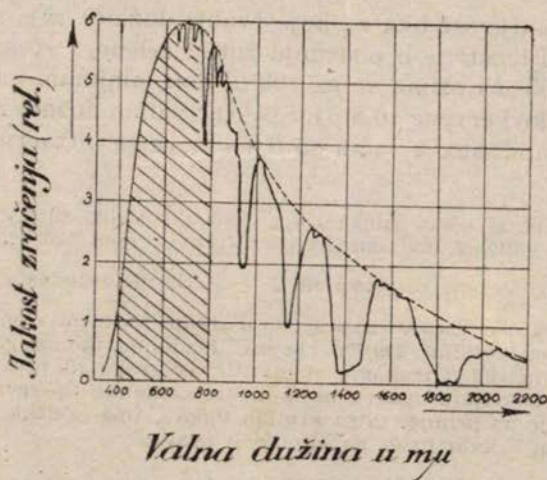
O problemu opservacije na velikoj udaljenosti

Iz referata održanog na sastanku Geodetske sekcije D. I. T. H-a 11. III. 1947.

I.

Užareno tijelo na visokom temperaturnom stanju emitira kontinuirani niz frekvencija. Intenzitet emisije nije jednak za svaku valnu dužinu. Fizikalna istina tog cijelog problema sadržana je u zakonima: Wiena, Stefan-Boltzmana, Plancka. Odnos i raspodjela intenziteta emisije u području valnih dužina funkcija je temperature, pa prema tome temperaturno stanje određuje kojoj valnoj dužini će pripasti relativni maksimum emisije.

Sunce kao užareno tijelo sa temperaturom preko 6000° K imade svoj karakteristični spektar emisije. Grafikon emisije otprilike ovako izgleda, (crtkano).



Sl. 1. Grafikon emisije sunca. Nepravilnosti intenziteta u desnom dijelu krivulje (izvučena crta) su izazvane nepravilnostima apsorpcije u atmosferi.

Maksimalna ordinata predočuje nam λ_{\max} t. j. predočuje relativni maksimum, a na apscisi se vidi kojoj valnoj dužini odgovara. Ta bijela (ili žarna) svjetlost* nije jednobojna, monohromatska, ne pripada joj jedna određena valna dužina, što se disperzijom i stvaranjem spektra može dokazati. Boju karakterizira dakle samo valna dužina. Disperzijom ujedno postaje očito, da se zeleno jače lomi od crvenog, a ljubičasto još jače od zelenog.

Svjetlost na prolazu od sunca kroz atmosferu biva apsorbirana, i to različito u područjima raznih valnih dužina, tako da stvarno verifikacija grafikona emisije sunca, ali na površini zemlje izgleda kako to pokazuje puno izvučena crta na sl. 1.

Ljudski organ, oko reagira na svjetlost, te prima utiske svjetlosti i utiske boja. Iako je oko vrlo osjetljivo ipak nije potpuno savršen instrument. Oko gledajući predmet stvarno otipkava točku po točku njegovu. Uspjelo je, koristeći fotoefekt, imitirati oko. Električno oko, »ikonoskop« također u radu analizira predmet, otipkavajući ga točku po točku.

Postoji minimum energije, dakle intenziteta svjetlosti, na koji oko reagira: to je podražajna granica. Ispod vidne stepenice oko ne prima podražaj.

Od velikog područja frekvencija na pr. sunčane svjetlosti oko je u stanju samo zamjetiti one, koje leže u području

$$\lambda = 0,4-0,8 \mu \text{ (ili } 400-800 \text{ m } \mu \text{ ili } 4.000-8.000 \text{ A. J.**)}$$

Od cijelog dakle elektromagnetskog spektra kojeg sačinjavaju Hertz-ovi valovi, toplinske zrake, ultraljubičasto, röntgen i t. d., vidljivi spektar je ono usko područje, praktički predstavljeno dugom, u kojem području oko vidi. To područje je šrafirano u sl. 1.

