

duhana u Jugoslaviji prikazano je u tabl. 3. Najveće površine pod duhanom nalaze se u SR Makedoniji (proizvodnja 1964 g. 30 kt), SR Srbiji (24 kt), SR Bosni i Hercegovini (10 kt). Osim toga se duhan gaji u Hrvatskoj (4,5 kt) i Crnoj Gori (0,5 kt).

Kultura duhana u Jugoslaviji od velikog je ekonomskog značaja, s obzirom na vrijednost proizvodnje i njeno značenje u izvozu, na racionalno iskorišćenje zemljišta manje pogodnog za druge

1955, a ostale u posljednjih deset godina. Poslije rata su dokinute stare tvornice duhana u Rijeci, Senju, Puli i Travniku. U vezi s naprijed spomenutim prestrukturiranjem proizvodnje robnih tipova duhana, u toku je i u preradi preorijentacija na izradu i drugih tipova cigareta, pored dosad isključivo proizvedenih orijentalnih. Stoga je u toku ponovna rekonstrukcija tvornice duhana Niš na godišnji kapacitet 10 000 t i tvornice Sarajevo na

Tablica 3
JUGOSLAVENSKA PROIZVODNJA DUHANA I DUHANSKIH PRERAĐEVINA
(u tonama)

Proizvod	1939	1946	1952	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Fermentirani duhan	16 525	7 046	26 869	34 237	21 377	12 295	33 448	56 279	59 188	48 781	50 082
Cigarete	6 373	8 822	12 243	20 123	22 804	22 455	23 215	23 880	26 011	28 493	27 411
Ostali duhanski proizvodi	5 398	816	328	220	110	113	105	72	91	86	87

kulture zbog reljefa terena na kome se nalaze i njegove slabije plodnosti. Kulturom duhana bavi se preko 250 000 seoskih domaćinstava, odnosno ~ 10% od ukupnog broja poljoprivrednih domaćinstava u Jugoslaviji.

Otežani plasman naših tradicionalnih robnih tipova, ne samo na inozemnom nego i na domaćem tržištu, nametnuo je potrebu prestrukturiranja proizvodnje duhana u korist robnih tipova Virginia i Burley, koji se mogu proizvoditi znatno rentabilnije nego drugi tipovi zbog povoljnije mogućnosti modernizacije i mehanizacije tehnološkog procesa proizvodnje i skraćivanja ciklusa prerade. Stoga je proizvodnja duhana tipa Virginia u našoj zemlji u stalnom porastu: 1958 iznosila je 259 t, 1968 već 5500 t.

Tablica 4
PROIZVODNJA DUHANSKIH PRERAĐEVINA U NEKIM ZEMLJAMA
1963

Zemlja	Cigarete		Cigare, milioni komada	Duhan za lulu kt
	milijarde komada	od toga filter, %		
USA	558	58	7 000	31,7
Japan	148	17	2	3,0
Velika Britanija	127	33	380	15,5
SR Njemačka	88	79	3 900	9,1
Italija	56	32	250	4,5
Francuska	51	19	680	18,2
Australija	20	83	30	6,0
Nizozemska	15	18	1 600	9,5
Belgija	14	40	1 150	7,6
Austrija	10	42	90	0,8
Danska	6	40	1 100	2,5
SVIJET	2046	36	20 400	108,4

Proizvodnja glavnih duhanskih preradevina u nekim zemljama tipičnog potroška prikazana je u tabl. 4, a u tabl. 5 vidi se dinamika svjetske proizvodnje cigareta 1939—64.

Tablica 5
SVJETSKA PROIZVODNJA CIGARETA*
u milijardama komada

1939	1948	1957	1958	1960	1962	1964
657	1003	1698	1782	1845	2039	2160

* uključivši cigarilose

U Jugoslaviji postoji šezdesetak poduzeća za nakup i obradu duhana i 16 tvornica za preradu duhana (u zgradama godišnji kapacitet 1966): Niš (9870), Sarajevo (6140), Zagreb (3380), Rovinj (3230), Skoplje (2940), Ljubljana (2910), Prilep (2560), Gnjilane (2190), Titograd (1900), Mostar (1700), Zadar (1540), Kumanovo (1400), Vranje (1340), Banja Luka (1200), Novi Sad (1100), Zrenjanin (150). Tvornice u Zagrebu, Ljubljani, Rovinju, Sarajevu, Mostaru i Banjoj Luci osnovane su (navedenim redom) između 1868 i 1889, tvornica u Nišu 1915, tvornice u Zadrui, Skoplju i Titogradu odmah poslije rata, tvornica u Prilepu

9000 t, a u Prilepu je puštena u pogon 1969 nova tvornica s kapacitetom 7000 t godišnje.

Kako se vidi iz tabl. 3, u kojoj je pokazan također razvoj jugoslavenske proizvodnje duhanskih preradevina, i u Jugoslaviji proizvodnja cigareta stalno raste, a proizvodnja ostalih duhanskih preradevina naglo pada. Tvornica cigara i duhana za lulu u Senju je dokinuta i dijelom prenesena najprije u Ljubljani, a nedavno u Zrenjanin, gdje se danas te vrste duhanskih preradevina jedino i proizvode.

Izvoz fermentiranog duhana u listu, a posljednjih godina i izvjesnih količina cigareta, predstavlja značajnu stavku u ukupnom izvozu Jugoslavije, i po obimu je uporediv s potrošnjom u zemlji. Tako je u rekordnoj godini 1964 izvezeno 24 186 t, a potrošeno u zemlji 23 952 t, a 1967 izvezeno je 19 443 t i potrošeno u zemlji 27 920 t.

LIT.: L. Bernardini, Sui principi scientifici della lavorazione del tabacco, Roma 1946. — Г. П. Волгунов, Г. М. Скида, В. С. Аврамов, Сырвая обработка папиросного табака, Краснодар *1947. — А. Г. Петренко, Уборка, сушка, хранение и первичная обработка желтых папиросных табаков, Москва 1950. — W. W. Garner, The production of tobacco, New York 1951. — G. Dietze, Tabakfachbuch, Leipzig 1953. — А. А. Шмук, Химия и технология табака (Труды 1913—1945, т. 3.), 1953. Москва 1953. — А. П. Смирнов, Основы технологии фабричной переработки табака, Москва 1953. — М. Giovanozzi, La fermentazione di tabacchi, Roma 1953. — A. Provost, Technique du tabac, Lausanne 1959. — А. Ф. Бучинский, Н. И. Володарский, П. Г. Асмаев, Табаководство, Москва *1959. — F. Seehofer, Die Tabakpflanze, Hamburg 1960. — R. Dimitrijević, Proizvodnja duvana, Beograd 1960. — R. Dimitrijević, Lj. Tomić, Poznavanje duvanskih sirovina, Beograd 1962. — W. Endemann, J. Merker, C. Weidemann, P. Berger, Der Tabak, Leipzig 1963. — N. Sezonočić, Tehnologija fabrikacije cigareta, Beograd 1966. — R. Dimitrijević, Duvan, Beograd 1967.

I. Delač R. Dimitrijević Lj. Tomić

DURBIN, optički instrument koji u svojoj osnovnoj primjeni služi za povećanje vidnog kuta pri promatranju udaljenih predmeta. Po svojoj osnovnoj namjeni durbin služi kao samostalni instrument za opažanja, ali on je i vrlo važan sastavni dio različitih mjernih instrumenata.

Riječ *durbin*, koju smo primili od Turaka, potječe iz perzijskog jezika, u kojem *dur* znači daleko, a *bin* — vid. Analognu etimologiju ima naša kovanica *dalekozor*, koja se u zapadnom dijelu našeg jezičnog područja mnogo upotrebljava za durbin, i riječ *teleskop* (grč. *τῆλε* *tēle* daleko, *σκοπέω* *skopeō* gledam), koja se u našem jeziku upotrebljava prvenstveno za velike astronomske durbine.

Najstariji postojeći pisani dokument o durbinu jest jedan patent iz 1608, izdan holandskom optičaru Hansu Lipperheyu kao izumitelju durбина. Navodno je već ~ 1580 talijanski optičar Della Porta izradio sprave za gledanje u daljinu, ali se ne zna da li je to bila neka posebna vrsta naočala ili prvi jednostavni tip teleskopa. Osim Lipperheya, u Holandiji su se bavili izradom durбина i optičari Z. Jansen iz Middelburga i J. Metius iz Alkmara, te se i njima pripisuje zasluga za izum durбина.

Za holandske durbine se je ubrzo čulo, pa je poznati talijanski fizičar i astronom Galileo Galilei 1609, prema opisu ili uzorku holandskog durбина, napravio durbin sastavljen od olovne cijevi s plankonveksnim objektivom i plankonkavnim okularom. Zahvaljujući boljim lećama, Galilejev durbin je bio bolji od holandskih, te je kasnije taj tip durбина po Galileju i dobio ime. Svojem durbinom Galilei je uspio postići povećanje 30×, što mu je omogućilo epohalna otkrića i značilo početak nove ere istraživanja svemira.

1611 Johann Kepler je opisao konstrukciju durбина s konveksnim okularom. Iako je takve durbine već 1613 počeo izradivati Ch. Scheiner, oni su ušli u opću upotrebu tek nakon 1650. U usporedbi s Galilejevim durbinom, Keplerov durbin je imao znatno šire vidno polje. Za velika povećanja, radi bolje oštine slike, bila je potrebna velika žarišna daljina, pa je takav durbin bio vrlo dugačak i nespretan, a leće mu nisu bile montirane u zajedničkoj cijevi, već je objektiv bio zasebno učvršćen na nosaču.

Prvi durbin-reflektor predložio je 1663 James Gregory, ali nije uspio da ga praktički izradi. Isaac Newton je 1666 otkrio da Keplerov kromatski durbin-reflektor ima malu oštrinu uslijed različite refrakcije različitih boja svjetla

pa se je posvetio konstrukciji durbina-reflektora i 1671 pred Kraljevskim društvom prikazao takav durbin s povećanjem $38\times$. Godinu dana kasnije i Cassegrain je izumio novi tip durbina-reflektora. Budući da je uz iste kvalitete bio i preko dvadeset puta kraći, durbin-reflektor je ubrzo potisnuo kromatski durbin-reflektor.

Durbini-refraktori ponovo su se počeli graditi kad su izumljeni akromatski objektiv koji korigiraju kromatske aberacije svjetla. Chester Moor Hall je 1733 napravio prvi takav objektiv kombinacijom leća od stakla različitih indeksa loma, čime se djelomično ispravila nejednaka refrakcija svjetla za različite valne dužine svjetlosti. Taj pronalazak on nije objelodanio, pa je prioritet pronalaska pripao Johnu Dollondu, koji je 1758 nezavisno od njega došao do istog rješenja i patentirao ga. Akromatski durbini-refraktori počeli su se naročito brzo usavršavati početkom XIX st. zahvaljujući napretku postignutom u izradi leća.

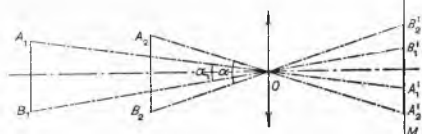
Ipak, reflektori sa zrcalima su imali određene prednosti za durbine s objektivima velikih promjera. To je navelo Caleb Smitha na pomisao da se kombiniraju prednosti leća i zrcalnih ploha, pa je 1740 opisao prvi medijal. F. Hamilton je 1814 patentirao objektiv durbina sastavljen od sabirne leće od krunskog stakla i dodatne leće od flint-stakla, pozrcaljene na stražnjoj strani. Usavršavanju medijala znatno su doprinijeli iscrpna teorijska i praktična ispitivanja L. Schupmanna koncem XIX i početkom XX st. Prvi durbin-medijal za geodetska mjerenja konstruirao je 1936 H. Wild.

Značajan korak u razvoju durbina bila je njegova primjena za svrhe mjerenja. W. Gascoigne bio je vjerojatno prvi koji je za to upotrijebio Keplerov durbin (1640). On je u žarišnoj ravni objektiv napleo vlas i tako omogućio viziranje durbinom. Pomoću dviju paralelnih niti, među kojima se udaljenost mogla mijenjati, izmjerio je prividne promjere Jupitera i Marsa. Velik uspjeh s durbinom kao mjernim instrumentom postigao je J. Picard 1670 kad je s pomoću dva durbina dužine ~ 1 m izvršio gradusno mjerenje neobičnom za ono vrijeme preciznošću. S durbinom kraćim od limba stvorio je J. Sisson 1730 prvi teodolit. Durbin s teleobjektivom i unutrašnjim izoštavanjem uveo je na mjernim instrumentima H. Wild 1908.

