

SERİ

B

CİLT

XVII

SAYI

1

1967

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



## MODERN ANALLATİK DÜRBÜNLER

Prof. Dr. Kemal ERKİN

### G i r i Ő

Bilindiği üzere Geodezi'de mesafeler, dolaysız ve dolaylı olmak üzere iki yoldan ölçülür. Buna paralel olarak da mesafe ölçen aletleri iki kategoriye ayırmak mümkündür:

- 1 — Dolaysız yoldan mesafe ölçen aletler,
- 2 — Dolaylı yoldan mesafe ölçen aletler.

1 — *Dolaysız yoldan mesafe ölçen aletler* : Uzunlukları belli olan ve uç uca taşınmak suretiyle mesafe ölçen aletlerdir. İnar telleri<sup>1</sup>, çelik şerit metreler, ölçme lâtaları, ölçme pergelleri v.s. gibi. Bu aletlere ölçme tekerleğini de eklemek mümkündür. Mesafelerin büyük bir sıhhatle ölçülmesi gereken hallerde daima bu aletler kullanılır. (Nirengi bazlarının ölçülmesinde İnar tellerinin, kadastral ölçmelerde 10 veya 20 m. lik çelik şeritlerin kullanıldığı gibi).

2 — *Dolaylı yoldan mesafe ölçen aletler* : Bunları da üç kategoride toplamak mümkündür:

a) *Optik yoldan mesafe ölçen aletler* : Bunlar stadimetrit ve anallatik dürbünler, diyagramlı dürbünler, eğimlerle mesafe ölçen aletler, düplikatörler v.s. gibi aletlerdir.

b) *Trigonometrik yoldan mesafe ölçen aletler* : Saniye okuyan teodolite invar lâtası gibi.

---

1) İnar % 36 nisbetinde nikel ihtiva eden bir çelik-nikel alaşımıdır. Fransız Fizikçisi Charles Edouard Guillaume tarafından keşfedilmiş olan bu alaşımın en mühim özelliği, normal ısı derecelerinden fazla uzak olmayan ısı derecelerinde, genleşme katsayısının hemen hemen sıfıra eşit olmasıdır.

c) *Elektronik yoldan mesafe ölçen aletler* : Geodimetre, Distomat Wild gibi<sup>2</sup>.

Bu suretle anallatik dürbünlerin mesafe ölçen aletler arasındaki mevki tesbit edilmiş bulunmaktadır. Anallatik dürbünlerin, içinde yer almış olduğu optik yoldan mesafe ölçen aletlerden bir kısmı Geodezide lüzumlu olan yatay mesafeyi doğrudan doğruya ölçmez, bu mesafenin sonradan hesap yoluyla bulunması için gerekli elemanların ölçülmesini mümkün kılar. Stadimetrik ve Anallatik dürbünler gibi. Diğer bir kısmı ise yatay mesafenin doğrudan doğruya ölçülmesini sağlar. Bu aletlere genel olarak "Otoredüktör" derler. Eğimlerle mesafe ölçen Sanguet Takeometresi, diyaframlı dürbünler (Hammer-Fennel, Zeiss-Dahlta Takeometreleri), çeşitli Duplicatörler, özellikle Kern DKRT ve Wild RDH otoredüktör takeometreleri gibi.

Geodezide büyük sıhhat istemeyen veya sürat isteyen işlerde mesafeler, hemen hemen daima optik yoldan ölçülür.

Bu yoldan mesafe ölçen aletler arasında yatay mesafenin ayrıca hesabına lüzum göstermeyen Otoredüktör aletler, en cazip gibi görünmektedir. Fakat tatbikatta bu aletler, ümit edilen rağbeti görmemiş, geniş ölçüde kullanılmamış ve kullanılmamaktadır. Özellikle Duplicatörler için bunun en mühim nedeni, bu aletlerin ağır, teferruatı fazla, taşınmaları güç olması, özel miralara ve iyi talim görmüş elemanlara ihtiyaç göstermesi olsa gerektir.

Bunun diğer sebepleri ne olursa olsun gerçek şudur ki bugün optik yoldan (hatta bunu daha da genişleterek dolaylı yoldan da diyebiliriz) mesafe ölçen aletler arasında en fazla kullanılanı "Anallatik Dürbünler" dir. Biz bu yazımızda işte bu anallatik dürbünler ve özellikle modern anallatik dürbünler üzerinde durmak istiyoruz.

2) Elektronik yoldan mesafe ölçülmesi, çok yeni bir geçmişe sahiptir. Muhtelif memleketlerde çeşitli isimlerle yapılan bu çeşit aletlerin İsviçre'de Wild Firması tarafından yapılanı, Distomat adını taşımaktadır. Mesafesi ölçülecek olan iki noktanın her birine bu aletlerden birer tane yerleştirilir. Aletlerden biri verici istasyon (asıl istasyon) diğeri geri döndürücü istasyon olarak çalışır. Her distomat, iki kısımdan müteşekkildir: a) Parabolik antenli bir verici, b) kumanda aleti. Aletin çalışma prensibi şöyledir: Verici vasıtasıyla karşıdaki alete elektromanyetik dalgalar gönderilir. Bu dalgalar geri döner. Kumanda aleti dalgaların bu mesafeyi katetme zamanını ölçer ve bu zamanı otomatik olarak mesafeye çevirir. Bu mesafeler santimetre sıhhatı ile kumanda tablosu üzerinde okunur.

Bilindiği üzere anallatik dürbünleri iki kategoriye ayırmak mümkündür:

- 1 — Boyu değişen anallatik dürbünler,
- 2 — Boyu değişmeyen anallatik dürbünler.

İlerde görüleceği üzere bu iki kategori dürbün arasında gerek iç yapı, gerekse anallatizm teorisi bakımından hemen hemen hiç bir bağıntı yok gibidir. Modern dürbünlerin hepsi ikinci kategoriye dahildir, yani boyları değişmez dürbünlerdir. Bu dürbünlerde anallatizm probleminin çözümü şekli, kendisine has bir özellik arzeder. Bir çok klâsik eserlerde, ders ve el kitaplarında bu çözüm şeklinin yeteri kadar vuzuhla açıklanmamış olduğu görülür. Onun içindir ki burada bu konuyu ele alarak modern anallatik dürbünlerin nasıl işlediğini açık bir şekilde belirtmekte fayda mülâhaza etmiş bulunuyoruz.

Diğer taraftan anallatik dürbün, basit stadimetrik dürbünden doğmuştur. Bizi anallatik dürbüne bağlayan köprü, basit stadimetrik dürbüne istinad etmektedir. O halde anallatik dürbünün, dolayısıyla modern anallatik dürbünün izahına geçmeden önce, basit stadimetrik dürbünün prensibini açıklamak faydalı hatta lüzumludur.

Nihayet gerek basit stadimetrik, gerekse anallatik dürbünlerin izahında gerek basit, gerekse biléşik merceklerin özelliklerinden istifade edilmesi zaruridir. Merceklere ait bu özelliklerin ana hatları itibariyle hatırlatılması, mesafe ölçen dürbünlerin prensiplerinin anlaşılmasında yardımcı olacaktır.

Bu özellikler açıklanırken, formüllerin tevhide gayesiyle, kullanmış olduğumuz formüller içindeki değerler, cebirsel değerler olarak alınmıştır. Bu böyle olunca sonuçlar da az çok değişiklikler göstermektedir. Meselâ bir merceğin denklemi:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

olarak gösterilmiş ve bu bağıntı hem yakınsak, hem de iraksak mercek için muteber kabul edilmiştir.  $p$ ,  $p'$  değerleri birer segment olarak ve yakınsak merceklerde  $f$  pozitif, iraksaklarda negatif olarak alınır, gerçekten de bu böyledir. Halbuki aynı değerler geometrik uzunluklar olarak alınır, yukarıdaki eşitlik yalnız iraksak mercekler için tatbik edilebilmektedir. Ve genel olarak alışılmış ve klâsik kitaplarda yer almış olan şekil de bu şekildedir.

Anallatik dürbünlerin izahında kullanılmış olan formüllerin yadırganmaması için, merceklerin özelliklerinin, yukarıda belirtilen çerçeve içinde hatırlatılmasına zaruret vardır.

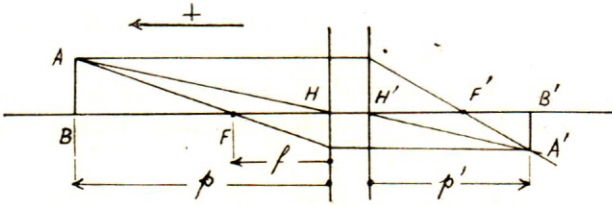
Yukarıda belirtilen hususlar ele alınır ve bunlardan bir sentez yapılırsa konumuzun aşağıdaki kısımlara ayrılabilceği anlaşılır:

- I — Merceklere ait özellikler,
- II — Basit stadimetrik dürbün,
- III — Değişen boylu anallatik dürbünler,
- IV — Değişmez boylu anallatik dürbünler.

#### I — MERCEKLERE AİT ÖZELLİKLERİN HATIRLATILMASI

##### a) *Kalın mercekler.*

Bir mercek normal olarak Nodal düzlemleri  $H, H'$  ve odak noktaları  $F, F'$  ile gösterilir.  $FF'$  doğrusu merceğin eksenidir. (Şekil 1).



Şekil (1)

Bir merceğin  $F$  ve  $F'$  gibi iki odak noktası vardır. Yakınsak bir mercekte birinci odak noktası  $F$  reel bir cismin bulunduğu tarafta, ikinci odak noktası  $F'$ , merceğin öteki tarafındadır.

İraksat bir mercekte ise durum tersinedir. Yani ikinci odak noktası  $F'$ , merceğe nazaran reel cismin bulunduğu tarafta, birinci odak noktası  $F$  ise merceğin diğer tarafındadır.

Işımların seyri, şekil 1 de görüldüğü gibidir.  $AB$  gibi reel bir cisimden  $A'B'$  gibi bir görüntü elde edilir. Bu görüntüyü çizmek için  $A$  noktasından çıkan üç çeşit ışımdan istifade edilir.

1 — A noktasından eksene paralel olarak seyreden ışın, Bu ışın  $H'$  düzlemini kesteği noktada kırılarak  $F'$  odak noktasından geçer.

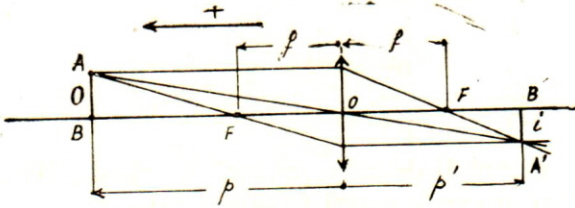
2 — H den geçen ışın. Bu ışın merceği geçtikten sonra kendisine paralel olarak seyrederek ve uzantısı  $H'$  noktasından geçer.

