



**HARİTA DERGİSİ**

**ÖZEL SAYI**

Ocak 1996

Yıl : 63 Özel Sayı : 15

**Yönetim Kurulu**

Müh. Yb.	Erol ERKAYA
Müh. Yb.	İlker ADIŞOY
Müh. Yb.	Bülent ŞEVİNÇ
Müh. Kcl. Ütğm.	Hadi BARUT

**Hazırlayanlar**

Müh. Yb.	Erol ERKAYA
Müh. Kcl. Ütğm.	Hadi BARUT

**Adres**

Harita Genel Komutanlığı  
Harita Dergisi Yönetim Kurulu  
Başkanlığı  
06100 - Cebeci / ANKARA

**Tel** : (312) 3197740/2500

**Fax** : (312) 320 14 95

**Baskı**

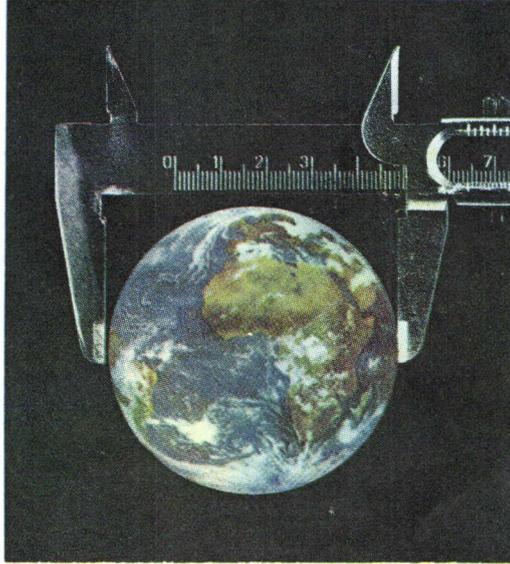
Harita Genel Komutanlığı  
Matbaası  
ANKARA

**ISSN 1300 - 5790**

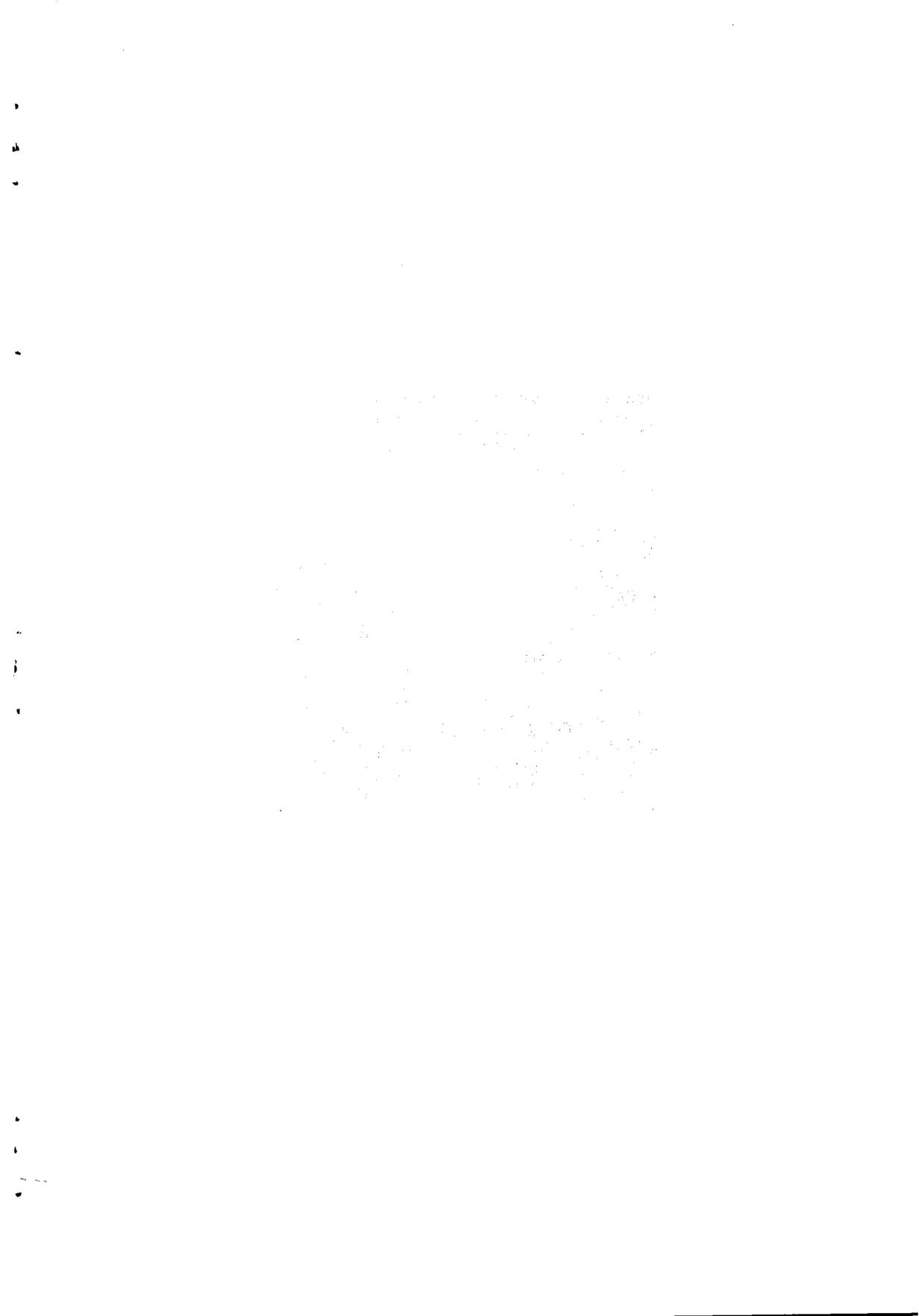
TÜRK  
HARİTACILIĞININ  
100 ÜNCÜ YILI  
ANISINA



# HARİTACILIK BİLİMİ TARİHİ



Prof. Dr.  
Muzaffer ŞERBETÇİ



## ÖNSÖZ

Ulusların kültür birikimleri uygarlık yolundaki kilometre taşları gibidir. Bilim alanında gelecekte bizleri nelerin beklediğini kestirebilmek için geçmişteki olayların gelişme grafiğini iyi bilmek gerekir. Uygarlık alanında bilim ve teknikteki artış üstel bir fonksiyon ile tanımlanabilir. 20. yüzyılda bütün tarih çağlarının toplam gelişmesinden daha çok ileri giden insanoğlunun bilgi seviyesi her geçen gün kat kat artmış, 1850 yılındaki bilgi seviyesine göre 1950 yılındaki bilgi seviyesi 2 kat olmuştur. 100 yıldaki bu iki kat bilgi artışı 1950 yılından sonra her 10 yılda iki kata çıkmış, 1970 yılından sonra bilgi seviyesi her beş yılda bir, iki katına ulaşmıştır. Zamanımızda artık her dört yılda bir katlanmaktadır. Bilginin bu denli artışı, nükleer enerji ve bilgisayarların çok büyük potansiyel olanakları ve toplum düzenindeki büyük ölçüde değişmeler çağımızın özelliklerini belirtmektedir. Bilginin gün geçtikçe daha hızlı artması ve daha yüksek oranda kullanılması ile toprak, emek ve kapital olarak belirtilen üretim faktörleri arasında bilginin de dördüncü bir faktör olarak yer aldığını göstermektedir. Hiç bir ırkın, kültürün veya bölgenin tekelinde olmayan bilim, insanlığın ortak kafa ürünü olup gelecek kuşaklara bırakılan evrensel mirastır.

Haritacılık (jeodezi), dünyanın en eski bilimlerinden biridir. Bu bilimin gelişmesine bir çok bilim dallarının, özellikle matematik, geometri, astronomi, fizik gibi bilim dallarının büyük katkıları olmuştur. Bu nedenle bu yayında yukarıda sayılan bilim dallarındaki gelişmelerden de bazı kesitler aktarılmıştır. Konunun sunulmasında, önce antik çağlardaki çeşitli uygarlıkların matematik, astronomi, mühendislik ölçmeleri gibi çalışmalarını sergilenecek bilgi düzeyleri gösterilmiş, bundan sonra da haritacılık (jeodezi) konusundaki çalışmalarını sıralanmıştır. Daha sonra bu sıralama 16.yüzyıldan sonra 100 yıllık zaman dilimleri içinde çeşitli bilim dalları başlıkları altında anlatılmış, son kısımlarda da jeodezi konusunda bazı uluslararası çalışmalar, firmalar, yayınlanan mesleki periyodikler listelenerek mesleğin geleceğine ilişkin kestirimler yapılmışa çalışılmıştır.

Bu yayın başlangıçta Jeodezi Tarihi dersine ders notu olarak düşünülmüş, ancak 25 yılı aşkın biriktirilen bilgi ve belgelerle oluşan kapsam, bu amacı ve çerçeveyi aşarak Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği öğrencilerinin dışında her harita mühendisine ve hatta diğer meslek grubu araştırmacılarına bir el kitabı kimliğine girmiştir.

Bazı aletlerin keşif tarihi ve hatta keşfi yapan kişilerde farklılıklar görülmektedir. Böyle durumlar gayet doğaldır. Tüm keşif ve icatların arkasında yılların bilgi birikimi ve alınteri yatmaktadır. Bu nedenle falan aletin icadı şu yıldır diye kesin bir yargı yapılamamaktadır. Kişilerin doğum, ölüm tarihlerinde yapılan kaynak araştırmalarında bazen farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu tarihlerden, çok eski antik zamanlara ait tarihlerde farklılıklar olması gayet doğaldır. O zamanlara ait sağlam bir kayıt düzeni olmadığı gibi bu tarihlerin dayandığı takvimlerde de farklılıklar bulunmaktadır. Jülyen takvimine göre olan tarihler ile Gregoryan takvimi arasında 10-13 gün arasında değişen farklılıklar ayları, hatta yıl sonuna geldiği zaman yıl sayısını da değiştirebilmektedir (İngiltere Gregoryan takvimini 1752 yılında uygulamaya başladığından bu tarihe kadar olan 11 günlük farklılık İngiliz kayıtlarına yansımaktadır. Söz gelimi ünlü İngiliz bilim adamı Newton'un doğum ve ölüm tarihi, o tarihlerde İngilterede kullanılan Jülyen takvimine göre 25 Aralık 1642-20 Mart 1727 iken bu tarihler Gregoryan takviminde 11 günlük farklı olan 4 Ocak 1643-31 Mart 1727 dir).

Birçok Müslüman bilim adamlarının ise doğum tarihleri genelde kayıtların tam tutulmaması nedeni ile bilinmemektedir. Ölüm tarihleri ise genellikle hicri takvime göre kayıt edilmiş olup, hicri yıl ile miladi yıl arasındaki yaklaşık 11 günlük fark ve hicri yılların iki miladi yıl içinde bulunmaları nedeni ile, bir insan ömründe yaklaşık iki yıl gibi farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Söz gelimi Sabit bin KURRA 211 (H)-288 (H) arasında yaşayarak hicri hesaba göre 77 yaşında vefat etmiştir. Bu tarihlere karşılık gelen 826-901 miladi yıllarına göre ise 75 yaşında vefat etmiştir. Bunlardan başka yazım ve baskı hatalarından kaynaklanan tarih farklarına da rastlanmaktadır. Bu ve buna benzer durumlarda, bu farklı bilgilerden en güvenilir olduğu kanısına varılan kaynaklardan tarihler alınmıştır.

Bu çalışmanın, bundan sonraki araştırmalara bir altlık olacağını ümit ederim. Eksik ve yanlış bilgiler için peşinen iyi niyetime bağışlanmamı diler, bu konudaki uyarıları ve düzeltmeleri teşekkürle kabul ederim.

Harita Genel Komutanlığının olanakları ile eserin Harita Dergisi özel sayısı olarak basılmasını sağlayan Harita Genel Komutanı sayın Tümgeneral Erdoğan DIRİK'e ve şahsında emeği geçen tüm Harita Genel Komutanlığı personeline, önerileri için Prof. Dr. Ergün ÖZTÜRK'e, Almanya'dan sürekli gönderdiği kitap ve ZfV dergileri için meslektaşım ve sınıf arkadaşım Dipl.-Ing. Jürgen MORTELL'e, tüm çalışmada, denetim, öneri ve hataların düzeltilmesi çalışmalarındaki sabır ve katkılarından dolayı Dr. Veysel ATASOY'a, bu hataların düzeltilmesindeki gayretleri ve destekleri için eşim Nuray ŞERBETÇİ'ye, şekillerin çiziminde büyük katkıları olan Hrt. Müh. Yasemin UZUN'a ve teknik ressam Yaşar YAVUZ'a, önerileri için uzman Bilal KINAY'a ve Gülay YOMRALIOĞLU'na kısaca eserin basımında emeği geçen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

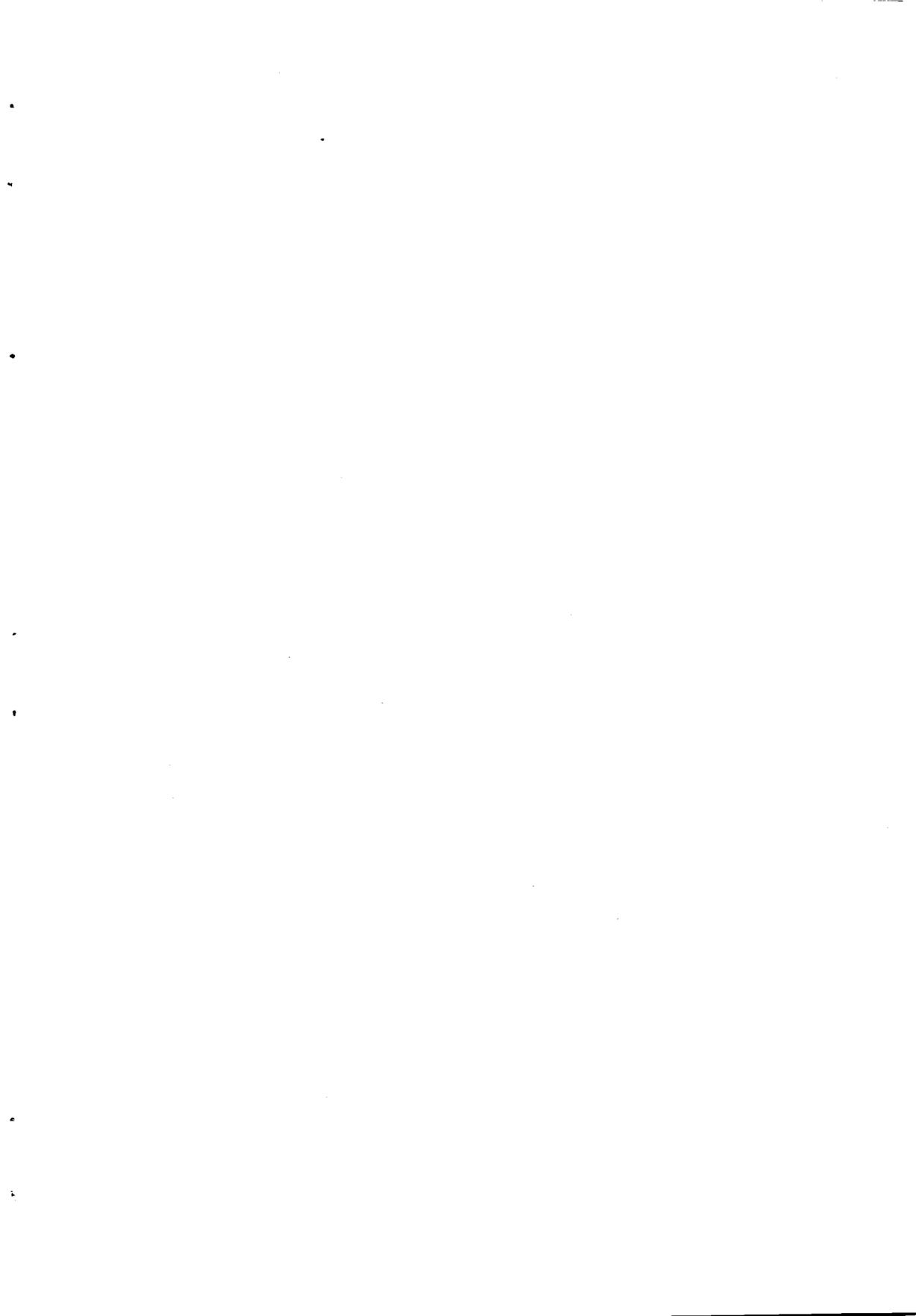
1995

**Prof.Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ**

ÖNSÖZ . . . . .	I
İÇİNDEKİLER . . . . .	III
<b>1. GİRİŞ . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>2. ESKİ UYGARLIKLARDA BİLİM VE HARİTACILIK (MÖ 3500-MS1200) . . . . .</b>	<b>5</b>
2.1 MEZOPOTAMYA . . . . .	5
2.1.1 Babililerde Sayı Sistemi ve Matematik . . . . .	5
2.1.2 Babililerde Astronomi . . . . .	7
2.1.3 Babililerde Haritacılık . . . . .	7
2.2 MISIR . . . . .	13
2.2.1 Mısırlılarda Matematik . . . . .	13
2.2.2 Mısırlılarda Astronomi . . . . .	15
2.2.3 Mısırlılarda Haritacılık . . . . .	15
2.3 YUNAN (GREK) . . . . .	18
2.4 ROMA . . . . .	40
2.4.1 Romalılarda Rakamlar . . . . .	40
2.4.2 Romalılarda Takvim . . . . .	41
2.4.3 Romalılarda Ölçü Aletleri . . . . .	42
2.5 MAYA . . . . .	47
2.6 ÇİN . . . . .	48
2.6.1 Çinlilerde Sayı Sistemi . . . . .	48
2.6.2 Çinlilerde Astronomi . . . . .	50
2.6.3 Çinlilerde Haritacılık . . . . .	50
2.7 HİNDİSTAN . . . . .	52
2.7.1 Hintlilerde Matematik . . . . .	52
2.7.2 Hintlilerde Trigonometri . . . . .	54
2.7.3 $\Pi$ Hesabı . . . . .	55
2.8 İSLAM ÜLKELERİ (750-1500) . . . . .	56
<b>3. ORTAÇAĞ AVRUPASINDA HARİTACILIK (1100-1500) . . . . .</b>	<b>74</b>
3.1 PORTOLAN HARİTALARI . . . . .	78
3.2 DÜNYA ÜZERİNDE GEMİ İLE YAPILAN GEZİLER, KEŞİFLER . . . . .	84
3.3 ORTA ÇAĞDA ÜNİVERSİTELERİN AÇILIŞI . . . . .	85
3.4 ÖLÇME ALETLERİ . . . . .	86
3.4.1 Gnomon . . . . .	86
3.4.2 Astrolabium (Astrolab, Usturlab) . . . . .	86
3.4.3 Jacob Çubuğu . . . . .	90
3.4.4 Kuadrant (Rubu Tahtası) . . . . .	91
3.5.5 Geometrik Kuadrant . . . . .	95
<b>4. 1500-1600 DÖNEMİ (16. YÜZYIL) . . . . .</b>	<b>97</b>
4.1 MATEMATİK . . . . .	97
4.2 ASTRONOMİ . . . . .	99
4.3 JEODEZİK ALETLER . . . . .	101

4.4 NİRENGİ . . . . .	.104
4.5 KARTOGRAFYA . . . . .	.106
<b>5. 1600-1700 DÖNEMİ (17. YÜZYIL) . . . . .</b>	<b>.111</b>
5.1 MATEMATİK . . . . .	.111
5.2 ASTRONOMİ . . . . .	.112
5.3 FİZİK . . . . .	.118
5.4 HESAPLAMA ARAÇLARI . . . . .	.120
5.4.1 Çarpma Cetvelleri . . . . .	.121
5.4.2 Kare Cetvelleri . . . . .	.121
5.4.3 Neper Çubukları . . . . .	.121
5.4.4 Logaritma Cetvelleri . . . . .	.123
5.4.5 Sürgülü Hesap Cetvelleri . . . . .	.124
5.4.6 Hesaplama Cetvelleri . . . . .	.127
5.4.7 Hesap Makinaları . . . . .	.128
5.5 JEODEZİK ALETLER . . . . .	.132
5.6 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI . . . . .	.136
<b>6. 1700-1800 DÖNEMİ (18. YÜZYIL) . . . . .</b>	<b>.138</b>
6.1 MATEMATİK . . . . .	.138
6.2 ASTRONOMİ . . . . .	.139
6.3 FİZİK . . . . .	.143
6.4 ÖLÇÜ BİRİMİ METRE'NİN GELİŞİMİ . . . . .	.145
6.5 JEODEZİK ALETLER . . . . .	.150
6.6 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI . . . . .	.154
<b>7. 1800-1900 DÖNEMİ (19. YÜZYIL) . . . . .</b>	<b>.158</b>
7.1 MATEMATİK . . . . .	.158
7.2 ASTRONOMİ-JEODEZİ . . . . .	.160
7.3 FİZİK . . . . .	.163
7.4 KARTOGRAFYA . . . . .	.166
7.5 KADASTRO . . . . .	.168
7.6 FOTOGRAMETRİ . . . . .	.169
7.7 JEODEZİK ALETLER . . . . .	.172
7.7.1 Basit Ölçü Aletleri . . . . .	.172
7.7.2 Nivo Aletleri . . . . .	.174
7.7.3 Optik Uzunluk Ölçü Aletleri ve Takeometreler . . . . .	.176
7.7.4 Teodolit . . . . .	.180
7.7.5 Üniversal (Astronomik) Aletler . . . . .	.185
7.7.6 Jeodezik Alet Yapan Firmalar . . . . .	.186
7.7.7 Jeodezik Alet Yapan Firmalardan Bazılarının Kısa Tarihçeleri . . . . .	.188
7.8 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI . . . . .	.191
<b>8. 1900-2000 DÖNEMİ (20. YÜZYIL) . . . . .</b>	<b>.195</b>
8.1 MATEMATİK . . . . .	.195
8.2 ASTRONOMİ . . . . .	.198
8.3 FİZİK . . . . .	.201
8.4 JEOFİZİK . . . . .	.201
8.5 JEODEZİ . . . . .	.202

8.5.1 Avrupa Nirengi Ağı . . . . .	.203
8.5.2 Elipsoid Boyutlarının Saptanması . . . . .	.204
8.6 KARTOGRAFYA . . . . .	.206
8.7 FOTOGRAMETRİ . . . . .	.207
8.7.1 Yersel Fotogrametri . . . . .	.207
8.7.2 Hava Fotogrametrisi . . . . .	.208
8.7.3 Fotogrametrik Cemiyetler . . . . .	.209
8.8 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI . . . . .	.210
8.9 JEODEZİK ALETLER . . . . .	.210
8.9.1 Nivolar . . . . .	.210
8.9.2 Teodolit . . . . .	.211
8.9.3 Takeometre . . . . .	.215
8.9.4 Optik Uzunluk Ölçme Aletleri . . . . .	.216
8.9.5 Elektronik Teodolitler. . . . .	.219
8.9.6 Elektronik Uzunluk Ölçme Aletleri . . . . .	.220
8.9.7 Elektronik Takeometre . . . . .	.222
8.10 MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI . . . . .	.224
8.11 KEŞİFLER . . . . .	.224
<b>9. DİĞER FAALİYETLER . . . . .</b>	<b>.225</b>
9.1 ABD HARİTACILIĞI (US COAST AND GEODETIC SURVEY). . . . .	.225
9.2 ULUSLARARASI KURULUŞLAR . . . . .	.226
9.2.1 Baltık Jeodezi Komisyonu . . . . .	.226
9.2.2 IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) . . . . .	.226
9.2.3 FIG (Federation Internationale des Geometres) . . . . .	.228
9.2.4 ISPRS (Internat. Societe of Photogramm. and Remote Sensing) . . . . .	.229
9.2.5 ICA (Internationale Cartographic Association) . . . . .	.229
9.2.6 IUSM (Internationale Union of Surveying And Mapping) . . . . .	.229
9.3 HARİTACILIKLA İLGİLİ YAYINLANAN PERİYODİKLER -Seçme-. . . . .	.229
<b>EKLER . . . . .</b>	<b>.235</b>
<b>KAYNAKLAR . . . . .</b>	<b>.239</b>
<b>DİZİN . . . . .</b>	<b>.255</b>



# 1. GİRİŞ

İnsanlar toplu yaşama gereğini duyarak bir araya geldikten sonra yaşamlarının daha iyi olması amacıyla deneyimle kazandıkları bazı bilgileri geliştirerek yeni yeni buluşlar yapmışlardır. Bu doğrultudaki faaliyetlerinden avlanma, tarım ve hayvancılık vb. işler yaparak, mağaralarda kötü hava koşulları ve yırtıcı hayvanlardan korunmuşlardır. Sahip oldukları akılları sayesinde hayvanlara galip gelmesini bilmişler, doğanın zararlarından kendilerini koruyabilmişlerdir. Deneyimleri ve bilgi birikimleri sürekli olarak kendilerinden sonraki kuşağa aktarılmış ve bugünkü duruma gelmiştir.

İnsanların yaşamlarındaki faaliyetlerinin bilim ve uygarlık yönünden incelenmesi ancak onların bıraktığı izlerden yararlanarak mümkün olmaktadır. Eldeki bulguların en eskisi Mezopotamya bölgesindeki arkeolojik araştırmalar sonucunda bulunan kil tabletler üzerindeki çivi yazıdır. Bu ve buna benzer araştırmalar sonucunda jeodezi (haritacılık) biliminin de matematik, astronomi, coğrafya gibi dünyanın en eski bilim dallarından biri olduğu saptanmıştır (*Lüdemann 1910*).

Haritacı, kültür tarihini ve bunun tersi olarak da kültür tarihi haritacılık çalışmalarını etkilemiştir. Kültür tarihi bilimsel ve teknik deneyimlerin etkileri altında ekonomik ve sosyal hayatın etkilerine göre insanların yaşam biçimlerinin gelişmesini tanımlar. Bilimsel ve teknik deneyimler olarak burada haritacının kendisine verilen görevi yerine getirmesi için düşünülen yöntem, ölçme, hesaplama ve çizimde kullandığı aletler sayılabilir (*Baeschlin (1955), Berroth, Biala, 1973,1982, Bodemüller, Hunger 1971, Junius, Kapelle, Kneissl, Lüdemann 1930,1937, Özgen 1961,1969, Pelzer, Rinner, Sigl 1969, Stephan, Tekin, Ulsoy 1970,1977 vd*).

Son 100 yıl içinde gelişmeler ve gereksinimler, aynı kökten olan bir çok mesleklerin birbirinden ayrılmasına neden olmuş ve bunlar da özel bilgilerle uzmanlık kollarına bölünmüştür. Eskiden mimar veya inşaat ustası (kalfası) deyimli teknik bütün bilgi ve gücü içinde topluyordu.

Batı ülkelerinde 16. ve 17. yüzyıllarda hukuk, teoloji, felsefe ve tıp birbirinden tamamen ayrıldı. 18. ve 19. yüzyıllarda ise bu dört bilim alanı bir çok dallara ayrıldı. 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyılda aynı şekilde teknik uzmanlık alanları da birbirinden ayrıldı. 150 yıl önce mimarlık ve mühendislik işlerinin birbirinden tamamen ayrı olduğu söylenmeye başlandığı halde 100 yıl öncesine kadar her biri için ayrı öğrenim yapılmıyor, inşaat ustası veya mimar bütün teknik alanlar için tek bir ünvan olarak kullanılıyordu.

Nihayet yer üstü ve yer altı inşaat uzmanlıkları oluştu ve sıra ile makina, inşaat mühendisliği, demiryolu mühendisliği, su mühendisliği uzmanlık dalları kuruldu. Mimarlıktan yavaş yavaş ayrılarak oluşan ilk uzmanlık dallarından birisi de harita mühendisliğidir. Örneğin Almanya'da 100 yıl öncesine kadar her mimarın aynı zamanda haritacı olması ve bunun için de uzun zaman harita işlerinde pratik yaparak devlet sınavını vermesi gerekiyordu. Bundan sonra tamamen ayrılan harita uzmanlık alanı yaklaşık 80 yıl önce harita mühendisliğine geçmiştir.

Haritacılar zaman akışı içinde yaptıkları çalışmalarla matematik, astronomi vb. gibi bazı bilim dalları ile karşılıklı etkileşim içinde bulunmuşlardır. Bir örnek olmak üzere jeodezicilerin saptadıkları yeryuvarı boyutları Newton tarafından ayın çekim gücünün hesaplandığı formüllerde yerine konarak sonucun gözlemlenilen bulunan değerlere uyum sağladığı görülmüştür. Aynı şekilde astronom Piazzini'nin yaptığı gözlemlere Gauss'un kendi geliştirdiği en küçük kareler yöntemini uygulayarak hesapladığı yörüngeden Ceres gezegeninin tekrar bulunabilmesi başarılmıştır. Benzer şekilde dürbünün icad edilmesi ile haritacılar, daha önce sekstant veya usturlab (astrolabium) ile ölçtükları açılar daha sağlıklı ölçebilmişlerdir.

Haritacılık ve jeodezi kavramları da günümüzde -yukardaki metin içerisinde bile-birbirlerinin yerine kullanılmaya çalışılmaktadır. Aslında bu kavramlar antik çağda Aristo'nun metafizik kitabında kesin sınırlarla ayrılmıştır. Buna göre kelime anlamı olarak jeodezi = yerin bölünmesi, geometri = yer ölçümü anlamına gelmektedir <sup>1)</sup>.

Ünlü alman bilim adamı Helmert 1880 de "Jeodezi, yeryüzünün ölçümü ve projeksiyonu bilimidir" demiştir. Bu tanıma Bruns yerin gravite alanının da ölçülmesini eklemiştir. Heitz 1991 de yazdığı " Üç boyutlu geometrik jeodeziye giriş " kitabında "Jeodezi, yeryuvarına ilişkin gözlemlerin elde edilmesi ve bunların fiziksel modele dönüştürülmesidir" biçiminde geliştirmiştir. Diğer taraftan FIG (Federation Internationale des Geometres=Uluslararası Harita Mühendisleri Birliği) tüzüğünde haritacıların mesleki etkinlikleri olarak "Haritacı, yapıyı ya da yapısız olan, hem yer üstünde hem de yer altında bulunan taşınmazlara ilişkin tüzel ve özel iyeliği dökümleyen, sınırlarını belirleyen ölçen ve değerlendiren, bu çalışmalarında toprak iyeliğinin yasal kayıtlanması önlemleriyle onunla bağlantılı hakları gözetten bir meslek ilgisidir. O, bunlardan başka kırsal ve kentsel toprakların kullanılmasını araştırır, planlar ve yönetir. Haritacı sözü edilen konuları ilgilendiren teknik, tüzel, ekonomik, tarımsal ve sosyal bilgileri edinir" diye tanımlanmıştır (*Aran, Gürkan 1983,1987, Moritz 1994*).

IAG (International Association of Geodesy=Uluslararası Jeodezi Birliği) nin 1975 Grenoble ve 1979 Canberra toplantısında jeodezi için "Jeodezi üç boyutlu ve zaman değişkenli uzayda, çekim alanı da kapsamda olmak koşulu ile, yerin ve diğer gök cisimlerinin temsil edilmesi ve ölçülmesi ile ilgilenen bir bilimdir" denilmiştir (*Ayhan*).

Bu kavramların diğer ülkelerde de kesin sınırları çizilmemiştir. İngilizcede Geodesy (jeodezi ) ve surveying (ölçme-haritacılık) kavramları gibi Almancada Geodäsie (jeodezi) ve Vermessung (ölçme) kavramları kullanılmakta olup bazende "Höhre Geodäsie" (yüksek jeodezi) ve "Niedere Geodäsie" (basit jeodezi=ölçme) kavramları kullanılmaktadır. Günümüzde jeodezi mesleğinde de alt bölünmeler oluşmakta ve fotogrametrisi veya kartograf vb gibi meslekler ortaya çıkmakta ve bu branşlara ait okullar açılmaktadır.

Haritacılık, devlet ve halkın kültürel ve ekonomik hayatı ile çok yakından ilgilidir. Ülke savunması, ülke planlanması, toprak işleri ve ormancılık, tarım, yol, sulama, kurutma, şehircilik, maden işleri, elektrik etüd işleri, coğrafya çalışmaları, jeolojik ve arkeolojik araştırmalar vd. harita olmadan yapılamıyacağı gibi haritanın okulla, kara, deniz

<sup>1)</sup>Osmanlıcada da bu anlamlara paralel olarak jeodezi için Taksim-i arazi ve yer ölçmeleri anlamındaki geometri için Tahdit-i arazi veya usul-ü mesaha denmiş, geometrinin günümüzdeki anlamı için hendese deyimleri kullanılmıştır. Bilindiği gibi mühendis kelimesi de hendeseci anlamındadır. Hendese ise Hind sanatı (bilimi) olarak ortaya çıkmıştır.

ve hava trafiği ile, sporla gençliğin yetiştirilmesi ile sıkı ilişkileri yadsınmayan bir gerçektir (*Aran*).

Haritacının önemini Fransız matematikçisi ve jeodezicisi H. POINCARÉ (1854-1912) kısaca " Jeodezisi iyi bir harita olmaz. İyi bir harita olmadan da kamu hizmeti olmaz" şeklinde özetlemiştir.

Haritacılık çalışmaları hep haritacılar tarafından yapılmamış, bazen astronom, coğrafyacı, denizci, mimar vb gibi başka meslekten kişiler de haritacılık problemlerinin çözümüne yardımcı olmuşlardır. Bazen de haritacılık hekim, din adamı gibi kişilerin değerli sonuçlar elde ettiği hobileri veya boş zamanlarındaki uğraşı alanları olmuştur.

Halk arasında haritacı veya ölçme mühendisi olarak da bilinen jeodezici bu görevini yaparken çeşitli bilim dalları ile karşılıklı ilişki içindedir. İlişkili olduğu bu bilim dallarına kısaca göz atacak olursak:

Haritacı, matematik bilgilerini fazla kullanır demek yeterli olmamakta, bilim dalı olarak zaten uygulamalı matematik alanına girmektedir. Çeşitli hesaplama teknikleri için zaman içerisinde gelişen hesaplama araçlarından logaritma cetvelleri, sürgülü hesap cetvelleri, hesap makinaları ve bilgisayarlar haritacının sürekli olarak kullandığı aletlerdir. Bunun dışında yine matematiğin birer alt dalı olan geometri ve trigonometri haritacının en çok çalıştığı alanlar olup bazı ülkelerde haritacı için "Ingenieur Geometer" (Geometri Mühendisi) veya "Trigonometer" (Trigonometri) kavramlarının kullanılışı bu konulara ne kadar yakın olduğumuzun bir kanıtıdır. Ayrıca olasılık hesabı ve En Küçük Kareler Yöntemi matematikçilerden çok haritacının geliştirdiği konular olup bunlar yoğun biçimde jeodezi öğretiminde yer almaktadır.

Astronomi konusunda haritacı, haritasını yaparken kurduğu iskeletin (ülke nirengi ağının) bazı noktalarının enlem, boylam, azimut gibi büyüklüklerini ölçmek ve bunları büyük ağ dengelemesinde dikkate almak, bu değerlerden çekül sapması miktarını hesaplayarak bunu çok hassas olması gereken elipsoid üzerindeki hesaplamalarda kullanmak zorundadır. Daha önceleri yapılan tüm yerel ağlarda Kutup yıldızı gözlemlerinden yararlanarak nirengi ağının bir kenarının coğrafik kuzeyden olan ve azimut diye adlandırılan açısını ölçmek ve hesaplama sonunda bulunduğu değerle haritasını yönlendirebilmesi gerekir. Bunun için gerek Kutup yıldızı ve gerekse diğer gök cisimlerinin koordinatlarının verildiği yıldız kataloglarına gereksinim vardır. Diğer taraftan yer elipsoidinin büyüklüğünü saptamak amacı ile jeodezik çalışmalara ek olarak astronomik çalışmaların da yapılması gerekir. Bir meridyen uzunluğu nirengi ile ölçülürken bu uzunlukların uçlarında enlem ölçerek ve bu işlemi en az iki yerde yaparak elipsoid boyutları saptanmıştır. Halen kullandığımız Uluslararası Hayford elipsoidinde jeodezik ölçülere ek olarak 381 enlem, 131 boylam ve 253 ü azimut olan toplam 765 astronomik gözlem dikkate alınmış ve 32 Laplace noktası başlangıç azimutunun düzeltilmesinde kullanılmıştır. Son zamanlarda yapılan ölçülerde Doppler ölçüleri ve bu amaç için atılan uydulardan yararlanarak GPS (Global Positioning System) ile konum saptanmaktadır.

Fizik alanı da haritacılığın çok gereksinim duyduğu bir alandır. Ölçülerimiz fiziki ortamda yapılmakta hava sıcaklığı ve atmosfer koşulları etkisi dikkate alınmak zorundadır. Ölçü şeridinin sıcaklıktan etkilenmesinin dikkate alınmadığı durumlarda hatalar belirleşmiş sınırları geçebilmektedir. Ölçü şeridindeki bu uzamaya karşın icat edilen invar (değişmez kelimesi karşılığı olan invariant'ın kısaltılmışı) tellerle baz uzunluğunun hassas bir şekilde ölçülebilmesi fizikçilere borçlu olan bir olaydır. Bunun gibi hava basıncından yararlanarak yükseklik saptanmasında barometre ve aneroid birer

fizik aletidir. Haritacının kullandığı nivo, takeometre veya teodolit gibi optik aletlerin dürbünleri ve içlerindeki mercek, prizma vb parçalar tamamen fiziğin optik alanına girmektedir. Son yıllarda elektro optik ve elektro manyetik dalgalarla yapılan uzaklık ölçerler tamamen fizik alanının icatlarıdır. Benzer şekilde seston yararlanarak yapılan uzaklık veya deniz derinlikleri ölçülmesi, kesitlerin çıkarılması da fizik konularıdır. Işık yolunun sapıncı (refraksiyon) da bir fiziksel olaydır. Ayrıca sarkaçlarla yapılan gravimetrik ölçüler de fizik alanının vazgeçilmez konularıdır. Bunun gibi daha bir çok fizik alanını ilgilendiren ve jeodezide kullanılan konular sıralanabilir

Geometrik ölçülerin yanında yerin fiziksel alanının da saptanması amacı ile jeofizik dalında gravimetre ile yapılan yerçekimi ivmesi jeodezide vazgeçilemeyen bir olaydır. Haritalarda üçüncü boyut olarak yüksekliklerin de bilinmesi gerekir. Bu amaç için seçilen sıfır yüzeyi karaların altından geçmektedir. Karaların altındaki kitle dağılımı ise yükseklik kavramını etkilemektedir. Bundan başka bazı noktalarda hesaplanan çekül sapması için belli uzaklıklardaki kitle etkisini hesaplamak amacı ile çeşitli noktalarının üç boyutlu koordinatlarının yanı sıra gravite değerlerinin de bilinmesi gerekir. Ekvatordan kutuplara doğru enleme bağlı olarak değişen normal yerçekimi ile ölçülen yerçekiminin karşılaştırılması sonucunda elde edilen anomaliler, yer altı kitle dağılımı ve yoğunluğunu belirleyici ve çekül sapmasının elde edildiği büyüklüklerdir.

Haritacı çok kullandığı tüm bu bilim dallarından başka az da olsa diğer bazı bilim dallarına da gereksinim duyar. Büyük ölçekli haritalarda mülkiyet kavramı sınırlarla oluşur. Buralarda ortaya çıkan problemler için sağlam bir hukuk bilgisi gerekir. Bunlardan başka söz gelimi fotogrametri yöntemi ile yapılan haritalarda uçuş bilgileri ve navigasyon veya haritanın çiziminde kullanılan kartoğrafik bilgiler ve çizim tekniği, haritaların çoğaltılmasında reproduksiyon ve baskı teknikleri, harita çiziminde gerekli olan arazi oluşumu bilgisi (jeomorfoloji) gibi konular diğer mesleklerde de olduğu gibi haritacılıkla az veya çok ortak kesitleri olan bilim alanlarıdır.

## 2.ESKİ UYGARLIKLARDA BİLİM VE HARİTACILIK (MÖ 3500-MS 1500)

### 2.1 MEZOPOTAMYA

Fırat ve Dicle nehirleri arasına Mezopotamya denilmektedir ve burada birçok uygarlıklar gelişmiştir. Bu uygarlıkların en önemlileri Sümerler, Akadlar, Babilliler ve Asurlardır. Basra körfezi civarında yaşayan ve MÖ 3400 yıllarında çivi yazısını bulan Sumerler, ilk kez hukuk devleti düzenini kavrayıp sistematize etmişler, MÖ 2600 de de sağlam bir rakam sistemi getirmişlerdir. Babil'in yaklaşık 300 km kuzeyinde, bugünkü Basra'nın Güney-doğusunda bulunan GA-Sur bölgesinde Harvard Üniversitesi tarafından yapılan kazılar sonunda 200 den fazla kil tablet bulunmuştur. Üzerinde Sumer ve Akad dillerinde çivi yazısı ile açıklama ve hesapların bulunduğu bu kil tabletlerin ömrü fırında veya kızgın güneş altında pişirilerek uzatılıyordu. MÖ 2300- MS 600 zamanını kapsayan bu kil tabletlerde sayı sistemleri ve hesaplama yöntemleri çözülmüş, uygarlık seviyeleri oldukça doğru saptanmıştır (*Meek*).

#### 2.1.1. Babillilerde Sayı Sistemi ve Matematik

Babil sayı sistemi iki özgün karakteri ile eski çağ sistemlerinden ayrılır. Bu sayı sistemi 6 lıktır ve konuma bağlıdır. Yani bir sayı işaretinin değeri, yazılı sayının içerisindeki göreceli konumuna göre değişir. Böylece temel işlemler kolaylıkla yapılabilirdi ve istenildiği kadar küçük veya büyük sayı kolaylıkla ifade edilebiliyordu. Sumerliler 6 lık sistemi bularak ve bunu 10 luk sistemle birleştirerek kullandılar <sup>1)</sup>.

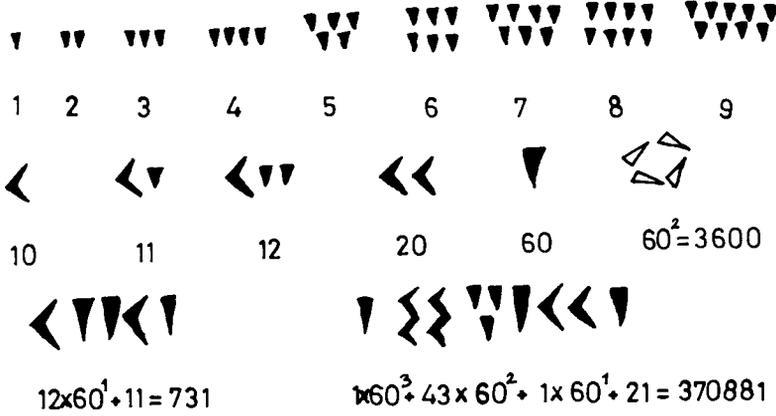
Babillilerde  $\nabla$  şekli ile 1 ve  $\triangleleft$  şekli ile de 10 rakamı gösteriliyordu ve 1 den 59 a kadar rakamlar bu sembollerle ifade ediliyordu. 60 için yine  $\nabla$  işareti kullanılıyordu (*Cantor, 1965/II, Smith II, Hofmann, Minow 1970*). Bu şekilde pozisyon anlamlı 60 lık bir sistem kullanılıyordu. Kesirler için paydası 60 veya  $60 \times 60 = 3600$  olan 60 lı sistem (seksagesimal) kullanılıyordu. 60 lık sistemde  $1 \text{ } 59 = 1 \times 60 + 59 = 119$  ve  $1 \text{ } 49 \text{ } 12 \text{ } 15 = 1 + 49/60 + 12/3600 + 15/216000$  dir. Günümüzde kullanılan zaman ve açılardaki 60 lık sistemin kaynağı Babillilere dayanmaktadır.

Babilliler kare, küp, karekök ve küpkök gibi bazı işlemler için cetveller hazırlamışlardır. MÖ 1900 yıllarına ilişkin bir kil tabletten anlaşıldığına göre Pisagor kuralını ve kenarları 3-4-5 gibi tam sayılar olan dik üçgenleri (Pisagor üçgenleri) biliyorlardı. Bazı cebir problemlerinin deneysel yoldan çözümü MÖ 2250 yıllarına kadar gitmektedir.

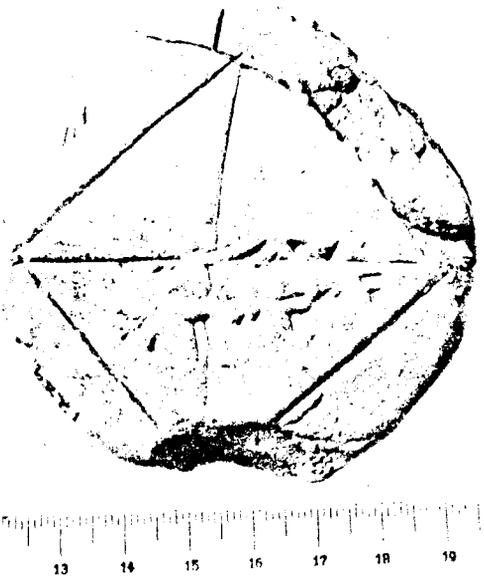
Kare, dikdörtgen, diküçgen, ikizkenar üçgen, yamuk ve dörtgen alanları hesaplanabiliyorlardı. Mezopotamya matematiğine örnek olarak bulunan bir kil tablette (şekil-2.2) bir kare ve çizilmiş köşegeni görülmektedir (*Sayıtlı, Ay. 1966*). Bazı basit şekillerin hacimlerinden başka silindir ve kesik koni hacimleri de hesaplanabiliyorlardı.

<sup>1)</sup> 10 luk sayı sisteminin el parmaklarının sayısından doğduğu tahmin edilmektedir.

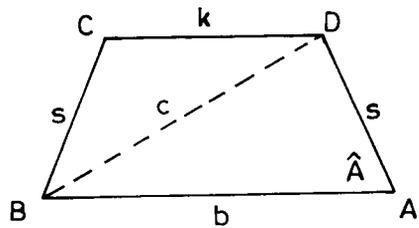
Açı kavramı henüz yoktu ama yatay ve düşey kavramları tanımlanıp çiziliyorlardı. Şekillerin büyültülüp küçültmelerini yapabiliyorlardı. Ölçek kavramı oluşmuştu. Baraj setlerinin kesitlerinde karşılaştıkları ikizkenar yamukta köşegen için (şekil-2.3)  $c^2=s^2+b.k$  formülünü kullanıyorlardı (*Kracke*). Bu formül bilindiği gibi düzlem trigonometride açı kullanmaksızın kosinüs teoreminin uygulanmasından başka bir şey değildir. Çünkü ABD üçgeninde kosinüs teoremi yazılacak olursa  $c^2=s^2+b^2-2bs\cos A$  ve  $\cos A=(b-k)/2s$  yerine konulursa  $c^2=s^2+b.k$  elde edilir.



Şekil-2.1: Babil sayı sistemi



Şekil-2.2: Kare ile köşegeni



Şekil-2.3: İkizkenar yamuk

Daire alanlarında  $\pi$  için çoğu kez 3, bazen  $3\frac{1}{8}=3.125$  kullanılıyordu. MÖ 2000 yıllarına ilişkin tabletlerde 2. derece denklem çözümleri görülmüş, daha sonraları da 2. dereceden birden fazla bilinmeyenli denklemlere rastlanmıştır.

### 2.1.2. Babillilerde Astronomi

Matematik ve geometri konularında ileri bir bilgi seviyesine ulaşan Babilliler, astronomi konusunda da ileri gitmişlerdir. MÖ 3000 yıllarında başlayan Babil astronomisi MÖ 600-500 yıllarında en yüksek noktaya gelmiştir. İki aynı Ay fazı arasındaki ortalama zaman (sinodik ay=kavuşum ay) için MÖ 380 de 29.530594 gün bulmuşlardır. Bu günkü ölçülerle bu rakam 29.530589 gündür (*Hermann*). Güneş ve Ay tutulmaları konusunda da oldukça ileri giderek MÖ 300 yıllarında Güneş tutulmalarında 223 kavuşum ay = 18 yıl 11,3 günlük Saros periyodunu keşfetmişlerdir (*Miller*). Bu nedenle tutulmaları önceden haber verebiliyorlardı. Takvim için Ay hareketlerinden yararlanmışlardır. Yıl uzunluğu 365.25 gün olarak bilinmektedir. 30 günlük 12 ay bir yıl yapmaktadır. Geriye kalan küsurlar gereğinde bir 13. ay ile dengelenmektedir. Sabit bir artık süre kuralı MÖ 6. yüzyılda konmuştur. MÖ 383 den itibaren 19 ay yılı için yedi artık ay öngörülmüştür. Gün bölünmesi Güneş batışı ile başlamaktadır <sup>1)</sup>. MÖ 1700 yıllarında günü 24 saate bölmeye başlamışlardır. Kutsal kitaplarda Tanrının alemi günde yaratıp 7. günde dinlenmesi ve bu zamanda bilinen yedi hareketli gök cisminin olması gibi olaylarda yedinin mistik ve gizemli bir rakam olması dolayısı ile haftanın yedi günlük bir zaman birimi olması da Babillilerden kaynaklanmaktadır. Dairenin 360 a bölünmesi de Babillilere dayanmaktadır. MÖ 300 yıllarında Babil astronomları, derece, dakika ve saniyeyi bugünkü sistemde kullanmağa başlamışlardır. Babilliler bu yüksek kültürü komşu ülkeler olan Mısır, Yunan, Fenike, İran ve Hintlilerden etkileşim sonucu edindikleri tahmin edilmektedir. Özellikle MÖ 3500 yıllarında aynı yerde yaşayan Sumerlerden de büyük çapta etkilenmişlerdir. Babilliler yıl boyunca Güneşle birlikte doğup batan burçların listesini çıkardılar ama burçları gösteren haritanın eşit aralıklarla 12 ye bölünmüş 360 derecelik bir şerit üzerinde gösterilmesi ancak Asurların başkenti olan Ninova'nın yıkılmasından sonra MÖ 612 de ortaya çıkmıştır(*Weidner, Şerbetçi 1989/a*).

### 2.1.3. Babillilerde Haritacılık

Haritacılık tarihte yazı yazma sanatından önce gelişmiştir. İlkel insanlar gittikleri veya, gidecekleri yeri herhangi bir şekilde kaydetmek, çizmek gereksinimi duymuşlardır. MÖ 2000 yıllarında Babillilerde yerleşmiş bir ölçü düzeni ve ölçü birimi mevcuttur. Buna göre:

1 Gar (Çift kamış) = 12 Kus (Elle) = 594 cm

1 Elle = 49.5 cm

1 Kanu (kamış) = 6 Elle

1 Ku (ip) = 120 Elle = 59.4 m

1 Danna (mil) = 1800 Gar = 1609.2 m

Bu uzunluk ölçülerinden de alan ölçüleri üretilmiştir.

1 Sar = 1 Gar<sup>2</sup> = 35 m<sup>2</sup>

1) Ülkemizde de 1925 yılından önce alaturka denilen zaman bölünmesinde aynen Babillilerde olduğu gibi yeni gün, Güneş batışı ile başlamaktadır. Bu yüzden Perşembe akşamı Güneş batışı ile Cuma günü başladığından Perşembe akşamına kutsal Cuma gecesi denme alışkanlığı çok eskilere dayanmaktadır.

$$1 \text{ Bur} = 1800 \text{ Gar}^2 = 63510 \text{ m}^2$$

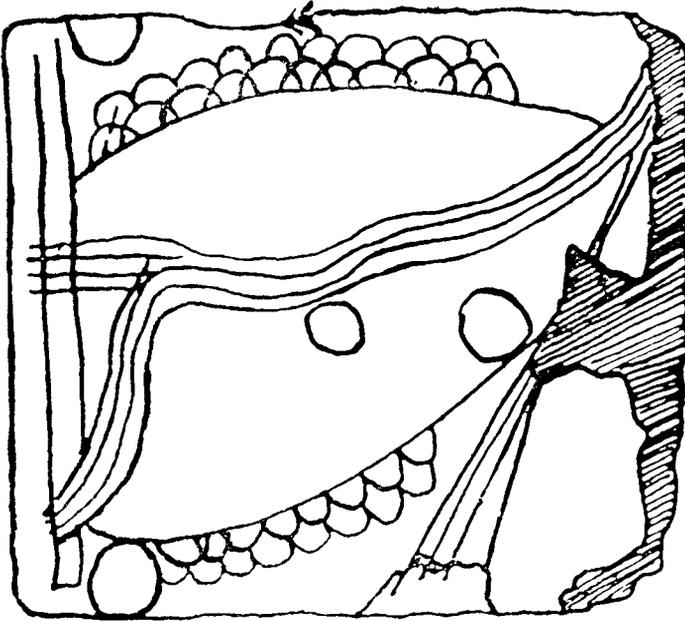
Arkeolojik kazılar sonunda bulunan haritacılık ile ilgili bulgular tarih sırasına göre aşağıda verilmiştir (Schwarz 1976, Bauer, Öksüz 1986).

a) MÖ 3800 yıllarına ilişkin Nuzi haritası<sup>1)</sup>

Harran (Urfa) civarında Nuzi'de (Kerkük-Yorgantepe) bir kil tablet üzerine çizili dünyanın en eski haritası bulunmuştur. Bu haritada Kuzey Mezopotamya, Fırat ırmağı ve kolları, Harran vadisi, doğusunda Zagros dağlarının perspektif görünümü ile Lübnandan İrana kadar olan alan gösterilmektedir (şekil-2.4). Haritanın kuzeyi sağa doğrudur (Sayılı, Ay.1966, Afetinan 1987, Bagrow-Skelton, Mersinoğlu, Bilgin vd.).

b) MÖ 2050 yıllarına ilişkin Babil şehircilik haritası<sup>2)</sup>

Lagaş'ın mühendis kralı Gudeas'ın dizleri üzerinde taşıdığı bu tablet üzerinde Babil kentine ilişkin bir plan vardır. Bu planda ayrıca 26.45 cm lik ve 16 ya bölünmüş bir ölçü birimi de işlenmiştir (Wiesner).



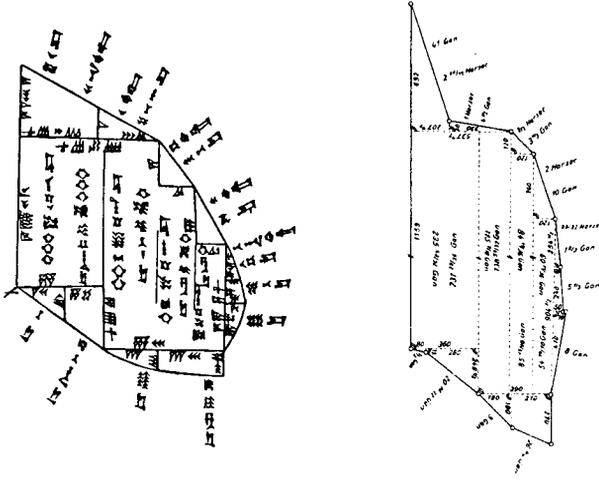
Şekil-2.4: Nuzi haritası (MÖ 3800) (A.İnan)

c) MÖ 1700 yıllarına ilişkin bir kadastro parseli alanı

Hamurabi zamanından kalma bu kil tablet de Tellah'da bulunmuştur. Dughri kentinde 10 882 hektarlık bir alanın ölçü krokisi (şekil-2.5) de görülmektedir. Muntazam olmayan bir alanın düzgün şekillere bölünerek hesaplanması bu günkü yönetime çok benzemektedir. Ayrıca alanların ikişer kere hesaplanarak yazılması da denetim işlemine verilen önemi göstermektedir (Sayılı, Ay.1966, Weissgerber).

<sup>1)</sup>Cambridge/Mass. (ABD). Harvard Semitic Museum SMN 4172 B-S V

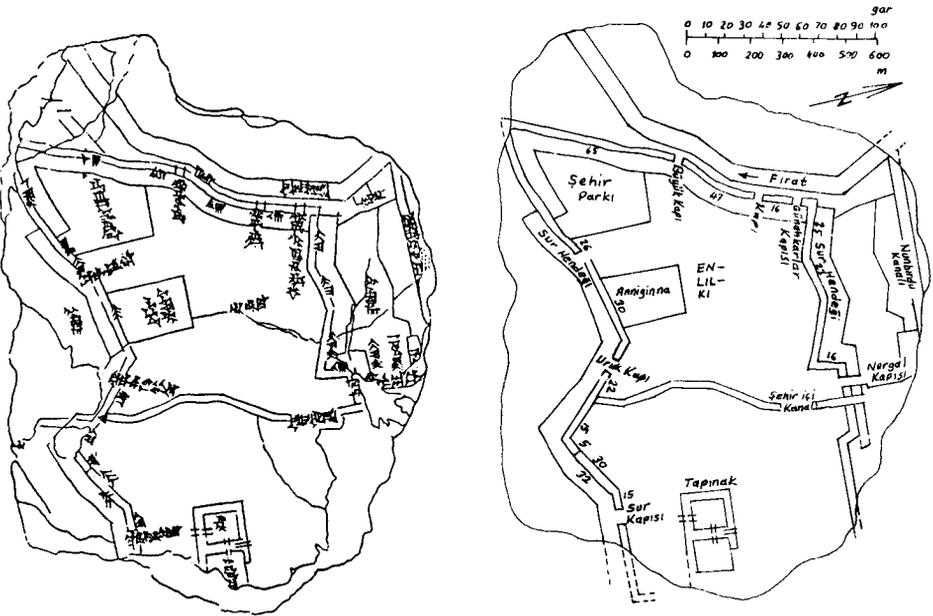
<sup>2)</sup> Paris Louvre müzesinde P.G. 11.2



Şekil-2.5: Düzgün olmayan bir parselin ölçülmesi (MÖ 1700)

d) MÖ 1500 yıllarında yapılmış Nippur kenti haritası

1889 da bu günkü Bağdat'ın güney doğusunda yapılan kazılarda ortaya çıkmıştır. (Şekil-2.6 ve 2.7). 21x18 cm büyüklüğündeki bu tablette Fırat'ın eski yatağı üzerinde bulunan kentin bir planı bulunmaktadır ve nehir, kanal, hendek, sur duvarları, sur kapıları, park ve tapınak gibi detaylar içermektedir (Jena/Almanya Üniversitesindedir) (Sayılı, Ay.1966, Öksüz 1986, Minow 1970, 1973).



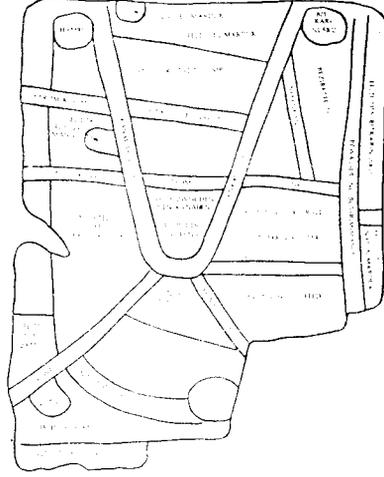
Şekil-2.6 :Nippur kenti planı (çivi yazısı ile) Şekil-2.7: Nippur kenti planı (çözümü)

e) MÖ 1300 yıllarında sulama kanalları

Nippur civarında Hamri ve Kar-Nusku kentlerinin sulama kanallarını gösteren bu kil tablet Pennsylvania (USA) müzesindedir (şekil-2.8 ve 2.9)(Betz).



Şekil-2.8:Hamri ve Kar-Nusku kentleri sulama planı (MÖ 1300) (çivi yazısı)



Şekil-2.9: Hamri ve Kar-Nusku Sulama planı (çözümü)



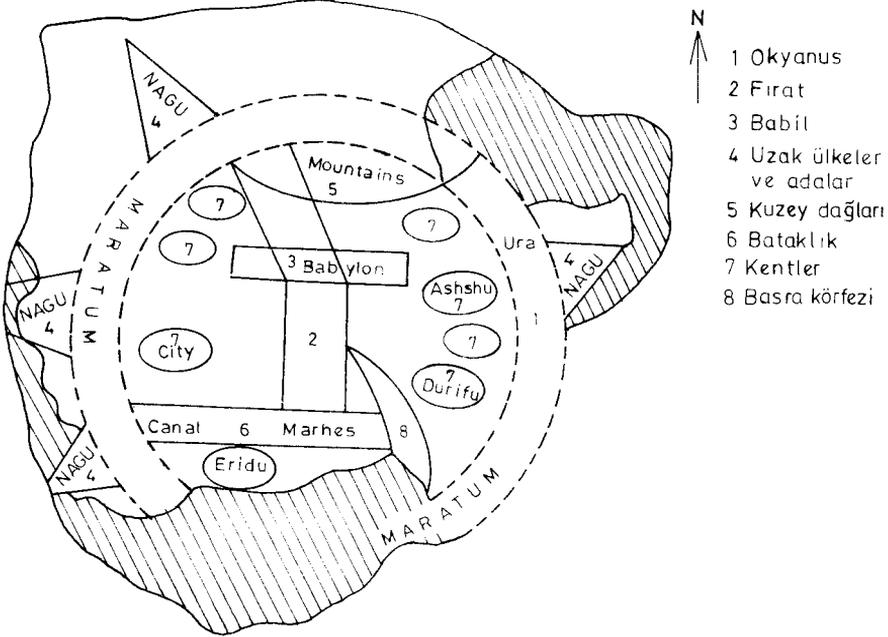
Şekil-2.10: Babil sınır taşı  
MÖ 14. yüzyıl



Şekil-2.11: Asur sınır taşı  
MÖ 810-783 (K.Maraş müzesi)



Şekil-2.12: Kral Melişipak'ın resminin olduğu bir sınır taşı  
MÖ 1183-1169 (Louvre müzesi) (Wiesner)



Şekil-2.13: Babil dünya haritası (MÖ 7.yüzyıl)

f) Sınır taşları

Bu taşlar gök cisimleri ile süslenmiş olup haritacılık ve astronominin birbirlerini tamamladıklarının güzel bir kanıtıdır (şekil-2.10, 2.11 ve 2.12).

g) Babil Dünya haritası

MÖ 7.yüzyıla ait olduğu sanılan bu kil tablet 8x12 cm büyüklüğündedir ve Sippar (Abu Habbab/Orta Irak) ta bulunmuştur. Bu tablet de Dünya sini gibi düz ve yuvarlak olarak düşünülmüş, Dünyanın merkezi Babil kenti ve Dünyanın etrafı acı su dedikleri okyanusla çevrilmiştir <sup>1)</sup> (şekil-2.13)(Afetinan 1987, Şerbetçi 1974, Aygün 1980, Sayılı, Ay. 1966 vd.).

h) Saray planı (MÖ 7.yüzyıl)

Bir sarayın ölçüleri ile verilmiş planıdır <sup>2)</sup>

i) Kadastro parseli MÖ 6.yüzyıl <sup>3)</sup>

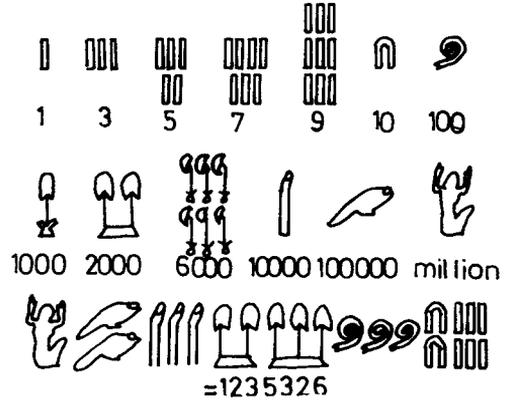
7x10 cm büyüklüğündeki bu kil tablette bir parselin sınırları gösterilmiş olup ölçüleri yazılmıştır. Günümüzdeki kadastroya uygun olarak taşınmaz sahiplerinin isimleri de yazılmış olan bu tablet de alan hesaplama ve fiyat tahmini için yer ayrılmıştır.

j) Tuba kenti (MÖ 4. yüzyıl)

Fırat kıyısındaki Tuba kentinin sur duvarları ve etrafındaki su dolu hendekleri ile kale kapısı gösterilmiştir <sup>4)</sup> (şekil-2.14). Tabletın arkasında ise kale kapısının kapanması ve kentin savunmasına ilişkin önlemler yazılı olarak verilmiştir(Aygün 1980, Minow 1973).



Şekil-2.14: Tuba kenti kapısı (MÖ 4. yüzyıl)



Şekil-2.15: Mısır sayıları

1) British Museum WAA 92687

2) British Museum WAA 68840 B-S IV

3) British Museum WAA 31483

4) British Museum WAA 35385

## 2.2. MISIR

Mısır'da hiyeroglif yazı MÖ 3200 yıllarında icat edilmiştir. 1877 de Alman arkeologu EISENLOHR tarafından bulunarak çözülen papirus Rhind, MÖ 1600 yıllarında Ahmes tarafından yazılmış bir hesap kitabıdır. "Bütün gizliliğin bilgilerine yol gösterme" isminde olan bu kitap aslında 33 cm eninde ve 5.34 m uzunluğunda rulo şeklinde papirustan yapılmış, dönemin bilgi seviyesini gösteren bir dökümandır. Üzerinde alan, hacim ve kesir hesaplarına ait 84 problem gösterilmiştir<sup>1)</sup>. Bu papirustan başka Moskova ve Turin müzelerinde bulunan papirüslerde de oldukça geniş bilgiler bulunmaktadır. Papirüsler sağdan sola doğru okunmaktadır (*Afetinan, Sarac*).