Prvi ručni dvogled već je 1608 napravio Lipperhey upotrijebivši dva holandska durbina. Tokom XVII st. dvogled su izradivali kapucini A. M. Schyrl i C. d'Orleans, a zatim su dvogledi pali u zaborav sve do 1813, kad je bečki optičar J. Voigtländer patentirao dvogled sastavljen od dva holandska durbina sa zasebnim podešavanjem oštine za svako oko. 1825 J. P. Lemièrè dobiva francuski patent za sličan dvogled s mogućnošću podešavanja interokularnog razmaka. Nova epoha u razvoju dvogleda počinje 1851 Porrovim izumom dvostrukih prizama. Primjenjujući princip Porrovih prizmi E. Abbe je 1873 izradio prvi primjerak modernog dvogleda, a 1894 uveo njegovu proizvodnju u tvornici Zeiss. Pobošavajući konstrukciju dvogleda, brojni konstruktori, kao A. A. Boulangier, C. Nacet, E. Abbe, G. B. Amici, Sprenger, Daubresse itd., uspjeli su toliko usavršiti dvogled da je već početkom XX st. poprimio svoj današnji oblik.

Govoreći o historiji durbina treba istaknuti rad Rudera Boškovića (1711—1787), koji među svojim brojnim naučnim raspravama iz fizike i astronomije obrađuje i teoriju durbina. On razrađuje probleme proračunavanja akromatskih objektivna sa dvije i tri leće, raspravlja o prirodi i uzroku kromatskih aberacija koje potječu od okulara, razvija teoriju okulara od više leća itd. Matematičkim putem ispitivao je utjecaj na lećama reflektirane svjetlosti na oštrinu slike. Istraživao je svojstva zrcala od stakla u teleskopima i upoređivši ih sa svojstvima metalnih zrcala utvrdio da metalna zrcala daju oštiju sliku. Njegovi radovi o durbinu nalaze se skupljeni u djelu *Rogeri Josephi Bosovich opera pertinentia ad opticam et astronomiam*, izašlo dvije godine prije njegove smrti.

Osnovno je za utisak o veličini predmeta pri njegovu promatranju veličina slike predmeta koju stvara optički sistem oka na mrežnici. Veličina ove slike ovisi u prvom redu o udaljenosti predmeta i, dakako, o veličini samog predmeta, drugim riječima: taj utisak zavisi od veličine kuta pod kojim vidimo određeni predmet. Taj kut naziva se vidnim kutom (α i α_1 na sl. 1). Što



Sl. 1. Preslikavanje na mrežnici oka

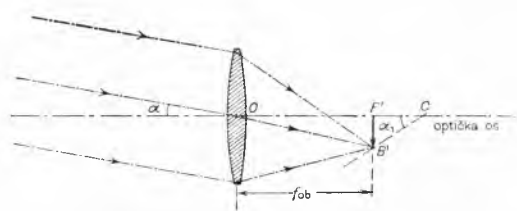
je određeni predmet udaljeniji, vidni kut je manji, a time i veličina slike na mrežnici oka; sve manje vidnih elemenata mrežnice prenosi vidne utiske putem živaca do mozga, pa ovisi o rasvjeti, kontrastu, o stanju u zračnim slojevima, hoće li se neki predmet ili neki njegovi detalji uopće vidjeti. Detalje koji se nalaze unutar fiziološkog graničnog kuta ($\sim 1'$) ne može oko uopće raspoznavati. Iz ovih činjenica jasno proizlazi značaj povećavanja vidnog kuta primjenom optičkog sistema durbina.

Durbini se promatraju većinom predmeti kojima se, iz bilo kojeg razloga, u datom trenutku nije moguće približiti. Gledajući kroz durbin čini se da su udaljeni predmeti bliži, njihovi detalji su uočljiviji, i to više ili manje, u ovisnosti o povećanju durbina. Tako, npr., kad se durbinom s povećanjem $20\times$ promatraju predmeti udaljeni 1000 m, oni se prividno približuju na udaljenost 50 m, i ako je optika durbina dobra, detalji predmeta vide se isto tako jasno kao prostim okom na udaljenosti od 50 m. Iz prikazane funkcije izlazi da su durbini subjektivni vizuelni optički instrumenti.

Subjektivni vizuelni optički instrumenti su također mikroskopi i lupa (koja je, u stvari, jednostavan mikroskop), upotreb-

ljavani za povećavanje vidnog kuta pri promatranju bliskih sitnih predmeta. Optičke su se grade klasičnih durbina i mikroskopa zbog razlike njihovih namjena bitno razlikovale, ali razvoj tehnike, a time i sve šire i raznovrsnije primjene optičkih instrumenata, razlike je u specijalnim namjenama između mikroskopa i durbina uvelike izbrisao. Durbini se danas primjenjuju i za opažanja i mjerenja na vrlo malim udaljenostima, a u laboratorijima se upotrebljavaju i specijalni mikroskopi za mjerenje na veće udaljenosti. Ima i niz durbina kojima nije osnovna karakteristika povećanje, nego druga svojstva, kao npr. veličina promatranog horizonta pri ciljanju, mogućnost viziranja bez paralakse, mogućnost promatranja nepristupačnih predmeta ili predmeta iza zaklona itd.

Načelna grada i osnovna podjela durbina. Osnovni optički dio durbina je *objektiv*. To je sabirni optički elemenat [leća (sočivo) ili zrcalo (ogledalo)] ili sabirni optički sistem s osnovnom svrhom da stvori realnu sliku udaljenog predmeta po zakonitostima optičkog preslikavanja. Budući da se predmeti koji se promatraju durbinom nalaze u većoj udaljenosti od objektivna nego što je njegova dvostruka žarišna daljina, slika predmeta što je stvara objektiv umanjena je i obrnuta. Na sl. 2 prikazano je



Sl. 2. Preslikavanje krajnje tačke predmeta koji se nalazi u optičkoj neizmjernosti

preslikavanje krajnje tačke predmeta koji se nalazi u optičkoj neizmjernosti. S pojedinih tačaka predmeta dolaze u tom slučaju snopovi zraka svjetlosti koje su među sobom paralelne. Kako se predmet nalazi na optičkoj osi položen okomito na tu os, to bi analogno svi snopovi zraka svjetlosti koji dolaze na objektiv s pojedinih tačaka predmeta stvorili sliku predmeta $B'F'$ u žarišnoj ravni objektivna [tačka F' je žarište (žiža) objektivna]. Vidni kut α pod kojim bismo vidjeli predmet prostim okom iz tačke O objektivna odgovara kutu što ga zatvaraju glavne zrake objektivna (to su zrake koje ne mijenjaju smjer nakon prolaza kroz objektiv) koje dolaze s krajnjih tačaka predmeta. Ako se okom gleda ova slika predmeta sa izvjesne udaljenosti (npr. ako je oko u tački C), ta će se slika vidjeti pod nekim drugim vidnim kutom α_1 . Za $f_{ob} > F'C$ [$f_{ob} = OF'$ je žarišna daljina (žižna razdaljina) objektivna] bit će $\alpha_1 > \alpha$, tj. u tom slučaju povećan je vidni kut, a time je povećana i slika na mrežnici oka. Povećanje γ definirano je kao omjer tangensâ vidnih kutova α_1 i α ; ako se kao udaljenost $\overline{F'C}$ oka od slike uzme najkraća moguća udaljenost za jasno opažanje bez naprezanja, tj. daljina jasnog vida D ($\overline{F'C} = D$), bit će

$$\gamma = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha} = \frac{\overline{F'B'}}{D} \cdot \frac{f_{ob}}{\overline{F'B'}} = \frac{f_{ob}}{D}$$

Iako se na taj način postiže osnovno: povećanje vidnog kuta, ipak se tako jednostavan durbin praktički ne upotrebljava iz više razloga, u prvom redu stoga što je nepraktičan zbog malog povećanja uz veliku dužinu. Ako se uzme da je daljina jasnog vida $D = 25$ cm, uz objektiv žarišne daljine od jednog metra dobilo bi se povećanje svega $4\times$. Zbog toga svi durbini imaju uz objektiv i drugi optički sistem, *okular*, koji ima funkciju povećala kojim se promatra slika predmeta. Iza okulara nalazi se oko opažača, tako da optički sistem durbina, objektiv i okular, čini s optičkim sistemom oka jednu optičku cjelinu.

Postoji više tipova konstrukcija durbina koje se razlikuju prema građi objektivna i prema građi daljnjih optičkih elemenata umetnutih između objektivna i okulara radi postizanja određenih efekata u vezi s namjenom durbina. Tako se prema optičkoj građi razlikuju tri osnovne grupe durbina: *refraktori* (dioptrijski durbini, durbini s lećama, sastavljeni isključivo od dioptrijskih ploha), *reflektori* (katoptrijski durbini, durbini s objektivima od

zrcalnih ploha) i *međijali* (katadioptrijski durbini, durbini s kombinacijama dioptrijskih i zrcalnih ploha). Okulari svih durbina sastavljeni su danas od dioptrijskih ploha, pa je kriterij za konstruktivni tip durbina određen optičkom građom ostalih dijelova.

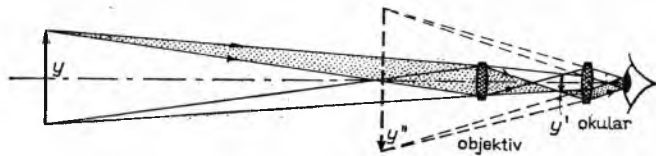
Postoji i druga, vrlo stara ali još i danas primjenjivana podjela durbina: prema usmjerenosti slike predmeta pri promatranju. To je podjela na *astronomske durbine*, koji daju obrnute slike, i *terestričke durbine*, koji daju uspravne slike predmeta.

Ne obazirući se na kronološki red pronalaska različitih tipova durbina, opisat će se u nastavku najprije astronomski durbin, jer se zakonitosti funkcije ovog durbina mogu najjednostavnije i najpreglednije upoznati, a tako stečene spoznaje mogu se primijeniti i na ostale durbine.

ASTRONOMSKI DURBINI

Astronomski durbin naziva se i *Keplerov durbin* po konstruktoru prvog takvog durbina. Naziv »astronomski« potječe odatle što su se u početku ovi durbini upotrebljavali za opažanja neba, gdje obrnuta slika predmeta nije smetala opažanju. Međutim, danas se niz astronomskih durbina primjenjuje i za opažanja zemaljskih objekata (npr. na mjernim instrumentima).

Astronomski durbin se sastoji od dva odjelita sabirna optička sistema — objektivna i okulara. Objektiv stvara realnu, obrnutu i umanjenju sliku predmeta u žarišnoj ravni ili u njenoj neposrednoj blizini (ovisno o udaljenosti predmeta), a okular služi kao povećalo za promatranje te slike. Kako svako povećalo stvara

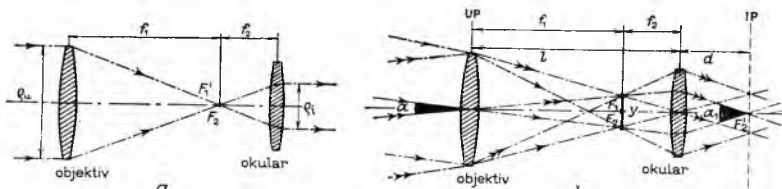


Sl. 3. Stvaranje slike pomoću astronomskog durbina

virtuelnu (prividnu) sliku predmeta bez promjene usmjerenja, to je i slika koju stvara astronomski durbin u cjelini obrnuta i virtuelna. To znači da se zrake svjetlosti koje dolaze s tačke objekta nakon prolaza kroz durbin realno ne sijeku. Tek optički sistem oka sabire ove zrake svjetlosti i stvara na mrežnici realnu sliku koja je, naravno, veća nego kad bi se isti predmet promatrao prostim okom (sl. 3).

Svaki je durbin po svojoj osnovnoj konstrukciji *afokalni sistem*, tj. snopovi paralelnih zraka svjetlosti koje ulaze u objektiv, nakon prolaza kroz durbin, izlaze kao snopovi paralelnih zraka. Drugim riječima, durbin od optički neizmerno dalekih predmeta daje neizmerno daleke virtuelne slike. Ako je oko opažača normalne refrakcije, tj. emetropsko, ono preslikava oštro na mrežnici slike dalekih predmeta bez akomodacije; takav će opažač-emetrop promatrati kroz afokalni sistem durbina na najpovoljniji način.

U afokalnom sistemu žarišta objektivna i okulara padaju u istu tačku, a dužina astronomskog durbina je zbroj žarišnih daljina objektivna i okulara (sl. 4): $l = f_1 + f_2$.