3 — F den geçen ışın. H düzlemini kestiği noktadan itibaren eksene paralel olarak seyrederek.

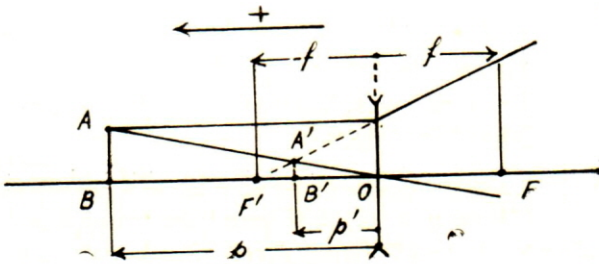
Bu üç ışın,  $A'$  noktasında kesişirler.  $A'$  noktası, A'nın görüntüsüdür.  $A'$  yü tesbit etmek için bu ışınlardan ikisini çizmek kifayet eder.  $A'B'$  ise eksene diktir.

### b) İnce Mercekler :

Bir mercek çok ince (veyahut fizik terimi ile sonsuz ince) olursa H ve  $H'$  noktaları, binnetice nodal düzlemler çakışır. O zaman mercek, bir eksen, ona dik bir çizgi ve F ve  $F'$  odak noktalarıyla gösterilir. Şekil (2) ve (3) Yakınsak merceklerde merceği temsil eden çizginin uçları ok şeklinde (Şekil 2), ıraksak merceklerde ise ters ok şeklinde gösterilir (Şekil 3). O noktası merceğin optik merkezini temsil eder. F ve  $F'$  noktalarının durumu hakkında kalın merceklerde söylenenler şüphesiz ki burada da gerçektir.



Şekil (2)



Şekil (3)

Herhangi bir noktanın görüntüsü tesbit edilirken şu özelliklerden istifade edilir:

- 1 — Eksene paralel seyreden ışın, mercekte kırıldıktan sonra  $F'$  noktasından geçer.
- 2 — Optik merkezden geçen ışın kırılmadan yoluna devam eder.
- 3 —  $F$  den geçen ışın, mercekte kırıldıktan sonra eksene paralel olarak seyreder.

Bu özellikler hem yakınsak hem de ıraksak mercekler için geçerlidir. Şekil 2 ve 3 te bu özelliklere dayanılarak AB cisminin görüntüsü  $A'B'$  çizilmiştir. Şekil 2 deki görüntü reel, Şekil 3 teki göreydir.

Mercekleri sonsuz ince kabul ederek teorileri onun üzerine istinad ettirmek, bir çok maksatlar için daha basit, daha uygun ve kâfi görülmektedir.

#### Merceklerin Temel bağıntıları :

Merceklerde aşağıdaki genel bağıntılar mevcuttur:

$$1) \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$2) \quad \frac{i}{O} = \frac{p'}{p}$$

Bu bağıntılar içindeki değerler, cebirsel değerlerdir. Bu değerler tesbit edilirken eksen üzerinde pozitif istikamet, Şekil 2 ve 3 te görüldüğü gibi, merceğe giden ışınların aksi istikameti olarak alınmıştır. Bu şart altında:

$$p = \overline{OB} \quad \text{cisimle mercek arasındaki mesafe (cebirsel olarak).}$$

$$p' = \overline{OB'} \quad \text{görüntü ile mercek arasındaki mesafe (cebirsel olarak).}$$

$$f = \overline{OF} \quad \text{Odak mesafesi. Yakınsak merceklerde } f > 0, \text{ ıraksaklarda } f < 0 \text{ dir.}$$

$$O = \overline{BA} \quad \text{Cismin cebirsel uzunluğu (pozitif istikamet } \overline{BA} \text{)}$$

$$i = \overline{B'A'} \quad \text{Görüntünün cebirsel uzunluğu (pozitif istikamet } \overline{BA} \text{)}$$

dur. Bu şartlar altında (1) ve (2) bağıntıları hem yakınsak, hem de ıraksak mercekler için geçerlidir. Aynı formüller, şüphesiz ki kalın mercekler için de kullanılabilir. Şekil 1 de  $p$ ,  $p'$  ve  $f$  unsurları gösterilmiştir.

Bu bağıntuların diğer şekilleri:

(1) ve (2) formüllerini başka şekillere sokmak mümkündür. Gerçekten Şekil 4 deki mercede A'nın görüntüsü A' olsun:

$$3) \quad p = \overline{OA} = \overline{OF} + \overline{FA} = f + q$$

$$4) \quad p' = \overline{OA'} = \overline{OF'} + \overline{F'A} = -f + q'$$

dır. (1) eşitliği ise şu şekilde de yazılabilir:

$$5) \quad (p' - p) f = pp'$$

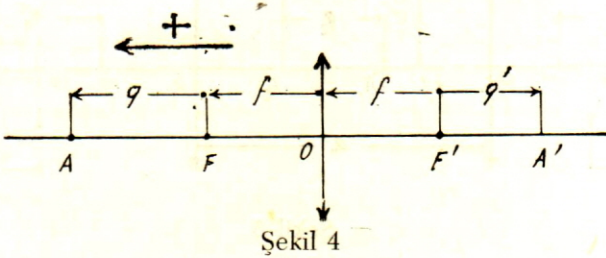
p ve p' nün değerleri bu eşitlik içinde yerine konunca:

$$[( - f + q') - (f + q)] f = (f + q) (- f + q')$$

veyahut kısaltılınca:

$$6) \quad qq' = - f^2$$

elde edilir. Bu eşitlik cebirsel olarak geçerlidir. q, cisim ile odak noktası F arasındaki cebirsel mesafe ( $q = \overline{FA}$ ); q', görüntü ile odak noktası F' arasındaki cebirsel mesafe ( $q' = \overline{F'A'}$ ) dir.



Şekil 4

Diğer taraftan 3, 4, ve 6 gözönünde tutulursa 2 eşitliği şu şekilde yazılabilir:

$$7) \quad \frac{i}{O} = \frac{p'}{p} = \frac{-f + q'}{f + q} = \frac{q'}{f} = -\frac{f}{q}$$

Bu eşitlik de cebirsel olarak geçerlidir.



Özel olarak tek merceğe ait olan bağıntılar şunlardır:

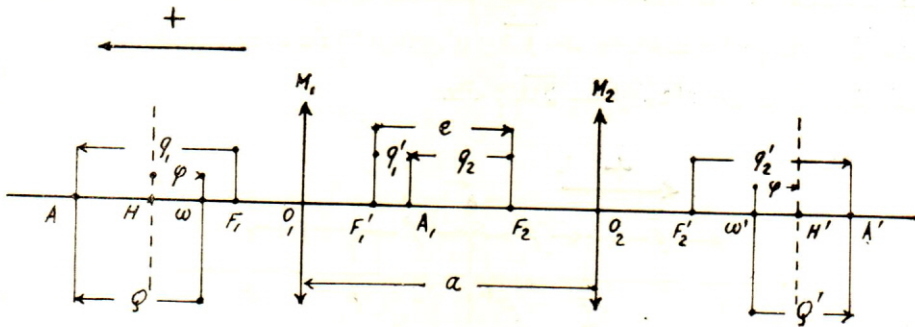
|     |  |
|-----|--|
| 8)  | $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$                 |
| 9)  | $qq' = -f^2$   |
| 10) | $\frac{i}{O} = \frac{p'}{p} = \frac{q'}{f} = -\frac{f}{q}$ |

bu bağıntılar cebirsel olarak hem yakınsak hem iraksak mercekler için geçerlidir.

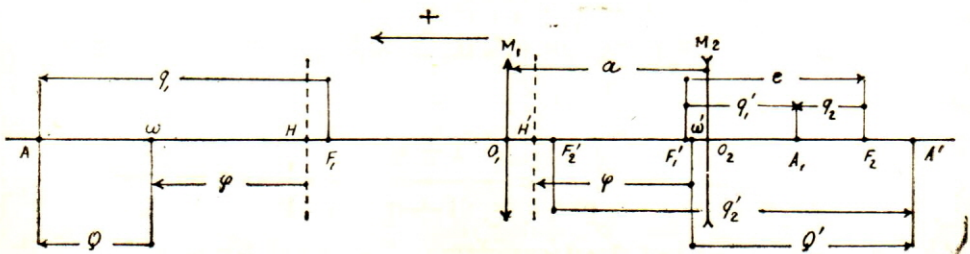
### İkili Mercek Sistemine Ait Özellikler

A — Ana Bağıntılar :

Birbirinden  $a$  mesafesinde bulunan, eksenleri çakışan  $M_1$ ,  $M_2$  merceklerini gözönüne alalım.  $M_1$  merceğinin odak noktalarını  $F_1$ ,  $F_1'$ ;  $M_2$  merceğinin odak noktalarını  $F_2$ ,  $F_2'$  ile gösterelim (Şekil 5 ve 6).  $A$  noktasının  $M_1$  tarafından verilen görüntüsü  $A_1$  olsun.  $A_1$  noktasının  $M_2$  merceğine nazaran görüntüsü  $A'$  noktasında teşekkül etmiş bulunsun.



Şekil 5



Şekil 6

$$11) \quad e = \overline{F_1'F_2} = \overline{F_1'A_1} + \overline{A_1F_2} = q_1' - q_2$$

$$12) \quad e = \overline{F_1'F_2} = \overline{F_1'O_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2} = f_1 + f_2 - a \quad \text{dır.}$$

Bu değer bu suretle tesbit edildikten sonra A ve A' nün cisim ve görüntünün) durumlarını tesbit eden denklemler şunlardır:

$$13) \quad q_1 q_1' = - f_1^2$$

$$14) \quad q_2 = q_1' - e = q_1' - (f_1 + f_2 - a)$$

$$15) \quad q_2 q_2' = - f_2^2$$

Cismin ve görüntünün uzunlukları arasındaki cebirsel bağıntıya geçince:

$$16) \quad \frac{i_1}{O} = \frac{q_1'}{f_1} = - \frac{f_1}{q_1}$$

$$17) \quad \frac{i}{i_1} = \frac{q_2'}{f_2} = - \frac{f_2}{q_2}$$

bu eşitlikler taraf tarafa çarpılınca:

$$18) \quad \boxed{\frac{i}{O} = \frac{q_1' q_2'}{f_1 f_2} = \frac{f_1 f_2}{q_1 q_2}}$$

olur. Bu eşitliklerde O değeri, A noktasındaki cismin,  $i_1$  ve  $i$  sırasıyla  $A_1$  ve  $A'$  noktalarındaki görüntülerin cebirsel değerlerini gösterir. Dikdörtgen içine alınmış bulunan 13, 14, 15 ve 18 denklemleri, ikili mercek sisteminin ana bağıntılarıdır.