Međutim osjetljivost oka za boje (valne dužine) nije svuda jednaka. Maksimum osjetljivosti je u području žute i zelene u stvari nastupa kod valne dužine $0,555 \mu$ i uzima se sa 100% , dok minimum nastupa kod ljuubičaste ($0,4 \mu$) i kod crvene ($0,8 \mu$). Spektar valnih dužina manjih od $0,4 \mu$ naziva se ultraljubičasto, a većih od $0,8 \mu$ zove se ultracrveno ili infracr-

* Svjetlost je pojav elektromagnetskog zračenja. Valno širenje svjetlosti je karakterizirano sa tri veličine, brzinom širenja c , frekvencijom f ili brojem titraja (ili n) i valnom dužinom λ . Vezane su relacijom $\lambda = \frac{c}{f}$. Brzina svjetlosti mnogo se mjerila sa rezultatom uvijek oko 300.000 km/sek i to u zraku. Najtočnija posljednja mjerenja u vakuumu dala su rezultat 299.776 km/sek . Fizikalna optika govori o valovima svjetlosti, a geometrijska o zrakama svjetlosti. Te zrake ili pravci (idealno shvaćeni su ravni), predstavljaju osnovu naših instrumentalnih opservacija. Kad se govori da neko širenje na primjer ultra kratkih valova, ima optička svojstva, onda se kod toga na prvom mjestu misli na širenje u pravcu.

** $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm}$ (ili 0.001 mm)

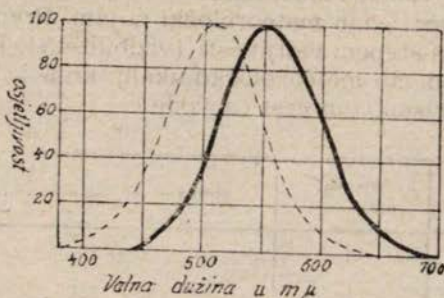
$1 \text{ m}\mu = 10^{-6} \text{ mm}$

$1 \text{ A. J.} = \text{Angström jedinica} = 10^{-8} \text{ cm}$

veno područje. Osjetljivost oka u tom području je 0% t. j. oko te boje ne vidi. Slijedi tabela relativne osjetljivosti oka.

Valna dužina u μ	Relativna osjetljivost
0.40	0.04
0.45	3.80
0.50	32.30
0.555	100.00
0.60	63.10
0.65	10.70
0.70	0.41
0.75	0.01

Ovdje imademo grafikon relativne osjetljivosti oka.



Sl. 2. Krivulja osjetljivosti oka. Za jaku svjetlost izvučeno, a za slabu svjetlost crtkano.

Kod slabe svjetlosti vrijedi lijeva krivulja. Ovisi to u stvari dali prevladava rad klinastih ili prutastih ćelija u oku; prutaste rade kod slabe svjetlosti. U slaboj je svjetlosti oko neosjetljivo za crvenu boju (Purkinje-fenomen).

Spektar ultraljubičastog i infracrvenog se vrlo lako dokazuje na pr. fotografskom pločom, fotometrički i t. d. Vidimo iz tabele da za crvenu boju tako zv. C-liniju odgovara još samo 9% osjetljivosti. Ova činjenica je vrlo zanimljiva s obzirom na signalizaciju.

II.

Svjetlost šireći se kroz atmosferu postepeno slabi na svakom centimetru svoga puta. Učinak atmosfere je uvijek slabljenje intenziteta. Dva najvažnija faktora kod toga su apsorpcija i raspršenje. Atmosfera može sadržavati čisti zrak, što praktički nikad ne dolazi u obzir, ili se zapaža prisustvo pare, prašine, dima i t. d. Atmosfera može biti natrunjena

dakle svim i svačim, pa se govori o zamućenoj atmosferi, naoblačenoj, manje ili više prozirnoj i prozračnoj atmosferi. Najvažnije je kod toga znati slijedeće: nije samo važno kolika je količina tih stranih tijela u atmosferi (njihova koncentracija) nego i to kako su oni veliki, t. j. koliki je njihov radius. Kao najvažnije i najodlučnije po naš problem uzima se prisustvo čestica vode. U tome je povedena i klasifikacija prema meteorološkim istraživanjima.