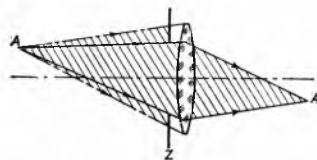


Sl. 4. Prolaz zraka svjetlosti kroz astronomski durbin. Lijevo: snop zraka sa daleke tačke na optičkoj osi; desno: snopovi zraka sa dalekih tačaka izvan optičke osi. f_1 žarišna daljina objektivna, f_2 žarišna daljina okulara, e_0 promjer ulazne pupile, e_1 promjer izlazne pupile

Zasloni. Objektiv i okular durbina smješteni su u metalnim cijevima. Da bi se ograničili snopovi zrakâ, uklanjale skošene zrake, postizala pravilnija raspodjela svjetlosti i uklanjala difuzna svjetlost, sve radi dobivanja kvalitetne slike, smješteni su unutar cijevi durbina zasloni (dijafragme). Kao zasloni mogu

služiti i prstenasti nosači leća. Zasloni se dijele na *aperturne zasloni* (lat. *apertura* = otvor) i zasloni vidnog polja.

Aperturni zasloni ograničavaju ulazne i izlazne snopove zrakâ svjetlosti; oni određuju veličinu otvora snopa koji preslikava



Sl. 5. Ograničenje snopa zraka svjetlosti aperturnim zaslonom Z

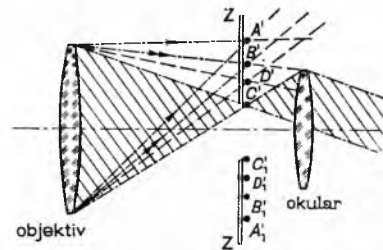
tačke predmeta (sl. 5). Time se smanjuje utjecaj nekih pogrešaka leća pri preslikavanju (npr. sferna aberacija, koma, poprečna kromatska aberacija). Prema tome koje snopove zrakâ ovi zasloni ograničuju, razlikuju se: *ulazna pupila* ili *ulazni otvor* (UP na sl. 4) i *izlazna pupila* ili *izlazni otvor* (IP).

Prema Abbeu naziva se ulaznom pupilom onaj aperturni zaslon ili njegova slika u prostoru predmeta (data optičkim elementima koji se nalaze između njega i predmeta) koji stvarno ograničava ulazni snop zrakâ svjetlosti. To će biti onaj zaslon, odnosno slika, koji se vidi s tačke predmeta pod najmanjim vidnim kutom. Analogno se definira i pojam izlazne pupile, s time što se promatraju izlazni snopovi zrakâ.

Durbin ima ulaznu pupilu neposredno uz objektiv. Kako je izlazna pupila ujedno i slika ulazne pupile, to će izlazna pupila astronomskog durbina biti slika svijetlog otvora objektivna koju stvara okular. U izlaznoj pupilu, koja se nalazi u neposrednoj blizini drugog žarišta okulara, ukrštavaju se, prema tome, svi izlazni snopovi zrakâ svjetlosti. Tu je presjek svih izlaznih snopova najuži. Stoga se izlazna pupila vidi kao svijetli kružić ako se oko udalji od okulara bar na daljinu jasnog vida, a durbin okrene prema svijetloj plohi. Izlazne pupile durbina imaju najčešće promjere između 1 i 5 mm. Izlazne pupile manje od 1 mm nalaze se uglavnom samo kod durbina za astronomska opažanja, a veće od 5 mm (do 8 mm) kod durbina za opažanja u sumraku ili noći, kad zjenica oka ima najveći otvor.

Pri promatranju durbinom treba zjenica oka (ulazna pupila oka) da dođe u izlaznu pupilu durbina. U tom će slučaju ući u oko najviše zraka svjetlosti iz vidnog polja durbina, a samo polje bit će najveće. Na okularima durbina se zbog toga nalaze školjke koje prisiljavaju oko da zauzima taj najpovoljniji položaj, tj. takav položaj da se zjenica oka nalazi od okulara na daljini izlazne pupile (d u sl. 4).

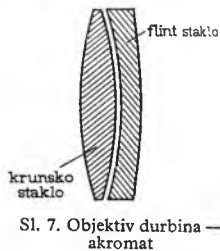
Zasloni vidnog polja ograničavaju vidno polje sprečavajući preslikavanje onih tačaka za koje ne odgovara raspodjela rasvjete i raspodjela oštine preslikavanja (uslijed pogrešaka leća kao što je npr. astigmatizam). Zaslon vidnog polja određuje onaj zaslon ili njegova slika koji se iz središta ulazne pupile vidi pod najmanjim vidnim kutom. U mjernim durbini on se nalazi između objektivna i okulara na mjestu gdje objektiv stvara sliku predmeta. Funkciju zaslona vidnog polja ilustrira sl. 6. Objektiv durbina stvara sliku predmeta $A'A_1'$. Očito je da pomoću datog okulara, ukoliko je slika lebdeća (ne nalazi se na nekom mutnom zastoru), ne možemo vidjeti kružni vijenac $A'B'$ slike, jer zrake koje ga tvore ne ulaze u okular. Na području vijenca $B'C'$ slike snopovi koji preslikavaju ulaze samo djelomično u okular (npr. snop zrakâ tačke D'). Zbog toga svjetloća slike stalno pada od tačke C' do B' . Zaslonom vidnog polja (Z) je zbog toga ograničeno preslikavanje samo na područje slike $C'C_1'$. Ukoliko oština rubnih područja ovako ograničene slike ne bi odgovarala, zaslon bi se uzeo još manjeg promjera.



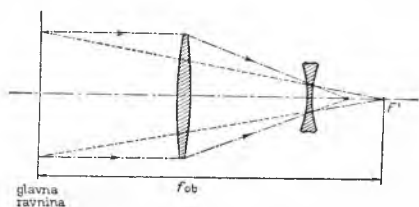
Sl. 6. Djelovanje zaslona vidnog polja

Objektivi i okulari astronomskog durbina. Jednostavni astronomski durbin bio je sastavljen od dvije sabirne leće: prva,

veće žarišne daljine, bila je objektiv, a druga, kraće žarišne daljine, okular. Takav durbin imao je mnoge nedostatke. U prvom redu bila je loša oštrina slike zbog pogrešaka preslikavanja leće (naročito sferne i kromatske aberacije). Izvjesno poboljšanje slike postiže se primjenom zaslona, ali on smanjuje svjetloću slike. Kako je pogreška sferne aberacije manja ako su plohe leća manje zakrivljene, to su prvi durbin bili vrlo dugi. Naročito je štetan utjecaj pogreške kromatske aberacije, koja se kod starih durbina nije mogla ukloniti. Danas se više ne grade durbin od jednostavnih leća, već su objektiv i okular sastavljeni od više leća različitog optičkog stakla. Složeni objektiv koji se mnogo upotrebljava je akromat (sl. 7), sistem sastavljen od dvije leće, sabirne leće od krunskog stakla (manjeg indeksa loma) i rastresne leće od flint-stakla (većeg indeksa loma). Ovom kombinacijom moguće je korigirati kromatsku aberaciju za dvije boje (karakterizirane određenim valnim dužinama), a djelomično i sfernu aberaciju. Leće mogu biti na razmaku ili lijepljene pomoću kanada-balzama (ili nekog prozirnog sintetskog ljepljiva). Danas postoje, naročito za kraće durbine, i objektiv od tri i više leća. Po-



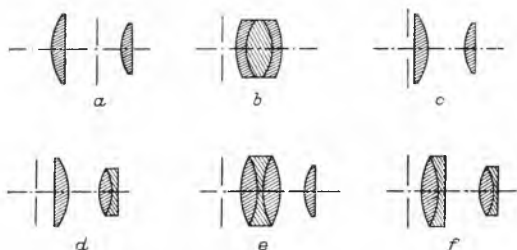
Sl. 7. Objektiv durbina — akromat



Sl. 8. Jednostavni teleobjektiv

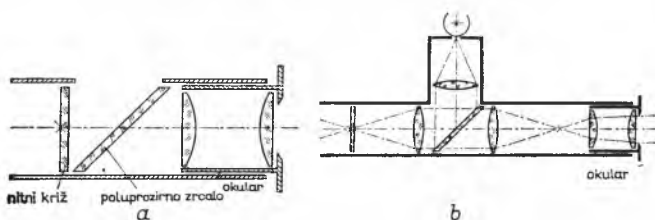
sebna konstrukcija objektiv je teleobjektiv (sl. 8), kojemu je svrha da smanji dužinu durbina a da se ne smanjuje žarišna daljina objektiv, što je važno za povećanje postignuto durbinom. Jedna suvremena konstrukcija durbina s teleobjektivom prikazana je na sl. 27.

Od složenih okulara vrlo su poznati i primijenjeni: Ramsdenov, Kellnerov, ortoskopski okular, Steinheilov, i druge kombinacije izvedene iz ovih osnovnih tipova okulara (sl. 9).



Sl. 9. Različiti tipovi okulara durbina: a Huygensov, b monocentrički, c Ramsdenov, d Kellnerov, e ortoskopski, f Steinheilov okular

Postoje i specijalne konstrukcije okulara, kao npr. slomljeni okular (koji omogućava promatranje kroz durbin i za vrlo velike nagibe durbina), širokokutni okular (za veće prividno vidno polje), Gaussov okular (za mjerne autokolimacione durbine, sl. 10), terestrički okular (sa sistemom za preokretanje slike).



Sl. 10. Gaussov okular. a Jednostavni, b usavršeni

Pri izradi okulara obraća se naročita pažnja na kvalitet optičkog stakla. Kako su izlazne pupile često vrlo malih promjera, okular probadaju vrlo uski snopići zraka, pa i vrlo sitni mjehurići u staklu mogu znatno utjecati na kvalitet slike. Okulari se zbog velikog vidnog kuta prividnog vidnog polja moraju vrlo dobro korigirati i za kose zrake. Ako se uvaži da žarišna daljina okulara ponekad iznosi svega 5 mm, onda je jasno zašto su to često vrlo složeni optički sistemi koji predstavljaju kombinaciju više leća od različitog optičkog stakla.

Osnovne karakteristike durbina jesu: povećanje, veličina vidnog polja, svjetloća slike i moć razdvajanja.

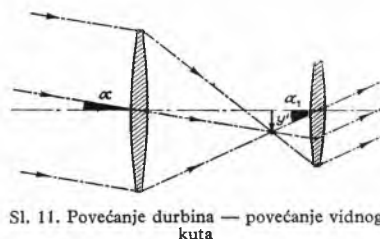
Povećanje durbina određeno je omjerom vidnog kuta pod kojim se vidi virtualna slika predmeta kroz durbin (α_1) i vidnog kuta pod kojim se predmet vidi prostim okom u daljini promatranja (α). (Matematički egzaktnije definira se povećanje omjerom tangensa tih kutova, s time da se zamisli optička os durbina, odnosno oka, položena kroz jednu krajnju tačku promatranog predmeta.) Računanje povećanja durbina pomoću date definicije bilo bi nepraktično, ali se iz nje mogu izvesti jednostavne praktične formule. Na str. 481 (v. sl. 2) izvedena je za povećanje objektivna formula: $\gamma_1 = f_1/D$. Kako je okular povećalo ili lupa, njegov povećanje iznosi $\gamma_2 = D/f_2$, to će ukupno povećanje astronomskog durbina u afokalnom sastavu biti:

$$\Gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2 = \frac{f_1}{f_2}$$

Ista formula može se lako izvesti prema sl. 11:

$$\Gamma = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{y'}{f_2} \cdot \frac{f_1}{y} = \frac{f_1}{f_2}$$

Povećanje astronomskog durbina jednako je, dakle, omjeru žarišnih daljina objektiv i okulara. (Npr. astronomski durbin sa



Sl. 11. Povećanje durbina — povećanje vidnog kuta

žarišnom daljinom objektiv $f_1 = 10$ m i okulara $f_2 = 2$ cm povećava $500\times$.) Ono je to veće što je žarišna daljina objektiv veća, a okulara manja.

Ovakav način izračunavanja povećanja, važan pri konstrukciji, nije praktičan za određivanje povećanja gotovog durbina, jer bi durbin trebalo rastavljati. Iz sl. 4 a očito slijedi:

$$\Gamma = \frac{f_1}{f_2} = \frac{e_u}{e_l}$$

gdje je e_u promjer ulazne, a e_l izlazne pupile. Dakle, povećanje durbina jednako je i omjeru promjera ulazne i izlazne pupile. Mjerenjem promjera ulazne i izlazne pupile vrlo je jednostavno odrediti povećanje durbina.

Iz gornje formule slijedi da je za veliko povećanje potrebno graditi objektiv s velikim promjerima leće. Npr., ako se za astronomski durbin povećanja $\Gamma = 500\times$, uzme $e_l = 0,5$ mm (red veličine minimalnih izlaznih pupila), promjer će ulaznog otvora iznositi: $e_u = e_l \cdot \Gamma = 250$ mm. Jedan od najvećih refraktora, koji se nalazi u opservatoriju Yerkes sveučilišta Chicago, Williams Bay, Wisconsin, ima $e_u = 102$ cm, $f_1 = 19,3$ m (sl.12).