B — İkili mercek sisteminde bu sisteme eşdeğer merceğin elemanlarının hesabı :

Bilindiği üzere birden fazla mercek, eksenleri çakışmış durumda bir araya getirilirse bu mercekler, tek bir mercek gibi iş görür. Bu merceklere eşdeğer merceğin :

- 1 — Odak noktalarının durumunu,
- 2 — Odak mesafesini,
- 3 — Nödal nokta ve düzlemlerinin durumunu

tesbit etmek mümkündür. Bu elemanların nasıl tesbit edildiği aşağıda gösterilmiştir.

1 — *Eşdeğer merceğin odak noktalarının yerlerini tesbiti* : Eşdeğer merceğin odak noktaları  $w$  ve  $w'$  olsun (Şekil 5 ve 6).

$w$  nin durumu :  $q_2' = -\infty$  olduğu zaman  $q_1$  in almış olduğu değerle tesbit edilir :

$$19) \quad q_2' = -\infty \quad \text{olunca}$$

$$20) \quad q_2 = 0 \quad (15 \text{ den})$$

$$21) \quad q_1' = e = -\frac{f_1^2}{q_1} \quad (14 \text{ ve } 13 \text{ den})$$

olur. Buradan :

$$22) \quad \boxed{\overline{F_1 w} = q_1 = -\frac{f_1^2}{e} = -\frac{f_1^2}{f_1 + f_2 - a}}$$

bulunur.

$w'$  nin durumu :  $q_1 = +\infty$  için  $q_2'$  nin almış olduğu değerle tesbit edilmiş olur.

$$23) \quad q_1 = \infty \quad \text{olunca}$$

$$24) \quad q_1' = 0 \quad (13 \text{ den})$$

$$25) \quad q_2 = -e = -\frac{f_2}{q_2'} \quad (14 \text{ ve } 15 \text{ den})$$

olur. Buradan :

$$26) \quad \boxed{\overline{F_2' w'} = q_2' = \frac{f_2}{e} = \frac{f_2}{f_1 + f_2 - a}}$$

çıkar. Bu bağıntılar, eksenleri çakışan her türlü ikili mercek kombinezonları için cebirsel olarak geçerlidir.

2 — Eşdeğer merceğin odak mesafesinin değeri : A cismiyle son görüntü A' nün eşdeğer merceğin odak noktaları  $w$  ve  $w'$  ne cebirsel mesafeleri  $Q$  ve  $Q'$  ile, bu merceğin odak mesafesi  $\varphi$  ile gösterilirse :

$$27) \quad QQ' = - \varphi^2$$

olması gerekir (Şekil 5 ve 6).

$$28) \quad Q = \overline{wA} = \overline{wF_1} + \overline{F_1A} = \frac{f_1^2}{e} + q_1$$

$$29) \quad Q' = \overline{w'A'} = \overline{w'F'_2} + \overline{F'_2A'} = - \frac{f_2^2}{e} + q_2'$$

$$QQ' = \left( \frac{f_1^2}{e} + q_1 \right) \left( - \frac{f_2^2}{e} + q_2' \right) = - \frac{f_1^2 f_2^2}{e^2} - \frac{f_2^2}{e} q_1 + \frac{f_1^2}{e} q_2' + q_1 q_2'$$

$$31) \quad Q_1 Q_1' = - \left( \frac{f_1 f_2}{e} \right)^2 - \frac{f_2^2 q_1 - f_1^2 q_2'}{e} + q_1 q_2'$$

13, 14, 15 ten

$$32) \quad e = q_1' - q_2 = - \frac{f_1^2}{q_1} + \frac{f_2^2}{q_2'} = \frac{f_2^2 q_1 - f_1^2 q_2'}{q_1 q_2'}$$

$$33) \quad \frac{f_2^2 q_1 - f_1^2 q_2'}{e} = q_1 q_2'$$

33 ve 27 gözönünde tutulursa (31) eşitliği şu şekle girer

$$34) \quad Q \cdot Q' = - \left( \frac{f_1 f_2}{e} \right)^2 = - \varphi^2$$

buradan :

$$35) \quad \boxed{\varphi = \frac{f_1 f_2}{e} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}}$$

bulunur. Eşdeğer merceğin odak mesafesini veren formül bu dur.

3 — Eşdeğer merceğin nodal nokta ve düzlemlerinin tesbiti : İkili bir mercek sisteminde (22) ve (26) eşitlikleri sayesinde bu sisteme eşdeğer merceğin odak noktaları  $w$  ve  $w'$  nü, (35) eşitliği sayesinde de bu merceğin odak mesafesini tesbit etmenin mümkün olduğu görüldü (Şekil 5 ve 6). Eşdeğer merceğin nodal noktalarının pozisyonu bu unsurlara dayanılarak bulunur.

Bilindiği üzere nodal noktaları H, H', odak noktaları  $w$  ve  $w'$  den odak mesafesi kadar uzaktırlar. Sol nodal noktası H ise:

$$36) \quad \overline{Hw} = \varphi = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a} = \frac{f_1 f_2}{e}$$

dir.  $w$  malum olduğuna göre bu eşitlik H noktasının durumunu tesbit eder. Fakat bu noktanın pozisyonunu birinci merceğin optik merkezi  $O_1$  re nazaran da tesbit etmek mümkündür. Gerçekten:

$$37) \quad \overline{O_1H} = \overline{O_1F_1} + \overline{F_1w} + \overline{wH} = f_1 \frac{f_1^2}{f_1 + f_2 - a} - \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

dir. Veyahut kısaltılınca:

$$38) \quad \overline{O_1H} = - \frac{a f_1}{f_1 + f_2 - a}$$

bulunur. Aynı şekilde sağ nodal noktası H' ise :

$$39) \quad \overline{H'w'} = - \varphi = - \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a} = - \frac{f_1 f_2}{e}$$

$$40) \quad \overline{O_2H'} = \overline{O_2F'_2} + \overline{F'_2w'} + \overline{w'H'} = - f_2 + \frac{f_2^2}{f_1 + f_2 - a} + \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

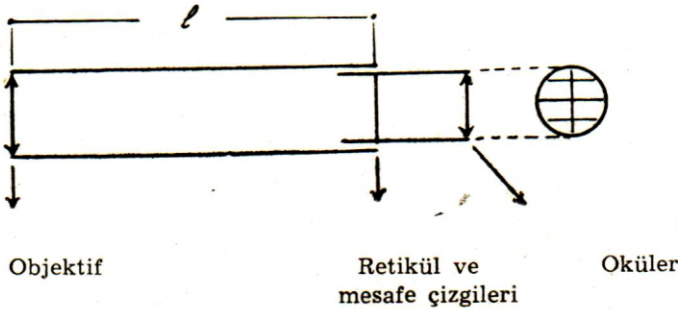
veyahut kısaltılınca :

$$41) \quad \overline{O_2H'} = \frac{a f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

bulunur.

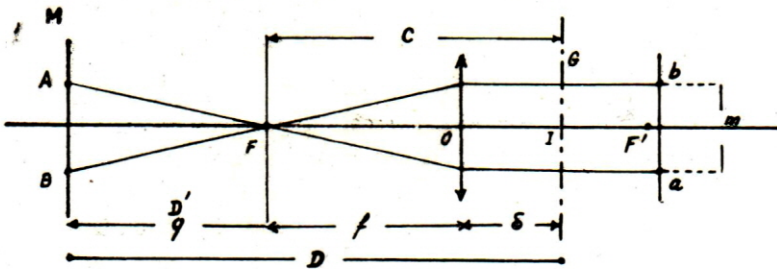
## II — BASİT STADİMETRİK DÜRBÜN

Basit stadimetrik dürbün, bir gök dürbününden başka bir şey değildir. Yapısı şematik olarak şekil 7 de görülmektedir. Yalnız, retikül çizgilerinin düzlemi içine yatay retikül çizgisine paralel ve bu çizgiden eşit uzaklıkta iki çizgi daha çizilmiştir. Bu çizgilere mesafe çizgileri diyoruz. Okülere bağlı olan retikül düzlemi, okülerle birlikte hareket eder. Gözlenen bir cisim net olarak görüldüğü zaman bu cismin objektif tarafından verilen reel görüntüsü retikül düzlemi içine alınmış olur.



Şekil 7

Optik eksene dik tutulan herhangi bir M mirası gözleendiği zaman ışınların seyri, şekil 8 deki şemada görüldüğü gibidir. Bu şema içinde F, objektif önündeki odak noktası, AB, görüntüsü mesafe çizgileri a, b arasında kalan mira parçasıdır.



Şekil 8

Mercek özelliklerine göre :

$$42) \quad \frac{O}{i} = \frac{q}{f}$$

dir (formül 10. İşaret nazara alınmamıştır). Buradan:

$$43) \quad q = \frac{f}{i} \cdot O$$

çıkar. Veyahut  $q = D'$  (odak noktası F den miraya olan mesafe),  $i = m$  (mesafe çizgileri aralığı,  $O = AB$  (görüntüsü mesafe çizgileri arasında kalan mira parçası) şeklinde gösterilirse:

$$44) \quad D' = \frac{f}{m} \cdot AB$$

olur. Veyahut  $\frac{f}{m} = k$  denirse 44 şöyle yazılabilir:

$$45) \quad D' = k \cdot AB$$

$k = \frac{f}{m}$  oranına stadimetrik katsayı veyahut mesafe katsayısı derler.  $f$  ve  $m$ , o suretle ayarlanabilir ki,  $k = 100$  olsun. O takdirde  $AB = N$  santimetre ise :

$$46) \quad D' = 100 \text{ N santimetre, veyahut:}$$

$$47) \quad D' = N \text{ metre} \quad \text{olur.}$$

Kısaca, görüntüsü mesafe çizgileri arasında kalan mira parçası içindeki santimetre miktarı doğrudan doğruya metre cinsinden mesafeyi verir. Bu mesafe: a) Optik eksen üzerinde ölçülen, b) F noktasından miraya kadar olan mesafedir.

*Anallatizm merkezi* : (45) sayılı eşitlik göstermektedir ki, F noktasından miraya kadar olan mesafe, bu miranın retikül çizgileri arasında görünen parçasıyla doğru orantılıdır. Böyle bir noktaya Anallatizm merkezi derler. Demek oluyor ki, stadimetrik dürbünde anallatizm merkezi, objektifin önünde bulunan odak noktasıdır.