Smetnja	radius
Sumaglica	do 0,25 μ
Magla (male i velike čestice)	0,25 do 100 μ
Rosulja	500 μ (0,5 mm)

Prema Kähleru visoki oblaci sadrže već čestice od 3 i 4 pa do 50 μ . »Vidljivost« je u stvari jedan meteorološki pojam. Prema stepenu apsorpcije određeni su i neki stepeni vidljivosti (vizibiliteta). Razne skale su konstruirane. Ovdje imademo meteorološku skalu, koja je kako vidimo većim dijelom definirana prisustvom čestica vode.

Stanje atmosfere	Stepen vidljivosti	Vidljivost po danu u met.	Prozirnost p
Vrlo jaka magla	0	0 — 50	—
Jaka magla	1	50 — 200	—
Umjerena magla	2	200 — 500	4×10^{-4}
Slaba magla	3	500 — 1000	0.02
Sumaglica	4	1000 — 2000	0.02 — 0.141
Jaka mutnoća	5	2000 — 4000	0.141 — 0.376
Umjerena mutnoća	6	4000 — 10.000	0.376 — 0.675
Slaba mutnoća	7	10.000 — 20.000	0.675 — 0.821
Dobra vidljivost	8	20.000 — 50.000	0.821 — 0.925
Vrlo dobra vidljivost	9	preko 50.000	0,925 — 1 000

(Za $p = 1.000$ uzima se u postocima 100%)

Osjet vida za neki udaljeni detalj vezan je na problem apsorpcije t. j. smanjenja intenziteta svjetlosti i na t. zv. kontrastni problem.

Važno je ne samo pitanje da li je u oko što stiglo od signala nego i pitanje kako se okolina odnosi prema tome signalu. Po danu imademo vrlo jako difuzno osvijetljen »zrak«. U tom svijetlom polju brzo se

svjetlost nekog predmeta izgubi, jer razlika u rasvjeti postaje jednaka ili manja od one stepenice na koju oko može reagirati i ustanoviti neke razlike.

Rekli smo da je stepen koncentracije stranih tijela u čistom zraku važan, ali mnogo važnije je pitanje veličine tih čestica. Međutim u slučaju da je zrak potpuno čist i onda vid ne bi otišao u beskonačnost, nego bi završio u mreni zvanaj zračni plankton.

Najvažniji faktor slabljenja je »raspršenje« svjetlosti na česticama koje nisu beskonačno male nego samo mnogo manje od valne dužine prolazeće svjetlosti. Vrijedi dakle, da je raspršenje neka funkcija $F(r, \lambda)$. Evo jedna tabela koeficijenta apsorpcije α po centimetru puta kroz zrak.

	Čisti zrak	Slaba do umjer. mutnoća	Jaka mutnoća	Magla
Plavo ($\lambda = 500\text{m}\mu$)	$1.05 \cdot 10^{-6}$	$4.2 \cdot 10^{-6}$	$30 \cdot 10^{-6}$	$126 \cdot 10^{-6}$
Crveno ($\lambda = 600\text{m}\mu$)	$0.7 \cdot 10^{-6}$	$3.3 \cdot 10^{-6}$	$25 \cdot 10^{-6}$	$121 \cdot 10^{-6}$

Upozoravam na razliku $\lambda_c - \lambda_p$ od samo 0.1μ .

Istaknuo sam u opisu čestica da su mnogo manje od valne dužine, jer moramo razlikovati dva stadija raspršavanja: 1. ako je radius čestice mnogo manji od valne dužine, 2. ako je radius čestice približno jednak ili manji, odnosno stoji u nekom umjerenom odnosu prema valnoj dužini.

Za prvi slučaj vrijedi stavak, da je intenzitet apsorpcije obrnuto razmjernan sa četvrtom potencijom valne dužine za isti radius: $I_a = \frac{k}{\lambda^4}$

t. j. svjetlo kraće valne dužine se puno više raspršava nego ono sa većom valnom dužinom; plavo više nego crveno. Ovakovo tumačenje je Rayleigh-ovo. Za drugi slučaj je mjerodavno Mie-vo tumačenje koje veli, koeficijent apsorpcije u slučaju, da se veličina radiusa približava veličini $\frac{\lambda}{2}$ naglo raste, brže nego to izlazi po Rayleigh-ovoj formuli. Bez ta

dva tumačenja intenzitet, ili pad intenziteta, bi se računao po Maxwell-ovoj eksponencijalnoj jednadžbi. Usput rečeno oni zakoni o padu intenziteta sa kvadratom udaljenosti izgleda da praktično ne dolaze u obzir (po Schönwaldu i Stöckeru). K tome treba dodati niz potpunih nepravilnosti u pogledu apsorpcije za infracrveno na pari i ugljičnoj kiselini, pa ćemo vidjeti ne baš punu neizvjesnost, ali je potreban veliki oprez u ovakvim istraživanjima.