Povećanje durbina kako je upravo opisano odnosi se na durbin kao afokalni sistem. Takav durbin upotrebljava se najviše pri astronomskim opažanjima i pri mjerenjima pomoću kolimatora. Međutim, pri opažanjima u terenskim uvjetima (teodolit, nivo-lir, daljinomjer) i u laboratoriju (katetometar i dr.) durbin je po-dešen i primijenjen za konačne udaljenosti predmeta, često vrlo male, u specijalnim slučajevima i ispod jednog metra. Pri takvim primjenama durbina slika koju stvara objektiv ne nalazi se više u žarišnoj ravnini objektiv, već od nje udaljena za iznos $x' = f_1^2/x$, gdje je x udaljenost predmeta od žarišta predmeta objek-

tiva a f_1 žarišna daljina objektiv (sl. 13). Ako se okular namjesti tako da je veličina x' ujedno i razmak žarišta objektiv F_1' i okulara F_2 , ona određuje i optičku dužinu (optički interval) t . Što je udaljenost predmeta manja to je udaljenost slike x' veća, pa okularnu cijev treba više izvući (vanjsko izoštravanje) jer se optička dužina povećala. Durbin više nije afokalan sistem.

$$f = \frac{(a - f_1)f_2}{f_1}$$

Radi jednostavnosti razmatranja uzet ćemo je u apsolutnom iznosu. Uvrsti li se ovaj izraz u gornju formulu za povećanje, dobiva se općenita formula za povećanje durbina podešenog na konačnu udaljenost predmeta:

$$\Gamma' = \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{\bar{l}}{a - f_1} = \Gamma \frac{\bar{l}}{a - f_1},$$

gdje je $\Gamma = f_1/f_2$ izraz za povećanje durbina kao afokalnog sistema. Povećanje durbina Γ' naziva se i *povećanjem očitavanja*, jer se u primjeni durbina na kraćim udaljenostima radi najčešće o očitavanju položaja neke marke ili indeksa na mjernoj skali ili mjernoj letvi. Povećanje durbina podešenog na konačnu udaljenost predmeta ovisi o toj udaljenosti, ono je dakle, općenito, varijabilna veličina.

U formuli za povećanje očitavanja dolazi i veličina \bar{l} , daljina promatranja prostim okom. Ona se može načelno odabrati po volji, ali u stvari će se kao daljina promatranja prostim okom odabrati neka karakteristična dužina, najjednostavnije u odnosu na karakteristične tačke durbina ili kao pogodna konstantna veličina. Mogu se izdvojiti četiri karakteristična slučaja određivanja daljine promatranja prostim okom, navedena u nastavku.

1. *Pupila oka nalazi se u ulaznoj pupili durbina.* U ovom slučaju je $\bar{l} \approx a$, pa slijedi

$$\Gamma'' = \Gamma \frac{a}{a - f}, \text{ odnosno } \Gamma'' = \Gamma \frac{x + f_1}{x} = \Gamma \left(1 + \frac{f_1}{x} \right) = \Gamma (1 + \beta_1'),$$

gdje je β_1' linearno mjerilo preslikavanja objektiv, koje u ovom slučaju, radi jednostavnosti, uzimamo uvijek pozitivno.

Gornja jednadžba može se i dalje transformirati, te se dobiva ovaj izraz za povećanje:

$$\Gamma'' = \Gamma + \frac{f_1^2}{x f_2} = \Gamma + \frac{t}{f_2} = \frac{f_1 + t}{f_2}$$

Ako je predmet u neizmjernosti, $t = 0$, slijedi $\Gamma'' = \Gamma$.

2. *Oko se nalazi u žarišnoj ravni predmeta objektiv durbina.* U ovom slučaju je daljina promatranja prostim okom $\bar{l} = x = a - f_1$, pa slijedi $\Gamma' = \Gamma$. To znači: uz uvjet da je žarišna daljina objektiv konstantna, povećanje durbina ostaje konstantno i jednako povećanju u afokalnom sustavu i kod promatranja predmeta durbinom na konačnim udaljenostima, ako se daljina promatranja prostim okom mjeri od žarišta predmeta objektiv. Ako se žarišna daljina objektiv pri izoštravanju durbina mijenja, kao npr. kod teleobjektiv (v. dalje Durbin kao mjerni instrument), nema više konstantnosti povećanja durbina.

3. *Oko se nalazi u izlaznoj pupili durbina.* Povećanje durbina u ovom slučaju predstavlja omjer vidnog kuta u instrumentu i vidnog kuta pod kojim bi se vidio predmet prostim okom kad bi se instrument između oka i predmeta uklonio. Međutim, budući da nema posebnog razloga zbog kojeg bi se predmet prostim okom promatrao upravo s te udaljenosti, taj slučaj ima manje praktično značenje nego što mu se u opisima u literaturi općenito pridaje.

4. *Oko se nalazi na udaljenosti 250 mm od predmeta* (na konvencionalnoj daljini jasnog vida normalnog oka). U tom slučaju formula povećanja za očitavanje durbina glasi:

$$\Gamma_0 = \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{250}{a - f_1} = \Gamma \frac{250}{a - f_1}$$

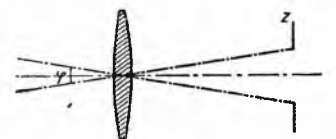
Što je udaljenost predmeta veća, povećanje očitavanja je manje. Za ovo povećanje, koje se često upotrebljava u mjernoj praksi kod primjene durbina u laboratoriju i radionici, upotrebljava se i naziv *mikroskopsko povećanje* durbina, jer se gornja formula može izvesti i iz formule za povećanje mikroskopa. (Pri upotrebi durbina kod mjerenja na vrlo male udaljenosti on preuzima funkcije koje su se prije pridavale samo mikroskopu ili lupi.)

Razlike među povećanjima izračunatim pomoću različitih formula mogu biti znatne. Npr., ako se očitava mjerna skala na udaljenosti $a = 1500$ mm durbinom koji ima žarišne daljine $f_1 = 250$ mm i $f_2 = 125$ mm, povećanje iznosi: $\Gamma = 20 \times$, $\Gamma'' = 24 \times$, $\Gamma_0 = 4 \times$.

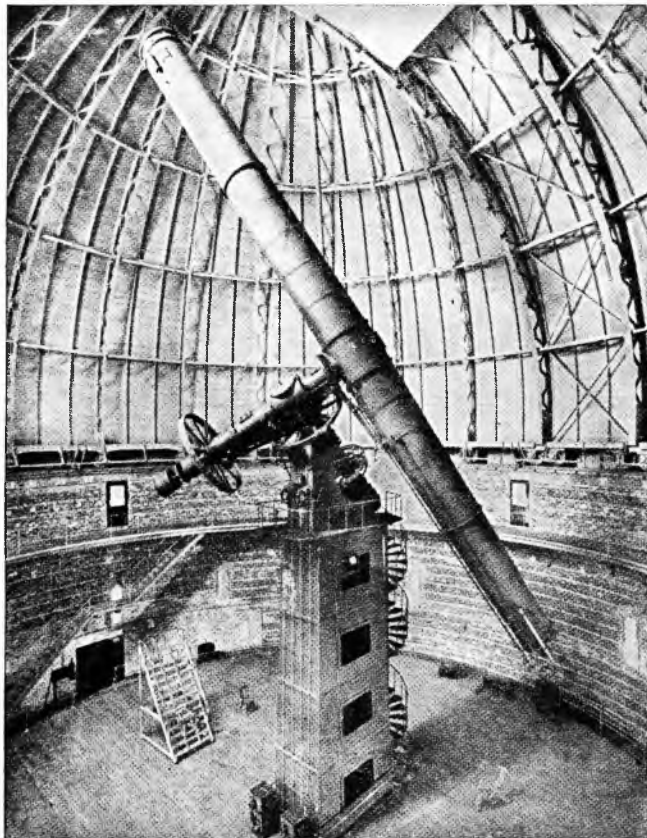
U većini slučajeva zadovoljit ćemo se računom povećanja durbina kao afokalnog sastava, time što pri promatranju objekata na kraćim udaljenostima treba zamisliti daljinu promatranja prostim okom (na koju se odnosi povećanje vidnog kuta sa iznosom koji daje računato povećanje) sa položajem oka u žarištu predmeta objektiv. Pri računanju povećanja očitavanja primijenit će se najčešće daljina promatranja jednaka konvencionalnoj daljini jasnog vida, tj. 250 mm.

Vidno polje durbina je sav onaj prostor koji se vidi kroz nepokretni durbin. Razlikuje se *realno* i *prividno vidno polje*.

Kako se zaslon vidnog polja durbina nalazi na mjestu gdje objektiv stvara sliku, to se realno vidno polje mjeri kutom φ što ga zatvaraju glavne zrake objektiv koje prolaze rubovima zaslona (sl. 14). Prividno vidno polje mjeri se kutom pod kojim opažatelj s okom smještenim u izlaznoj pupili vidi promjer slike u durbinu. Približno se ovaj kut izračunava tako da se kut realnog vidnog polja pomnoži s povećanjem durbina.



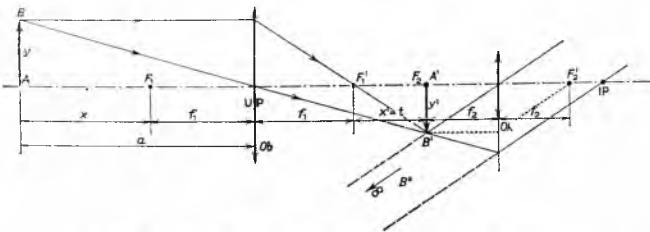
Sl. 14. Realno vidno polje durbina



Sl. 12. Veliki refraktor Yerkes Observatory (USA); kompletiran je 1893

Formula za povećanje svakog subjektivnog optičkog instrumenta podešenog za opažanje na konačnu udaljenost glasi (v. *Optika*): $\Gamma = \bar{l}/f$, gdje je \bar{l} daljina promatranja predmeta prostim okom a f žarišna daljina optičkog sistema.

Izraz za žarišnu daljinu sistema od dvije leće ili dva odijeljena sistema na određenom razmaku glasi: $f = -f_1 f_2 / t$. U durbinu su f_1 i f_2 žarišne daljine objektiv i okulara, a t optička dužina.



Sl. 13. Primjena durbina za konačne udaljenosti predmeta

Kako je linearno mjerilo preslikavanja objektiv, prema Newtonovoj formuli, $\beta' = -x'/f' = -f/x$, to će, uz pretpostavku da je $x' = t$, tj. da se slika koju je stvorio objektiv nalazi u žarišnoj ravni okulara, biti

$$\frac{t}{f_1} = \frac{f_1}{a - f_1},$$

gdje je a udaljenost predmeta od odgovarajuće glavne ravnine objektiv, uzeta s odgovarajućim predznakom. Prema tome žarišna daljina optičkog sistema podešenog na konačnu udaljenost predmeta iznosi:

Vidno polje durbina je to manje što je veće povećanje. (Veličina realnog vidnog polja durbina s povećanjem $3\times$ iznosi 12° , s povećanjem $6\cdots 10\times$, $7\cdots 9^\circ$, s povećanjem $20\cdots 100\times$, $1\cdots 2^\circ$.) Durbini velikih povećanja (npr. teleskopi za astronomska opažanja) moraju zbog toga imati na velikim cijevima durbina i posebne male durbine s pomoću kojih se traži objekt za opservaciju.

Svjetloća durbina. Sve tačke realnog vidnog polja izvori su svjetlosti koji odašilju određeni tok svjetlosti u ulaznu pupilu durbina. U oko opažača dolaze snopovi zraka svjetlosti kroz izlaznu pupilu iz tačaka prividnog vidnog polja. Uslijed refleksija na plohamo leća i apsorpcije svjetlosti pri prolazu kroz optičke elemente, intenzitet svjetlosti slabi, pa će slika u durbinu biti tamnija nego pri promatranju prostim okom. [To vrijedi za promatranje rasprostranjenih (terestričkih) objekata.]

Ako se svjetloća durbina definira kao omjer rasvjetla na mrežnici oka pri promatranju istog objekta kroz instrument i prostim okom, dobiva se izraz za svjetloću: $s = T \varrho_1^3 / Z^2$, gdje je T koeficijent propusnosti svjetlosti kroz durbin, ϱ_1 promjer izlazne pupile, Z promjer zjenice oka.

Iz ovog se vidi da ako je $\varrho_1 < Z$, svjetloća ovisi i o veličini izlazne pupile durbina, a pada s kvadratom njenog promjera. Za $\varrho_1 \geq Z$, u oko može doprijeti samo toliko svjetla kao da je $\varrho_1 = Z$, pa svjetloća ovisi samo o koeficijentu propusnosti.