Basit stadimetrik dürbünün mahzuru, mira ile objektifin ön odak noktası F arasındaki mesafeyi ölçmesidir. Zira ölçmelerde bize lüzum olan mesafe, bu odak noktasıyla mira arasındaki mesafe değil, aletin genel eksen ile mira arasındaki mesafedir. Bu mesafeyi elde etmek için stadimetrik dürbünün verdiği mesafeye (Şekil 8) :

$$48) \quad FI = f + \varepsilon = C$$

uzunluğunu eklemek icabeder. O zaman:

$$49) \quad D = k \cdot AB + C$$

veyahut yukarıda vazedildiği gibi  $k = 100$  almır,  $AB = N$  santimetre şeklinde ifade edilirse:

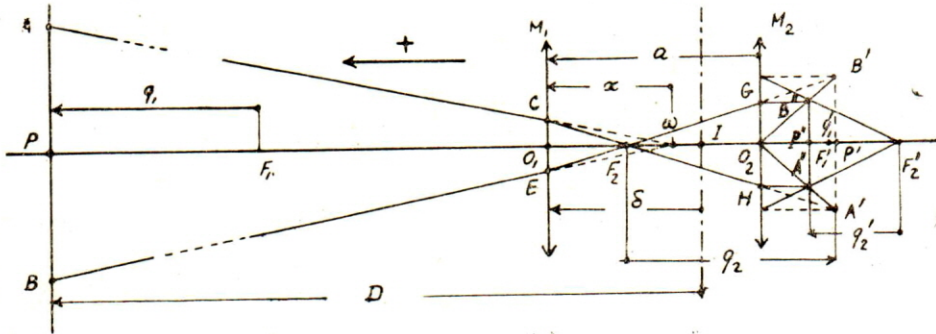
$$50) \quad D = N + C \quad \text{metre}$$

olur.  $C$  miktarına "Stadimetrik Sabite" derler. Böyle bir sabitenin  $N$  ye eklenmesi, bir taraftan bir külfet, diğer taraftan bir sıhhsizlik kaynağıdır.

### III — DEĞİŞEN BOYLU ANALLATİK DÜRBÜNLER

Stadimetrik dürbünün mahzurunu bertaraf etmek için anallatizm merkezini genel eksen üzerine getirmek ve bu suretle  $C$  sabitesini sıfıra eşit kılmak imkânı araştırılmıştır. Bu maksatla objektifle oküler arasında odak mesafesi nisbeten küçük yakınsak bir mercekle konmuştur. Şekil 9 böyle bir düzeni göstermektedir.

*Işıkların seyri* :  $O_1$  objektifi,  $AB$  mirasından  $A'B'$  gibi reel bir görüntü verir. Bu görüntü terstir ve objektifin ikinci odak noktası  $F_1'$  in sağında fakat ona çok yakın bir yerdedir. Fakat aslında bu görüntü teşekkül etmez, Şekil 9 da görüldüğü gibi bu görüntüye gelen ışınlar, araya konan  $M_2$  merceği tarafından kırılırlar. O zaman  $A'B'$  görüntüsü,  $M_2$  merceği için görey bir cisim rolünü oynar. Bu cismin  $M_2$  tarafından teşekkül eden görüntüsü  $A''B''$  dür. Bu görüntü reeldir,  $A'B'$  ye nazaran düz, fakat  $AB$  ye nazaran terstir. Okülerle gözlediğimiz görüntü bu görüntüdür.



Şekil 9



Mesafe çizgilerini temsil eden  $A''$ ,  $B''$  noktalarından ortak eksene paralel seyreden ışınlar  $H$  ve  $G$  noktalarında kırılarak  $M_2$  merceğinin odak noktası  $F_2$  den geçerler ve  $M_1$  objektifinde kırılarak  $CA$  ve  $EB$  istikametini alırlar ve ortak eksene dik tutulduğunu farzettığımız mirayı  $A$  ve  $B$  noktalarında keserler.  $AC$  ve  $BE$  nin uzantıları, eksen üzerinde  $w$  noktasında kesişirler.  $w$  noktası  $M_1$  ve  $M_2$  merceklerinden müteşekkil sistemin ön odak noktasıdır. Zira  $w$  şekilde görüldüğü gibi ışınların  $M_1$ ,  $M_2$  merceklerini geçtikten sonra birleştikleri noktadır. O halde  $M_1$ ,  $M_2$  merceklerinin odak mesafeleri  $f_1$ ,  $f_2$ , bu mercekler arasındaki mesafe  $a$  ile gösterilirse:

$$51) \quad f_1 w = - \frac{f_1^2}{f_1 + f_2 - a} = - \frac{f_1^2}{e} \text{ dir. (Formül No: 22)}$$

*Mesafe ölçme prensibi* : Cebirsel olarak

$$\begin{array}{ll} 52) \quad \overline{F_1 P} = P_1 & 55) \quad \overline{F_2' P''} = q_2' \\ 53) \quad \overline{F_1' P'} = q_1' & 56) \quad \overline{BA} = O \\ 54) \quad \overline{F_2 P'} = q_2 & 57) \quad \overline{B'' A''} = i \end{array}$$

ile gösterilirse, ikili mercek sistemindeki bağıntılara göre yine cebirsel olarak:

$$58) \quad q_1 q_1' = - f_1^2 \quad (\text{formül 13})$$

$$59) \quad q_2 = q_1' - e \quad (e = f_1 + f_2 - a) \quad (\text{formül 14})$$

$$60) \quad q_2 q_2' = - f_2^2 \quad (\text{formül 15})$$

$$61) \quad \frac{O}{i} = \frac{q_1 q_2}{f_1 f_2} \quad (\text{formül 18})$$

dir. Sonuncu eşitlikte  $i < O$  dir. 61 den

$$62) \quad q_1 = \frac{f_1 f_2}{i q_2} \cdot O$$

bulunur. Diğer taraftan 58 ve 59 za göre

$$63) \quad q_2 = q_1' - e = - \frac{f_1^2}{q_1} - e$$

dir. Bu değer 62 de yerine konunca

$$64) \quad q_1 = - \left( \frac{if_1^2 + f_2 f_1 O}{i e} \right) = - \frac{if_1^2 + f_1 f_2 O}{i (f_1 + f_2 - a)}$$

elde edilir.

Şimdi genel eksenle mira arasındaki mesafe

$$65) \quad D = \overline{IP} = \overline{IO_1} + \overline{O_1 F_1} + \overline{F_1 P} = \delta + f_1 + q_1$$

$q_1$  in 64 deki değeri yerine konunca

$$66) \quad D = \delta + f_1 - \frac{if_1^2 + f_1 f_2 O}{i (f_1 + f_2 - a)} \quad \text{veyahut}$$

$$67) \quad D = \delta + \frac{f_1 (f_2 - a)}{f_1 + f_2 - a} - \frac{f_1 f_2}{i (f_1 + f_2 - a)} O$$

O değeri AB ile, mesafe çizgileri arasındaki mesafe pozitif değer olarak m ile gösterilirse,  $i = -m$  olacağından:

$$68) \quad D = \frac{f_1 f_2}{m (f_1 + f_2 - a)} AB + \delta - \frac{f_1 (a - f_2)}{f_1 + f_2 - a}$$

bulunur.

$$69) \quad k = \frac{f_1 f_2}{m (f_1 + f_2 - a)}$$

$$70) \quad C = \delta - \frac{f_1 (a - f_2)}{f_1 + f_2 - a}$$

vazedilirse bu formül:

$$71) \quad D = k \cdot AB + C$$

şekline girer. Dürbünün anallatik olabilmesi için  $k = 100$ ,  $C = 0$ , yani:

$$72) \quad \frac{f_1 f_2}{m (f_1 + f_2 - a)} = 100$$

$$73) \quad \frac{f_1 (a - f_2)}{f_1 + f_2 - a} = \delta$$

olması lâzım gelir. Bu denklem sisteminde iki denklem ve dört bilinmeyen vardır. O halde bilinmeyenlerin tayininde teorik olarak sonsuz çözüm şekilleri mevcuttur.  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $m$  ve  $a$  unsurlarını 72 ve 73 eşitliklerini gerçekleyecek şekilde intihab etmek her zaman mümkündür.

Not : 68 eşitliğindeki :

$$74) \quad \frac{f_1 f_2}{m (f_1 + f_2 - a)} AB$$

terimi  $wP$  mesafesini göstermektedir. Gerçekten:

$$75) \quad \overline{wP} = \overline{wF_1} + \overline{F_1P} = \frac{f_1^2}{e} + q_1$$

dir. 64 eşitliği de gözönünde tutulursa:

$$76) \quad \frac{\overline{wP}}{e} = \frac{if_1^2}{e} - \frac{if_1^2 + f_1 f_2 O}{ie} = - \frac{f_1 f_2}{ie} O$$

veyahut  $i = -m$  olduğuna göre:

$$77) \quad \overline{wP} = \frac{f_1 f_2}{m (f_1 + f_2 - a)} AB$$

bulunur. Bu mesafe, eşdeğer merceğin odak noktası ile mira arasındaki mesafedir. Bu mesafe, miranın mesafe çizgileri arasında kalan parçası ile doğru orantılı olduğuna göre  $w$  noktası,  $M_1$  ve  $M_2$  merceklerinden müteşkil sistemin anallatik merkezidir.

NOT 2 : Diğer taraftan:

$$78) \quad \overline{wO_1} = \overline{wF_1} + \overline{F_1O_1} = \frac{f_1^2}{f_1 + f_2 - a} - f_1 = \frac{f_1 (a - f_2)}{f_1 + f_2 - a}$$

dir. Görülüyor ki, 73 eşitliğinin birinci tarafı  $wO_1$  uzunluğunu göstermektedir. O halde bu eşitlik :

$$79) \quad \overline{wO_1} = \delta$$

eşitliğinden başka bir şey değildir. O halde  $C = 0$  yapmakla  $wO_1 = \delta$  yapılmış olacak, başka bir söyleyişle anallatizm merkezi  $w$  genel eksen üzerine gelecektir.

NOT 3 : Bilindiği üzere  $M_1, M_2$  merceklerine eşdeğer merceğin odak mesafesi:

$$80) \quad \varphi = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

dır (formül No: 35). O halde 69, şu şekilde de yazılabilir:

$$81) \quad k = \frac{\varphi}{m}$$

Formülün bu şekli ile,  $k$  katsayısının basit stadimetrik dürbünde tarif edilen mesafe katsayısına benzerliği açıkça görülmektedir.

#### IV — DEĞİŞMEZ BOYLU ANALLATİK DÜRBÜNLER

Bugün yapılmakta olan modern aletlerde dürbünler, değişmez boylu anallatik dürbünlerdir. Tafsilâta geçmeden hemen şurasını belirtelim ki bu dürbünler, teorik olarak tam manasıyla anallatik değillerdir. Buna rağmen bu dürbünler, sanki anallatikmiş gibi kullanılmakta ve anallatik dürbün diye anılmaktadır. Anallatik dürbün gibi kullanılarak bu dürbünlerle mesafe ölçüldüğü takdirde şüphesiz ki bir miktar hata husule gelmektedir. Fakat bu hata ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Takibeden teori bu hususları bütün teferruatıyla aydınlatacaktır.