### 2.2.1. Mısırlılarda Matematik

Mısırlılar hesaplamalarında şekil-2.15 de görülen sembollerini kullanmışlardır. Buna göre düşey olarak çizilen çizgilerle 1 den 9 a kadar olan sayılar gösterilir. Böylelikle

10 çizgi	= 1 at nalı (10)
10 at nalı	= 1 ölçü yumağı (100)
10 ip yumağı	= 1 lotos çiçeği (1000)
10 lotos çiçeği	= 1 parmak (10000)

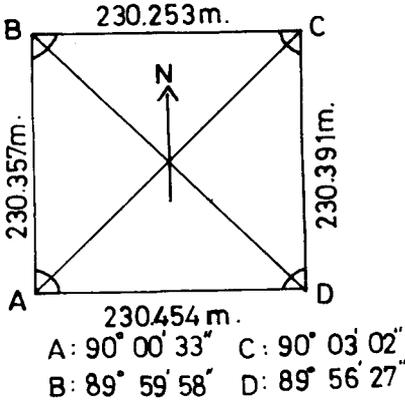
vb.dir. 10 luk (desimal) sistem gibi görünen bu yazılış biçiminde şekillerin yerleri (pozisyon) önemli olmayıp yukardaki 1 235 326 örneğinde şekillerin yerleri değişse de semboller yine aynı değeri anlatacaktır.

Mısırlılar MÖ 1850 yıllarında papirus Rhind'den anlaşıldığı üzere kesirli sayılarla da hesap yapmayı biliyorlardı. Bunun için payı 1 olan kesirler kullanıyorlar, payı 1 olmayan kesirleri de parçalayarak payı 1 yapmağa çalışıyorlardı. Bunun için cetveller hazırlamışlardı.

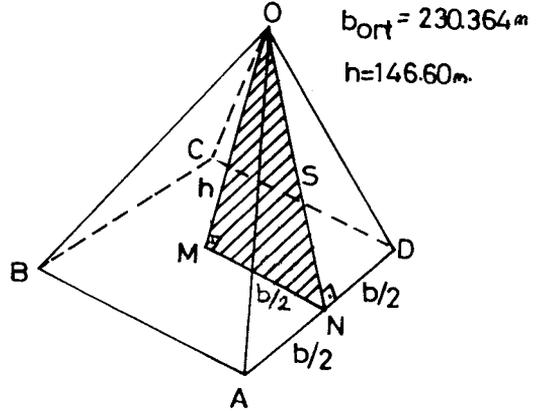
$$2/5=1/3 + 1/15$$

$$2/9=1/6 + 1/18$$

$$2/29=1/24 + 1/58 + 1/174 + 1/232 \text{ gibi elde ediliyordu (Cantor 1965 II, Sayılı Ay. 1966).}$$



Şekil-2.16: Cheops piramidi



Şekil-2.17: Cheops piramidi

<sup>1)</sup> Bu papirus iskoç antikacı A.H.Rhind tarafından Mısır'dan kaçırıldığından papirus Rhind denilmektedir. Halen British Museumdadır.

Mısırlılar geometri konusunda da oldukça ileriydiler. Nil nehrinin Mısırlıların yaşamında oldukça önemli bir yeri vardır. Her yıl taşan nehir bazı arazilerin tamamını bazılarının da bir kısmını kaplamakta, sularla kaplanan arazi için ne kadar vergi verileceği veya sular çekildikten sonra eski sınırların uygulaması amacıyla geometri (haritacılık) bilimi MÖ 3000 yıllarında doğmuştur.

Piramitlerin yapımında da mühendislik işlerinin yanında iyi bir geometri bilgisi gerekmektedir. MÖ 2551-2528 yıllarında yapıldığı bilinen büyük piramitlerden kral Cheops'un mezarı olan Cheops piramidine ait 1921 de Mısır ölçme dairesinin yaptığı ölçüler sonucunda elde edilen değerler Şekil-2.16 da gösterilmektedir (*Messenger 1960, Peters 1962/b, Kobold*).

Yapılan ölçülerden tabanı 230 m (440 arşın) kare şeklinde ve 53 000 m<sup>2</sup> (9 futbol sahası) ve yüksekliği 146 m (50 kat yükseklikli gökdelen) olan bu piramidin köşe noktalarının birbirine göre yükseklik farkları da birkaç cm yi geçmemektedir (60.422 m, 60.419 m, 60.421 m). Ayrıca kenarları tam kuzey-güney ve doğu-batı yönünde olup batı kenarının yapılan ölçüler sonucunda astronomik kuzeyden sadece 2.3' farklı olduğu bulunmuştur. Bu değerlerin, zamanında doğru dürüst bir ölçü aletlerinin olmadığı bir ortamda elde edildiğine işaret etmek gerekir. Mısırlılar dik çıkmak için 3-4-5 üçgenini ve uzunluk ölçmek için de ölçü organını kullanıyorlardı. Mısır piramitlerin yapılışında bazı gizemlere sahip olduğu söylenmektedir. Örneğin Cheops piramidi eksenini o zamanki Kutupyıldızı görevini yapan Draconis'e yönelmekte olup bu eksen başlangıç meridyeni anlamındaydı. Ayrıca bu eksenin Nil deltasını tam ikiye böldüğü iddia edilmektedir. Piramidin içinden dışarıya doğru çıkan yolun yönü de Kutupyıldızına doğrudur. Yunan tarihçisi Herodot'un (MÖ 484-425) verdiği bilgilerden Cheops piramidinin her bir yan yüzünün alanı piramit yüksekliğinin karesine eşittir. Aynı zamanda bu piramidin taban yarı çevresinin piramit yüksekliğine bölümü  $\pi$  sayısını vermektedir (şekil 2.17) (*Aygün 1933,1936/b,1980, Saraç, Taille*). Verilen ölçülerden  $2b/h=3.1427$  bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalardan bu değer  $b.s/2 = h^2$  olması sonucundan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (*Kracke*). Şekilde OMN üçgeninde

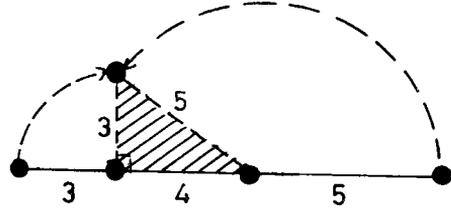
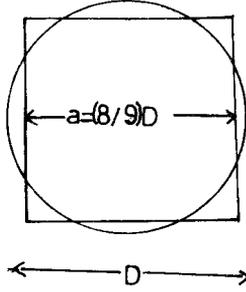
$$s = \sqrt{h^2 + \frac{b^2}{4}} \text{ yazılarak } F = b.s/2 = \frac{b}{2} \sqrt{h^2 + \frac{b^2}{4}} = h^2 \text{ (Herodot'a göre)}$$

Buradan  $\frac{b^2}{4} (h^2 + \frac{b^2}{4}) = h^4$  veya  $h^4 - \frac{b^2 h^2}{4} - \frac{b^4}{16} = 0$  buradan  $h^2 = \frac{b^2}{8} (\sqrt{5}+1)$  bulunur.

Düzenlenerek  $\frac{4b^2}{h^2} = \frac{32}{\sqrt{5}+1}$  ve  $\frac{2b}{h} = \sqrt{\frac{32}{\sqrt{5}+1}} = 3.1446... \text{ bulunur.}$

Mısırlıların  $\pi$  sayısının yaklaşık bir değerini  $F=h^2$  bağıntısı ile bu piramit çalışmalarında anıtlılaşmak istediği akla uygun gelmemektedir. Çünkü eldeki papirüslerden  $\pi$  hakkında sağlam bir bilgi edinilememiştir. Daire alanı hesaplamalarında bu dairenin alanı yerine bir kenarı çapın  $8/9$  u olan ( $a=8D/9$ ) olan bir karenin alanını hesaplamışlardır (şekil-2.18). Böylelikle  $\pi.D^2/4=(8D/9)^2$  eşitliği yazılarak buradan  $\pi$  için  $\pi = (16/9)^2 = 3.16049... \text{ değerini kullandıkları anlaşılıyor.}$

Mısırlılar, dikdörtgen, üçgen ve yamuk alanını da hesaplıyorlardı. Pisagor ve Tales kurallarını biliyorlardı. Ölçü organlarının üzerine 3-4-5 birim aralıklarla düğümler atarak bu düğümlerle oluşturulan dik üçgenlerdeki dik açığı, ölçme ve mühendislik işlerinde kullanıyorlardı (şekil-2.19). Üçgen hesabına ilişkin bir örnek şekil-2.20 de görülmektedir.



Şekil-2.18: Mısırlılarda daire alanı hesabı Şekil-2.19 : 3-4-5 birimleri ile dik üçgen



Şekil-2.20: Üçgen hesabı (papiüs Rhind)

## 2.2.2. Mısırlılarda Astronomi

Mısırlılar astronomide de Babilliler ve Fenikeliler kadar olmasa bile oldukça ileriydiler. Mısırlıların MÖ 4000 yıllarında her biri 30 günlük 12 aydan oluşan ve beş ek günlü 365 günlük Güneş yılına göre düzenlenmiş bir takvimleri vardı. Yılın başlangıcı Sirius yıldızının doğuşu ile başlardı ve görünmeyene kadar olan periyodu bir yıldı. Bu süre başlangıçta Nilin taşma periyodu ile çakışırdı. Mısırlılar daha sonraki yaptıkları gözlemlerden Sirius yıldızının dört yılda bir gün daha geç doğduğunu farkettiler. Buradan gerçek yıl uzunluğu olarak 365.25 gün saptandı. MÖ 238 de her dört yılda bir ek gün (artık yıl) kuralı kondu. Mısırlılar, yıldızların oluşturduğu çeşitli yıldız şekillerini tanıyorlardı, çeşitli tanrıların hükümlerlikleri altında 36 burç mevcuttu. Keldanilerin gezegen hareketlerinin araştırılmasında hesap yöntemini uygulamalarına karşılık Mısırlılar çizimsel yöntemi yeğlemişlerdir (Cantor/I, S.33, Sayılı Ay. 1966).

## 2.2.3. Mısırlılarda Haritacılık

MÖ 3000 yıllarında Mısırdaki arazi ölçümü için geometri kavramları gelişmeğe başlamıştır. Mısır tanrılarından Toth haritacılığın mucidi sayılmaktadır. Nil nehrinin Mısırlıların yaşamında önemli bir yeri vardı. Her yıl taşan nehir verimli arazilerdeki tüm sınırları bozmakta ve suların çekilmesinden sonra eski sınırların aplikasyonu için sağlam ve doğru bir haritacılık gerekmektedir. Her ne kadar su taşmasını ve sel olayını önceden haber verecek şekilde nehrin yukarısında Fil adasında ilk mareograf istasyonu kurmuşlarsa da bu yeterli olmuyordu. Yunan tarihçisi Herodot'un anlatımına göre II. Ramses (Sesotris) araziye halka eşit olarak dikdörtgenler biçiminde dağıtmış, Nil nehrinin

bu arazinin tamamını veya bir kısmını bastığında devlet memurları olan haritacılar<sup>1)</sup> (Harpedonapten) gelerek kalan araziye ölçüyorlar ve vergiden ne kadar muaf olacaklarını saptıyorlardı. Sular çekildikten sonra parsel sınırları arazide yeniden belirleniyordu. Geometri (haritacılık) Mısırdaki bu şekilde doğup gelişmişti (Minow 1973).

Yine Herodot'un verdiği bilgilerden MÖ 1700 de arazi sahiplerinin resmi bir listesi ve arazi büyüklükleri -şimdiki adı ile Kadastro- yapılmıştır (Oksüz 1988). Papazlar çocuklarına kutsal işlerin yanında geometri de öğretiyorlardı. Kahire'de Mısırlı bir kadastro yazıcısının 45 cm yüksekliğinde bir anıtı bulunmaktadır. Bu anıttaki memurun vergi listesi yazılan papirüs rulesi sol elinde ve kamıştan bir kalem sağ elinde bulunmaktadır.

MÖ 1475 de Theben'de Rekhmares'in mezarındaki duvar resimlerinden anlaşıldığı üzere büyük taş bloklara karelaj yaparak geometriyi kullanmışlardır. Bir çok mezar odalarındaki yazılardan anlaşıldığına göre arazi ölçme işlemine denetim ve yürütücü olarak yüksek dereceden memurlar görevlendirilirdi. Bu memurlar halkın gözünde pek saygın kişilerdi (Kaspereit, Hammer 1908/a, Scholz). Ölçü işleri için ölçü organı kullanıyorlardı (şekil-2.21).

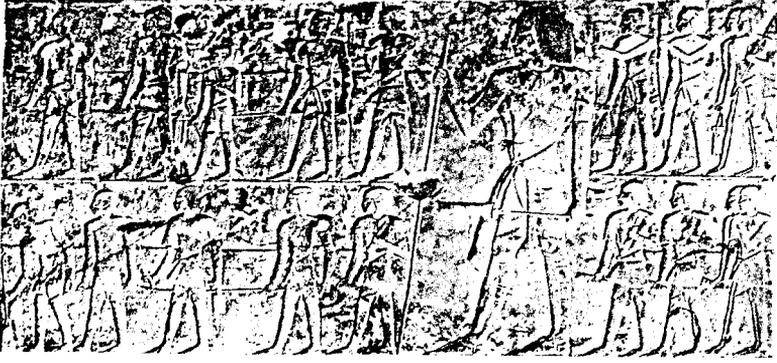


Şekil-2.21: Kucağında ölçü organı olan bir Mısırlı haritacı

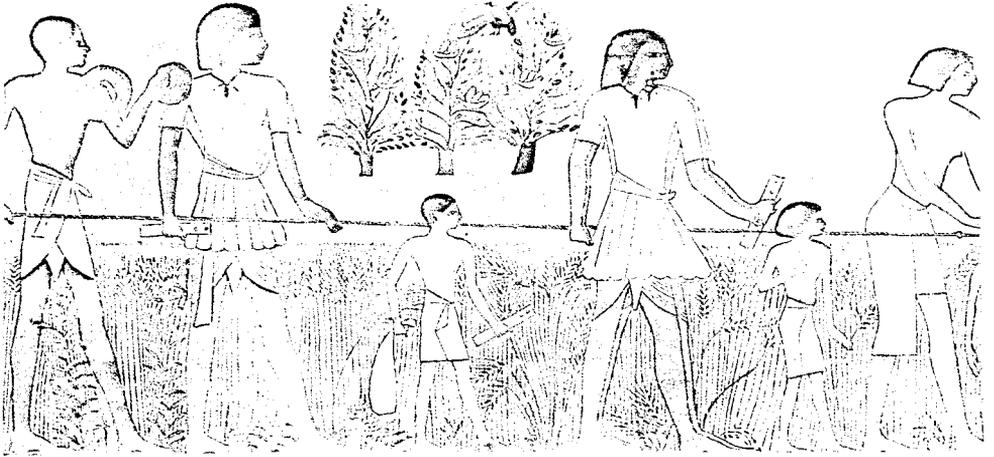
Sayı sembollerinde 100 rakamı için de ölçü yumağı sembol olarak alınmıştı. Ölçü ile ilgili resimlerden görüleceği gibi çok sayıda kişi bu iş için görevlendirilmiştir (şekil-2.22, 2.23).

1 Mısır ölçü birimi  $0.5236 \text{ m} = 6 \text{ palm} = 24 \text{ parmak}$  ve bir yumak organ yaklaşık  $52 \text{ m}$  uzunluktadır. 1 stadya  $185 \text{ m}$  olup 1 ayak (büyük)  $= 0.355 \text{ m}$  ve 1 ayak (küçük)  $= 0.30863 \text{ m}$  dir.

<sup>1)</sup> Mısırlılar bu ölçücülere Hunu diyorlardı.



Şekil-2.22: Mısırlı haritacılar ölçü sırasında

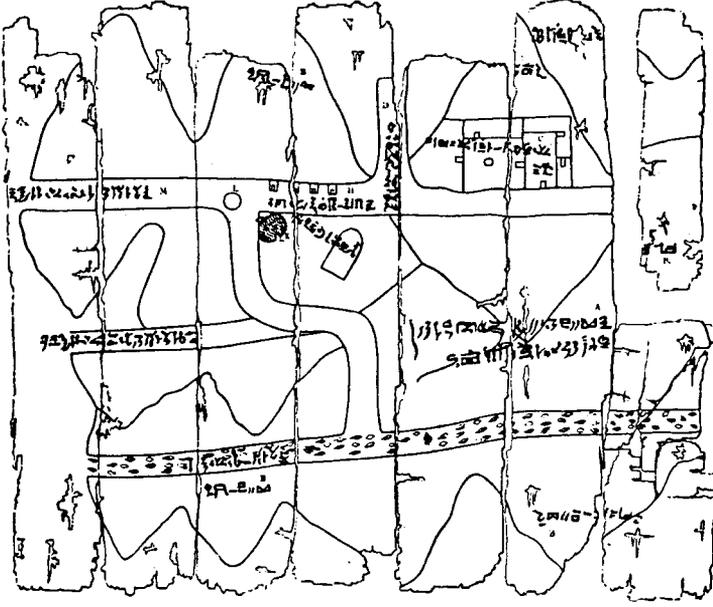


Şekil-2.23: Mısırlı ölçücüler (Harpedonapten) urganla ölçü sırasında (MÖ 1415)

12. Hanedanda Berşe'li Cehutihotep'in tahta tabutunun iç tarafındaki boyalı bir yol haritası zamanımıza kadar gelmiştir. II. Ramses (MÖ 1348-1281) zamanından kalma Turin (İtalya) eski eserler müzesinde saklanan Turin Papirüsünde Nubien'deki bir altın maden ocağı ve yollarının haritası gösterilmektedir (şekil 2.24). Bu haritada dağlar yollara göre sağa ve sola yatırılmış olarak gösterilmektedir.

Mısırlılar Yunan tarihçisi Herodot'un verdiği bilgilerden MÖ 600 yıllarında Kızıldeniz'den kalkarak Ümit burnu-Cebelitarık yolu ile tekrar Mısır'a gelmeyi başarmışlardır (*Bachmann, Bagrow-Skelton, Malaschofsky, Asimov*). Mısırlılar fizik dalında da optik (görme bilimi), katoptrik (yansıma bilimi), dioptrik (optik ölçme sanatı), skenografi (perspektif) ayırımını da yapıyorlardı.

Eski Mısır uygarlığı ve haritacılığı ile ilgili diğer kaynaklar için bkz: *Borchard, Feldhaus, Reiss, Schlebach, Schudde, Smith vd.*



Şekil-2.24: Nubien'deki altın madeni ocağı haritası (MÖ 1300)

### 2.3. YUNAN (GREK)

Yunanlılar, geometri, astronomi, matematik gibi birçok ana bilim dallarının kurucusu ve geliştiricisidirler. Kendilerinden önce yaşamış Mısır, Fenike, Mezopotamya vb. gibi başka uygarlıkların bilim alanında yaptıklarından esinlenmişler, bu konudaki çalışmalarını sistematik bir biçime sokmuşlardır. Bugün kullandığımız geometri, jeodezi, jeoloji, astronomi, aritmetik, trigonometri, coğrafya, atlas, fotogrametri, optik, metre, poligon, hipotenüs, apsis, kosmos gibi yüzlerce kavram Yunancadır.

#### Yunanlılarda Sayı Sistemi

Yunanlılar alfabelerindeki harflere birer rakam değeri vererek rakamları harflerle göstermeğe çalışmışlardır<sup>1)</sup>(şekil-2.25). Bu sistemde rakamların yerleri (pozisyon) değil kendi değerleri önemlidir. H=8, M=40, P=100 sayılarına ait sembollerin pozisyonları değişik de olsalar

$$HMP = PMH = HMP = PHM = MPH = 148 \text{ dir.}$$

Benzer şekilde toplam işlemi için

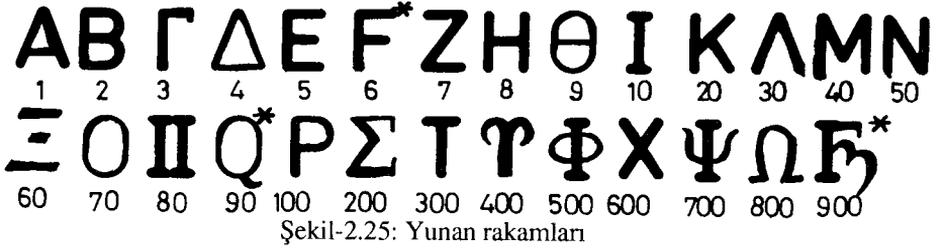
$$OH + MQ = PKZ$$

$$78 + 49 = 127 \text{ dir.}$$

Sayıların bu şekilde gösterilerek hesap yapılması olanaksızdır. Bu yüzden hesaplamalar hesap tahtası üzerinde yapılmaktadır. MÖ 3. yüzyıldan kalma beyaz mermerden yapılmış

<sup>1)</sup> Osmanlıcadaki Ebcet hesabının da esası budur.

40 yatay çizgili 149x75 cm ebadında böyle bir cetvel Salamis adasında bulunmuştur<sup>1)</sup>. Abaküs (çörkü) nün atası olan bu hesap tahtası çeşitli sütunlardan oluşmuştur (şekil-2.26). Bu sütunlara konulan taşlarla sayılar temsil edilmektedir.



Şekil-2.25: Yunan rakamları

Sütun başlarındaki

M = Myrioi = 10 000

X = Chilioi = 1 000

H = Hekaton = 100

Δ = Dekka = 10

Γ = Pente = 5 (Π'nin eski yazılış şekli)

Ara basamakta

$\overline{\Delta}$  = 50,  $\overline{H}$  = 500,  $\overline{X}$  = 5000,  $\overline{M}$  = 50 000 dir.

50000	10000	5000	1000	500	100	50	10	5	1	
$\overline{M}$	M	$\overline{X}$	X	$\overline{H}$	H	$\overline{\Delta}$	Δ	Γ	Γ	
			••	•	••		••	•		4825
		•	••		••	•	••	•	•	+7476
	•		••		••				•	12301

Şekil-2.26 Yunan hesap tahtası

Yukardaki tahtada ilgili sütunlara taşlar koyarak 4825 yazılmıştır. Aynı şekilde altına yazılan 7476 sayısı ile toplanmak istenirse, toplama işlemine en sağdaki sütundan başlanır. İlk (1 ler) sütununda bir taş vardır. Bu taş yerinde kalır. İkinci (5 ler) sütununda iki taşın toplamı 5+5=10 yaptığından bu iki taş kaldırılarak bunların yerine elde 1 anlamında 10 lar sütununa bir taş konur. Burada da bu yeni gelen taşla beş adet taş (50) olacağından bu beş taş yerine bir üst sütuna bir taş konulur. Bu şekilde devam edilerek 12 301 bulunur. Görüldüğü gibi sıfır rakamı kullanılmadığından ilgili sütun boş kalmaktadır<sup>2)</sup> (Schneider, Friedlein).

Yunanlıların 10 luk (desimal) sayı sistemini bulamamış olmaları, günümüz bilim adamları tarafından şaşkınlıkla karşılanarak Yunanlılar adına büyük bir eksiklik olarak yorumlanmaktadır.

1) Atina ulusal müzesindedir.

2) Abaküs (çörkü), Yunan ve Roma uygarlıklarından doğuya (Çin'e) Suan pan ismi ile gitti. 5 li basamaklar atıldı. Buradan Rusya'ya "Şçoty" ismi ile geçti. Napolyon'un Rusya seferinde esir düşen bir Fransız matematikçisi dönüşünde Fransa'ya getirdi ve buradan Avrupa'ya yayıldı.



hareketle Dünya'nın da küre biçiminde olduğunu, gök küresinde yıldızların dönmesinin Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesinin sonucu olduğunu ilk ortaya atan bilim adamıdır. Kendi adı ile anılan "Pisagor kuralı"nı buldu <sup>1)</sup>. Pisagor müzikte ses telleri arasında matematik bir bağıntı olduğunu söyledi. İrrasyonel sayıların tanımını yaparak  $\sqrt{2}$  nin irrasyonel olduğunu ispatladı. Kenarları tam sayı olan dik üçgenlere "Pisagor üçgenleri" denmektedir. Bunlardan en bilineni 3-4-5 üçgenidir ve antik çağda çoğu uygarlıklar bu üçgeni dik çıkma işleminde kullanmışlardır. Hintlilerin ise dik çıkma işleminde 5-12-13 üçgenini kullandıkları söylenmektedir.

Dik kenarları a, b ve hipotenüsün c olduğu dik üçgende u ve v tek sayı olmak üzere  $a=u \cdot v$   $b=(u^2 - v^2)/2$  ,  $c=(u^2 + v^2)/2$  formülleri ile Pisagor üçgenleri üretilmektedir.

u	v	a	b	c
3	1	3	4	5
5	1	5	12	13
7	1	7	24	25
5	3	15	8	17
7	3	21	20	29
7	5	35	12	37
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:

Şekil-2.28: Pisagor üçgenleri

MÖ 550 yıllarında yine Milet'te yaşayan Yunan filozofu ANAKSİMENES (MÖ 570-500) ilk defa Babillilerin kullandıkları bir gnomon aleti yaptı. Bu alet Güneş hareketlerini incelemek amacı ile yere düşey olarak dikilen bir çubuktu. Bu çubuk üzerindeki çeşitli bölümlenmeler ve gölge boyu incelemeleri ile Güneş saatini geliştirdi.

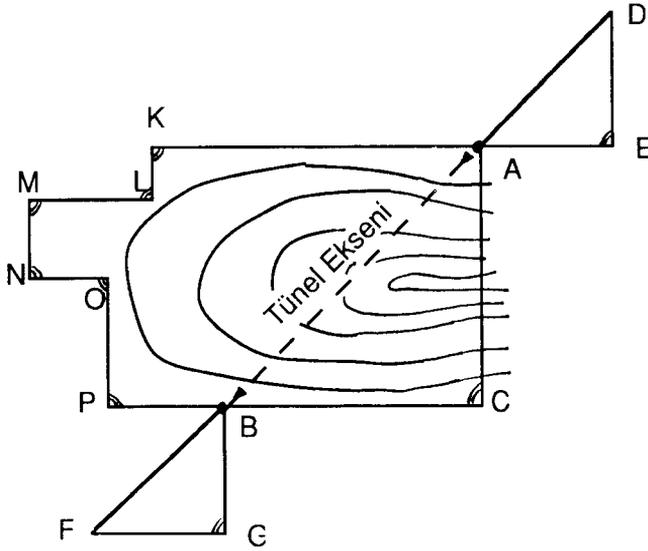
MÖ 470 yıllarına doğru Elea'lı (bugünkü Velia) Yunan filozofu PARMENİDES (MÖ 540-480) Dünyanın yuvarlak olduğunu, herhangi bir yöne düşme söz konusu olmadığı için uzay boşluğunda tek başına durduğunu ve Ay'ın ışığını Güneşten aldığını ilk defa açıkladı.

MÖ 6. yüzyılda POLYKRATES (MÖ 573-522) zamanında Megara'da yaşayan EUPALINOS, MÖ 526 yılında Samos (Sisam) adasında bir su kanalı yapmakla görevlendirildi. Bu kanalın 1040 metrelik bir kısmı Kastro dağı'nın altından geçiyordu. 2.3 m<sup>2</sup> kesitli bu tünel iki taraftan delinerek bir kaç metrelik hata ile birleştirildi. Çakışmayı garantilemek için tünelin güney kısmı düz hat olarak delinirken kuzey kısmı zik zaklı olarak delindi (*Bachmann, Eichhorn*).

Aslında ilk tünel MÖ 700 de Kudüs'ün doğusunda Yahuda'nın 14. kralı HİSKİAS (Hizkiya) (MÖ 715-687) kuşatma altında, içme suyu sağlamak için Sion tepesi altında kayaları oydurarak ve 550 m uzunluğunda, iki taraftan delinerek açılan Ceyhun kanalının

<sup>1)</sup> Pisagor kuralı MÖ 2500 yıllarında piramit yapımında Mısırlılar, MÖ 1100 yıllarında Çinliler ve Yunanlılardan önceki uygarlıklarda bilinmekle beraber bu kuralı bilimsel bir biçimde gösterip ispatlayan ilk Pisagor olduğu için kendi adı ile anılmaktadır. MS 275 de filozofi tarihi yazarı Diogenes Laertius ve 46 ünlü Romalı ve Yunanlı'nın hayatını yazan Plutarch, Pisagor'un ünlü kuralını isbatından duyduğu sevinç yüzünden tanrılara 100 manda kurban ettiğini ve o tarihten beri tüm büyükbaş hayvanların bir gerçeğin keşfi söz konusu olduğunda titrediklerini yazmışlardır (*Kracke*).

şehir içindeki Siloe havuzuna bağlandığı ve bugün de kullanılan bir su tünelidir!). HEREDOT'un verdiği bilgilerden antik çağda açılan bu tür tünellerde şekil-2.29 da görülen ilkeye uyulmaktadır (Peters 1964, 1979). Bu şekilde A ve B arasında açılacak bir tüneller için herhangi bir yönde AK ve buna dik LK uzunluğu ve sonra sıra ile birbirine dik ve arazinin olanak verdiği yerlerde LM, MN, NO, OP ve PB uzunlukları ölçülerek B noktasına gelinir. Buradan  $AC = KL + MN + OP$  ve  $BC = AK + LM + NO + PB$  hesaplanır. Bu şekilde hesaplanan ABC üçgeninin benzerleri olan ADE ve BFG üçgenlerindeki dik kenarların oranları da bilinmektedir. KA'nın doğrultusunda alınan keyfi bir uzaklıkla E noktası ve bu doğrultuya dik olacak şekilde  $DE = AE \times AC/BC$  uzunluğu alınarak D noktası bulunur. DA doğrultusu tünellerin ekseni doğrultusudur. B noktasından da delinmek istendiğinde aynı işlem burada da yapılarak F noktası ve dolayısı ile FB doğrultusu bulunur.

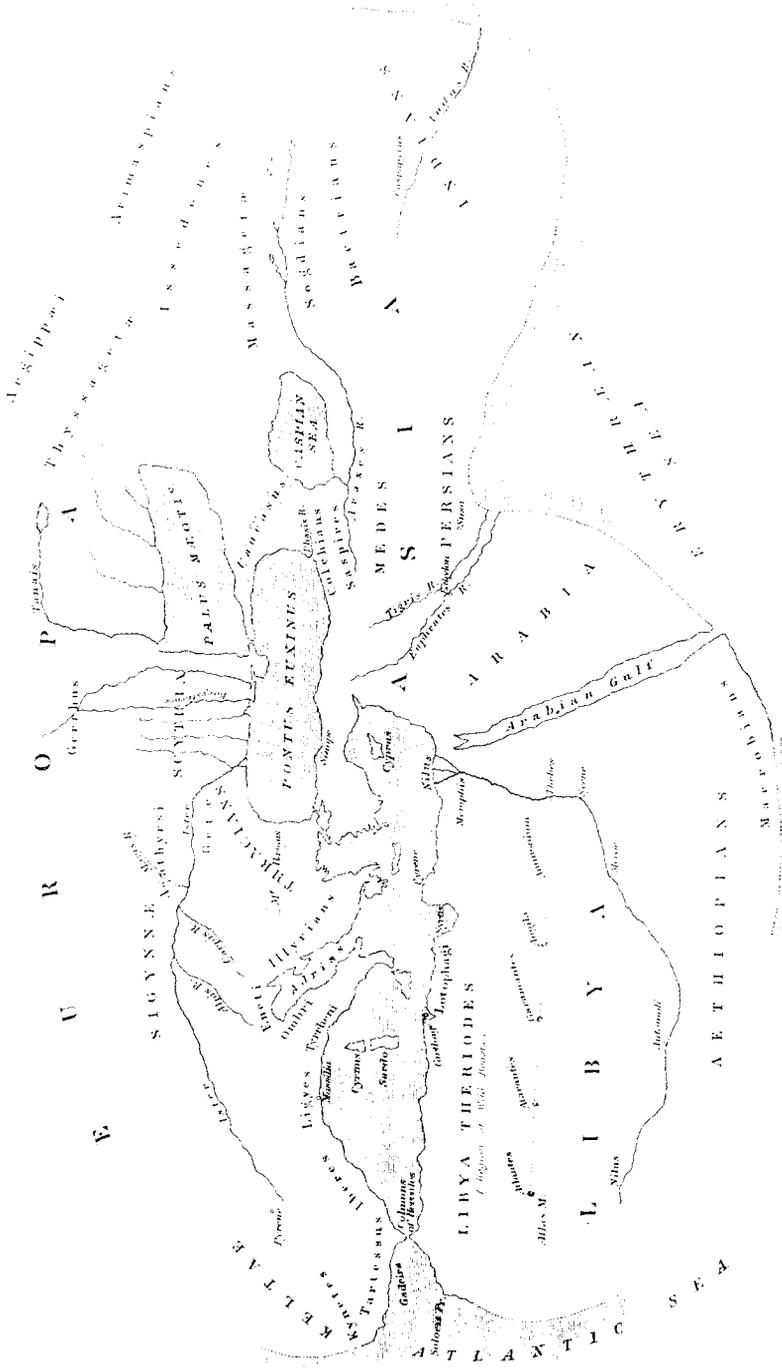


Şekil-2.29: Antik çağda tünellerin uygulaması

MÖ 450 yılına doğru PHILOLAÜS, Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönerken gece ve gündüzü oluşturan bir gezegen olduğunu, ortasında ateş bulunan bir merkez etrafında döndüğünü, Dünya'nın etrafında da Güneş, Merkür, Venüs, gibi diğer gezegenlerin döndüğünü söyledi.

Yaklaşık 5. yüzyıl ortalarında Halikarnaslı ünlü tarihçi Herodot'a göre Dünya haritası şekil-2.30 da görülmektedir. Büyük bir gezgin ve iyi bir gözlemci olan Herodot'un gittiği yerleri ve yaşadığı olayları güvenilir bir biçimde tanımladığı bilinmektedir. Herodot'un haritasında karaları okyanusla sınırlama yoktur ve Dünya'nın, etrafı okyanusla çevrili bir ada olduğu düşünülüyordu. Bu harita Hekateus'un haritasından daha modern görünmektedir. Sicilya adası İtalya'dan ayrılmış ve ada olarak çizilmiştir. Hazar denizi de artık bir iç deniz olarak görünmektedir (Bunbury, Afetinan 1987).

1) Tünellerin girişindeki 38x72 cm lik kitabe İstanbul müzesindedir.



Şekil-2.30: Herodot'a göre Dünya haritası (Bunbury)

Pisagor'un öğrencilerinden ANAKSAGORAS (MÖ 488-428), MÖ 422 de Milet'den Atina'ya göçerek burada bir felsefe okulu açtı. Güneş'in Mora yarımadası kadar büyük ve kızgın bir küre olduğunu, diğer yıldızlarda da insanların yaşadığını iddia etti. Ay'ın turunu bir ayda tamamladığını, ışığını Güneş'ten aldığını söyleyerek Ay'ın çeşitli safhalarını açıkladı. Dinsizlikle suçlandı, Perikles'le olan dostluğu hayatını kurtardı (Tepedelenlioglu, Miller).

MÖ 460 da Atina'da doğan METON, zaman hesabında kendi adı ile anılan "Meton periyodu" nu buldu. Buna göre 235 Ay ayı, 19 tropik yıla denk gelmektedir. Yani,

$$19 \times 365.25 = 6939.75 \text{ gün}$$

$$235 \times 29.5306 = 6939.69 \text{ gün}$$

aradaki farkın 19 yılda iki saatten daha kısa bir zaman olduğu görülmektedir.

MÖ 400 yıllarında Abdera'lı DEMOKRİTİS (MÖ 460-390) doğu ülkelerine (Hindistan) giderek yaptığı haritada Dünya şeklinin daire biçiminde olmadığını gösterdi. Yaptığı harita dikdörtgen boyutlu olup doğu-batı boyutu, kuzey-güney boyutunun yaklaşık 1.5 katıdır. Demokritis ayrıca maddenin en küçük parçacıklarına atomos (atom) diyerek çeşitli cisimlerin farklı atomları olduğunu iddia etmiştir. Samanyolunun da sayısız yıldızlardan oluştuğunu söylemiştir.

Ünlü Yunan filozofu PLATON (Eflatun) (MÖ 427-347) da Dünya'nın yuvarlak olduğunu, uzayın merkezinde sabit durduğunu ve çok büyük olduğunu söyledi.

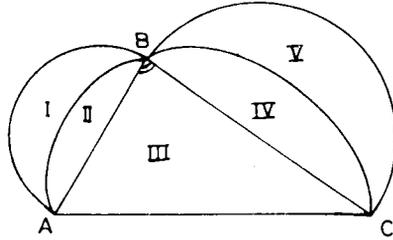
MÖ 400 yıllarında Chias'da yaşayan HİPPOKRATES<sup>1)</sup> Yunanca ilk geometri kitabını yazdı. Dairenin kareye dönüşümü ile uğraştı. Bu düşünceye, dik üçgen kenarlarında oluşan Ay şeklindeki taralı alanların toplamının ABC dik üçgeninin alanına eşit olduğunu farketmesi ile yöneldi (şekil-2.31). Eğrilerle sınırlanmış bir alanın düzgün bir şeklin alanına eşit olması ona bu konuda cesaret vermiştir Pisagor kuralından

$$I+II+IV+V = II+III+IV$$

buradan

$$I + V = III$$

bulunur.



Şekil-2.31: Hippokrates'in Ayları

Yine Anadolu'da yetişen Knidos'lu EUDOKSUS (MÖ 408-347), matematik, astronomi ve coğrafya konularında çalıştı, Dünya ve gök haritası yaptı, yılın 365 günden 6 saat fazla olduğunu farkettiler, alan hesapları ile uğraştı. Dünya'nın çapının 21 400 km olan bir küre olduğunu iddia etti.

Bu günkü Karadeniz Ereğlisi'nde doğan HERAKLEİDES (MÖ 388-315), genç yaşında Atina'ya göçerek astronomi ve geometri konularında çalıştı. Dünya'nın kendi eksenini etrafında batıdan doğuya doğru döndüğünü söyledi.

1) Bu bilginin, yemini ile anılan ve (MÖ 460-370) yıllarında yaşayan ünlü hekimle sadece isim benzerliği vardır.

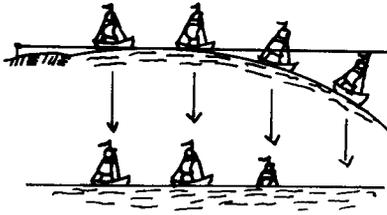
Kuzey Yunanistanda doğan büyük filozof ARİSTOTELES (Aristo) (MÖ384-322) Dünyayı Pisagor gibi yuvarlak kabul etti ve çevresinin 400 000 Stadya <sup>1)</sup> (74 000km) olduğu görüşünü ortaya attı. Bu görüşleri yaptığı bazı gözlemlere dayanıyordu (Bachmann). Bunlar:

a) Deniz yüzeyinin eğriliği

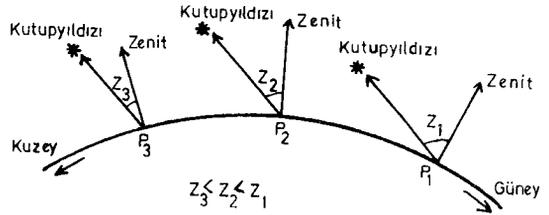
Uzaktan gelen bir geminin sıra ile önce direği ve yelkeni sonra teknesi görülmektedir (şekil-2.32).

b) Çeşitli enlemlerde yıldız yüksekliğinin değişimi

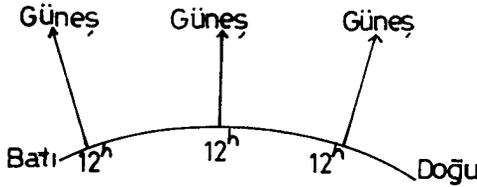
Kuzeye gidildikçe Kutupyıldızı zenite yaklaşmaktadır. Dünya eğri bir yüzeye sahip olmayıp düz olsaydı, Kutupyıldızı ile zenit arasındaki açının hiç değişmemesi gerekirdi (şekil-2.33).



Şekil-2.32: Deniz yüzeyi eğriliği



Şekil-2.33: Kuzeye gidildikçe Kutupyıldızı ile zenit arasındaki açı küçülmektedir.



Şekil-2.34: Doğu batı yönünde zaman farklılığı



Şekil-2.35: Ay tutulmasında Dünyanın gölgesi

c) Çeşitli coğrafik boylamlarda Güneş'in durumu

Doğu-batı yönünde Güneş, farklı zamanlarda meridyenlerden geçmekte, zaman farkı oluşmaktadır (şekil-2.34).

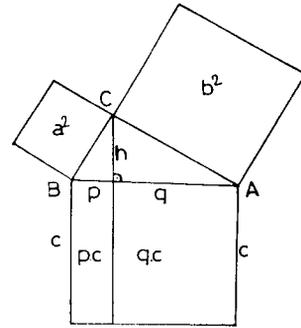
d) Ay tutulması esnasında Dünya'nın Ay üstündeki gölgesinin yuvarlak olarak görünmesi. Ay tutulmasında Dünya, Güneş ile Ay arasına girmekte ve gölgesini Ay üzerine düşürmektedir. Yuvarlak cisimlerin ancak yuvarlak gölgesi olur (şekil-2.35).

<sup>1)</sup>1 Stadya=125 passus (adım)=185 m, 30 stadya=1 Parsang (fersah). 1 günde 5 fersah =150 stadya yüründüğü varsayılır. 10 stadya= 1 deniz milidir. 1.5 mil= 1 leuca=2216 m

Aristo, ekvatorla yörünge düzlemi (ekliptik) arasındaki eğim açısını ilk hesaplayandır. Mantık isimli yapıtında isbata adım adım yaklaşarak matematik mantığın temellerini attı (Asimov 1973, Şerbetçi 1978, Tepedelenlioğlu, Yıldırım).

Aristo'nun öğrencisi DİKAERCHUS (MÖ 350- 290), açı ölçme aletinin atası olan Dioptra'yı kullandı. Rodos adasının enlemini belirledi. Yaptığı Dünya haritasında ekvator ve orta meridyeni birbirini dik kesen iki eksen olarak gösterdi.

Yunanistan'a ait bir kent olan İskenderiye'de yaşamış ünlü bilgin EUKLİD (Öklid) (MÖ 320-275), Elementler (Öğeler) isimli 13 ciltlik bir geometri kitabı yazmıştır. Kendi adı ile anılan bazı kurallar liselerde hala öğretilmektedir<sup>1)</sup>. Bu kitabın ilk altı cildi planimetriye (düzlem geometri), üç cildi basit sayı bilimine, 10. cilt irrasyonelliğin teorisine, son üç cilt ise hacim hesaplarına ayrılmıştır. Öklid bu kitapta düzlem geometrinin kurallarını sıralamış, bunların yanında sadece pergel ve cetvel kullanarak bir doğruyu ikiye bölme, bir doğruya dışındaki bir noktadan dik inme, doğrudan dik çıkma, bir açıya yöndeş bir açı çizme gibi problemleri açıklamıştır. Pisagor kuralının ispatında dik kenarlar üzerine çizilen karelerin C noktasından inilen dik ile oluşan dikdörtgenlerin alanlarına eşit olduğunu göerek  $a^2 = p \cdot c$  ve  $b^2 = q \cdot c$  yazmış, bunların toplamı ile  $a^2 + b^2 = c^2$  elde edilmektedir. Diğer taraftan bunların sonucunda dik üçgenlerde  $h^2 = p \cdot q$  yazılmaktadır. Öklid ayrıca asal sayılarla da uğraşmış ve bunların sayılarının sonsuz olduğunu belirtmiştir. Öklid'in kitabında ilk maksimum problemlerinden de söz edilmiştir.



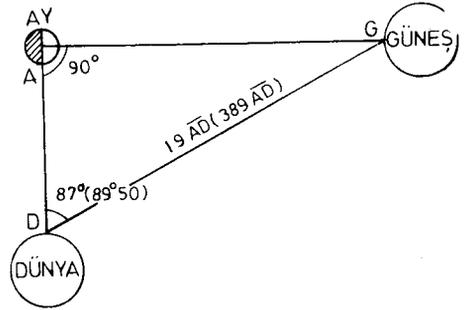
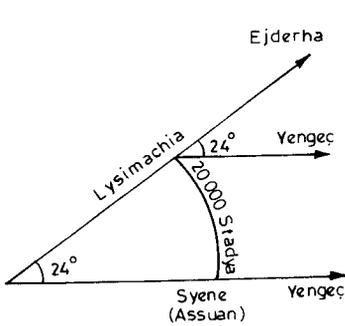
Şekil-2.36: Öklid'in Pisagor kuralı ispatı

Samos (Sisam) adasında doğup İskenderiye'de yaşayan ve orada ölen Yunan uygarlığının büyük astronomlarından ARİSTARCHUS (MÖ 310-230) ilk defa Dünya'nın Güneş etrafında döndüğünü söylemiştir. Ancak bu kanısını detaylı olarak ispatlayamamıştır. Bundan 1800 yıl sonra KOPERNİKUS (1473-1543) bu fikri Aristarch'tan aldığını itiraf etmiştir. Aristarch, yeryuvarı büyüklüğünü bilimsel olarak ölçtü. Bunun için kuzey-güney doğrultusunda iki yer seçti. Bu yerlerden kuzeyde bulunan Trakya'daki Lysimachia'nın tam başucunda ejderha'nın takım yıldızlarından biri görünürken diğer kent Syene (Assuan) in başucunda yengeç burcunda bir yıldız bulunuyordu (şekil-2.37). Bu iki yıldız arasını 24° olarak ölçtü ve bu iki kentin arasını 20 000 Stadya (3700 km) tahmin etti. Böylelikle çevreyi 300 000 Stadya (55 500 km) olarak hesapladı. Bu iki kentin arasını fazla tahmin ettiğinden sonucu farklı bulmuştur (Şerbetçi, 1978).

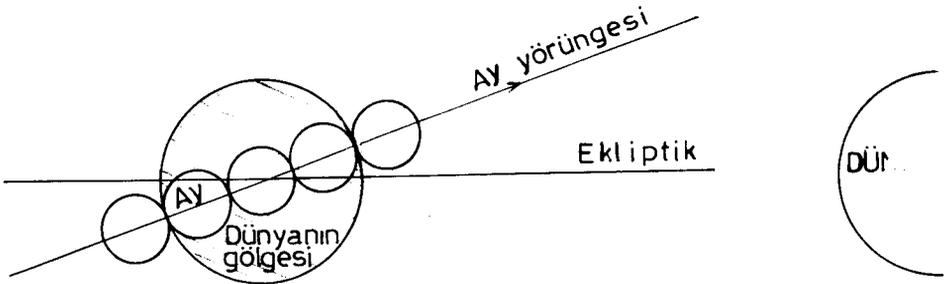
Aristarch, basit bir yöntemle Güneş ve Ay'ın Dünya'ya olan uzaklıkları oranını saptamıştır. Ay'ın Dünya'dan tam yarısının aydınlık ve diğer yarısının karanlık olarak görüldüğü bir durumda Dünya-Ay-Güneş üçgeninin Ay'daki açısının dik olması gerektiğinden hareketle bu üçgenin Dünya'daki açısını 87° derece olarak ölçmüştür

<sup>1)</sup> Bu kitap 8. yüzyılda Arapçaya, 11. yüzyılda Latinceye ve 18. yüzyılda İngilizceye çevrilmiş olup Incilden sonra en çok basılan kitap ünvanını almıştır.

(doğrusu  $89^{\circ}50'$  şekil-2.38). Bu ölçülerden Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı, Dünya'nın Ay'a olan uzaklığının 19 katı (sekant) bulunmuştur (doğrusu 389 katı =  $149.4 \times 10^6$  km). Aristarchus, Dünya çapını Ay çapının üç katı olduğunu şu şekilde saptamıştır. Ay'ın tam tutulmasında Ay, Dünya gölgesine girer, hava gittikçe kararmağa başlar ve tamamen kararır. Bu kadar süre de tam karanlıkta kalır ve ondan sonra da aydınlanmağa başlar. Böylelikle tutulma zamanı üç birim olarak alınırsa bunun biri kararma zamanı, diğeri kararmanın sürmesi ve 3. birim de tekrar aydınlanma süresidir (şekil-2.39). Güneş ışığının çok uzaktan gelmesi dolayısı ile yerin gölgesi yer çapı kadar olduğundan Ay çapı Dünya çapının  $1/3$  ü kadar olduğu veya Dünya çapı Ay çapının üç katıdır sonucu çıkmaktadır.



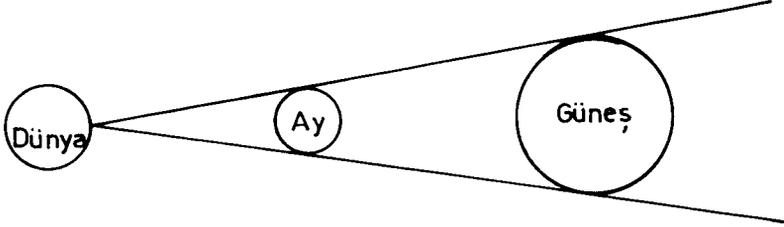
Şekil-2.37: Aristarch'ın Dünya çevresi ölçümü Şekil-2.38: Dünya-Güneş uzaklığı hesabı



Şekil-2.39: Ay çapı Dünya çapının  $1/3$  üdür.

Aristarchus diğer taraftan Ay çapını Güneş tutulması yöntemi ile saptamak yoluna da gitmiştir. Hellespont'ta tam Güneş tutulması olduğunda İskenderiye'de Güneşin ancak  $5/6$  sı tutulmuş görülmektedir. Her iki kentin arasını bu sefer doğruya yakın olarak 5000 stadya (925 km) tahmin ederek Ay çapını 6000 km (doğrusu 3480 km) bulunmuştur. Aristarch bu şekilde bulduğu değerlerle sonuç olarak Ay çapı : Dünya çapı : Güneş çapı =

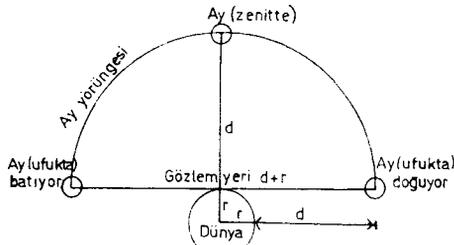
0.36 : 1 : 6.75 oranını bulmuştur. Güneş ve Ay çeşitli uzaklıklarda olmalarına karşı görünen açısal çapları yaklaşık olarak eşittir. Ay çapı 29'28"-33'30" arasındadır ve ortalama 31'29" dur. Güneş çapı da 31'5-32'5 arasındadır ve ortalama 32' dir (Şekil-2.40). (Dünya-Ay uzaklığı):(Dünya-Güneş uzaklığı)=Ay çapı: güneş çapı = 1/19 (gerçekte 1/389) yazılarak buradan Güneş çapının 19 Ay çapı olarak hesaplanmıştır (gerçekte 1 390 000 km).



Şekil-2.40 : Ay ve Güneş'in açısal çapları eşittir

Dünya'nın Ay'a olan uzaklığı daha sonraları bazı astronomlar tarafından yine bazı basit yöntemlerle saptanması yoluna gidilmiştir. Şekil-2.41 de görüldüğü gibi Ay yörüngesinin çember olarak alındığı durumda Ay gözlemcinin ufuk düzleminde (doğuşta veya batışta) zenittekinden daha uzaktır. Çünkü Ay, zenitte gözlemciye  $d$  kadar, ufukta ise  $d+r$  kadar uzaktır. Ay'ın görünen çapları zenitte ve ufukta ölçülerek bu küçülmenin yaklaşık 1/60 olduğu ve bu küçülmenin Dünyanın  $r$  yarıçapından kaynaklandığı için Ay'ın yer yarıçapının 60 katı kadar uzakta ( $60 r$ ) olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yani  $6370 \times 60 = 382\ 200$  km dir (gerçekte 384 000 km) (Thomas).

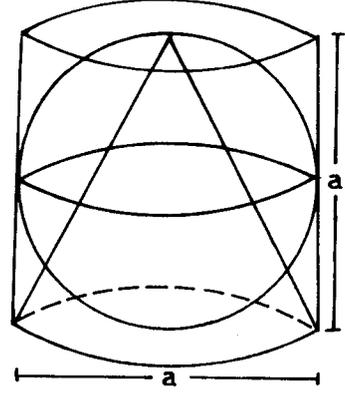
MÖ 300 de Marsilya'da doğan Yunanlı coğrafyacı ve astronom PYTHEAS, bu günkü Pakistan ve Afganistan'a kadar Yunan uygarlığının etkili olduğu bir dönemde yaşadı. Kendisi batı yönünde bir gemi ile Cebelitarık boğazını geçerek kuzeybatı yönünde denizlerin donduğu ve gündüzlerin 24 saat olduğu yere kadar gitti. Başka bir seyahatında Baltık ülkelerine gittiğini söylediğinde kimse inanmadı. Marsilya'nın enlemini ölçtü. Kutup yıldızının kuzeyde küçük bir daire çizdiğini, gel-git olayının Ay'ın kitlesinden kaynaklandığını ileri sürdü (Asimov 1973).



Şekil-2.41: Ay, zenitte gözlemciye ufuktakinden daha yakındır.

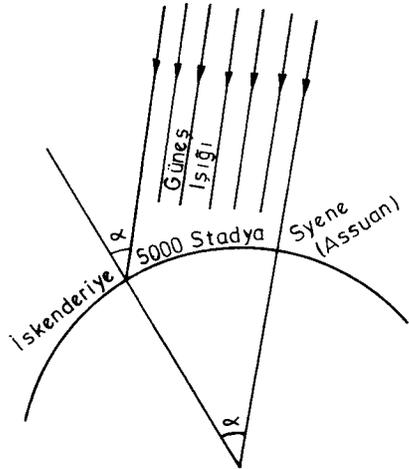
Aynı çağda yaşayan Abdera'lı BION, Dünya'da gündüz ve gecelerin altı ay sürdüğü bölgelerin olduğunu doğruladı.

Sirakuza (Sicilya) da yaşayan ARŞİMED (MÖ 287- 212) hem mühendis hem matematikçidir. Sonsuz vida, dişli çark, palanga, hareketli makara gibi buluşları yapmıştır. Kaldırıcı bularak destek bulursa bununla Dünyayı bile yerinden oynatacağımı iddia etti. Harp tekniği ile ilgili silahlardan, taş atan mancınık ve romalı gemileri yakan ayna tasarladığı iddia edilmektedir. Sirakuza kralının tacındaki altın miktarını şimdi kendi adı ile anılan "Arşimed kuralı" ile hesapladı. Parabol parçasının alanını hesaplayan formülü verdi. Sonsuz küçükler, Arşimed spirali, Arşimed aksiyomu da uğraş alanlarındadır. Çapı yüksekliğine eşit bir silindir içine yerleştirilen küre ve koni (şekil-2.42) hacimleri arasında 3:2:1 oranı olduğunu söyledi. Yaklaşık karekök hesabı yaptı.  $\pi$  için çapı 1 olan bir çemberin içine ve dışına çizilen çokgen kenarları toplamından hareketle  $\pi$  değerine yaklaşmağa çalışmış ve bu çokgeni 96 gene kadar götürerek  $\pi$  için  $3 \frac{10}{71} < \pi < 3 \frac{10}{70}$  ( $= \frac{22}{7}$ ) değerini bulmuştur. Arşimed Dünya çevresini 300 000 stadya (55 500 km) tahmin etmiştir.



Şekil-2.42: Arşimed'in silindir içine çizilen küre ve konisi

Dünyanın büyüklüğünü ilk defa bilimsel olarak ölçen ERATOSTHENES (Eratosten) (MÖ 276-195) tir. İskenderiye kitaplığında görevli geometrici, şair ve filozof olan bu bilgin MÖ 240 yılında şimdi Assuan olarak bilinen Syene'de Güneş ışınlarının bir kuyunun dibini aydınlattığı zamanda (Güneşin tam zenitte olduğu durumda) (şekil-2.43) bu kentin kuzeyinde düşündüğü İskenderiye'de diktiği bir düşey çubuk (gnomon) yardımı ile Güneş ışınlarının  $7 \frac{1}{5}$  derecelik bir açıyla geldiğini ve bu açının yerin merkezinde iki kenti gören merkez açıya eşit olduğundan bu iki kentin arasını deve kervanlarının gittiği zamana bağlı olarak 5000 stadya olduğunu tahmin etmiş buna göre Dünyanın çevresini, bu iki kentin arasının  $360/7.2=50$  katı olan 250 000 stadya olduğunu hesaplamıştır<sup>1)</sup> (Schwarz 1975, Dreyer, Berry, Prell, Mersinoğlu).

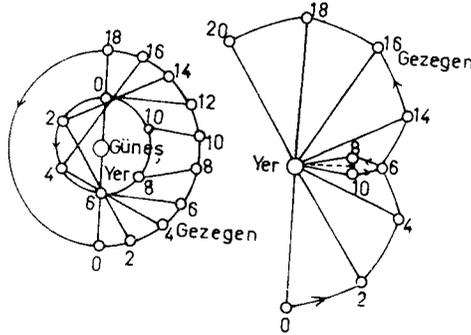


Şekil-2.43: Eratosthenes'in MÖ 240 yılında Dünya çevresi ölçüsü

<sup>1)</sup> 1 stadyanın bazı yayınlarda değişik boyları verilmektedir (Bachmann, Günther, Jordan-Eggert-Kneissl 1958, Şerbetçi 1978, Uckert).

1 stadya 185 m hesabı ile çevre 46 250 km dir. Eratosthen'in yeryuvarı büyüklüğünü saptamak için iki kentin arasındaki uzaklığı tahmin etmesi, İskenderiye'nin Assuan'ın tam kuzeyinde bulunmayışı (şekil-2.50), gibi nedenler yüzünden sonucun bir parça hatalı çıkması o kadar önemli değildir. Önemli olan kendisinin bu şekildeki sağlıklı düşüncesinin iyi bir geometri bazına oturması, bundan sonraki yeryuvarı büyüklüğünü saptamak fikrinin temelini oluşturmuştur (Zimmermann 1975). Eratosthen bu ölçüler sonucu yaptığı Dünya haritasında (şekil-2.45) Avrupa, Afrika ve Asyanın bir kısmını göstermiştir. (Bunbury, Smith, Merriman, Afetinan 1987). Eratosthen asal sayılarla da ilgilenmiş ve kendi adı ile anılan "Eratosthen kalburu" ile tam sayılar kümesinde asal olmayanları eleyerek (2,3,4,5. . .sayılarının katlarının bu kümeden çıkarılması ile geriye asal sayılar kalma ilkesine dayanmaktadır) asal sayıları saptamıştır.

Perge (Antalya) de doğup İskenderiye'de yetişen bilim adamlarından biri olan APOLLONIUS (MÖ 262-190), koninin çeşitli düzlemlerle ara kesitinden oluşan daire, elips, parabol ve hiperbol'ün matematik ifadelerini buldu. Bu buluşlarını "konika" adlı yapıtında yayınlarak analitik geometri fikrini oluşturdu. Gezegenlerin Dünya etrafında dönmesinde Dünya'dan görünen ilmik halkalar şeklindeki yörüngeler için episikloid kuramını ortaya attı (şekil-2.44). Çizimde 20 aylık bir süreç öngörülmüş ve soldaki yer yörüngesinde 12,14,16,18,20 numaralar 0,2,4,6,8 ile çakışmaktadır ve bu sayılar ay başlangıçlarıdır. Yer-gezegen noktalarını birleştiren doğrultular episikloid çiziminde aynen paralel olarak alınmıştır. Bu şekilde gezegenin gökteki zahiri görüntüsü ilmekli episikloidler biçimindedir (Thomas).

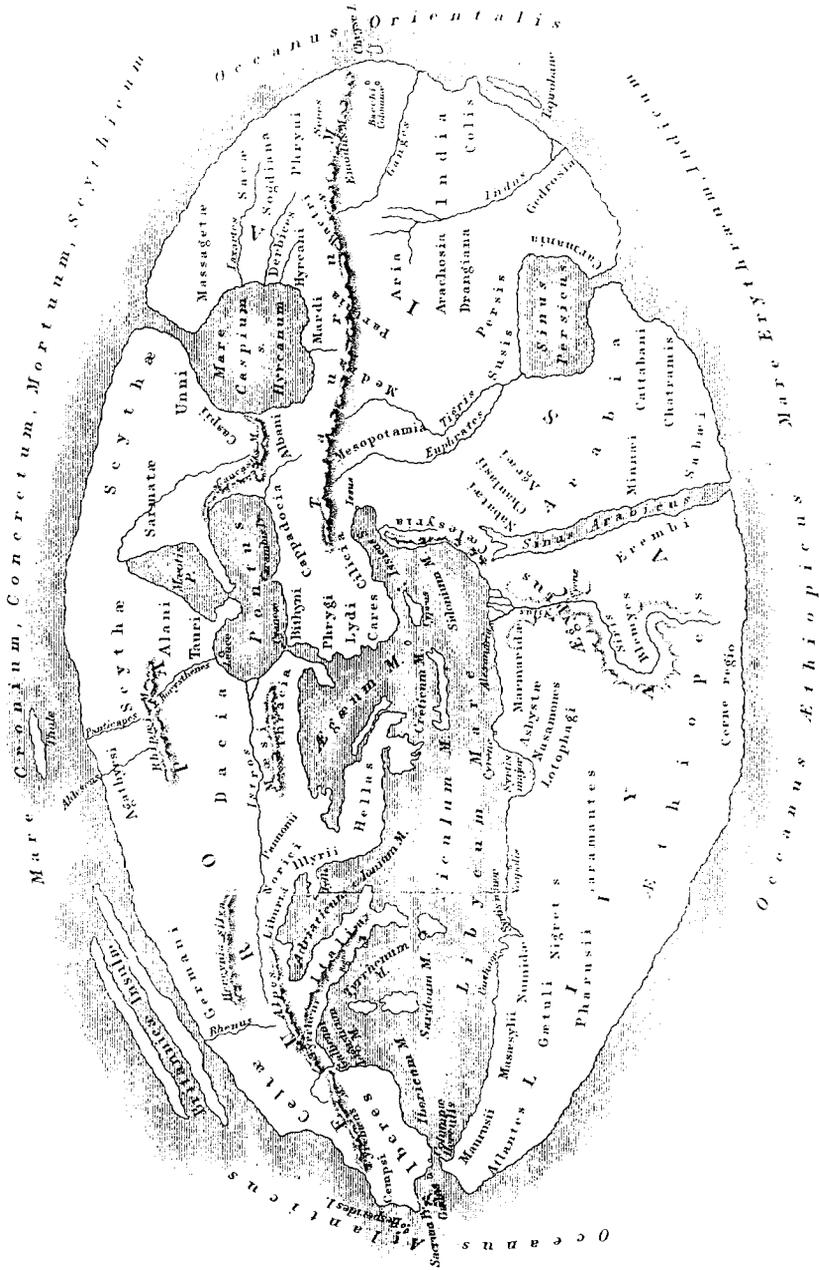


Şekil-2.44: Gezegen yörüngesi. Solda Güneş merkezli, sağda yermerkezli (episikloid)

MÖ II. yüzyılda yaşayan DİONYSIUS PERIEGETES bir seyahatname yazarı olup düzenlediği Dünya haritası şekil 2.46 da verilmiştir (Bunbury).

Nikea (İzmit) de doğup yine İskenderiye'de yaşayan HİPPARCHUS (MÖ 190-120) gözlemlerinin çoğunu Rodos'ta yaptı. Dünya ekseninin yön değiştirdiğini ve 26 000 yılda bir tur yaptığını hesapladı. En önemli buluşu ekinoksların (ılımlık noktası=ilkbahar noktası=ekvatorun kesim noktası) devinmesi olgusudur. Gök haritaları için ortoğrafik projeksiyonu ilk ortaya atan kişidir. 1025 yıldızın görünür parlaklıklarına (kadir) göre 6 büyüklük halinde sınıflandırdığı ilk gerçek yıldız katalogu onun eseridir. Dairenin 360 derecelik açısının 60 lık sistemle dakika ve saniye alt birimlerini Babillilerden öğrenip Yunanistan'a soktu. Ay tutulmasından yararlanarak boylam tesbit etme onun fikridir ve boylam başlangıcı için Rodos adasını almıştır. Trigonometride bazı cetvelleri hesaplayarak yayınlamıştır. Batlamyus tarafından derlenen Hipparchus'un cetvelleri Kepler'e kadar kullanılmıştır. Düşey açı ölçümünde kullanılan astrolabium

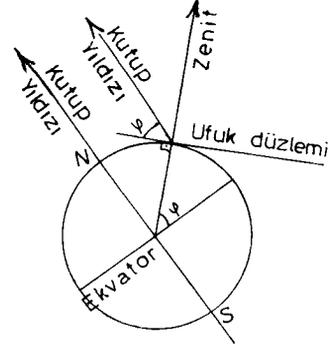




Şekil-2.46: Dionysius Perigetes'e göre Dünya haritası (MÖ II. yy) (Bunbury)

(astrolab, usturlab) aletini onun bulduğu söylenir. Bu alet daha sonraları Araplar tarafından geliştirilmiştir. 1 derecelik meridyen uzunluğu için 700 stadya ve yer çevresi için 252 000 stadya almıştır.

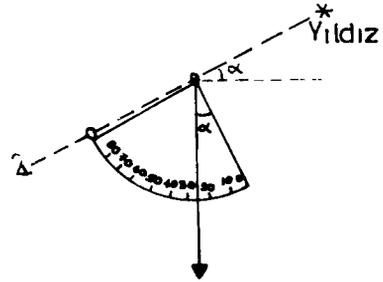
Yunanlılar gökteki yıldızların 24 saatte Kutupyıldızı etrafında saat ibresinin ters yönünde bir tur yaptığını dolayısı ile Dünyanın dönme ekseninin Kutupyıldızı civarından geçtiğini biliyorlardı. Kutupyıldızına eskiden demir kazık denmesinin nedeni de tüm yıldızların hareket ettiğini, sadece bu yıldızın yerinde kaldığını ifade etmek içindir. Bir noktanın coğrafik enleminin de Kutupyıldızı ile o noktadaki ufuk düzlemi arasındaki açı olduğunu biliyorlardı (şekil-2.47).