Budući da je svjetloća durbina ovisna o kvadratu promjera izlazne pupile, ona se može relativno mjeriti tom veličinom. Uz pretpostavku da je $T = 1$, durbin sa $\varrho_1 = 1$ imao bi svjetloću $s = 1$; uz $\varrho_1 = 4$, $s = 16$; a uz $\varrho_1 = 5$, $s = 25$. Međutim, to su samo grube aproksimacije pri uspoređivanju svjetloća durbina, jer koeficijent propusnosti može biti i vrlo malen, ako je broj optičkih elemenata u durbinu veći. Posebnu ulogu za povećanje svjetloće na osnovu povećanja koeficijenta propusnosti imaju tzv. *antirefleksni slojevi* (AR-slojevi). To su vrlo tanki slojevi (obično magnezijum-fluorida), debljine $\sim 0,1 \mu\text{m}$, koji se nanose na plohe leća i prizama u specijalnim vakuum-uređajima. (Plohe leća dobivaju po ovim slojevima karakterističnu plavo-ljubičastu boju, pa odatle naziv »plava optika«.) Funkcija ovih slojeva zasniva se na pojavi interferencije svjetlosti kojom se djelomično poništavaju refleksije svjetlosti. Značaj primjene AR-slojeva vidi se po tome što koeficijent propusnosti durbina sa desetak graničnih ploha može iznositi svega 0,5, a primjenom AR-slojeva povisuje se taj koeficijent na 0,9.

Kako je $\varrho_1 = \varrho_u / \Gamma$, izraz za svjetloću može se pisati i u obliku: $s = T \varrho_u^3 / \Gamma^3 Z^2$. Dakle, svjetloća durbina pada s kvadratom njegova povećanja (ako je $\varrho_1 < Z$). Prema tome, ako se uz veća povećanja durbina želi zadržati ista svjetloća, mora se u istom omjeru povećati ulazna pupila durbina. To znači da treba uzimati veće promjere leća, uslijed čega durbin nužno postaje veći i teži.

Potpuno drukčije razmatranje treba provesti za preslikavanje tačkastih izvora, što je najčešći slučaj pri astronomskim opažanjima. Tačkastim izvorima svjetlosti smatraju se oni koji se preslikavaju na jedan vidni element mrežnice oka. Sve zvijezde, pa i najveće, tačkasti su izvori svjetlosti i ne mogu se vidjeti prividno većim ni uz najveća povećanja durbina. Ovo je očito po tome što je vidni kut prema najvećim ili najbližim stajaćicama (prividni dijаметar) manji od $0,01''$, a oko ima anatomsku granicu mogućnosti razdvajanja $20''$ (prema Schoberu). U ovim slučajevima svjetloća durbina će biti to veća što više svjetlosti prođe kroz durbin i osvjetli vidni element oka. Svjetloću u tom slučaju definiramo kao omjer tokova svjetlosti koji ulaze u durbin, odnosno u prosto oko. Iz ove definicije slijedi za svjetloću izraz: $s = T \varrho_u^3 / Z^2$, koji vrijedi uz uvjet da sav tok svjetlosti koji izlazi iz durbina i ulazi u oko. Svjetloća je u tom slučaju proporcionalna kvadratu ulaznog otvora. Iz ovog postaje jasan značaj primjene objektivna velikih promjera pri astronomskim opažanjima. Veći promjeri objektivna znače više svjetlosti, više nego je moguće primiti prostim okom (što ne vrijedi za rasprostranjene objekte), a to omogućuje dublje prodiranje u svemir i promatranje zvijezda vrlo slabih intenziteta, koje prostim okom nikad ne bismo vidjeli. U tim slučajevima bitnu ulogu igra svjetloća durbina, a ne samo njegovo povećanje.

Moć razdvajanja durbina je njegova sposobnost da odvojeno preslika pojedinosti predmeta, susjedne tačke ili crte. Mada i kvalitet okulara ima utjecaja na svojstvo razdvajanja, ovo je u osnovi svojstvo objektivna, jer okular samo povećava što je objektiv razdvojio. Pri razmatranju ovog svojstva durbina nije dovoljno promatrati funkciju durbina samo sa stanovišta geometrijske optike, već treba uzeti u obzir i ogib valova svjetlosti. Zbog ogiba valova tačka predmeta preslikava se objektivom kao difrakciona slika, koja ima izgled svijetlog diska oko kojeg su raspoređeni svijetli prsteni sve slabijeg intenziteta. Ni najbolje proračunati i izrađeni objektivni ne mogu razdvojiti dvije slike tačaka koje su na manjoj udaljenosti nego što je polumjer centralnog diska.

Teorija difrakcije daje za promjer ϱ centralnog diska slike tačke izraz: $\varrho = 2,44 \lambda f / \varrho_u$, gdje je f žarišna daljina objektivna, λ valna dužina svjetlosti, ϱ_u promjer ulazne pupile. Promjer centralnog diska bit će, dakle, to manji što je ulazna pupila veća (tj. što je veći promjer objektivna). To je dalji razlog za primjenu većih promjera objektivna. Kut pod kojim promatrač vidi polumjer centralnog diska iz glavne tačke objektivna iznosi:

$$\alpha = \frac{\varrho}{2f} \quad (\text{u radijanima}).$$

Ako se u ovaj izraz uvrsti vrijednost za ϱ iz prethodne jednadžbe, uzme za $\lambda = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ (valna dužina spektra za koju je oko najosjetljivije) i radijani preračunaju u sekunde (množenjem sa $3600 \cdot 180/\pi$), dobiva se: $\alpha = 140/\varrho_u$ (α u sekundama, ϱ_u u milimetrima).

Prema kriteriju Rayleigha, dvije se tačke vide odvojeno ako razmak difrakcionih diskova obiju tačaka iznosi najmanje koliko radijus diska. Po tome je vrijednost α ujedno kriterij za moć razdvajanja objektivna durbina. Npr. objektiv ulaznog otvora $\varrho_u = 140 \text{ mm}$ mogao bi teoretski razdvojiti $1''$.

Prividni kut pod kojim bi se promatranjem kroz durbin, bar teoretski, vidjele dvije tačke odvojeno iznosi prema gornjem $\alpha_1 = \alpha \Gamma$ (α_1 i α su mali kutovi), tj. $\Gamma = \alpha_1/\alpha$, ili, s prethodnom jednadžbom za α : $\Gamma = \frac{\alpha_1}{140} \varrho_u$ (α_1 u sekundama, ϱ_u u milimetrima).

Kako se prilikom ispitivanja i mjerenja pri promatranju detalja okom nastoji da vidni kut ne bude manji od $120''$, može se za α uvrstiti vrijednost 140, pa se dobiva približna formula: $\Gamma \approx \varrho_u$. Dakle, da bi se durbinima na koje se postavljaju veći zahtjevi u pogledu njihova kvaliteta (npr. mjernim durbinima) postigla maksimalna moć razdvajanja, smije povećanje biti najviše toliko puta koliko milimetara iznosi promjer ulaznog otvora objektivna. Iz spomenutih razloga kreću se povećanja durbina unutar granica postavljenih iznosima dvostrukog promjera objektivna izraženog u milimetrima. Unutar tih granica, kako su ispitivanja pokazala, moć razdvajanja durbina raste približno proporcionalno s povećanjem.

Moć razdvajanja durbina ispituje se pomoću specijalnih testova. Za durbine za astronomska opažanja upotrebljavaju se u tu svrhu određene dvojne zvijezde. Za durbine malih povećanja vrlo je poznat Foucaultov test, koji se sastoji od toga da se promatra niz polja u kojima se nalaze crtice sa četiri karakteristična nagiba. Svako polje ima odgovarajući razmak crtica, a broj u polju označuje moć razdvajanja u sekundama pri promatranju s udaljenosti 10 m. Specijalni testovi mogu se nalaziti i u tubusima velikih kolimatora pred čije se objektivne stavljaju durbinu prilikom ispitivanja.

TERESTRIČKI DURBINI

Mogu se razlikovati tri osnovne konstrukcije durbina koji daju uspravne slike: holandski durbin, durbin s dioptričkim preokretnim sistemom (sistemom za preokretanje slike sastavljenim od leća) i durbin s prizmama. Ovaj redosljed odgovara i njihovom historijskom razvoju.

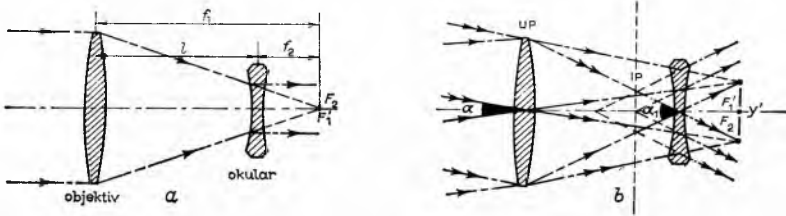
Holandski durbin, često nazivan i Galilejev durbinom po glasovitom talijanskom fizičaru, najjednostavniji je terestrički durbin. Karakteristiku mu daje okular koji je rastresna leća. Objektiv s okularom čini afokalni sistem kako je to prikazano na sl. 15.

Objektiv ne stvara realne slike, već virtuelnu (y') iza okulara u njegovoj žarišnoj ravnini. Nakon prolaza kroz okular zrake

snopa su ponovo paralelne, ali je nagib prema optičkoj osi povećan, a time i vidni kut. Povećanje holandskog durbina dobiva se analognog kao astronomskog:

$$\Gamma = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha} = \frac{f_1}{f_2}$$

Dužina je holandskog durbina $l = f_1 - f_2$, dakle za isto povećanje holandski durbin je kraći od astronomskog. Izradio se



Sl. 15. Funkcija holandskog durbina. a Snop zraka sa daleke tačke na optičkoj osi, b snopovi zraka sa dalekih tačaka izvan optičke osi

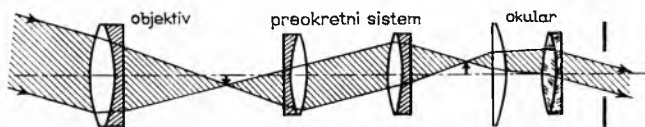
do povećanja $30\times$. Izlazna pupila holandskog durbina je virtuelna i nalazi se između objektiv i okulara. Kako se oko opažača nalazi iza okulara, zjenica oka ne može doći u izlaznu pupilu durbina. Zbog toga zjenica oka dijafragmira zrake svjetlosti i formira pupilu. Posljedica je toga da svjetloća ne ovisi o povećanju durbina, već je ovisna o veličini pupile oka. Ta činjenica ukazuje na pogodnost primjene holandskog durbina pri noćnim opažanjima, kad je pupila oka najveća. Za određenu veličinu pupile oka svjetloća durbina će biti ovisna samo o koeficijentu propusnosti, a taj je velik jer durbin ima malo leća (objektiv je najčešće od dvije leće, a okular obično bikonkavna leća).

Vidno polje ovog durbina ovisno je o veličini otvora objektiv, pa je ono malo jer promjer objektiv, iz konstruktivnih razloga, ne može biti veći od trećine žarišne daljine objektiv. Osim toga vidno polje ovisi i o veličini pupile oka, što je sve drukčije nego kod astronomskog durbina.

Holandski durbin se ne može upotrijebiti kao mjerni durbin jer se realna slika ne nalazi između objektiv i okulara, pa je nemoguće staviti nitni križ u ravninu slike.

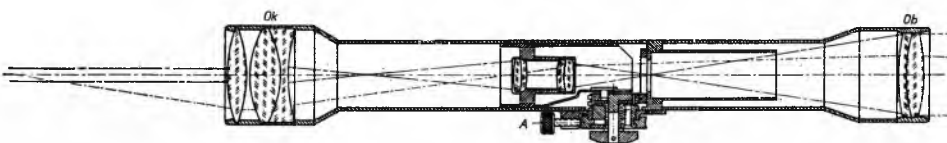
Danas se holandski durbin rijetko izrađuje s povećanjem većim od tri puta, dijаметar objektiv ima red veličine 50 mm, a dužina durbina 100 mm. Vrlo se često upotrebljava kao kazališni dvogled sastavljen od dva jednaka optička sistema paralelnih osi na razmaku 65 mm. Povećanje ovih durbina iznosi do $2\times$, promjeri objektiv 30-40 mm, a dužina do 50 mm.