Değişmez boylu anallatik dürbünler, gök dürbünlerinde kaydedilen gelişme neticesinde meydana gelmiştir. Bu gelişmeyi doğuran sebepler çeşitlidir: Boyu değişen bir gök dürbünün şeması şekil 7 de gösterilmiştir. Objektif tarafından verilen görüntünün retikül çizgileri üzerine alınabilmesi için, bu çizgilerin düzlemini ileri geri hareket ettirmek icap etmektedir. Bu hareket, üzerine retikül çizgilerinin çizilmiş olduğu cam taşıyan oküler borusunun objektif borusu içinde kaydırılmasıyla temin edilmektedir. Görüntünün netleştirilmesi bu hareketle sağlanır. Bunun tabii bir neticesi, dürbün boyunun, özellikle retikül çizgileriyle objektif arasındaki mesafenin sabit olmamasıdır. Oküler borusunun objektif borusu içinde hareket etmesi, dürbün borusunun içine toz ve rutubetin girmesine sebep olduğundan, bir mahzur telâkki edilmektedir.

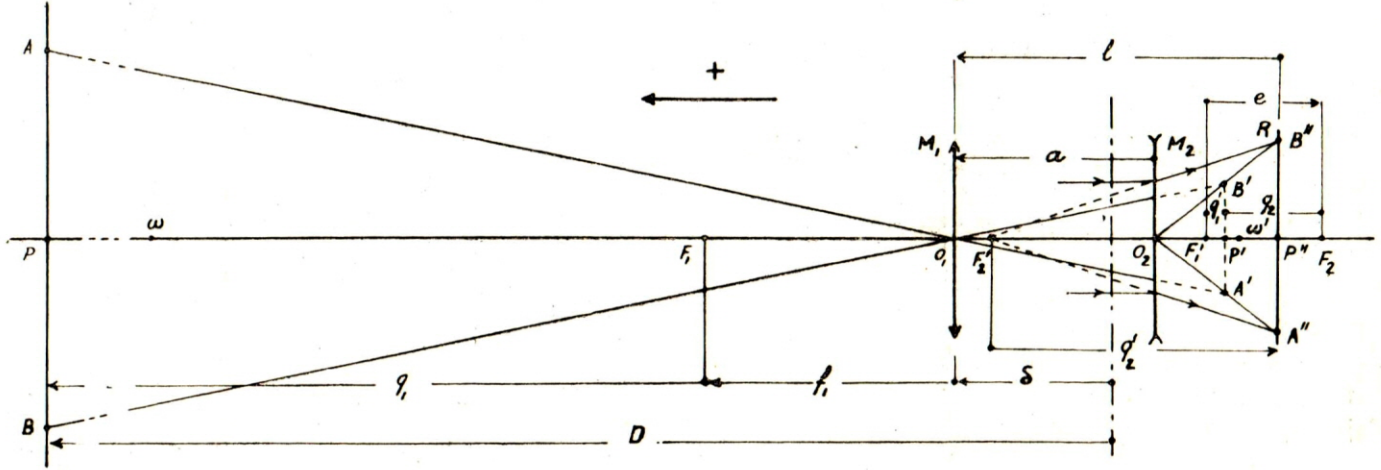
Değişen boylu dürbünlerin diğer bir mahzuru da şudur. Böyle bir dürbünde objektifin odak mesafesi  $f$ , okülerinki  $f_0$  ile gösterilirse, dürbünün büyütme kudreti

$$82) \quad G = \frac{f}{f_0} \neq \frac{l}{f_0}$$

dır. Muayyen bir okülerle iş görüldüğü, başka bir söyleyişle  $f_0$  sabit kaldığı takdirde büyütme kudreti, objektifin odak mesafesi  $f$  ile doğru orantılıdır. Bu dürbünlerde objektifin odak mesafesi, sonsuzda bulunan bir cisim gözlendiği takdirde tam olarak, diğer mesafeler için takribi olarak, retikül çizgilerinin düzlemiyle objektif arasındaki  $l$  mesafesine eşittir (Şekil 2). O halde büyütme kudreti, dürbünün uzunluğu ile doğru orantılıdır. Sıhhatli işlerde kullanılması zaruri olan büyütme kudreti yüksek dürbünler, çok büyük, bunun neticesinde de üzerinde böyle dürbünler bulunan aletler çok hacımlı, hantal, çok ağır ve taşınması güç aletler olmaktadır. Bu husus büyük bir mahzur teşkil etmektedir. Bu mahzurları bertaraf etmek için modern dürbünlerde retikül düzlemi ve objektif arasındaki mesafe sabit kılınmış ve netleştirmeyi temin edebilmek için de her ikisi arasına müteharrik bir iraksak mercek konmuştur.

*Modern dürbünlerin iç yapısı ve ışınların seyri* : Modern dürbünlerin iç yapısı Şekil 10 da gösterilmiştir.  $M_1$ , objektifi temsil eden mercek  $A''B''$ , mesafe çizgilerinin (veyahut retikül çizgilerinin) düzlemidir. Bu düzlemlerle  $M_1$  merceği arasındaki  $l$  mesafesi sabittir. Dürbünün değişmez boylu olması da bundan ileri gelmektedir.  $R$  düzlemiyle  $M_1$  objektifi arasına  $M_2$  iraksak merceği yerleştirilmiştir. Bu mercek müteharriktir ve bu hareket sayesinde  $M_2$  merceğinin verdiği görüntünün  $R$  düzlemi üzerinde teşekkül etmesi temin edilebilmektedir. Bu böyle olunca  $M_2$  merceği, görüntünün net görünmesini temin eden mercek olmuş olur.

Görüntülerin teşekkülü ve ışınların seyri şöyledir: Objektif  $AB$  mirasından  $A'B'$  görüntüsünü verir. Bu görüntü, reeldir, terstir, küçültülmüştür ve objektifin  $F_1'$  odak noktasının sağında, fakat ona çok yakındır. Haddizatında bu görüntü teşekkül etmez. Buna gelen ışınlar,  $M_2$  iraksak merceği tarafından kırılır. O zaman  $A'B'$ ,  $M_2$  merceği için görey bir cisim teşkil eder.  $M_2$  merceği bu cisimden  $A''B''$  görüntüsünü meydana getirir. Bu görüntü reeldir,  $A'B'$  ye nazaran düz fakat  $AB$  ye nazaran terstir ve  $A'B'$  ye nazaran büyütülmüştür. Bu görüntünün çizilmesi için



ŞEKİL : 10

- $M_1$  Objektif  
 $M_2$  İraksak netleştirme merceği  
 $R$  Retikül ve mesafe çizgilerini taşıyan sabit düzlem  
 $F_1, F_1'$  Objektifin 1 inci ve 2 inci odak noktaları  
 $F_2, F_2'$  Netleştirme merceğinin 1 inci ve 2 inci odak noktaları  
 $AB$  Mira  
 $A'B'$  Cismın objektif tarafından verilen görüntüsü  
 $A''B''$  Retikül düzlemi içinde teşekkül eden son görüntü

Şekil 10 da A', B' noktalarına eksene paralel olarak gelen ışınlarla M<sub>2</sub> merceğinin optik ekseninden geçerek gelen ışıklardan istifade edilmiştir. Okülerle gözlenen görüntü, bu görüntüdür (Şekilde oküler gösterilmemiştir).

Bu şekilde yapılmış bir dürbün, biraz yukarıda söz konusu olmuş olan mahzurları bertaraf etmektedir. Gerçekten retikül düzlemi ile objektif sabit olduğundan dürbünü kapalı ve mahfuz bir şekilde imâl etmek mümkündür. Bu suretle dürbün içine harici tesirlerin nüfuz etmesini önlemek kabil olmaktadır.

Diğer taraftan böyle bir dürbünün büyültme kudreti:

$$83) \quad G = \frac{\varphi}{f_0}$$

dır. Burada f<sub>0</sub> okülerin odak mesafesi, φ ise M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> merceklerinde müteşekkil sisteme eşdeğer merceğin odak mesafesidir. Aynı okülere malik ve uzunluğu<sup>1</sup> aynı olan (binnetice l aynı) basit bir gök dürbününde objektifin odak mesafesi f, takriben l ye eşittir. Ve:

$$84) \quad G' = \frac{f}{f_0} \neq \frac{l}{f_0}$$

dır. Modern dürbünlerde daima φ > l olduğuna göre, G > G' olduğu anlaşılır. Başka bir söyleyişle: "Boyları eşit olan basit bir gök dürbünü ile modern bir dürbün mukayese edilirse modern dürbünün büyültme kudreti çok daha büyüktür."

Veyahut basit bir gök dürbünün büyültme kudretinin modern bir dürbünün 83 eşitliğiyle gösterilen büyültme kudretine eşit olabilmesi için:

$$85) \quad \frac{\varphi}{f_0} = \frac{f}{f_0} \neq \frac{l'}{f_0} \quad \text{veya}$$

$$86) \quad \varphi = f \neq l'$$

olması icabeder. Yani gök dürbününün objektifinin odak mesafesinin ye eşit olması ve bu objektifin retikül düzleminden l' = mesafesinde

1) Burada l, retikül düzlemiyle objektif arasındaki mesafedir. Dürbünün hakiki uzunluğunu bulmak için l ye retikül düzlemiyle oküler arasındaki mesafenin eklenmesi icap eder. Bu mesafe çok küçük olduğundan dürbünün hakiki uzunluğu, l den çok az farklıdır. Onun içindir ki, burada l için dürbünün uzunluğu ifadesi kullanılmıştır.

bulunması icabeder. Bu takdirde dürbünün boyu  $\varphi$  ye eşit olur.  $\varphi > 1$  olduğuna göre böyle bir dürbüne nazaran çok daha uzundur.

Fikirleri tesbit üzere bu söylenenleri biraz ilerde ele aldığımız bir dürbün üzerinde tatbik edelim. Bu dürbünde  $f_1 = 136$  mm.,  $f_2 = -101$  mm.,  $l = 156$  mm.,  $a = 100$  mm. dir. Buna göre eşdeğer merceğin odak mesafesi

$$87) \quad \varphi = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a} = \frac{136 \times 101}{-65} = 221 \text{ mm.}$$

Demek oluyor ki aynı büyültme kudretine sahip basit bir gök dürbününün uzunluğu 211 mm. dir. Modern dürbünlerdeki tertibat sayesinde bu boy

$$88) \quad \varphi - l = 221 - 156 = 55 \text{ mm.}$$

kısalmış oluyor. Bu  $\frac{55}{211} = 0,26$ , yani % 26 nisbetinde bir kısalma demektir ve çok önemli bir neticedir.