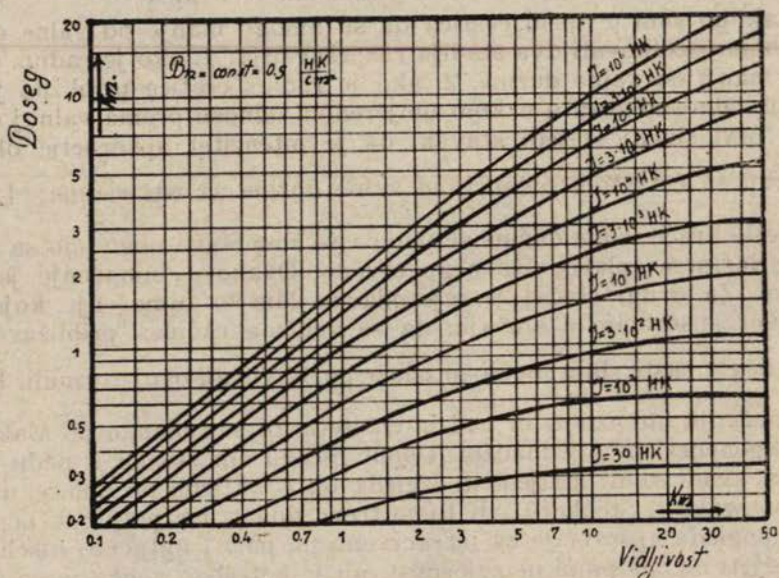
Prevlast dužih valova prema kraćim valovima u slučaju opservacije okom, u području vidljivog spektra izčezava. Takova prednost biva korigirana fiziološkim učinkom koji ima protivni predznak. U slučaju noćnog gledanja fiziološko optički faktor stupa na prvo mjesto i obrće rezultat u korist plavog svjetla. Evo podaci po Weiglu, Knollu i Schramu koji nisu najzgodniji jer λ crveno nije dosta veliko. No i u opsegu 0.1μ

imademo slijedeće rezultate. Doseg u kilometrima

	Za	Čisti zrak	Slaba do umi. mutnoća	Jaka mutnoća	Magla
Štapići	Plavo	16.5 km	7.3 km	1.64 km	0.50 km
	Crveno	12.0 km	5.6 km	1.39 km	0.40 km
Klinovi	Plavo		6.0 km		
	Crveno		7.6 km		

Bijela svjetlost nije definirana nekom određenom valnom dužinom. Apsorbicijoni koeficijenti za bijelu svjetlost stoje između plavih i crvenih. Doseg nekog svjetlosnog signala na pr. reflektora ovisan je o jakosti izvora svjetlosti i stepena prozirnosti atmosfere. Stepennost prozirnosti se definira postotcima a u vezi sa internacionalnom meteorološkom skalom. Jakost izvora dana je podatkom u Hefnerovim svijećama (HS). Po Schönwaldu je konstruiran jedan vrlo interesantan nomogram za izvore svjetlosti od $I = 30$ HS do $I = 10^6$ HS na konstantnu svjetlinu pozadine 0.5 stilba.***

Apseise su poznati podaci iz meteorološke skale za vidljivost. Podaci na ordinati su doseg za prosto oko. U slučaju upotrebe durbina sa pove-