Durbini s dioptrijskim preokretnim sistemom. Već je Kepler dao ideju da se primijeni leća kao sistem za preokretanje obrnute slike koju daje objektiv durbina. Najjednostavniji terestrički durbin s dioptrijskim preokretnim sistemom sastoji se od tri sabirne leće: objektiv, preokretnog sistema i okulara. Kvalitetniji terestrički durbini imaju složeniji optički sistem iz razloga koji su već spomenuti (sl. 16). Sam preokretni sistem sastoji



Sl. 16. Funkcija terestričkog durbina sastavljenog od leća

se obično od dvije plankonveksne leće (ili leće blize tom obliku) ili od dva para lijepljenih leća (sl. 17). Preokretni sistem kombiniran s okularom u jednu mehaničku cjelinu naziva se *terestričkim*



Sl. 17. Terestrički durbin s dioptrijskim preokretnim sistemom — snajper na puški. A Uređaj za namještanje nitnog križa

okularom. Zamjenom običnog okulara terestričkim pretvara se astronomski durbin u terestrički.

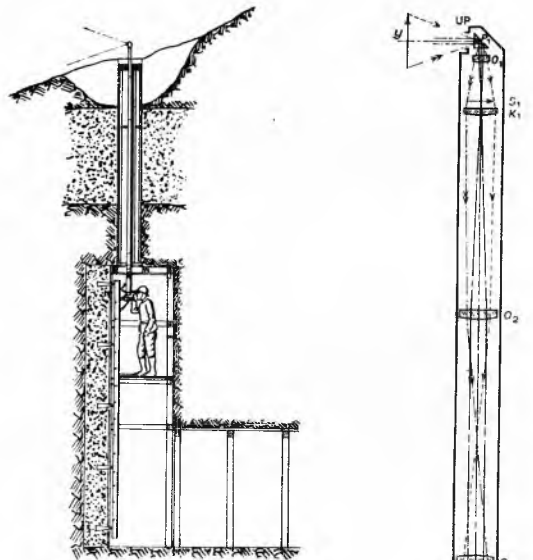
Povećanje terestričkog durbina s dioptrijskim preokretnim sistemom iznosi:

$$\Gamma = \frac{f_1}{f_2} \beta \quad \text{ili} \quad \Gamma = \frac{\varrho_u}{\varrho_1}$$

gdje je β linearno povećanje preokretnog sistema, koje je najčešće vrlo blizu jedinici.

Terestrički durbini sastavljeni od leća imaju neke nedostatke. Preokretni sistem povećava dužinu durbina (najmanje za četiri žarišne daljine preokretnog sistema), a time i njegovu težinu. Takav terestrički durbin nepraktičan je za držanje rukom. Uslijed većeg broja leća smanjuje se koeficijent propusnosti, a time i svjetloća durbina.

Periskop. Veća dužina durbina sastavljenih od leća može postati i prednost, na primjer kad služe kao periskopi, tj. instrumenti koji omogućavaju promatranje iz zaklonjenih mjesta, odakle je normalno promatranje okom nemoguće (sl. 18). U tu svrhu cijevi ovih durbina položene su vertikalno, a za promjene smjera zraka upotrebljavaju se prizme. Pomoću njih zrake svjetlosti paralelno se pomiču za veći ili manji iznos. To svojstvo naziva se *periskopno-*



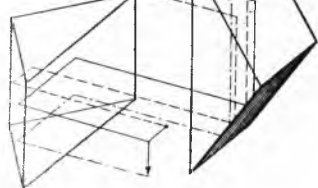
Sl. 18. Poljski periskop

Sl. 19. Jednostavni periskop podmornice (stariji tip). O₁ objektiv, O₂ okular, K₁ i K₂ kolektivne leće, O₃ i O₄ preokretni sistem, P₁ i P₂ prizme za promjenu smjera zraka, S₁ i S₂ slike predmeta unutar durbina, UP i IP pupile

žću i mjeri se pomakom zrake svjetlosti koja ide optičkom osi durbina. Periskopnost je primarno svojstvo tih instrumenata, a povećanje tek sekundarno. Npr. podmornički periskopi (sl. 19) kod kojih se želi sačuvati veće vidno polje s dovoljno velikom izlaznom pupilom, imaju povećanje najviše $1,5\cdot 2\times$. U ostalim slučajevima, pogotovo ako se instrumenti upotrebljavaju ne samo za promatranje već i za viziranje, povećanje iznosi $6\cdot 10\times$. Postoje specijalne konstrukcije glava s objektivom koje omogućavaju da se povećanje mijenja. Podmornički periskopi imaju obično periskopnost $6\cdot 12$ m. Gornji dio cijevi s objektivom uži je od glavne cijevi i može se uvlačiti.

Optički problemi konstrukcije periskopa vrlo su slični problemima koji se pojavljuju pri konstrukciji instrumenata fizikalne medicine koji se zovu *endoskopi*, a služe za promatranje unutrašnjih tamnih šupljina u čovječjem tijelu. I jednim i drugim instrumentima osnovna je svrha prenijeti sliku predmeta na odgovarajuće mjesto za promatranje. I endoskopi imaju objektiv, preokretni sistem i okular (uz uređaj za rasvjetu predmeta), ali sistem u cjelini nije afokalan. Objekt je udaljen od objektivna 35-40 mm.

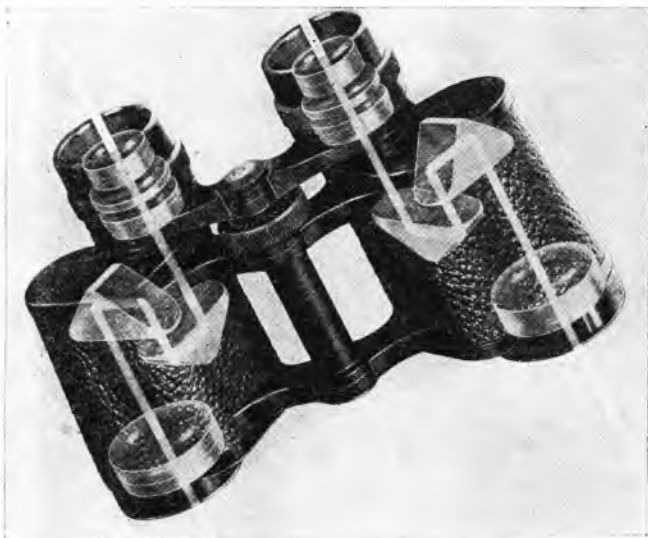
Durbini s prizmama je kraći naziv za terestričke durbine u kojima su kao preokretni sistemi primijenjene prizme. Prvi je ovakav preokretni sistem konstruirao I. Porro 1851 (slika 20), ali se tim njegovim značajnim izumom kroz duže vrijeme nisu koristili.



Sl. 20. Prva Porrova kombinacija prizama

Osnovna je prednost primjene prizama kao preokretnih sistema smanjenje dužine durbina. Konstruiran je veći broj vrlo različitih sistema s prizmama za preokretanje na principu totalne refleksije svjetlosti na graničnim plohama prizama. Najjednostavnije su i najčešće primijenjene Porrove kombinacije prizama.

Ručni dvogled (dogled) je najšire primijenjen terestrički durbin s prizmama. Sastoji se od dva konstruktivno optički jednaka dijela, monokulara (sl. 21). Svaki monokular sastoji se od objektiv, okulara i sistema prizama za preokretanje slike. Monokulari se mogu okretati oko zajedničke osi, kako bi se razmak optičkih osi mogao prilagoditi razmaku očiju opažača (normalno ~ 65 mm).



Sl. 21. Ručni dvogled 6 x 30

Prilikom montaže i justaže dvogleda podešava se paralelnost optičkih osi monokulara s okretnom osi. Primjenom prizama u ručnom dvogledu on se skraćuje i postaje pogodniji za nošenje i opažanje, a kako razmak optičkih osi objektiv postaje veći od razmaka optičkih osi okulara, postiže se pri promatranju veća plastičnost, odnosno stereoskopnost. Prostorno, stereoskopno ili plastično gledanje uslovljeno je, naime, gledanjem objema očima. Bazu za ocjenjivanje udaljenosti pojedinih tačaka i objekata u prostoru, a samim time i dubine prostora, čini razmak između centara pupila očiju. Ako se ta baza optičkim putem poveća, povećava se i preciznost ocjenjivanja i mjerenja prostora, povećava se plastičnost gledanja. Radi karakteriziranja instrumenata u pogledu plastičnosti gledanja kroz njih, definiraju se dvije veličine: specifična i potpuna plastičnost. *Specifičnom plastičnošću* naziva

se omjer razmaka između središta ulaznih otvora (objektiva) i izlaznih otvora (okulara), a *potpuna plastičnost* je broj koji kazuje koliko puta plastičnije izgleda prostor gledan kroz instrument u odnosu na prostor promatran prostim okom. Potpuna plastičnost izračunava se kao umnožak specifične plastičnosti i povećanja durbina monokulara. Npr. za dvogled povećanja 6x kojim su objektiv razmaknuti 96 mm a okulari 64 mm, specifična plastičnost iznosi 1,5 a potpuna plastičnost 9.

Na dvogledu se obično nalaze oznake povećanja i promjera ulazne pupile, npr. oznaka 6 x 30 znači da je povećanje durbina 6x a promjer pupile 30 mm. Iz ovih veličina računaju se i druge karakteristike dvogleda. Promjer izlazne pupile iznositi će u ovom slučaju: $e_1 = \frac{30}{6} = 5$ mm, a relativna svjetloća, prema prije rečenom, $s = e_1^2 = 25$.

Dvogledi se danas obično izvode u kombinacijama: 6 x 30, 8 x 30, 8 x 40, 7 x 50, 10 x 50, 15 x 50, od kojih je prva najčešće upotrebljavana. Kupac će se prema potrebi odlučiti za najpovoljniju moguću kombinaciju povećanja i izlazne pupile. Veće povećanje znači i veću moć razdvajanja ali i veću težinu dvogleda uz manje vidno polje, veće izlazne pupile pogodne su za opažanja u lošijim uvjetima rasvjetje objekata.

Za kvalitet opažanja u sumraku mjerodavni su povećanje i veličina ulazne pupile dvogleda, za kvalitet opažanja noću mjerodavna je samo veličina ulaznog otvora.

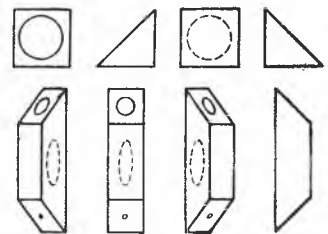
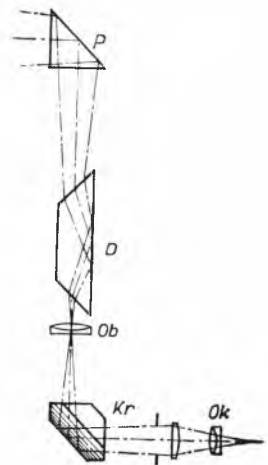
Pri opažanjima danju, uz dobru rasvjetu, promjer pupile oka iznosi ~ 2 mm, stoga veće izlazne pupile dvogleda u tom slučaju nemaju nikakvog značaja, te osnovnu ulogu ima povećanje. Ovisno je, dakle, o uslovima opažanja, naročito o rasvjeti objekata (o čemu ovisi i sjaj) i okoline, koje karakteristike i koja svojstva dvogleda preuzimaju bitnu ulogu. O uslovima primjene ovisjet će, prema tome, i izbor dvogleda za opažanja.

Telemetri. Ukoliko se želi svojstvo plastičnosti znatnije povećati, grade se instrumenti za opažanja s dugim horizontalnim cijevima, kod kojih je razmak objektiv znatno veći od razmaka okulara. Takvi durbini često se grade s uređajem za mjerenje udaljenosti, pa se u tom slučaju nazivaju daljinomjerima ili telemetrima (v. *Daljinomjeri*).

Panorama je instrument koji služi za osmatranja i mjerenja u vojne svrhe (sl. 22). Primjenom pravokutne prizme u kombinaciji sa krovnom prizmom postiže se određena periskopnost (sl. 23). Krovna prizma služi ujedno i kao preokretni sistem. Glava s pravokutnom prizmom može se zakretati, što omogućava proma-



Sl. 22. Panorama



Sl. 23. Optička shema panorame sa skicom različitih položaja prizama P i D kod zakretanja glave. P pravokutna prizma, D Doveova prizma, Ob objektiv, Kr krovna prizma, Ok okular



Sl. 24. Baterijski dvogled

tranje čitavog horizonta. Doveova prizma je u tom slučaju ispravljaj slike. Kad se zakreće glava, okreće se, naime, i Doveova prizma putem posebnog zupčaničkog prenosa, tako da se kroz okular stalno promatra uspravna slika. Prenos zakreta je podešen tako da se Doveova prizma okrene za polovinu kuta za koji se zaokrenula glava. Povećanje panorame iznosi obično 4 puta, a periskopnost najčešće 180 mm.