#### *Modern Dürbünlerde Anallatizm Meselesi :*

Yukarda izah edilen sebeplerle modern dürbünler, şekil 10 daki şemada görülen şekli alınca yeni bir problemle karşılaşmıştır: Modern dürbünlerin yeni şekliyle anallatizm meselesini telif etmek. Zira Porro'nun dürbününde sırf dürbünü anallatik yapmak gayesiyle objektifle oküler arasına sabit, yakınsak bir anallatizör mercekle ilâve edilmesine mukabil, modern dürbünlerde objektifle oküler arasına büsbütün başka gayelerle (boyu kısa dürbünlerle yüksek büyültme kudreti elde etmek gayesi) müteharrik bir iraksak netleştirme merceği ilâve edilmiş bulunmaktadır.

Burada hemen şunu belirtmek lâzımdır ki, teorik olarak bu telif işini gerçekleştirmek mümkün değildir. Yani modern dürbünleri tam manasiyle anallatik yapmak imkânsızdır. Takip eden izahat bunu açıkça meydana koymaktadır.

Porro'nun dürbününde gösterilen bağıntılar, cebirsel olarak istihraç edildiğinden şekil 10 daki ikili sistem için de geçerlidir. Şu farkla ki burada  $f_2 < 0$  dir. O halde:

1 — Bu sistemin eşdeğer odak noktası  $w$  ile gösterilirse:

$$89) \quad \overline{F_1 w} = \frac{f_1^2}{f_1 + f_2 - a}$$



dır. Şekildeki duruma göre  $F_2$  noktası  $F_1'$  in sağındadır. Ve şayet  $A'B'$  nün görüntüsü, reel ve büyütülmüş olması isteniyorsa bunun daima böyle olması lâzımdır. O halde bu dürbünlerde daima:

$$f_1 + f_2 - a = \overline{F_1'F_2} < 0$$

dır. Binnetice  $\overline{F_1w} > 0$  dır. O halde  $w$  noktası  $F_1$  in solundadır.  $w$  noktası bu sistemin anallatizm merkezidir. Fakat bu nokta sabit değildir. Zira

89 a göre  $\overline{F_1w}$  değeri,  $a$  ile değişmektedir. Bu dürbünlerde netleştirme işi  $M_2$  merceğinin hareketiyle temin edildiğine göre  $M_1, M_2$  mercekleri arasındaki mesafe sabit değildir. Yani  $a$  değişmektedir.

Yalnız bu husus dahi böyle bir sistemde saf teorik olarak anallatizmden bahsetmenin mümkün olmadığını göstermeye kâfidir.

2 — Diğer taraftan genel eksenle mira arasındaki mesafe:

$$90) \quad D = \frac{f_1 f_2}{m(f_1 + f_2 - a)} + \mathcal{S} - \frac{f_1(a - f_2)}{f_1 + f_2 - a}$$

dir. Bu formül içinde:

$$91) \quad C = \mathcal{S} - \frac{f_1(a - f_2)}{f_1 + f_2 - a} = 0$$

olması imkânsızdır. Zira  $f_2 < 0$ ,  $f_1 + f_2 - a < 0$  olduğuna göre

$$- \frac{f_1(a - f_2)}{f_1 + f_2 - a} > 0$$

dir. İki pozitif terimin toplamına eşit olan  $C$  nin 0 olmasına imkân yoktur. Başka bir deyimle böyle bir sistemin anallatik olması mümkün değildir.

Bu neticeyi doğrudan doğruya 89 dan da çıkarmak mümkündür. Biraz yukarıda bu eşitliğe dayanılarak  $w$  noktasının  $F_T$  odağının solunda olduğu belirtilmişti. Dürbünün anallatik olabilmesi için  $w$  noktasının  $I$  ile çakışması, dolayısıyla  $F_1$  in sağında bulunması icap eder ki, modern dürbünlerdeki dispoziyona göre bu mümkün değildir. Netice itibariyle görülüyor ki modern dürbünlerin gerçek anlamıyla anallatik olmasına imkân yoktur.

#### *Modern Dürbünlerin Anallatik Dürbün Olarak Kullanılış Şekli :*

Yukarıda verilen izahata bakılırsa modern dürbünlerin anallatik dürbün olarak kullanılmayacağı düşünülebilir. Teorik bakımdan bu düşünce doğrudur. Fakat pratikte durum hiç de öyle değildir. Bu dürbünler anallatik dürbün olarak kullanılabilir.

Bu maksatla evvelâ dürbünün uzunluğu  $l$  tesbit edilir. Sonra  $f_1, f_2$  odak mesafeleriyle mesafe çizgileri aralığı  $m$ , o suretle seçilir ki, muayyen bir  $D_0$  mesafesi için (meselâ  $D_0 = 100$  metrelik bir mesafe için) genel eksenle mira arasındaki mesafe, miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası  $AB$  ile doğru orantılı yani,

$$92) \quad D_0 = k.AB = 100 AB$$

olsun. Sonra bu şekilde tanzim edilmiş dürbünle herhangi bir  $D_1'$  mesafesi yine

$$93) \quad D_1' = 100 AB$$

eşitliğiyle hesaplanır. Hiç şüphesiz ki  $D_0$  için doğru olan 92 eşitliği,  $D_1'$  mesafesi için doğru değildir. Ve bu eşitlikle hesaplanan  $D_1'$  az çok hata ile yüklüdür. Fakat  $f_1$  ve  $f_2$  uygun bir şekilde seçildiği takdirde  $D_1'$  ile onun hakiki değeri  $D_1$  arasındaki fark o kadar küçüktür ki  $D_1 = D_1'$  kabul edilebilmektedir. Aradaki farkın ihmal edilebilecek kadar küçük olması böyle bir dürbünün anallatikmiş gibi kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

92 eşitliğinin gerçekleşmesi için:

$$94) \quad AB = 0,01 D_0$$

olması lâzım gelir. Başka bir deyimle miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası  $0,01 D_0$  dir. Bu parçanın görüntüsünün büyüklüğü  $m$  ise şu eşitliklerle hesaplanır:

$$95) \quad \frac{m}{AB} = \frac{f_1 f_2}{q_1 q_2} \quad (\text{formül No: 18}) \quad \text{veyahut:}$$

$$96) \quad m = \frac{f_1 f_2}{q_1 q_2} \cdot AB$$

Ancak bu eşitlikle  $m$  nin hesaplanabilmesi için  $q_1$  ve  $q_2$  nin hesaplanması lâzımdır.

a)  $q_1$  in hesabı :

$$97) \quad q_1 = D_0 - f_1 + \mathcal{S} \quad \text{dir.}$$

b)  $q_2$  nin hesabı : İkili mercek sisteminin denklemlerini gözönüne alalım:

$$98) \quad q_1 q_1' = -f_1^2$$

$$99) \quad q_2 = q_1' - e = q_1' - (f_1 + f_2 - a)$$

$$100) \quad q_2 q_2' = -f_2^2$$

Buradan sırasıyla

$$101) \quad \boxed{q_1' = \frac{f_1^2}{q_1}}$$

$$102) \quad q_2 = q_1' - f_1 - f_2 + a$$

elde edilir. Diğer taraftan

$$103) \quad \overline{O_2 O_1} - \overline{O_2 F_2'} + \overline{F_2' P''} + \overline{P'' O_1}$$

$$104) \quad \boxed{a = -f_2 + q_2' + l}$$

dir. a'nın değeri 102 içinde yerine konunca:

$$105) \quad q_2 = q_1' - f_1 - 2f_2 + l + q_2'$$

ve nihayet  $q_2'$  nin değeri 100 den çekilip 105 içinde yerine konunca:

$$106) \quad q_2^2 - (q_1' + l - f_1 - 2f_2) q_2 + f_2^2 = 0$$

elde edilir. Bu denklemin köklerinden biri,  $q_2$  yi verir.  $q_2$  hesaplanınca 106 eşitliğinden m nin hesabı mümkün olur.

O zaman retikül düzlemi üzerine yatay retikül çizgisinden eşit mesafede ve aralığı m ye eşit olmak üzere mikrofotografik yoldan mesafe çizgileri çizilir. Bu suretle elde edilen, dürbün bütün mesafeler için anallatik dürbün imiş gibi kullanılır.

Yukarıda söylenenleri gerçek bir misâl üzerinde gösterelim:  $f_1 = 136$  mm.,  $f_2 = -101$  mm.,  $f = 65$  mm.,  $l = 155,94$  mm. olan bir takeometre ele alalım. Böyle bir takeometrede  $D_0 = 100$  m. lik bir mesafe için (genel eksenle mira arasındaki mesafe) eşitliğinin gerçekleşmesi (yani dürbünün hatasız olarak anallatik bir dürbün gibi çalışması) isteniyorsa 94 e göre:

$$AB = 0,01 D_0 = 0,01 \times 100 = 1 \text{ metre}$$

olması lâzım gelir. Yani miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçasının 100 cm. olması icabeder. Diğer taraftan:

$$107) \quad q_1 = D_0 - (f_1 + \mathcal{J}) = 100 - (0,136 + 0,065) = 99,799 \\ \text{metre (97 den)}$$

$$108) \quad g_1' = -\frac{f_1^2}{q_1} = -\frac{0,136^2}{99,799} = -\frac{18,496}{99,799} = -0,1853 \text{ mm.}$$

$$109) \quad q_1' + l - f_1 - 2f_2 = 221,7547 \text{ mm.} \\ f_2^2 = 10201$$

dir. Bu takdirde 106 denklemini:

$$110) \quad q_2^2 - 221,7547 q_2 + 10201 = 0$$

şeklini alır. Buradan:

$$111) \quad \Delta = 221,7547^2 - 4 \cdot 10201 = 8371,1470$$

$$112) \quad q_2 = \frac{221,7547 - \sqrt{8371,1470}}{2}$$

$$q_2 = \frac{221,7547 - 91,4940}{2} = 65,1304 \text{ mm.}$$

bulunur. Bu suretle, m nin hesaplanabilmesi için gereken bütün elemanlar hesaplanmış olur. O zaman 96 ya göre:

$$113) \quad m = \frac{f_1 f_2}{q_1 q_2} AB = \frac{0,136 \times 0,101}{99,799 \times 0,0651304} \times 1 = 0,0021132473 \text{ metre}$$

veyahut:

$$114) \quad m = 2,11325 \text{ mm.} \quad \text{bulunur.}$$

Şimdi bu şekilde düzenlenmiş bir dürbünle (yani  $f_1 = 136 \text{ mm.}$ ,  $f_2 = -101 \text{ mm.}$ ,  $\mathcal{J} = 65 \text{ mm.}$ ,  $l = 155,94 \text{ mm.}$ ,  $m = 2,113 \text{ mm.}$  olan bir dürbünle) bu dürbün anallatikmiş gibi herhangi bir D mesafesini ölçelim. Genel eksenden D metre uzakta bulunan miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası AB, 95 e göre:

$$115) \quad AB = \frac{q_1 q_2}{f_1 f_2} \cdot m$$

olur. O zaman dürbünle ölçülen mesafe:

$$D' = k \cdot AB = 100 \text{ AB}$$

bulunur. D ile D' arasındaki fark husule gelen hatayı gösterir.