Şekil-2.47: Bir noktanın enlemi Kutupyıldızı ile ufuk düzlemi arasındaki açıdır

Kutupyıldızı, gök küresinin gerçek kutup noktasından sadece 0.9 derece uzaktadır ve iyi bir yaklaşıklıkla Kutupyıldızı Dünya'nın dönme ekseninden geçtiği kabul edilebilir. Diğer taraftan Kutupyıldızı sonsuz uzakta sayılacağından (470 ışık yılı), bulunulan noktadan Kutupyıldızına olan doğrultu yerin dönme eksenine paraleldir. Kolları birbirine dik olan açılardan eşitliğinden ufuk düzlemi ile Kutupyıldızı doğrultusu arasındaki açı noktanın enlemi dediğimiz yer merkezine giden doğrultunun ekvatorla yaptığı açiya eşittir.

Açı ölçümü ise bir dairenin çeyreği olan kuadrant (kadrant)<sup>1)</sup> ile gerçekleştirilmektedir (şekil-2.48). Kuadrantın bir kenarında gözleme yardımcı olan halka şeklinde diopter olup köşesinden bir çekül sallanmaktadır. Çekülün bölümlenmelerdeki okunan değeri şekilden de görüldüğü gibi kolları birbirine dik olan açılardan eşitliği nedeni ile eğim açısıdır.



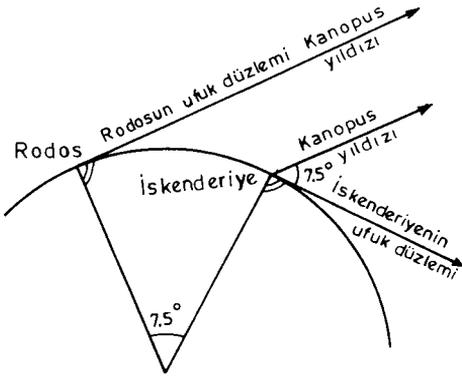
Şekil-2.48: Kuadrant ile eğim açısı ölçüsü

Dünya'nın büyüklüğü bir Yunan filozofu olan POSİDONİUS (MÖ 134-50) tarafından da saptanmıştır. Kanopus yıldızının Rodos'ta tam ufukta görüldüğü an, İskenderiye'de ufuktan 7.5 derece yükseklikte görünmesinden esinlenerek bu açının, bu iki kenti yeryuvarının merkezinden gören açiya eşit olduğu ve Rodos-İskenderiye arasını gemi yolculuğundan daha doğru tahmin ederek (5000 stadya) çevre için 240 000 stadya (44 400 km) olduğunu söylemiştir (şekil-2.49 ve 2.50).

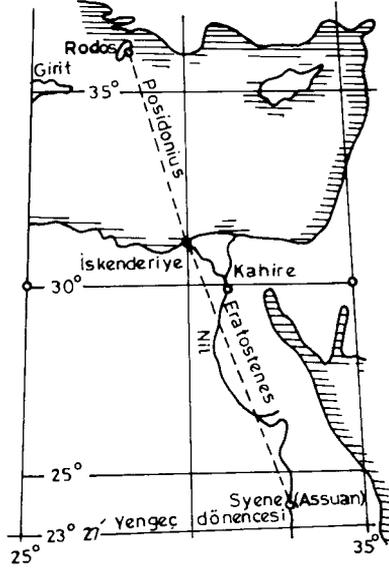
Amasyalı ünlü coğrafyacı STRABON (MÖ 63-MS 20), Pontus krallığına bağlı bir gezgindir. "Geografika" isimli yapıtında gezdiği ülkeleri anlatıyordu (*Lesprit*). Strabon Karadeniz kıyılarını iyi biliyordu. Ancak kuzeye gidildiğinde soğuk bir iklimle

<sup>1)</sup> Pirinç veya tahtadan yapılan bu aletin tahtadan yapılanına Osmanlıcada rubu tahtası denir.

karşılaştığını, daha da kuzeyde denizlerin donduğunu, buradan daha kuzeye gidilmenin olanaksız olduğunu, yani kuzeye gidildiğinde Dünya'nın sonuna hızlı varıldığını halbuki ipek yolunda seyahat eden tüccarlardan doğuya doğru gidildiğinde böyle bir durumla karşılaşmadığını öğrenince Dünya'nın eninin boyundan dar olduğunu söyledi. Bu görüş daha önce Herodot tarafından da iddia edilmişti. Enlem ve boylamların bu tanımlamalardan doğduğu da söylenmektedir. Strabon yeryuvarının büyük dairesinin 1/360 ı yani 1 derecelik yay uzunluğu için 700 stadya (129.5 km) almıştır. Strabon'un coğrafya kitabında çizdiği Dünya haritası (şekil-2.51) de görülmektedir.



Şekil-2.49: Posidonius'un yerin büyüklüğünü ölçmesi

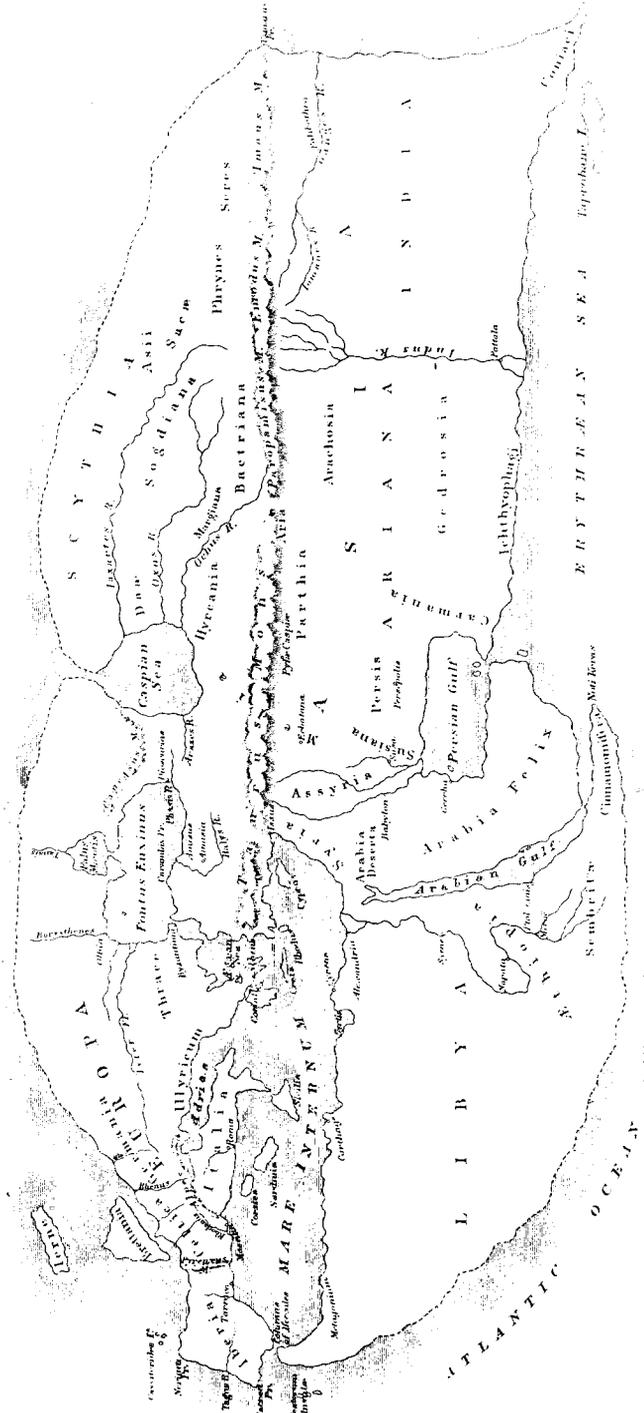


Şekil-2.50: Rodos, İskenderiye ve Syene'nin konumları

İskenderiye'de yaşayan HERON (MS 20- ?) fizikçi ve matematikçidir. Üç ciltlik Metrika adında bir ölçme bilgisi kitabı yazmıştır<sup>1)</sup>. Bu kitapta I.cilt: Düz ve eğri yüzeylerin ölçümüne ait ilkeler, II. cilt: Cisimlerin ölçülmesi ve hesabı, III.cilt: Alan ve cisimlerin bölünmesi konuları anlatılmıştır. Heron kendi adı ile anılan üçgenlerin alanlarına ait "Heron formülü" nü bulmuştur. Kenarları a, b, c olan bir üçgende, alan  $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$   $2s = a+b+c$  dir (Heron formülü).

Aslında bu formül Arşimed tarafından bulunmuş, ancak Heron tarafından uygulamada kullanılmıştır (Juschkevitch, S.155). Kenarları 7,8,9 olan üçgen için Heron bu formül ile  $F = \sqrt{720}$  bulmuş ve bunun karekökü için iteratif bir yöntem kullanmıştır.  $27^2 = 729$  olduğundan  $\frac{720}{27} = 26 \frac{2}{3}$  elde ederek bu değerle 27 nin aritmetik ortalaması olan  $\frac{1}{2} (26 \frac{2}{3} + 27) = \frac{1}{2} \cdot 53 \frac{2}{3} = 26 \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$  değerini almıştır. Gerçekten bu değer

<sup>1)</sup> Bu yapıt XI. yüzyılda İstanbul'da bulunmuştur.



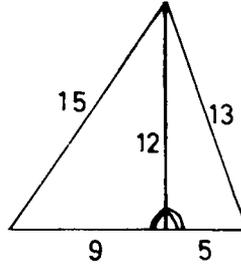
Şekil-2.51: Strabon'a göre Dünya haritası (Bunbury)

karesi alındığında elde edilen  $720 \frac{1}{36}$  ancak  $1/36$  kadar farklıdır <sup>1)</sup>.

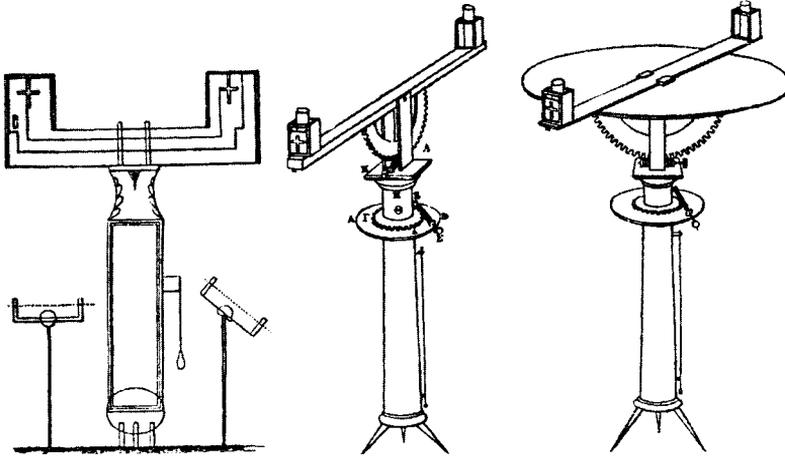
Birer dik kenarları eşit olan iki Pisagor üçgeninin bu yüksekliklerinin çakıştırılması ile meydana gelen ve kenarları birbirini izleyen tam rakamlardan oluşan üçgenlere "Heron üçgeni" denmektedir. Örnek olarak 5-12-13 dik üçgeni ile 9-12-15 dik üçgeni 12 kenarları ile çakıştırılarak (şekil-2.52) 13-14-15 Heron üçgeni oluşmaktadır. Bu yeni üçgenin kenarları birbirini izleyen rakamlar olup bu rakamlardan ortadaki, çakışan kenarların oluşturduğu yüksekliğe ait tabandır. Bu üçgenlerin alanları da tam sayılardan oluşmaktadır.

Işıkla ilgili "Katoptrikos" isimli başka bir yayınında Heron MS 62 yılındaki bir Ay tutulmasını anlatmaktadır. Bu yapıtında ayrıca optikle ilgili içbükey dışbükey ve düzlem aynalarda ışığın kırılmasını da anlatmaktadır. Dioptra isimli başka bir yapıtında ise açı ölçmek için düşünülen bu aletin tanımı ve kullanma alanları açıklanmıştır (Peters 1960, 1962/a, Schöne, Zimmermann 1981). Ayrıca iki nokta arasındaki uzaklık ve yükseklik farkının nasıl ölçüleceğini, nehir genişliği ölçüsünün nasıl yapılacağını tarif etmiş ve açıklamıştır. Dioptra aletinde (şekil-2.53) nişan alma düzeni sökölüp takılabilmekte, bir vida ile yatay ve düşey yönde hareket ettirilebilmektedir. Bu alet nişan alma düzeni kaldırılarak silindirik bir düzeye konarak nivo yerine de kullanılabilir.

Kenarlar			Yükseklik
13	14	15	12
51	52	53	45
193	194	195	168
723	724	725	627
2701	2702	2703	2340
...	...	...	...



Şekil-2.52: Heron üçgeni



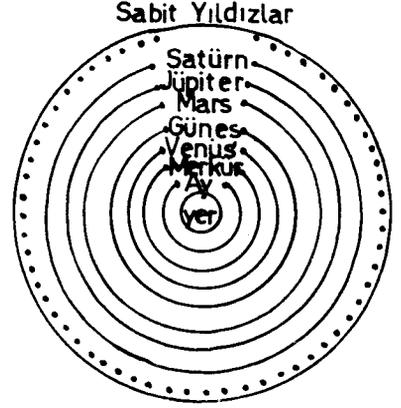
Şekil-2.53: Heron'un dioptra aleti

<sup>1)</sup> Bu yöntem, elektronik hesap makinaları çıkıncaya kadar kollu ve elektrikli hesap makinalarında karekök alımı için 1970 li yılların sonuna kadar uygulanmıştır.

Dioptra kitabında ayrıca İskenderiye-Roma arasını % 6.5 hata ile 14 000 stadya (2590 km) tahmin etmiştir. Heron mekanik konusunda da uğraşmış,"Makinalar" adlı yapıtında bakırcı körüğü ve kendi adı ile anılan Heron fışkıyesini tanımlamıştır.



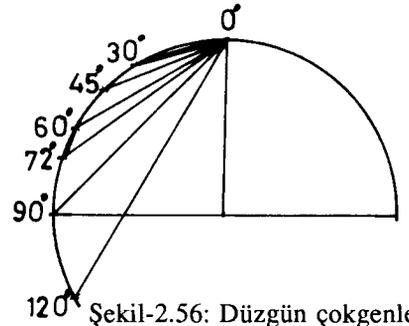
Şekil-2.54:Floransa katedralinde Batlamyus'a ait bir rölyef



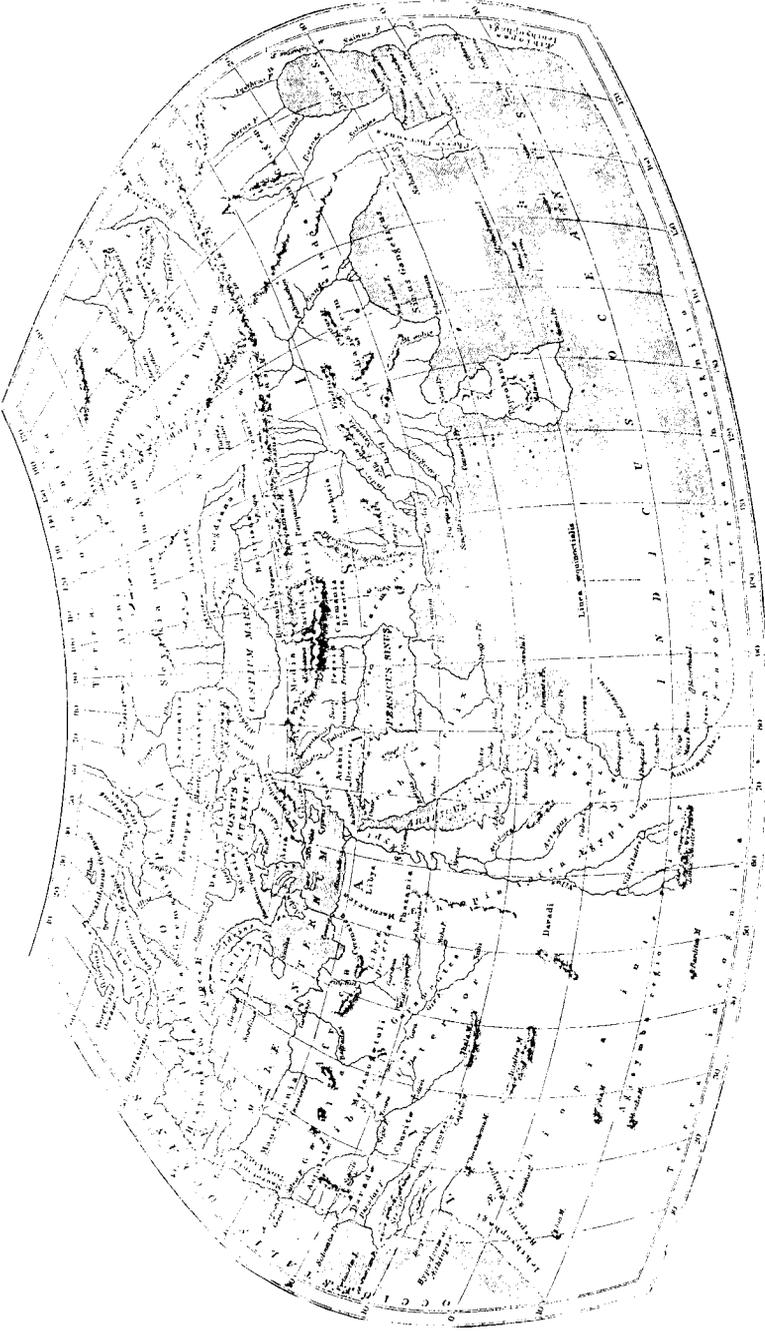
Şekil-2.55: Batlamyus'un evren görüşü

İskenderiye'de yaşayan PTOLEMİUS (Batlamyus) (MS 87-151) ünlü bir coğrafyacı ve aynı zamanda astronomdur. Dünya'nın Güneş sisteminin merkezinde olduğunu ve gezegenlerin Güneş ile birlikte Dünya etrafında dolaştığını söyledi (şekil-2.54 ve 2.55). Bu yanlış kuram yüzünden bazı gezegenlerin ilmekli zahiri hareketleri için Apollonius'un episikloid kuramını benimsiyordu. Dünya'nın etrafının hava ile kaplı ve bunun dışında Dünyayı ısıtan ve aydınlatan bir ateş kuşağı olduğunu, bu kuşaktan sonra sıra ile Ay, Merkür, Venüs, Güneş, Merih, Jüpiter ve Satürn gibi diğer gök cisimleri, daha sonra da sabit yıldızların içinde bulunduğu ve döndüğü kabul edilen bir küreyle evrenin sınırlandığı görüşünü ortaya attı. Batlamyus'un bu görüşü 15. yüzyılda Kopernik'e kadar süregelmiştir.

Batlamyus'un "Astronomi" isimli yapıtı 815 yılında Arapçaya en yüksek anlamına gelen El-Mijisti ismiyle daha sonra Latinceye Almagest ismiyle çevrilmiştir. 13 ciltlik bu yapıt ölümünden sonra da çok uzun süre astronomlara el kitabı olmuştur. Bu yapıtta aşağıdaki konular incelenmiştir: I. ve II.cilt : Güneş, Ay ve gezegenlerin hareketleri, yerin yuvarlak oluşu, dönmediği ve merkezde oluşu, III. cilt : Yıl uzunluğu ve Güneş teorisi, IV. cilt : Ay uzunluğu ve Ay teorisi, V. cilt: Astronomi aletlerinden astrolabium (usturlab), VI. cilt : Tutulmalar, VII-VIII.cilt : 1028 yıldız içeren yıldız kataloğu, IX-XIII. cilt : Gezegenler teorisi. Almagest'in I. cildinde düzgün beşgen çizimi olduğu belirtilmektedir (Cantor II,S.462). Bu duruma göre (şekil-2.56) daki  $1/3 - 1/5 = 2/15$  ve  $1/5 - 1/6 = 1/30$  vb ilişkileri de dikkate alınarak düzgün 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 24, 30,...kenarlı çokgenlerin çizimleri de biliniyordu. Kirişler dörtgeninde karşılıklı kenarların çarpımları toplamının köşegenler çarpımına eşit olduğunu söyledi.



Şekil-2.56: Düzgün çokgenler

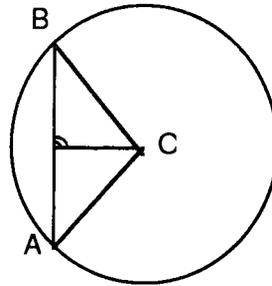


Şekil-2.57: Batlamyus'un Dünya haritası (Bunbury)

Batlamyus coğrafya atlaslarının yapımına yarayan projeksiyon sistemleri hakkında da çalışmalar yaptı. Sekiz ciltlik "Coğrafya" isimli kitabındaki haritalardan anlaşıldığına ekvatoru 360 dereceye bölerek boylam başlangıcını Kanarya adalarında Ferro'yu almıştır<sup>1)</sup>. Enlemler ise ekvatoradan itibaren sayılmaktadır. 1 derecelik meridyen uzunluğu için 500 stadya ve küre olarak kabul ettiği Dünya çevresini 180 000 stadya almıştır<sup>2)</sup>. Batlamyus'un bir Dünya haritası (şekil-2.57) de görülmektedir. Batlamyus'un coğrafya isimli yapıtında çeşitli kentlere ait astronomik bilgiler bir liste halinde verilmiştir. Batlamyus'un bir Dünya haritası (şekil-2.57) de görülmektedir. Batlamyus'un "Coğrafya" bulunduğu ünlü İskenderiye kitaplığının MS 391 de sarayda çıkan bir ayaklanma sonucunda yanması ile yok oldu. Kitabın ilk el yazma kopyasını 5. yüzyılda yaşayan Yunanlı keşiş AGATHADEMON yaptı. Bu yapıt Vatikan'da saklanmaktadır. Bundan 800 yıl sonra Bizanslı keşiş Maximos PLANUDES (1260-1310) coğrafya kitabının el yazması kopyasına haritalar çizdi. Bu yapıtın kopyaları da Athos dağındaki Vetopedi manastırında, Londra ve Leningrad (St Petersburg) tadır. Daha sonra yapılan kopyalarına yeni haritalar ilave edilmiştir (Pfeifer 1975). Batlamyus'un optik ile ilgili çalışmaları da vardır. Hesaplarında  $\pi=377/120 = 3.141666\dots$  almıştır.

MS 80 yıllarında MENELAOS, Sferika isimli yapıtında küresel trigonometrinin temellerini inceledi ve 1/2 derece adımlarla artan ve 180 dereceye kadar büyüyen bir kiriş cetveli hazırladı. 60 lık tabana göre hazırlanan bu cetvele göre 90 derecelik açı kirişi için 84-51-10 değeri verilmekte ve bu değer ile  $AB = 2 \sin 45^\circ$  veya  $2 \sin 45^\circ = 84/60 + 51/60^2 + 10/60^3$  gösterimi ile  $2 \sin 45^\circ = 305470/216000 = 1.41421 = \sqrt{2}$  şeklinde hesaplanmaktadır. Aynı şekilde  $\pi$  için 3-8-30 ve  $\sin 1^\circ = 1-2-50$  alınmıştır, Yani  $\pi = 3 + 8/60 + 30/3600 = 3 \frac{17}{20} = 377/120 = 3.141666\dots$  ve  $\sin 1^\circ = 1/60 + 2/3600 = 50/216000 = 0.017453703$  dir.

Çözümleri tam sayı olan problemlerden oluşan ve kendi adı ile anılan DİOPHANTUS (Diyofant) (210-290) un "Matematik" isimli bir kitabı vardır. Çalışması Araplar sayesinde günümüze ulaşmıştır. Bu kitap 16. yüzyılda Latinceye çevrilmiştir. MS 400 de İskenderiye'de yaşayan PAPPUS "Matematik koleksiyonu" isimli kitabında zamanın bilgilerini özetlemiştir.



Şekil-2.58: Açınnın kiriş ile ölçümü

Bu konu ile ilgili diğer kaynaklar: Bilgin, Jordan-Eggert-Kneissl, Kracke, Günther, Uckert, vd.

1) Bu kabul 1883 yılına kadar sürerek bu tarihten sonra Greenwich boylam başlangıcı seçilmiştir.

2) 1 resmi Mısır stadyası 210 m dir.

## 2.4 ROMA

Romalılar savaşçı bir ulus olmaları nedeni ile Yunanlıların başlattıkları bilimi devam ettiremediler. Geometri sadece savaş amacı için gelişmiştir. Hücum ettikleri bir kalenin sur yüksekliği, yapılacak kule veya merdivenler için önemliydi. Aynı şekilde diğer sahilinde düşmanın bulunduğu bir nehrin genişliğini bilmek de çok önemliydi. Savaşta kazanılan yerlerin birbirlerine göre kaç günlük mesafede oldukları veya bir kaleye giderken nerelerde konaklama yapılacağını göstermek amacı ile tipik rule şeklinde yol haritaları yapmışlardır. Romalılar araştırmalarında pratik yararlılığa önem verdiler. Yol, köprü, su yolu kemeri(viyadük)inşaatına, kişi ve kamu ilişkilerini düzenleme, ordu kurma gibi askerlik, devlet yönetimi ve hukuk konularında üstün olmalarına karşın yaratıcı düşünce alanında fazla birşeyleri yoktu. Romalılar özellikle Yunanlıların teorik düşünme ve gözlem arasında kurmayı başardıkları göreceli dengeye bir türlü erişemediler.

### 2.4.1 Romalılarda Rakamlar

Kullanılan rakamlar hala bazı anıtlardaki tarihleri göstermek üzere veya bazı kitapların konu bölümlenmelerinde veya sıralamalarda görülmektedir. 1923 için önceleri MDCCCXXIII = 1923 olarak yazılıyordu. Bu yazılımda daha sonraları DCCCC = CM = 900 ; VIII = IX = 9 kısaltmaları kullanıldı. Böylelikle 1923 için MCMXXIII = 1923 yazıldı. V = 5 sembolü ilk Roma anıtlarında U veya Λ olarak gösterilmiştir. Daha sonraları V şekline girmeleri bir elin parmak sayısını temsil etmek üzere baş parmakla diğer dört parmak arasındaki açıklığın sembolü olarak düşünülmüştür. X =10 ise iki elin birlikte parmak sayısını göstermek amacı ile çapraz durumda oluşturduğu bir şekilden esinlenilmiştir. L=50 ise önceleri çoğu kez ↓ sembolü ile gösterilmiş, daha sonraları bunun yerine anıtlarda ⊥ sembolü kullanılmış ve bu sembolün de sol yarısı atılarak üretilmiş olduğu söylenmektedir. C için Centum (100) ve M için Mille (1000) Latince karşılığındaki kelimenin ilk harfleri alınmıştır.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	XX	L	C	D	M	CCICCC		
10	20	50	100	500	1000	10000		

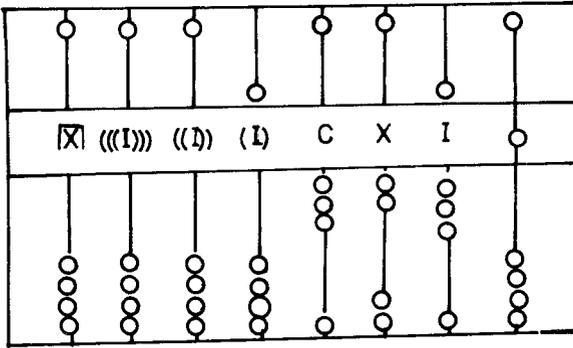
Şekil-2.59: Romalılarda rakamlar

Roma rakamları ile hesaplama pek pratik değildir. Şekil-2.60 da  $4600 \times 23$  işlemi gösterilmektedir. Bu işlem için  $4600 \times 23 = (4000+600)(20+3) = 600 \times 3 + 4000 \times 3 + 600 \times 20 + 4000 \times 20$  şeklinde çarpma abaküsünde bu işlemler yapılmaktadır. Daha sonraları bu abaküsler geliştirilerek Yunanlılardaki gibi taş veya boncuk gibi şeyleri koyma yerine taşların bağlı olduğu bir düzen yapıldı. Ara yerdeki 5 li sütunlar burada birler, onlar, yüzler vb sütunları üzerine getirildi (şekil- 2.61). Romalılar 1000 için (I), 10 000 için ((I)), 100 000 için (((I))) ve milyon için  $\overline{\text{IX}}$  sembolünü

kullanıyorlardı. En sağdaki 0 yazılmış sütun ise 1 unze = 1/12 As için öngörülmüştü<sup>1)</sup>.

10 <sup>6</sup> MM	10 <sup>5</sup> CM	10 <sup>4</sup> XM	10 <sup>3</sup> M	10 <sup>2</sup> C	10 X	1 I	
			IV	VI			4600 (çarpılan)
		I I VIII	I II II	VIII			600x3= 1800 4000x3=12000 600x20=12000 4000x20=80000
	I	-	V	VIII	-	-	CM+VM+VIIC=105800
					II	III	23 (çarpan)

Şekil-2.60:Roma sayılarıyla çarpma



Şekil-2.61:Roma abaküsü (5328 yazılı)

## 2.4.2 Romalılarda Takvim

Romalılar Güneş yılını Yunanlılardan almışlardır. MÖ 45 yılında İskenderiye seferinden zaferle dönen Jül SEZAR (MÖ 101-44) in İskenderiyeli astronom SOSİGENES'e düzenlediği takvime göre yıl 30 ve 31 günlük 12 aya bölünerek toplam 365 gün ve her dört yılda bir gün yılın son günü olan 28 günlük Şubatın sonuna ekleniyordu. Yani yeni yıl 1 Mart ile başlıyordu. Jül Sezar'ın düzenlediği takvime kendi adı verilerek Jülyen takvimi denmiştir. Bu takvim Güneş'e göre düzenlenmiş ve 365.25 gün uzunluğundadır. 4 ile tam bölünebilen yıllar artık yıllardır. Sezar kendi adını Temmuz (July) vermiştir. Daha sonra imparator Augustus (MÖ 63-MS 14) da 6. aya kendi ismini vermiştir. Her ikisi de 31 günlük uzun (büyük) bir aya isimlerinin verilmesinde ısrar etmişlerdir. Eylül-Aralık arasındaki ayların isimleri bu ayların Mart ayı

<sup>1)</sup> As Roma para birimi idi ve 12 de birine unze deniliyordu. Yani bu sütun 1/12 lik kesirli sayılar için düşünülmüştü.

başlangıç olmak üzere Latince sıra numarasını göstermektedir. Bu yüzden bugünkü kullanımlarında iki aylık bir kayıklık görülmektedir. Bu takvim 1582 yılında Gregorian takvimine kadar sürmüştür. Ayrıca MÖ 01.01.4713 tarihinde başlayarak sadece günlerin sayıldığı "Julianik Datum" (J.D.) vardır. Buna göre 01.01.1980 = 2 444 240 J.D. dir.

Jülyen takvimine göre ay isimleri

No	Ay ismi	Gün sayısı	İsmin kaynağı
1	Martius	31	Mars (Merih) ayı
2	Aprilis	30	Açılma ayı (çiçek ve meyva)
3	Maius	31	Büyük tanrı Jüpiter ayı
4	Junius	30	Junii (Romalı general) ayı
5	Quintilus (Julius)	31	5. ay (Jül Sezar'ın ayı)
6	Sextilis (Augustus)	31	6.ay (Augustus'un ayı)
7	September	30	7.ay
8	October	31	8.ay
9	November	30	9.ay
10	Dezember	31	10.ay
11	Januarius	31	Janus tanrısı ayı
12	Februarius	28 veya 29	Februa ayı

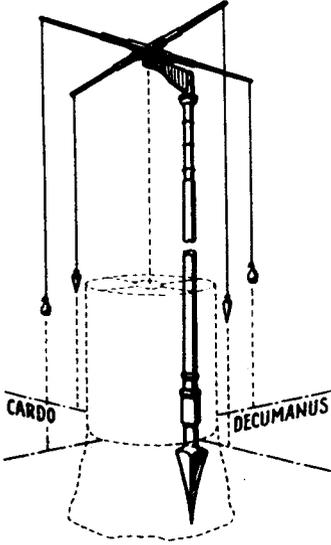
### 2.4.3 Romalılarda Ölçü Aletleri

Romalı haritacılar araziye askeri, politik, vergi ve özellikle tapınak amaçları için bölmek istediklerinde hep dik açılı sistem kullanıyorlardı. Bunun için arazide birbirine dik iki doğrultu seçilirdi. Romalıların haritacılığı aldığı Etrüskler de bu tür tapınak ve benzeri yapıların yönlerini, birçok uygarlıklarda olduğu gibi gökyüzünden almışlardır. Bu doğrultular genellikle kuzey-güney (cardo) ve doğu-batı (decumanus) doğrultuları olurdu. Bu doğrultular şimdiki koordinat sistemine benzerdi. Bu doğrultuların aplikasyonunda groma aleti kullanılırdı. Bu alet, birbirine dik olarak tutturulmuş iki çubuk ile uçlarında asılan dört çekülden ibarettir (şekil-2.62 ve 2.63). Böyle bir alet 1912 de Pompei'de bir demirci dükkanında bulunmuştur. Romalılarda haritacılık onurlu ve sevilen bir meslekti. Bu yüzden bazı haritacılar mezar taşlarına groma aletinin resmini koyuyorlardı. Şekil-2.66 da L.Aebutius FAUSTUS'un mezar taşı görülmektedir<sup>1)</sup>.

Aplikasyonu yapılacak doğrunun çok uzun olduğu durumlarda gölge ölçmek için Gnomon aleti kullanılırdı. Bu alet, üzeri bölümlenmiş bir çubuk şeklindedir (şekil-2.64). Bazen de gölge boyunu ölçmek amacı ile bölümlenmiş bir altlığı vardı (şekil-2.65 ve 3.14). 100 km uzunluğunda bir çizgi gibi dümdüz olan hatların (limes),  $\pm 1$  m incelikte aplikasyonunu yapan Romalılar bu konuda oldukça ilerlemişlerdi (*Rinner, Hammer 1911, Novotny*). Su getirme çalışmalarında karşılaştıkları boru hesabında  $\pi$  için  $22/7$  almışlardır.

Romalılar, su kanalları ve yol inşaatlarında nivo görevini yapan chorobat denilen ve üzerinde iki m uzunluğunda su dolu bir çukur yalak bulunan 6.5 m uzunluğunda dar masa şeklinde bir alet kullanıyorlardı. Bu masa çeşitli yönlerine asılan çeküllerle düzgün bir biçimde yatay olarak kurulur ve çukur yalaktaki suyun düzeyi ile yataylık kontrol edilirdi. Sonra da mevcut gözleme düzeneği (dioptr) ile yatay doğrultu gözlenirdi (şekil-2.67).

<sup>1)</sup> Roma'da Kapitol müzesindedir.



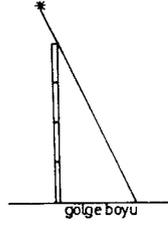
Şekil-2.62:Groma



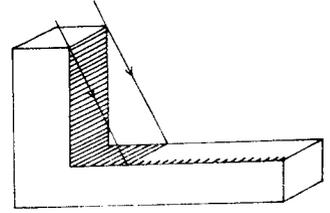
Şekil-2.63: Groma aletini kullanan Romalı



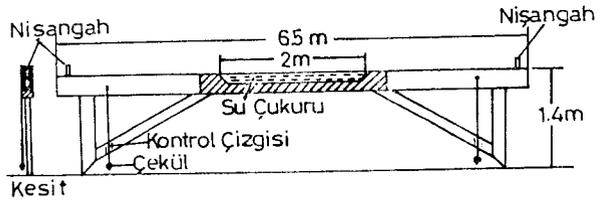
Şekil-2.66:Romalı bir haritacının mezar taşında groma aleti



Şekil-2.64: Gnomon



Şekil-2.65:Gnomon



Şekil-2.67: Chorobat

Çeşitli ölçü işlerini yapanların ünvanları da farklıdır. Örneğin; mensur (ölçücü), gromatici (groma aletini kullanan), agrimensur (arazi ölçücü), bematist (adım sayıcı), finitores (sınır belirleyici), mensores frumentarii (tahıl ölçücü), mensores aedificiorum (bina ölçücü), castramentosores ( askeri alan haritacısı), decempedatores (10 ayaklık ölçü cubuğu ile ölçen) gibi.

Romalılarda uzunluk ve alan ölçü birimleri  
1 digitus (parmak)=1.85 cm  
1 palmus (el genişliği)=4 digitus=7.4 cm  
1 pes (ayak)=4 palmus=16 parmak=1/10 rute=29.63 cm  
1 passus (adım)=5 pes=1.48 m  
1 adim =5 ayak=1.480 m  
1 decempade (pertica)= 10 ayak=2.96 m  
1 actus=120 pedes (ayak)=35.52 m  
1 stadya=1/8 roma mili= 185.185 m  
1 milliarum (mil)=1000 adım=1.481 km  
1 günlük yol=(200 stadya)=37.037 km  
1 zenturie=1/4 saltus=100 heredium=200 yoch=505679 m<sup>2</sup>  
1 versus=877.915 m<sup>2</sup>  
1 clima= 316.05 m<sup>2</sup> şeklindedir (*Luciani*).

Roma uygarlığında bilim alanında özellikle haritacılık yönünden katkıları olanların kronolojik bir sırası aşağıda verilmiştir.

Marcus Porcius CATO (MÖ 234-149), "censorius" lakaplı politikacı ve yazar, "De agri cultura" isimli tarım kitabını yazdı. Romalı bilim adamı ve Pompei'nin kumandanı Marcus Terentius VARRO (MÖ 116-37), yazdığı Geometri kitabında yerin şeklinin yumurta gibi olduğunu belirtmiş, gemicilik, kıyıların tanımı, gel-git olayı ve arazi ölçüsü (De Mensuris) ile ilgili konulardan bahsetmiştir. Romalı mimar Marcus VİTRUVİUS (MÖ 88-26) yazdığı 10 ciltlik mimarlık konusundaki kitabında güneş saati, su çarkı, hidrolik ve mekanik konularında bilgi vermiştir.

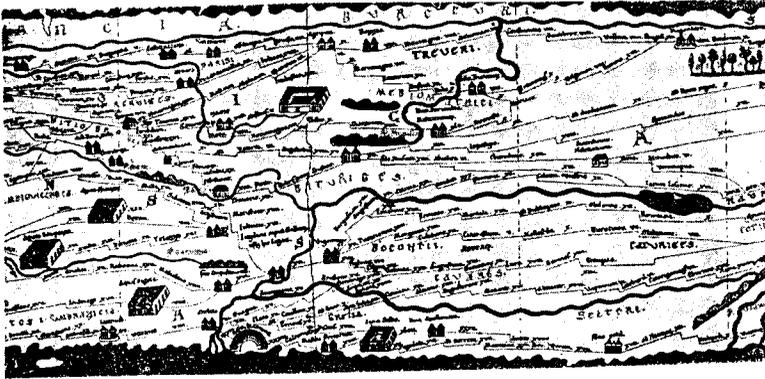
Romalı general ve devlet adamı Marcus Vispanius AGRİPPA (MÖ 63-12), senatör, Augustus'un dostu ve damadı, Roma yolları ve şehircilik konularında çalışmalar yaptı. Dünya'nın bilinen yerlerinin haritasının yapılması ile görevlendirildi, ancak buna ömrü yetmedi. Yapılan haritalar Roma'nın kendi adı ile anılan Agrippa kapısına asılarak halka gösterildi (*Peters 1958*). Bu haritalar daha çok kral AUGUSTUS (Ogüst) (MÖ 63-MS 14) tarafından yaptırılan Roma imparatorluğundaki kentlere ulaşılan yol haritalarıdır. Haritalar 3-4 m uzunlukta ruleler halinde yapılmıştır, üzerlerinde oran ve ölçek yoktur, daha çok kentlerin, kalelerin yerleri belirtilerek buralara kaç günde gidilebileceği, konaklama yerleri vb.hakkında bilgiler içermektedirler. Böyle bir örnek şekil-2.68 de görülmektedir. Ren havzasını gösteren bu örnekte kentler, kaleler, yol ve nehirler gibi detaylar kroki şeklinde gösterilmiştir.

Bir başka örnek de şekil-2.69 da Constantinopolus (İstanbul), Marmara ve Ege denizi, Girit adası ve civarı görülmektedir. Girit adasının yeri ve büyüklüğü, Pontus olarak gösterilen Karadenizin darlığı gibi noktalar bu haritaların ölçeksiz bir kroki niteliğini taşıdığını göstermektedir.

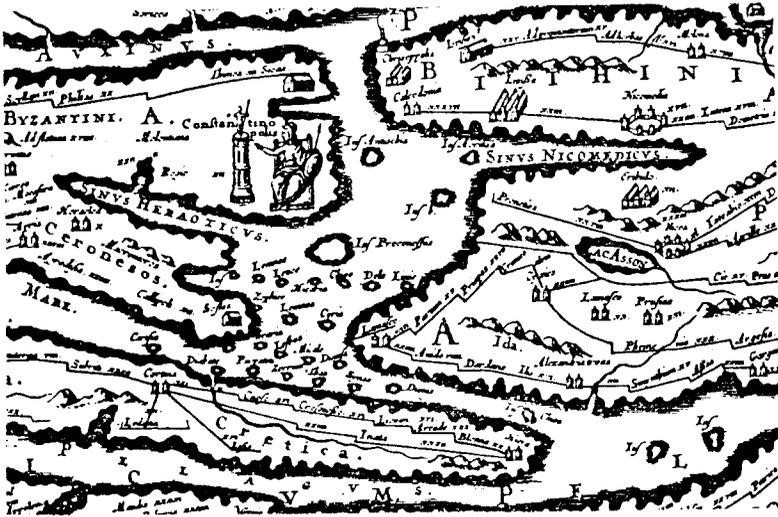
PİLİNİUS (23-79), 37 ciltlik doğa tarihi yazarak Germania'daki yöreyi coğrafik yönden incelemiştir. MS I. yüzyılda coğrafyacı Pomponius MELA tarafından "Di situ orbis" (Dünyanın konumu) ve "De Chorographia" (topografya) yazılan kitaplardaki

bilgilerden oluşturulan Dünya haritası şekil-2.70 de görülmektedir. Bir başka tür yol haritası da şekil-2.71 de görülmektedir. Fabius QUINTILIANUS (35-95) ve BALBUS, Romalılarda haritacılık yönünden büyük katkıları olan kişilerdir.

Sextus Julius FRONTINIUS (40-103), Roma'nın içme su ihtiyacını karşılamak üzere yapılan Aquadük (su köprüsü) genel müdürü olmuştur. Emrinde bu konu ile ilgili çalışan 700 memur kadrosu vardı. Yazdığı "Ülke ölçmeleri" adında bir kitabı kayıptır. Roma'nın içme suyu isimli kitabı vardır.



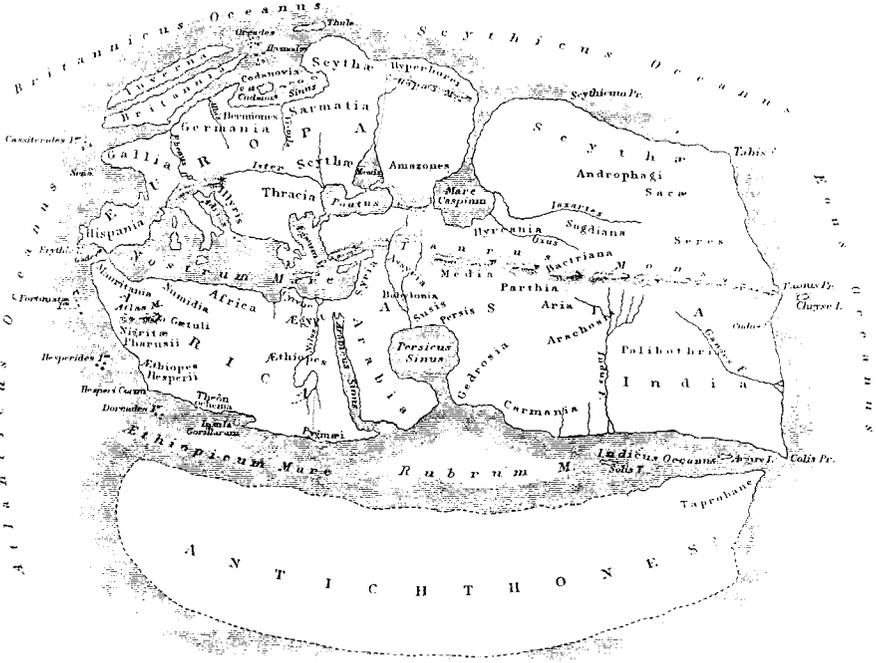
Şekil-2.68: Roma haritası (Ren havzası/Germania)



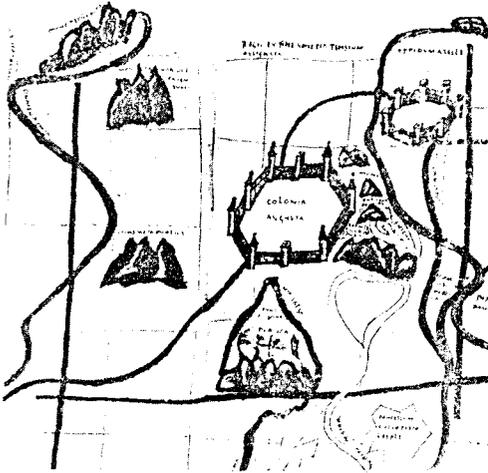
Şekil-2.69: Roma haritası (İstanbul, Ege denizi ve civarı)

MS 52 de I. CLADIUS zamanında Fucino gölü drenajı için bir tünel yapıldı. Yaklaşık 6.5 km uzunluğunda ve kesiti 1.8x3.0 m olan tünel 120 m derinliktedir. MS 100 yıllarında Tyrus'lu MARINUS ara uzaklık koruyan dik açılı (dikdörtgen ağ) silindirik projeksiyonlu bir harita yaptı. Boylam başlangıcını Kanarya adalarında aldı. Roma kralı Septinus SEVERUS (193-211) tarafından Roma'nın şehir planı yaptırılmıştır. 1:200 ölçekli ve 712 adet mermere işlenmiş olan bu haritanın orijinali 13x18 m dir. Bu planın yaklaşık 1/10 u günümüze ulaşmış, diğer kısımları ise kayıptır (şekil-2.72).

Romalılar kazandıkları yeni ülkeleri bir yol ağı ile bağlarlardı. Bu amaçla imparatorluğun içinde 10 000 km lik ana yol ve 200 000 km lik tali (2.derece) bir yol ağı yaptılar (*Rinner*). Ayrıca Tunus'ta 100 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsayan bir şehir planı da yapmışlardır. Bu planda yollar birbirlerini dik kesen bir ağ biçimindedir.



Şekil-2.70: Pomponius MELA'ya göre Dünya haritası MS I. yüzyıl (*Bunbury*)



Şekil-2.71: Roma yol haritası



Şekil-2.72: Roma şehir planı

Konu ile ilgili olarak diğer kaynaklar: *Bialas, Bilgin, Blume-Lachmann, Bunbury, Cantor, Christian, Deumlich, Dilke, Doppelfeld, Gobel, Grewe, Hinrichs, Hotzel, Kapelle, Lachmann-Rudorff, Lachmann-Rudorff-Blume, Stohler, Stöber, Trendelburg, Ukert, Weissgerber, Wiener, vd.*

## 2.5. MAYA

Amerika kıtası Kristof Kolomb'un keşfine kadar batı Dünyası tarafından bilinmemektedir. Orta ve güney Amerika'da da antik çağda bazı uygarlıklar yeşermiştir. Bunlardan orta Amerika'da gelişen Maya kültürü MS 1000 yıllarında doruk noktasına gelmiştir. Mayalar, özellikle astronomi, takvim ve ölçme işlerinde gelişmeler sağlamışlardır (*Stierlin*). Mayalar kullandıkları sayı sisteminde Hintlilerden 1000 yıl önce sıfırı buldukları söylenmektedir. Sayılar için üç sembol kullanmışlardır (şekil- 2.73).

Nokta ---- çizgi  $\ominus$  sıfır (istridye şeklinde)

Buna göre sayılar

$\ominus$	•	••	•••	••••
0	1	2	3	4
<hr style="width: 100%;"/>				
	•	••	•••	••••
5	6	7	8	9
<hr style="width: 100%;"/>				
====	•	••	•••	••••
10	11	12	13	14
<hr style="width: 100%;"/>				
====	•	••	•••	••••
15	16	17	18	19

Şekil-2.73: Maya sayıları

Mayalar 20 tabanına göre hesap yapıyorlardı. Büyük sayıları aşağıdan yukarı doğru okunan sütunlar halinde yazarlardı. 20 den büyük rakamlar için yeni bir satır başlar ve bu satır toplam sayının içindeki 20 lerin adedini yazmak için kullanılırdı.

$$\begin{array}{r} \equiv = 11 \times 20 = 220 \\ = = 14 = +14 \\ \hline 234 \end{array}$$

Aynı şekilde 3. sıra 400 lerin ( $20^2$ ) sayısını, 5. sıra 8000 ( $20^3$ ) sayısını göstermekte ve sıralama bu şekilde devam etmektedir. Örnek olarak 100 000 sayısı için

$$\begin{array}{r} \equiv = 12 \times 20^3 = 96\ 000 \\ = = 10 \times 20^2 = 4\ 000 \\ \ominus = 0 \times 20^1 = 0 \\ \ominus = 0 \times 20^0 = 0 \end{array}$$

-----  
100 000 yazılırdı (*Smith II,S.44*).

Mayalar astronomide de oldukça ilerlemişlerdir. Maya tarih sistemi başlangıç olarak MÖ 12 Ağustos 3113 alındığı sanılmaktadır. Bir yıl 20 şer günlük 18 aydan oluşmuştur. Ayrıca haab denilen beş ekstra gün daha vardır. 360 günlük peryoda tun denir. Mayalar'da zaman birimleri;

1 kin	= 1 gün	
20 kin	= 1 uinal	= 20 gün
18 uinal	= 1 tun	= 360 gün
20 tun	= 1 katun	= 7200 gün
20 katun	= 1 baktun	= 144 000 gündür.

Bu dizi böylece 23 040 milyon gün (63 milyon yıl) dan oluşan 1 alatun'a kadar gider. Ayrıca 260 günlük dini yıl ve 584 (bu günkü hesaplamalarda 583.92) Dünya günü süren Venüs yılı vardır. MÖ 15.02.3379 yılındaki bir Ay tutulmasını gözlemişlerdir (*Friend, Minow 1974*).

Uaxactun (Guatemala) da yapılan arkeolojik çalışmalarda MÖ 500 yılına ait bazı tapınaklar ortaya çıkarılmıştır. Bu yapıların belli bir plana göre inşa edildikleri, piramitlerin, gözleme teraslarının ve merdivenlerinin gök-yönlerine uyduğu anlaşılmaktadır.

Güney Amerika'da Peru'daki İnka uygarlığı da Mayalar'dan ayrı olarak gelişmiştir. Özellikle Romalılar gibi Kolombiya'dan Şili'ye kadar uzanan gayet düzgün ve 11 000 km lik bir yol ağı yapmışlardır.

## 2.6. ÇİN

### 2.6.1 Çinlilerde Sayı Sistemi

Çinliler sayıları küçük bambu çubukları ile ifade ederlerdi. Şekil-2.74 de Çinlilerin hesap tablasında bazı rakamları nasıl ifade ettikleri görülmektedir. Bu hesaplama ve yazma sisteminde de 10 tabanlı (desimal) sayı sistemine benzerlik vardır. Çinlilerin desimal sistemini ilk kullanan ülke olduğu söylenmektedir. MÖ 2. yüzyılda ölçü sistemlerinde 10 luk sistem kullanmışlardır (*Juschkewitsch*). Ayrıca 5, 50, 500 gibi rakamlar için aynı basamaktaki çubuğu dik olacak şekilde koymakla bir kısa gösterim şekli bulunmuştur. Sıfır için aşağıda 7037 rakamında görüldüğü şekilde Romalı ve Yunanlılarda olduğu gibi söz konusu basamakta hiç bir işaret yoktu ve orası boş kalıyordu. Daha sonraları Hintlilerin 10 luk sistemde rakamlar yazması ve sıfır için de bir sembol icadı bu konuda büyük bir aşama olarak kaydedilmiştir.

İki tabanlı sayı sistemi de Çinliler tarafından çok önceleri bilindiği Cizvit papazı ve saray matematikçisi olarak çalışan Claudio Filippo GRIMALDİ, Ferdinand VERBIEST ve daha sonraları P.BOUVET tarafından LEİBNİZ'e aktarılan bilgilerden öğrenilmektedir. Ancak bu sistem daha sonra kullanılmadığından unutulmuştur. Bu sistem kral FO-Hİ zamanında YİH KİNG tarafından yazılan kitapta bahsedilmiş olup 0 (sıfır) için yaratılmadan önceki boşluk, 1 (bir) tanrı olarak ve 11 (bir-bir) gök ve yer olarak temsil edilmiştir (*Kioscha*).

Çinlilerin matematik bilgileri MS 263 yılında yazıldığı sanılan "Dokuz kitapta matematik" isimli ve matematik ansiklopedisine benzeyen bir kitaptan öğrenilmiştir. Bu

kitapta  $\pi = 3.14159$  olarak hesabı, karekök ve küpkök alımı, n bilinmeyenli n doğrusal denklemin çözümü gibi konular gösterilmiş, eksi sayılardan ilk defa bu yapıtta söz edilmiştir. Dik üçgenlerin çözümü ve bunlara ilişkin problemlerin yanı sıra yanına varılmayan noktalara ait ölçü ve hesabı, dağ yüksekliği, kuyu derinliği gibi problemler yer almıştır.

Binler	Yüzler	Onlar	Birler	
				4
				7
				30
		⊥		70
				300
				800
⊥				2000

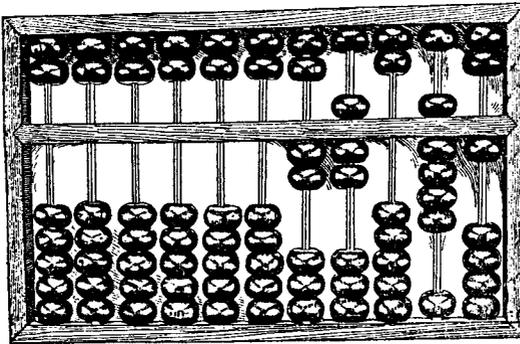
$$\text{⊥} ||| \text{⊥} \text{⊥} = 2376$$

$$\text{⊥} ||| \text{⊥} ||| = 7824$$

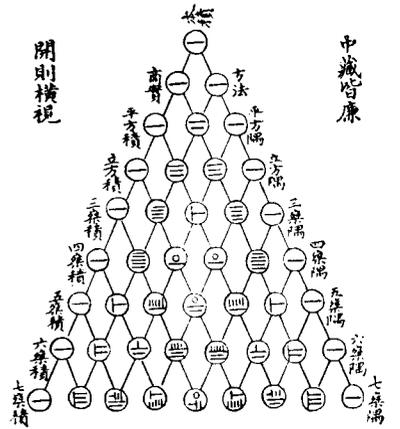
$$\text{⊥} \text{⊥} ||| = 7037$$

Şekil-2.74: Çin hesap tablası

圖方察七法古



Şekil-2.75: 12. yy. dan bir Çin abaküsü (suan-pan)



一	二	三	四	五	六	七
---	---	---	---	---	---	---

Şekil-2.76: Binom katsayıları

MÖ 1000 yıllarında CHIU CHANG SUAN SHU tarafından alan hesabının da gösterildiği bir hesap öğrenim kitabı yazılmıştır. Hesaplama aracı olarak suan-pan denilen abaküsün modern bir şekli (12. yüzyıl) şekil-2.75 de görülmektedir. Burada üst kısmında iki taşın herbiri 5 ve alt kısmında beş taşın herbiri 1 değerinde olup şekilde 27091 yazılmıştır. Yine 1303 yılından kalma el yazması bir kitapta, daha sonraları Pascal üçgeni olarak adlandırılan Binom katsayıları şekil-2.76 da görülmektedir.

Çinliler hesaplamalarında önceleri  $\pi=3$  alırken daha sonraları  $\pi=27/8$  ve 1. yüzyılda  $\pi=\sqrt{10}$ , ve 3. yüzyılda  $\pi=142/45$  almışlardır. 5. yüzyılda  $\pi$  için  $22/7$  ve  $355/113$  alındığı görülmektedir. Yine MS 5. yüzyılda  $\pi$  için  $3.1415926 < \pi < 3.1415927$  hesaplanmıştır (*Juschkevitsch*).

## 2.6.2 Çinlilerde Astronomi

Çin, astronominin erken geliştiği ülkelerden biridir. Çin'de astronomi saray astronomları tarafından izlenerek kaydedilmiştir. MÖ 2608 de Çin'de imparator HUANGDI bir gözlemevi yaptırarak güvenilir bir takvim yapma emrini vermişti. MÖ 2160 yıllarında Güneş tutulmalarına ait kayıtlara rastlanmaktadır. MÖ 2160 yılında ZHANG OZANG'ın imparatorluğu sırasında saray astronomlarından HO ile HI o yıla ilişkin Güneş tutulmasını önceden bilmediklerinden ölüme mahkum edilmişlerdir. MÖ 2000 yıllarında Çinli astronomlar daireyi bir yıldaki gün sayısı olan 365.25 e bölüyorlardı. Eski Çin takvimleri, Babilliler gibi 19 yıllık artık periyodlu Ay yılına göre düzenlenmişti. Satürn gezegeninin turu MÖ 100 yılında 28 yıl olarak belirtilirken daha sonraları 29.79 yıl ve MS 100 yıllarında 29.51 olarak düzeltilmiştir. Bu değer günümüze göre 0.05 yıl kadar farklıdır.

MÖ 2. yüzyılda imparator TSİN CHİ HOANG, bilginleriyle birkaç tartışmadan sonra mevcut tüm bilgilerin yazılı eserlerini yaktırdı. Böylece bilginler yapıtlarındaki tüm bilgileri ezberlemek zorunda kaldılar. Astronom ZHANG HENG dönebilen bir yerküresi globusu yapmış, böylelikle Dünyanın yuvarlaklığını, uzayın hacim ve zaman sonsuzluğunu öğretmiştir. MS 600 yıllarında LIU ZHUO tarafından bahsedilen ve MS 725 de astronom NAN GONG-YUE tarafından gerçekleştirilen 1 derecelik meridyen uzunluğu ölçüsü urgan şeritle gerçekleştirilmiştir<sup>1)</sup>. 13. yüzyılda çinli astronom KOCHEOU KING bazı kentlerin coğrafik koordinatlarını ölçerek bir katalog düzenlemiştir. Ölçüleri yeniden ele alan Cizvit misyonerleri bu değerleri kendilerinininki ile  $\pm 20'$  uyumlu bulurlar. Bu astronom bir gözlemevi planı çizdirerek yıl boyunca yaptığı gözlemleri bu gözlemevinde toplamıştır.

## 2.6.3 Çinlilerde Haritacılık

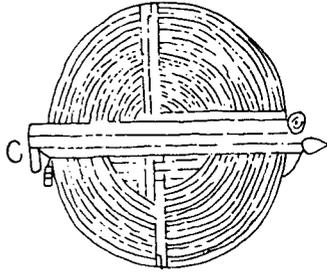
Antik çin haritacılığına ait bilgiler TSHON-LI (MÖ 1100) nin kitabından öğrenilmektedir. Buna göre kral KANG-WANG (MÖ 1078-1053), MÖ 1060 da ülkenin tamamının ölçülmesi emrini vermiştir. Gerçi SHANG hanedanlığının başlangıcında (MÖ 1520-1030) bazı haritalar mevcuttu, ancak yeterli değildi. Harita alımında gerekli yol uzunlukları bazen tekerleğe takılmış sayaçlarla gerçekleştiriliyordu. Eski Çin'de MS 260 da yer globus'u yapıldı. Daha sonraları 1623 de Jesuit papazı Nicolo LONGOBARDI ve Manuel DIAS tarafından yer küresi yapıldı. Çinlilerin en önemli ölçü aleti CHOU hanedanlığı zamanında (MÖ 1030-221) 2.4 m uzunluğunda bambu kamışından yapılmış

<sup>1)</sup> Bu ölçüler sonucunda 1 derecelik meridyen uzunluğu (351 li, 80 hu) bulunmuştur. Ancak bu ölçülerin karşılığı bilinmediğinden yeryüvarı büyüklüğünün ne kadar olduğu saptanamamıştır.

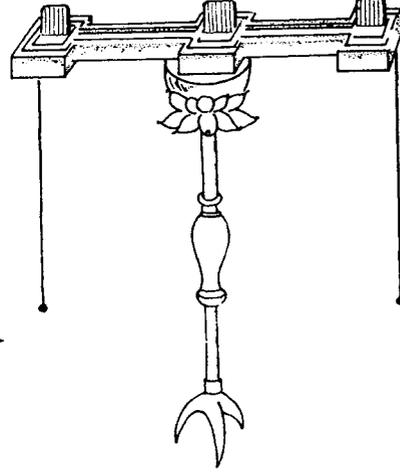
bir gölge çubuğu (gnomon) idi (şekil-2.64). Çekül yardımı ile düşeylenen bu aletle Güneş hareketleri izleniyordu.

Uzunluk ölçüleri, çelik şerit gibi sarılmış organlarla yapılmaktadır (şekil-2.77). Çinde kullanılan ölçü birimleri şunlardır;

1 zang	= 10 Çi	= 100 cun	= 1000 fen
1 fen	= 10 li	= 100 fa	= 1000 hao
1 hao	= 10 miao	= 100 hu	
1 zang	= 100 000 000 hu		



Şekil-2.77: Çin ölçü organı



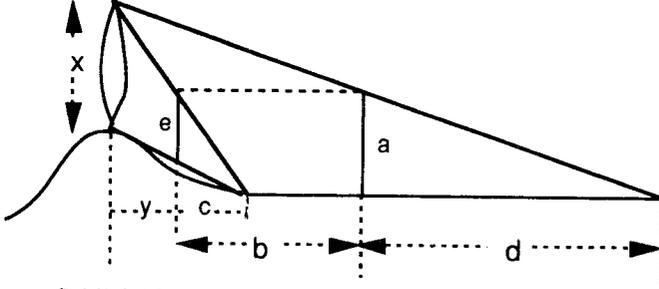
Şekil-2.78: Çin nivosu

Nivelman için su terazisinden yararlanılmıştır. Böyle bir aletin MS 759 da kullanılmış olduğu belirtilmektedir (Deumlich 1988). İçi su ile doldurulmuş üzeri açık olan bu su terazisinde yüzen plakaların üst seviyelerinin yatay olmasından yararlanılarak nivelman yapılmaktadır (şekil-2.78). Bu aletler Çin seddinin yapımında kullanılmıştır. MÖ 3. yüzyılda yapılan bu duvar bir mühendislik harikasıdır. Kesiti yamuk şeklinde olan bu duvarın üst genişliği 7 m, alt genişliği 10 m ve yükseklikleri 9-12 m arasında değişmektedir. 6000 km lik bu duvara yaklaşık 500 milyon metreküp taş döşenmiştir. Çin mühendisleri bundan başka güneyi kuzeye bağlayan 1700 km lik bir kanal inşa etmişlerdir.

Çinliler barutu (MS 860 da), kağıdı, pusula ve basımevini bularak batıdan çok önceleri (MS 815 de) kitap basmışlardır. Deniz ve kara yoluyla bu ülkeye yapılan yolculuklarla bu keşifler batıya tanıtılmıştır. Çubuk şeklindeki mıknatıslı parçaları başlangıçta yüzen tahtalar üzerinde kullanarak yön buluyorlardı. MS 3. yüzyılda mıknatısları gemilerde kullanmağa başladılar. MS 1000 civarında da coğrafik kuzeyle manyetik kuzey arasındaki meridyen yakınsamasının farkındaydılar. 1270 e doğru Çin'e seyahat eden ve orada uzun süre kalan MARCO POLO dönüşte pusulanın kullanımını Avrupa'ya tanıtmıştır.

Pei HSIU (224-271) 18 pafta halinde 1:10 milyon ölçeğinde bir Çin haritası yaptı (Bilgin). MS 260 da LIU HUI tarafından yazılmış bir geometri kitabında şu tip problemler incelenmiştir: Bir adanın denizden yüksekliği; bir tepe üzerindeki bir ağacın yüksekliği; etrafı sur ile çevrili uzak bir kentin yüksekliği; bir uçurumun derinliği; arazideki bir kulenin bir tepeden yapılan gözlemlerle yüksekliğinin bulunması; bir nehrin

denize kavuştuğu yerdeki genişliği; dibi görünen bir nehrin derinliği; bir tepeden yapılan gözlemle bir nehrin genişliğinin belirlenmesi; uzak bir tepeden görülen bir kentin yüksekliğidir. Örnek olarak bir tepe üzerindeki bir ağacın yüksekliğinin bulunması şu şekildedir: Bir tepenin üzerinde  $x$  yüksekliğinde bir ağaç varsa, arası  $b$  olan ve yükseklikleri  $e$  ve  $a$  olan iki çubuk dikilir (şekil 2.79). Ağaç tepesi ile 1. çubuk tepesini birleştiren doğru çubuktan  $c$  kadar uzakta yere değmekte, ağaç tepesi ile 2. çubuğun tepesini birleştiren doğru bu çubuktan  $d$  kadar uzakta yere değmektedir. Ayrıca şekilde  $e$  uzaklığı da verildiğine göre  $x$  ve  $y$  değerleri hesaplanır {yanıt  $x = e + b.e/(d-c)$  ve  $y = b.c/(d-e)$  }.