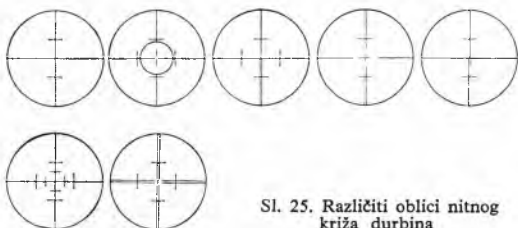
Baterijski dvogled građen je također od dva zasebna monokulara (sl. 24). Cijevi monokulara mogu se skupiti i raširiti. Na taj način odabire se ili veća periskopnost ili veća plastičnost. Ako su cijevi skupljene, kao što je prikazano na slici, postignuta je maksimalna periskopnost, a ako su potpuno raširene, horizontalne, postiže se maksimalna plastičnost. Preokretni sistem sastoji se od jednog oblika Porrove kombinacije prizama, ali su primijenjene i druge optičke konstrukcije. Ti dvogledi izvode se obično u kombinaciji 10×50 , sa prividnim vidnim poljem $\sim 50^\circ$.

Reflektori i medijali

Durbini-reflektori upotrebljavaju se danas samo za astronomska opažanja te se o njima govori drugdje u ovoj enciklopediji (v. *Astronomski instrumenti*). Karakteristično je za njih što im objektiv tvori zrcalo. Za manje promjere ono je sferno, a za veće parabolno. Prednost primjene zrcala kao objektivna jest, u prvom redu, što zrcala nemaju kromatske aberacije, a zatim, što ih je za veće promjere lakše izraditi. Ovi objektivni imaju osim toga i manju težinu nego objektivni s lećama. Međutim, mana im je veća osjetljivost na promjene temperature i druge uzroke deformacija. Optički su, naime, zrcalne plohe oko četiri puta osjetljivije na deformacije nego dioptrijske plohe. Najveći reflektori ne služe za opažanja okom, već se objektivima vrši snimanje na fotoploče.

Zrcala durbina-reflektora su površinska zrcala. Danas nije problem izraditi površinsko zrcalo nanošenjem metalnih slojeva na površinu stakla u vakuumu. Međutim, nekad su postojale poteškoće ne samo u nanošenju sloja već i zbog njegove ograničene stabilnosti. Zbog toga se došlo na ideju da se izrađuju zrcala sa slojem nanesenim na stražnju plohu stakla. Budući da zrake svjetlosti u takvom optičkom elementu prolaze i kroz staklo, on djeluje i kao zrcalo i kao leća, pa se naziva *zrcalnom lećom*. Kombinacijom zrcalnih leća s ostalim optičkim elementima konstruirani su durbini-medijali.

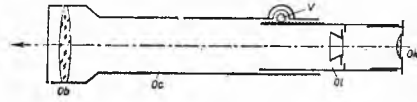
Starije konstrukcije medijala (Hamilton 1814, Schupmann 1899) nisu se održale. Veliki preokret u konstrukcijama medijala nastao je izradom Schmidtovog zrcala 1932 (v. *Astronomski instrumenti*, sl. 10), kao i konstrukcijama Maksutova. Danas se medijali primjenjuju ne samo kod durbina za astronomska opažanja već i kod drugih mjernih instrumenata. Razlog su tome veće mogućnosti u korekcijama pogrešaka optičkih sistema uz relativno manji broj optičkih elemenata, te mogućnosti povećanja svjetloće durbina. Vrlo je poznata H. Wildova konstrukcija (1936) primijenjena kod preciznog teodolita (v. *Teodolit*).



Sl. 25. Različiti oblici nitnog križa durbina

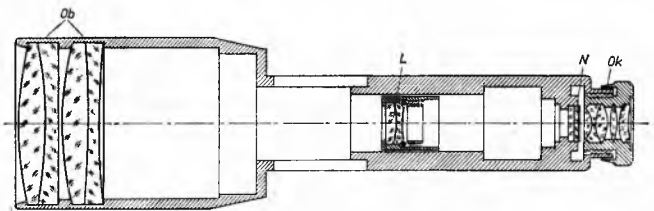
Durbin kao mjerni instrumenat

Durbin kao mjerni instrumenat nalazi se u različitim područjima stručne i naučne djelatnosti, a posebnu primjenu ima u armiji. U geodetskim mjernim instrumentima durbini služe za viziranje i optičko mjerenje udaljenosti (v. *Daljinomjeri*,



Sl. 26. Durbin s vanjskim izoštravanjem. Ob objektiv, Oc objektivska cijev, Ok okular, Ol okularska cijev, V vijak za izoštravanje

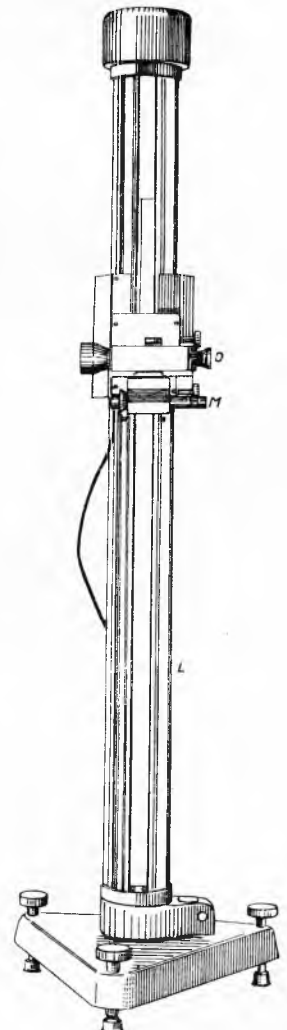
Nivelir, Teodolit). U fizikalno-mjernim laboratorijima mnogo se upotrebljavaju durbini primijenjeni kao katetometar, goniometar, spektrometar i dr.



Sl. 27. Durbin s unutrašnjim izoštravanjem. Ob sabirni dio objektivna, L leća za unutrašnje izoštravanje, Ok okular, N nitni križ

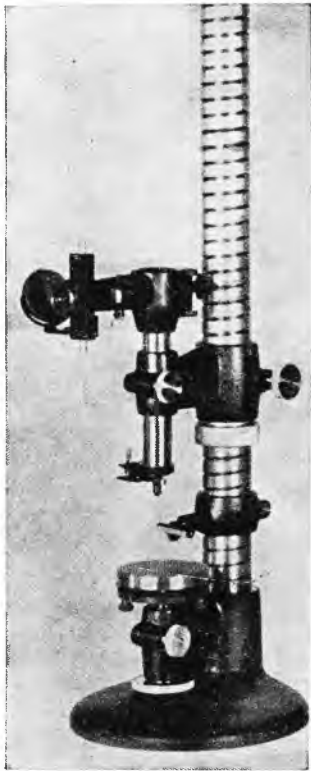
Kad se durbin upotrebljava za mjerenje, u ravni zaslonu ispred okulara nalazi se staklena pločica s *nitnim križem* (končanicom, retikulom) a katkada i posebnom skalom (sl. 25). Okulari durbina mogu se okretanjem podešavati na različite udaljenosti od nitnog križa, već prema refrakcionom stanju oka opažača. U tu svrhu nalazi se na prstenu okulara posebna skala, izražena u dioptrijama, pomoću koje se može postaviti okular na odgovarajuću dioptriju za oko. Kod geodetskih mjerenja vizurni su objekti na različitim udaljenostima, pa mjerni durbini moraju imati mogućnost izoštravanja slike za različite udaljenosti.

Kod starijih instrumenata to se postizalo većinom pomicanjem okularne cijevi (okulara s nitnim križem) unutar cijevi s objektivom (rjeđe pomicanjem objektivne cijevi unutar okularne cijevi). Na taj način dovodio se nitni križ u ravninu slike objekta koju je stvorio objektiv. Takvo se izoštravanje naziva *vanjskim izoštravanjem* (sl. 26). Novije konstrukcije durbina imaju teleobjektive (v. sl. 8), pa se rastresni sistem leća teleobjektiva upotrebljava za izoštravanje slike objekta tako da se pomiče unutar cijevi objektivna pomoću posebnog postranog vijka ili specijalnog prstena. Ovim pomakom mijenja se za male iznose žarišna daljina objektivna, a time se dovodi slika objekta u ravninu nitnog križa koji je nepomičan. Ovakav način izoštravanja naziva se *unutrašnjim izoštravanjem* (sl. 27).



Sl. 28. Katetometar Wild. D durbin, M mikroskop za očitavanje skale, L lineal s podjelom

Osnovne su odlike ovog načina izoštavanja veća kompaktnost durbina i veća stabilnost vizurne osi.



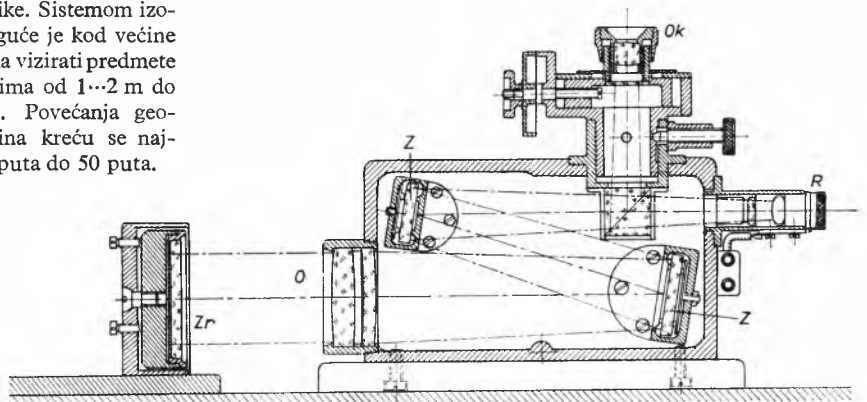
Sl. 29. Optimetar

Za mjerenja je važno da se ravnina slike nalazi u ravnini nitnog križa. U protivnom slučaju nastaju pogreške u viziranju. Odstupanje ravnine slike od ravnine nitnog križa uzrokuje, dakle, neizbježne pogreške u viziranju. Ova pojava naziva se *paralaksom nitnog križa*. Ako postoji ova paralaksa, dolazi do relativnog pomaka slike prema nitnom križu kad se oko pomiče ispred okulara. Paralaksa nitnog križa uklanja se prije mjerenja izoštavanjem slike. Sistemom izoštavanja moguće je kod većine takvih durbina vizirati predmete na udaljenostima od 1...2 m do neizmjenosti. Povećanja geodetskih durbina kreću se najčešće od 20 puta do 50 puta.

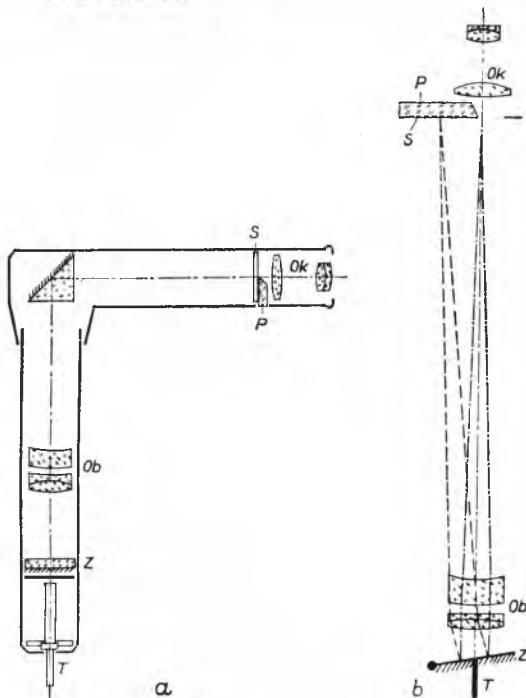
objektiva durbina. Skala, osvijetljena sa strane pomoću posebne prizme, nalazi se u ravnini slike objektiva i pokriva polovinu polja slike. Za opažanje služi druga polovina polja slike objektiva, gdje se nalazi indeks za očitavanje slike skale. Povećanje durbina iznosi $20\times$ a tačnost očitavanja $1\ \mu\text{m}$.

Instrument za ispitivanje planeiteta (sl. 31) upotrebljava se naročito pri ispitivanju kvaliteta ležajeva i nosača strojeva. Durbin ima Gaussov tip okulara i građen je kao afokalni sistem. Nagib ravnog zrcala koje se vodi po ispitivanoj plohi mijenja položaj reflektirane slike osvijetljenog nitnog križa. Tačnost je mjerenja $1\ \mu\text{m}$ na dužinu 200 mm.