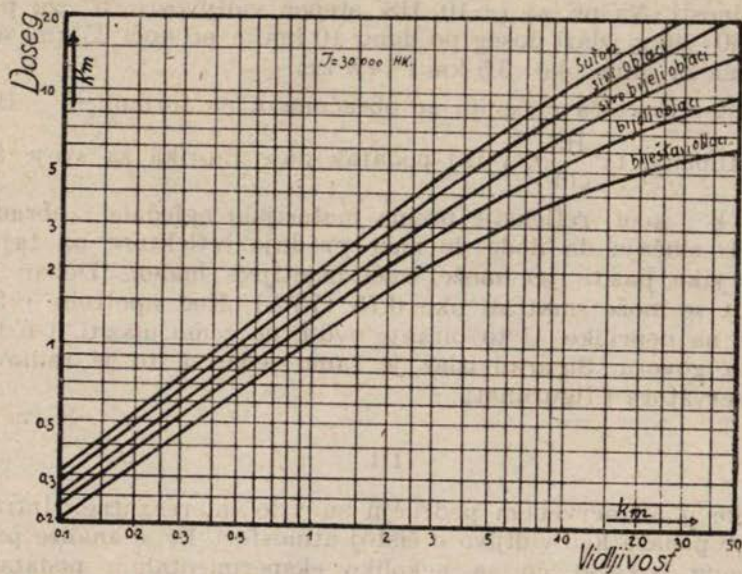


Sl. 3. Doseg signala. Nomogram za rad po danu.

ćanjem 30—40 x, podatak se množi sa 3. Kako pak mogu varijacije u svjetlosti pozadine utjecati, a što je za nas od svega izloženog stvarno

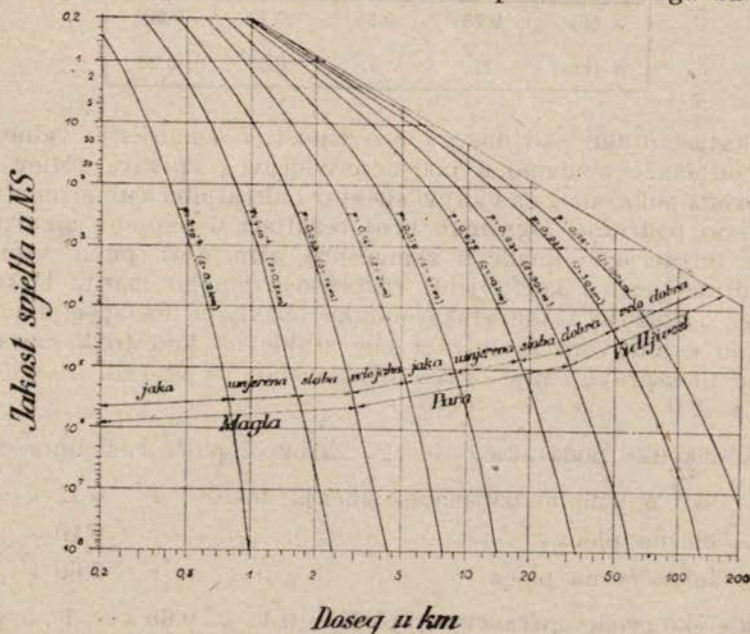
*** 1 stilb (Sb) je jedinica za plošnu svjetloću (kod emisije). 1 Hefnerova svjeća (HS) je jedinica za jakost izvora svjetlosti. 1 Nova svjeća (NS) od god. 1937. predložena za jedinicu. 1 NS = 1,09 HS.

najvažnije vidimo na ovom grafikonu.



Sl. 4. Promjene doseg signala u ovisnosti od promjena svjetline pozadine

Za noćni rad (prostim okom) odnosi stepena propusnosti, doseg i jakosti izvora prikazana su na Löhle-ovom grafikonu. U slučaju upotrebe durbina sa povećanjem 30—40 x množi se podatak doseg sa $1\frac{1}{2}$ —2.



Sl. 5. Doseg signala. Nomogram za rad u sutonu i noću.

Rezultati koje očitavamo u usporedbi sa onim za rad po danu su u velikoj prednosti. Na pr. za $I=10^5$ HS, stepen vidljivosti „5”, za $p=0,376$ i durbin 30—40 x izlazi doseg po danu 10 km, a po noći 25 km, odnosno bez durbina za samo oko: 3.5 km i 14.5 km.