AB nin hesabı için şu sıra takip edilebilir:

$$116) \quad q_1 = D - (f_1 + \mathcal{J})$$

$$117) \quad q_1' = -\frac{f_1^2}{q_1}$$

bulunduktan sonra  $q_2$ , yukarıda belirtildiği gibi 106 sayılı denklemden elde edilir:

$$q_2^2 - (q_1' + l - f_1 - 2f_2) q_2 + f_2^2 = 0$$

böylece AB yi veren eşitlik içindeki bütün unsurlar belli olmuş olur.

Bu söylenenleri 150 metrelik bir mesafenin ölçülmesine uyguluyalım:

$$118) \quad q_1 = D_1 - (f_1 + \mathcal{J}) = 150 - (0,136 + 0,065) = 149,799 \text{ metre}$$

$$119) \quad q_1' = -\frac{f_1^2}{q_1} = -\frac{136^2}{149799} = \frac{18496}{149799} = 0,1235 \text{ mm.}$$

$$120) \quad B = q_1' + l - f_1 - 2f_2$$

$$B = -0,1235 + 155,94 - 186 + 202 = 221,8165 \text{ mm.}$$

$$121) \quad f_2^2 = 101^2 = 10201$$

bu takdirde  $q_2$  yi veren denklem :

$$122) \quad f_2^2 - 221,8165 q_2 + 10201 = 0$$

şekline girer. Buradan :

$$123) \quad \Delta = (221,8165)^2 - 4 \times 10201 = 8398,5597$$

$$124) \quad \sqrt{\Delta} = 91,6437$$

$$125) \quad q_2 = \frac{1}{2} (B - \sqrt{\Delta}) = \frac{1}{2} (221,8165 - 91,6437)$$

$$q_2 = 65,0864 \text{ mm.}$$

bulunur. O zaman

$$126) AB = \frac{q_1 q_2}{f_1 f_2} m = \frac{149799 \times 65,0864}{13736} \times 2,11325 = 14999,99 \text{ mm.}$$

$$127) D' = 100 AB = 100 \times 149,999 \text{ cm.} = 149,999 \text{ metre}$$

nihayet

$$128) \Delta D = D' - D = 149,999 \text{ m.} - 150 \text{ m.} = -0,001 \text{ m} = 1 \text{ mm.}$$

bulunur.

Bu hesaplar 5 metreden 400 metreye kadar mesafeler için yapılmış ve sonuçlar 1 sayılı tabloda gösterilmiştir. Tablonun 7 nci sütunundaki rakamlar, sözü geçen dürbün anallatik bir dürbünmüş gibi kullanıldığı takdirde husule gelen hataları göstermektedir.

Bu sütunun incelenmesinden anlaşılmaktadır ki, 5 metrelik bir mesafenin ölçülmesinde + 16 mm., 10 metrelik bir mesafenin ölçülmesinde + 7 mm., 20 ve 400 metrelik mesafelerin ölçülmesinde sırasıyla + 4 mm. ve - 3 mm. lik bir hata husule gelmektedir. Topoğrafik ölçmelerde söz konusu olan mesafeler için ise (30 — 350 m. lik mesafeler) bu hatanın 2 mm. yi geçmediği görülmektedir.

Böyle dürbünlerde mesafe ölçülmesinde diğer sebeplerden dolayı (bilhassa mesafe çizgilerinin arasında kalan mira görüntüsü uzunluğunun tesbitinde yapılan okuma, çakıştırma, miranın düşey tutulmaması v.s. gibi sebeplerden dolayı) husule gelen, bertaraf edilmesi imkânsız mesafe hataları da mevcuttur. Bu hataların muhassalası 100 metrelik mesafeler ve çeşitli büyültme kudretinde dürbünler için tarafımızdan hesaplanmış ve sonuçlar 2 sayılı tabloda gösterilmiştir. Tablo içinde  $\alpha$  rasat esnasındaki düşey açıları,  $i$ , miranın düşeylik hatası,  $G$  büyültmeyi göstermektedir. Bu tablonun incelenmesinden en müsait şartlar altında dahi teorik olarak 7-8 sm. lik bir hatanın husule geldiği anlaşılmaktadır. Gayri müsait şartlar altında ise bu hata bir kaç desimetreye yükselmekte, hatta çok kötü şartlar altında 1 metreyi bile geçmektedir. Anallatik dürbünlerle mesafe ölçülmesinde böyle büyük hatalar bahis konusu olduğuna göre, bu hataların yanında dürbünün tam manasiyle anallatik olmamasından doğan bir kaç mm. lik bir hata elbette ki ihmal edilebilecek kadar küçük kabul edilmelidir. Onun içindir ki modern dürbünler, pratikte anallatikmiş gibi kullanılabilir.

TABLO 1

| D   | $q_1 =$<br>$D - (f_1 + S)$ | $q_1' =$<br>$\frac{f_1^2}{q_1}$ | $q_2$   | $AB =$<br>$\frac{q_1 q_2}{f_1 f_2}$ m. | $D' =$<br>100 - AB | $\Delta D =$<br>$D' - D$ | $a =$<br>$-f_1^2 + q_2' + 1$ | $e =$<br>$q_1' - q_2$ | $\varphi =$<br>$\frac{f_1 f_2}{e}$ |
|-----|----------------------------|---------------------------------|---------|--|--------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 1   | 2                          | 3                               | 4       | 5                                      | 6                  | 7                        | 8                            | 9                     | 10                                 |
| m   | mm                         | mm                              | mm      | sm                                     | m                  | mm                       | mm                           | mm                    | mm                                 |
| +   | +                          | +                               | +       | +                                      | +                  | +                        | +                            | —                     | +                                  |
| 5   | 4,799                      | 3,8541                          | 67,9410 | 5,016                                  | 5,016              | + 16                     | 106,7951                     | 71,7951               | 191,3222                           |
| 10  | 9,799                      | 1,8872                          | 66,3824 | 10,007                                 | 10,007             | + 7                      | 103,2699                     | 68,2699               | 201,2014                           |
| 20  | 19,799                     | 0,9342                          | 65,6711 | 20,004                                 | 20,004             | + 4                      | 101,6053                     | 66,6053               | 206,2298                           |
| 30  | 29,799                     | 0,6207                          | 65,4428 | 30,002                                 | 30,002             | + 2                      | 101,0635                     | 66,0635               | 207,9212                           |
| 40  | 39,799                     | 0,4647                          | 65,3303 | 40,002                                 | 40,002             | + 2                      | 100,7950                     | 65,7950               | 208,7697                           |
| 50  | 49,719                     | 0,3714                          | 65,2633 | 50,001                                 | 50,001             | + 1                      | 100,6347                     | 65,6347               | 209,2795                           |
| 100 | 99,799                     | 0,1853                          | 65,1304 | 100,000                                | 100,000            | 0                        | 100,3158                     | 65,3158               | 210,3013                           |
| 150 | 149,799                    | 0,1235                          | 65,0864 | 149,999                                | 149,999            | — 1                      | 100,2099                     | 65,2099               | 210,6429                           |
| 200 | 199,799                    | 0,0926                          | 65,0645 | 199,999                                | 199,999            | — 1                      | 100,1571                     | 65,1571               | 210,8136                           |
| 250 | 249,799                    | 0,0740                          | 65,0513 | 249,998                                | 249,998            | — 2                      | 100,1253                     | 65,1253               | 210,9165                           |
| 300 | 299,799                    | 0,0617                          | 65,0425 | 299,998                                | 299,998            | — 2                      | 100,1042                     | 65,1042               | 210,9849                           |
| 350 | 349,799                    | 0,0529                          | 65,0363 | 349,998                                | 349,998            | — 2                      | 100,0893                     | 65,0893               | 211,0331                           |
| 400 | 399,799                    | 0,0463                          | 65,0316 | 399,997                                | 399,997            | — 3                      | 100,0779                     | 65,0779               | 211,0701                           |

$f_1$  = 136 mm. Objektifin odak mesafesi

$f_2$  = — 101 mm. Netleştirme merceğinin odak mesafesi

$l$  = 155,94 mm. Retikül düzlemiyle objektif arasındaki mesafesi

$m$  = 2.11325 mm. Mesafe çizgileri aralığı

$D$  = Genel eksenenden miraya kadar olan mesafe

$q_1$  = Objektifin ön odak noktasıyla mira arasındaki mesafe

AB = Miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası

$a$  = Objektif ile netleştirme merceği arasındaki mesafe

$\varphi$  = Objektif ve netleştirme merceğinden müteşekkil sistemin odak mesafesi

*M<sub>1</sub> Objektifi İle Netleştirmek Merceği M<sub>2</sub> Arasındaki Mesafenin Değişimi* : M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> mercekleri tarafından teşekkül eden görüntünün, net olarak görünebilmesi için, yeri sabit olan retikül düzleminin üzerinde bulunması icabeder. Evvelce de belirtildiği gibi bunu temin etmek maksadıyla çok zaman netleştirme merceği diye anılan M<sub>2</sub> merceği özel bir tertibatla ileri geri hareket ettirilir. Bunun neticesinde de M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> mercekleri arasındaki a mesafesi değişir.

Netleştirme işlemiyle ilgili olarak M<sub>2</sub> merceğinin hareket miktarı hakkında bir fikir edinmek faydadan uzak değildir. Onun içindir ki 1 sayılı tabloda 5 metreden + ∞ za kadar mesafeler için a mesafesi hesaplanmış bulunmaktadır. 8 inci sütunda bulunan bu mesafeler incelenirse görülür ki, 5 metre uzaklıkta bulunan bir miraya rasat yapıldığı zaman bu mesafe 106,8 mm., sonsuza rasat yapıldığı zaman 100,00 mm. dir. Demek oluyor ki M<sub>2</sub> merceği için gerekli hareket vüs'ati, 6,8 mm., yuvarlak olarak 7 mm. dir.