Şekil-2.79: Ağaç yüksekliği ve uzaklığı problemi

## 2.7. HİNDİSTAN

### 2.7.1 Hintlilerde Matematik

Hintliler günümüzde kullanılan ve 10 sembolle gösterilen 10 luk (desimal) sistemin mucididirler. 10 luk sayı sistemini Hintliler 7. yüzyıldan itibaren kullanmaya başlamışlardır. Sıfır rakamı ise diğer rakamlardan bir süre sonra yine Hintliler tarafından bulunmuştur. Sıfırın bir yazılı belgede ilk görüldüğü tarih MS 738 dir (Cantor, I, S.603) . Hint matematiği konusunda edinilen bilgiler aşağıda sıralanan kitaplardan öğrenilmiştir:

a) MS 4. veya 5. yüzyılda yazıldığı sanılan ve yazarı bilinmeyen "Surya Sidhanta" isimli astronomi kitabı Yunanlılardan esinlendiği sanılmaktadır.

b) Hindistan'ın bugünkü Patna denilen beldesinde MS 499 da 23 yaşında ARYABHATA (476-550) tarafından şiir halinde Sanskritçe yazılan "Aryabhatiya" kitabı astronomi konularında Sidhanta'ya dayanmaktadır. İkinci kısmında aritmetik, cebir, geometri ve trigonometriyi ilgilendiren problemler vardır. Belirsiz iki bilinmeyenli tam sayılarla denklem çözümü, orantı ile ilgili problemler yanında  $\pi = 62832/20\ 000 = 3.1416$  olarak verilmiştir. Bilinen ilk sinüs tablosu yapılmıştır. Bu kitap 1874 de Leiden'de Dr.KERN tarafından aynen basılmıştır. 1879 da Fransa'da Leon RODET tarafından Fransızcaya çevrilerek yayınlanmıştır. Aryabhata, yayların sinüsünü iki katlarının kirişi olarak tarif ediyor ve dairenin I. bölgesinde  $3\ 3/4$  derecelik aralıklarla cetvel halinde veriyor (şekil-2.81).

c) MS 628 yılında BRAHMAGUPTA (598-?) tarafından yazılan "Brahma bilgisini

geliştirme" kitabı da mısralar halinde yazılmış ve kısmen Aryabhata'ya dayanmaktadır. Bu kitabın matematik ile ilgili olan bölümlerinde aritmetik ve geometri problemleri, sayılar teorisi, cebir, 1. ve 2. derece denklem konuları gösterilmiştir.

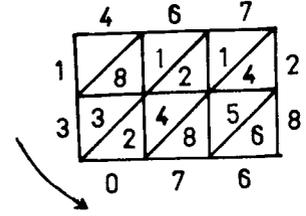
d) MS 850 de MAHAVİRA'nın yazdığı "Kısa Hesap Öğrenimi" kitabı vardır.

e) SRİDHARA (850-950) tarafından yazılan "Hesaplamanın Kısa Öğrenimi" kitabında cebir ve sayılar teorisi konuları işlenmiştir.

f) MS 1150 de yazılan BHASKARA (1114-1178) tarafından yazılan "İlim çelengi" dört kısımdan meydana gelmiştir. İlk iki kısım aritmetik ve cebir, son iki kısım astronomiye aittir. Matematiğe ait bölümde pratik ödevler ve soyut problemler vardır. Ölçü birimleri, tam sayılarla hesaplamalar, karekök ve küpkök hesabı, orantı, iki bilinmeyenli ve 2. derece denklem çözümleri, su dolma ve boşalma problemleri, aritmetik dizilerin toplamı, düzlem geometri problemleri, dik üçgen hesapları, hacim hesapları, Diyophant denklemleri, kombinatorik, bir ve iki bilinmeyenli 1. ve 2. derece denklem çözümlü, Pisagor kuralı isbatı, lineer denklemlerin belirsiz çözümleri, 2. derece denklemlerin belirsiz çözümleri vardır.

g) MS 1500 de NĪLAKANTA tarafından yazılan "Tantra-Sangraha" (Bilimsel ansiklopedi) de arc tan x in kuvvet serisi ve açınımlı ve  $\pi$  nin çeşitli hesaplamaları gösterilmiştir.

Hintlilerin tüm bu hesaplamaları daha sonra Arap ve Avrupa hesap kitaplarına alınmıştır. Hint aritmetiği daha çok geometriye bürünmüştür. Yani bazı aritmetik problemler çizimle çözümlenme yoluna gidilmiştir. Çarpma için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerin birisi örneğin  $467 \times 28 = 13076$  çarpımında (şekil-2.80), çarpanlardan birisi bir dikdörtgenin yukarısına diğeri sağına yazılarak oluşan her karenin içine karenin kenarlarındaki rakamların çarpımları yazılmaktadır.



Şekil-2.80: Hint usulü çarpma

Bu çarpımda 1 ler ve 10 lar basamakları çapraz çizginin birer tarafına yazılarak bu rakamlar köşegenler boyunca sağ üstten sol alta doğru toplanmaktadır. Elde sayılar soldaki toplama eklenerek 13076 bulunmaktadır. Bu tür çarpma İtalya'da ve 400 yıl önce İngiltere'deki okullarda öğretilirdi.

Hintliler, Pisagor kuralını, kenarları tam sayı olan Pisagor üçgenlerini biliyorlardı. Heron formülünü üçgenlerden başka kirisler dörtgenine  $F = \sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)(s-d)}$  kesin olarak ve diğer dörtgenlere yaklaşık bir formül olarak uyguluyorlardı. Ekski ve irrasyonel sayı biliniyordu. Karekök ve küpkök işlemi kuralları şiir şeklinde yazılmıştı. Karekök

ve küpkök için  $\sqrt{a^2+r} \approx a+r/2a$  ve  $\sqrt[3]{a^3+r} \approx a+r/3a^2$  bağıntıları kullanılıyordu. Binom katsayılarını MÖ 2. yüzyılda biliyorlardı.

Yükseklikler ve uzunlukların hesabında düşey duran gnomon çubuğunun gölge boyları ve benzer üçgenler kullanılmıştır. Bu çubuk 12 eşit parçaya bölünerek bunların gölgelerinden bazı trigonometrik problemler çözülmüştür. Bu şekilde bir kesrin pay ve paydasına yazılan ondalıklı sayılarla o zamana kadar bilinmeyen tanjant ve kotanjant

değerlerine gerek duyulmamıştır. Tanjant ve kotanjant değerlerini 9. yüzyılın ilk yarısında Arap bilim adamları ortaya atmıştır.

ARYABHATA kitabında yer çapı için 1600 ve çevre için 5026 14/25 yoyan değerini vermiştir. BHASKARA ise 1150 de yazdığı kitabında gezegenlerin Dünya etrafında döndüğünü, yer çapı için 1600 yoyan , Ay uzaklığı 51 570 yoyan olarak verilmiş ve bu değer yer yarıçapının 64.5 katı olarak Batlamyus'un 64 1/6 katı ölçüsüne çok yakındır (*Dreyer, Kirfel*).

## 2.7.2 Hintlilerde Trigonometri

Sinüs, kosinüs ve sinüs versus yani yarıçap ile kosinüs arasındaki fark Sidhanta ve Aryabhatiya kitaplarında görülmektedir. Sinüs için ardhajiva denmektedir. Ardha = yarım ve jiva = kiriş anlamındadır. Bu kelime daha sonra Arapçaya ciba olarak geçti. Arapçada sessiz harflerle yazılan bu kelime ceyb olarak değişti. Ceyb ise Türkçe cep anlamındadır ve 9. yüzyılın ilk yarısında Müslüman bilim adamları El-HARİZMÎ (Harzemli Mehmet bin Musa) (780-850) ve AL-HABAS (770-870) tarafından bu anlamda kullanılmıştır. AL BATTANÎ (850-929) ise bu kelime için veter-kiriş kelimesini kullanmıştır. 1154 yıllarında ROBERT OF CHESTER Arapçadan Latinceye cep kelimesini sinüs olarak tercüme etmiştir <sup>1)</sup>. Kosinüs için Hintliler kotijiva yani artık kısmın (90 dereceye tamamlayan, tümlerin) sinüsü veya kısaca koti demişlerdir. Arapçaya ise bu kelime tamam-i ceyp (ceyp al-tamam) veya vatar al-tamam olarak çevrilmiştir. Başka bir anlatıma göre Latinler yazmak yerine inscripta dedikleri için bunun yarısına sinüs inscripta adını vermişler, formülleri de bu ifadeyi kısaltarak (s.ins AB) tarzında yazmışlar, zamanla sinüs terimi ortaya çıkmıştır (*Salih Zeki*). 12. yüzyılda Gerhard von CREMONA'nın Latince çevrisinde sinüs residui veya Tivoli'li PLATON'da charda residui olarak karşımıza çıkmaktadır. 15. yüzyılda PEUERBACH ve REGIMONTANUS'tan sonra sinus complementi olmuş ve buradan co.sinus kısaltması ilk defa İngiliz astronomu E.GÜNTER (1581-1626) tarafından 1620 de yapılmıştır. Trigonometrik cetvellerde özellikle kiriş tablosu denilen sinüs cetveli düzenlenmesinde birim daire yarı çapı 60 000 alınır. (PEUERBACH yarı çap için 600 000 , J.PETREIUS ise 1 000 000 değerini almışlardır). Böylelikle sin için 7/9 değerine karşılık cetvelde  $60000 \times 7/9 = 46667$  bulunuyordu ve kiriş tablosunda bu değere karşılık açı ise  $51^\circ 03'$  bulunuyordu.

Hintliler trigonometrik cetvel düzenlemesinde birim çember için çevresi  $360 \times 60 = 21600$  derece dakikası olan bir çember olarak buradan  $\pi = 3.1416$  kabulü ile yarıçapı  $R = 3437.74$  almışlardır. Yapılan ilk cetveller olarak Surya Sidhanta ve Aryabhatiya kitaplarında  $3^\circ 45' = 225'$  dan başlayarak  $225'$  aralıklarla  $90^\circ 00'$  a kadar açılarının sinüs ve R-cosinus=sinüs versus değerleri verilmiştir (şekil-2.81). Son sütun karşılaştırma amacı ile  $0.01'$  inceliğinde gerçek sinüs değerlerinin  $3437.74$  e bölümünü vermektedir. Ara değerlerin enterpolasyonu için Aryabhata'da verilen  $\Delta$  sütunu da gösterilmiştir.

<sup>1)</sup>İnsan kafasında bazı boşluklara sinüs dendiği gibi eski haritalarda körfezlere de sinüs denmekte olup Latince girinti anlamındadır..

yay		Hintlilerin sinüsü			sinüs versus	sinüs (dakika)
° '	dakika	dakika	Δ'	Δ''		
3 45	225	225			7	224.84
7 30	450	449	224	-2	29	448.72
11 15	675	671	222	-3	66	670.67
15 00	900	890	219	-4	117	889.76
.....	.....	.....	.....	.....		
78 45	4725	3372		-14	2767	3371.70
82 30	4950	3409	37	-15	2989	3408.24
86 15	5175	3431	22	-15	3213	3430.39
90 00	5400	3438	7		3438	3437.75

Şekil-2.81: 3°45' aralıklarla sinüs cetveli (MS 6.yüzyıl)

### 2.7.3 Π—Hesabı

Başlangıçta  $\pi = 3$  alınırken daha sonraları  $\pi=22/7$  alınmıştır. Hassas hesaplamalarda  $\pi=3927/1250$  ve 1426 yıllarında Çinli ZU CHONG ZHI'nin 5. yüzyılda hesapladığı  $\pi=355/113$  değeri ile karşılaşılacaktır. 1500 yıllarında arc tan serisinden  $\pi = 104348/33215 = 3.1415926539$  olarak hesaplanmıştır (*Juschkevitsch*).

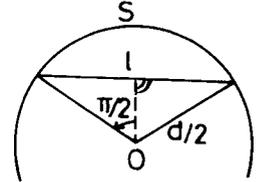
BHASKARA yazdığı bir kitapta bir çemberde;  $l$ =kiriş uzunluğu,  $s$ =yay uzunluğu,  $d$ =çap,  $C$ =çember çevresi olmak üzere:

$$l = \frac{4ds}{C^2 - s(C-s)}$$

ilişkisini yazmış ve  $d=240$  alarak tam sayılı kiriş uzunluklarını hesaplayarak bir tablo düzenlemiştir. Yukardaki formülde  $s=C/n$  konularak

$$l = \frac{4(n-1)d}{5n^2 - n + 1}$$

veya  $2 \sin \pi/n = 32(n-1)/(5n^2 - 4n + 4)$  bağıntısını bulmuştur.  $n=2$  ve  $6$  için doğru sonuç veren bu formül  $n=4$  için  $2 \sin 45^\circ = 24/17 = 1.412..$  gibi oldukça yaklaşık bir değer vermektedir.



Şekil-2.82: Kiriş ve yay uzunluğu ilişkisi

## 2.8. İSLAM ÜLKELERİ (750-1500)

Eski Yunan uygarlığı MS 2. yüzyılda çökmeğe başlamış ve yerini alan Roma imparatorluğunda kuramsal, matematik, geometri ve astronomi konularında bir katkı oluşmamıştır. Bu durum Müslümanlığın ortaya çıkmasına kadar sürmüştür.

Orta çağda İslam döneminin ortaya çıkması ile çabucak yayılan bu dinin bazı kuralları, özellikle namaz, oruç gibi ibadetleri Güneş ve Ay'ın hareketlerine bağlı olduğundan Müslümanlar astronomi ve matematiğe önem verdiler. Bu yüzden kendilerinden daha önceki uygarlıkların yaptıklarından yararlanmak amacı ile birçok Hint, İran, Suriye ve Yunan yapıtlarını Arapçaya çevirdiler.

Müslümanlar miras aldıkları kültür hazinelerini aynen kullanmadılar. Bu kural bilimsel aletler için olduğu kadar, yabancı kültür malzemesi için de geçerlidir. Onlar tarafsız olarak, ele geçirdikleri bilgilerin sonuçlarını denetleyip, hatalarını düzelttikten sonra bunları gerçekleştirmeye koyulmuşlardır. Deneyle kanıtlanmamış hiç bir olayı kabullenmemişlerdir.

İslam uygarlığı batıyı her alanda büyük çapta etkilemiştir. Avrupa, çoğu bilim dallarını Araplardan<sup>1)</sup> öğrenmiştir. Bu gün batı dilinde alidat, algoritma, almukantarar, Almagest, algebra, amiral, azimut, atlas, almanak, alkol, alkali, amalgam, arsenal... gibi sadece a harfi ile başlayan bu örneklerden görüldüğü gibi daha bir çok sözcükler Arapçadan alınmıştır. Özellikle astronomide çoğu yıldız isimleri Arapçadır ve burçlar da Arapça kaynaklıdır (*Hunke*). Batı Dünyası bu tarihlerde astronomi cetvellerini hesaplama bilgisinden yoksundurlar ve Araplarinkine eş gözlemler düzenleyebilecek durumda bile bulunmadığından İslam astronomi cetvellerinin büyük bir kısmını alarak Kopernik devrine kadar onları kullanmıştır.

Avrupalılar, antik çağa ait en önemli yapıtları Araplar sayesinde öğrendiler. Yunan yapıtlarının çevirilerini, bunların geliştirilmesi veya düzeltilmesi yönünde yazılmış eleştirileri, yorumları ve bizzat kendi yapıtları ile Avrupa'da ilmi düşünce ve araştırmayı ateşleyerek harekete geçirip beslediler. Rakamları, geliştirdikleri aletleri, aritmetik, cebir, küresel trigonometri ve optikleri sayesinde batıyı doğal bilimler alanında kendi yağı ile kavrulabilecek bir duruma getirdiler. Avrupa'da daha sonra ortaya çıkan Rönesans ve Reform hareketlerinin temelinde Arapların bu dürtüsünün de katkısı olduğu yadsınamaz.

Arapların bilimdeki bu atılımları, başlangıçta başlarındaki Abbasi halifelerinin bilime ve bilim adamına verdikleri önem sayesinde. Özellikle EL MANSUR (754-775), HARUN EL REŞİD<sup>2)</sup> (786-809) (doğ.763) ve oğlu Abdullah EL MEMUN (813-833) (doğ.786) ve benzeri yöneticilerin bilime çok büyük katkıları olmuş ve bilim adamlarını kollayarak onları özendirmeye uğraşmışlardır. El Memun bu dönemde Beytül Hikme (bilim akademisi) yi kurarak burayı dünyanın dört bucağından getirttiği çevirmen ve kitaplarla donatmıştır<sup>3)</sup>.

1) Burada Araplar deyimi ile Arap, Türk, İran, Suriye gibi bilim dilinde Arapçayı kullanan Ortadoğu, Magrip (Kuzey Afrika) ve Endülüs (İspanya) de yaşayan Müslüman halklar ile bu bölgede yaşayan ve Müslüman olmayan yapıtlarını Arapça yazan Musevi, Süryani, sabi, Mecusi, putperest vb halklar kastedilmektedir.

2) 1001 gece masallarının ünlü sultanı olan Harun El Reşid MS 800 yıllarında Şarلمان'a sarkaçlı bir duvar saati hediye etmiştir.

3) Bazı batı kaynaklarda yer alan Halife Hz. Ömer'e ait MS 640 da ünlü İskenderiye kitaplığının yakılması emri ve gerekçe olarak da "Bu kitaplar Kuranda yazılanların aynı ise zaten gereği yok, değilse okunması caiz değildir" diyerek altı ay süre ile İskenderiye hamamlarını ısıttıkları olayı, İslam büyüklerinin bilim ve kitap konusundaki tutumları ile çelişkili olduğundan büyük bir yalan ve iftira olduğu anlaşılmıştır (Cantor, s.503).

İslam ülkelerindeki bilginler, o zamanlarda adet olduğu şekilde birçok konularda çalıştıklarından konulara ayırma yerine bu bilim adamlarının yaptıkları işler aşağıda kronolojik sırada verilmiştir (*Bayrakdar 1985, Kurt, Tez*).

Halife El-Mansur zamanında astronomi ile uğraşan, usturlab (astrolabium, astrolob) ve diğer ölçü aletleri yapan İbrahim EL FEZARİ (?-772) dir. Tam ismi İbrahim İbni Habib İbni Süleyman İbni Samore İbni Cündap Ebu İshak El Fezari'dir<sup>1</sup>). MS VII. yüzyıl ortalarında Yunan kaynaklarından yararlanan SEVERUS SEBOKT, düzlem astrolab hakkında ilk Arapça kitabı yazdı. MS VIII. yüzyılın yarısında da El-Fezari kitaptaki yöntemi açıklanan ilk astrolabı yaptı. Oğlu da (Ebu Abdullah Muhammed İbni İbrahim İbni Habib El Fezari) (ölümü 796-806 arası) astronomdur ve 766 da Bağdat'a getirilen BRAHPMAGUPTA'nın yapıtı Sidhanta'yı 772 de Arapçaya (Essind-Hind) adı ile çevirmiştir. Yine astronomi ve matematik ile uğraşan EL-SUFİ (Cabir İbni Hayyan El Sufi Ebu Abdullah) (Ölümü 772) astroloji ile de meşgul olmuş, usturlab yapmıştır.

Yakup İBNI TARIK (Ölümü 796) da Hint matematikçisi Brahmagupta'nın yapıtlarını Arapçaya çeviren komisyonda görevlendirilmiş, düzlem ve küresel geometri konularında çalışmış, bir takvim düzenlemiştir. Ebu Yahya EL BATRİK (ölümü 796-806) matematik, astronomi konularında çalışmış, Yunan yapıtlarını Arapçaya çeviren komisyonun başkanlığını yapmıştır. Maşallah İBNI ATARİ (ölümü 815-820), batıda adı "Messahala" olan bu Musevi astronom usturlab yapmış, usturlab'a ait bir kitap yazmıştır. Astronomi ve bir başka yapıtı da Latinceye çevrilmiştir.

AL FERGANİ (Ahmad ibn Muhammed ibn Kasır el Fergani) (ölümü 840) batıda "Alfraganus" olarak tanınır. 833 de Batlamyus'un "Coğrafya" isimli yapıtını Arapçaya çevirdi. Ayrıca Dünya'nın iklim bölgelerini ayırarak buralara giren ülke ve kentleri sıraladı, birçok kentlerin birbirinden olan uzaklıklarını yaya yürüme zamanı olarak verdi. Yazdığı astronomi kitabı 12. yüzyılda Latinceye çevrildi. Verdiği astronomik büyüklükler, özellikle gezegenlere ait uzaklıklar Kopernik'e kadar bir değişikliğe uğramamıştır. Fergani yer yarıçapı için 3250 mil (6600 km) kabul etmiştir.

Maveraünnehir<sup>2</sup>) de doğan ve 9. yüzyılın ilk yarısında Halife El-Memun zamanında yaşayan İBNI TÜRK (Ebu Fazl Abdülhamid İbni Vasi ibni Türk) (ölümü 847), sayılar teorisi, pratik hesap ve cebir konularında çalışmıştır. Ceyl kentinden olduğu için El-Ceyli veya matematikçi anlamına gelen El Hasip de denmektedir. Yapıtları, "Kitab ül-cami fil hisap" (6 cilt halinde hesap kitabı), "kitab ül muamelat" (matematik işlemler), "kitab ül-mesaha" (ölçme işlemleri) dir (*Ay. Sayılı 1962*). Torunu EBU BERZE (El Fazl bin Muhammed bin Abdülhamid) bir ölçme kitabı yazmıştır.

El-Memun'un kurduğu akademinin başına getirilen Türk asıllı AL HIVARİZMİ (780-850) (Muhammed ibni Musa al Harezmi veya Harzemli Mehmed bin Musa)<sup>3</sup>) halifenin astronomu YAHYA BİN MANSUR (ölümü 831) den ders gördü. Bağdat'ta halifenin kurduğu gözlemevinde çalıştı. 820 de yazdığı "Kitab-ül Cebr vel mukabala" isimli kitabında Alcebir (Algebra) kelimesini ilk kullanan kişidir. Bu kitap 1145 de Latinceye Gerardo GREMENO tarafından "Liber algorismi" ismi ile çevrilmiş ve batıda 15. ve 16. yüzyıla kadar birçok matematikçilere önderlik etmiş, Avrupa üniversitelerinde

<sup>1</sup>)Araplarda soyadı olmadığından kişilerin isimleri babasının ve/veya büyükbabasının isimleri ile (Bin, ibn, ibni=oğul) veya oğlunun ismi ile (Ebu=babası) ve/veya mesleği ve memleketi ile anılırlar.

<sup>2</sup>)Nehrin (Ceyhun) öbür tarafı anlamına gelmektedir. Araplar tarafından Semerkand, Buhara kentlerinin olduğu yere verilen coğrafik bir isimdir.

<sup>3</sup>)Aral gölü güneyinde bugünkü Özbekistan sınırları içinde olan Khiva'da doğduğu için Al Khivarizm, Al Hivarizm, Havarizmi, Al Harezmi, Harzemli de denmektedir.

16. yüzyıl sonuna kadar temel matematik kitabı olmuştur. Hint hesabına dair bir yapıtı LİBRİ tarafından "Algoritmi de numero indorum" ismi ile Latinceye çevrilmiştir. Hesap yöntemi anlamına gelen "Algoritma" kelimesi kendi yazarak bu aletin 43 tür kullanımını anlattığı söylenmektedir. Usturlab isimli bir kitap yazarak bu aletin 43 tür kullanımını anlatmıştır (*Hunke, Vogel 1963, Juschkewitsch, Karakaş S.131 vd*). Yazdığı "Mefatih el-ulm" (İlimlerin anahtarı) isimli yapıtında bir yüzü dörde katlanmış astrolab (kuadrant=rubu tahtası) üzerindeki stereografik izdüşümleri içerir. Bu yüzüne Rub'el-Mukantarat diğer yüzüne Rub'el-Müceyyeb denir. Bu ikinci yüzey trigonometrinin en yüksek seviyeye ulaştığı XII. yüzyılda trigonometrik fonksiyonların bulunması ve trigonometrik bağıntıların çözümü amacı ile yapılmıştır.

El Harizmi, Halife El-Memun zamanında 820-830 yılları arasında küre şeklinde olduğu kabul edilen yeryuvarı büyüklüğünü saptamak amacı ile Palmira ovasında Wamia ve Tadmara arasında 1 derecelik meridyen uzunluğu ölçümüne katılmıştır. Bu işlem için bir noktada Kutupyıldızı yüksekliği ölçülmüş ve sonra iki grup teşkil edilerek bunlardan biri bu noktadan kuzeye doğru hareketle Teke yıldızı veya Demirkazık dedikleri Kutupyıldızı ile ufuk düzlemi arasındaki açı 1 derece büyüncüye kadar hareket edilmiş, diğer grup ise bu açı 1 derece azalınca kadar güneye giderek her iki grupta başlangıç noktasından itibaren uzunlukları ölçerek 57 mil ve 56 1/4 gibi iki değer bulmuşlardır. Bunların ortalaması ile 1 derecelik meridyen uzunluğu için 56 2/3 mil ( $\approx 115$  km) bulmuşlardır<sup>1)</sup>.

Buna göre çevre 20 400 mil ( $\approx 41$  400 km) ve yarıçap 3 250 mil (6 600 km) elde edilmiştir. Bu ölçülerde kuzey yönüne giden ekibin başında HALİT BİN ABDÜLMELİK EL MERVEZİ vardı. Bu kişi Şam ve Bağdat'ta astronomik gözlemler yapmıştır ve özellikle 832- 833 yıllarında Şam'da yaptığı Güneş gözlemleri ile ünlüdür. Oğlu Muhammed ve torunu Ömer de astronomdurlar ve düzenledikleri yıldız tabloları ve usturlab'a ilişkin bir kitap yazmışlardır. Güneye giden ekibin başında ALİ BİN İSA (El Usturlabi) ise Bağdat'ta yaptığı dakik usturlabları ile ünlüdür. Bunun yazdığı usturlab (astrolabium) kitabı daha sonraları batı dillerine çevrilmiştir.

Bu tarihten sonraları XI. asırda da Musul'un batısında Sincar ovasında aynı şekilde 1 derecelik meridyen uzunluğu için Musa bin Şakir oğulları ve Beyruni birer deneme daha yaptılar (*Dilgan 1957b*).

### Usturlab (Astrolab, Astrolabium)

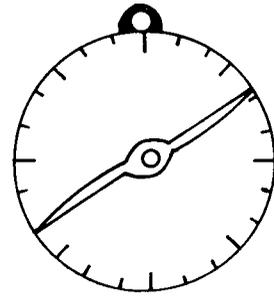
İlk defa İznikli Yunan astronomu HİPPARCH tarafından icat edildiği söylenmektedir. Çünkü Stereografik izdüşüm ilk defa Hipparchus tarafından yapılmıştır ve usturlabın üzerinde de yıldızların stereografik izdüşümleri bulunmaktadır. Daha sonra BATLAMYUS'un Almagest'inde bahsedilen usturlab, daha çok astronomik gözlemlerde yükseklik açıları için düşünülmüş olup tam bir daire şeklindedir (şekil- 2.83). Sadece gök cisimlerinin yüksekliklerini ölçmek için değil aynı zamanda sabit yıldızların ufuk dairesi içinde veya Güneş'in, Ay'ın ve gezegenlerin sabit yıldızlara göre değişen konumlarının belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Bu aletle kule yüksekliği veya objeler arasındaki uzaklıklar ölçülebildiği gibi namaz vakitleri, Mekke'nin konumu ve namaz yönü (kible) de saptanabiliyordu.

Kulpundan asılarak kendi ağırlığı ile düşey duruma getirilebilen bu aletin ortasında gözlem için dönebilen bir kadranı vardır. Bu alet esas itibariyle iki levhadan oluşmuştur.

<sup>1)</sup>O zaman ki Arap ölçü birimleri şu şekilde idi: 1 farsang (fersah) = 3 Arap mili = 30 stadya = 6.904 km, 1 Arap mili = 4000 Arap arşını = 2031.229 m, 1 Arap arşın = 24 parmak = 0.5078 m, 1 parmak 6 arpa tanesi genişliği, 1 arpa tanesi genişliği = 6 at kılı kalınlığı = 0.00352644 m

Bunlardan birisi üzerine gök küresinden yıldızların konumu ve Güneş'in hareket ettiği ekliptik kazılmıştır. İkinci levha üzerinde ise ufuk, zenit, eşit yükseklikler ve özellikle aletin kullanıldığı enlemde bir gözlemcinin gözleyeceği azimut çizgileri bulunur. Daire şeklindeki olan bu levhalar birbiri üzerine yerleştirilerek orta noktalarından birbirlerine bağlanır. Bu bağlantı noktası gök küresinin kutbudur. İkinciye göre birinci levha döndürülerek gök küresinin günlük hareketi elde edilir. Bu alet Araplar tarafından geliştirilerek çeşitli amaçlara uygun sayısız yeni şekilleri de yapılmış ve ortaçağ içine kadar Avrupada kullanılmıştır. Bir-iki karış çapında bakır, bronz veya pirinçten yapılan bu aletle daha sağlıklı ölçmek amacı ile 3.5 m çapına ulaşan hatta Kahire'de İbni Karaka gözlemesinde 5 m çaplı usturlablar kullanılmıştır. Küçük usturlabların bilimsel amaçla gök yüzünü gözlemek için duyarlıkları yeterli değildir. Bilinen en eski usturlab 984 de İsfahan'da yapılmıştı. Tüm Dünyada 10. yüzyıldan 7 adet, 11. yüzyıldan 8 adet usturlab bilinmektedir.

Araplar, usturlabları geliştirerek ekledikleri üç halka ile onları yatay sistem ölçmelerinde de kullandılar. Düzlerin yanına küre şeklinde olan usturlablar daha çok gözlemevlerinde kullanılırken elde taşınabilen düz ve küçük usturlablar cep saatlerinin de görevini yapan Müslümanların vazgeçilmez aletidir. Mercimek, yuvarlak, yumurta, kavun ve çubuk şekilli usturlablar geliştirdiler. Daha çok astronomik ve astrolojik amaç için kullanılan bu aletin 1000 çeşit kullanım şekli olduğu söylenmektedir (*Hunke*). Avrupalılar bu tür usturlabları ancak 14. yüzyılda yapabildiler<sup>1)</sup>.



Şekil-2.83: Usturlab

Usturlab konusunda Araplar dönemine ilişkin yayınların bazıları aşağıdadır (*Karakaş*).

İbrahim El Fezari; Severus Sebokt'un tanımlamasından yararlanarak usturlab yaptı.  
Harzemli Mehmet bin Musa (780-850); "Kitab'el-Amal bi'l-Usturlab", "Kitabı amal-el-usturlab"  
El Fergani (?-870); "El-Kamil fi'l-usturlab", "Fi sanati'l-usturlab"  
El-Kindi (801-873); "Risaleti fi sanat el usturlab bi'l Hendese", "Risaletün fi'l usturlab ve ameluhu"  
El-Taberi (?-932); "Kitab el-amel bi'l-usturlab"  
El Farazi (?-1007); "Usturlaba dair"  
İbni Samah el Gurnati (?-1034); "Kitab tarif bi sureti sanati'l usturlab"  
Emir Ebu Nasr Ali bin Irak (?-1035); "Risalet fi mahazat ve devair el-Semut fi usturlab", "Risalet fi usturlab el-sıraani el-macnah"  
El Beyruni (973-1051); "İstiab el vücuh el mümkinat fi sanati'l-usturlab", "Makalat fi teshil sahih el-usturlabi ve'l-amele bi mürekkebatihü min el-şimali vel-cenubi"  
Ebul Hakem Kirmani (?-1065); "Risaletün fi'l usturlab ve amelehu"  
İbni Nakkaş Ali bin İsa; "Risaletün fi'l Usturlab ve amelehu"  
El-Badi'el-Zaman El Usturlabi El-Bağdadi (?-1139); Usturlab aleti yapımında çok ünlüdür.  
Ebul Kasım (?-1139/40); Usturlab yapımındaki ününden dolayı zamanın en iyi usturlabcısı ünvanını almıştır.

<sup>1)</sup> Günümüze kadar gelen en eski usturlab 927/28 yıllarına ait olup Küveyt milli müzesindedir.

Nasreddin Tusi (1201-1274); Usturlaba bir hat ilave ederek buna "asa" adını verdi, "Bist bab der marifet usturlab"(Farsça)

Mahmut bin Şevki el-Bağdadi 1285

As-Sahl al usturlabi an Nişaburi (1298/99), Hama-Suriye

Şahabeddin bin Fazlullah (1301-1348); Astronomi ve usturlab konularında ün kazanmıştır.

Musa bin Muhammed el-Beledavi (?-1368); "Misbah el-talib ve münir el-mehasib el-kasib" (astronomi ve geometri hk.)

Gıyaseddin Cemşid (?-1424); "Risale der sebt-usturlab"

Abdülvahid El-Meşhedî (?-1434); "Muallim el-evkat fi'l-usturlab", "Manzume fi'l-usturlab"

Mirim Çelebi (?-1525); "Risaletün fi'l-usturlab ve amelehu" (farsça)

Seydi Ali Reis (?-1563); "Mirat- kainat" (Usturlabın imal edilişi ve kullanılışı ve diğer astronomi konularından bahseder)

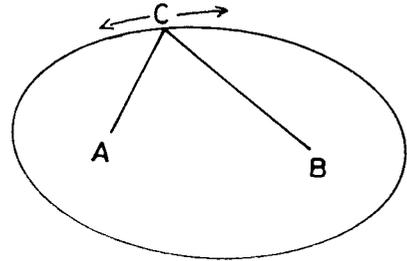
Muvakkit Mustafa İbni Ali (1490-1571); "Amal-ı usturlab", "Küre ve usturlab" (1549)

**AL HABAŞ'ÜL HASİP EL MERVEZİ** (Ahmed ibni Abdullah) (770-870) Memun dönemi astronomudur ve zic (astronomik tablo) düzenlemiştir. Usturlab, teğet daireler ve gezegenlerin boyutlarına ilişkin yapıtları da vardır.

Batılıların "Alkindis" olarak bildiği filozof, matematikçi, astronom, fizikçi ve mühendis olan **EL KINDİ** (Ebu Yusuf Yakup İbni İshak İbni Sabbah El Kindi) (796-873/4) nin yazmış olduğu optik kitabı 1150 de Latinceye çevrilmiştir. 200 civarında yapıtı bulunmaktadır. Fırat ve Dicle'nin kanal planlarını yapmıştır. Öklid'in öğeler isimli yapıtının bazı bölümlerine açıklayıcı yorumlar ve tamamlayıcı bilgiler yazmıştır. Açıkların pergel ile ölçülmesi fikri ona aittir ve özellikle sayılar teorisi, kürenin özellikleri ve yıldız gözlemleri konularında da çalışmıştır. Cisimlerin düşmesi ve gel-git konularında da yayınları vardır.

El Memun zamanında saray astronomu olan **MUSA İBNİ ŞAKİR** (ölümü 873) ve çocukları Muhammed, Ahmed ve Hasan Bağdat'ta gözlemler yapmışlar ve matematik alanında çalışmalarda bulunmuşlardır. Düz ve küresel yüzeylerin ölçümüne ait yazılan ve "Üç kardeşlerin kitabı" olarak anılan yapıtları daha sonraları Latinceye çevrilmiştir. İlk oğlu Ebu Cafer **MUHAMMED İBNİ MUSA**, halifenin emriyle Sincar ovasında yapılan 1 derecelik meridyen ölçüsüne katılmış, enlem çizgilerine ait bir kitap yazmıştır. İkinci oğlu **AHMED İBNİ MUSA** iyi bir mekanisyendi. Otomatik çalışan bazı ev eşyaları ve oyuncakların yapımında büyük bir beceri gösterdi.3.oğlu **HASAN BİN MUSA** ise daha çok geometri ile ilgilendi. Konik kesitlere ait bir kitap yazdı. Bahçıvan usulü elips çizme fikri ona aittir. Bilindiği gibi bu yöntem iki ucu birer A ve B kazıklarına (odak noktaları)bağlı bir ip ve C noktasında ipi gergin tutarak hareket eden bir kazıkla elips çizilme ( $CA+CB = \text{sabit}$ ) ilkesine dayanmaktadır (şekil-2.84).

İranlı bilim adamı **HORDADBİH** (Kurdadbah) (825-912), yazdığı "Kitab-ül mesalik vel memalik" (Yollar ve ülkeler) isimli yapıtında İslam ülkelerinin coğrafyasını anlatmıştır. Bu kitap 1889 da Leiden (Hollanda) de Fransızca olarak yayınlanmıştır (*Saraç*).



Şekil-2.84: Bahçıvan usulü elips çizimi

Harran'dan Bağdat'a bilimsel kitapların çevrisi için getirtilen SABİT BİN KURRA (İbni Mervan Abul Hasan Sabit İbni Kurra As sabi al Harrani) (826-901), Aristo ve Batlamyus'un çalışmalarını bazı eksik ve çelişkiler dolayısı ile tenkit edici açıklamalar yazdığından "Arap Öklidi" ünvanını almıştır. Başlangıçta putperest (yıldıza tapan) bu bilim adamı sonradan Müslüman olmuş, bu yüzden hazırladığı yıldız cetvellerine "Zic-i Sabi" denmiştir. Güneş'in hareketlerini inceleyerek yıl uzunluğunu hesaplamış ve MS 890 da Arşimed'in çalışmalarını Arapçaya çevirmiştir. Bu arada paraboloidin hacmini hesaplamayı göstermiştir (*Sayılı Ad.,1958/b*). Küresel üçgende  $\sin A : \sin a = \sin B : \sin b = \sin C : \sin c$  ilişkisini bularak astronomide uyguladı. Oğlu SİNAN (İbni Sabit İbni Kurra) (ölümü 943), fizik, astronomi ve geometri konularında katkılarda bulunmuştur. Bunun da oğlu İBRAHİM (İbni Sinan İbni Sabit ibni Kurra) (908-946) fizik ve geometri konularında çalışmıştır.

Halife El Mu'tazid zamanının en ünlü matematikçisi ve astronomu EL NİRİSİ (Anaritus) (Ebul Abbas El Fazl İbni Hatim El Nirisi) (ölümü 922) dir. Yıldız cetvelleri düzenlemiş, Almagest ve Öklid postulatlarına getirdiği açıklama ve yorumlar Latinceye çevrilmiştir. Birçok kitapları arasında kible semti ve halife adına yazdığı meteoroloji kitabı vardır. EL RAZİ (Alrhas) (Muhammed İbni Zekeriyya Ebu Bekir El Razi) (841-932), geometri, astronomi konularında çalışmış, özellikle fizik alanında ün yapmıştır (*Olguner*). Cebir ile düzenli bir biçimde meşgul olan Mısırlı EBU KAMİL (Şuca bin Eslam bin Muhammed Hasib El Misri) (850-930), ikinci derece denklemin iki kökünü birden geometrik olarak bulmuş, köklü ifadelerin toplam ve çıkarılmasına ilişkin formüller vermiş, özellikle  $\sqrt{a \pm \sqrt{b}} = \sqrt{a + b \pm \sqrt{2ab}}$  formülü ile ünlüdür. 5, 7, 10 ve 15 kenarlı düzgün poligonların çizim problemlerini cebir yoluyla incelemiştir.

Harran'lı astronom EL BATTANİ (Albategnius) (Muhammed ibni Cabir İbni Sinan Ebu Abdullah El Battani El Harrani El Sabi) (858-929), yer ekseninin ekliptiğe göre eğimini  $23^{\circ}35'$  olarak ölçtü. Harran civarında Rakka'da bir gözlemevi kurarak 878-920 yılları arasında 42 yıl süreyle gözlem yaptı. Bu gözlemlerden Güneş yılının uzunluğunu daha bir doğrulukla hesapladı. 880-881 yıllarında 600 yıldızın yerini saptamak amacı ile gözlemler yaptı. Güneş'in en uzak yerinin (apel) sabit olmadığını, bu noktanın hareket ettiğini saptadı. Küresel trigonometriyi geliştirdi. Düzlem trigonometride ise yay kırımlarını kullanmak yerine sinüs kavramını kullanmak gibi yararlı bir buluş ortaya atarak sinüs trigonometrisini geliştirdi. 0-90 derece için sinüs, tanjant ve kotanjant değerlerini hesaplayarak çizelgeler düzenlemiştir. Kendisine "Bağdatlı Batlamyus" lakabı verilmiştir (*Tez,1991*). Küresel dik üçgenleri bu günkü yöntemle çözmüş, herhangi bir küresel üçgende  $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$  şeklinde yazılan kosinüs teoremini ilk defa kendisi bulmuştur. El Battani, "İlmin her insanın eşyanın kanunlarını öğrenmesi gibi yıldızlar da dinin kanun ve nizamlarını bilmek ihtiyacından doğmuştur. Beşer, Allahın birliğini isbata, onun büyüklüğünü, yüce hikmetini muazzam kudretiyle eserinin mükemmeliyetini idrake yıldızlar ilmi sayesinde muvaffak olur" demiştir. Ay tutulmasına ilişkin gözlemleri öyle hassastı ki 18. yüzyılda bile onun gözlemlerinden yararlanılıyordu.

Türkistan'ın Farab ilinde doğarak Bağdat'a gelen Türk asıllı FARABİ (Ebu Nasr Muhammed İbni Muhammed İbni muhammed İbni Tarhan İbni Uzlagh El Farabi) (872-950/951), Arapça, felsefe, mantık, musiki ve astronomi öğrenerek Şam'a yerleşti. 150 ye yakın yapıtı vardır ve 933 de yazdığı bir geometri kitabında çeşitli şekillerin çizilmesi, bazı geometrik şekillerin bölünmesi konularını incelemiştir (*Bayrakdar 1989, Ateş, İğdemir, Sayılı, Ad.1951, Bolay*).

Yine bir Türk astronomu olan Abdurrahman ES-SUFİ (884-976) gökyüzü haritasını ve burçlarını çizdi. Bazı yıldızların çift yıldız olduklarını saptadı. Feleknüma (gökbilim)

isimli bir yapıtı vardır. Yıldızların görünüşleri isimli başka bir kitabı Leningrad (St Petersburg) kitaplığında olup 1665 de İngilizce ve 1875 de Fransızca dilinde yayınlanmıştır. Bu kitapta 500 den fazla yıldızın parlaklık derecelerini (kadir) yazmıştır. Yıl uzunluğunu saptayan Es-Sufi gezegenler tablosu hazırladı ve jeodezik çalışmalar yaptı (Aygün 1934/b, Dilgan 1959).

Bağdat'ta yaşayan gezgin MESUDİ (ölümü 957), gezip gördüğü ülkeleri özellikle İran, Hindistan, Seylan, Çin, Zengibar, Hazar denizi güney kıyılarını, daha sonra 926 da Filistin, Antakya, Suriye ve Mısır'ı anlatmıştır. Antakyalı EL ANTAKİS (Ebul Kasım Ali bin Ahmed el Müctebi el Antakis) (ölümü 987) sayılar teorisine ilişkin dört yapıtı vardır.

İlk defa tanjantı trigonometriye zil (gölge) ismi ile sokan Türk asıllı Horasan'ın Buzcan kentinden EBUL VEFA (Muhammed İbni Muhammed İbni Yahya İbni İsmail ibnül Abbas Ebul Vefa el Buzcani) (940-998), Bağdat'ta saray bahçesindeki gözlemevinde çalışmış, Ay'ın yörüngesinin eğimini hesaplamıştır (Schoy 1923, 1927). Düzlem trigonometride birim çemberin yarıçapını  $r=1$  aldı. Bir tanjant tablosu düzenleyerek sekant ve kosekant kavramlarını koydu,

$\sin 2A=2 \sin A \cos A$  ve  $\sin(A \pm B)=\sqrt{\sin^2 A - \sin^2 A \sin^2 B} \pm \sqrt{\sin^2 B - \sin^2 A \sin^2 B}$  ilişkilerini buldu. Hazırladığı sinüs cetvelinin incelik derecesi  $1/60^4 = 8.10^{-8}$  kadardır. Küresel trigonometride sinüs bağıntısını buldu. Çember içine çizilen düzgün çokgenlerde kenar ile yarıçap arasındaki ilişki için

$$r = \frac{\sqrt{n^2 - n + 6}}{6sn} \text{ yazdı.}$$

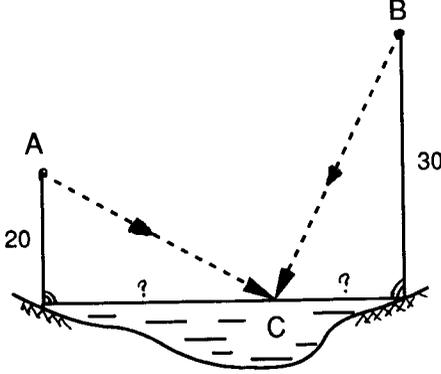
Bağdat'ta matematik ve astronomi ile uğraşan EL SAGANİ (Abu Hamid Ahmed ibni Muhammed El Sagani el usturlabi) (ölümü 990), ölçü aletleri ve usturlab yaptı. Açının üç bölünmesi (trisection) ile uğraştı. Bilindiği gibi çok eskiden beri uğraşılan üç ünlü ve çözümü olmadığı ispatlanan problemlerden birisi bir açının pergel ile üçe bölünmesi, 2. si dairenin eşit alanda kareye dönüşümü ve 3. problemde  $x^3 + y^3 = z^3$  eşitliğini sağlayan tam sayılı  $x, y, z$  nin bulunuşu yani kenarları tam sayı olan iki küp hacminin toplamına eşit yine kenarı tam sayı olan bir küp bulunmasıdır. Horasan'ın Hocandi kentinde yaşayan AL HOCANDİ (Hamid ibn el Hıdır abu Mahmud han al Hocandi)(ölümü 1000), usturlab yaptı, cebir ve sayılar teorisi ile uğraştı ve  $x^3 + y^3 = z^3$  eşitliğinin  $x, y, z$  tam sayılar için mümkün olmadığını isbat etti.

Fatimi halifesi EL-HAKİM (996-1020) zamanında Kahire'de Mukattan dağında kurulan gözlemevinde çalışan İBNİ YUNUS (Abenjonis) (Abul Hasan Ali ibni abu Saïd Abdurahman bin Ahmed ibn Yunus ebul Hasan el Sadefi) (950-1009) hazırladığı 1007 yılındaki yıldız kataloğuna zici Hakimi (Hakim almanağı) denmiştir. Kahire'de Güneş ve Ay tutulmalarını hesaplamıştır. 1000 yıllarında 1 derecenin sinüsünü yedi basamaklı hesaplamıştır. Küresel trigonometride logaritma icadından önce astronomlar için yararlı bazı çözüm yolları bulmuş, sarkaçla da uğraşmıştır.

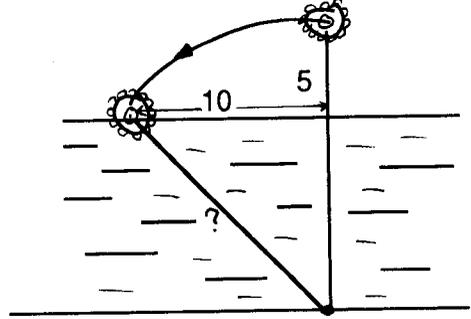
Cebir konusunda önemli katkıları olan EL KERHİ (Elkaraci) (Ebu Bekir Muhammed ibnül Hasan el Hasib el Kerhi) (ölümü 1029), 1010-1016 tarihleri arasında yazdığı cebir kitabında cebirsel büyüklüklere ait rasyonel işlemler, kökler, 1. ve 2. dereceden denklemler, belirsiz denklem sistemleri vb konular yer almıştır. "Kitabı al kafi fil Hesap" isimli bir hesap kitabı yazan El Kerhi, çözümü 2. derece denklemine varan problemlerden bahsetmiştir. Bu problemlerden iki tanesi aşağıda verilmiştir.

a) Genişliği 50 arşın olan bir nehrin bir yakasında 20 arşın yüksekliğinde bir ağacın tepesindeki bir kuş, diğer yakasında 30 arşın yüksekliğinde bir ağacın tepesindeki başka

bir kuş aynı anda su yüzeyindeki C noktasındaki bir balığa dalış yaparak aynı anda balığı yakalıyorlar (şekil-2.85). Balığın her iki kıyıya olan uzaklıkları ne kadardır?



Şekil-2.85: Balığın kıyıya uzaklığı



Şekil-2.86: Nilüfer boyu

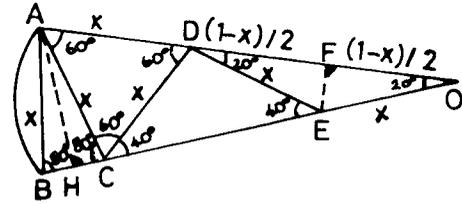
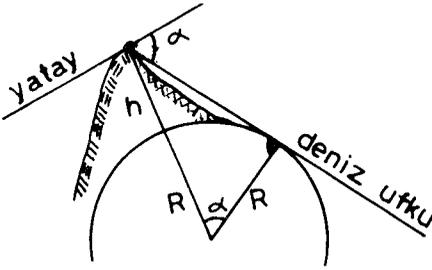
b) Bir su içerisinde büyümüş nilüfer çiçeğinin 5 birimlik kısmı su üzerindedir (şekil 2.86). Çiçeğin koparılması için yana yatırıldığında eski yerinden 10 birimlik uzakta suya batmaktadır. Acaba suyun derinliği ve nilüferin boyu ne kadardır?

Matematik, astronomi ve özellikle fizik alanında çalışmalar yapan ve Basra'da doğan İBNİ HEYSEM (Alhazen, Al Haytam, Al Hasan) (Abu Ali al Hasan ibn al Hasan ibn al Haytam)(966-1039) "Kitab-ül menazır" (optik) isimli yapıtı optica adıyla 1521 de batıda yayınlanmıştır. Kitapta gözün yapısı, görsel yanılgılar, serap olayı, perspektif, atmosferde ışığın kırılması, düz, küresel ve paraboloid ayna ve mercekler, kuyruklu yıldızlar, fotoğraf makinasının atası olan camera obscura (karanlık kutu) konularını anlatmaktadır. Kırılma olayında ışınların gelme ve kırılma düzlemlerinin aynı olduğunu belirtmiş gelme açısıyla kırılma açısı arasında belirli ve sabit bir oran bulunduğu sonucuna varmıştır. Atmosfer kalınlığını 17 km olarak tahmin etmiş, küresel ayna ve bilardo problemi denilen klasik bir problemi geometri yoluyla çözmüştür. 9 rakamı ile yapılan hesap sağlamasını bulmuş ve  $\sum x^4$  ü hesaplamıştır. 92 bilinen yapıtı vardır. Kahire'de "Darül Hikme" yi (Bilim Akademisi) kurdu. Nil nehrinin taşmalarını denetleme için çaba harcadı. Düşünceleri Bacon, Kepler, Descartes ve Huygens'i etkilemiştir (Dilgan 1955 a,b, 1959, Saraç 1940, 1983 Juschkevitsch).

Orta çağın yetiştirdiği en büyük bilim adamlarından Türk asıllı BEYRUNİ (El Biruni, Beruni) (973-1048), astronom, matematik, fizik, jeoloji, tıp ve indoloji (Hint bilimi) alanlarında çalıştı. Gazneli Mahmud'un kuzey Hindistan'ı fethi üzerine bir süre Hindistan'da yaşadı ve daha sonra Gazne'yeye yerleşti. Dünya'nın kendi eksenini etrafında ve Güneş etrafında döndüğünü söyledi. Bu fikrin İslam ülkelerindeki (Orient) ilk temsilcisidir. 18 kıymetli taşın ve mineralin özgül ağırlığını hesapladı. Yazdığı 148 yapıtın ancak 32 si zamanımıza kadar gelmiştir. 1032 de "Hindistan Tarihi" kitabını yazdı. Orta çağ Hindistanına ışık tutan bu kitabın büyük bir kısmında Hintlilerin matematik ve astronomi alanlarındaki buluşları ile ilgili konuları anlatmıştır. Coğrafya ile ilgili bir kitabı Fatih kitaplığındadır. "Asarı Bakiye" isimli kitabında Arap, Pers, Yunan gibi ülkelerin zaman hesaplamaları ve takvimleri ile ilgili bilgileri özetledi. 1030 da Gazneli Mahmud'un oğlu Mesud için yazdığı "Al Kanun al Mesudi" (Mesud'un yasası) kitabı bir ansiklopedi niteliğindedir ve trigonometri tarihi için çok önemlidir. Bu yapıtında kendisinden önce

yazılmış tüm bilgileri derlemiş kendi gözlem ve hesaplarını da eklemiştir. 11 ciltten oluşan bu kitapta zaman hesabı ve takvim, trigonometri (düzgün çokgenlerin kenar hesabı, kirişler ile ilgili kurallar, açıların toplamı ve farkları sinüsleri ile ilgili kurallar, iki kat ve yarım açı sinüsleri ile ilgili kurallar, açıların üçe bölünmesi 1 derecenin sinüsünün sekiz basamak hesabı,  $\pi$  hesabı, sinüs cetveli, cetvellere ilişkin bazı kurallar ve doğrusal, karesel enterpolasyonlar, tanjant ve kotanjant ile ilgili problemler ve ilgili cetveller, küresel trigonometri), küresel astronomi, özel astronomi problemleri (Ay hareketi, Ay'ın çeşitli zamanlardaki şekilleri, gezegen hareketleri, yıldız kataloğu), jeodezi konuları anlatılmaktadır.

Bu kitapta yeryuvarının büyüklüğünü saptamak amacı ile değişik bir yöntemden bahsetmektedir. Bunun için Hint okyanusu kıyısında denizden yüksekliği  $h=652$  arşın olan Zira el Savda dağında deniz ufku ile yatay arasındaki açıyı  $\alpha=33'$  olarak ölçerek (şekil-2.87)  $\cos \alpha = R/(R+h)$  veya  $R=h/(\sec\alpha-1)$  bağıntısından  $R=3333$  Arap mili ( $\approx 6426$  km) ve 1 derecelik meridyen uzunluğunu 58.2 mil ( $\approx 118.1$  km) ve çevreyi 6800 farsang (fersah) ( $\approx 42516$  km) olarak hesaplamıştır<sup>1)</sup>.



Şekil-2.87: Beyruni'nin yeryuvarı yarıçapı hesabı

Şekil-2.88: Düzgün dokuzgen çizimi

Beyruni, düzgün dokuzgen çiziminde 3. derece denklem çözümüne dayanan bir yöntem bulmuştur (şekil-2.88).  $OA=OB=1$  ve  $CAB=BOA=ODE=20^\circ$ ;  $ABC=BCA=80^\circ$ ;  $OE=ED=CD=AC=AB=x$  ile  $ABC$  ve  $OAB$  üçgenlerin benzerliklerinden  $BC:x = x:1$  veya  $BC=x^2$ , aynı şekilde  $OAH$  ve  $OEF$  üçgenlerinin benzerliklerinden  $OH:OA=OF:OE$  veya  $(1-\frac{x^2}{2}) : 1 = \frac{1-x}{2} : x$  yazılarak buradan  $x^3 - 3x + 1 = 0$  elde edilmiştir. Bu denklemin çözümünü yaparak 60 lık sistemde 1 52 45 47 13 bulmuştur ki bunun desimal karşılığı  $1 + 52/60 + 45/60^2 + 47/60^3 + 13/60^4 = 1.8793852468$  ile kökün birisi bulunarak diğer kök olan 0.34730... ile düzgün 18 genin bir kenarını elde etmiştir.

Beyruni, yıldız tutulmasından enlem tayini için birkaç yöntemle, Güneş'in doğuş anından veya Ay tutulmasından boylam farkı tayin etmiştir. Bağdat'ın doğusundaki Gazne'ye kadar olan bütün kentlerin boylam farklarını bir üçgen zincir ile saptamıştır. Boylam değerleri bu günkü değerlerden 24 derece farklı olduğundan başlangıç için Greenwich'in 24 derece batısındaki bir meridyeni aldığı anlaşılmaktadır. İki kent

$$\text{arasındaki uzaklığı coğrafik koordinatlardan } s = \sqrt{\Delta\lambda^2 \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 + \Delta\varphi^2}$$

<sup>1)</sup> Bu yöntem Fatim Gökmen'e göre Beyruni'den 200 yıl önce ilk olarak SEVED İBN ALI tarafından Halife El Memun'la Bizans seferine giderken Iskenderun körfezi yöresinde uygulanmıştır.



KAŞGARLI MAHMUD (El Kaşgari) nin 1076 da yazdığı "Diyanü-Lügat-it-Türk" (Türkçe sözlük) isimli yapıtında çizdiği bir Dünya haritası vardır (*Ülkütasır*). Bu harita orta Asya'nın büyük bir kısmını Çin ve kuzey Afrika'yı içermektedir. Batı yönünde Volga nehrini fazla geçmemektedir. Dünyanın tepsi gibi düz ama yuvarlak olduğu kabul edilen bu Dünya haritası çeşitli ülkelerin birbirine göre konumları belirtilmiş bir kroki özelliğindedir. Doğal olarak zamanın başkenti Balasagun haritanın merkezidir. Haritanın üst tarafı Güneş'in doğduğu yön (doğu) dur (şekil-2.90).

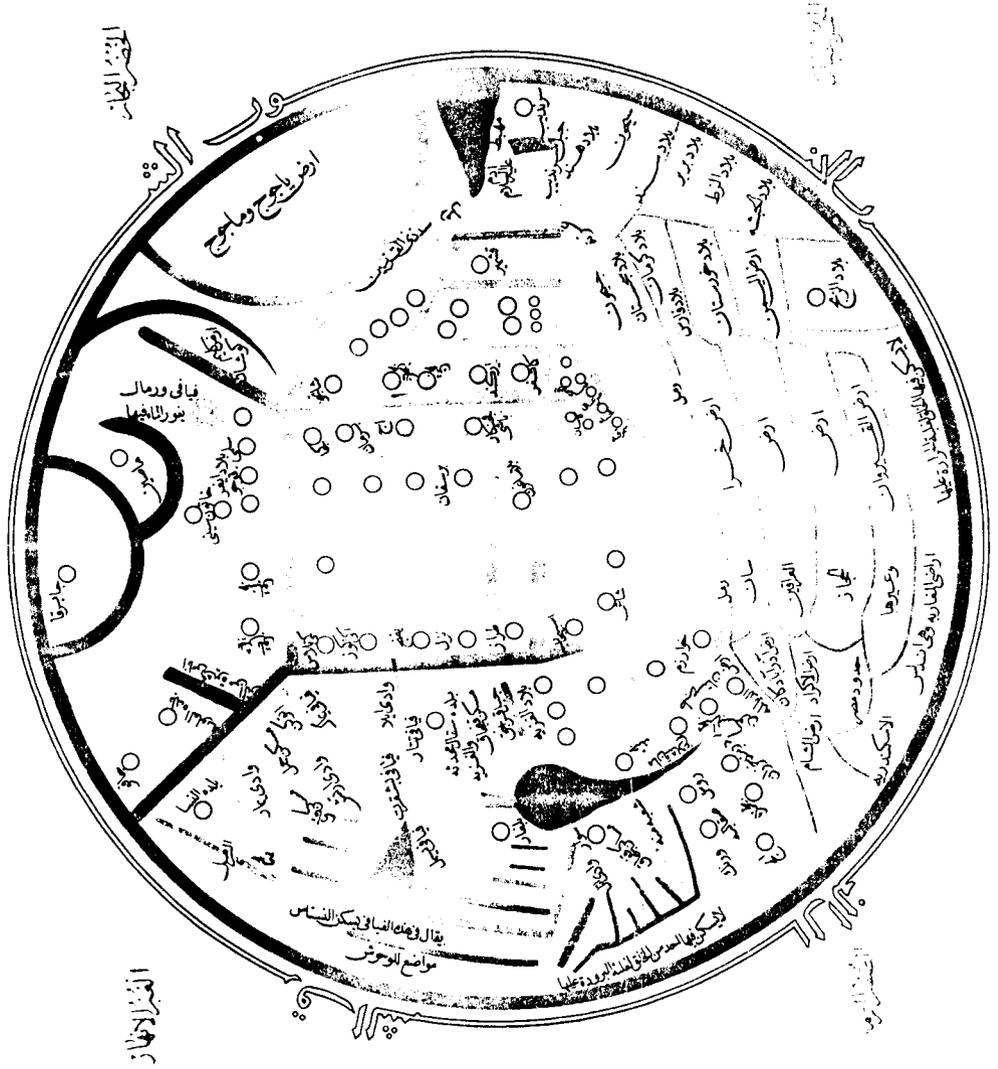
Müslümanlar Kuzey Afrika (Magrip) ve Cebelitarık yoluyla İspanya'ya geçerek burada uygarlığın doruk noktasına geldiler. Elhamra, Cordoba (Kurtuba), Sevilla, Toledo Gırnata (Granada) gibi kentlerin tamamı Arap emirliği altına girdi. Toledo'da Musevi EL ZARKALİ (Arzachel) (Ebu İshak İbrahim ibn Yahya an Nakkaş al Zarkali) (1028-1087), astronomik gözlemler yaptı ve uzun zaman başvurulacak "Toledo almanağı" nı düzenledi. Trigonometrik cetveller hazırlayarak bazı Arap yapıtlarını Latinceye çevirdi. 1050 de bir usturlab yaptı. Ayrıca bütün enlemlerde kullanılan bir gözlem aygıtı olan "Safea"yı icat etti. Araplar tarafından ilk yer globusu 1085 de Ibn-as-SAHLİ tarafından yapıldı.

Yine Sevilla/İspanya'da yaşayan ve batılıların Geber adını verdikleri ünlü kimyacı CABİR (İbn Eflah) (ölümü 1145), küresel trigonometri ile de uğraşmış, 1085 de yazdığı astronomi kitabı 1150 de Latinceye çevrilmiştir. Küresel dik üçgende  $\cos A = \cos a \cdot \sin B$  formülünü bulduğu söylenmektedir. 1145 yılında Barselona'lı yahudi SAVASORDA'nın "Liber Embadorum" adlı yapıtı, alan hesaplamasına ilişkin bir arazi ölçümü kitabı ve 2. derece denklemleri ele alan ilk yapıtlardandır.

Nişabür/İran'da yaşayan matematikçi, astronom, filozof ve şair ÖMER HAYYAM (1048-1131) cebir kitabı yazdı. 3. derece denklemlerin çözümü ile uğraştı, onları sınıflandırdı. Yedi ve dokuz kenarlı düzgün çokgen çizimini 3. derece denklem çözümüne dönüştürdü, ancak tamamlamadı. Binom formülünü buldu. Selçuk Sultanı Melikşah Celaeddin'in isteği üzerine müdürü bulunduğu Merv (İsfahan) gözlemevinde yaptığı ölçülerden Celali takvimini hazırladı. Başlangıcı 16 Mart 1079 olan bu takvimin 5000 yılda bir gün hatası vardır (kullandığımız Gregoryan takviminde bu hata 3333 yılda bir gündür). Yazdığı dört mısralık (rubaiyat) şiir kitabı 1859 da İngilizceye çevrildi (*Dilgan 1959, Günther 1912 vd*).

Bağdat'ta yaşayan EBUL KASIM (Hibetullah ibni Ahmed) (ölümü 1139/40), usturlab yapımındaki ününden dolayı "Bedi-üz-zaman el usturlabi" (zamanın en iyi usturlabcısı) ünvanını almıştır.

Kurtuba/İspanya'da Faslı astronom EL BİTRUGİ (Alpetragius) astronomi konusunda çalışmıştır. Faslı coğrafyacı ve kartoğraf İDRİSİ (Ebu Abdullah Muhammed bin Muhammed bin Abdullah bin İdris el Hammadi el Hasani) (1099-1164) aynı zamanda gezginci idi. Fransa ve İngiltere'den başka İstanbul ve orta Asya'yı gezdi. Cordoba'da öğrenimi sırasında dünyanın her tarafından toplanan bilgilere ulaşma olanağı buldu. Sicilya kralı ROGER, İdrisi'yi Palermo'daki sarayına çağırdı. Ölümüne kadar orada kaldı. Kral coğrafyaya çok meraklıydı. Kendisine verdiği görevde enlem ve boylamları, iklim bölgelerini ve kentlerin birbirinden uzaklıkların gösteren bir Dünya haritası istedi. Bu bilgileri toplamak üzere çeşitli ülkelere güvenilir kişiler gönderildi. 15 yıl süren bir çalışma sonunda 1154 de bu bilgiler gümüş üzerine işlenerek bir harita yapıldı. 3.5 x1.5 m boyutunda olan bu haritadan başka Arapça yazdığı bir başka yapıtında 70 pafta harita vardı. Ayrıca yuvarlak bir Dünya haritası da ilave etti (şekil-2.92). O zamanın modasına göre harita kuzeyi aşağıya bakıyordu. Bu haritada görüldüğü gibi iklim kuşakları çizilmiştir. İdrisi yazdığı bu kitaba "Roger'in kitabı" adını verdi. 1161 de Roger'in oğlu için daha detaylı bir kitap yazarak buna da "Zevk bahçesi" adını verdi



Şekil-2.90: Kaşgarlı Mahmud'un Dünya haritası (1076) (Ülkütaşır)



İbrani matematikçisi İBRAHİM BİN EZRA (Abraham Rabbi ben Ezra) (1093/96-1167), sayılar teorisi, takvim, sihirli kareler, astronomi ve usturlab ile ilgili yapıtları vardır. Yazdığı "Birimler kitabı" 1856 da Bamberg/Almanya'da ve "Sayılar kitabı" ise 1895 de Frankfurt'ta basılmıştır.

Moritanyalı Müslüman, filozof ve hekim İBNİ RÜŞT (Averroes) (Ebul Velid Muhammed ibni Muhammed ibni Rüşd) (1126-1198), Cordoba'da matematik ile ilgili çalışmalar yapmıştır, "El külliyyat fitt-tubb"ın yazarıdır.