Jakost reflektora općenito se obračunava po formuli: $I = B \cdot F \cdot k$; B je u stilbima, tj. $\frac{HS}{cm^2}$, i taj podatak daje fabrika za svoje žarulje;

F u cm^2 , k = koef. refleksije prema materijalu ogledala i obradbi materijala. U slučaju da dođe do naše gradnje reflektora na taj faktor se mora jako paziti, jer može izaći osjetljivo malen. Dobar i veliki koeficijent se može smatrati oko 0,75 (75%). Kod upotrebe reflektora nailazi se na nepravilike. U to pitanje ovdje ne ćemo ulaziti, i o tome je bilo dosta govora. Siguran izlaz je samo jedan a to je radioveza između opservatora i figuranata.

III.

Prilike u infracrvenom području su vrlo interesantne. Infracrveno se u magli ponaša kao vidljivo u čistoj atmosferi. Prije analize prednosti infracrvenog pokazat će sa nekoliko eksperimentalnih podataka (po Gresky-u), što se događa u ultraljubičastom ne ulazeći u potanju analizu apsorpcije. Za stanje vrlo dobre vidljivosti na pad intenziteta od 100% na 1% imamo slijedeće podatke:

λ (μ)	0.28	0.25	0.22	0.205
d (km)	22	5	0.57	0.20

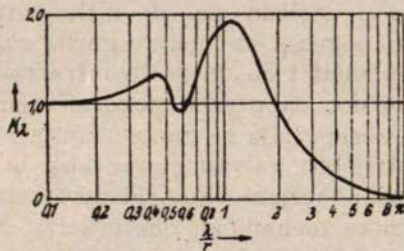
vidimo katastrofalni pad dosega u ovisnosti o smanjenju valne dužine, kakav pad inače nemamo u području vidljivog spektra (Miev slučaj). Nakon svega pokazanog za vidljivi spektar i ultraljubičasto promotrit ćemo infracrveno područje. Ogroman broj rezultata i uspjeha sigurno utvrđuje, da infracrveno imade u zamućenoj atmosferi puno veći doseg, nego vidljivo jer su koeficijenti raspršenja mnogo manji. U tu svrhu se mnogo pokazuju fotografske snimke obavljene na specijalnom fotomaterijalu osjetljivom za infracrvene zrake, no kod toga moram upozoriti, da to zapravo i nije pravo infracrveno, jer se radi o valnim dužinama 0,8—1,0 μ .

Evo nekoliko podataka o dosegu za oko i ploče radi uporedbe:

oko u jednom izvjesnom slučaju doseg = r = 0,12 s	
obična ploča	r = 0,10 s
infracrvena ploča	r = 0,60 s

Dakle oko prema infracrvenoj ploči = 0,12 s : 0,60 s = 1 : 5, gdje je s podatak vidljivosti.

Nije naročito istaknuto, ali držim da se ne radi o znanstvenoj ploči nego o amaterskoj. U protivnom rezultat bi bio još bolji. Spominju se u literaturi slučajevi na povoljni doseg u slučaju upotrebe specijalnih ploča osjetljivih za infracrvene zrake kao ekstrem na pr. $r = 1,5$ s. Snimanje nije jednostavno, jer toplina eksponira takovu ploču kroz kazetu. Zato se ploče osjetljivosti za $\lambda > 1 \mu$ čuvaju u ledenicama. Prednost infracrvenog je lako protumačiti, ako uočimo da je odnos $\frac{\lambda}{r}$ velik, i ako prenesemo to u diagram Stratton-Houghton-a vidimo, da u tom slučaju nema velikog raspršenja, dakle je doseg velik.



Sl. 6. Krivulja ovisnosti faktora proporcionalnosti raspršenja $k\lambda$ o odnosu $\frac{\lambda}{r}$

Uz to se kao naročita prednost ističe vrlo velika jasnoća u detaljima. Albedo na klorofilu je za infracrveno deset puta veći nego u području vidljivog.

Na pitanje dali se infracrveno može načiniti vidljivim može se pozitivno odgovoriti. Ratna tehnika se za vrijeme rata obilato time služila za ciljanje kroz maglu, iako postupak pretvaranja nije baš najuspješniji. Sredstva su različita; infracrveno na pr. gasi fosforescenciju, ali se ne postizava naročita jasnoća u obrisima i djelovanje nije momentano. Metode elektronsko-optičke daju jedan vrlo moderan rekvizit današnjih dana, i jedan od takovih se spominje Schafernichtov pretvarač za infracrveno.