*Eşdeğer Merceğin Odak Mesafesi* : M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> mercek sistemine eşdeğer merceğin odak mesafesi :

$$\varphi = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

dir, a değiştiğine göre  $\varphi$  de değişmektedir. Bütün bu hesaplar yapılmış iken  $\varphi$  nin de nasıl değiştiğini incelemek faydalı mütalâa edilmiştir. Bu maksatla 5 metreden ∞ za kadar mesafelere tekabül eden  $\varphi$  ler hesaplanarak 10 uncu sütuna yazılmış bulunmaktadır. Bu sütundaki rakamların incelenmesinden eşdeğer merceğin odak mesafesinin yuvarlak olarak 191 mm. ile 211 mm. arasında değiştiği görülmektedir. Bu, 20 mm. lik bir değişime tekabül eder. Topoğrafik ölçmelerde bahis konusu olabilecek mesafeler için (20 metreden daha büyük mesafeler diyelim) bu değişim 5 mm. civarındadır.



Anallatik dürbünde  
100 m. ye tekabül eden mesafe hatları

Tablo 2

| $\alpha$ |      | G = 10 |    |    |     |     |     |     |
|----------|------|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|
|          |      | 0      | 5  | 10 | 20  | 30  | 40  | 50  |
| i        |      |        |    |    |     |     |     |     |
| radyan   | grad | sm     | sm | sm | sm  | sm  | sm  | sm  |
| 1/1000   | 0,06 | 20     | 20 | 20 | 20  | 20  | 21  | 22  |
| 1/400    | 0,16 | 20     | 20 | 20 | 21  | 24  | 27  | 32  |
| 1/200    | 0,32 | 20     | 20 | 22 | 26  | 33  | 42  | 54  |
| 1/100    | 0,64 | 20     | 22 | 27 | 40  | 57  | 78  | 104 |
| 1/50     | 1,27 | 20     | 28 | 41 | 72  | 108 | 147 | 205 |
| 1/25     | 2,58 | 21     | 45 | 74 | 140 | 213 | 299 | 408 |
|          |      | G = 16 |    |    |     |     |     |     |
| radyan   | grad |        |    |    |     |     |     |     |
| 1/1000   | 0,06 | 12     | 12 | 12 | 13  | 13  | 14  | 16  |
| 1/400    | 0,16 | 12     | 12 | 13 | 15  | 18  | 22  | 28  |
| 1/200    | 0,32 | 12     | 13 | 15 | 21  | 29  | 39  | 53  |
| 1/100    | 0,64 | 12     | 16 | 22 | 37  | 54  | 75  | 103 |
| 1/50     | 1,27 | 13     | 24 | 38 | 70  | 107 | 149 | 204 |
| 1/25     | 2,58 | 15     | 42 | 72 | 138 | 212 | 299 | 408 |
|          |      | G = 30 |    |    |     |     |     |     |
| radyan   | grad |        |    |    |     |     |     |     |
| 1/1000   | 0,06 | 8      | 9  | 9  | 9   | 10  | 11  | 13  |
| 1/400    | 0,16 | 8      | 9  | 9  | 12  | 16  | 20  | 26  |
| 1/200    | 0,32 | 9      | 10 | 12 | 19  | 27  | 38  | 52  |
| 1/100    | 0,64 | 9      | 13 | 20 | 36  | 54  | 75  | 102 |
| 1/50     | 1,27 | 9      | 22 | 37 | 70  | 106 | 150 | 204 |
| 1/25     | 2,58 | 12     | 41 | 72 | 138 | 212 | 299 | 408 |
|          |      | G = 40 |    |    |     |     |     |     |
| radyan   | grad |        |    |    |     |     |     |     |
| 1/1000   | 0,06 | 7      | 7  | 7  | 7   | 8   | 10  | 12  |
| 1/400    | 0,16 | 7      | 7  | 8  | 11  | 15  | 19  | 26  |
| 1/200    | 0,32 | 7      | 8  | 11 | 18  | 27  | 38  | 51  |
| 1/100    | 0,64 | 7      | 12 | 19 | 36  | 54  | 75  | 102 |
| 1/50     | 1,27 | 8      | 21 | 37 | 69  | 106 | 150 | 204 |
| 1/25     | 2,58 | 11     | 41 | 71 | 138 | 212 | 299 | 408 |

 $\alpha$  = Düşey açı

i = Miranın eğikliği

G = Dürbünün büyültmesi

TABLO 3

| D   | $q_1$   | $\frac{f_1^2}{q_4}$ | $q_1^2 - f_1 +$<br>$- 2f_2$ | $B^2$      | $\frac{\Delta}{B^2 - 4 f_2^2}$ | $\sqrt{\Delta}$ | $q_2 = \frac{1}{2} (B + \sqrt{\Delta})$ |
|-----|---------|---------------------|-----------------------------|------------|--------------------------------|-----------------|---|
| 1   | 2       | 3                   | 4                           | 5          | 6                              | 7               | 8                                       |
| m   | m       | m                   | mm                          |            | +                              | +               | mm                                      |
| +   | +       | -                   |                             |            |                                |                 | +                                       |
| 5   | 4,799   | 3,8541              | 218,0859                    | 47561,4598 | 6757,4598                      | 82,2038         | 67,9410                                 |
| 10  | 9,799   | 1,8875              | 220,0525                    | 48423,1028 | 7619,1028                      | 87,2876         | 66,3824                                 |
| 20  | 19,799  | 0,9342              | 221,0058                    | 48843,5636 | 8039,5636                      | 89,6636         | 65,6711                                 |
| 30  | 29,799  | 0,6207              | 221,3193                    | 48982,2326 | 8178,2326                      | 90,4336         | 65,4428                                 |
| 40  | 39,799  | 0,4647              | 221,4753                    | 49051,3085 | 8247,3085                      | 90,8147         | 65,3303                                 |
| 50  | 49,799  | 0,3714              | 221,5686                    | 49092,6445 | 8288,6445                      | 91,0420         | 65,2633                                 |
| 100 | 99,799  | 0,1853              | 221,7547                    | 49175,1470 | 8371,1470                      | 91,4940         | 65,1304                                 |
| 150 | 149,799 | 0,1235              | 221,8165                    | 49202,5597 | 8398,5597                      | 91,6437         | 65,0864                                 |
| 200 | 199,799 | 0,0926              | 221,8474                    | 49216,2689 | 8412,2689                      | 91,7184         | 65,0645                                 |
| 250 | 249,799 | 0,0740              | 221,8680                    | 49224,5220 | 8420,5220                      | 91,7634         | 65,0513                                 |
| 300 | 299,799 | 0,0617              | 221,8783                    | 49229,9800 | 8425,9800                      | 91,7932         | 65,0425                                 |
| 350 | 349,799 | 0,0529              | 221,8871                    | 49233,8851 | 8429,8851                      | 91,8144         | 65,0363                                 |
| 400 | 399,799 | 0,0463              | 221,8937                    | 49236,8141 | 8432,8141                      | 91,8304         | 65,0316                                 |
|     |         | 0                   | 221,9400                    | 49257,3636 | 8453,3636                      | 91,9422         | 64,9989                                 |

$f_1$  = 136 mm. Objektifin odak mesafesi

$f_2$  = - 101 mm. Netleştirme merceğinin odak mesafesi

$l$  = 155,94 mm. Retikül düzlemiyle objektif arasındaki mesafe

$m$  = 2.11325 mm. Mesafe çizgileri aralığı

$D$  = Genel eksenden miraya kadar olan mesafe

$q_1$  = Objektifin ön odak noktasıyla mira arasındaki mesafe

$AB$  = Miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası

$a$  = Objektif ile netleştirme merceği arasındaki mesafe

$\varphi$  = Objektif ve netleştirme merceğinden müteşekkil sistemin odak mesafesi

TABLO 4

| D   | $q_1$   | $q_1 q_2$    | $AB = \frac{q_1 q_2}{f_1 f_2} m$<br>$\beta - q_1 q_2$ | $q_2'$<br>$\frac{f_2}{q_2}$ | $a = -f_2 + q_2' + l$ | $e = \frac{f_1 + f_2 - a}{q_1' - q_2}$ | $\varphi = \frac{f_1 f_2}{e}$ |
|-----|---------|--------------|---|-----------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1   | 2       | 3            | 4   | 5                           | 6                     | 7                                      | 8                             |
| m   | m       |              | mm  | mm                          | mm                    | mm                                     | mm                            |
| +   | +       |              | +   | -                           | +                     | -                                      | +                             |
| 5   | 4,799   | 326049,099   | 50,16   | 150,1449                    | 106,7951              | 71,7951                                | 191,3222                      |
| 10  | 9,799   | 650481,628   | 100,07  | 153,6701                    | 103,2699              | 68,2699                                | 201,2014                      |
| 20  | 19,799  | 1300222,109  | 200,04  | 155,3347                    | 101,6053              | 66,6053                                | 206,2298                      |
| 30  | 29,799  | 1950131,487  | 300,02  | 155,8765                    | 101,0635              | 66,0635                                | 207,0212                      |
| 40  | 39,799  | 2600080,610  | 400,02  | 156,1450                    | 100,7950              | 65,7950                                | 208,7697                      |
| 50  | 49,799  | 3250047,077  | 500,01  | 156,3053                    | 100,6347              | 65,6347                                | 209,2795                      |
| 100 | 99,799  | 6499948,896  | 1000,00   | 156,6242                    | 100,3158              | 65,3158                                | 210,3013                      |
| 150 | 149,799 | 9749877,336  | 1499,99   | 156,7301                    | 100,2099              | 65,2099                                | 210,6429                      |
| 200 | 199,799 | 12999822,036 | 1999,99   | 156,7829                    | 100,1571              | 65,1571                                | 210,8136                      |
| 250 | 249,799 | 16249749,689 | 2499,98   | 156,8147                    | 100,1253              | 65,1253                                | 210,9165                      |
| 300 | 299,799 | 19499691,447 | 2999,98   | 156,8358                    | 100,1042              | 65,1042                                | 210,9848                      |
| 350 | 349,799 | 22749650,194 | 3499,98   | 156,8507                    | 100,0893              | 65,0893                                | 211,0331                      |
| 400 | 399,799 | 25999588,638 | 3999,97   | 156,8621                    | 100,0779              | 65,0779                                | 211,0701                      |
|     |         |              | -   | 156,9411                    | 99,9989               | 64,9989                                | 211,3267                      |

$f_1$  = 136 mm. Objektifin odak mesafesi

$f_2$  = - 101 mm. Netleştirme merceğinin odak mesafesi

$l$  = 155,94 mm. Retikül düzlemiyle objektif arasındaki mesafesi

$m$  = 2.11325 mm. Mesafe çizgileri aralığı

$D$  = Genel eksenden miraya kadar olan mesafe

$q_1$  = Objektifin ön odak noktasıyla mira arasındaki mesafe

$AB$  = Miranın mesafe çizgileri arasında görünen parçası

$a$  = Objektif ile netleştirme merceği arasındaki mesafe

$\varphi$  = Objektif ve netleştirme merceğinden müteşekkil sistemin odak mesafesi