Şekil-2.92: İdrisi'nin Dünya haritası (1154)

Türk asıllı, Horasan'ın Tus kentinde doğan NASREDDİN TUSİ (Ebu Cafer ibni Muhammed ibn Muhammed ibnül Hasan Nasreddin Tusi) (1201-1274) aritmetik geometri, trigonometri, astronomi, optik, mineoroloji, tıp, lojik, felsefe, ahlak ve edebiyat konuları ile ilgilendi. Kendisine El-Muhakkik veya Türk Öklidi de denir. Toplam 64 yapıtı vardır. Düzlem geometriyi yarattığı söylenir. Düzlem geometriyi küre geometrisine uyguladı. Abbasi veziri bir bahane ile Tusi'yi Bağdat'ta hapis etti. Tusi ilk yapıtını burada yazdı. 1256 da hapisneden çıktı. 1259 da yazdığı "Kitabı şekli kutta" isimli yapıtında Öklidin 5 nolu postulatını tenkit ederek buna başka bir biçim verdi. Üçgenin üç açısının toplamının 180 dereceye eşit olduğunu isbat etti. Üç açısı bilinen küresel üçgenin çözümünü üçkenarı bilinen üçgen çözümüne dönüştürdü. Küresel üçgen çözümünde kutup üçgenini önerdi. 1220 de birçok matematikçilerin bulunduğu Horasan Mogol istilasına uğradı. 1256 da Hülagü komutasındaki Mogollar ilerliyerek 1258 de Bağdat'ı zapteddiler. Halife El Mustazim öldürüldü. 1259 da Hülagü İlhan Bağdatı

yıktıktan sonra Tusi'ye Marega'da (Rumiye gölü doğusunda) bir gözlemevi kurma görevi verdi<sup>1)</sup>. 2000 m yükseklikte Karakaya tepesindeki bu gözlemevi kitaplığında tarihçiler 400 000 kitap ve makalenin bulunduğunu söylerler (*Hunke, Dilgan 1955, 1956*). Gözlemevinde çoğunu kendisinin yaptığı bir çok astronomi aletleri vardı. Bu gözlemevinde Şam'dan Müeyyidüddin Urzi, Musul'dan Fahrüddin Maragi, Tiflis'den Fahrüddin Ahlati, Kazvin'den Necmüddin Kazvini buraya toplandılar (*Olguner, Köprülü*). Tusi 1261-1269 yılları arasında yaptığı gözlemleri "Zici İlhan" (İlhan Almanâğı) ismi altında yayınladı<sup>2)</sup>.

Garip yaratıklar isimli yapıtında ZEKERİYA KAZVİNİ (Zekeriya bin Muhammed bin Muhammed ebu Yahya el Kazvini) (1203-1283), gökyüzünden, Dünya'daki maden nebat ve hayvanlardan, yerin yuvarlaklığı, Güneş'in iklim ve ırklar üzerindeki etkisinden bahsetmiştir. Osmanlı Türkleri bu yapıtla yerin yuvarlak ve küre şeklinde olduğunu öğrendiler. 1275 de yazdığı "Kozmografya" isimli bir yapıtı daha vardır. KUTBETTİN ŞİRAZİ (1236-1311), sabit yıldızların olduğu gök küresi yarıçapı için yer yarıçapının 70 073.5 katı olduğunu söylemiştir. İlhanlı hükümdarı Argun han'ın oğlu ünlü bilgin GAZAN HAN (1271-1304), tarih, astronomi, doğa bilimleri, tıp ve kimya ile uğraşmıştır. 1300 de Marega'ya uğrayıp gözlemevini incelemiş ve dönüştürmüşdür. 1295 de tahta çıkmadan önce Müslüman olmuştur (*Sayılı Ad. 1946, Sayılı Ay. 1960/b*).

Fas'lı ünlü Gezgin İBNİ BATUTA (1304-1368), 22 yaşında geziye çıkarak Kuzey Afrika, Mısır, Filistin Mekke, Irak, İran, İstanbul, Anadolu, Rusya Volga, Kırım, Buhara, Sibirya, Uzakdoğu, Çin, Afganistan, Hindistan, Sumatra gibi Asya ve Afrikanın Müslüman ülkelerini 30 yıl süreyle gezdi, dini liderleri ve prensleri ziyaret etti. Bu gezilerini "Rhila ve Seyahatname" isimli kitaplarında yayınladı (*Parmaksızoğlu*).

Kazvinli GIYASÜDDİN ÇEMŞİDİ (Gıyasüddin Çemşidi bin Mesud bin Mahmud el tabib el Kaşi) (ölümü 1429), matematik astronomi konularında çalıştı. Semerkand'ta Uluğ Bey'in kurduğu gözlemevinde çalıştı. Tusi'nin almanâğını yeniledi.  $\pi$  yi yaklaşık bir diziden 60 lık sistemde verdikten sonra aynı değeri Hint rakamları ve ondalık kesir ile tekrarlayarak 17 basamak hesapladı ve bu değerın akıldan kalması için şiir dizeleri ile yazdı. 1 derecelik açının sinüsünü 60 lık sistemde hesapladığı değer ondalık sayı sisteminde 18 basamak yapmaktadır. Tam sayıyı kesirden ayırdetmek için virgül yerine tam sayının üst ucuna "sahah" yazmayı tercih etmiştir. Hesap kitabı, gök cisimlerinin uzaklıklarına ve gözlemevindeki bir aletin kullanılmasına ilişkin yapıtları vardır. Yapıtlarından bazıları Ayasofya ve Nuru Osmaniye kitaplıklarında bulunmaktadır (*Göker 1982*).

Bursa'da doğup Horasan ve Maverainnehr'e giderek büyük ün kazanan KADIZADE RUMİ (Molla Mehmet oğlu Selahittin Musa) (1365-1430), Uluğ Bey tarafından Gıyasüddin Çemşidi ile birlikte 1420 de bir gözlemevi kurma görevi verildi. Bu gözlemevinde sabit açı ölçü aleti olarak kullanılan çeyrek daire şeklindeki kuadrant'ın çapı 40 m kadardı ve her dereceye yaklaşık 70 cm lik bölme karşılık geliyordu. Semerkant'ın ölçtükleri coğrafik koordinatlar bugünkü ölçülerle karşılaştırılırsa 1'24" lık küçük bir fark görülür. Kadızade'nin 1 derecelik sinüs için 0.017452406437 değerini bulmuş ve bu hesabına ait makalesi İstanbul, Şehit Ali paşa kitaplığında (no 1992) dır (*Ünver 1960*).

1) Hülagü, Tusi'yi astronomiden vazgeçirmeğe çalıştı. O da Hülagü'yü okula davet ederek üst katlarda önceden hazırlattığı büyük bir bakır kazanı merdivenden aşağı yuvarlattı. Büyük bir gürültü ile yuvarlanan ve herkesi dehşete düşüren bu olay için Tusi "İşte gözlem yapmanın yararı budur. Bu ilmi bilen, daha önceden olacak olayları bildiği için olaylar karşısında bir tepki göstermezler. Fakat bilmiyenler dehşete kapılır." dedi. Bunun üzerine Hülagü bu ilme izin vererek parasal büyük yardımlarda bulundu.

2) Bu yapıtın bir nüshası kandilli gözlemevi kitaplığındadır.

ULUĞ BEY (Muhammed İbni Şakruh Uluğ Bey) (1393-1449), astronomiye ilgisi yüzünden Semerkant'ta kurduğu gözlemevinde Kadızade Rumi ve Gıyasüddin Cemşidi ile birlikte ve bunların ölümünden sonra Ali Kuşçu ile birlikte çalışarak "Zici Gürgani" (Gürgen almanağı) veya "Zici cedidi sultani" (yeni sultan almanağı) isimli bir yıldız kataloğu meydana getirmiştir. Bu yapıt batıda 16. yüzyıla kadar pozisyon astronomisinin el kitabı olmuştur ve zamanının en mükemmel cetvelleridir. 1665 de Oxford'ta basılmış ve çeşitli Avrupa dillerine çevrilmiştir. Kameri ay başlarının saptanmasında bu cetvellerden hala yararlanıldığı söylenmektedir <sup>1)</sup> (*Barthold, Dizer 1989/a, Sayılı Ay.1960/a*).

ALİ KUŞÇU (Alaiddin Ali ibn Muhammed Ali Kuşçu) (ölümü 1474/75), Kadızade Rumi ve Uluğ bey'den ders aldı. Kadızade'nin vefatı ile Semerkant gözlemevine müdür oldu. Uluğ Bey'in yıldız kataloğuna yardım etti. Uluğ Bey'in öldürülmesi ile Tebriz'e geldi. Akkoyunlu hükümdarı Uzun Hasan tarafından Fatih Sultan Mehmed'e elçi olarak gönderildi. Fatih'in isteği üzerine İstanbul'da kalarak Ayasofya medresesinde öğretmen oldu. Astronomi konusundaki bir makalesini fetih risalesi (makalesi) olarak Fatih'e sundu. Ali Kuşçu Dünya çevresi için 8000 parasang (fersah, 1 fersah=30 stadya) aldı (*Ünver 1948, Dizer 1988*).

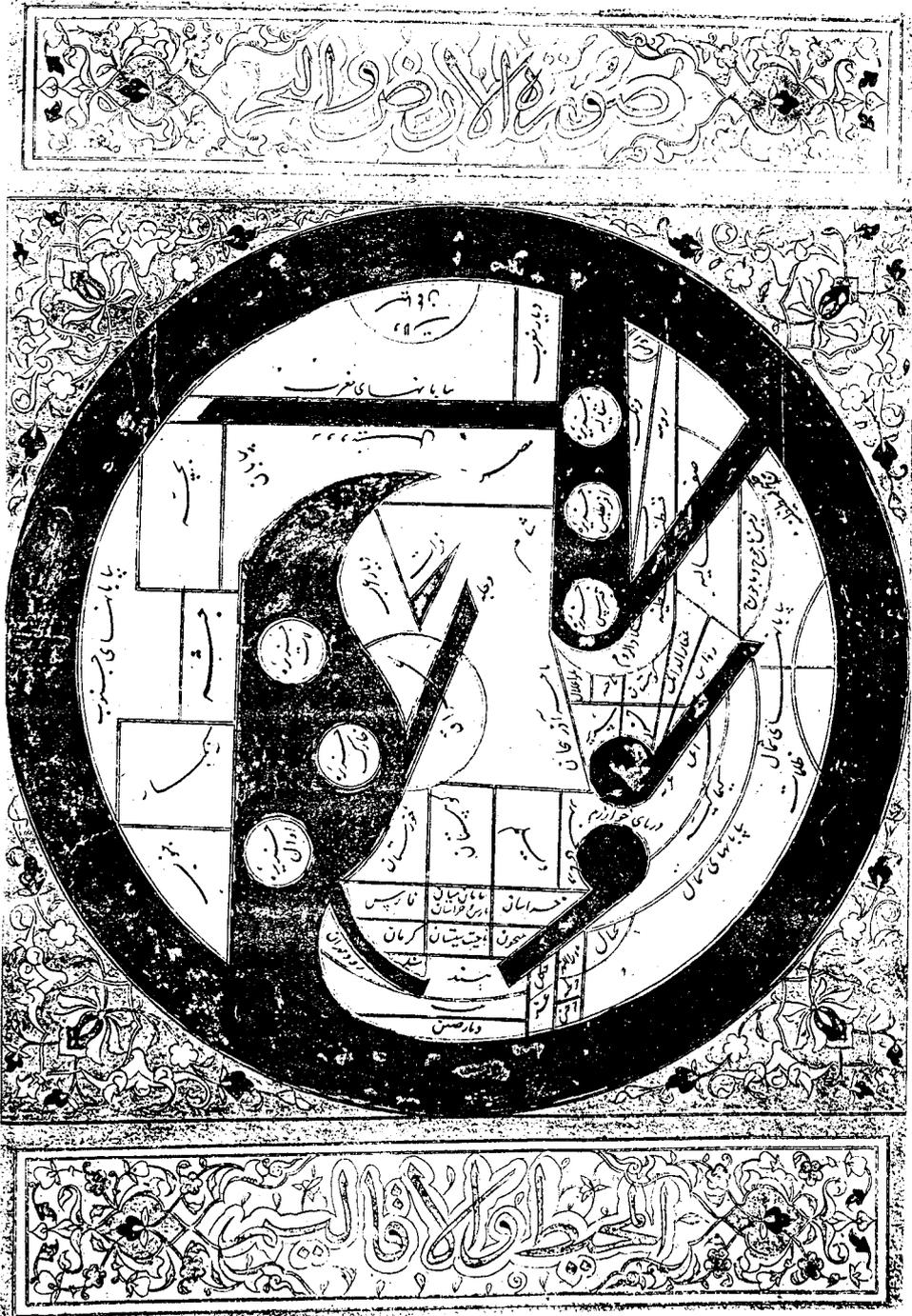
Güney İspanya'daki Granada'da (Gırnata) Mauritanya emirliğindeki matematikçilerin son temsilcisi AL KALAZADİ (Abul Hasan Ali ibn Muhammed al Kalazadi) (ölümü 1486), matematik ile ilgili yazdığı kitapta bazı matematik sembollerini ilk defa kullandığı görülmektedir. Örneğin karekök için Arapçası cezir kelimesinin ilk harfi > (cim) sayının üzerine yazılmıştır. ( $\sqrt{5}$  için  $\frac{>}{5}$ ), bunun gibi orantıda bölüm işareti (: ) yerine (··) işaretini ve eşittir için Arapça adala kelimesinin son harfi ( J ) (lam) ve daha sonraları ( ⚡ ) işaretini kullanmış, bu da zamanla (=) olmuştur. Avrupada da matematik sembolleri aynı tarihlerde (15. yüzyıl sonraları) başlamıştır (*Juschkevitsch*).

EL İSTAHRİ (Ebu İshak İbrahim bin Muhammed el Farisi el İstahri) (15. yüzyıl), "Kitab al masalik val mamalik" (masallar ve ülkeler) isimli yapıtında dünyanın çeşitli yerlerine ait 20 harita vardır. Bu kitap yaklaşık 1460 yıllarında Karakoyunlu Türkmen imparatorluğu Şehzadesi Pir Budak zamanında yazılmıştır (şekil 2.93) (*Akalay*).

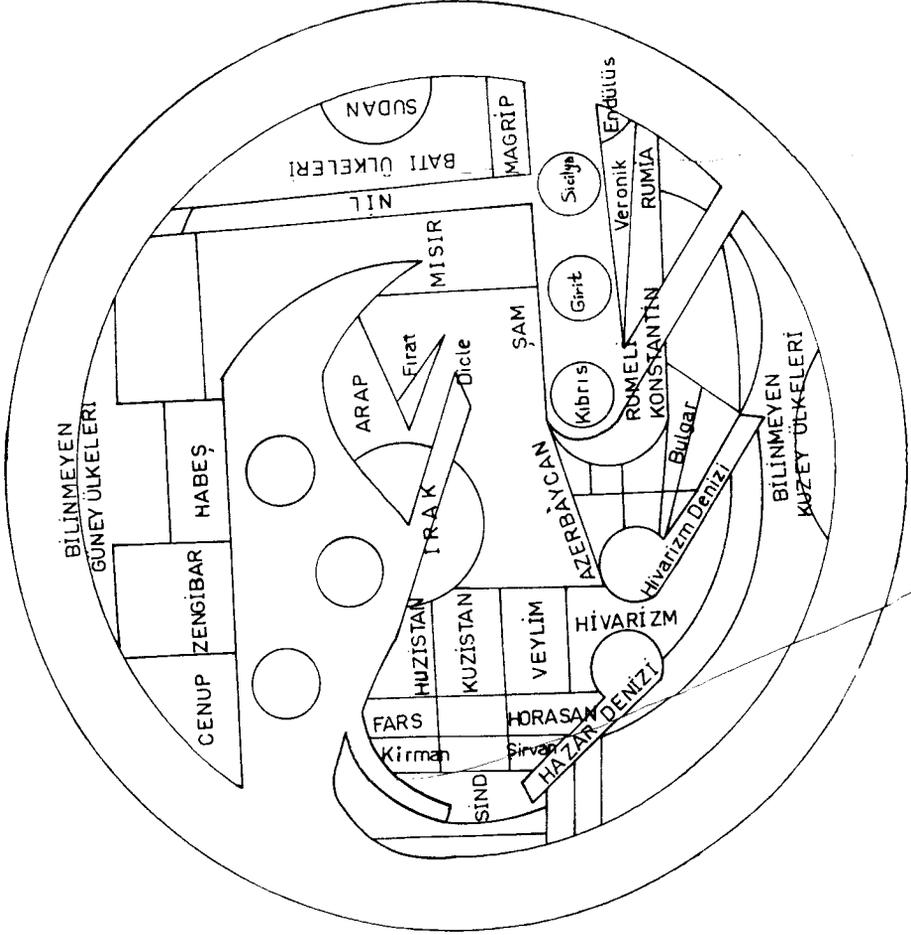
İBRAHİM MÜRSEL (Mürsiye'li) Trablusgarp'lı bir Türk denizcisidir. 1456 da Akdeniz haritası ve 1460 da Güney Avrupa haritası yapmıştır (*Aygün 1980/I*).

Bu konu ile ilgili diğer kaynaklar: *Afetinan, Akçura, Ahmed Rıza, Berry, Demircan, Dreyer, Gövsa, Hammer, Keskiöglü, Minow, Nasr, Orhunlu, Reiss, Salih Zeki, 1983, Senemoğlu, Selen, Smith, Unat 1964, Wiesner, Zeuthen, vd.*

1) Uluğ bey Semerkand'da kurduğu gözlem evine Kadızadeyi müdür olarak atadı ve arasıra kendisi de dersleri izliyordu. Uluğ Bey'in bir müderrisi sebepsiz yere görevinden alması üzerine Kadızade evine kapanarak bir süre derslere gitmemiş ve bu şekilde bir hükümdarın ilim yuvasına karışmasını adeta protesto eder gibi dersleri boykot etmişti. Bu durum karşısında Uluğ Bey bizzat Kadızadenin evine giderek ders vermemesinin nedenini sormuş, Kadızade ise kendisine şu tarihi yanıt vermişti. "Biz müderrisliği hiç kimseye ilgi ve bağımlılığı ve azli mümkün olmayan bir makam zannederdik. Halbuki bunun da yönetimin elinde olduğunu gördük. Bu yüzden öğretimden vazgeçtik". Bunun üzerine Uluğ Bey görevden alınan müderrisi tekrar görevine iade etmiş ve bu şekilde Kadızadenin gönlünü de alarak Kadızade de tekrar derse başlamıştı.

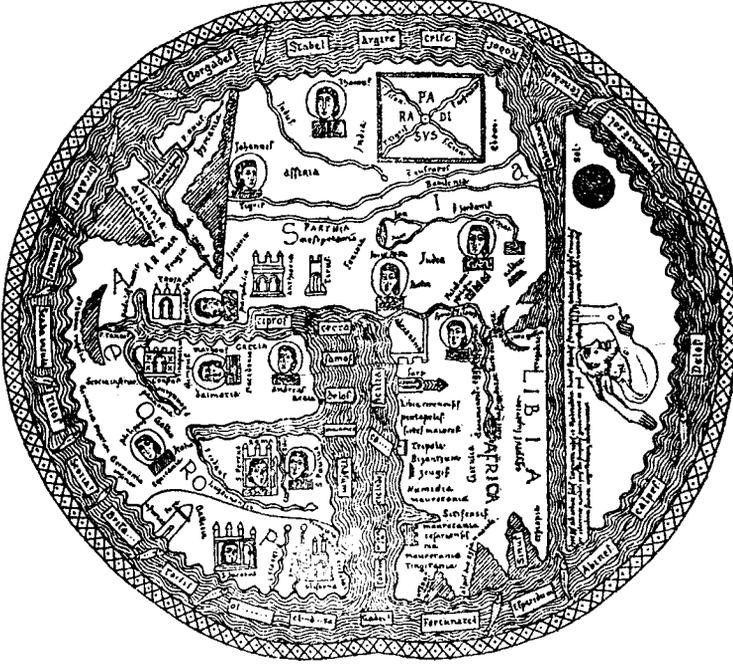


Şekil-2.93: İstahri'nin Dünya haritası

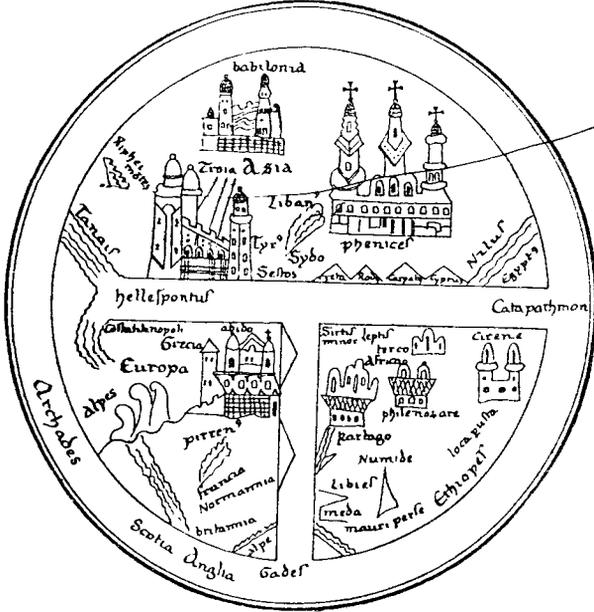


Şekil-2.94: İstahri'nin Dünya haritası (çeviri)

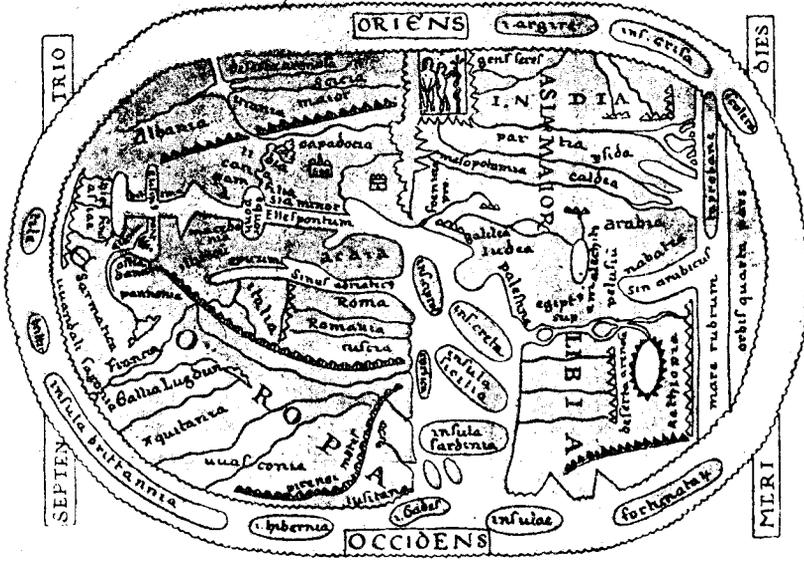




Şekil-3.2: Beatus'un Dünya haritası (778)(Aygün)



Şekil-3.3: Leipzig'te yapılmış Dünya haritası (9.yüzyıl) (Aygün)



Şekil-3.4: St. Sever'in Dünya haritası (11. yüzyıl) (Aygün)

Rönesans öncesi Avrupa'nın en ünlü matematikçilerinden birisi PİZALI LEONARDO (Fibonacci) (1180-1240) dir. Tüccar olan babası Cezayir'e gittiğinde oğluna hesap için bir Arap hoca tuttu. Fibonacci buradan öğrendiği 10 luk sayı sistemi ile hesaplama ilkesine ilişkin 1202 yılında Arap rakamlarının Avrupa'ya yayılmasında etken olan "Liber abaci" adında bir hesap kitabı yazdı. Böylelikle bütün rakamları 10 adet sembolle (pozisyon anlamlı) yazma olanağı Avrupalılar tarafından öğrenilerek bu rakamlara "Arap rakamları" denildi. Bu yüzden Fibonacci için matematiği Araplardan Avrupa'ya aktaran kişi denir. Bu tarihten itibaren abaküs (çörkü) ile hesap yapanlara 10 luk sistemle hesap yapanlar rakip olmağa başladılar. Fibonacci kendi adı ile anılan dizi ile de bilinir. Bu dizinin terimleri 0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 ... gibi her yeni terim kendinden önce gelen iki terimin toplamından oluşmaktadır. Bu dizinin terimlerinin pek çok özelliklerinin yanında çeşitli ağaç dalındaki yaprak yerlerinin sarmal şekilde dizilişlerindeki düzeni de gösterebilmesidir. Örneğin kiraz ağacında 2/5 olan bu oran iki sarmalda beş yaprak olduğunu göstermektedir. Armut ağacında bu oran 3/8, meşede 5/13 dır. Bu sayılara ay çiçeği ve çam kozalağı sarmalında da rastlanır. Burada karşılaşılan rakamlar ise dizinin bir atlanacak şekilde iki terimidir. Bu dizinin terim sayısı sonsuza gittiğinde dizinin bir teriminin bir önceki terime oranı da  $(\sqrt{5}+1):2=1.61803...$  değerine doğru gitmektedir. Bu değer ise bilindiği gibi altın oran denen ve eski Yunan mimarlarının ressam ve heykeltıraşlarının da bildiği pencere vb gibi dikdörtgen biçimindeki şekillerde uygulanan, göze hoş gelen bir orandır (Tepedelenlioğlu, Alsan vd).

Fibonacci 1220 de yazdığı pratik Geometri isimli kitabı, trigonometrinin haritacılık çalışmalarına uygulanması hakkındaki ilk kitaplardan biridir. 1225 de "Liber Quadratorum" (kare sayılar kitabı) nı yazdı. Bu yapıtta çözümleri tam sayı olan "Diofant denklemleri" ile uğraştı. 1228 de ilk defa kesir çizgisini kullanan kişidir. "Flos" isminde bir başka yayını da vardır (Dorsay,M.).

Bir İngiliz bilim adamı olan ROGER BACON (1220-1292), Roma'da manastırda yazdığı "opus Majus" isimli yapıtı yüzünden 1288 de suçlanarak hapse atıldı. Bu kitapta Batlamyus ve Aristo'nun görüşlerini benimsiyordu. Evreni 210 milyon km yarıçaplı bir küre olarak kabul etmişti. Dünya'yı da küre gibi yuvarlak ve gemi ile dolaşılabilirliğini iddia etti. Ancak bu işi 300 yıl sonra Magellan uygulayabildi. Bacon, Jülyen takviminin her yıl uzadığını, gece ve gündüzlerin eşit olduğu günlerin her 100 yılda 1 gün erken olduğunu söylemiştir. Bu durumun düzelmesi de 300 yıl sonra 1582 de Gregoryan takvimi ile gerçekleşmiştir. Bacon ayrıca optik ve refraksiyon konularını da araştırarak konveks merceklereki görüntülerin oluşmasına ilişkin kuralları saptamıştır. Dürbün konusunda bazı düşüncelerinin olduğu tahmin edilmektedir.

1252 de Kastilya kralı bilge lakaplı 10. ALFONSO (1221-1284) emri üzerine "Alfonso cetvelleri" diye anılan ve 300 yıl kullanılan astronomi cetvelleri düzenlenmiştir. 1280 de yapılan HEREFORD Dünya haritasında da (şekil-3.6), Kudüs haritanın ortasında, dünya yine sını gibi düz ve yuvarlak olarak düşünülmüştür (*Mersinoğlu*).



Şekil-3.5: Ebstorf haritası (1235) (*Morrow*)

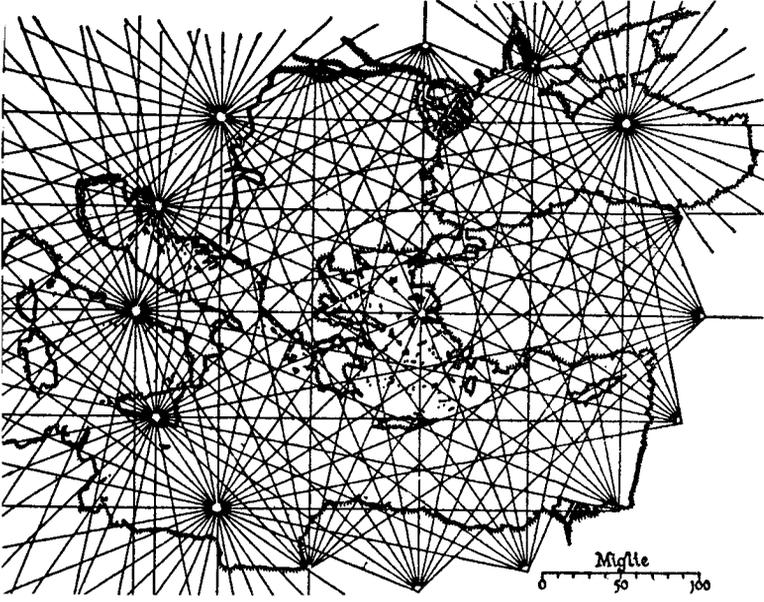


Şekil-3.6: Hereford'un Dünya haritası (1280)

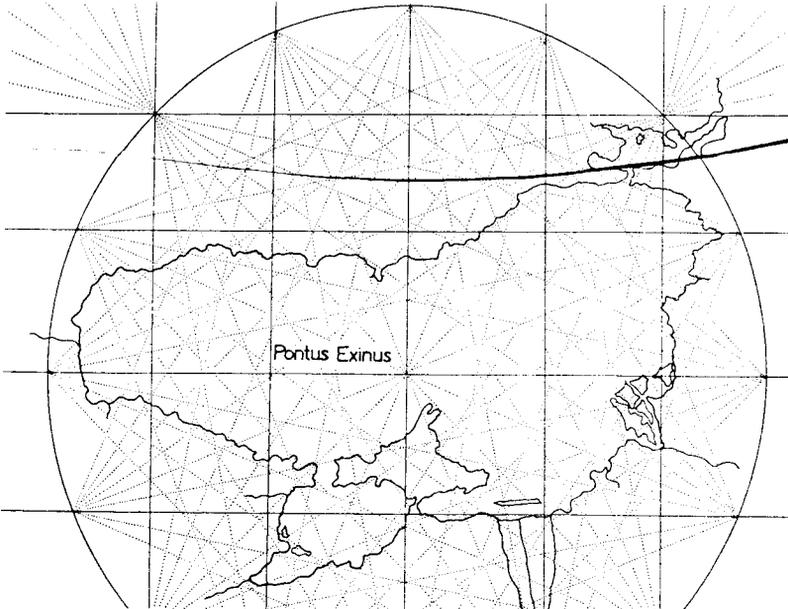
Venedikli gezgin MARCO POLO (1254-1324), 1271-1295 yılları arasında Çin'e kadar giden ilk Avrupalıdır ve o zamana kadar Avrupalı haritacılarının bilmediği birçok yeri keşfetmiştir. Marco Polo'nun uzak doğu topoğrafyasına ait bilgiler ilk defa Cenova hapisanesinde yazdığı katalon atlasında yer almıştır. Hindistan'a batıdan ulaşmayı deneyen Christof Colomb'un yanında bu bilgileri içeren bir kitabın Latince baskısı da vardı. Barutu, matbaayı, pusulayı, kömürü, kağıt parayı batıya Marco Polo tanıtmıştır. Ayrıca Çinlilerin görme kusurunu düzeltmek için gözlük kullandıklarını bildirmiş ve 1285 den itibaren İtalya'da görme kusurunu düzelten gözlükler kullanılmaya başlanmıştır. Kubilay Han için Marco Polo'nun çizdiği Dünya haritası şekil-3.7 dedir.



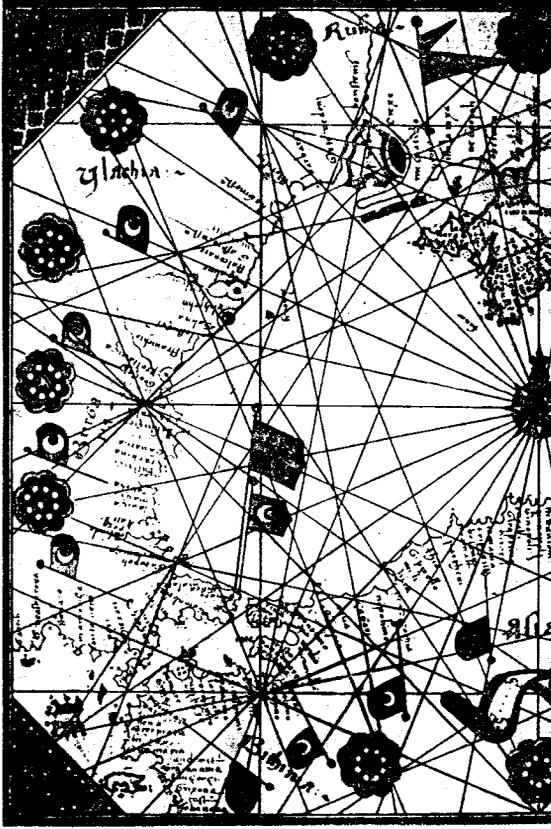
kaynaklanmaktadır. Şekil-3.9 da 1318 yılında Petrus Vesconte tarafından yapılan Karadenize ait bir portolan harita görülmektedir. Kuzey yönü haritanın alt tarafıdır.



Şekil-3.8: Petrus Vesconte'nin doğu Akdenize ait portolan haritası (1311)(*Ency. Britan.*)



Şekil-3.9: Karadenize ait bir portolan harita (1318)



Şekil-3.10:Karadeniz ve Anadolu'nun bir kısmına ait portolan harita (Pfeifer)

Son yapılan portolan haritalarında yönler bazı sembollerle belirtilmiştir. Kutup yıldızı kuzeyi, yarı gölgeli dünya güneyi, haç doğuyu ve gül batıyı göstermektedir. Haritada rüzgar güllerinin kesim yeri bir çember üzerinde bulunmaktadır. Rüzgar gülleri 32 ye bölünmüştür. Şekil-3.8-3.10 da portolan haritalardan bazı örnekler verilmiştir. Bu haritalarda gerek coğrafik koordinatlar gerekse oransal uzunluklar oldukça doğru çizilmiştir ve zamanımızın haritalarını andırmaktadır. Bu tür haritaların yapıışlarına henüz tam bir açıklama getirilememiştir.

Bunlardan başka kıyıların dışında kara içlerini de gösterenlerine katalon haritaları denmektedir. PİRİ REİS (1470-1554) in 1513 de yaptığı Amerika haritası da portolan haritaya güzel bir örnektir (şekil-4.15).

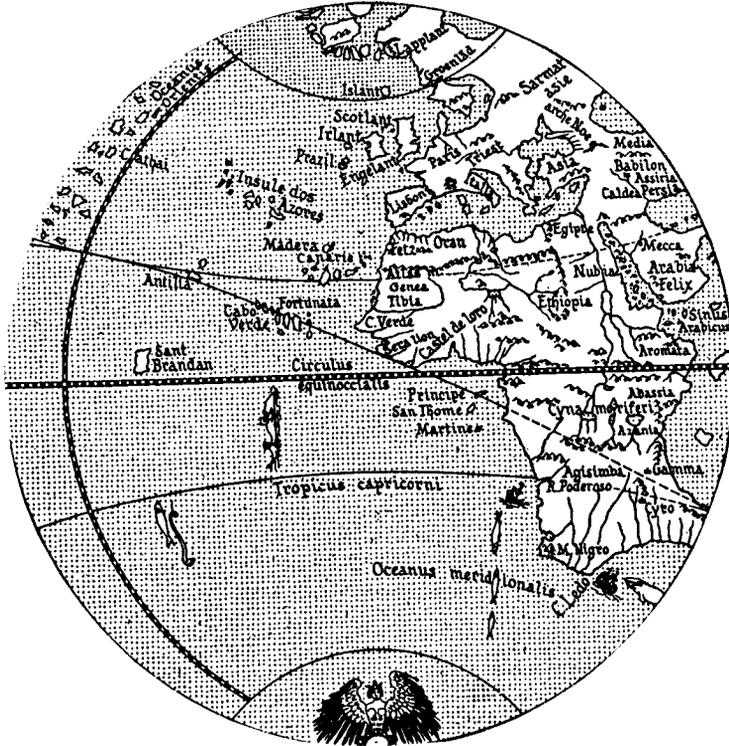




1484 de Fransız matematikçisi NİCOLAS CHUQUET (1445-1500), yazdığı "Triparty en la science des nombres" isimli cebir kitabında negatif üsler kullandı. Üslerin sonlu aritmetik dizisiyle kuvvetlerin sonlu geometrik dizisi arasındaki ilişkiyi gösterdi.

İtalyan Rönesansının büyük ismi LEONARDO DA VİNCİ (1452-1519), resim ve heykeltıraşlığının dışında iyi bir mühendisti. Ünlü Mona Lisa ve diğer yapıtlarının yanında ülke savunmasına ilişkin tank ve uçak krokileri, kanal yapımı paraşüt, asansör projeleri çizmiştir. Uçak yapımı için kuşların uçuşunu ve su altındaki balıkların hareketlerini incelemiştir. Cisimlerin düşme esnasında gittikçe hızlandığını gözlemiştir. Ay'ı Dünya'nın bir parçası olarak kabul etmiş ve parlaklığının Güneş ışınlarının yansımından olduğunu söylemiştir. Dünya'nın kendi eksenini etrafında döndüğünü ve evrenin merkezi olmadığını, yerin yapısını ve fosilleri inceleyerek dünyanın sürekli değişimde olduğunu iddia etmiştir. Çeşitli kartografik çalışmaları vardır ve 1512 de bir globus yapmıştır. 1459 da kilise papazı ve aynı zamanda kartograf olan İtalyan FRA MAURO (1405-1460), Venedik'te 2 m çapında daire şeklinde "Mappa Mundi" adı verilen haritayı yaptı.

Cenovalı ve İtalyan Rönesansının ünlü yapı ustası Leon Battista ALBERTİ (1404-1472), ölümünden sonra 1485 de Floransa'da yayınlanan kitabında ölçme bilgisi konularına yer vermiştir. 1494 de İtalyan Luca PACİOLİ (1445-1510), "Summa de arithmetica.." adıyla bir matematik kitabı yazarak 2. derece denklemlerden bahsetti. 1497 de Konrad TRÜST (1450-1503), İsviçre'ye ait bir haritanın çoğaltılması için ağaç ve bakır üzerine kazıma denemeleri yaptı.



Şekil-3.13: Martin Behaim'e göre batı Dünyası (1492), (Ency.Britanica)

Regimontanus'un öğrencisi Nürnberg'li Martin BEHAİM (1459-1507), 1492 de yer elması adında bir globus yaptı. Henüz Amerika kıtasının tam keşfedilmediği yıllarda Atlas okyanusunda bir takım adalar dışında haritanın en soluna çizdiği meridyenin de batısına Doğu okyanusu yazmıştır. Ayrıca Ağrı dağının üstüne de Nuh'un gemisini oturtmuştur (şekil-3.13).

### 3.2 DÜNYA ÜZERİNDE GEMİ İLE YAPILAN GEZİLER, KEŞİFLER

Bu tarihlerde yoğun bir şekilde gemi ile Dünya'nın bilinmeyen yerlerini keşfetme, yeni ülkeler kazanma ve biraz da merakla Dünya'nın yuvarlaklığını kanıtlama çabaları ağırlık kazanmaktadır. Akdeniz'in bütün kıyılarının çeşitli zaman ve kişiler tarafından yapılmış haritaları, özellikle PİRİ REİS'in (1470-1554) yazdığı "Kitabı Bahriye" (Denizcilik kitabı) ve bu kitaptaki haritalarla bilinmektedir. Cenevizlerin Kırım'a kadar olan seferleri ile Ege ve Karadeniz'in çok önemli haritaları mevcuttur. Osmanlıların Kızıldeniz ve Umman denizine ait çeşitli haritaları vardır. Afrika'nın ve Avrupa'nın batı sahilleri, Britanya adasına ilişkin bilgiler Romalılara ve daha eskilere kadar uzanmaktadır. Uzak doğuya ait Marco Polo ve diğer bazı gezginlerden alınan bilgiler ile Avrupa, Asya ve Afrika anakaraları tanınmaktadır.

İtalyan kartografi Paolo TOSCANELLİ (1397-1476) yaptığı bir Dünya haritasında bir boylam hatası, Hindistanı Avrupaya batı yoluyla daha yakın gösterdiğinden Cenevizli denizci CHRISTOPH COLOMBUS (1450-1506), İspanya adına Hindistan'a gitmek amacıyla batıya doğru Atlas okyanusuna yelken açarak 12 Ekim 1492 de Bahama adalarına ulaşmış ve buraya Batı Hint adaları ismini vermiştir. 1493 ve 1498 de Colomb Amerika'ya başka seferler de yapmıştır. 1510 da İspanyolların Güney Amerika'da kurduğu devlete de Columbus'un onuruna Kolombiya denmiştir (*Kravath*).

Portekizli VASCO DA GAMA (1469-1524). Asya'ya gemi ile giden ilk Avrupalıdır. 1497 de Lizbon'dan ayrılarak Afrika'nın güneyinde Ümit burnunu dönüp 1502 de Kalküta'ya varmıştır.

Florentinli seyyah AMERİGO VESPUCCİ (1454-1512), Atlantik okyanusunun batısındaki ülkenin Asya'nın bir parçası olmayıp yeni bir ülke olduğunu söyledi. Bundan dolayı da adı, Avrupalı coğrafyacılar tarafından bu ülkeye verildi. Kendisi 1499 da Güney Amerika'da 32 derece güney enlemine kadar gitti.

Bir başka Portekizli gemici MAGELLAN (1480-1521), İspanya adına Dünya'yı dolaşmak için 1519 da İspanya'dan beş gemi ile ayrılarak Atlantik'te Güney Amerikanın güneyinde kendi adı verilen Magellan boğazını geçerek Pasifik'e (Büyük okyanus) çıktı ve Filipinler'e geldi. Burada yiyecek ve su almak için yaşadığı bir adada yerlilerle yapılan savaşta birçok gemici ile birlikte öldü. Geriye kalan bir tek gemi 6 Aralık 1522 de dönüşünü tamamlayabildi. Bu şekilde dünyanın yuvarlaklığı gemi ile dolaşarak bizzat kanıtlanmış oldu.

Bu seyahatlardan başka dünyanın keşfedilmemiş birçok yerlerine bir çok kereler denizden, karadan, nehirden daha sonraları havadan çeşitli geziler yapılmış ve buralarda yapılan gözlem ve haritalarla ve yazılan kitaplarla dünyanın bilinmeyen yerleri insanlara tanıtılmıştır. Bu gün artık dünyada haritası yapılmayan, başka bir deyişle ayak basılmamış kutuplar da dahil hiç bir yeri kalmamıştır (*Malaschofsky*).

### 3.3 ORTA ÇAĞDA ÜNİVERSİTELERİN AÇILIŞI

Üniversiteler genel de dört fakülte ile başlamışlardır. Bunlar, sanat , teoloji (ilahiyat), hukuk ve tıp fakülteleridir. Üniversiteler genelde ilahiyat fakültesi profesörlerince yönetiliyordu. Öğrenciler altı yıl sanat dalında öğrenim yaparak sınav verdikten sonra diğer fakültelere geçebilirlerdi. İlahiyat fakültesinde öğrenim sekiz yıl sürüyordu. Matematik konuları sanat fakültesinin bir kürsüsünde gösterilir ve daha yüksek konular filozofi içerisinde anlatılırdı.

13. yüzyılda matematik olarak özellikle Öklid'in "Elemente" (öğeler) kitabı okutuluyordu. Bunlara ek olarak astronomi, optik, gezegen hareketleri, orantı hesapları gösteriliyordu. İlk matematik kürsüsü bağımsız olarak Viyana'da açıldı. Burada tam ve kesirli sayılarla hesaplamalar yani pozisyon değerli ilkeye dayanan ondalık sayı sistemi ile hesaplamalar, optik, sferik, dinsel takvim hesapları ve sonraları astrolabium (usturlab) gösteriliyordu. 16. yüzyıl başlarında mezun olan öğrencilerin geometri sınavı yerine kendilerine Öklid'in öğelerinin ilk altı kitabına ait dersleri gördüklerine ait yemin etmeleri gerekmekteydi.

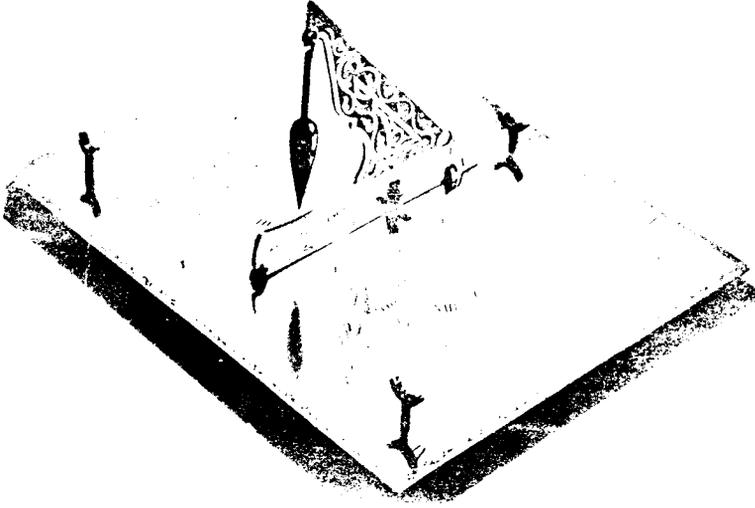
İlk üniversite Avrupa'da 11. yüzyılın ilk yarısında Salerno'da tıp konusunda açıldı. Bunu 1100 yılında Bologna'da Roma hukuku ağırlıklı üniversite izledi. 12. yüzyıl sonunda Paris ve Oxford'ta, 1209 da Cambridge, 1220 de Montpellier, 1224 de Napoli, 1229/30 da Toulouse, 1257 de Sorbon, 1349 da Prag, 1364 de Krakau, 1365 de Viyana, 1386 da Heidelberg, 1388 de Köln, 1392 de Erfurt, 1409 da Leipzig, 1459 da Basel 1472 de Ingolstadt, 1477 de Tübingen vd.üniversiteleri açılmıştır.

Üniversitelerin kilise baskısından kurtulması için Oxford Üniversitesinden filozof ve bilim adamı Robert GROSSETESTE (1175-1253) ve onun öğrencisi ünlü Roger BACON (1212-1294), doğa bilimlerinin deneye dayalı ve matematik bazlı olması gerektiğini savunmuşlar ancak başarılı olamamışlardır. Nihayet 1657 de Floransa'da, 1662 de İngiltere'de ve 1666 da Paris'te üniversitelerin dışında bilim akademileri kuruldu (*Juschkevitsch*).

### 3.4 ÖLÇME ALETLERİ (1200-1500)

#### 3.4.1 Gnomon

Orta çağda kullanılan ölçme aletlerinden basit birisi gölge ölçmekte kullanılan Gnomon'dur. Bu aletin ilkel biçimleri şekil-2.64 ve 2.65 de gösterilmiştir. Şekil-3.14 de ise bir değişik biçimi verilmiştir. Gnomon aleti ile hem gölge boyu ölçülmekte, hem de Güneş'in azimutu (meridyenden olan açısı) saptanabilmektedir. Bu aletle gölge boyunun en kısa olduğu durumda meridyen yönünün saptanabileceği gibi belirli saatlerde ölçülen Güneş yüksekliğinin bir zaman-gölge boyu veya zaman-güneş yüksekliği grafiğinin gösterdiği parabolde yararlanarak meridyen yönü saptanabilir (*Schröder*).



Şekil-3.14 : Gnomon

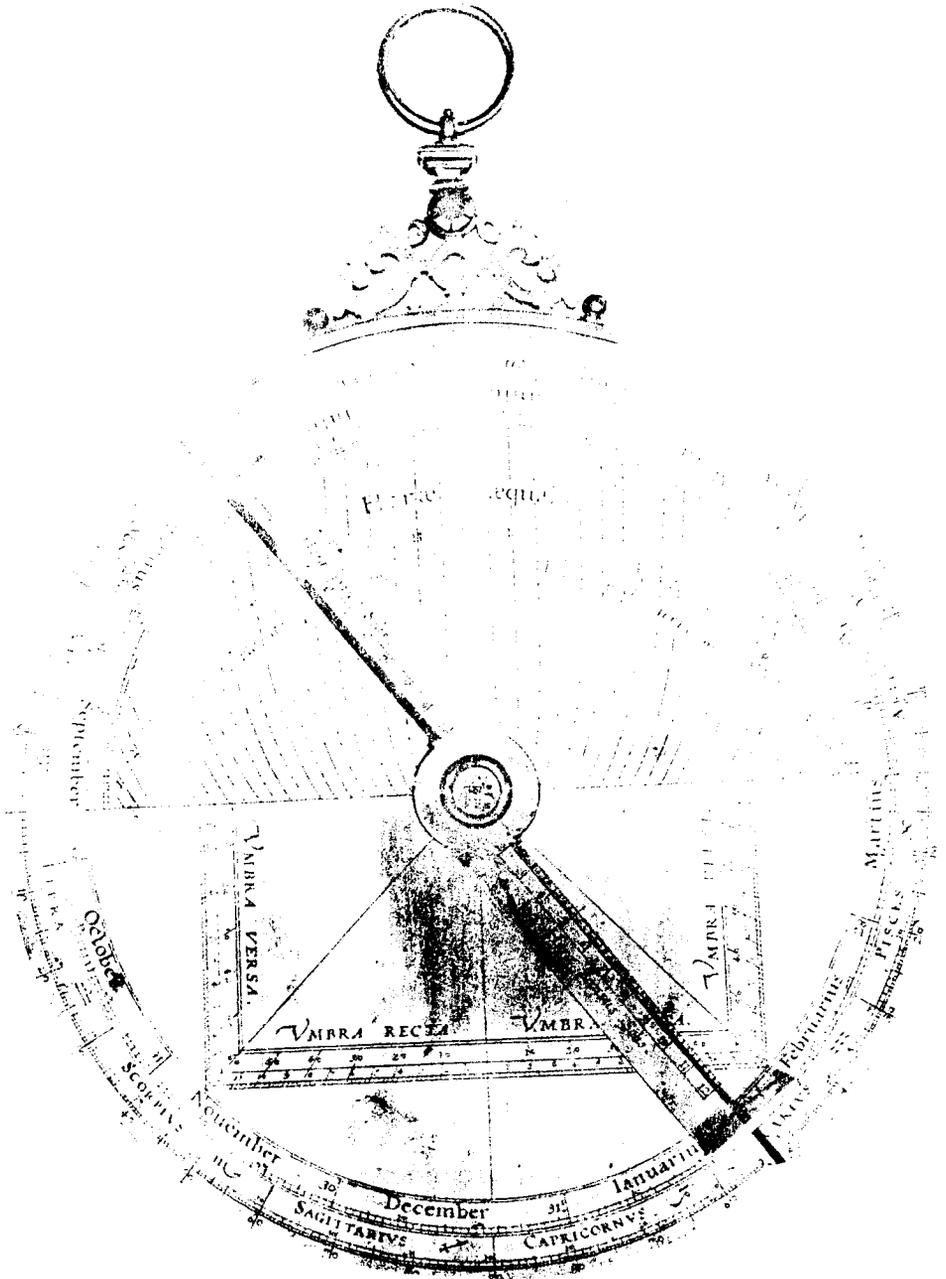
### 3.4.2 Astrolabium (Astrolab, Usturlab)

Orta çağda çok kullanılan ölçme aletlerinden biri de astrolabdır. Yunanca yıldız yakalayan anlamına gelen bu alet daire şeklinde düşey açı ölçmekte kullanılmaktadır (şekil-2.83 ve şekil-3.15). Yunanlıların icat ettiği bu aleti Batlamyus ünlü Almagest'inde tanımlamıştır. Araplar bu aleti geliştirerek çeşitli amaçlara uygun sayısız yeni şekillere soktular. (bkz. 2.8 İslam ülkeleri). Bulunulan yerin enlemine uygun olarak takılan ek daire biçimindeki halkalar ve usturlab üzerine çizilen grafiklerden yararlanarak yerel zamana ait bilgileri söz gelimi Güneş'in doğuş ve batışı, namaz saatleri, kible yönü vb işler için çok amaçlı usturlablar geliştirdiler. Avrupa bu tür usturlabları ancak 14. yüzyılda yapabildi.

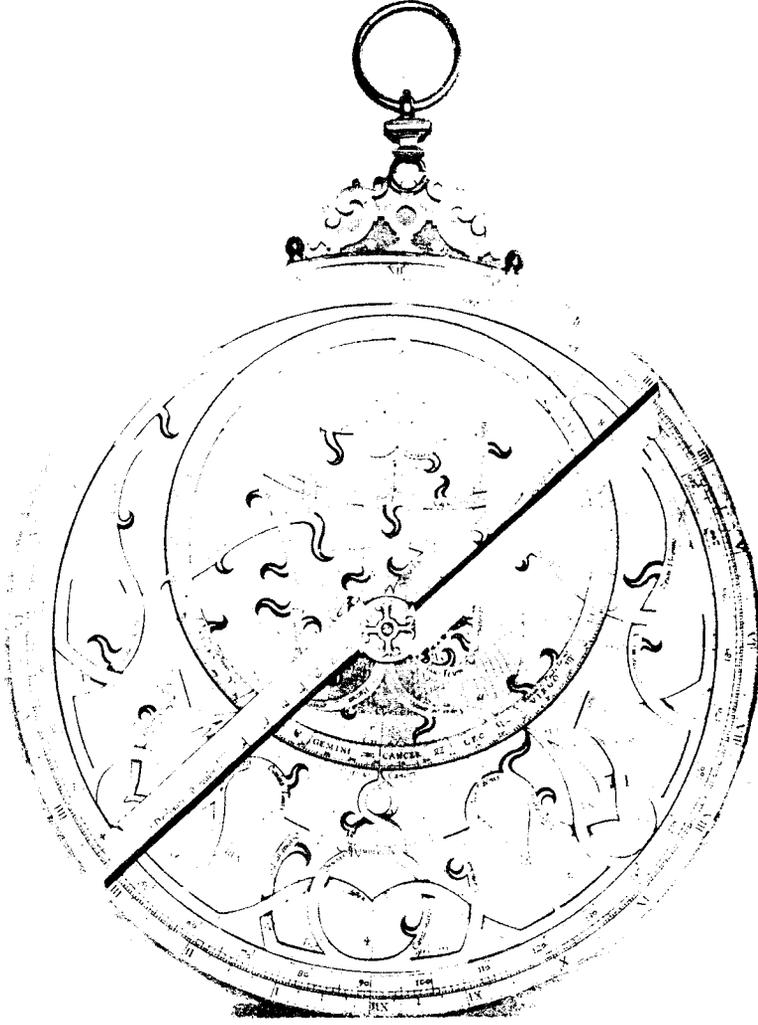
Yerel zamanı ve konum belirlenmesinde denizciler usturlabın rolünü ve değerini anlamışlardı. 16. yüzyılda usturlab ile ilgili yayınlar çoğaldı. 17. yüzyılda bile yerine başka aletler yapılmasına karşılık denizcilikte kullanılmaya devam edildi.

Kulpundan asılarak kendi ağırlığı ile düşeylenen usturlapta bir merkez etrafında dönen bir diopter (gözleme düzeni) vardır. Yükseklik açısı ölçülecek objeye yöneltilerek kadranda bu açı okunur. Bölümlenme, yatay doğrultu 0 - 0 ve düşey doğrultu 90 - 90 değerleri ile belirlenmiştir ve okunulan değer yataydan olan eğim açılarıdır. Bazı usturlablarda bölümlenme sol yatay çizgisi 0 derece olmak üzere saat ibresi ters yönünde bölümlenmiştir (şekil-3.16 ve 3.17). Şekil-3.17 deki astrolab 15. yüzyıldan kalma bir alettir. Bu alet 37 cm çapında ve pirinçten yapılmış olup Paris ve Nürnberg enlemleri için hazırlanmış daireleri vardır. Ek bir çubuk ile yatay açı okuma olanağı vardır. Şekil-3.18 de büyük bir tahtadan yapılmış astrolab ile açı ölçümü görülmektedir.

Kule yüksekliklerini hesaplamak için bu aletle oluşturulan düşey düzlemdeki dik üçgenin bir açısı ölçülüyor, dik üçgenin düşey kenarı biliniyorsa (şekil-3.19) bu takdirde üçgenin yatay kenarı olan uzunluk hesaplanabilir. Kuleye olan yatay uzunluğun bilindiği durumda ise (şekil- 3.20) diğer dik kenar olan kule yüksekliği hesaplanabilmektedir.

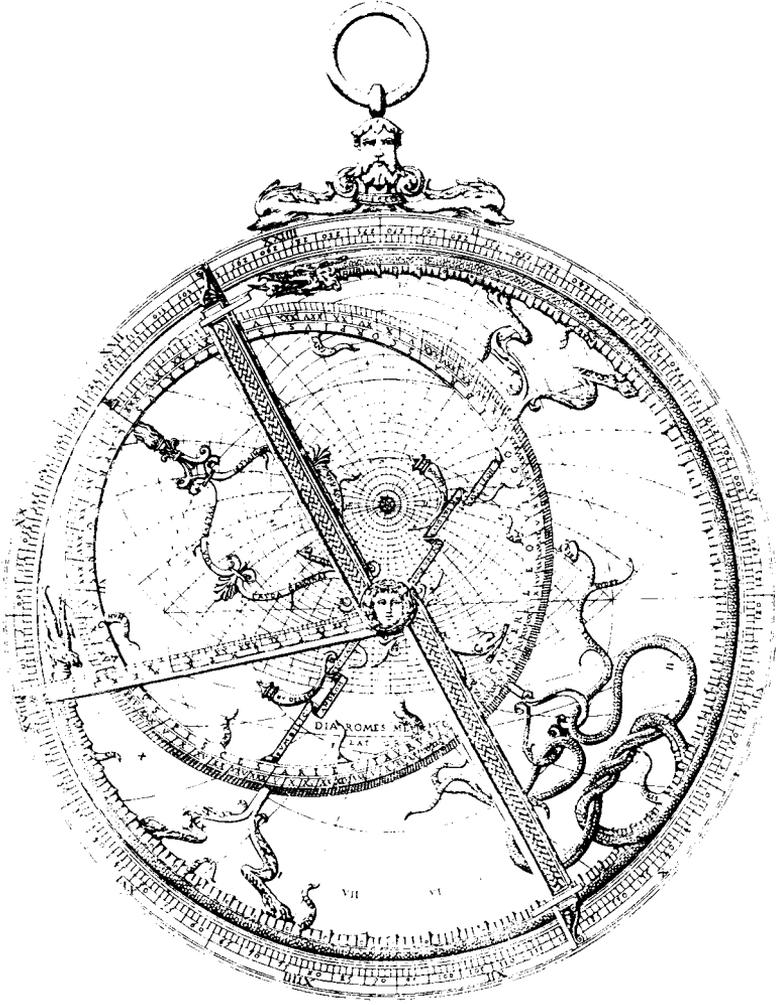


Şekil-3.15: Astrolabium (usturlab)

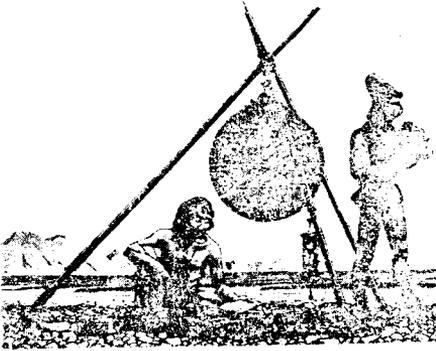


Şekil-3.16: Astrolabium

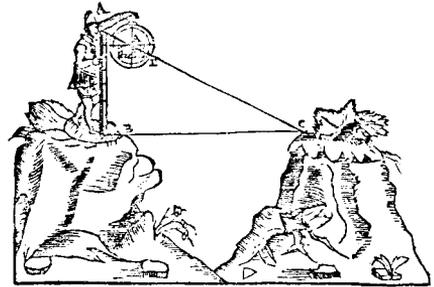
Kuleye olan uzunluğun ölçülemediği durumlarda (şekil-3.21) deki gibi bir hendeği bu ölçüyü elde etmekte zorluk çıkarıyorsa bu durumda kule ile aynı doğrultuda bulunan iki gözlemci ile ve bu iki gözlemcinin aralarındaki uzunluğun ölçülmesi ile kule yüksekliği hesaplanabilir.



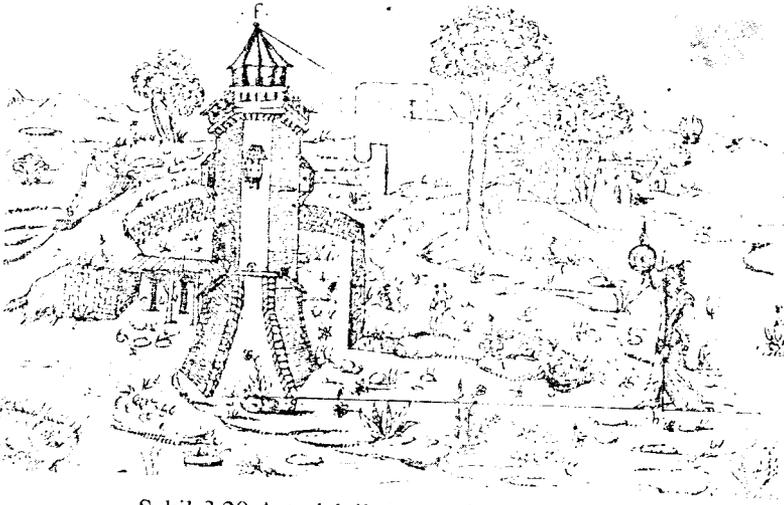
Şekil-3.17: 15. yüzyıldan kalma bir astrolabium



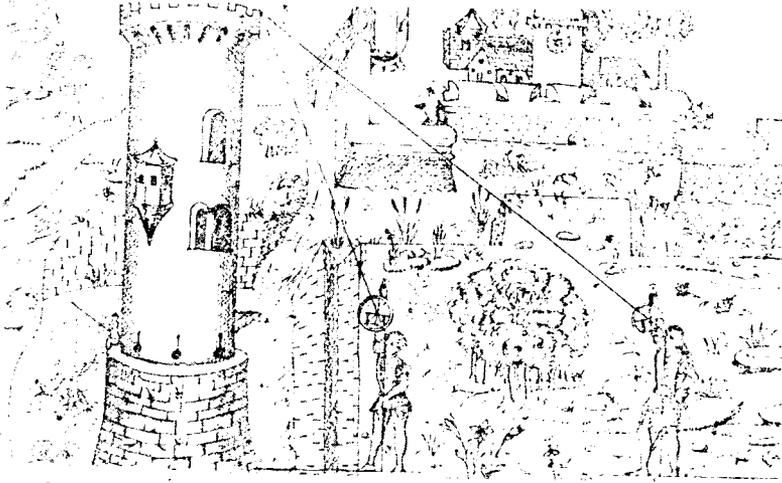
Şekil-3.18: Büyük bir tahta astrolab



Şekil-3.19: Astrolab ile uzunluk hesabı



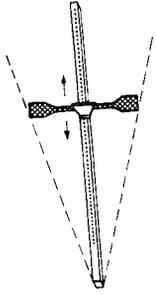
Şekil-3.20: Astrolab ile kule yüksekliği ölçümü



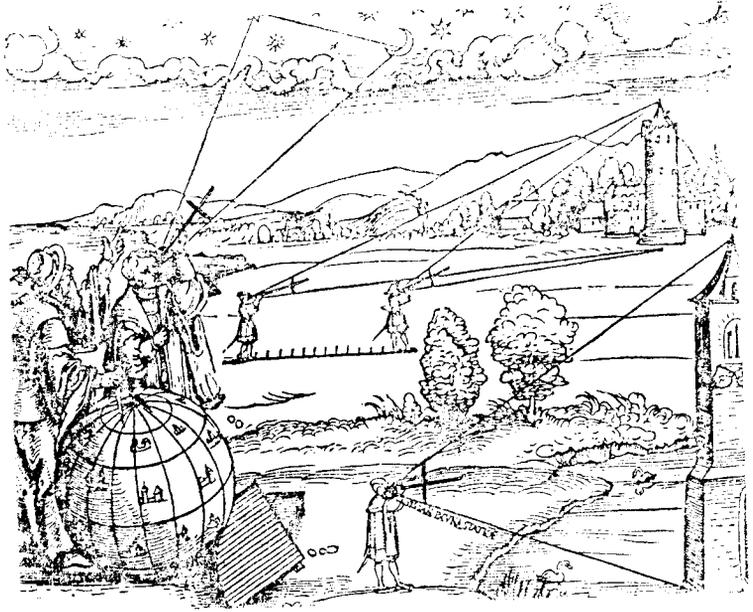
Şekil-3.21: İki noktadan yapılan ölçülerle kule yüksekliği hesabı

### 3.4.3 Jakob Çubuğu

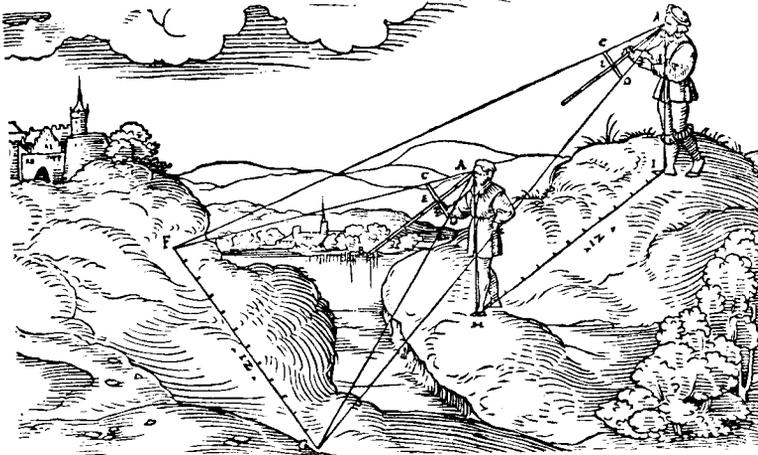
1342 de Levi Ben GERSON (1288-1344) tarafından icat edilen Jakob çubuğu, bölümlü bir cetvel ve üzerinde kayan dik bir ikinci çubuktan ibarettir. Enine dik çubuğun göze doğru yaklaştırıldığında açı büyümekte, uzaklaştırıldığında açı küçülmektedir (şekil-3.22). 1716 da bulunan böyle bir çubukta uzun çubuk 76 cm ve enine hareket eden kısa çubuk 8,5, 17, 34 ve 51 cm uzunluğunda dört çeşittir. Başlangıçta astronomik yer tayini için kullanılan bu alet 15. yüzyılda gemilerde de kullanıldı. Jakob çubuğu Gemma FRISIUS (1508-1555) tarafından düzeltilip geliştirilerek 19. yüzyıla kadar kullanılmıştır. Bu aletle ayrıca uzunluk ve yüksekliklerin oranları da hesaplanabilmektedir. Jakob çubuğu ile açı ölçüsünde enine çubuğun kaydırılması ile oluşturulan açının tanjantı veya direkt olarak açının değeri uzun çubuğun üzerine bölümlenmiştir (şekil-3.23 ve 3.24).