Izim takovih neposrednih metoda stoje nam na raspolaganje daljnje mogućnosti korištenja infracrvenih zraka i to upotrebom pojedinačnih fotočelija specijalne osjetljivosti. Imade i takovih, koje su osjetljive čak za valnu dužinu od 7μ (Bismut-Sulfid čelija po Fink-Mackey), radi se dakle o valnoj dužini deset puta većoj od ruba crvenog u vidljivom spektru. Iz jednog opisa vidi se, da je Köhleru uspjelo eksperimentiranje sa malim energijama 3—5 Watta i sa malom optikom 13 cm postići vrlo lijepi doseg korištenjem infracrvenoga, a to je za nas interesantno. Općenito se može reći da u dosta zamučenoj atmosferi (ne gusta magla) može se postići udaljenost oko 30 km, ne pretjeranim sredstvima.

Malo više svjetla će unesti u cio problem ako dodamo nešto razvojnih podataka (Gresky, Phys. Z. 32). Manjka ono što je za naše potrebe najbitnije, jer nije zabilježena veličina tjelešca — zapreke prisutnog u atmosferi za vrijeme eksperimenata, pa nemamo mogućnost smjestiti doseg u eksperimentu na meteorološku skalu.

Oko godine 1900. su prvi pokušaji opažanja fotočelijom sa dosegom oko 2 i pol km. Do 1929. svi pokušaji ne izlaze iz područja vidljivog spektra. Godine 1929. Majorana radi sa $\lambda = 1 \mu$, davač optika, primač optika, sa dosegom 10 km. Godine 1930. Rolla-Mazza sa 75 watta, $\lambda = 1,4 \mu$, davač optika, primač ogledalo, doseg: a) 18 km dobra vidljivost, b) 15 km srednja magla, c) 10 km gusta magla. Slijede Schröterova ispitivanja sa dosegom 28 km. O kutnim mjerenjima za naše potrebe nema podataka i izgleda da ih nitko nije opažao. Ovi podaci nisu baš naročito pogodni za neke sigurne zaključke, ali svakako da govore mnogo. Napomenut ću da se te infracrvene mogu modulirati i upotrebiti kao val nosioc za prenos govora, signala i t. d. dakle na stanici koja observira observacija se može obavljati i »sluhom«. Umjesto slušanja se može upotrijebiti galvanometar koji bi nam imao pokazati ono, što mi vidimo kad obavljamo koincidenciju nitnog križa i signala, dakle izvršiti u neku ruku mehaničku observaciju. Naravno, da se može kombinirati i jedna i druga metoda, a može se i fotopostupak primjeniti kombiniran sa kojom od tih metoda. Nadopunit se može fotosnimak signala sa istovremenim snimkom limba i centra točke, i to sve na jednu ploču. Tim bi otpalo vođenje manuala i neizvjesnost dali je instrument bio dobro centriran na točki te dali je durbin bio dobro uperen na signal. Originalnost podataka bila bi trajno sačuvana.

Iako eksperimentalni podaci kako sam rekao nisu osobito opisani stanjem atmosfere mi smo u mogućnosti da im superponiramo neke vrijednosti temeljem podataka po Andersonovim ispitivanjima. Ovdje je samo izvadak za neke podatke, kroz umjetnu maglu, koncentracije 50%.

I. Magla od sitnih čestica:

propustnost za vidljivo ($\lambda = 0,6 \mu$)	oko 35%
za duboko crveno ($\lambda = 0,7-1,2 \mu$)	50%
infracrveno ($\lambda = 1,2-2,7 \mu$)	88%

II. Magla od krupnih čestica:

propustnost za vidljivo	40%
za duboko crveno	50%
infracrveno	78%

Razvoj i savršenost fotočelija imati će vidnog utjecaja na sposobnost aplikacije istih u obrazložene svrhe. Kao jedan od primjera navodim na pr. selektivnost u spektru, kao odlučan faktor da se fotočelijom po-

stigne efekat noćnog gledanja (analogno fiziološko-optičkom »kontrastnom« problemu).