Dioptrimetar (fokometar, sl. 32) služi za mjerenje dioptrijskih vrijednosti i prizmatičnog djelovanja naočalnih stakala. Optički sistem se sastoji od kolimatora i durbina. U kolimatoru se nalazi osvijetljena test-pločica, a naočalno staklo stavlja se, konkavnom stranom okrenutom prema objektivu kolimatora, na poseban no-



Sl. 31. Instrument za ispitivanje planeiteta (shematski prikaz). Z zrcalo, O objektiv, Ok okular, R rasvjeta, Zr ravno zrcalo



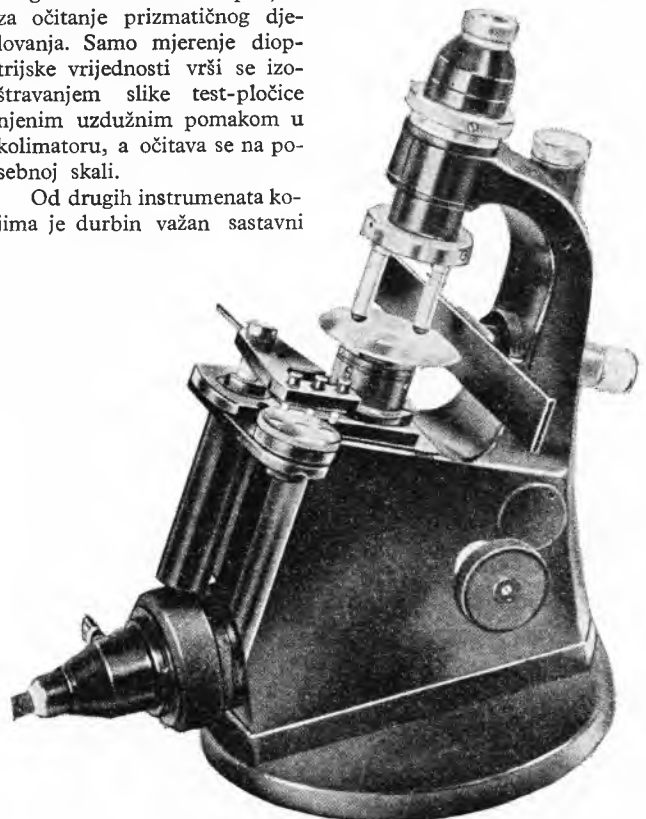
Sl. 30. Shematski prikaz optimetra. a Optimetar, b princip funkcije mjernog ticala T mjesto ticala, Z zrcalo, Ob objektiv, S skala, Ok okular, P prizma za rasvjetu skale

Katetometar (sl. 28) služi za mjerenje visinskih razlika na objektu u laboratoriju i za ispitivanje mjerila. Durbin se sa mikroskopom pomiče duž vertikalnog nosača na kojem se nalazi stakleni lineal sa skalom dužine 800...1000 mm. Durbin povećanja $20\times$ služi za viziranje, a pomoću mikroskopa se očitava položaj durbina na skali (mogućnost očitavanja uz procjenu 0,01 mm).

Optimetar (sl. 29) služi za mjerenje vrlo malih razmaka. Pomak mjernog ticala (sl. 30) prenosi se na malo zrcalo ispred

sač ispred durbina podešenog na neizmjenost. U žarišnoj ravnini objektiva durbina nalazi se staklena pločica koja se promatra okularom, a na njoj je gravirana podjela za mjerenje položaja osi astigmatičnih stakala i podjela za očitavanje prizmatičnog djelovanja. Samo mjerenje dioptrijske vrijednosti vrši se izoštavanjem slike test-pločice njenim uzdužnim pomakom u kolimatoru, a očitava se na posebnoj skali.

Od drugih instrumenata kojima je durbin važan sastavni

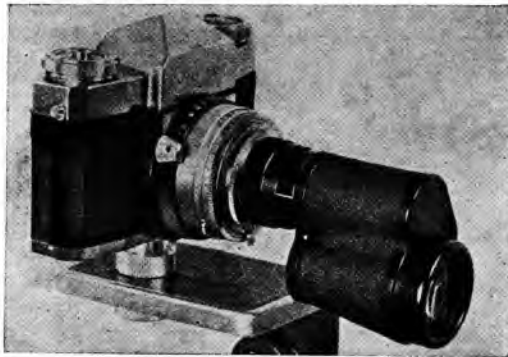


Sl. 32. Dioptrimetar

dio spomenimo samo još goniometar, spektrometar, refraktometar, interferometar, polarimetar. O njima će biti govora na drugim mjestima u ovoj enciklopediji.

Durbin kao dodatak objektivu

Durbin kao dodatak objektivu primjenjuje se najviše u fotografiji i kinematografiji. Stavljanjem durbina pred objektiv fotoaparata ili projektor povećava se žarišna daljina objektivu za faktor povećanja durbina, a povećanjem žarišne daljine povećava se i veličina slike (sl. 33). Specijalna svrha durbina kao dodatka objektivu u fotografiji malog formata i kinematografiji za uski film je povećanje ili smanjenje žarišne daljine objektivu. Durbini za tu svrhu holandskog su tipa. Ovakvi dodaci



Sl. 33. Fotoaparat malog formata s durbinom 8 × 30 kao dodatkom

povećavaju žarišnu daljinu fotoobjektiva do 1,7×, a kinoobjektiva do 2 ×, ili je smanjuju do 0,8, odnosno 0,5 od vrijednosti bez dodatka.

U posljednje vrijeme postoje i specijalni durbini kao dodaci, primijenjeni u kinotehnicima, koji omogućuju (najčešće primjenom cilindričnih leća) različita povećanja u dva međusobno okomita presjeka (*anamorfoti*). Ako se snima s objektivom uz takav dodatak, slika je oštra ali je u jednom smjeru deformirana. Ako se projicira film sa isto takvim objektivom, dobiva se normalna slika na širokom zasteru (*anamorfotsko preslikavanje*).

V. Fotografija, Kinematografija.

LIT.: M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente, Berlin 1920. — L. Bell, The telescope, New York 1922. — A. Gleichen, Die Theorie der modernen optischen Instrumente, Stuttgart 1923. — O. Eppenstein, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe, Leipzig 1924. — M. v. Rohr, Die optischen Instrumente, Berlin 1930. — A. Danjon, A. Conder, Lunettes et télescopes, Paris 1935. — G. F. Slavčević, Методы расчета оптических систем, Ленинград-Москва 1937. — L. Martinelli, Il progetto degli strumenti ottici, Firenze 1943. — D. H. Jacobs, Fundamentals of optical engineering, New York 1943. — C. Z. Dimitroff, J. G. Baker, Telescopes and accessories, 1945. — C. A. Boutry, Optique instrumentale, Paris 1946. — Д. Д. Максудов, Астрономическая оптика, Москва-Ленинград 1946. — T. Henson, Binocular telescopes and telescopic sights, New York 1955. — A. König, H. Köhler, Die Fernrohre und Entfernungsmesser, Berlin 1959.

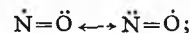
D. Benčić

DUŠIK (AZOT), nitrogen (nitrogenum, N, at. br. 7, at. tež. 14,0067), kemijski element, prvi u petoj grupi periodnog sistema. Prirodni je dušik smjesa dvaju stabilnih izotopa: ^{14}N (99,634%) i ^{15}N (0,366%). Različitim nuklearnim reakcijama dobiveni su radioaktivni izotopi dušika s masenim brojevima 12, 13, 16 i 17, s vremenima raspolovljenja 0,125 s, 9,93 min, 7,4 s i 4,14 s.

Od ostalih elemenata iste grupe periodnog sistema dušik se razlikuje po tome što valencijska ljuska njegova atoma sadrži svega četiri orbitale (jednu s i tri p), te mu je stoga maksimalna kovalencija 4, nadalje po tome što često stvara dvostruke veze pomoću svojih p-orbitala, i, konačno, po tome što mu je koordinacijski broj ograničen steričkim faktorima zbog malih dimenzija njegova atoma (zbog toga ne postoji, npr., o-dušična kiselina H_3NO_4).

Elektronska konfiguracija atoma dušika u osnovnom je stanju $1s^2 2s^2 2p^3$, pa dušik u svojim spojevima ispoljuje sva oksidacijska stanja od +5 do -3, a najčešće stanja +5, +3 i -3, tj. najčešće je trovalentan i peterovalentan. U tabl. 1 navedeni su primjeri spojeva u svim oksidacijskim stanjima. Dušik tvori i kompleksne spojeve velike postojanosti (npr. NH_4^+) i može u spojevima

biti vezan za druge atome dvostrukim vezama (npr. u NO) i semipolarnim vezama (npr. u aminoksidima $\text{R}_4\text{N}^+\text{O}^-$). Kod spojeva sa višestrukim vezama moguća je mezomerija, npr.



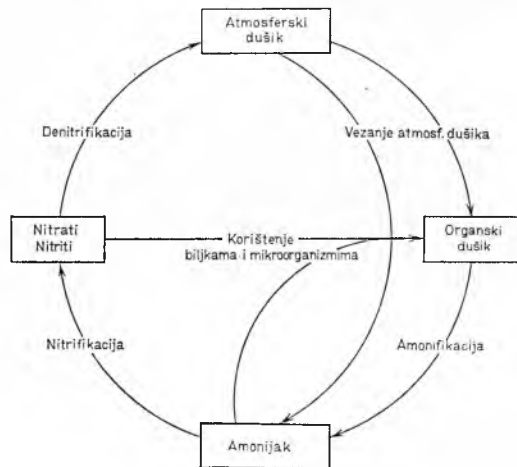
semipolarna veza aminoksida prikazana je formulom $\text{R}_4\text{N}^+-\overset{-}{\text{O}}$.

Tablica 1
OKSIDACIJSKA STANJA DUŠIKA

Oksidacijsko stanje	Primjeri
+5	N_2O_5 , HNO_3 , nitrati, NO_2X
+4	N_2O_4 , $\rightleftharpoons 2\text{NO}_2$
+3	N_2O_3 , HNO_2 , nitriti, NOX , NX_3
+2	NO , N_2NO , nitrohidrosilamati
+1	N_2O , $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$, hiponitriti
0	N_2
- $\frac{1}{2}$	HN_3 , azidi
-1	NH_2OH , hidroksilamonijum-soli
-2	N_2H_4 , hidrazinijum-soli, hidrazidi
-3	NH_3 , amonijum-soli, amidi, imidi, nitridi

U elementarnom stanju dušik je glavni sastojak Zemljine atmosfere (78% po volumenu u suhom zraku); u vezanom stanju sastojak je bjelanjčevina i mnogih drugih organskih spojeva; najvažniji mineral koji sadrži dušik je natrijum-nitrat, čilska salitra, koji se u velikim količinama nalazi u sušnim sjevernim oblastima Čilea.

Između vezanog dušika u tlu i elementarnog dušika u atmosferi postoji stalna kružna izmjena ciklus dušika, kako je to shematski prikazano u sl. 1.



Sl. 1. Ciklus dušika u prirodi

Električnim djelovanjem munje, biološkim djelovanjem mikroorganizama u tlu i industrijskom djelatnošću čovjeka, elementarni atmosferski dušik veže se u spojeve koji dospjevaju u tlo, ukoliko se u njemu samom ne stvaraju, otpušteni u kapima kiše i u obliku umjetnih dušičnih gnojiva. Anabolizmom mikroorganizama i biljki iz elementarnog dušika i anorganskih spojeva dušika nastaju organski spojevi (npr. bjelanjčevine) koji, dospjevši kroz hranu u organizam životinja i čovjeka, služe i za izgradnju animalnih bjelanjčevina. Kad mrtvi biljni i životinjski organizmi, i produkti biološke razgradnje unutar živih, gnjiju i trunu u zemlji, uslijed djelovanja mikroorganizama organski spojevi dušika razgrađuju se najprije na aminospojeve i na kraju na amonijak. Tim spojevima biljke opet mogu da se koriste kao hranom; neke specifične bakterije pri tom oksidiraju amonijak, odn. amonijumne soli, u nitrite, a druge dalje oksidiraju nitrite u nitrate (*nitrifikacija*), stvarajući tako u tlu spojeve koje biljka po pravilu lakše asimilira. U tlu se pod djelovanjem određenih mikroorganizama zbiva i nitrifikaciji suprotan proces, *denitrifikacija*, pretvaranje nitrata i nitrita u elementarni dušik. Sadržaj dušika u atmosferi rezultat je uspostavljanja dinamičke ravnoteže između količina dušika koje atmosferi oduzimaju jedni od gore navedenih procesa i količina koje drugi procesi atmosferi vraćaju.

ELEMENTARNI DUŠIK

Elementarni dušik je u običnim okolnostima plin sastavljen od dvoatomnih molekula, kojima se elektronska formula obično piše $:\text{N}:::\text{N}:$, tj. s trostrukom kovalentnom vezom. U atmosferi 100 km iznad površine Zemlje molekule dušika počinju da disociraju u atome pod utjecajem ultravioletnog zračenja; iznad 250 km od Zemljine površine ta disocijacija je potpuna, te se u visokim