Şekil-3.22: Jakob çubuğu



Şekil-3.23: Jakob çubuğu ile ölçü

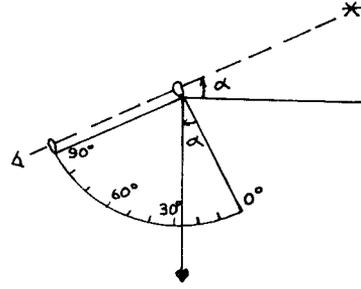


Şekil-3.24: Jakob çubuğu ile yanına varılmayan bir uzunluğun ölçülmesi

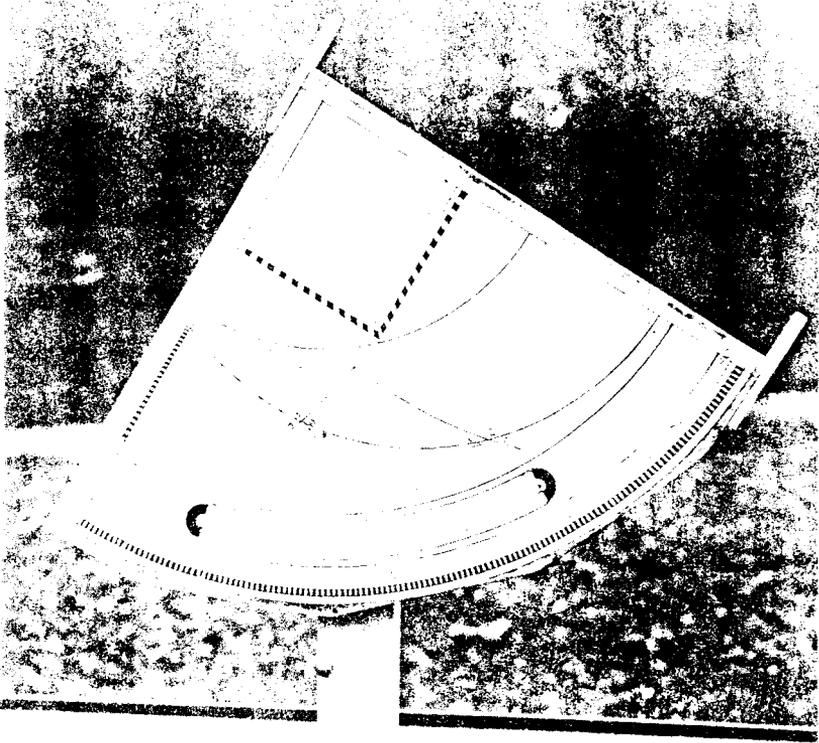
### 3.4.4 Kuadrant (Rubu Tahtası)

Bir dairenin 1/4 ü olduğu için çeyrek daire ve daha eskiden rubu tahtası da denilen bu açı ölçme aleti 90 derecelik merkez açısına karşılık gelen bir daire parçasıdır (şekil-3.25). Bir kenarı üzerinde gözetleme (nişangah veya diopter) düzeni bulunan ve daire merkezinden aşağıya doğru sarkıtılan bir çekülü vardır ve çekülün bölümlene üzerindeki değeri olan  $\alpha$  açısı gözlenen objenin eğim açısıdır. Bu alet de bir düşey açı ölçme aleti olup ilk olarak Batlamyus'un "Almagest" adlı yapıtında tanımlanmıştır.

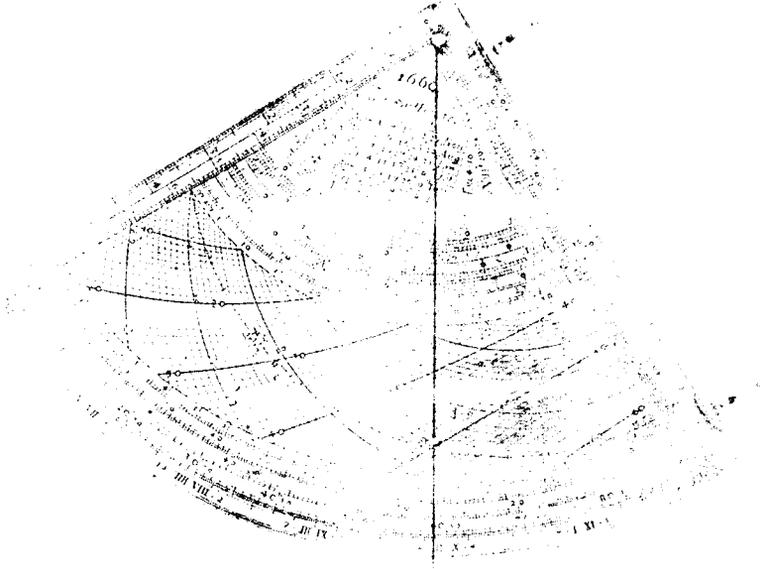
Şekil-3.29 daki aletler, Güneşin gökyüzündeki konumundan saat açısı ölçümünde yani zaman saptarnasında da kullanılmıştır. Böyle bir aletten EL HARİZMÎ (780-850), "Mefatih el ulm" (ilimlerin anahtarı) isimli kitabında bahsetmektedir. Güneş yüksekliğini ölçmek için 1577 yılına ait pirinçten yapılmış bir kuadrant aleti şekil-3.30 de görülmektedir. Aletin bir dik kenar uzunluğu 15 cm dir. Orta çağda yazılmış Latince kitaplarda açı ölçümü ve kule yüksekliğinin kuadrantlarla nasıl yapılacağı şekil-3.31 ve 3.32 de görülmektedir.



Şekil-3.25: Kuadrant ile açı ölçümü



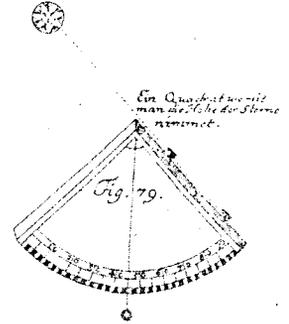
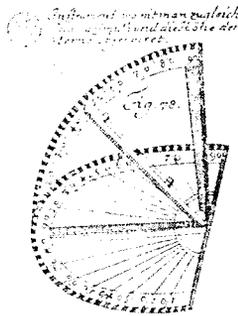
Şekil-3.26: Kuadrant



Şekil-3.27: 1660 yılından kalma bir kuadrant



Şekil-3.28: Kuadrant ile açı ölçümü



Şekil-3.29: Astrolab ve kuadrant



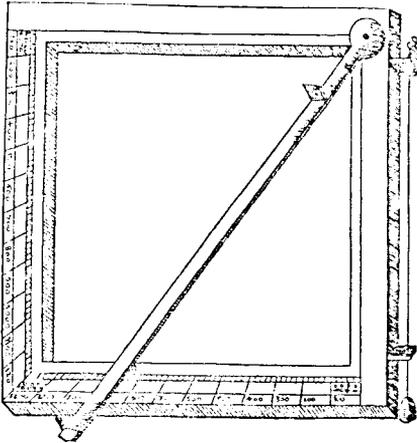
Orta çağda yazılan astronomi kitaplarının kapaklarında süsleme amacı ile zamanın ölçü alet resimleri konulurdu. Şekil-3.33 de, 1584 de yazılmış böyle bir kitap kapakçığı görülmektedir. Bu resimde Jakob çubuğu, astrolab, kuadrant çekül, kum saati ve pergel görülmektedir. Şekil-3.34 da ise Güneş yüksekliğini ölçmek için güneşi arkaya alarak enine çubuğun kaydırılıp gölgesinin başlangıç noktasına düşmesini sağlayan ve bu şekilde yükseklik açısının ölçüldüğü "İngiliz kuadrantı" görülmektedir. Bu alet Jakob çubuğu ile kuadrant arasında bir alettir ve daha sonraları icat edilen sekstant aletinin öncüsü sayılabilir.



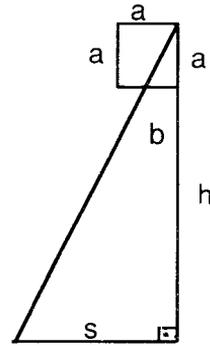
Şekil-3.33: Ortaçağda yazılmış bir astronomi kitap kapağı

### 3.4.5 Geometrik Kuadrant

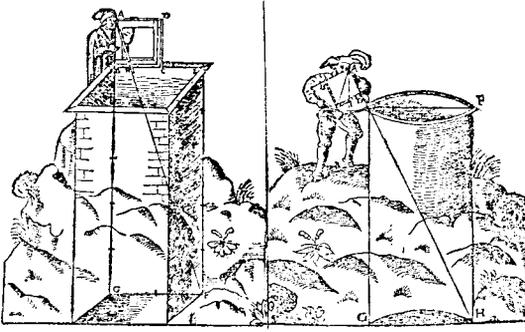
Georg von PEUERBACH (1423-1461) tarafından icat edilen ağaç veya metalden yapılmış, bir kenarı yaklaşık 120 cm ve kare biçiminde bir alettir (şekil-3.35). Kenarları 1200 e bölünerek her bölüm yaklaşık 1 mm aralıkla çizilmiştir. Gezici kol üzerindeki nişangah ile hedef gözlenerek karenin yatay kenarı (latus versum) veya düşey kenarı (latus rectum) üzerindeki bölümlerden açı hesaplanabilir. Aletin kenarlarının düşey ve yatay tutulması amacı ile bir kenarına çekül asılmıştır. Orantı özelliklerinden yararlanarak bazı kuyu ve uzunluklar kolayca hesaplanabilir (şekil-3.36, 3.37, 3.38). Şekil-3.40 da ise iki adet geometrik kuadrant kullanarak kule yüksekliği hesaplanabilmektedir. Aletsiz olarak üçgenlerin benzerliklerinden (Tales kuralı) yararlanarak da bazı ölçmeler yapılmıştır. Şekil-3.39 da gölge veya ayna ile oluşan üçgen benzerliklerinden yararlanılmaktadır.



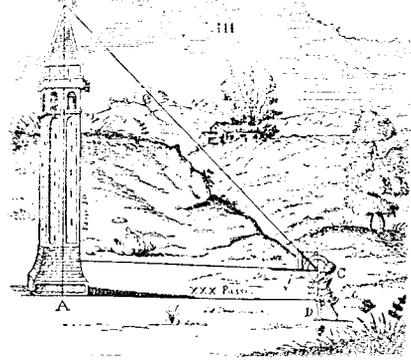
Şekil-3.35: Geometrik kuadrant



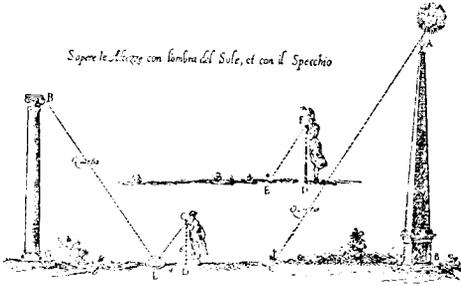
Şekil-3.36: Geometrik kuadrant ile ölçü  $s=h \cdot a/b$  dir



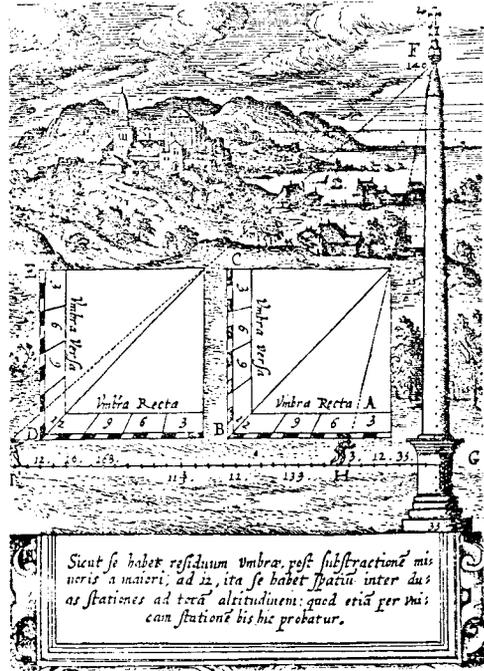
Şekil-3.37: Kuyu derinliği ölçümü (1500)



Şekil-3.38: Kule yüksekliği ölçümü (1752)



Şekil-3.39: Gölge ve ayna ile yükseklik ölçümü (1624)



Şekil-3.40: Kule yüksekliği ölçümü (1594)

## 4. 1500-1600 DÖNEMİ (16. yüzyıl)

### 4.1 MATEMATİK

Bu çağda basımevinin icadı ile 10 luk sistemde hesaplamayı öğretici kitapların çoğalması ve bunların yayılması hızlanmıştır. Alman hesap ustası Adam RİESE (1492-1559) bu tür kitapları yazanlardan biridir. Kendisine 1522 de Erfurt'ta ve 1525 de Annaberg'te hesap ustası ünvanı verilmiştir. Yazdığı hesap kitaplarında günlük problemlere ağırlık vermiştir.

1540 yıllarında birkaç sayının alt alta yazıldığı toplama işleminde sütunlar toplanarak ayrı bir yere yazılıyor ve bunların tekrar toplanması ile de sonuç elde ediliyordu. Bu şekilde eldesiz bir toplama yapılabilirdi. Örnek:

$$\begin{array}{r} 1389 \\ 4479 \\ 6321 \\ 9279 \\ + \text{-----} \\ 21468 \text{ toplam} \end{array}$$

Çarpma işlemlerinde de çarpanlardan birisi köşegenleri çizilmiş karelerin üst kenarına, diğer çarpan sağ kenarına yukardan aşağı yazılarak her karenin içine kenarlara ait sayıların çarpımı yazılır (şekil-2.80 ve şekil-5.9 c). Karenin köşegenleri iki basamaklı sayıları ayırmak için çizilmiştir. Sayıları sağ üstten sol alta doğru çizilmiş köşegenler boyunca toplayarak ve eldeleri de dikkate alarak sonucun 13076 (diğer örnekte 5640) olduğu görülür. Bu tür çarpma İtalya ve İngiltere'de okullarda öğretiliyordu.

Çarpma işlemleri için bazı kişiler aşağıda gösterilen yöntemi uyguluyorlardı. 24x138 örneğinde soldaki rakam 2 ye bölünerek (2 ye tam bölünemiyen durumlarda yarımlar atılarak) ve sağdaki rakamlar 2 ile katlanarak bu işlem soldaki rakam 1 oluncaya kadar devam edilir. Soldaki değerlerden çift olanlara ait işlemler (baştaki \* işaretli ilk 3 işlem) iptal edilerek geri kalanlar (son iki değer) toplanarak sonuç elde edilir. Bu tür çarpmada da sadece 2 ile bölme ve çarpma işlemleri yapıldığından, çarpma cetvelini ezberleyemiyenlere kolaylık olarak düşünülmüştür.

$$\begin{array}{r} 24 \times 138 * \\ 12 \times 276 * \\ 6 \times 552 * \\ 3 \times 1104 \\ 1 \times 2208 \\ \text{-----} \\ 3312 \end{array}$$

Ünlü Alman sanatçısı ve ressamı Albrecht DÜRER (1471-1528), 1525 de yayınlanan bir kitabında sadece cetvel ve pergel kullanarak yapılan çizimlerden bahsetmiştir. Uygulamalı matematik sayılan bu yapıtıdan başka Dürer'in perspektif ile ilgili çalışmaları da vardır. 1541 de RHETICUS (1514-1576), Strassburg'ta aritmetik kitabı yayınladı.

Avusturyalı matematikçi ve astronom Johannes P. PRAETORIUS (1537-1616), cebir trigonometri konularında yayın yaptı.

1546 da İtalyan matematikçilerden N. TARTAGLIA (1500-1557) ve H.CARDANUS (1501-1576), 3. derece denklem çözümünü başarmışlardır. Aynı yıllarda L. FERRARI 4. derece denklemlerini çözdü. Daha önceleri bazı özel konumda olan 3. derece denklemleri BEYRUNI, HAYYAM, KAŞI, DAL FERRO gibi matematikçiler tarafından uğraşarak çözülmüşlerdir. 1548 de Gemma FRISIUS (1508-1555) bir hesap kitabı yazdı. 1551 de Robert RECORDE (1510-1558) geometrinin prensibi isimli bir kitap yazdı. 1558 de FERNEL (1497-1558), orantı hesabı ile ilgili Latince bir kitap yazdı.

Bu yüzyılın en büyük matematikçisi François VIETE (1540-1603) dir. 1593 de yazdığı cebrik geometri kitabında pergel ve cetvelle yapılan çizimlerden bahsetmektedir. Polinomların köklerini bulmak için bir yöntem ortaya koydu. Bu gün kullandığımız cebir işaretlerinin kullanımını sistemli hale getirdi.

Ludolph van CEULEN (1540-1610),  $\pi$  sayısını 35 basamak doğrulukla hesapladı. Bu değeri çemberin dışına çizdiği düzgün 192 gen ve içine çizdiği düzgün 96 genden hesaplamıştır. Bu nedenle bir süre için  $\pi$  sabitine "Ludolf sayısı" da denmiştir.

### Matematikte Kullanılan Semboller

7. yüzyıl Hintliler desimal (onluk) sistemde sıfır da dahil 10 sembolü pozisyon anlamlı rakamlarla sayıları yazıyorlardı. Bu bilgiler 8. yüzyılda Araplara ve buradan da 11. yüzyılda Avrupa'ya geçti.
12. yüzyıl Hintliler "Sidhanta" ve "Aryabhata" kitaplarında sinüs için ardha (ardha=yarım, jiva=kiriş) ve daha sonraları sadece jiva denmiştir. Bu terim Arapçaya ceyp (cep) olarak ve bunun da Latinceye girinti anlamına gelen sinüs olarak çevirilmiştir. Çeşitli kaynaklarda s, sine, si, s arc,  $\Sigma$  gibi sembollerle ve günümüzde sin olarak gösterilmektedir. Kosinüs için Hintliler kotijiva (tümlemin sinüsü) veya kısaca koti, Arapçaya "ceyb al tamam" (cebin tamamlayıcısı), Latinceye sinüs residui ve 15. yüzyılda sinus complementi ve çeşitli kaynaklarda si 2, s co arc, c.s.,  $\Sigma$ ,  $\bar{s}$  gibi sembollerden sonra 1620 de E.GUNTER, co.sinus ve 1674 de J.MOORE cos demıştır.
- 1228 Pizalı LEONARDO (Fibonacci), kesir çizgisini kullandı.
14. yüzyıl sonu ORESME, kesirli üslü sayıları kullandı.
- 1489 J.WIDMAN (Alm. matematikçisi) bu günkü (+) ve (-) işaretlerini kullandı. Daha önceleri pozitif ve negatif kelimelerinin ilk harfleri p ve n kullanılmaktaydı. Ahmes papiruslarında ise artı (+) için öne doğru yürüyen ve (-) için geriye doğru yürüyen ayaklar gösteriliyordu.
- 1526 K.RUDOLFF, karekök için  $\sqrt{\quad}$  işaretini kullandı. Daha önceleri Gımata'lı (Granada/İspanya) Al-Kalazadi Arapça cezir (kök) kelimesinin ilk harf  $\rightarrow$  (cim) kullanıyordu ( $\sqrt{6} = \rightarrow_6$  gibi). Daha sonraları Avrupa'da radix (kök) kelimesinin ilk harfi R kullanıldı. R veya  $R^2$ =karekök,  $R^3$  veya R cuba = küpkök anlamındaydı. Örnek olmak üzere  $\sqrt{14 + \sqrt{180}}$  =A için  $R^2 14 \bar{p} R^2 180$  equal A yazılıyordu.
- 1544 M.STIEFEL (1487-1567) eksponent kelimesini kullanarak çarpmada üslerin toplanacağını söyledi.
- 1557 İngiliz kraliyet hekimi R.RECORDE (1510-1558), (=) işaretini kullandı. Daha önceleri yazıyla equal (eşit) yazılıyordu.
- 1583 T.FINK (1561-1656) tanjant (teğet) terimini kullandı.

- 1592 Bologna'lı astronom G.MAGNİ (1555-1617), ondalık kısmı ayırmada virgül kullandı.
- 1626 tan A için  $\overset{sec}{A}$  ve sec A için  $\overset{sec}{A}$  yazılıyordu.
- 1629 A.GİRARD (1595-1632), çarpma için parantez ( ) işaretini kullandı
- 1631 HARRİOT (İng. papaz), harfli çarpma için nokta (.), büyüktür ( $\Rightarrow$ ) ve küçüktür ( $\Leftarrow$ ) işaretlerini kullandı. Daha önceleri büyüktür için  $\supset$  ve küçüktür için  $\supset$  işaretleri kullanılıyordu.
- 1637 R.DESCARTE (1595-1650), çarpma için  $a \times b$  yerine  $ab$ , üslü ifadeler için sağ üst köşeye  $a^2$  gibi ilgili üs rakamını yazdı. Bilinenler için alfabenin ilk harfleri olan a, b, c,...., bilinmeyenler için son harfleri x, y, z kullandı.
- 1643 CAVALİERİ, tanjant (Ta), kotangent (Ta2), sinüs (Si), Kosinüs (Si2) sembollerini kullandı
- 1657 OUGHTRED (1575-1660), bölüm için (:), sinüs (s arc), kosinüs (sco arc), tanjant (t arc), kotanjant (t co arc), sekant (se arc), kosekant (se co arc) sembollerini kullandı.
- 1659 RAHN (Zürih'li matem.), bölüm için ( $\div$ ) sembolünü kullandı.
- 1659 WALLİS (1616-1703), sonsuz işareti için ( $\infty$ ), daha sonraları 1693 de sinüs ( $\Sigma$ ), sekant (s), kosekant ( $\zeta$ ), tanjant (T),kotanjant ( $\mathcal{C}$ ) sembollerini kullandı.
- 1675 G.W.LEİBNİZ (1646-1716) integral işareti için Latince toplam kelimesinin (Summa) ilk harfi S yi uzatarak ( $\int$ ) kullandı.

## 4.2 ASTRONOMİ

Fransa sarayının özel hekimi olan J.F.FERNEL (1497-1558), aynı zamanda matematik ve astronomi konularında da çalışmalar yapmıştır. 1527 de araba ile Paris'ten kuzeye doğru Amiens'e pusula yardımı ile yol alarak Güneş'in meridyen geçişindeki yükseklik açısını kuantar ile ölçerek bu açı 30' küçülünceye kadar gitmiştir. Uzunluğu araba tekerinin dönüş sayısından hesaplayarak ve kuzey doğrultusundan (meridyen) olan sapmaları pusula ile ölçerek 1 derecelik meridyen yayı uzunluğu için 57070 tois (tuaz)=111.232 km ve çevre için bunun 360 katı olan 40 044 km bulmuştur (*Jordan-Eggert-Kneissl*).

1542 de papa III. Paul için yazdığı "De Revolutionibus orbium coelestium" (Gök cisimlerinin hareketleri hk.) isimli kitabında Alman astronom Nicolaus KOPERNİK (1473-1543),Dünya'nın Güneş etrafında döndüğünü iddia ederek Batlamyus'tan beri süre gelen Dünya merkezli (jeosentrik) Güneş sistemi görüşünü değiştirmiş ve merkezde Güneş'in bulunduğu (Helosentrik) görüşü ileri sürmüştür. Bu görüşe göre gezegenler de sıra ile Güneş'ten itibaren Merkür-Venüs-Dünya ve Ay-Mars (Merih)-Jüpiter-Satürn sırasında olduğunu söylemiştir. Kitabının basılışı ancak öldüğü gün tamamlanabildi (*Hermanowski, Zachhuber 1973*).

Türk astronomu TAKİYÜDDİN (1521-1585) III. Murad zamanında İstanbul'da Tophane sırtlarında bir gözlemevi kurarak çalışmalara başladı. Ancak bu çalışmalar uzun sürmedi 1577 de görülen bir kuyruklu yıldız, 1578 deki veba salgını bahane edilerek 1579 yılında gözlemevi yıkıldı (*Dizer 1990*).

Danimarkalı Tycho BRAHE (1546-1601), hukuk ve filozofi öğrenimi yapmasına rağmen 1560 da tanık olduğu bir Güneş tutulma olayı astronomi ve mekaniğe

yönelmesine neden oldu. Yıldız kataloglarındaki eski gözlemleri yeniledi, gezegen hareketlerini inceledi, Ven adasına iki gözlemevi kurdu. Refraksiyon tablosu yayınladı. Yakın yıldızları gözleyerek onların koordinatlarının uğradığı yıllık değişimleri saptadı, gözlem yöntemlerini geliştirerek düzeltti. 1572 den beri yaptığı gözlemleri 1597 de KEPLER'e (1571-1630) vererek gezegenlere ilişkin yasaların çıkmasına yardımcı oldu.

PRAETORIUS (1537-1616), astronomik aletler yaptı ve kuyruklu yıldızlar ile ilgili araştırmalarını yayınladı. 1600 de Giordano BRUNO (1548-1600), evrende her alemin kendi güneşleri olduğunu iddia etti. Tutucularla ve kilise ile çelişkiye düştü. 1592 de Venedik'te engizasyoncular tarafından yakalandı, yedi yıl mahkemeden sonra diri diri yakıldı.

## Gregoryan Takvimi

13. papa Gregor (1502-1585) denetiminde 1582 de takvimle ilgili bir reform yaptı ve oluşan bu takvime Gregoryan takvimi veya miladi takvim denildi. Daha önceleri Jül SEZAR tarafından yaptırılan Jülyen takvimi dört yılda bir artık yıl ile bir yıl için 365.25 gün alınmıştı. Halbuki bir yıl 365.2422... ortalama Güneş günü olduğundan aradaki 0.0078 gün/yıl farkı, İznik konseyinin yapıldığı 325 yılından 1582 yılına kadar  $1582 - 325 = 1257$  yıl için yaklaşık 10 günlük fark ortaya çıkarmıştı. Bazı dini günlerin bu nedenle kayması yüzünden yapılan yeni takvimde aşağıdaki önlemler alındı. Bu önlemler:

a) 4.10.1582 perşembe günün ertesi günü 15.10.1582 cuma günüdür.	
b) Yıl 365 gündür	365.0000
c) 4 yılda bir (son iki basamağın 4 e bölünebileceği yıllar) artık yıl (366 gün) olup yılın son günü olan şubat ayı sonuna 1 gün eklenir (Yeni yıl 1 mart ile başladığı)	+0.2500
d) 400 ile tam bölünemiyen yüzyıllardan (1700, 1800, 1900, 2100,...) 1 gün çıkartılır (artık yıl yok)	-0.0100
e) 400 ile tam bölünebilen yüzyıllara (1600, 2000, 2400...) 1 gün eklenir. (artık yıl var)	+0.0025
	-----
toplam :	365.2425

Bu toplam yine de olması gerekli değerden 0.0003 gün fazladır ve bu da 10 000 yılda üç gün yapmaktadır. Başka bir deyişle Gregoryan takviminin 3333 yılda bir gün hatası vardır. Bunu da düzeltmek için 4000 yılının artık yıl olmaması gerekir. Bu şekilde düzenlenen takvimle ilkbahar noktası 21 mart'a alınmıştır.

Gregoryan takvimi Katolik İtalya'da ortaya atıldığından Protestan ülkeleri bu önerileri kabul etmede bir süre tereddüt etmişlerdir. Bu takvim İtalya, İspanya, Portekiz ve Danimarka'da aynı yıl 1582 de kabul edildi. Fransa'da aynı yıl 9 aralık 1582 den 20 Aralık 1582 ye geçildi. İsviçre, Hollanda, Almanya'nın Katolik kısmı 1583 de Polonya 1585, Macaristan 1587, Almanya'nın Protestan kısmı 1700, Amerika 1752, İngiltere'de 3 eylül 1752 yi izleyen gün olarak 15 eylül 1752 oldu. Çünkü o zamana kadar Jülyen takvimi 11 gün kaybetmişti. Japonya 1873, Çin 1912, Bulgaristan 1916, Rusya 1918, Yugoslavya, Romanya 1919, Yunanistan 1923 yıllarında bu takvimi kabul etmişlerdir.

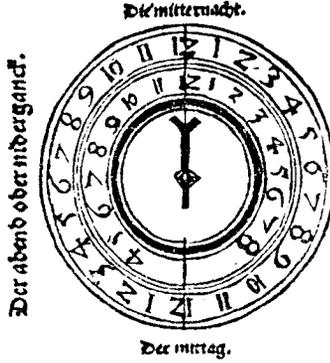
Türkiye ise bu takvimi 1 ocak 1926 dan itibaren kullanmaya başlamıştır. 1914 yılında 16 şubat 1332 (rumi) yi izleyen gün olarak 1 mart 1333 (rumi) alınmış, böylelikle bu tarihlerde 13 güne ulaşan farklılık dikkate alınmıştır. Daha sonra 31 aralık 1341

gününi izleyen gün 1 ocak 1926 alınarak rumi takvimden Gregoryan (miladi) takvime geçilmiştir.

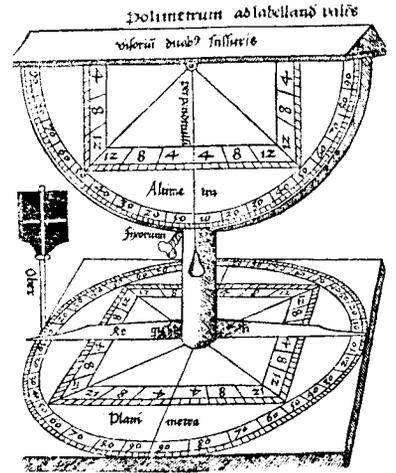
Bu konuda kaynaklar: *Akgür, Aygün 1936/a, 1940/41, Dilgan 1957/a, Erbudak, Muammer, Şerbetçi 1989/a, Unat, vd.*

### 4.3 JEODEZİK ALETLER

Bu yüzyıl içerisinde de yine Jakob çubuğu, astrolab, kuadrant ve geometrik kuadrant gibi aletler biraz daha geliştirilerek kullanıldılar. 1505 de RÜLEİNS'in yaptığı pusula şekil-4.1 de görülmektedir.



Şekil-4.1: Pusula (1505)



Şekil-4.2: Polimetrum (1512)

1512 yıllarında WALDSEEMÜLLER'in (1470-1518) polimetrum ismini verdiği bir alet de şekil-4.2 de görülmektedir. Teodolitin öncüsü sayılabilecek bu aletle yatay açı aynı zamanda düşey açı da ölçülebilmektedir. Yatay daire 360 dereceye, her dik açı 90 dereceye bölünmüştür. Düşey açı dairesi yarım daire biçimindedir, düşey konumdaki çekülün rastladığı alt nokta 0 dır ve her iki yana doğru artarak yatay durumda 90 derece olmaktadır. Gözlem için düşey daire üzerine konulmuş üçgen kesitli nişangahtan yararlanılmaktadır. Düşey daire bir eksen etrafında dönmekte, buna bağlı bir gösterge ile de yatay dairede açılar okunmaktadır.

1514 de Johannes WERNER (1468-1528) in yazdığı bir kitapta Jakob çubuğunun geliştirilmiş bir şeklinden bahsedilmektedir.

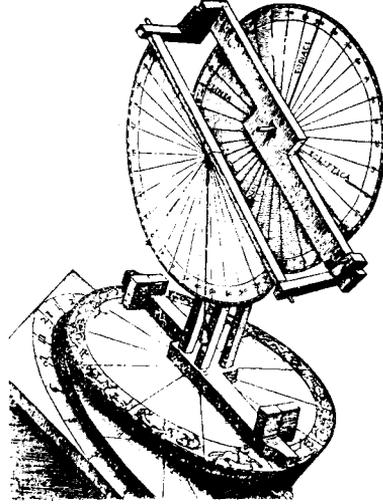
Teodolit kelimesi Arapça alidat kelimesine İngilizler tarafından XVI. yüzyılda athelida ve başına "the" getirilerek theathelida ve buradan da zamanla theodolite kelimesi doğduğu söylenmektedir (*Cantor I. cilt, Hammer 1908/b, Peters 1963*). Teodolit kelimesini ilk defa Leonard DİGGES (ölümü 1575), 1570 de kullanmıştır. L.Digges oğlu Thomas DİGGES ile birlikte 1571 de pratik geometri isimli bir de kitap yazmışlardır.

İngiltere'de ilk basılan ölçme kitabı "Boke of measuring of Lande" Richard de BENESE tarafından 1562 de yayınlanmış ve 1575 de 2. baskısını yapmıştır.

REGİMONTANUS'un (1436-1476) 1470 yılında tanımladığı ve daha sonraları geliştirilen teodolit öncülerinden biri de Turquetum (Türk aleti) dir. Bu ismin Türklerle ilgisi olmadığı, bir olasılıkla her tarafa dönebilen (tur atan) bir alet olması yüzünden bu ismin verildiği söylenmektedir (şekil- 4.3).

Açı ölçmek için şekil-4.4 de görülen ve çeşitli nişangahların kombinasyonu ile bazı açıları ölçebilen bir alet de kullanılmıştır. 1579 yılındaki haritacılığı temsil eden bu resimde uzunluk ölçmek için zincir, fiş ve jalon gibi aletler de kullanılmıştır. Avusturyalı matematikçi ve astronom Johannes P.PRAETORIUS (1537-1616) daha önce Gemma FRISIUS'un (1508-1555) tasarladığı plançeteyi 1590 da geliştirdi (şekil-4.5). Ayrıca kendi adı ile anılan bir cetvel (gonyometre) yaptı.

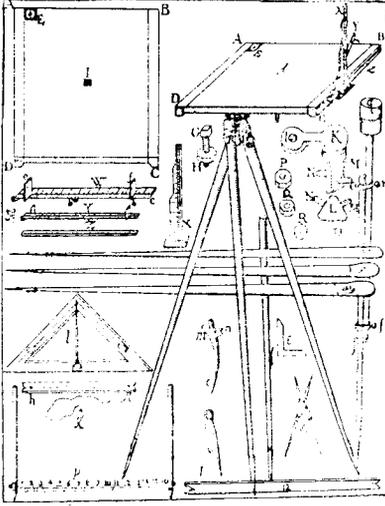
Simon STEVINS (1548-1620), triquetre adı verilen, plançete de baz aletde ilkesi ile çalışan bir grafik ölçme aleti yaptı. 1576 da Josua HABERMEL, teodolit ilkesinde çalışan pusulalı bir alet yaparak açı okumayı başardı. 1589 da Venedik'te yazılan bir kitaptan anlaşıldığına göre kutupsal alım ilkeleri bilinmekteydi (şekil-4.6). 1597 de Fransa'da graphometre denilen bir alet yapıldı. Bu aletde değişken baz uçlarında gözleme düzenleri olan kollar ve yine her iki uçta açı okuma düzenleri vardır. Bu şekilde grafik-mekanik bir önden kestirme yapılmaktadır.



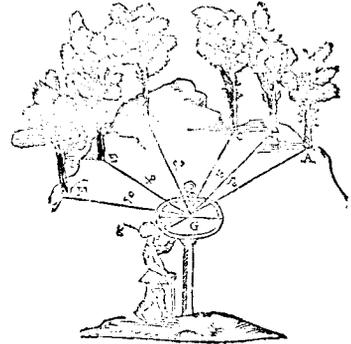
Şekil-4.3: Turketum



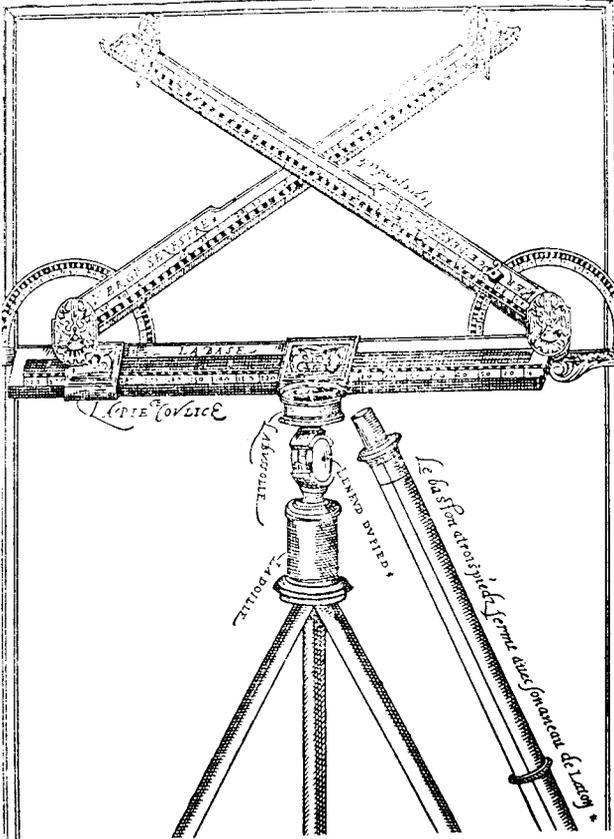
Şekil-4.4: Ortaçağda haritacılık (1579)



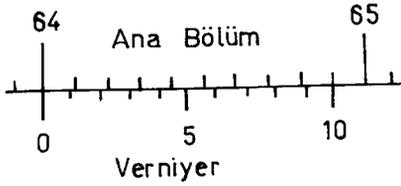
Şekil-4.5: Praetorius'un plançetesi (1590)



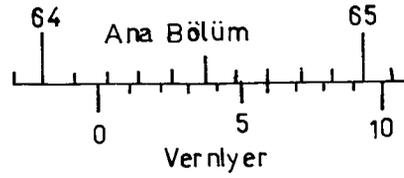
Şekil-4.6: Kutupsal yöntemle basit alım (1589)



Şekil-4.7: Graphometre, Paris 1597



Şekil-4.8: Ana bölümün 9 u verniyerde 10 a bölünmüştür



Şekil-4.9: Verniyerle okuma 64.16

Portekizli matematikçi Pedro NUNEZ veya Latincesi NONIUS (1502-1578), 1532 de yayınladığı "Olysihone" isimli yapıtında küçük yay parçalarının daha hassas ölçümü için bir düzenden bahsetti. Bu düzende iç içe eş merkezli 46 çember bulunmakta en dıştaki çemberde dik açı 90 a, bir içteki çemberde 89 a ve bu şekilde en içteki çemberde her bölüm iki dereceyi göstermek üzere dik açı 45 e bölünmüştür. Ölçülecek bir açının köşesine bu aletin merkezi oturtulmakta, bir kolu aynı doğru üzerinde bulunan ve tüm bölümlerin başlangıcı olan doğruya yönlendirilerek açının diğer kolunun rastladığı yer gayet hassas bir şekilde okunabilmektedir. Ancak pratikte bu bölümlenmeler istenilen incelikte yapılamadığından bu alet geliştirilememiştir. Bu fikir daha sonraları 1631 de Fransız Paul VERNIER (1580-1637) tarafından geliştirilerek kendi adı ile uygulanmağa başlandı. Açı tablolarındaki bölümlenme veya benzeri şekilde planimetre ve mikrometre bölümlenmelerinde daha hassas okuma amacı ile n parçalık bölüm n-1 e bölünerek 1/n inceliğinde okuma sağlanmaktadır. Örnek olarak ana bölümlenimin 9 parçası 10 a bölünerek (şekil-4.8) okuma inceliği 1/10 birime götürülmüştür. Verniyerin sıfır çizgisine göre 64.1 okunarak buna verniyerin çakışan 6. çizgisinin de eklenmesi ile 64.16 okunmaktadır (şekil-4.9). Bu tür okuma düzeni açı okuma aletleri olan teodolitlerde 20. yüzyılın sonlarına kadar uygulama bulmuştur (*Hammer 1909/a*).

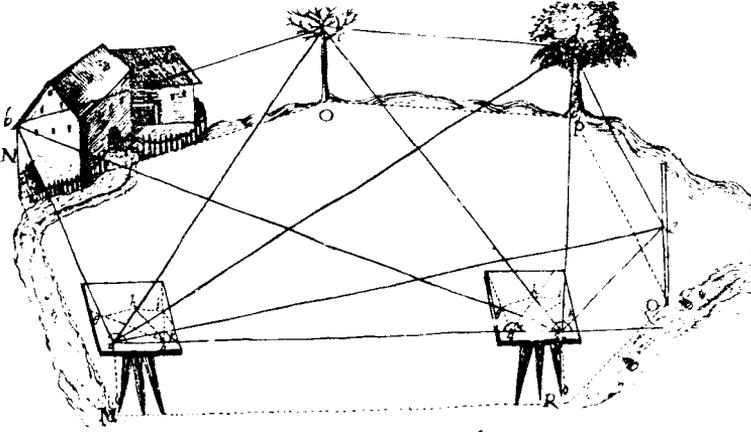
#### 4.4 NİRENGİ

Çoğu yayınlarda nirenginin mucidinin 1615 de Willibrord SNELLIUS (1591-1626) olduğu belirtilmektedir. Her ne kadar Snellius'tan önce çeşitli bilim adamları bu konuda kuramsal ve grafik olarak katkılarda bulunmuşsa da bizim anladığımız anlamda bir nirengi ağını kurarak açıların kuadrantla ölçen Snellius'tur<sup>1)</sup>. Aşağıda Snellius'a kadar nirengi konusundaki gelişmeler kronolojik bir sırada verilmiştir.

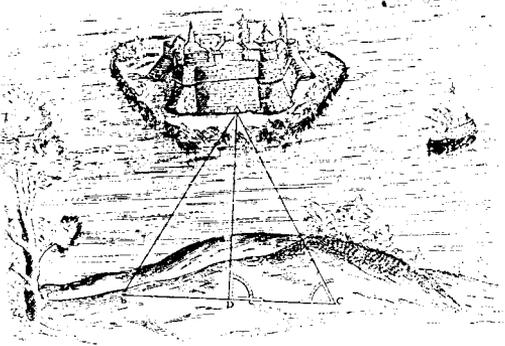
Nirengi konusunda ilk düşünce Reiner Gemma FRISIUS (1508-1555) den kaynaklanmaktadır. 1533 de yazdığı bir kitapta bazı yerlerin tanımı, çizimi, uzunlukların hesaplanması yöntemine ilişkin kartoğrafik nirengi konusunda kuramsal bilgiler vardır. 1551 de ise Sebastian MÜNSTER (1489-1552), Basel'de yayınladığı "Rudimenta mathematica" isimli kitabında grafik bir nirengi ölçme aletinden bahsetmektedir.

1578 de Danimarkalı astronom Tycho BRAHE (1546-1601), Uraniberg gözlemevinin kurulduğu Hven adasının haritası için nirengi kurarak bu adayı çok yakın olan Danimarka kıyılarına bağlamıştır. 1589 da nirengi hakkında açıklamalar yaptığı bir yayını vardır (*Levallois*).

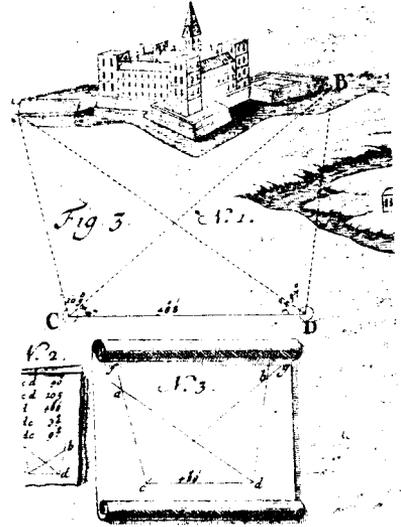
<sup>1)</sup>Snellius'un çalışmaları için 17. yüzyıla bakınız



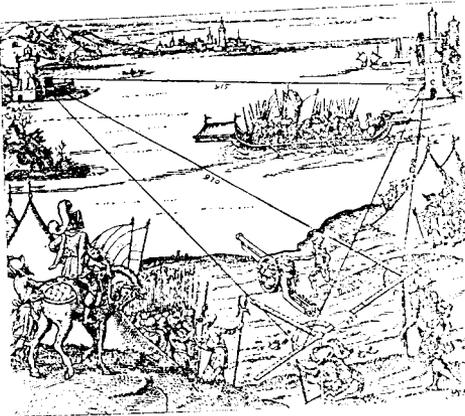
Şekil-4.10: Plançete uygulaması



Şekil-4.11: Kale uzaklığı hesabı  
(Bologna, 1645)



Şekil 4.13: Grafik önden kestirme



Şekil-4.12: Uzunluk hesabı (Zürich, 1607)

Gemma FRISIUS'un tanımladığı, ancak astronom Johannes P.PRAETORIUS'un (1537-1616), 1590'da geliştirdiği plançete aleti grafik nirengi konusunda önemli bir aşamadır. Plançetedeki haritanın ölçeği alınan baz uzunluğuna bağlıdır. 1600'de Jobst BÜRGI (1552-1632) geometrik (grafik) bir nirengi aleti tanımlamıştır. Şekil-4.10-4.13'de bu konu ile ilgili gelişmeler görülmektedir.

#### 4.5 KARTOGRAFYA

15. yüzyıl sonlarında Amerika kıtası keşfedilmiş, gemi ile seyahatler hızlanmış ve 1519'da Magellan gemisi ile dünyanın yuvarlak olduğunu kanıtlamıştır. Bu nedenle 16. yüzyılda kartografik çalışmalar daha çok Dünya haritasında bulunan bu eksik yerleri tamamlama ve ilgili dünya globuslarını düzeltme konularında yoğunlaşmıştır (Bagrow, Brown 1949, Wiekening).

İspanyol kartografı Juan de La COSA (1470-1509), Columbus ve Vespucci ile Amerika seyahatlerinde bulundu. Çizdiği Dünya haritasında Amerika kıtasını ilk defa gösteren kişidir. Bu kıtaya Amerika ismini Vespucci'nin onuruna Alman kartografı Martin WALDSEEMÜLLER (1470-1518), 1507'de yaptığı 12 paftalık "Universalis Cosmographia" isimli haritasında vermiştir. Waldseemüller, 1516'da "Carto Marina Navigatoria" (Denizcilik haritası) nı yapmıştır.



Şekil 4.14: Roma yolları haritası Etzlaub, 1500 (Pfeifer)

1503'de İspanya'nın Sevilla kentinde "Casa de la Contratacion" ismi ile hidrografik bir daire kuruldu. Bu kurumun görevi Hindistan ile ilgili konuları denetlemek, deniz haritalarını kontrol ederek bir standarta sokmaktı. Bu kurumun başında 1508-1512 arasında Amerigo Vespucci, 1512-1516 arasında Juan Diaz de SOLÍS ve 1518-1548 arasında Sebastian CABOT (1475-1557) görev yaptılar. Hindistan'a gidecek bir gemi bu kurumda ağır bir sınavdan geçiriliyordu. Bu kurum ayrıca satışa sunulan deniz haritaları ve navigasyon aletlerinin de eksiksiz ve kusursuz olmasından sorumluydu. Bütün deniz haritaları satış için bu kurumdan izin alınırdu.

1500 de Nürnberg'li Erhard ETZLAUB (1460-1532), Roma'ya gidecek Hıristiyan hacı adaylarına coğrafik mil bölümlü Roma yol haritası yaptı. "Roma yolu" adıyla anılan bu harita Roma'ya giden hacılar (pilger) için Roma'ya gidiş yollarını göstermektedir. Kesik hatlarla çizilen yolda her kesik çizgi bir Alman miline (yakl. 7 km) karşılık gelmektedir (şekil-4.14).

1512 de ünlü ressam Leonardo DA VİNCİ (1452-1519), yaptığı ünlü resimlerin yanında kartografik çalışmalar da yapmış, bir Dünya haritası ve bir Dünya globusu yapmıştır.

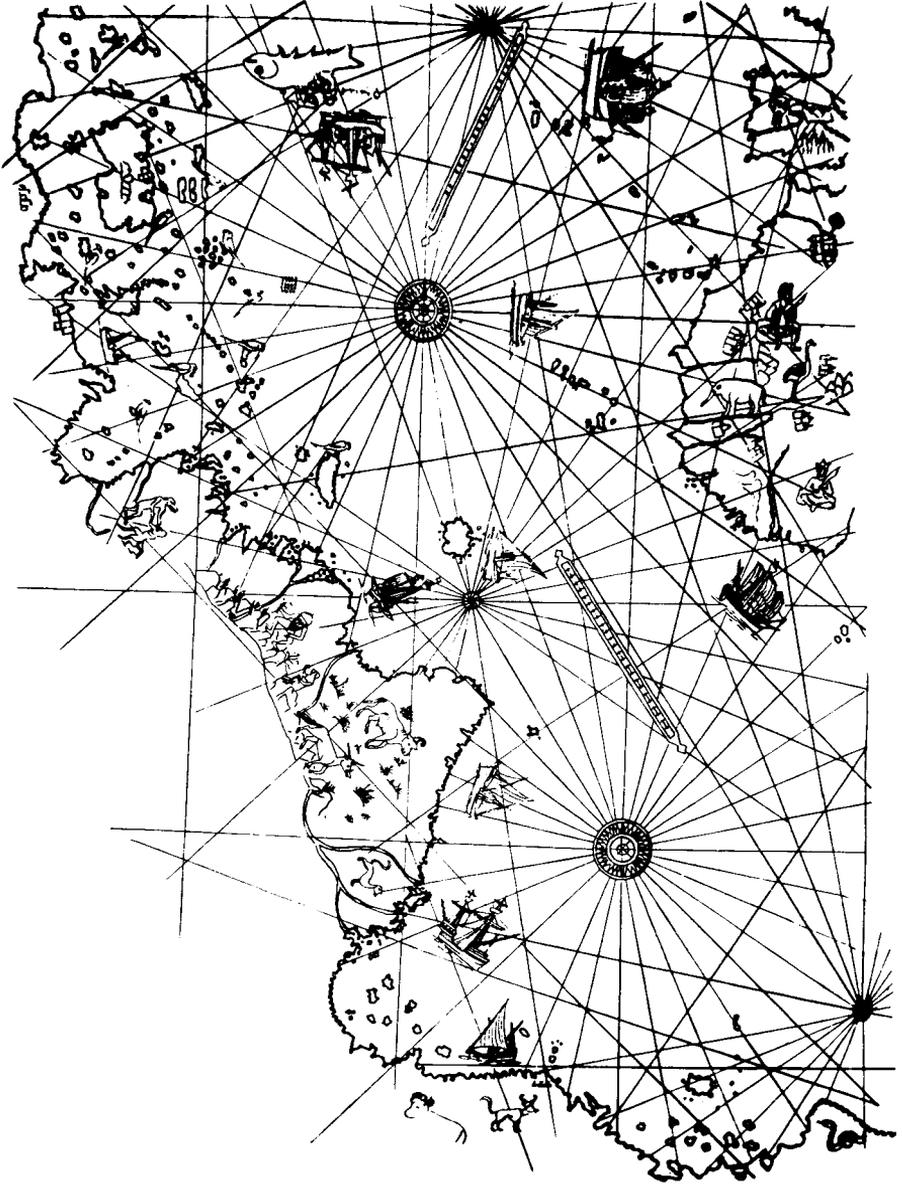
PIRİ REİS'in (1470-1554) Amerika haritası da bu tarihlerde (1513) yapılmıştır (şekil-4.15). Ceylan derisi üzerine Gelibolu'da çizilen bu haritanın orjinal büyüklüğü 65x90 cm dir. Columbus'un bir haritasından da yararlandığını söyleyen Piri Reis'in bu tarihte Amerika'nın içerlerini ve güney kutbundaki dağları da gösteren bu haritayı nasıl yaptığı bilim adamlarınca merak konusu olmuştur. Piri Reis ayrıca Osmanlı donanmasının hakim olduğu denizlere ait "Kitabı Bahriye" adında yazdığı kitapta çeşitli liman koy, körfez, kıyı, kale vb yerlere ait haritalarla bu denizlerdeki gemiciliğe ait akıntılar, sığyerler, tehlikeli kayalık yerlere ait bilgiler de vermiştir (*Afetinan, 1937, 1954, 1987, Akçura, Hapgood, Kahle, Minow 1971, Orhunlu, Selen, Senemoğlu vd.*).

1514 de çalışmalarını yayınlayan Johannes WERNER (1468-1528) ve Johannes STABIUS (? -1522) birlikte kendi adları ile anılan Stab-Werner projeksiyonunu yaptılar. 1515 de Alman sanatçısı ve ressamı Albrecht DÜRER'in (1471-1528) yaptığı Dünya haritası baskı için tahtaya oyuldu. 1529 da KOPERNİK (1473-1543), Prusya ve Lituanya haritalarını yaptı.

1530 da Rainer Gemma FRİSIUS (1508-1555) bir globus yaptı. Daha sonraları öğrencisi Gerhard MERCATOR (1512-1594) ile birlikte bir Dünya haritası yaptılar. Mercator, kendi adı ile anılan, kürenin düzleme açı koruyan (konform) bir projeksiyonunu ortaya attı. Denizcilikte çok kullanılan bu projeksiyonda ekvator da teğet olan silindire yer merkezinden yeryüzünün izdüşümü yapılarak silindir açıldığında enlem ve boylamların birbirini dik kestiği bir projeksiyon oluşmaktadır. Mercator daha önce 1537 de Filistin'in altı paftalık haritasını ve 1538 de kalp şeklindeki bir projeksiyona Dünya haritası yaptı. 1554 de Avrupa'nın 15 paftalık konik projeksiyonda haritasını yaptı. 1564 de Britanya adalarının 8 paftalık haritasını ve 1569 da 18 paftalık Dünya haritasını yaptı. Yaptığı astronomik aletlerden bazılarını kral V. Karl aldı. İlk globusunu kardinal Granvella'ya hediye etti. Yer yüzü üzerindeki deklinasyon dağılımını matematik yönüyle inceledi. 1544 de altı ay engizasyon zindanına atıldı. Çıktığında 1552 de Almanya'ya göçtü.

1538 de Joao de CASTRO Hind okyanusunda çok sayıda deklinasyon gözlemi yaparak eş deklinasyon eğrili bir harita yaptı.

1554 de Osmanlı amirali SEYDİ ALİ REİS (? -1562) Ahmedabad'da yazdığı Muhit (Okyanus) kitabı 10 bölümdür; I. Bölüm: Yön bulma, azimut ve yıldızların yükseklikleri, II. Bölüm: Zaman hesabı, takvim, Güneş ve Ay'a bağlı tanımlanan yıllar, V. Bölüm: Denizcilikte önemli bazı yıldızların doğmaları ve batmaları ve adları, VII. Bölüm: Ünlü limanlarla adaların enlemleri, VIII. Bölüm: Astronomiye ait bilgiler ve bazı limanlar arasındaki uzaklıklar şeklindedir. Yeri yuvarlak olarak kabul etmiş ve yarıçapını 1545 fersah almıştır. Diğer yapıtları "Mirat-ül Memalik" (Ülkelerin aynası) (Topkapı Rev: 7 köşkü kitaplığı no 1643) ve "Mirat-ül Kainat" (İ.Ü. kitaplığı T.1824 no dadır) (*Dizer 1990*).



Şekil-4.15: Piri Reis haritası (1513)

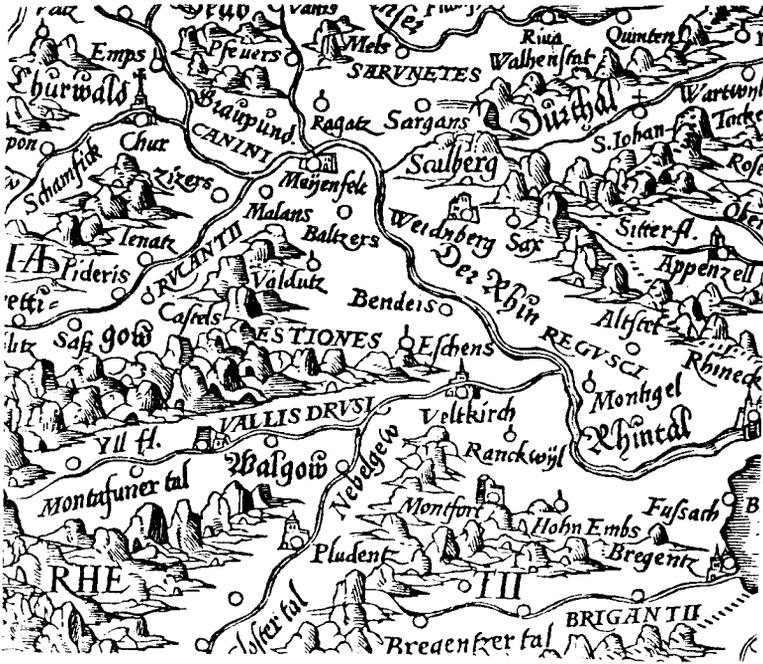


Şekil-4.16: J.Gastaldi'nin yaptığı haritadan bir parça (1548) (Pfeifer)

Peter NONIUS (1502-1578), 1546 da ki bir yayınında meridyeni aynı bir açı ile kesen doğrudan ilk defa bahsetti. W.SNELLIUS (1591-1626) bu hatta daha sonra loksodrom adını vermiştir.

1548 de Batlamyus'un coğrafya yapıtını yayınlayan Jacopo (Giacomo) GASTALDI (1500-1566), dünyanın çeşitli bölgelerinin ve Akdeniz ülkelerinin haritasını çizdi. Batlamyus'un yapıtına 60 harita çizdiği söylenmektedir (şekil-4.16). 1555 de Caspar VOPEL (1519-1561), Ren havzasına ilişkin bir harita yaptı (şekil-4.17). Haritanın orijinali 150x37 cm ve ölçek yaklaşık 1:600 000 dir.

1568 de Philipp APIAN (1531-1589), Bavyera'nın 24 paftalık yaklaşık 1:140 000 ölçekli haritasını yaptı. Bu topografik haritada arazi, form çizgileri ile ve gölgelerle çok güzel canlandırılmıştı. 19. yüzyıla kadar bu tür gösteriler devam etti. Antwerpen'den Abraham ORTELIUS (1527-1596), 8 paftalık dünya haritasından başka bazı yerlerin haritalarını yaptı. Ayrıca 1570 de "Theatrum Orbis terrarum" atlasını da yaptı. 1575 de Wilhelm BESSERER, Ren havzasının haritasını yaptı (şekil-4.18). 1584 de Tycho BRAHE (1546-1601), astronomik gözlemlerin yanında yer ve gök globusları yaptı. Jodocus HONDIUS (1563-1612), küçük yaşta çizim, yazı, bakır oyma gibi yetenekleri ile dikkat çekti. 1599 da yaptığı harita Mercator projeksiyonundadır. Johannes Metellus SEQUARUS (1520-1598) tarafından 1579/80 yılında Antwerp'de basılan "The Itinerarium orbis Christiani" atlası bilinen ilk yol atlasıdır ve yollar paralel çift çizgi ile gösterilmiştir. 1593 de İngiltere'de (Middlesex) John NORDEN tarafından yol haritası yapıldı.



Şekil-4.17: C.Vopel'in Ren havzası haritası (1555)



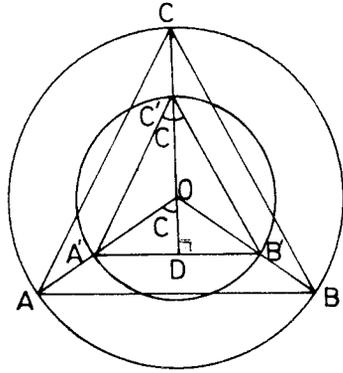
Şekil-4.18: W.Besserer'in Ren havzası haritasından bir parça (1575)

## 5. 1600-1700 DÖNEMİ (17. yüzyıl)

Bu yüzyılda bilim alanında daha çok Fransa, İngiltere ve İtalya'nın büyük katkıları olmuştur. 1660 da Londra'da "Royal Societe" nin kuruluşunun arkasından 1666 da Paris'de "Academie de Sciences" kuruldu. 1667 de Paris gözlemevi kurulurken 1676 da Londra yakınında Greenwich'te bir gözlemevi kuruldu. Berlin bilimler akademisi yüzyılın sonunda 1700 de kurulmuştur. St. Petersburg (Leningrad) ta ise 1724 de Fen bilimleri akademisi kuruldu.

### 5.1 MATEMATİK

Düzlemde sinüs teoremi Hollanda'daki öğrenim kitaplarında W.SNELLİUS'a maledilmektedir. Bunun nedeni ise 1627 de yazdığı "Doctrina triangularum canonica" kitabında aşağıda gösterilen ispat nedeniyledir.  $OA' = 1$  (birim çember);  $OA = R$  gösterimi ile  $ABC$  üçgeni dışına çizilen  $R$  yarıçaplı çember ve eş merkezli birim çember çizilir.  $A', B', C'$  noktaları,  $A, B, C$  noktalarını merkezle birleştiren doğrunun birim çemberi kestiği noktalar.  $ABC$  ve  $A'B'C'$  üçgenleri benzerdir. Çünkü  $1/R = A'C'/AC = A'B'/AB = B'C'/BC$  dir. Dolayısı ile kenarlar paralel ve açıları eşittir.  $ACB = A'C'B' = A'OD = C$  ve  $\sin C = A'D = A'B'/2$  veya  $A'B' = 2 \sin C$  gösteriminde  $B'C' = 2 \sin A$ ;  $A'C' = 2 \sin B$  ve  $AB:BC:CA = A'B':B'C':C'A'$  dolayısı ile  $AB:BC:CA = \sin C:\sin A:\sin B$  olur.



Şekil-5.1: Snellius'un sinüs teoremi ispatı

Fransız matematikçisi Pier de FERMAT (1601-1665), sayılar teorisi ile uğraştı. Yayınlama alışkanlığı olmadığından DESCARTES'ten bağımsız olarak geliştirdiği analitik geometri keşfini kaçırdı. Hatta Descartes'in iki boyutlu düşündüğü konuları üç boyutlu geliştirdi. 1654 de Pascal ile birlikte olasılık hesabını geliştirdiler. Fermat'ın tam sayılarla ilgili çalışmaları vardır.  $a^n + b^n = c^n$  denkleminde  $n > 2$  için tam sayılarla çözüm olmadığını basit olarak gösterebileceğini, ancak bu notu yazdığı kitabın kenarı bu iş için yeterli olmadığı notunu düşmüştür. Ölümünden sonra bir çok bilim adamı bu isbatı bulmağa çalıştılar. Bu konuda konulan 100 000 marklık bir ödülü de alan çıkmadı. Çalışmaları vefatından sonra oğlu tarafından yayınlandı

Fransız filozof ve matematikçisi Rene DESCARTES (Cartesius) (1596-1650), 1637 yılında Geometri isimli yapıtı ile analitik geometriyi kurarak cebiri geometriye uyguladı. Gerçek ve sanal çözüm kavramlarını kullandı. Kendi adı ile anılan kartezyen koordinat

eksenleri çizerek problemlere geometrik çözüm düşündü. Sayılar kuramının ilerlemesinde sanal sayıların önemini işaret eden Albert GIRARD (1595-1632) in da katkısı büyüktür.

Yine Fransız filozof ve matematikçisi Blaise PASCAL (1623-1662), 1639 da "Essai sur les coniques" (Konik kesitlerin geometrisininie ilişkin) bir kitap yazdı. Bundan üç yıl sonra 1642 de henüz 19 yaşında iken toplama ve çıkarma yapan ve 10 luk basamakları (eldeleri) aktarabilen ilk hesap makinasını yaptı. Bu makinaya aritmometre ismini verdi (şekil 5-20, 5-23). Olasılık hesabını geliştirmesinde şans oyunlarının yardımı oldu. Kendi adı ile anılan "Pascal üçgeni"ni buldu (Schneider).

1640 da Girard DESARGUES (1591-1661), projektif geometri ile ilgili bir kitap yazarak geometriye kutupsallık kavramını getirdi. 1665 de John WALLİS (1616-1703), analitik geometri ile ilgili bir kitap yazdı.

İngiliz fizikçisi ve matematikçisi Sir İsaac NEWTON (1643-1727) ve Alman filozof, fizikçi ve matematikçisi Gottfried Wilhelm LEİBNİZ (1646-1716), birbirinden bağımsız olarak aynı yıllarda "Fluxion hesabı" adını verdikleri diferansiyel hesabı buldular. Leibniz 1684 de, Newton ise 1687 de yayınladı. Başlangıçta dost olan bu iki bilim adamının araları açıldı ve yayınlarında birbirlerine hücum ettiler. Leibniz 1673 de dört işlem yapabilen bir hesap makinasını İngiltere kraliyet bilim akademisine (Royal Societe) göstererek buraya üye olmağa hak kazandı (şekil 5-21). Buraya 1671 de üye olan Newton Binom serisini 1676 da buldu.

1693 de astronom Edmund HALLEY (1656-1742), tartma suretiyle alan hesaplamayı önerdi. Düzgün olmayan şekillerin alanı bu şeklin bir altlığa çizilerek kesilmesi ve bunun tartılması esasına dayanmaktadır.

İsviçreli BERNOULLİ ailesinden bir çok matematikçiler yetişmiştir. Jakob B. (1654-1705) sonsuz seriler, varyasyon hesabı, integral hesap, olasılık hesabı ve logaritmik spiral ile uğraştı. İlk diferansiyel denklemi çözdü. Ölümünden sonra 1713 de yayınlanan ve içinde büyük sayılar yasasının yer aldığı "Ars Conjectandi" kitabı, Pascal ve Huygens tarafından bulunmuş olan olasılık hesabı üzerine büyük ilgi çekti. Kardeşi Johann B. (1667-1748) ve yeğeni Daniel B. (1700-1782), hata kuramı ile düzlem eğrilerin incelenmesine yöneldi. Bu çalışmada kutupsal koordinatı kullandı. Jean B.'nin oğlu Nikola B. 2. dereceden kısmi türevler konusunda çalışmalar yapmıştır. Fransız matematikçisi Guillaume de L'HOSPİTAL (1661-1704), sonsuz küçükler hesabı ile uğraştı.