Što vrijedi za infracrveno pogotovo vrijedi i za ultrakratke elektromagnetske valove, s tim da se može očekivati još veći uspjeh, jer je tu odnos $\frac{\lambda}{r}$ hiljadu i više puta veći nego u području infracrvenog, pa se

može pretpostaviti da lišće, granje i drveće pretstavlja tek jednu umjerenu smetnju za observiranje. Proizvodnja ultra kratkih valova i postupak sa električnim oscilatorima imaju naročitih prednosti pred radom sa infracrvenim i fotoćelijama. S obzirom na optičke karakteristike ultra kratkih valova približno se može odrediti u području kojih valnih dužina treba vršiti eksperimentiranje. Pred 13 godina na triangulaciji Papuka, motreći neprilike u radu predložio sam, da se pokuša observirati sa ultrakratkim valovima. Ondašnje stanje radio-fizike daleko je bilo od današnjeg i tada je mnogo toga stajalo na putu provedbi iste zamisli. U to vrijeme tek pojavile su se prve magnetron-cijevi vrlo dobri generatori ultrakratkih valova. Ratna tehnika izbacila je u tom smjeru tako savršene cijevi, da danas zaista ne stoji više ništa na putu da se pokuša eksperimentirati. Ovdje moramo naravno očekivati i nove instrumentalne pogreške, koje će u sklopu cijelog problema trebati proučiti.

ZAKLJUČAK.

Signalizacija se mora modernizirati i uskladiti sa zahtjevom vremena. Upotrebom umjetnog svjetla u svrhe signalizacije točaka stvaramo puno sigurnije prilike za observiranje nasuprot onim mogućnostima koje izlaze korištenjem samo one dnevne svjetlosti koja bi se reflektirala od signala. Nerazmjerno veću prednost imade rad u suton, sa eventualnom upotrebom monohromatskog svjetla vodeći računa o povoljnom utjecaju istoga na personalnu pogrešku observatora. Reflektorima do 10° HS može se svladati najveće potrebne udaljenosti do stepena vidljivosti uvjetovanog prisustvom magle. Za puni uspjeh rada treba osigurati radio vezu. Upotrebom monohromatskog svjetla uopće u području vidljivog spektra ne postizava se naročito povoljan rezultat. Fiziološki problem je jača komponenta od fizikalne u tom rezultatu, pa je prednost duže valnih zraka zbog manjeg raspršenja u atmosferi potpuno paralizirana manjom ili potpunom neosjetljivosti oka za te zrake. Da bismo mogli koristiti prednosti infracrvenog područja, treba problem subjektivne observacije koji podliježe nepovoljnim fiziološko-optičkim utjecajima prenesti na područje objektivne fotometrije. U svrhu toga treba svaki normalni teodolit snabdjeti adapterom, koji bi se mogao aplicirati u času kad se atmosfera toliko zamuti da postane neprozirna za običnu svjetlost. Kod rješavanja problema adaptera treba preferirati onu soluciju koja obuhvata: ikonoskop (fotoćeliju) i fotometodu. Mogućnosti iskorišćenja nisu neogra-

ničene s obzirom na veličinu čestica prisutnih u zamučenoj atmosferi. Fotometoda daje mogućnost sniženja personalne pogreške sa višeg reda na niži red. Faktor toga pomaka nije mi poznat. Adaptirani teodolit prema izloženom mogao bi se po svojoj metodi rada a u vezi sa aerofotogrammetrijom uzeti kao komplet koji će napokon stvoriti mogućnost industrijaliziranju nekih geodetskih radova. Dalnji progres proširenjem ovog problema u područje ultrakratkih valova vodi u problem reduciranja i pojednostavljenja gradnje visokih piramida.

O p a s k a: Tvrdnja da boju karakterizira valna dužina, a ne frekvencija može biti dozvoljena iz slijedećih razloga:

- 1.) u svim tabelama nalazimo podatak λ .
- 2.) Za sve opisane pojave sredstvo širenja je zrak.

LITERATURA:

Phys. z. 32

Das Licht 1940—1943

Löhle: Sichtbeobachtungen 1941

Funktechnische Monatshefte 10/1942

Busch—Brüche: B. z. Elektronenoptik