## 5.2 ASTRONOMİ

Ünlü İtalyan astronomu Galileo GALİLEİ (1564-1642), 1610 yılının başlarında kendi yaptığı dürbünle astronomik gözlemler sonucunda Jüpiter'in dört uydusu olduğunu Venüs'ünde Ay gibi çeşitli görünümlerinin olduğu ve ışığını güneşten aldığını, Batlamyus'un aksine Kopernik'in doğrulandığı yani Venüs'ün Güneş etrafında daha küçük bir yörüngede olması gerektiğini açıklıyordu. Bu gözlemlerini 1610 yılında "Sidereus Nuncius" (Gökten haberler) kitabında yayınladı. Güneş'e olan gözlemlerden de Güneş lekelerinin yavaş yavaş hareketinden Güneş'in de kendi ekseni etrafında döndüğünü çıkardı. Tüm bu gözlemleri Kopernik sistemini destekleyici bir yazıyla 1613 de yayınladı. Görüşleri zamanın dini inançlarına ters düştüğünden engizasyon mahkemesince gözaltı hapsi aldı. Yazdıklarını yalanlamağa zorlandı. Yazdığı diyalog, 200

yıl süre ile kilisenin yasak yayınlar listesinde yer aldı. Papa 6. Paul'un 1965 de Pisa'yı ziyaret ederek Galilei hakkında çok övücü sözler söylemesi bilime ve bilim adına bir özür dileme anlamındadır.

Alman astronomu Johannes KEPLER (1571-1630), kendi ismi ile anılan gezegenlerin yörüngeleri hakkındaki üç kuralı 1609-1619 yılları arasında yayınladı. Kepler, 1618-1621 arasında üç kitap daha yayınladı(Abel).

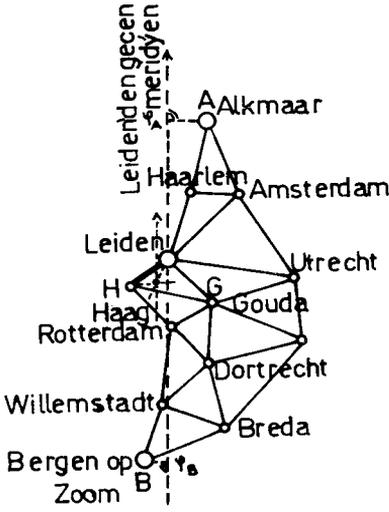
Yeryuvarı büyüklüğünü saptamak amacı ile 1 derecelik meridyen uzunluğunu ölçme gayretleri bu yüzyılda hızlandı. 1600 de Hollandalı coğrafyacı ve Tycho Brahe'nin öğrencisi Willem Janszoon BLAEU (1571-1638), Hollanda kıyısında 100 km lik bir uzunluk ölçtü.

Pusula ibresi doğrultusunun yavaş yavaş değiştiğini ve son 50 yılda 7 derece kaymış olduğunu İngiliz astronomu Henry GELLİBRAND (1597-1636) saptamış, gözlemlerini 1635 de yayınlamıştır. 1631 de GASSENDİ, Merkür'ün Güneş önünden geçişini gözledi.

Nirengi konusunda 16. yüzyılda yapılan çalışma ve gelişmelerden ve grafik olarak plançete ile yapılan nirengi çalışmalarından sonra Hollandalı astronom Willebrord SNELLİUS (1591-1626), 1615 yılında yaptığı bir nirengi ağındaki üçgenlerin açılarını bizzat ölçmüştür. Bu çalışmalar 1617 de yayınladığı "Eratosthenes Batavus" kitabında yer almıştır. Bu nedenle nirenginin mucidi olarak çoğu kaynaklar Snellius'u göstermektedirler. Leiden kentinden geçen meridyen boyunca Alkmaar ve Bergen op Zoom arasında üçgenlerden oluşan 130 km lik bir nirengi kurmuştur (şekil 5.2). Bu nirengi ağının açılarını 2 derece dakikasının direkt, 1 derece dakikasının tahmin edildiği yarıçapı 2.5 ayaklık kuadrantlarla ölçmüştür. Alkmaar ve Bergen op Zoom'da ise yarı çapı 5.5 ayaklık bir kuadrant ile Kutup yıldızından yararlanarak astronomik gözlemler yapmış ve bu noktaların coğrafik enlemlerini  $\varphi = 52^{\circ}40'30''$  ve  $\lambda = 51^{\circ}29'00''$  ve bu iki nokta arasındaki enlem farkını  $\Delta\lambda = 1^{\circ}11'30''$  olarak hesaplamıştır (Reinhertz, Schoeps 1976). Haag-Leiden arasında kurulan baz büyütme ağı şekil-5.3 de gösterilmiştir. Baz uzunluğu a-b arasında 87.05 rute'dir (1 rute = 3.767 m). EDM aletlerinin olmadığı bu dönemde nirengi ağının her hangi bir kenarını büyük bir incelikle ölçmek çok zor olduğundan uygun bir yerde ölçülen baz ve baz büyütme ağının açıları yardımı ile nirengi ağının bir kenarı hesaplanır. Sinüs teoreminden yararlanarak ağın tüm kenarları ölçmeğe gerek kalmaksızın bu kenardan üretilir. Snellius, A ve B arasındaki enlem farkına karşılık gelen meridyen uzunluğu için 33 930 rute olarak bulmuş, buradan 1 derecelik meridyen uzunluğu için 28 500 rute veya 55 100 tois ( $\approx 107.4$  km) ve çevre için 38 640 km hesaplamıştır (Schoeps 1976).

Snellius, 1617 de geriden kestirmenin trigonometrik çözümünü, yazdığı "Doctrina triangularum canonica" kitabında yapmış ve Kepler'e yazdığı mektupta bunun çözümünü göstermiştir. 1730 da L.POTHENOT da bu problemi ilk olarak çözdüğünü zannettiğinden bu probleme bir süre "Pothenet problemi" de dendi. Snellius, 1627 yılında, "Hansen problemi" olarak bilinen çift nokta kestirmesini de P.A.HANSEN (1795-1874) den çok önce hesaplamıştır. Geriden kestirme problemi ile 1624 de bağımsız olarak Wilhelm SCHİCKARD (1592-1635), Württemberg haritasını yaparken de karşılaşmıştır (Bock, Laska, Rutz).

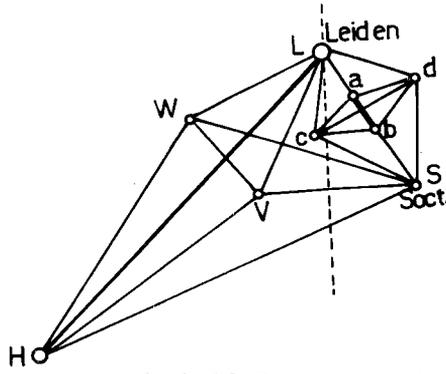
1631 yılında İngiliz Richard NORWOOD (1590-1675), Londra'da "Nirenginin Doktrini" isimli bir kitap yayınladı. 1637 de yayınladığı "Seamans practice" isimli kitabında Londra-York arasında nirengi ile yaptığı 300 km lik bir uzunluk ölçümü



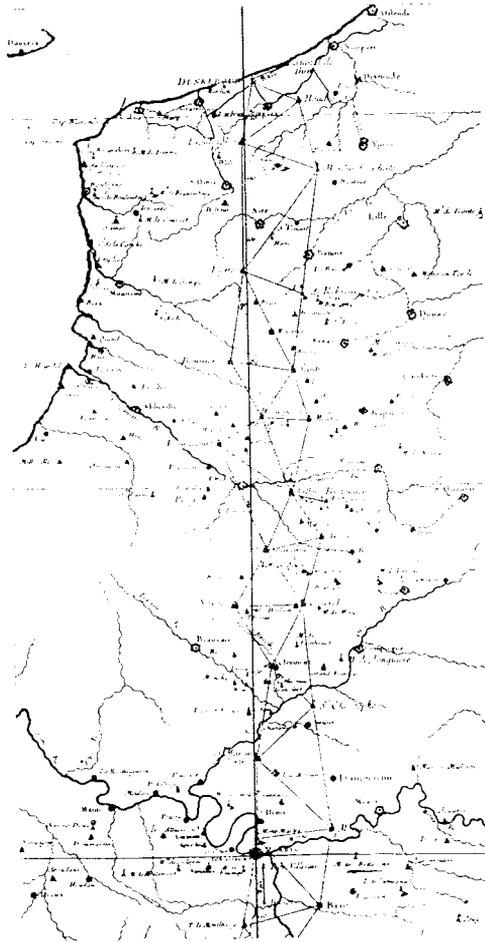
Şekil-5.2: Snellius'un nirengi ağı

sonunda 1 derecelik yay uzunluğu için 367196 ayak (=57 424 tois=111.921 km) elde etmiştir. Uzunluk ölçüleri ölçü lataları ve ölçü zincirleri ile yapılmıştır. Her yön değişimi pusula ile saptanarak bu uzunlukların meridyen üzerindeki izdüşümleri hesaplanmıştır. Nirenginin bu şekilde meridyen uzunluğunu saptamak amacı ile kullanılmasına başka bilim adamları da devam etmiş bu arada açı ölçülerinin daha sağlıklı olması için kuadrantlara verniyer takılarak dürbün eklenmiştir.

Dürbünün takılı olduğu bir kuadrantı ilk defa Fransız astronomu Jean PICARD (1620-1682) kullanmıştır. 1669/70 yıllarında Paris'ten geçen meridyen uzunluğunu ölçmek amacı ile Amiens'in güneyinde Sourdon ile Paris'in güneyinde Malvoisine arasında bir nirengi zinciri döşeyerek açılarını dakika bölümlü, 1 m yarıçap ve dürbün takılmış demirden bir kuadrant ile ölçmüştür (şekil-5.4 ve 5.32). Astronomik gözlemler 3 m yarıçaplı kuadrantlarla ölçülmüştür.



Şekil-5.3: Baz büyütme ağı



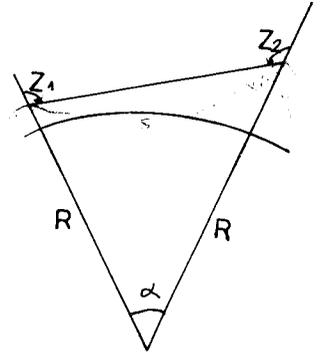
Şekil-5.4: Picard'ın nirengi ağı 1669/70

Baz ölçüsü Paris yakınlarında 11 km uzunluğunda düzgün ve yatay bir yolda yapılmıştır. Baz ölçümünde her biri 2 tois (yaklaşık 4 m ) boyunda bir çift tahta lata kullanmış ve gidiş-dönüş olmak üzere iki ölçü yapılmıştır. Hesapları logaritma ile yapılan 13 üçgenlik bu üçgen zincirinden 1 derecelik meridyen boyu 57 060 tois (111.211 km) ve yeryuvarı yarı çapını 6372 km elde etmiştir.

Newton, Ay'ı yörüngesinde tutan çekim kuvveti için daha önce hesaplanan yeryuvarı yarıçapını 1682 de Picard'ın ölçüleri sonucu bulduğu değeri alarak teori ile pratiğin çok güzel uyduğunu görmüştür. Daha önceleri Newton, Batlamyus tarafından hesaplanan 10500 km yarıçapını kullanmaktaydı. Hollanda lı bilim adamı Christiaan HUYGENS Satürn'ün halkasını ve ilk uydusunu 1655 de keşfetti.

1669 da J.G.D. CASSİNİ (I)<sup>1</sup> (1625-1712), Paris'te 1667 de kurulan gözlemevi müdürü olarak çalıştı. Venüs, Mars ve Jüpiter'in dönüş periyodlarını hesapladı. Satürn'e ait dört uydu keşfetti, Satürn halkalarını araştırdı. Güneş paralaksını (Güneş'in merkezinden, dünyanın yarıçapını gören açı) 9.5" olarak ölçerek (günümüzde bu değer 8"794 tür)Güneş'in uzaklığını 139 milyon km olarak hesapladı. Oğlu Jacques CASSİNİ (II) (1677-1756), Yer'in büyüklüğü ve şekli isimli bir kitap yazdı. Kendi adı ile anılan dik koordinatlar sistemini ortaya attı (Schoeps 1975).

1645 de İtalya'da Francesco Maria GRIMALDİ (1618-1663) ve Giovanni Battista RICCIOLİ (1598-1671), yeryuvarı büyüklüğünün zenit açılarından yararlanarak hesaplanabileceğini söylediler. Bu yöntemle göre birbirini gören ve mümkün olduğu kadar birbirlerinden uzakta iki noktadan karşılıklı zenit açıları ölçümü ile (şekil-5.5).  $\alpha = Z_1 + Z_2 - 180^\circ$  lik s uzunluğuna karşılık gelen merkez açı bulunabilir. s uzunluğu da her hangi bir yöntemle saptanması halinde yarıçap ve çevre hesaplanabilir. Ancak refraksiyonun (ışığın kırılması) yeterli incelikte bilinmemesi yüzünden bu yöntem daha sonra da uygulama alanı bulamamıştır. Riccioli, Ay ile ilgili çalışmalar da yaparak Ay'da su olmadığını iddia etti. 1651 de çizdiği Ay haritasında kraterlere astronomi ile uğraşmış bilim adamlarının ismini verdi.



Şekil-5.5: Zenit açılarından yeryuvarı hesabı

1676 da Greenwich gözlemevi kuruldu ve müdürü İngiliz astronom John FLAMSTEED (1646-1719), 20 000 gözlem yaparak 3000 yıldızla ait bir katalog hazırladı. Bu katalog ancak ölümünden sonra 1725 de "Historia Coelestis Britannica" ismi ile yayımlandı.

<sup>1</sup> Cassini ailesinden birçok bilim adamları yetişmiştir. İtalyan asıllı Fransız uyruklu bu bilim adamlarının karıştırılmaması için Romen rakamı ile numaralanmıştır.

(I) : Jean Giovanni Dominique CASSINI (1625-1712)

(II): Jacques CASSINI (1677-1756) (I)ın oğludur.

(III):Cesar François CASSINI (1714-1784)(II)nin oğludur (CASSINI DE THURY) olarak da bilinir

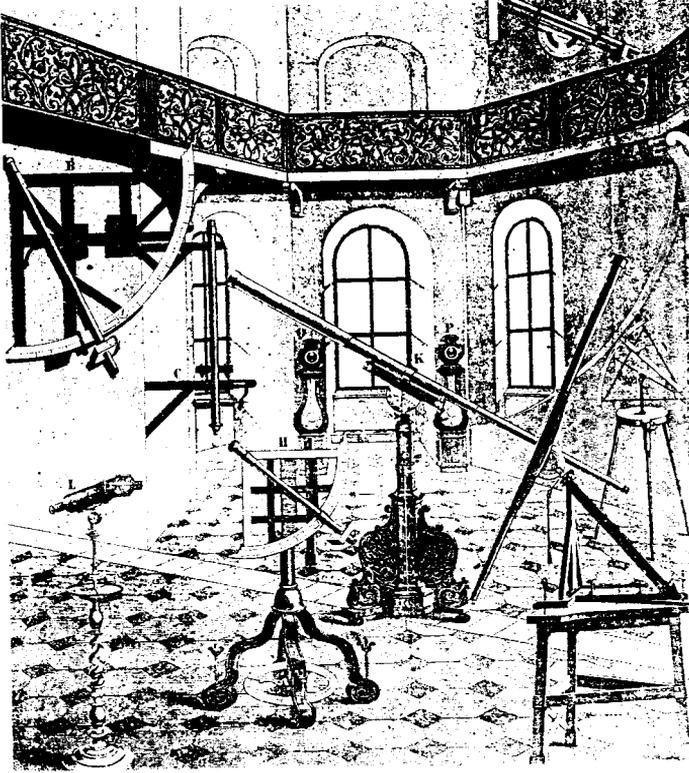
(IV):Dominique Conte de CASSINI (1748-1845) (III) ün oğludur

Gino CASSINI (1885-1964) aynı aileden jeofizik ve fotogrametri alanında çalışmış bilim adamı

1678 de İtalyan astronomu Vincenzo CORONELLİ (1650-1718), Parma dükü için 2 m çapında bir globus yaptı. 1683 de ise 14. Lui için 3.90 m çapında bir gök globusu yaptı.

1676-78 de İngiliz astronomu Edmond HALLEY (1656-1742), güney küreye ait yıldız katalogu yaptı. "A synopsis of astronomy of comets" (Kuyruklu yıldız astronomisinin özeti) isimdeki kitapta 24 kuyruklu yıldız (komet) yörünge hesabı verdi. 1681-82 de görülen kuyruklu yıldızın yörünge elemanlarını hesaplayarak bunun 1531 ve 1607 de görülen kuyruklu yıldızın aynı olduğunu saptadı ve bunun sonucunda bu gök cisminin güneş etrafında uzunca bir elips çizdiğini ve turunu 75.5 yılda tamamladığını hesapladı ve 1758 de tekrar geleceğini söyledi. Bu komete kendi ismi verildi. İlk defa 1472 de Regimontanus tarafından farkedilen bu komet zamanımızda 1986 ilkbaharında tekrar görüldü. 1701-1702 de gel-git haritası yaptı.

17. yüzyılda bir gözlemevinde bulunan aletler şekil-5.6 de görülmektedir.



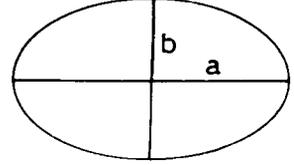
Şekil-5.6: 17. yüzyılda bir gözlemevinde bulunan aletler

### Yeryuvarı Şekli İçin Elipsoid

Pisagor'dan Newton'a kadar olan 2000 yıllık bir sürede yeryuvarı küre olarak kabul edilmiş ve yapılan jeodezik ve astronomik gözlemlerle büyüklüğü saptanmağa çalışılmıştır. 17. yüzyıl ortalarında Hollandalı fizikçi Christiaan HUYGENS (1629-1695) ve hemen arkasından İngiliz fizikçisi Sir İsaac NEWTON (1642-1727), yeryuvarının

kendi eksenini etrafında dönmesi dolayısı ile kutuplarda basık ve ekvatorunda daha şişkin olması gerektiğini iddia ettiler.

Yeryuvarının bu biçimde bir elipsin küçük eksenini etrafında dönmesi ile meydana gelen bir dönele elipsoid biçiminde olacağı ve bu şeklin meridyen kesitlerinin elips olması gerektiğini savundular (şekil-5.7). Bu elipsoid için basıklık  $\alpha = (a-b)/a$  olarak hesaplanmaktadır. Zaten 1666 dan beri CASSİNİ'nin gözlemleri ile büyük gezegenlerin dönüşlerinin çok hızlı olduğu ve onların kutuplarında basık olduğu bilinmektedir. Jüpiter için basıklık 1/50 dir. Huygens, basıklığı kuramsal yöntemlerle 1/579, Newton ise 1/230 olarak hesapladılar <sup>1)</sup>



Şekil-5.7: Elipste eksenler

Fizikçilerin bu iddiaları garip bir olayla da desteklendi. Paris akademisi 1672 yılında astronom Jean RİCHER (1630-1696), Merih gezegenini gözlemi için Ekvator civarında enlemi 4°56' N olan Fransız Guayana'sına (Cayenne) giden teknik heyetin başında bulundu ve Merih paralaksını 25" olarak ölçtü. Aynı işlemi Paris gözlemevi müdürü J.G.D.CASSİNİ (I) (1625-1712) Paris'te yaparak Merih gezegeninin uzaklığı saptanacaktı. Richer, Paris'ten getirdiği sarkaçlı saatin günde yaklaşık 2.5 dakika geri kaldığını saptadı. Bunun nedeni Cayenne'de yerçekiminin daha zayıf olmasıdır. Sarkaçın boyu Paris'te 993.9 mm olarak ayarlanmıştı. Saatin doğru çalışabilmesi için sarkaç boyunca 3.9 mm kısaltılması gerekmişti. 1673 de Paris'e döndüğünde boyu tekrar uzatılarak eski durumuna getirilmişti. Bu olayı öğrenen Newton, bu farkın yalnız merkezkaç kuvvetinin yeryüzünde farklı olmasından kaynaklanmadığını büyük bir bölümünün yeryuvarının kutuplarda basık bir elipsoid olmasından kaynaklandığını savundu ve sonuç olarak Paris'te ekvatora göre yerçekiminin daha büyük olduğunu kutuplara doğru bu değerin artarak kutuplarda en büyük değeri aldığını dolayısı ile yeryuvarının kutuplarda basık bir elipsoid olduğu iddiasının desteklendiğini söyledi. Gerçekten merkezkaç kuvveti kutuplarda sıfır olup en büyük değerini aldığı ekvatorunda bile yerçekiminin 0.0035 i kadardır. Bu değer yaklaşık 0.00339 m/s<sup>2</sup> dir. Yerçekimi ve merkezkaç kuvvetinin bileşkesi olan gravite de dolayısı ile ekvatorunda kutuplara doğru artmaktadır (bkz. 8.5 Jeodezi , s.202).

Picard'ın ölçtüğü nirengi ağı 1683 de tekrar ele alınarak her iki yönde uzatıldı. Kuzeyde Jean Dominique CASSİNİ (1625-1712)(I) ve oğlu Jacques CASSİNİ (1677-1756) (II), güneyde Philippe de LA HİRE (1640-1718) ve oğlu bu çalışmaları 1718 yılına kadar devam ettirerek 8.5 derece genlikte meridyen yönünde bir zincir elde ettiler. Cassini'ler bir ölçü veya hesap hatası yüzünden Paris'in güneyindeki 1 derecelik meridyen uzunluğu 57 097 tois (111.284 km) iken kuzeyinde daha kısa 56 960 tois (111.017 km) elde etmişlerdi. Bu sonuçlar kutuplarda basık bir elipsoid varsayımı ile çelişkilidir. Böyle bir elipsoid kutuplarda şişkin ekvatorunda basık dik duran bir yumurta biçiminde olur. Zamanın bilgileri bu nedenle iki gruba ayrılmışlar ve büyük bir tartışmaya girmişlerdir. Bu tartışmalar ancak 18. yüzyıl içinde Paris bilimler akademisinin ekvator ve kutup civarında bilimsel komisyonlara nirengi yardımı ile uzunluklar ölçtürerek

<sup>1)</sup> Bu değerin bugün modern yöntemlerle ölçü sonucunda 1/297 civarında olduğu bilinmektedir. Bu basıklık miktarı 30 cm yarıçaplı bir küre globusta ancak 1 mm civarında olup gözle farkedilmeyecek kadar küçüktür. Bu ölçekte en yüksek dağ 0.5 mm den küçüktür.

ve astronomik gözlemler yaptırarak sonuçlandırılmışlardır (bkz.18. yüzyıl astronomi çalışmaları, s.139).

### 5.3 FİZİK

İngiliz hekim ve fizikçisi William GİLBERT (1544-1603), 1600 de Londra fizikçiler başkanı olarak yayınladığı mıknatıs isimli kitabında, mıknatıs ibresinin sadece kuzeyi göstermediğini, serbest asıldığı takdirde yere doğru da saptığını (magnetic inclination), dolayısı ile yeryuvarının küre şeklinde büyük bir mıknatıs olduğunu ve mıknatıs ibresinin yer manyetik kutbunu gösterdiğini söyledi. Manyetik gerilimler kendi adı ile anılan "Gilbert" biriminde ölçülürler (şekil-5.8). Yer manyetik kuzey kutbu olarak  $\phi=72^{\circ}25' N$  ve  $\lambda=96^{\circ}46' W$  (Melville adası) ve güney kutupta  $\phi=72^{\circ}25' S$ ,  $\lambda=154^{\circ} E$  dir. Ancak bu noktalar yavaş yavaş değişime uğramaktadırlar.

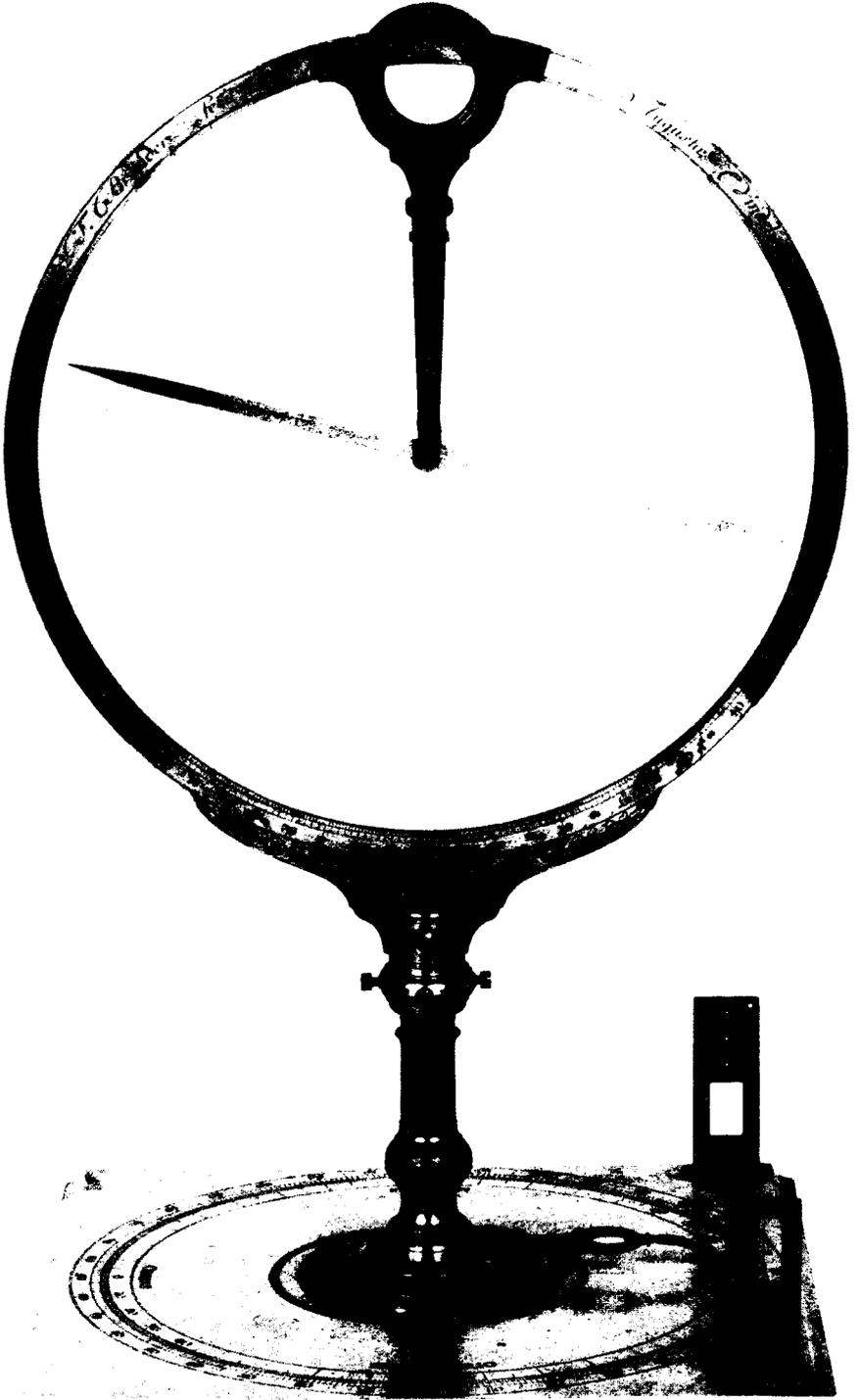
İtalyan bilim adamı Galileo GALİLEİ (1564-1642), 1602 de cisimlerin serbest düşme yasası ile uğraştı. Pisa kulesinde deneyler yaparak Aristo'dan beri inanılanın tersi olarak havasız yerde cisimlerin ister kurşun olsun ister tüy aynı zamanda düşeceklerini, serbestçe bir cisim tarafından aşılın mesafeler kendi aralarında geçen zamanların kareleri ile orantılı olacağını söylemiş ve bunun sonucunda bütün cisimlerin boşlukta aynı ivmeyle düştüğü anlaşılmıştır. 1609 da kendi yaptığı dürbün ile astronomik gözlemler yapmıştır. Galilei, Pisa katedralinin kubbesine asılı çeşitli kandillerin salınımlarını gözleyerek sarkaç salınımı sürelerinin ağırlığına bağlı olmadığını farketti ve 1602 de  $T= \pi\sqrt{l/g}$  ilişkisini buldu. Kuramsal çalışmaları sonucunda sarkaçlı saatin daha da geliştirilmesini sağladı ve bu sonuçları 1638 de yayınladığı "Discorsi e dimostrazoni mathematiche intorno a due nuove scienze" (Sarkaç hareket yasası, mermilerin boşlukta çizdiği parabolik hareketin yasası) kitabında yayınladı.

1620 de Hollandalı astronom Willebrord SNELLİUS (1591-1626) ışığın kırılması ile uğraşarak kendi adı ile anılan "Snel yasası"nı buldu. Işığın yayılmasında difraksiyon olayını İtalyan fizikçisi Francesco Maria GRİMALDİ (1618-1663) farketti.

#### Işık Hızının Ölçülmesi

Işığın hızını eskiden Çinliler ve Babilliler sonsuz olarak bilirlerdi. İlk defa Yunan filozofu EMPEDOKLES (MÖ 490-430), ışığın bir mesafeyi geçmek için bir zaman gerekeceğini ortaya attı. Daha sonra bu konuda bir araştırma yapılmadı. Kepler de bu konuyu bilmiyordu. Galilei, gözlemlerle ışığın bir aynaya gidip yansiyarak dönme süresini ölçmeye kalktı. Ancak mesafe çok kısa olduğundan başaramadı.

Işık hızını ilk defa Paris gözlemevi müdürü Danimarkalı astronom Olaf RÖMER (1644-1710), 1675 yılında buldu. Işığın hızını ölçmek için çok büyük uzunluklar gerekeceğini düşünerek bu uzaklığı gök küresinden seçti. Jüpiter'in dört uydusundan birisi turunu 42.5 saatte tamamlıyordu. Bu uydu dünyadan gözlenirken Jüpiter'in arkasına geçtiğinde görünmez olmakta ve bir süre sonra da diğer taraftan tekrar çıkmaktadır. Düzgün olması gereken bu hareket, Dünya'nın Jüpiter'den uzaklaşması ile 1000 zaman saniyesine varan gecikmeler göstermektedir ki bu zaman yer yörünge çapı olan yaklaşık 300 milyon km nin kat edilmesi için geçen zaman olduğu düşünülerek buradan ışık hızını 227 000 km/sn olacağını hesapladı. Daha sonraları J. BRADLEY (1692-1762) başka bir



Şekil-5.8: Manyetik inklinator

yöntemle de aynı sonucu buldu. (Bu değer bugün modern yöntemlerle 299 792.458 km/sn dir).

İngiliz fizikçisi sir İsaac NEWTON (1642-1727), 1667 yılında çekim yasasını buldu. 1671 de aynalı teleskopu yaptı. 1678 de ise güneş ışığını cam prizma ile renklere ayırdı. 1687 de ünlü evren sistemini açıkladığı "Principia mathematica philosophiae naturalis" (Doğanın matematik ilkelerinin filozofisi) yayınladı. Bu kitapta Newton, Galilei'nin bilgilerini üç hareket yasasında özetledi. Newton, düşme ivmesinin yer çekimi ile doğru orantılı olduğu ve bu kuvvetin yer merkezine olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğu (Newton'un çekim yasası) teorisini kurdu. Bu kuramdan hareketle Ay'ı yörüngesinde dengede tutacak kuvvetten hareketle Ay'ınDünya'dan ne kadar uzakta olması gerektiğini hesapladı. Daha sonra  $F=k.M_1.M_2/d^2$  ile ifade edilen çekim yasasını evrende herhangi iki cisme de uygulanabileceğini söyleyerek k çekim sabitesini hesapladı. 1704 de "Optics" kitabını yayınladı.

İtalyan fizikçisi ve matematikçisi Evangelista TORİCELLİ (1608-1647), yine kendisi gibi İtalyan fizikçisi Galilei'nin öne sürdüğü bir problem ilgisini çekti. Buna göre pompa ile emilen sular su seviyesinden 10 m yüksekliği geçmiyordu. Toricelli bunun cevabını buldu. Havanın ağırlığı 10 m lik su sütunu ile dengede durabiliyordu. 1643 de deneyini civa ile yaparak 760 mm lik bir civa ile de dengede olduğunu gördü. Bu şekilde barometre bulunmuş oldu ve anısına 1 mm lik cıvanın yaptığı basınca 1Torr denildi. Hava ağırlığı sonlu ise atmosferin de sonlu olması gerekir öyle ise uzay havasızdır sonucuna vardı. 1646 yılında Fransız fizikçisi ve matematikçisi Blaise PASCAL (1623-1662) da barometre ile ilgili araştırmalar yaptı. Sağlığı izin vermediğinden bir yakınına dağlarda ölçüye gönderdi ve artan yükseklikte basıncın düştüğünü saptayarak Toricelli'yi destekledi. İtalyan astronomu ve matematikçisi Geminiano MONTANARİ (1633-1687), 1678 de kılcallık olayını inceledi.

Hollandalı bilim adamı Christiaan HUYGENS (1629-1695), Paris akademisinin çağrısı üzerine 1661-81 yılları arasında Fransa'da yaşadı. Pratik mekanik konularında özellikle dürbün, dürbün objektifleri, cam merceklerle uğraştı. 1673 de yayınladığı "Horoloqium Oscillatorium" adlı kitapta çeşitli sarkaç tiplerinin teorisini verdi. Sarkaçlı duvar saatini ve 1675 de saatlerde zemberek yayı kullanma fikrini icat etti. 1690 da ışık adlı yapıtında ışığın dalga teorisini ortaya attı. 1699 da enerji ile ilgili çalışmalarını "enerjinin sakınımı yasası" ismi altında yayınladı. Merkezkaç kuvvetini ortaya koyarak yerin basıklığını kuramsal olarak 1/579 hesaplamıştır. Satürn halkasını ve ilk uydusunu keşfetmiştir.

## 5.4 HESAPLAMA ARAÇLARI

Hesaplama işlemleri 16. yüzyılda geniş bir halk kitlesi tarafından ilgi ile izlenmeye başlanmış, hesap kitaplarının basılıp çoğaltılması ile de hesap kuralları daha çabuk yayılmaya başlamıştır. Özellikle trigonometrik hesaplamalarda doğru hesap yapabilmek için yarıçapı çok büyük daireler kullanılmış bu yüzden de büyük rakamlarla hesap yapma zorunluluğu doğmuştur. Bu hesaplamaların daha çabuk ve doğru yapılabilmesi için kullanılan araçlar aşağıda tarih sırasına göre verilmiştir.

### 5.4.1 Çarpma Cetvelleri

Bavyeralı bilim adamı Hans Georg Herwarth von HOHENBURG (1553-1622) tarafından ilk defa 1610 da basılan bu cetvelde 999x999 a kadar sayıların birbirleri ile çarpımları bulunmaktaydı. Yani 1 den 999 a kadar olan bir sayının 1 den 999 a kadar olan başka bir sayıyla çarpımının sonucu doğrudan ilgili sayfadan alınıyordu. Kitabın boyutları bu nedenle 52x27 cm ve 10.5 cm kalınlığındadır. Daha büyük sayıların çarpımı da aritmetik kurallarından yararlanmak sureti ile bu cetvelden alınan rakamlarla hesaplanabilmektedir. Örnek olarak 36 453 x 128 294 çarpımı için

$$\begin{array}{r} 453 \times 294 = \quad 133\ 182 \\ 453 \times 128 = \quad 57\ 984 \\ 36 \times 294 = \quad 10\ 584 \\ 36 \times 128 = \quad 4\ 608 \\ \hline 36453 \times 128294 = \quad 4\ 676\ 701\ 182 \end{array}$$

işlemi yapılır. Bu işlemle zaman kazanılıp kazanılmadığı tartışılır. Cetvelin sadece 453 ve 36 sayılarının bulunduğu sayfalardan alınan rakamlarla toplama işlemi yapılmaktadır (*Cantor*). 999x999 biçiminde hazırlanan bu tür cetveller dışında 9999x999 biçiminde hazırlanmış cetveller de vardır. Hesap makinalarının çarpma işlemlerinde büyük bir yük üstlenmelerine rağmen çok sayıda çarpma cetvelleri 18. ve 19. yüzyılda hatta 1920 ve 1930 lu yıllara kadar yayınlanmışlar ve kullanılmışlardır. ZIMMERMANN tarafından yayınlanan bu cetveller Almanya'da uzun süre rağbet görmüşlerdir<sup>1)</sup>. Bu cetvellerle bölme yapmak ta mümkündür (*Wittke*).

### 5.4.2 Kare-Karekök Cetvelleri

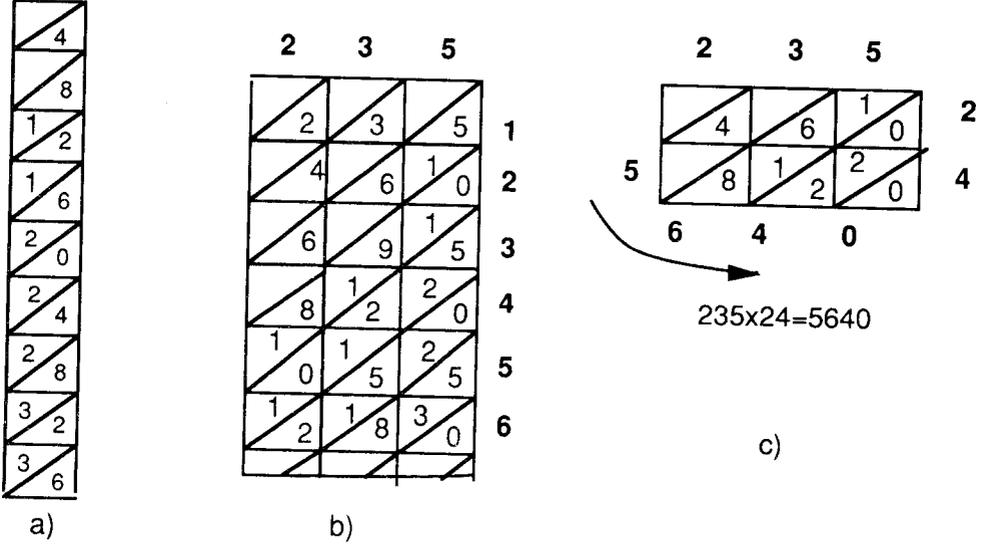
Kare cetveli haritacının çok kullandığı bir hesaplama cetvelidir. Prizmatik detay alımında Pisagor kontrolü bu cetvellerle çok rahat yapılmaktadır. Ayrıca hesap makinaları ile yapılan karekök işleminde karekökü alınacak sayının yaklaşık değeri bu cetvelden alınarak iteratif bir yöntemle bölme işlemi ile karekök alınmaktadır. Dengeleme hesabında düzeltmelerin karelerinin toplamı işleminde, koordinatlardan uzunluk hesaplanmasında hata sınırı formüllerinde gibi birçok işlemlerde kare ve karekök cetveli haritacının yanından ayıramadığı bir hesaplama aracı niteliğindedir. Kare cetveli ile çarpma işlemi yapmak da mümkündür.  $a \cdot b$  işlemi için  $m = (a+b)/2$  ve  $d = a - m = m - b$  hesaplanarak  $a \cdot b = m^2 - d^2$  biçiminde iki sayının kareleri farkı biçimine dönüştürülmektedir.

### 5.4.3 Neper Çubukları

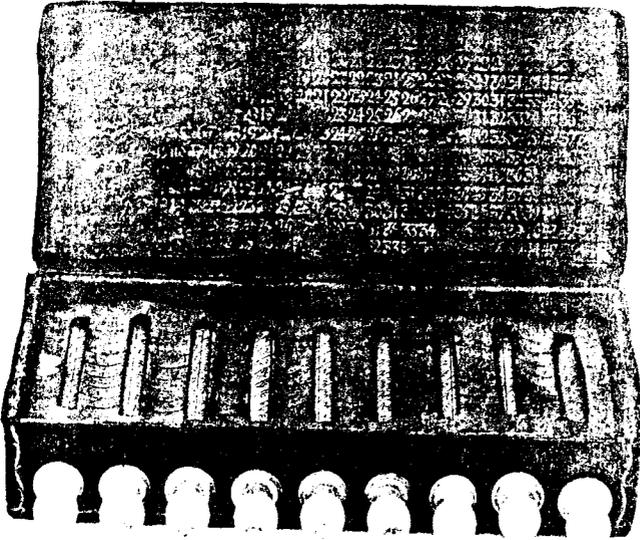
Neper kemikleri de denen bu çubuklara ait bilgi 1617 de Baron NAPIER (NEPER) (1550-1617) bir yayınında bahsetmiştir. Bu çubuklar çarpma cetvelinden başka bir şey olmayıp 1 den 9 a kadar olan sayıların 1 den 9 a kadar olan sayılarla çarpma sonuçlarını vermektedir. Her sayıya ait işlem bir çubuğa yazılmıştır. 4 için yazılmış çubuk şekil-5.9 a da görülmektedir. 4 rakamının sıra ile 1,2,3,...,9 ile çarpımı bu çubuğa yazılmıştır. İki basamaklı sonuçlar köşegenle ayrılmıştır. 235x24 çarpımı için çarpanlardan birinin sözgelimi ilkinde ait 2, 3 ve 5 sayı çubukları alınır (şekil-5.9 b). Bunlardan 2. çarpanın

<sup>1)</sup> Bu cetvel 1948 de Almanya'da 5. baskısını yapmıştır.

rakamları olan 2 ve 4 satırındaki sayılar alt alta yazılarak köşegen boyunca (sağ üstten sol alta doğru) toplanır. Elde sayılar bir üst sıraya aktarılarak  $235 \times 24 = 5640$  sonucu bulunur (şekil-5.9 c). Bu çubuklarla tersten hareketle bölme işlemi de yapılabilmektedir. Bu çubukların silindir üzerine takılarak kullanılan bir şekli (şekil-5.10) da verilmiştir.



Şekil-5.9: Neper çubukları ile çarpma



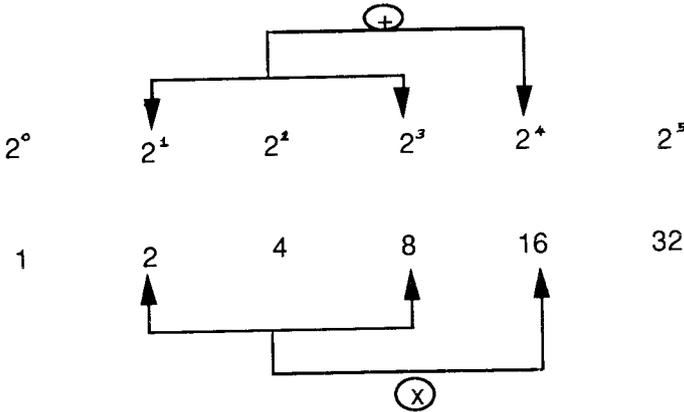
Şekil-5.10: Neper çubukları ile hesaplama (1670)

#### 5.4.4 Logaritma Cetvelleri

17. yüzyıl başında bulunan logaritma ile hesaplamalara büyük bir kolaylık getirilmiştir. Logaritmanın icadında, bir geometrik dizide dizi terimlerinin çarpılıp bölünmesinde, üs sayılarının toplanıp çıkarılması ilkesinden yararlanılmıştır. Örneğin 2 tabanlı Dizide  $2^1$  ve  $2^3$  terimlerinde üslerin toplamı  $1+3=4$  olduğundan,  $2^4$  terimine karşılık gelen 16 sayısı bu dizi sayılarının çarpımına eşittir  $2 \times 8=16$ .

İskoç baronlarından John NAPIER (Neper) (1550-1617), 1594 yılında yukardaki ilişkinin ışığı altında kendi adı ile anılan Neper logaritmasını (e tabanlı logaritma veya doğal logaritma) ortaya atarak bunu 1614 de yayınladığı "Logarithmorum canonicis descriptio" yapıtında açıkladı. Ölümünden sonra oğlu MİRİFİCİ 1620 de bu konuyu geliştirdi.

17. yüzyılda bulunan logaritma çağımızda bilgisayar icadı seviyesinde sayılabilir. Böylelikle çarpma işlemleri toplamaya ve bölme işlemleri de çıkarma işlemine dönüşmüştür.



Şekil-5.11:Geometrik dizide üs toplamı taban sayılarının çarpımına eşittir.

1603-1611 yıllarında İsviçreli bir saatçi olan J.BÜRGİ (1552-1632),  $y=10^8$   $1.0001^x$  (x; 4 basamaklı, y; 9 basamaklı) formül ile bir Progress cetveli hesaplamış ve 1620 de Prag'da yayınlamıştır. Bürgi'nin cetveli de  $(1.0001^{10000} = 2.71846 \approx e)$  e tabanlıdır. Daha sonraları 10 tabanlı adi logaritma denilen Brigs logaritması 1617 de Gresham College (Londra) dan H.BRIGGS (1561-1630) tarafından yayınlandı. Daha sonra 1624 de 1 den 20 000 e kadar ve 90 000 den 100 000 e kadar sayıların logaritmalarını verdi. 1628 de Hollandalı A.VLACQ, 1 den 100 000 e kadar sayıların ve ayrıca 0-90 derece arasındaki açılardan her dakikaya ait sin, tan, sec değerlerinin 10 basamaklı logaritmalarını verdi.

Sayıların logaritmaları dışında açılardan trigonometrik değerlerine ilişkin logaritma cetvelleri de yapılarak trigonometrik hesaplamalarda büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Derece veya grad (gon) açı birimine göre düzenlenmiş bu cetvellerde 0-400 grad arasındaki bir açının trigonometrik fonksiyonları, I. bölgedeki açılardan ifade edilebildiğinden ve ayrıca birbirlerini 100 gona tamamlayan (tümler) açılardan kofonksiyon

özelliği nedeni ile bu cetveller 0-50 gon arasındaki açılar için düzenlenmiştir. Problemin cinsine göre ve rakamların büyüklüğü göz önünde tutularak çeşitli basamaklı düzenlenen logaritma cetvelleri kullanılırdı. Örneğin poligon hesabı, mantısı beş basamaklı olan cetvellerle, kenarları birkaç km uzunluğunda olan trigonometrik hesaplamalar, özellikle nirengi ve kestirme hesapları altı basamaklı logaritma cetvelleri ile yapılırdı. Elipsoid üzerinde daha büyük kenarlarla yapılan hesaplamalar için yedi veya sekiz basamaklı cetveller kullanılırdı. Trigonometrik değerlerin logaritmaları bu cetvellerde her dakika veya 10 saniye aralıklarla verildiğinden istenilen bir büyüklüğün logaritması için enterpolasyon yapılması gerektiğinden bu amaca uygun, cetvelin kenarlarında enterpolasyon cetvelleri de bulunurdu.

Logaritma cetvelleri ile hesaplamalarda işlemlerin çarpma veya bölme şeklinde olmaları gerektiğinden bazı formüller bu karektere uygun çarpma veya bölme şeklinde olan terimler haline getirilirdi. Örneğin üçgen çözümlerinde üç kenarı bilinen bir üçgenin bir açısının hesaplanmasında kosinüs formülü logaritmik işleme uygun olmadığından bu üçgenin açısı yarım açı formülleri (Neper formülleri) ile hesaplanırdı. 1634 de FROBENIUS (1566-1645), Hamburg'ta yayınladığı "Clavis universi trigonometrica" kitabında bazı trigonometrik problemlerin logaritma ile çözümünü geliştirdi.

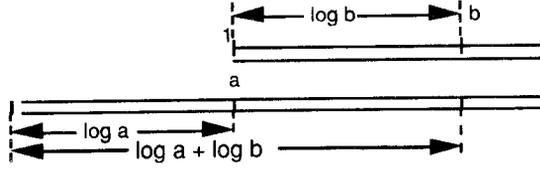
Logaritma cetvelleri, hesaplama aracı olarak mesleğimizde 1970 li yılların sonuna kadar kullanılmıştır. Bu cetvellerden Hachette yayınevinin çıkardığı "Bouvard & Ratinet" in beş basamaklı sayıların hem derece hem de grad (gon) biriminde olan açılarının trigonometrik değerlerine ait logaritma cetveli ile Jordan-Eggert'in altı basamaklı sayı ve grad cinsinden açılara ait logaritma cetveli mesleğimizde çok kullanılmıştır (*Christian 1903, Lego*).

#### 5.4.5 Sürgülü Hesap Cetvelleri

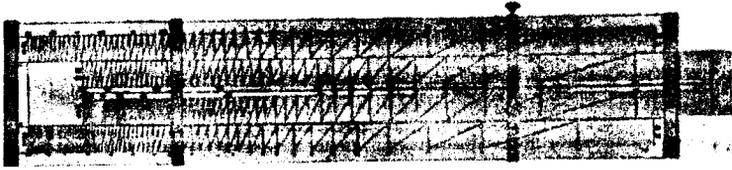
1620 de Edmund GUNTER (1561-1626), yedi basamaklı logaritmik-trigonometrik cetvel hazırlayıp bastırdı. Aynı yıl logaritmik bölünmüş yaklaşık 60 cm uzunluğunda hesap skalası yaptı. Gunter-scale adı verilen bu alet logaritmik esasa dayanan sürgülü hesap cetvelinin öncüsüdür. 1622 de W.OUGHTRED (1574-1660), düz ve daire şeklinde çalışan sürgülü hesap cetveli yaptı. Sürgülü hesap cetveli ile çarpma yapmak için bu sayıların logaritmalarını mekanik olarak toplamak gerekir. Başlangıçta iki ucu sivri pergelle yapılan bu toplama işlemi bu cetvellere bir sürgü ilave edilerek pergelle toplama yerine sürgü kaydırılarak ilgili rakamlar karşılaştırılır. Bu şekilde  $\log a + \log b = \log (axb)$  eşitliğinden yararlanarak  $axb$  çarpımının logaritmasına karşılık gelen sayı okunurdu. Sayıları daha iyi karşılaştırma veya çakıştırma için çizgili bir lup da sonradan ilave edildi. sürgülü hesap cetvelleri 12.5 cm ve 25 cm uzunluğunda olmak üzere iki tip halinde yapılmaktaydı. 12.5 cmlik cetvelde okuma hatası 0.0015 dir ve birkaç çakıştırma işlemi sonucundaki hesaplamalarda 0.005 kadar sonuçlarda bir bağıl hata beklenir. 25 cm uzunluğundaki cetvellerde yapılan hatalar yukardaki değerlerin yarısı büyüklüğündedir.

17. yüzyıl ortasında İngiliz E.WINGATE (1593-1656) ve S.PARTRIDGE hareketli bir dil (sürgü) ile bu aletleri geliştirdiler ve 19. yüzyıl sonunda bu araçların seri halde üretimi yapıldı. Aslında 3 m lik bir cetvelden bölünerek paralel sürgüler halinde 68 cm uzunluğunda ve 20 cm genişliğinde olacak şekilde düzenlenmiş bir cetvel şekil-5.14 de görülmektedir. Şekil-5.15 de ise bu ilkedan yararlanarak skalaların silindirik biçiminde düzenlendiği, 18 m uzunluğundaki bir skala bölünmek suretiyle 40 skalaya yerleştirilen Thacher'in silindirik hesap cetvelidir. İçindeki merdane şeklindeki sürgü hem dönebilmekte hem de kaydırılabilmektedir. Silindirik uzunluğu yaklaşık 50 cm dir. Bu cetvellerde çarpma, bölme skalalarının yanında kare, karekök, küpkök,  $1/x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,

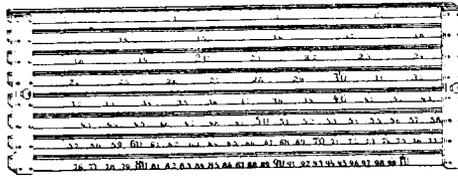
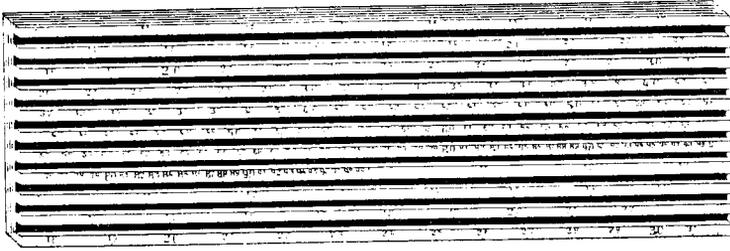
$\tan x$ ,  $\log x$ ,  $\sqrt{1-x^2}$  gibi skalalar vardır (*Eminkahyagil*).



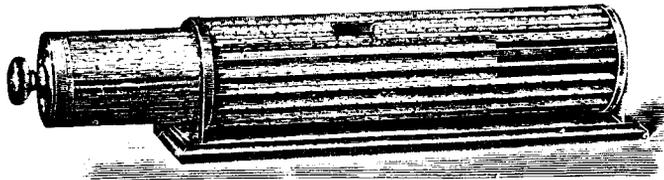
Şekil-5.12: Logaritmaların mekanik olarak toplanması



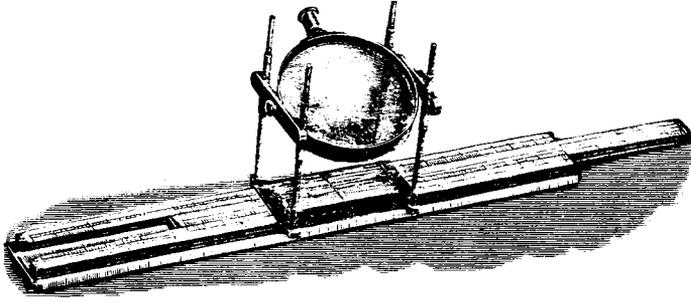
Şekil-5.13: Çin sürgülü hesap cetveli (1660)



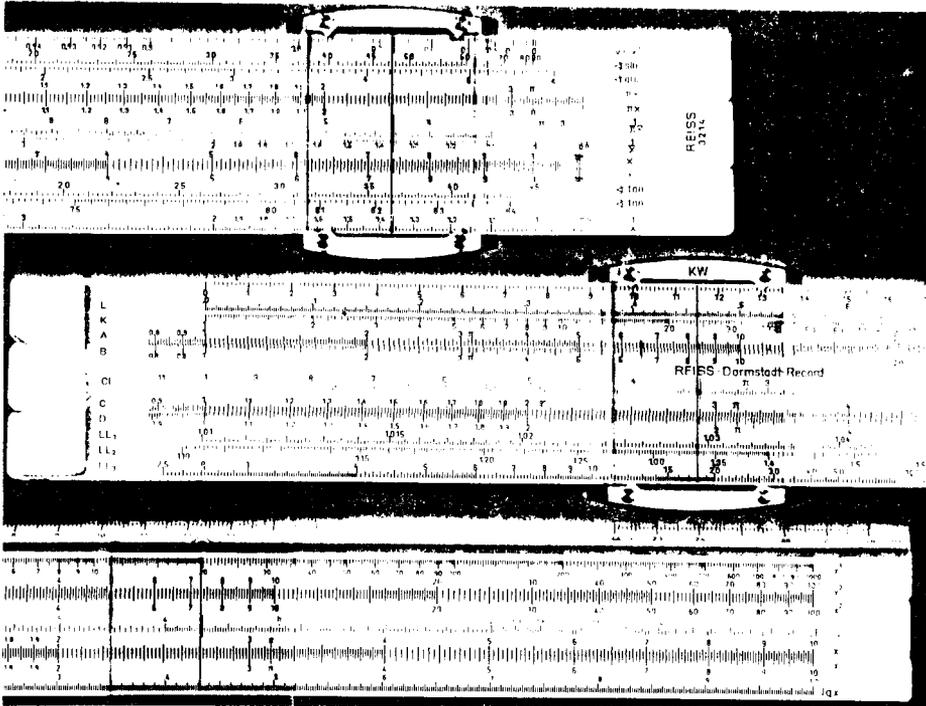
Şekil-5.14: Hannington hesap cetveli



Şekil-5.15: Thacher'in silindirik hesap cetveli (New York 1884)



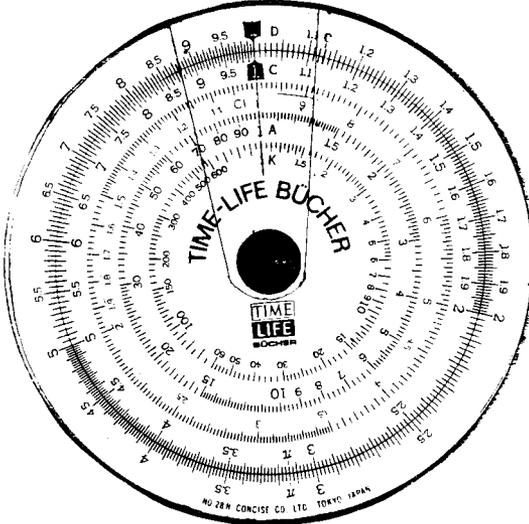
Şekil-5.16: Büyüteç takılı sürgülü hesap cetveli



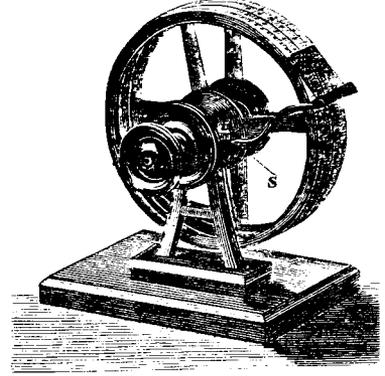
Şekil-5.17: Çeşitli modern sürgülü hesap cetvelleri

Çeşitli meslek grupları için yapılmış sürgülü hesap cetvelleri vardır. Haritacılar için Aristo-Geodat cetveli, grad (gon) açı birimi bölümlü ve  $\pi$  kadar kaydırılmış ana skalaları ile takeometrik hesaplama, Pisagor kontrolü, dengeleme hesabı, poligonlarda hata dağıtımı, yer küreselliği ve refraksiyon etkisi gibi hesaplamalar kolayca yapılabilmektedir. Sürgülü hesap cetvelinin yuvarlak biçiminde, birbiri içinde dönen eşmerkezli daireler üzerinde skalası olanları da vardır. Calcola firmasının 76 mm çapında Pox, 120 mm çapında universal tipleri vardır. Bu tür dairesel sürgülü hesap cetvelleri de (şekil-5.18), diğer düz sürgülü cetvellerde olduğu gibi çeşitli skalalarla çeşitli hesaplamalar yapılabilmektedir (*Wittke*). Çakıştırma için ortasında radyal bir çizgi bulunan şeffaf bir gösterge bulunmaktadır. Böyle bir cetvel ilk defa 1816 da JOMARD tarafından

uygulanmıştır. Bu tür hesaplama araçlarının bir benzeri de şekil-5.19 de görülen kasnak biçiminde yapılmış hesap çarkıdır. Bu çarkın da çeşitli büyüklükte olanları vardır.



Şekil-5.18: Dairesel sürgülü hesap cetveli



Şekil-5.19: Hesap çarkı

## 5.4.6 Hesaplama Cetvelleri

### Açı Fonksiyonlarının Doğal Değer Cetvelleri

Hesap makinaları ile trigonometrik problemlerin çözümünde açıların trigonometrik büyüklüklerinin doğal değerleri gerekmektedir. Aynen logaritma cetvellerinde olduğu gibi düzenlenmiş bu cetvellerin, problemin biçimine göre virgülden sonra beş basamaklı olanı poligon ve küçük nokta, yan nokta hesaplamalarında, altı basamaklı olanı trigonometrik hesaplamalarda kestirme, dengeleme problemlerinde kullanılmaktadır. Bu cetvellerin derece, grad (gon) ve topçulukta milyem açı birimine göre düzenlenmiş olanları vardır. Bu cetvellerde de logaritma cetvellerinde olduğu gibi 0-400 gon (360°) arasındaki bir açının trigonometrik fonksiyonları I. bölgedeki açılar cinsinden ifade edilebildiğinden ve ayrıca 100 gon (90°) a tamamlayan tümler açılarının kofonksiyon özelliği nedeni ile 0-50 gon (45°) arasındaki değerleri verilmiştir. Bu yüzden 0-400 gon arasındaki açıların trigonometrik fonksiyonlarının I. bölgede nasıl bir açıya karşılık geldiği ve işaretlerinin ne olacağı konusunda temel bir trigonometri bilgisinin olması gerekir. Cetveller genellikle centigon (grad dakikası) veya derece dakikasına göre düzenlenmiştir ve saniyeler için enterpolasyon işlemi gerekmektedir.

### Takeometre Cetvelleri

Bilindiği gibi dürbün yatay çizgileri ile mira okumalarından yapılan takeometrik hesaplamalarda yatay uzunluk için  $s = k.l.\cos^2 \alpha = k.l.\sin^2 Z$ ; yükseklik farkı için  $h = s.\tan \alpha = s.\cot Z = (k.l.\sin 2\alpha)/2 = (k.l.\sin 2Z)/2$  formülleri kullanılmaktadır. Bu hesaplamaları kolaylaştırmak için yapılmış cetveller vardır. Fransız Louis PONS tarafından düşey açıya göre düzenlenmiş Pons cetvelleri ve Alman Friedrich REGER

(? - 1950) tarafından mira okuma farklarına (üstkıl-alt kıl) göre düzenlenmiş Reger cetveli ve Prokes cetveli bu tür cetvellerin en ünlüleridir (*Songu, Wittke*).

### **Poligon Hesabı Cetvelleri**

Poligon, küçük nokta (binder) ve yan nokta hesaplamalarında çok karşılaşılan  $s.\sin t$  ve  $s.\cos t$  değerleri de cetvel halinde verilmiştir. İki boyutlu olan bu cetvellere açı ile girilerek ilgili kenarın karşısındaki değer gerektiğinde enterpolasyon da yapılarak bulunur(*Grünert*). Bu tür cetvellerde hesaplama denetimi için açıklık açısının 50 gon fazlası ile yapılacak hesaplamalar için de cetveller de mevcuttur.

### **Kurp Cetvelleri**

Kurp hesaplarındaki büyüklükleri hesaplamak için kullanılan trigonometrik formüller için düzenlenen cetveller genellikle tek yarıçaplı kurplarda  $R=1$  alınarak gerekli kurp elemanları bulunabilmektedir. Parabolik, kübik veya klotoid gibi geçiş eğrileri için de düzenlenmiş cetveller hala kullanılmaktadır.

### **Barometrik Cetveller**

Barometrik ölçü ve işlemlerde karşılaşılan çeşitli hesaplamalarda çok parametrelili olan barometrik yükseklik formülü için çok çeşitli cetveller kullanılmaktadır (*Jordan/Bd.II*).

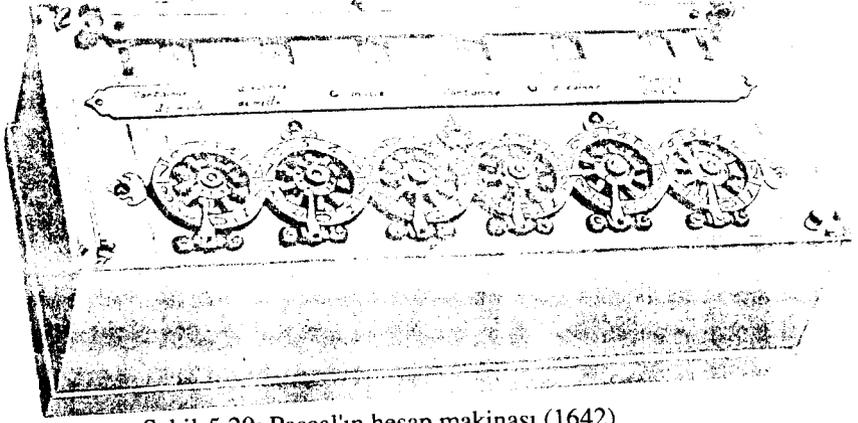
### **Diğer Cetveller**

Yukarda sayılan cetveller dışında her meslekte olduğu gibi haritacılıkta da kullanılan bir çok formüller cetvel biçimine dönüştürülmüştür. Bunlardan bazıları şunlardır: Çeşitli açı birimlerinin birbirlerine dönüşüm cetvelleri; Hata sınırı cetvelleri; Çeşitli metrik olmayan ölçü birimlerinin metrik sisteme dönüşümü veya tersi cetvelleri; Çeşitli ısı birimi (Reaumur-Celsius-Fahrenheit) dönüşümü cetvelleri; Küresellik ve refraksiyon cetvelleri; Takvim dönüşümü cetvelleri; Dengelemede kullanılan çeşitli cetveller ( $1/p$ , doğrultu katsayıları cetveli vd); 2 m lik baz latası cetveli; Elipsoid hesaplamalarına ait cetveller vd. Bunlardan başka abak ve nomogram haline getirilmiş formül ve cetveller de birer hesaplama aracıdır (*Körwien*). Bu cetveller hesap makinelerinin ortaya çıkması ile bir çoğu etkinliklerini yitirmişlerdir.

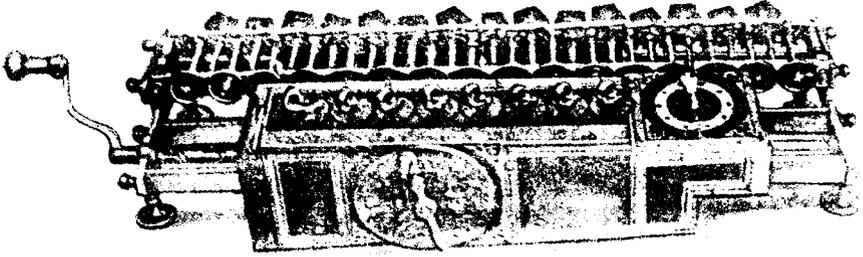
### **5.4.7 Hesap Makinaları**

1623 yılında Tübingen'li Alman bilim adamı W.SCHICKARD (1592-1635), dört işlem yapabilen ve 10 luk sistemde üst basamağa aktarma yapabilen bir hesap makinasını tasarlayarak bu aleti bir mekanikçiye yaptırdı. Kepler'e yazdığı bir mektupta bu makineden bahsetti ve ona da bir makina yapmağa söz verdi. Ancak bir yangında bu aleti ve tasarımı yandı. 1640 yılında J.CIERMANS (1602-1648) bir hesap makinası yaptı.

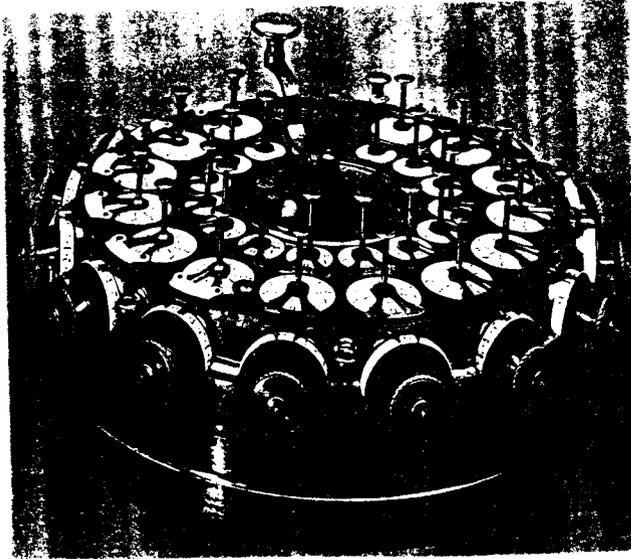
Geniş bir çevrede bilinen ilk toplama ve çıkarma yapan makina ünlü Fransız filozof ve matematikçisi B.PASCAL (1623-1662) tarafından 1642 yılında 19 yaşındayken vergi toplayıcı babasına yardım olacağı düşüncesiyle yapılmıştır (şekil-5.20 ve 5.23). 1673 yılında G.W.LEIBNİZ (1646-1716), dört işlem yapabilen bir hesap makinasını İngiltere kraliyet bilim akademisine göstererek buraya üye olmağa hak kazanmıştır (şekil-5.21).



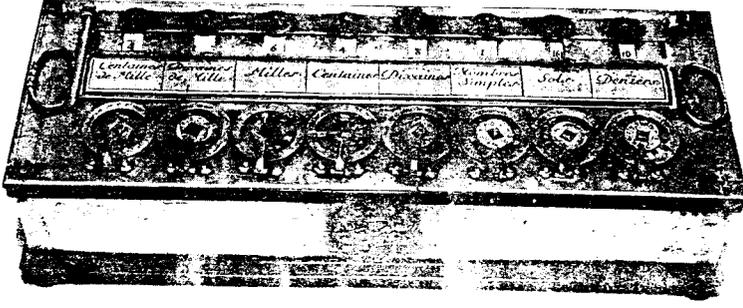
Şekil-5.20: Pascal'ın hesap makinası (1642)



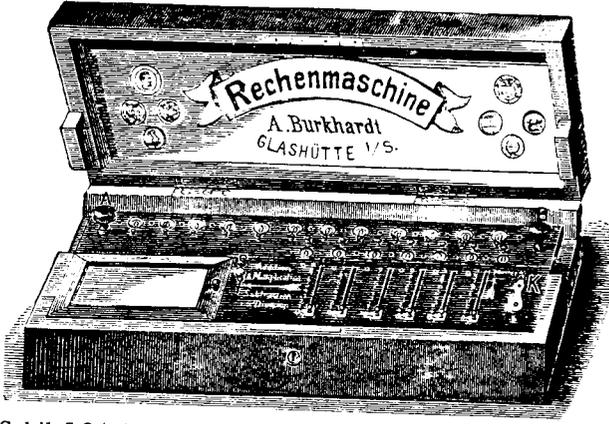
Şekil-5.21: Leibniz'in hesap makinası (1673)



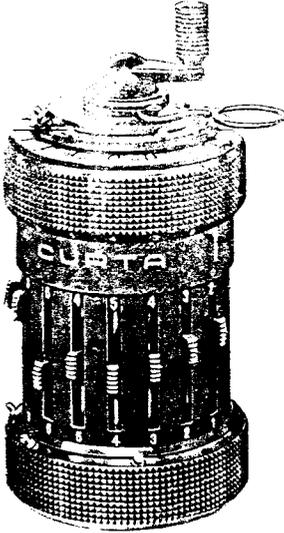
Şekil-5.22: 1784 yılından 14 basamaklı bir hesap makinası (Müller)



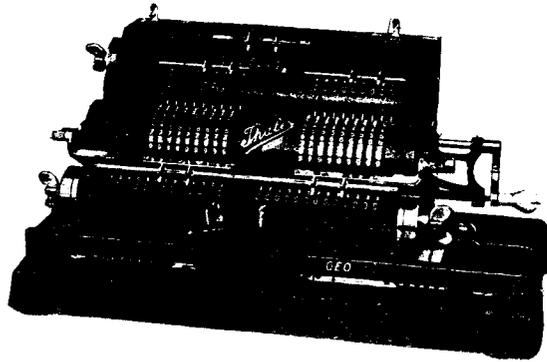
Şekil-5.23: Pascal'ın başka bir hesap makinası



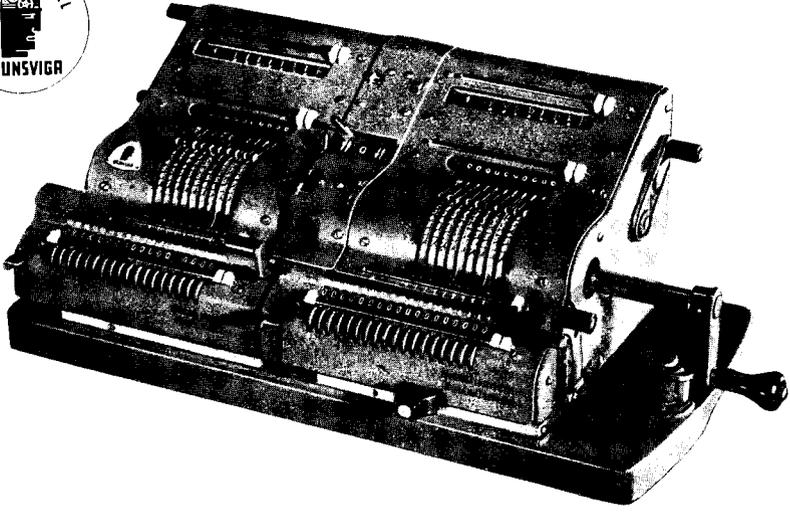
Şekil-5.24: Almanya'da seri halde üretilen hesap makinası



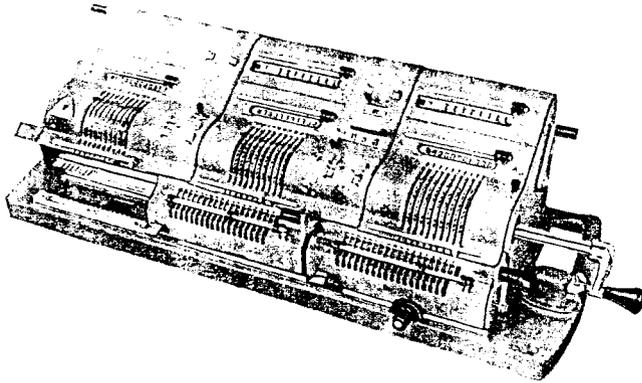
Şekil-5.25: Curta hesap makinası



Şekil-5.26: Thales-Geo hesap makinası



Şekil-5.27: Brunsviga 13 D R tipi çiftli hesap makinası



Şekil-5.28: Brunsviga 183 tipi üçlü makina

Hesap makinalarının el ile çalışanlarının çok çeşitleri vardır. Şekil- 5.25 de Contina (Vaduz-Lichtenstein) firmasının 1948 yılında yaptığı Curta tipi hesap makinası görülmektedir. Jeodezik hesaplamalar için düşünülmüş Thales-Geo tipi çiftli hesap makinası koordinat hesaplamalarında özellikle poligon hesabı ve yan nokta hesabı gibi hesaplamalarda y ve x değerlerini birlikte hesaplama olanağı vardır (şekil-5.26). Açılışın trigonometrik değerlerinin farklı işaretli olduğu durumlarda özel bir mandal ile (15 ve 16) kayıt değerleri aksi yönlerde dönebilmektedir.

İkili ve üçlü hesap makinaları Brunsviga firması tarafından da yapılmıştır (şekil-5.27 ve 5.28) (*Schieferdecker*) Bunlardan başka hesap makinası yapan firmalardan Triumphator, Hamann, Odhner, Walter, Alpina, Facit, Remington gibi isimler en tanınmışlarıdır. Kolla çevrilen tuşlu veya turnaklı hesap makinaları yanında döntüşün

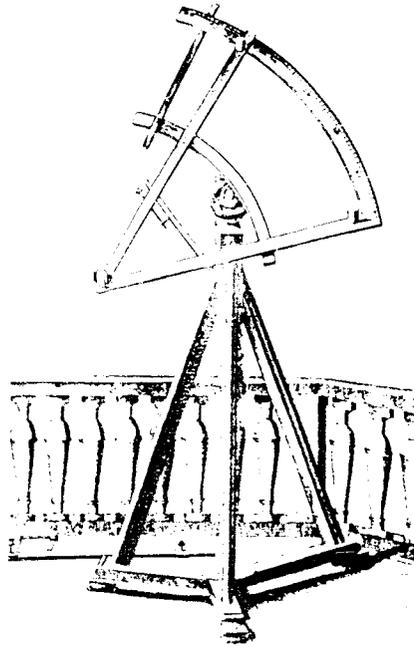
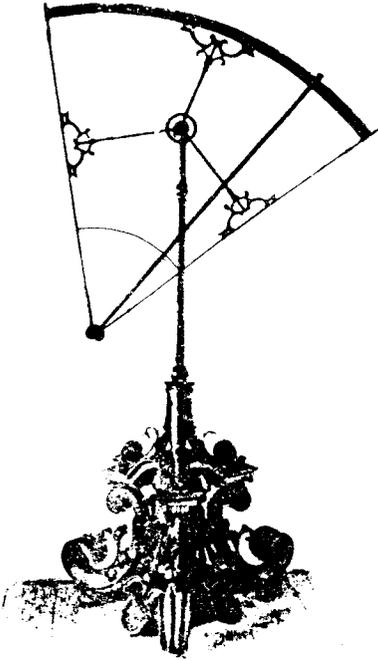
elektrik motoru ile yapıldığı elektrikli hesap makinaları da yapılmıştır. 1937 de Harvard Üniversitesi matematik profesörü H. Hathaway AIKEN (1900-1973) elektrikli hesap makinası yaptı. 2. Dünya savaşından sonra yukarıda sayılan çoğu firmalar elle çalışan hesap makinalarını geliştirerek elektrikli hesap makinaları yaptılar.

1951 de Alman jeodezi profesörü Karl RAMSAYER (1911-1982) tarafından yapılan ve fonksiyon hesap makinası adını verdiği hesap makinası ile trigonometrik doğal değerlerde yorucu enterpolasyon işlemini gereksiz kılmış ancak bu yıllarda elektronik hesap makinalarının icadı ile önemini yitirmiştir.

Hesaplama aracı ile ilgili diğer kaynaklar: *Christian, Fletcher-Miller-Rosenhand, Grosse, Hirle, Jaeger, Jordan, 1897/Bd II, Körwien, Lee, Lego, Özgen-Algül, Priestley, Songu, Yıldız, Zepf vd.*

## 5.5 JEODEZİK ALETLER

Dürbünü ilk olarak 1608 de Hollanda lı mercek yontucusu ve gözlükçü Hans LİPPERHEY (1560-1619) icad etti. O zamana kadar mercekler sadece gözlükte kullanılıyordu. Çıraklarından birisi iki merceği tesadüfen gözüne taktığında bazı eşyaların daha yakınlaştığını görerek bunu ustasına anlattı. O da bir boru içerisine böyle iki mercek yerleştirerek yaptığı bu ilk dürbünü Hollanda hükümetine satmağa çalıştı. Hükümet yetkilileri bu aletin savaşta yararlarını göz önüne alarak bu icadı gizli tuttu. Lipperhey bu dürbünün patentini 1608 yılında aldı. Bu olayı duyan İtalyan astronom Galileo GALİLEI

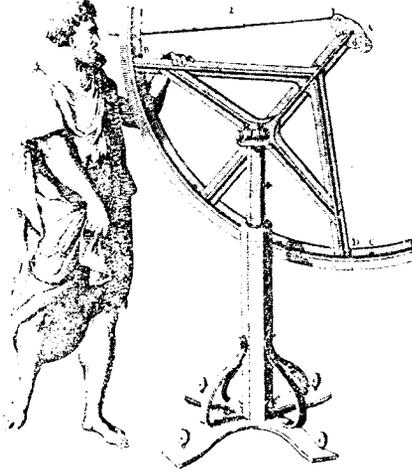


Şekil-5.29: Habermeele'in kuadrantı (1600)

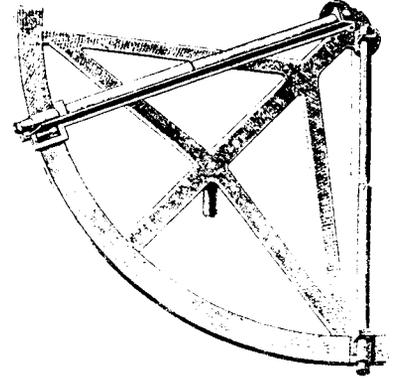
Şekil-5.30: Hevel'in çelik sekstantı (1640)

(1564-1642), 1609 da özel bir dürbün imal etti ve astronomi çalışmalarında kullandı. 1610 da KEPLER, konveks mercekli astronomik dürbün yaptı ve 1611 de dürbün teorisini açıkladı. 1612 de Christopher SCHEINER (1575-1659), astronomik bir dürbün yaptı. 1630 da GENERİNİ, dürbüne bir oküler diopteri ve 1640 yılında İngiliz astronomlarından William GASCOİGNE (1612-1644) vidalı mikrometre yaptı ve aynı zamanda dürbünün odak düzlemine ipek bir kıl ağı taktı. 1662 de İtalyan Cornelio MALVASIA (1603-1664) iki çapraz kıl ile yaptığı gök dürbünündeki reticül (kıl ağı) sayesinde kesin gözlemler yapılmasını sağladı. 1684 yılında Hollandalı bilim adamı Christiaan HUYGENS (1629-1695), dürbün, dürbün objektifleri ve cam merceklerle uğraştı.

Dürbünün icadından sonra açı ölçme aletlerinden kuadrant aletleri geliştirildi. Kuadrantların alidatlarına 1631 de Pierre VERNİER (1580-1637) tarafından kendi adı ile anılan vernier (Verniyer) düzeni, ayrıca gözleme düzeni (diopter) yerine iki dürbünün takıldığı verniyerli ve az hareket vidalı kuadrantlar yapıldı. Bu aletlerle düşey düzlemde düşey açılar okunabildiği gibi çevrilerek yatay düzlemde yatay açıları ölçme olanağı da vardı. Aşağıda çeşitli yıllara ait kuadrantlar görülmektedir.



Şekil-5.31: Verniyerli bir kuadrant



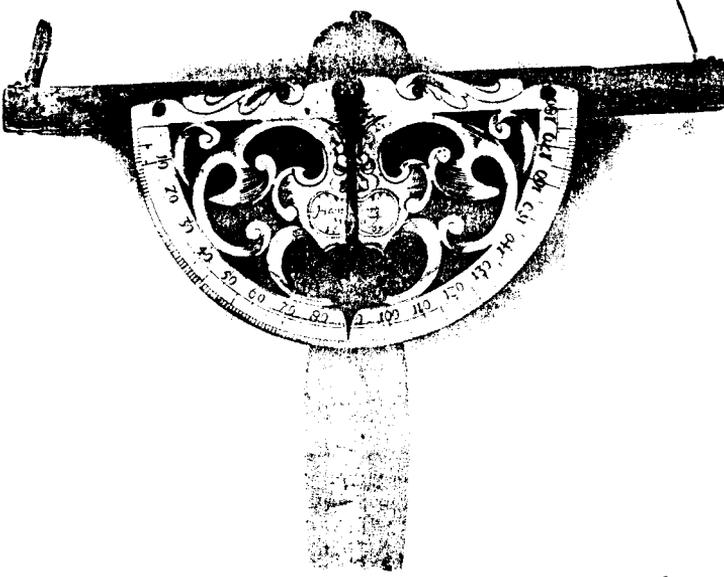
Şekil-5.32: Picard'ın dürbünlü kuadrantı (1669)

Uzunluk ölçmeleri için 100 baklalı 66 feet ( $\approx 20$  m) uzunluğunda İngiliz matematikçisi ve astronomu Edmund GUNTER'in (1561-1621) ismi ile anılan "Gunter's chain" (Gunter zinciri) kullanılmaktaydı. 1629 yılında İtalyan Giovanni BRANCA lastik hortumla nivelman yaptı. 30-40 m uzunluğunda su dolu bir hortumla köşe arkası gibi görünmeyen noktalara yükseklik verme olanağı fikri doğdu. 1635 yılında Alman papaz Christopher SCHEINER (1575-1659) pantografı icat etti.

1643 de HEDRAEUS merkez dışı hatasını gidermek amacı ile açı okumalarında bölüm dairelerinin  $180^\circ$  farklı yerlerine konulmak üzere çift verniyerli bir okuma düzeni yaptı. Bu şekilde açının artık bölümü iki kere okunarak aritmetik ortalamaları alınıyordu. 1658 yılında Philipp DANFERY prinçten bir pusula yaptı. Üç alidatlı ve dış dairenin dönebildiği bu düzende birbirine dik monte edilmiş bir diopter düzeni bulunuyordu. Dış daireye bağlı ve bu daireye teğet bir cetvel açıları plançete üzerindeki kağıda taşıma

olanağını vermekteydi. 1661/62 yıllarında O.STRUMIENSKİ ve Fransız THEVENOT (1620-1692), birbirinden bağımsız olarak kapalı silindirik düzeci icat ettiler.

1667 de yarım daire şeklinde H.G.HERTTEL tarafından bir eğim ölçme aleti şekil-5.33 de görülmektedir. Sap düşey tutularak, nişangah (diopter) eğilerek gözlem yapılabilmektedir. Düşey olarak serbest şekilde salınan ok, bölümlenmede eğim açısını (veya başucu açısını) göstermektedir. Açı ölçerin çapı 171 mm dir ve metal kısmı prinçten yapılmıştır.



Şekil-5.33: Eğim ölçme aleti (1667)

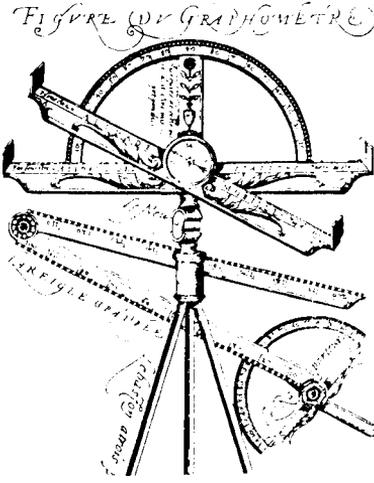


Şekil-5.34: Adım sayacı (1670)

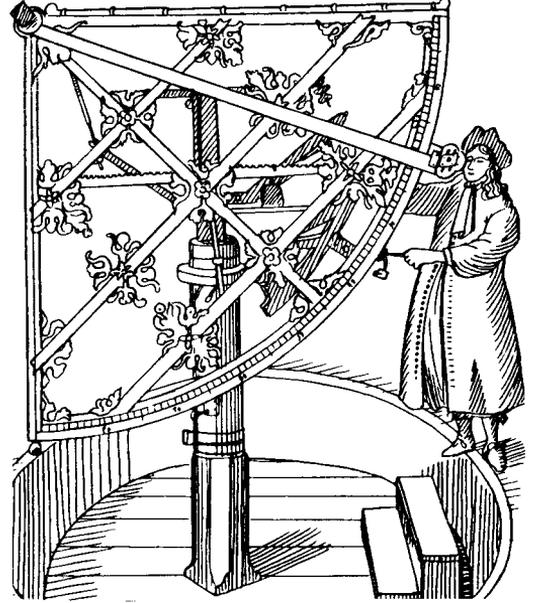
Bir insan adımının uzunluğu da haritacılıkta rol oynamıştır. Hatta Latince 1000 adım anlamına gelen "millia passuum" kelimesi kısaltılarak milliarum ve daha sonra mil olarak ortaya çıkmıştır (*Şerbetçi 1989/b*). Adım saymak amacı ile cekete veya cebe takılıp ipi bacağına bağlayarak çift adımları sayacak araçlar (pedometre) geliştirilmiştir. At ayağına takılarak at adımlarını da sayan sayaçlar da düşünülmüştür. Şekil-5.34 de 1670 yılından kalma bir adım sayacı görülmektedir.

Jean PİCARD (1620-1682), 1670 yıllarında yaptığı ve sarkaçlı terazi adını verdiği dürbünlü bir nivelman aletidir. Aletin yataylanması altındaki bir ağırlıkla sağlanıyordu (şekil-5.37).

1673 yılında J.HERD, bölüm dairesini düzgün olarak işaretleyen bir makina yaptı. Yine aynı yıldan kalma aynalı kuadrant şekil-5.36 de görülmektedir. Yıldızların konumlarının saptanması amacı ile merkez yerine bir ayna konularak elde edilen kuadrant aslında halen gemicilikte kullanılan sekstant (altıdabir daire) nin öncüsü sayılabilir. NEWTON, 1687 yılında bir aynalı sekstant aleti yapmıştır. 1674 yılında İtalyan astronomu Geminiano MONTANARİ (1633-1687), dürbündeki kıl ağı ile sabit mira boyu kullanarak optik uzunluk ölçmeyi başardı.

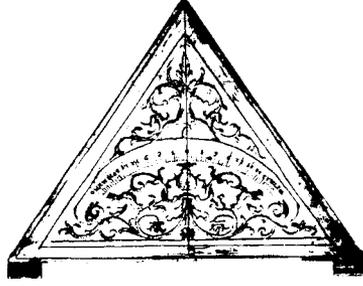
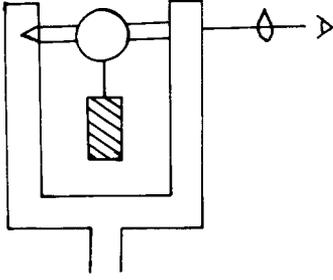


Şekil-5.35: Graphometre (1680)



Şekil-5.36: Aynalı kuadrant (1673)

1680 yılından kalma 20 cm çapında princiñten yapılmış bir graphometre aleti şekil 5.35 de görülmektedir. Yarı daireye bağlı bir diopter cetveli ile açının bir kolu, hareketli olan ve yine diopterli olan diğer çubukla da açının diğer kolu gözlenir. Bölümlenmiş yarı dairede açı okunur. 17. yüzyıldan kalma bir eğim ölçer aleti şekil-5.38 da görülmektedir. Eğimi ölçülecek yüzeye alet yerleştirilerek çekülün gösterdiği değer yüzeyin eğimi olarak okunmaktadır. 1687 yılında Heinrich BUCHART'ın yaptığı haritacı astrolob'u (usturlab) kürevi bir başlıkla bir sehpa üzerine oturtulmuş ve istenildiğinde yataylayarak yatay açı ve gerektiğinde bölümlenmiş daire düşeylenerek düşey açı ölçülebilmiştir. 1690 yılında astronomik azimut dairesinin otomatik yataylanması için ağırlıktan yararlanılmıştır.



Şekil-5.37: Picard'ın sarkaçlı terazisi (1670)

Şekil-5.38: Eğim ölçme aleti (17.yüzyıl)

## 5.6. HARİTACILIK ÇALIŞMALARI

1600 yılında Almanya'nın Sachsen (Saksonya) bölgesinde ülke ölçümüne başlandı. Hollandalı coğrafyacı Willem Janszoon BLAEU (1571-1638), 1604 de Hollanda haritası, 1605 de 18 paftalık büyük bir Dünya haritası yaptı. 1606 da silindir projeksiyonunda bir Dünya haritası yaparak bu çalışmalarını 1619 da 2 cilt ve daha sonraları 1633 de 12 ciltlik atlaslar halinde yayınladı. Oğulları Joan BLAEU (1596-1673) ve Cornelis BLAEU (1610-1648) babalarının çalışmalarını devam ettirmişlerdir.

1611 de İsveçli jeodezik ve astronomik alet yapımcısı kartograf Bure ANDREAS (1571-1646), kendi yaptığı İskandinav haritasını bastı. 1619 da Hindistan'ın İngilizler tarafından ilk haritası yapıldı. 1619-1635 yılları arasında Württemberg'te (Almanya) ölçü ve harita yapım çalışmaları yapıldı. Bu çalışmalarda 1620 yılında Wilhelm SCHICKARD (1592-1635) tarafından yapılan nirengiden yararlanıldı. İsviçreli kartoğraf Hans Konrad GYGER (1599-1674), nirengiyi grafik olarak ilk defa kullanarak Zürih kantonunun 1:32 000 ölçeğinde 56 paftalık haritasını yaptı.

Fransız kartografı Nicoles SANSON (1600-1667), 1632 de Fransa posta yolları haritası, 1644 de Fransa atlası, 1648 de 82 paftalık dünya atlası yaptı. Çocukları Nikola S.(1626-1648), Guilanne ve Adrien tarafından çalışmalarına devam edildi. Fransızlar yaptıkları haritalarda başlangıç meridyenini 1634 yılında Ferro'ya (Kanarya adaları) aldılar. Aslında Paris'ten tam 20° 00' boylam farklı bir itibari nokta aldılar. Çok daha önceleri Batlamyus (MS 87-151) tarafından yapılan haritalarda da boylam başlangıcı olarak Ferro alınmıştı.

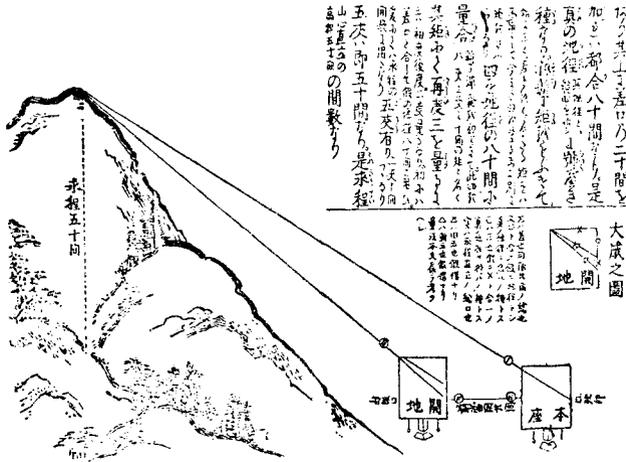
1656 yılında Almanya'da Hessen eyaleti prensi tarafından yapılan yönetmelikte ilk defa "Kadastro" kelimesi kullanılmıştır.

Oxford'ta kitapçı olan John COLLİNS (1625-1683), 1671 yılında geriden kestirme hesabında kendi adı ile anılan trigonometrik çözümü buldu. 1692 de Alman kartoğrafi Johann Ulrich MÖLLER tarafından 1:1.8 milyon ölçeğinde bir yol haritası yapılarak 1100 konaklama yeri ve 1300 kent uzaklıkları gösterilmiştir.

## Ölçme Bilgisi Hakkında Yazılan Kitaplar

1616 da Hollandalı Johann SEMS ve Joh. Pietersen DOU birlikte jeodezi kitabı yazdılar. 1625 de Muzio ODDI (1569-1638), hapishanede arazi ölçüsü adında bir kitap yazdı. 1627 de Zürih'de basılan Davos'lu Johann ARDÜSER (1584-1665) in 12 ciltlik pratik ve teorik geometri isimli kitabı yayınlandı. 1646 da 2. baskısı yapılan kitap 14 cilt oldu. 1646 da Georges FOURNIER'in hidrografi kitabı yayınlandı.

Londra'da matematik ve ölçme öğretmeni olan William LEYBOURN (1626-1700), astronomi (1648), Ölçme (1650), aritmetik (1657), logaritma kuralı (1667), Neper kemikleri ile hesaplama (1667 ve 1685), matematik oyunlar (1694) gibi kitaplar yazmıştır. 1673 de Berhard CANTZLERS'in yazdığı arazi ölçüsü isimli kitabında plançete ve pusula ile alımdan bahsetti. Japonya'da 17. yüzyıl sonunda Murai MASAHIRO tarafından yazılan ölçme kitabında bir tepe yüksekliğinin nasıl ölçüleceği gösterilmektedir (şekil-5.39).



Şekil-5.39: M. Masahiro'nun ölçme kitabından (17. yüzyıl sonu)

## 6. 1700-1800 DÖNEMİ (18.Yüzyıl)

### 6.1 MATEMATİK

BERNOULLİ ailesinin 2. ve 3. kuşağından ünlü matematikçilerin çalışmaları bu yüzyıla da taşmıştır. Fransız matematikçisi Abraham de MOÏVRE (1667-1754), sanal sayılar trigonometrisinde kendi adı ile anılan  $(\cos x + i \sin x)^m = \cos mx + i \sin mx$  formülünü bulmuştur. Moivre ayrıca bileşik olasılık kuralını da buldu.

Bir İngiliz matematikçisi olan Brook TAYLOR (1685-1731), 1715 de yazdığı "Methodes Incrementorum" isimli kitabında kendi ismi ile anılan  $f(x_0+h)=f(x_0)+f'(x_0).h/1!+f''(x_0).h^2/2!+. . .$  serisini buldu.

1719 da İskoç matematikçisi Colin MACLAURİN (1698-1746) "Treatise of fluxions" (Akışkanlar kitabı) nı yayınladı. Bu kitapta yukardaki seride  $x = 0$  ve  $h = x$  için  $f(x) = f(0)+f'(0).x/1!+f''(0).x^2/2!+. . .$  şeklinde, kendi adı ile anılan seri açılım formülünü verdi.

Determinant hesabında Alman asıllı İsviçreli matematikçi Gabriel CRAMER (1704-1752), kendi adı ile anılan kuralı buldu. 1750 de cebrik eğrilerin analizi isimli bir kitabı da vardır.

Bu yüzyılın en büyük matematikçilerinden biri olan İsviçreli Leonhard EULER (1707-1783), 1727 de Rus çarlığı 1. Katerina'nın St Petersburg (Leningrad) ta kurduğu akademide çalıştı. 1736 da analizin hareket bilimine uygulandığı ilk büyük yapıt olan mekanik kitabı yayımlandı. 1741-1766 yılları arasında Berlin bilimler akademisinde çalışarak 1766 da tekrar St Petersburg'a döndü ve ölümüne kadar burada kaldı. Küresel trigonometriyi geliştirdi. 1739 da arc tan serisini uygulayarak  $\pi$  yi 12 basamak hesapladı. Matematik analizin temelini attı.  $e, \pi, i$  harflerini matematiğe simge olarak soktu ve  $e^{i\pi} + 1 = 0$  formülü ile bu sabitleri bir arada gösteren ünlü formülünü yazdı. Ayrıca sonsuz sayılar analizi ile de uğraştı. 1748 de "Sonsuz küçük sayılara giriş" kitabını yayınladı. 1760 da eğrilere ve 1777 de projeksiyonlara ilişkin kitaplar yazdı.

1768 yılında tasarı geometrinin temellerini atan Gaspard MONGE (1746-1818), 1771 yılında da eğriliğin esas elemanlarını özellikle jeodezik yüzeyler üzerinde doğrultu çizimini ve çizgileri tanımladı.

İngiliz matematikçisi Thomas SİMPSON (1710-1761), 1737 de sonsuz küçükler üzerine bir kitap yazdı. Cebir ve olasılık konularında bir çok yayınları oldu. Kendi adı ile anılan bir eğrinin çevirdiği alanın yaklaşık hesabı ve trigonometrik fonksiyonların sayısal hesabına ilişkin formülleri vardır.

Fransız matematikçilerinden Alexis Claude CLAIRAUT (1713-1765), 1743 de dönel elipsoidin mekaniğine ilişkin teoremlerini içeren yerin şekli ile ilgili "Theorie de la figure de la Terre" (Yerin şeklinin teorisi) adında ünlü klasik yapıtını yayınladı. Bu yapıtında

fiziksel jeodeziden bilinen ünlü kuramını yayınladı. Jeodezik eğri ile uğraştı, meridyen elemanlarını, yerin dönmesindeki santrifüj kuvvetini hesaplayarak bağıl yerçekimi değişimi fonksiyonlarıyla yerin basırlık değerini hesapladı. Yer çekimi değişimleri formülleri ve kapalı bir sıvı kütleinin dengede olma koşullarını ele aldı. (Aynı problemi D'ALAMBERT de 1749 da yayınladığı bir kitapta açıklamıştır). Birinci mertebeden diferansiyel denklemler adında ayrı bir kitabı vardır. Bunlardan başka çift bükümlü eğriler isimli kitabında da yüzeylere ilişkin problemlerin çözümünü gösterdi.

Alman matematikçilerinden Abraham Gotthelf KAESTNER (1719-1800), 1790 da yayınladığı kitabında kendi adı ile anılan geriden kestirme hesabının bir türüne ilişkin çözümü yayınladı ve daha sonraları hayatının son dört yılında Göttingen'de dört ciltlik matematik tarihi yazdı.

Fransız asıllı matematikçi Joseph-Louis Comte de LAGRANGE (1736-1813), sayılar teoremi, kısmi diferansiyel denklemler, eliptik fonksiyonlar, varyasyon hesabı gibi konularda katkısı oldu. 1766-1787 yıllarında St Petersburg bilim akademisi başkanlığını yaparken yazdığı analitik mekanik isimli ünlü yapıtının ilk baskısını 1788 de yaptı. 1733 de hata kuramı ile ilgilendi. En küçük kareler yönteminin koşullu ölçülere göre dengelemesinde korelatlara "Lagrange çarpanı" da denmektedir.

Yine Fransız matematikçilerinden Adrien-Marie LEGENDRE (1752-1833), 1783 de yayınladığı kitapta kendi adı ile anılan L-Polinomları, L-Fonksiyonları, sayılar teorisi , eliptik integral ile uğraştı. Küresel üçgen çözümünde ekse'sin 1/3 ünün açılardan çıkararak düzlem üçgen gibi çözüleceğini gösterdi. 1794 de "Geometrinin öğeleri" isimli kitabı ile de ün yaptı. En küçük kareler yöntemini GAUSS'tan bağımsız olarak birkaç yıl sonra bulmuş ancak ondan önce 1806 da yayınlamıştır.

Avusturyalı matematikçi Georg Freiherr von VEGA 1782 de bir matematik kitabı yazdı. Kitabında planimetri (düzlem geometri), stereometre (cisim geometrisi), küresel trigonometri ve analitik konularını işledi. 1783 de logaritma cetveli yayınladı ve  $\pi$  sabitini 140 basamak hesapladı (bu tarihe kadar 128 basamak hesaplanmıştı). 1794 de ise 10 basamaklı bir logaritma cetveli yayınlamıştır.

## 6.2 ASTRONOMİ

### Yerin Biçimi ve Büyüklüğü

17. yüzyılda yeryüvarı şekli için bilim adamlarının iki gruba ayrılması ile başlayan tartışma gittikçe büyümüş ve 1735 yılına kadar devam etmiştir. Bu tarihte Paris bilimler akademisi ekvator ve kutup bölgelerinde olmak üzere iki ayrı yerde meridyen yayı ölçmeğe karar verdi. Bu amaçla  $\varphi=1^{\circ}31'$  S enlemindeki Peru'ya ve  $\varphi=66^{\circ}20'$  N enlemindeki kara Avrupasının en kuzey yeri olan İsveç-Finlandiya sınırında Laponya'ya iki heyet gönderdi.

1735-1744 yılları arasında Peru'ya gönderilen heyette Louis GODİN (1704-1760) başkanlığında, Pierre BOUGUER (1698-1758), Ch.M.de LACONDAMİN (1701-1774) ile birlikte yaklaşık 10 kişi vardı. 12 km lik ölçülen bazın bağıl hatası 1:161 000 dir ve en büyük üçgen kapanması 13" dir. Oldukça maceralı bir çalışma yapan bu heyet jeodezik ölçüler dışında bölgenin topoğrafik, astronomik, fiziksel, tarihsel, etnografik ve

antropolojik araştırmaları yapmış, kauçuk ve sıtma savaşında yararlı olan kinin'in yapıldığı bitki bu gezide keşfedilmiştir.

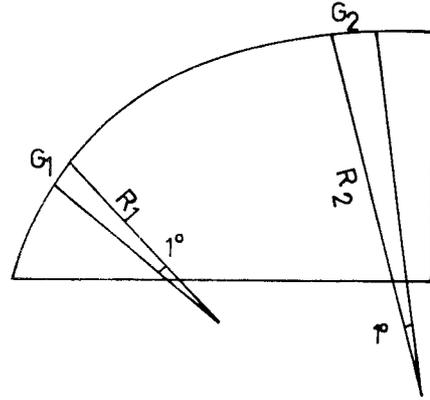
1736-1737 yıllarında çalışmalar yapan Laponya heyeti ise P.L.M. de MAUPERTUIS (1698-1759) başkanlığında Alexis C.CLAİRAUT (1713-1765), CAMUS (1699-1768), Pierre Charles LEMONNIER (1715-1799) gibi Paris akademisi üyeleri ile İsvetli bilim adamları Abbe OUTHIER (1694-1774) ve Anders CELSIUS (1701-1744) den oluşuyordu. Donmuş Tornea nehri üzerinde 5 tois boyunda latalarla 1:133 000 oransal hata ile baz ölçülmüştür. Bu çalışmalar sonucunda:

	Enlem	1° lik meridyen uzunluğu
$\varphi =$	1°31' S (Peru)	56 736 tois $\approx$ 110.600 km
$\varphi =$	66°20' N (Laponya)	57 438 tois $\approx$ 111.949 km <sup>1)</sup>

elde edilmiştir. Böylelikle 1 derecelik meridyen uzunluğunun kutup civarında ekvatora göre yaklaşık 1.3 km daha uzun olduğu anlaşılmıştır. Bu şekilde tartışma sona ermiş ve yeryuvarı şeklinin kutuplarda basık dñnel bir elipsoid olduğu kabul edilmiştir. Yukardaki değerlerden basıklık 1/310 olarak hesaplanmıştır (Reinhertz, Smith 1986).

şekil-6.1 de görüldüğü gibi 1 derecelik meridyen uzunluğu kutuplarda eğrilik yarıçapının daha uzun olması dolayısı ile daha uzundur. Çünkü kutup civarında eğrilik  $1/R_2$  küçük ve eğrilik yarıçapı daha büyüktür. Enlem farkı 1 derece sabit olarak alınırsa büyük yarıçapa karşılık gelen meridyen uzunluğu daha uzun olur ( $R_2 > R_1$  olduğundan  $G_2 > G_1$ ).

Bu sonuca ulaşıldıktan sonra CASSINI'lerin 17. yüzyılda yapılan ölçüleri yine kendi ailelerinden CASSINI DE THURY (III) (1714-1784) ve LACAİLLE (1713-1762) tarafından 1739 da yeniden gözden geçirilmiş, ölçü ve hesaplardaki yanlışlıklar düzeltilerek çelişki ortadan kalkmış, hem Cassini'lerin hem de jeodezicilerin onuru bu gölgeden kurtarılmıştır<sup>2)</sup>.



şekil-6.1: 1 derecelik meridyen uzunluğu kutup civarında daha uzundur  $G_2 > G_1$

Meridyen ölçümü ile elipsoid boyutlarının geometrik yöntemle hesaplanmasında daha sonraları boylam farklarının hassas bir şekilde ölçülmesi ile meridyen farkları (paralel daire uzunlukları) ve meridyene eğik yay uzunlukları da ölçülerek elipsoid boyutları

1) Bu değer 1801-03 yıllarında İsvetli bilim adamı SVANBERG'in (1771-1851) ölçüleri ile düzetilen değerdir (Levallois)

2) 1784 de ünlü klasiklerden "Paul ve Virginie" nin yazarı Bernandin de SAINT-PIERE "Etude de la Nature" (Doğanın incelenmesi) isimli yayınında yer elipsoidi üzerinde ekvator dan kutuba doğru gidildikçe 1 derecelik meridyen uzunluğunun büyüdüğünü anlatmıştır.

hesaplanmıştır. Paralel (enlem) dairelerinin ölçülerek elipsoid boyutlarını hesaplama işi 17. yüzyılda astronomik boylam saptanmasındaki güvensizlik yüzünden fazla ilerleyememiş, ancak 18. yüzyılda ve daha sonraları elektro-telgrafın bulunuşu ile meridyen uzunluğu ölçümündeki istenilen duyarlığa erişilmiştir. Meridyene belli bir açı yapan yay uzunluklarının ölçülmesi ile elipsoid boyutları hesabını ilk defa Tobias MAYER (1723-1762) önermiştir (*Jordan Bd.III*).

Yerin büyüklüğü ve şekli ile ilgili Peru ve Laponya ekspedisyonları dışında bu yüzyıldaki astronomik çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Laponya ekspedisyonuna başkanlık yapan MAUPERTIUS, 1738 ve 1739 yıllarında yerin şekline ilişkin iki yayın yapmıştır (*Kautzleben*). Yine Laponya ekspedisyonuna katılan A. OUTHIER, 1744 yılında kuzeye seyahat isimli bir kitap yazarak buradaki çalışmaları dolaylı olarak anlatmıştır. Laponya'ya giden işveçli bilim adamı A.CELSIUS, 1740 da Uppsala gözlemevi müdürlüğünü yapmış, kutup ışığının, yerin manyetik alanının değişmesi ile ilgili olduğunu söylemiştir. Peru ekspedisyonuna katılan LACONDAMİN, saniye sarkacının ekvatordaki boyunu uzunluk birimi olarak önerdi. Laponya heyetine katılan A.CLAÏRAUT, 1743 de yayınladığı yerin şekli ile ilgili yapıtında yerçekimi ile basıklık arasındaki kendi adı ile anılan teoremi yayınladı. "Transactions philosophiques" isimli yayınında yerçekiminin ekvatoran kutuplara doğru  $\sin^2 B$  ile arttığını isbatladı. Ayrıca Ay'ın teorisi adında bir kitabı daha yayınladı.

Fransız astronomu P.BOUGUER, 1749 da yerin şekli isimli yapıtını yayınladı. Kendi adı ile anılan yerçekimi redüksiyon ve anomali hesabı önerdi, basıklığı 1/180 olarak hesapladı. Bouguer, Chimborazo'nun çekülü kendisine doğru çektiği miktarın hesaplanmasında farklı sonuçlar elde ettiğini, bunun nedeni olarak dağın içinde bu nedenle 7.5" lik bir içbükeyliğin bulunduğunu açıkladı.

Galilei'ye giydirilen hükmü kaldıran 14. Papa Benoit'in isteği üzerine 1755 de Roger J.BOSCOVICH (1711-1787), Pontificaux devletlerinde Roma-Rimini arasında  $2^{\circ}10'$  genlikte bir meridyen zinciri ölçtü ve basıklığı 1/220 olarak hesapladı. 1764 de DIXON (1705-1777) ve MASON, Pennsylvania'da  $1^{\circ}29'$  genlikte bir meridyen yayı ölçtüler

Fransız astronomu LACAÏLLE (1713-1762) ve Berlin gözlemevinde çalışan J. J. L. LALANDE (1732-1807) ile birlikte 1750-1764 arasında Ay paralaksını ölçmek için Güney Afrika gezisine katıldılar. Bu seyahatta 10 000 güney yıldızını içeren yıldız katalogu hazırlandı. 1761 de Ay uzaklığını oldukça doğru buldular. Meridyen yayı da ölçerek 1 derecelik meridyen yayı uzunluğunu Ümit burnunda 57 037 tois buldular. Daha sonraları Everest'deki çekül sapmalarını açıkladılar. Lalande basıklığı 1/248 olarak hesapladı. 1785 de ise bu değeri 1/302 olarak buldu.

1742 de MAC LAURIN (1698-1746), gel-git üzerine çalışmaları ile Paris bilimler akademisi ödülünü kazandı. 1742 de yayınlanan kitabında dönele elipsoidin dönen, homojen ağırlıklı dengeli bir sıvı kütleinin şekli gibi basık olabileceğini kanıtladı. Aynı problem Thomas SİMPSON (1710-1761) tarafından da incelenmiştir.

CASSINI (III) olarak bilinen CASSİNİ De THURY (1714-1784), 1739 da Fransız Nicolas LACAÏLLE (1713-1762) ile birlikte Paris meridyeni ölçümünde çalıştılar. Brest-Strassburg zincirini  $48^{\circ}$  enlemde Viyana'ya kadar uzattılar. Bu amaç için 1761-62 de Almanya'da ölçüler yaptılar. 1760 da İtalyan fizikçisi Giovanni Battista BECCARIA (1716-1781), Piemonte'de  $1^{\circ} 08'$  genlikte meridyen yayı ölçtü. 1750-1769 yılları arasında Avusturyalı haritacı ve astronom Joseph LIESGANIG (1718-1799) Verasdin ve

Brünn (Avusturya) arasında 2°57', daha sonraları Macaristan'da Czurok ve Kisteleh arasında 1° 02' genlikte meridyen yayı ölçtü.

Alman astronomu Tobias MAYER (1723-1762) Göttingen Üniversitesinde ve müdürü olduğu Göttingen gözlemevinde astronomik çalışmalar yaptı. Boylam tesbiti için Ay cetvelleri düzenledi. 1767 deki gözlemlerinden Ay'ın boylam denklemlerinde ne olduğunu çıkaramadığı peryodik bir terim keşfetti.

Alman filozofu Immanuel KANT (1724-1804), 1755 de "Gök teorisi ve genel doğa yasası" isimli kitabında evrenin yapısı ve oluşu hakkındaki görüşlerini yayınladı. Bu teoriye göre gezegenler bir toz bulutundan oluştu. Samanyolu merceğe biçimindedir ve bir çok yıldızlardan oluşmaktadır. Daha başka galaksiler (gök adaları) mevcuttur. Ay ve Güneş çekiminden dolayı oluşan gel-git sürtünmesi ile Dünya dönüşü yavaşlamaktadır. (Bu sav gerçektir ve 19.yüzyılda kanıtlanmıştır). Kant'tan 40 yıl sonra 1796 da Pierre Simon PASCAL (1749-1827), yazdığı "Evrenin yapısı" adlı kitabında Kant'ın kitabını okumuş olmasına rağmen bir satır bile bahsetmemiş, aşağı yukarı aynı şeyleri söylemiştir. Bu yüzden bu kurama Kant-Laplace kuramı denmektedir. 1799 da Laplace yazdığı "Mecanique celeste" (Gök mekaniği) kitabının 2. baskısında kendi adı ile anılan azimut denklemini (Laplace azimut) yazdı. 1830 da C.F.GAUSS (1777-1855) bu denklemi bir meridyen ölçümünde kullanarak doğru olduğunu denetlemiştir. Bu kitapta Ay ve Jüpiter uydularının hareketlerini, gel-git kuramını vb. inceledi. 1785 de "Theorie des attractions des spheroides et de la figure des planets" (Gezegenlerin şekilleri ve sferoidler teorisi) ni yayınladı.

### Bode-Titius Kuralı

1766 da Wittenberg li (Almanya) astronomi profesörü Johann Daniel TITIUS (1729-1796), gezegenlerin Güneş'ten uzaklıkları için bir kural buldu. Daha sonra Berlin'li astronom Johann Elert BODE (1747-1826) bir kitabında bu kuraldan bahsetmesi ile bu kuralın ismi "Bode-Titius kuralı" oldu. Buna göre 0 1 2 4 8 16 32 64 128 ...dizisinin her terimi 3 ile çarpılıp 4 eklenirse 4 7 10 16 28 52 100 196 388... elde edilmektedir. Bu sayılar Dünya-Güneş uzaklığının 10 olduğu ölçekte gezegenlerin Güneş'e olan uzaklıklarını gösterdiğini iddia etti. Nitekim gezegenlerin uzaklıkları bu savı destekler görünüyordu. Gezegenlerin uzaklıkları sıra ile Merkür (3.9), Venüs (7.2), Dünya (10.0), Merih (15.2), Jüpiter (52), Satürn (95.4) olup dizideki sayılara oldukça yakınlaşmaktadır. Bu dizide sadece 28 sayısında bir gezegen yoktur. 1781 de F.W. HERSCHEL (1738-1822) kendi yaptığı yedi ayak uzunluğundaki teleskop ile Uranüs gezegenini keşfetti. Güneş'e olan uzaklığı 191.9 olan bu gezegen dizide 196 ya karşılık geliyordu. Böylelikle kutsal yedi tamamlandı. Ama Merih ile Jüpiter'in arasındaki boşluk dolmadı. İtalyan astronomlarından Giuseppe PIAZZI (1746-1826), 1801 yılında bu boşlukta ufak bir gezegen keşfetti.. Yörüngesini C.F.GAUSS (1777-1855) en küçük kareler yöntemini ilk defa uygulayarak tam bir yıl sonra 1802 de olması gerekli olan yeri astronom Wilhelm OLBERS'e (1758-1840) bildirdi. Gerçekten gezegen oradaydı. Ceres adı verilen ve çapı 800 km den ufak olan bu planetoidten sonra bu aralıkta irili ufaklı 1600 den fazla planetoid veya asteroit keşfedildi. Bu planetoidlerin bu dizideki yerinde olması gereken bir gezegenin patlayarak dağıldığı kuramı ortaya atıldı. 1846 da Neptun keşfedildi (uzaklığı 300.7) ve 1930 da Pluto (uzaklığı 396) keşfedildi. Bu uzaklıkların dizi ile bir ilgisi yok gibi görünmekte ve ilk 7 veya 8 gezegenin bu kurala tesadüfen uyduğu kabul edilmektedir.

İngiliz astronomu Nevil MASKELYNE (1732-1811), 1761 de Venüs gezegeninin Güneş önünden geçişini gözlemek üzere St Helene'ye gitti. 1765 de Greenwich

gözlemevi müdürü oldu ve 1766 da Nautical Almanac'ı kurdu. 1775 de çekül sapmaları ile ilgili İskoçya'da deneyler yaptı.

Alman asıllı İngiliz astronom Friedrich W. HERSCHEL (1738-1822), kendisi gibi astronom olan kızkardeşi Caroline ile mercek traşlayarak zamanın en iyi dürbünü yaptı. 1781 yılında Uranus gezegenini, 1787 de Uranus'ün iki uydusunu, iki yıl sonra da Satürn'ün iki uydusunu keşfetti. Herschel, Güneş'in de sabit durmadığını, Herkül takım-yıldızında bir noktaya doğru gittiğini, galaksimizin disk şeklinde olduğunu, güneşin galaksinin ortasında olduğunu iddia etti. Ancak bu iddia 100 yıl sonra SCHAPLEY tarafından çürütülerek Güneş'in, disk şeklindeki galaksinin ortasında değil kenara yakın bir yerde olduğunu saptadı.

Cassini III'ün oğlu Dominique Conte de CASSİNİ (IV) (1748-1845), 1787 de yine bir Fransız astronomu olan Pierre Francois-Andre MECHAIN (1744-1804) ve Adrien-Marie LEGENDRE (1752-1833) ile birlikte Paris-Greenwich gözlemlerini bir nirengi ile birbirine bağladılar.

1792-1799 yılları arasında Paris meridyeni uzatılma görevi Paris ilimler akademisi tarafından Jean Baptiste Joseph DELAMBRE (1749-1822) ve P.F.A. MECHAIN'e verildi. Mevcut Paris meridyeni için yapılan nirengi bu nedenle kuzeyde Dünkirk (Dünkirk) ve güneyde Barselona'ya kadar 9°40' genlikte bir zincir elde edilerek buradan Paris'ten geçen çeyrek meridyenin uzunluğu 5 130 740 tois saptanarak bunun 10 milyon metre kabulü ile yeni ölçü birimi metrenin boyu belirlenmiş oldu. Buna göre : 1 tois = 1.949036 m = 864 Paris çizgisi ; 1 metre = 0.513074 tois = 443.296 Paris çizgisidir. Bu ölçülerden ayrıca yer elipsoidi basıklığı 1/311.5 hesaplanmıştır.

Mechain'in ölümünden sonra 1806-1808 yılları arasında DELAMBRE üç ciltlik "Base de system metrique decimal" kitabını yazarak metre ile ilgili yapılan çalışmaların detayı ile anlattı ve elipsoid için büyük yarı eksen uzunluğu  $a=6375.653$  km ve basıklık  $\alpha=1/334$  değerini verdi.

### 6.3. FİZİK

Işık hızının Olaf RÖMER tarafından 1675 yılında ölçülmesinden 50 yıl sonra bir İngiliz astronomu James BRADLEY (1692-1762), 64.5 m uzunluğundaki bir dürbünle ışık aberasyonundan doğan açı yardımı ile yerin Güneş etrafındaki yörünge hızının ışık hızına oranını bularak buradan ışık hızını hesaplamış ve O.Römer ile yaklaşık aynı değeri bulmuştur. Ayrıca Jamaica'da yaptığı sarkaç ölçüleri ile yeryuvarı basıklığını hesaplamıştır.

Sıcaklıkların ölçülmesinde birbirlerinden bağımsız olarak

	Suyun	
	donma noktası	kaynama noktası
1714: G.D.FAHRENHEIT (1686-1736)	32°F	212°F
1742: A.CELSIUS (1701-1744)	0°C	100°C
R.A.-F.REAUMUR (1683-1757)	0°R	80°R

şeklinde skalalar önerdiler. Fahrenheit skalası halen İngiltere, ABD, Kanada, Güney Afrika, Avustralya ve Yeni Zelanda'da kullanılmaktadır. Diğer ülkeler celsius derecesini kullanmaktadırlar. Celsius, 1718 de termometrede cıva kullanılmasını önermiştir. Reaumur skalası uzun süre Fahrenheit ve Celsius ile birlikte kullanıldı, bugün ise artık kullanılmamaktadır.

Fransız matematikçisi Pierre BOUGUER (1698--1758), Güneş'in ve diğer ışık saçan cisimlerin ışığının ölçülmesi için helyometre icat etti. Bu yüzden ışık şiddetini ölçen fotometrenin kurucusu sayılır. Işık yansımalarını 1760 da inceleyen İsviçreli bilim adamı Johann Heinrich LAMBERT (1728-1777) fotometriyi gerçekten kurarak bu konudaki çalışmaları nedeniyle ışık yoğunluğuna 1970 lere kadar "Lambert" denmiştir.

Daniel BERNOULLİ (1700-1782), hidrodinamik ve gazların kinetik teorisi ile ilgilendi. Fransız jeodezicilerinden Charles Marie de LACONDAMİN (1701-1774), havadaki ses hızının sıcaklığa bağlı olduğunu keşfetti. 1738 yılında C.F. CASSINI DE THURY, Nicolas de LA CAILLE ve Giovanni Domenico MARALDI tarafından Paris'te Montmarte tepesi ile Monthery arasında gerçekleştirilen sesin havadaki hızı ölçüldü.

İngiliz optikçisi John DOLLAND (1706-1761), 1733 yılında mercek yapımında akromatik aberasyon (merceklerde renk hatası) etkisini ortadan kaldırdı. Dürbün ve merceklerde bu işi merceklerin düzeni ile başardı, patentini ancak 1758 de alabildi. Akromatik dürbünün gerçek mucidinin 1729 da bir İngiliz avukatı olan Chester Moor HALL (1704-1771) olduğu söylenmektedir (*Naebauer*).

Fransız fizikçisi Jean le Rond D'ALAMBERT (1717-1783), 1743 de ünlü yapıtı "Dinamiğe giriş" isimli kitabını yayınladı. Üç cisim problemi ile de uğraşarak 1749 prezisyon ve nutasyon ile ilgili bir kitap daha yazdı. Ayrıca titreşen teller problemi ile de uğraştı.

1783 Haziranında MONTGOLFIER kardeşler Joseph-Michel M. (1740-1810) ve Jacques-Etienne M. (1745-1799) ilk defa balonla bir uçuş yaptılar. İlk uçuşta 500 m yükseklikte yaklaşık 10 dakikada 2.5 km uzağa gittiler. Aynı yılın Kasım ayında Paris'te 9 km uçtular.

Yüzyılın sonuna doğru Henry CAVENDISH (1731-1810), 1798 yılında küreler ile yaptığı bir deney ile gravite sabitesini ve Dünya'nın kütesini hesapladı. Yerin ortalama yoğunluğunu  $5.48 \text{ Kg/dm}^3$  olarak buldu.

1788 yılında yazdığı "Mecanique Analytique" (Analitik mekanik) kitabında J.L.C.de LAGRANGE (1736-1833), Newton yasasından yararlanarak Güneş sistemini inceledi ve gezegenlerin Kepler yasası ile öngörülen yörüngelerdeki ufak değişiklikleri başka gök cisimlerinin etkisini de katarak hesap yoluyla doğruladı, ayrıca sıvıların mekanikliği ile de uğraştı. Fransız bilim adamı Pierre simon LAPLACE (1749-1827), 1799 da yazdığı ünlü kitabı "Traite de la mecanique celeste" (Gök mekaniğine giriş) ile "Göğün mekanikçisi" ünvanını aldı. Geliştirdiği mekanikte yerçekimi potansiyelini de işleme soktu. Barometre ile uğraşarak 1805 de barometre formülünü buldu. 1796 da yazdığı evrenin yapısı adlı kitabını yayınladı.

İtalyan fizikçisi Alessandro Graf VOLTA (1745-1827), 1775 de elektrofor'u ve 1800 de pili buldu. Elektrik direnç birimine bu nedenle Volt denildi. Alman fizikçisi Johann Gottlieb F.von BOHNENBERGER (1765-1831), sarkaç, elektrometre, kondansator ve aksomatik objektifler üzerinde çalışmış ve kendi buluşu bir aletle jiroskopları incelemiştir. İngiliz kimya ve fizikçisi William Hyde WOLLASTON (1766-1828) kristal yüzeyler

arasındaki açığı ölçen bir alet yaptı. Kendi adı ile anılan beşgen prizma haritacılıkta hala kullanılmaktadır.

## 6.4 UZUNLUK ÖLÇÜ BİRİMİ METRE'NİN GELİŞİMİ

İnsanlar ilk zamanlardan beri yaşamları boyunca ölçme gereksinimi duymuşlar ve bu amaç için ölçü birimlerini parmak, karış, ayak, adım, kulaç gibi vücut organlarından üretmişlerdir. Bu ölçü birimlerinin onluk sistemde olmayan katlarını veya askatlarını da yerine göre daha büyük veya daha küçük ölçülerde kullanmışlardır.

Uzunluk ölçü biriminin en eskilerinden biri ayaktır. Normal bir erkek ayağı yaklaşık 30 cm dir. Hassas ölçüler için bu vücut organının ölçü birimi olarak kullanılması uygun olmadığından çeşitli ülkelerde hangi uzunluğun uzunluk ölçü birimi olarak kullanılmasının zaman zaman yasa ile belirlemek gereği duyulmuştur. Nitekim 789 yılında Almanyada kral büyük Karl, kendi ayak uzunluğunu ölçtürek bunu kendi ülkesinde ayak birimi ilan etmiştir. Bunun gibi 1101 yılında da İngiltere kralı I.Henri, kendi parmak ucundan vücut ortasına kadar uzunluğa 1 yarda (=3 ayak) demiştir. Ayağın (ing.:foot, çoğulu feet, Alm.:Fuss, Osm.:kadem) 12 de biri 1 erkek eli başparmağı genişliğinde olduğu için 1 parmak (inç veya pus) denilmiştir<sup>1)</sup>. 1 parmak=12 çizgi (hat) ve 1 çizgi 12 noktadır. Ayak("),parmak (") ve çizgi (") olarak gösterilen İngiliz ölçü sisteminde 1 m=3' 3"4" dür.

Ayağın katlarından olan bir başka ölçü birimi de adımdır. Normal bir erkek adımı 75 cm dir. Eski Romalılar 5 ayak=1 çift adım kabul etmişlerdir. Latince "millia passuum" (=1000 adım) kelimesi daha sonra milliarium ve nihayet kısaca mil olmuştur. Bazı mil uzunlukları :1 Roma mili =1447.5 m; 1 İngiliz mili (5000 ayak)=1524 m ; 1 İngiliz-Amer. mili (1760 yarda) = 1609 m; 1 Arap mili = 2031 m şeklindedir.

Kara Avrupasında mil, daha başka yönlerden gelişmiştir. Burada 1 mil 1000 adım olmayıp bir saatte alınan yol uzunluğudur. Bu ise 4 km civarındadır. Ayrıca posta arabalarının bir saatte aldığı yol da ölçü birimi olarak alınmıştır. Bunlardan bazıları: Kuzey Almanya =7500 m; Macar (Merföld) = 8354 m; Polonya (Mila) = 8534 m dir. Günümüzde bunlardan sadece 1609 m olan İngiliz-Amerikan mili kullanılmaktadır. Bundan başka seyahat hızlarına bağlı kalmayan ve değişmeyen yer küresinden üretilen deniz mili (1855 m), uluslararası deniz taşımacılığında denizdeki uzaklıklar, karasuları sınırları, gemi hızı (knoten) gibi yerlerde kullanılmakta olan bu uzunluk ekvator veya meridyen üzerinde 1 derece dakikasına karşılık gelmektedir. Bunun dört katı ise (7420 m) bir coğrafya milidir.

Parmak, ayak ve adımdan başka vücut ölçülerinden "Elle" özellikle terziler arasında kumaş ölçüleri için rağbet buldu. Bizde eski ölçülerden arşın'a karşılık gelen bu uzunluk orta parmak ucundan dirseğe (bazı yerlerde omuza) kadardır. Kolları açılmış bir insanın iki elinin parmakları arasındaki uzunluğa da 1 kulaç (Fr.: tois; Alm.: Klafter; İng.: Fathom) denmiştir. 1.80-1.90 m uzunluğunda ve 6 ayak olarak kabul edilen bu uzunluk daha çok su, kuyu, deniz derinlikleri, ip uzunluğu için kullanılmıştır.

Arabistanda kullanılan Elle (arşın) 24 parmaktan oluşmuştur. Her parmak 6 arpa tanesinin yanyana gelmesi ile ve her arpa tanesi de 6 at kılı kalınlığı gibi alt birimlere ayrılmıştır. Büyük uzunluklar için 1200 arşın 1 Farsang (fersah) alınmıştır. Ayrıca

<sup>1)</sup> Bu ölçü çoğu ülkelerde sıhhi tesisatçılıkta boru çapları için hala kullanılmaktadır.

Beyruni'nin ölçülerinden 2 km civarında 1 Arap milini ölçü birimi olarak kullandığını biliyoruz. Halen İngiltere'de kullanılan 100 baklalı ölçü zinciri 22 yarda (= 20.117 m) boyunda olup her bakla 20 cm civarındadır.

Kısaca özetlenirse metrik sistemden önce ölçülecek her objeye göre ayrı birim kullanmak adet haline gelmişti. Kumaş için başka, sokak uzunluğu için başka, bina yüksekliği için başka, kuyu veya su derinliği için başka, yol uzunluğu için daha başka birimler kullanılıyordu. Aynı birimin çeşitli ülkelerde hatta aynı bir ülkenin çeşitli yörelerinde farklı uzunlukta olması, bunların da kendi aralarında 10 luk olmayan bir sistemde büyüyüp küçülmesi, bunlarla ilgili hesapları oldukça zorlaştırıyordu. Ama yine de toplumlar arasındaki ilişkilerin yoğun olmaması dolayısı ile bu farklılıklar fazla rahatsızlık vermiyordu. Ne zaman ülkeler ve toplumlar arasındaki ilişkiler çoğaldı, başka bir deyişle dünya küçüldü, o zaman bu ölçü birimlerinin bu farklılıkları özellikle 18. yüzyıl sonlarında rahatsız edici boyutlara ulaştı ve gerek ticari hayatta ve gerek bilimsel alanda ortak bir uzunluk birimi kullanma gereği kendiliğinden ortaya çıktı. Bu fikir daha önceleri de çeşitli Fransa kralları hükümetleri zamanında da düşünülmüştü. Nitekim HUYGENS (1629-1695), 1664 de saniye sarkacı boyunun 3 ayak olarak uzunluk birimi kabul edilmesini önermişti. Bu uzunluk daha sonraları Peru'da meridyen boyu ölçen BOUGUER (1698-1758) ve LACONDAMIN (1701-1774) tarafından da önerilmiştir. Bu nedenle Paris'te yapılan ölçü birimi saptanması toplantısında saniye sarkacının boyu ölçü birimi olarak yinelenmiştir. Bu uzunluk: ekvator da =991 mm; Londra-Berlin-Paris=994 mm; Spitzbergen ( $\varphi=78^\circ$ )= 996 mm dir.

1790 da kurulan komisyon, her ne kadar belirli sıcaklık, enlem ve deniz seviyesi ile sarkaç boyunun sabit olabileceğini, ancak bu uzunluğun ortalama Güneş gününün 86 400 de biri olan saniyenin saptanmasındaki sakıncalarından dolayı bu öneriden de vazgeçilerek önerilecek birimin hiçbir faktörden bağımsız, dünya durdukça değişmeyecek ve gerektiğinde denetlenebilecek bir uzunluk olan Paris'ten geçen çeyrek meridyen uzunluğunun (kutuptan ekvatora kadar olan kısmının) 10 milyonda birinin alınması önerisi kabul edildi. sarkaç boyu önerisi sadece İngiltere tarafından benimsenerek 1790 yılında Londra enleminde  $16\frac{2}{3}^\circ\text{C}$  sıcaklık ve deniz seviyesinde saniye sarkacı boyu saptanmış ve 1824 yılında da İngiliz parmağının sarkaç boyu ile ilişkisi sarkaç boyu = 39.1393 parmak= 994.14 mm olarak ortaya konmuştur.

Diğer taraftan Paris meridyeni uzunluğu ölçümü görevi Fransız astronomlarından MECHAIN (1744-1804) ve DELAMBRE'ye (1749-1822) verilmiş ve bu çalışma 1792-1799 yılları arasında tamamlanarak Dünkirk ile Barselona arasında yapılan nirengi çalışmalarından ve astronomik gözlemlerden 1797 de 120 üçgenden oluşan zincirden meridyen uzunluğu 551585 toisen = 1075.058 km ve enlem farkı  $9^\circ40'26''$  elde edilerek bu bilgilerden basıklık 1:334 ve çeyrek meridyen uzunluğu 5 130 740.7 tois (tuvaz) bulunarak bu değere 10 milyon metre denmiştir. Buna göre Peru'da kullanılan tois cinsinden 1 metre = 0.51307407 tois veya 1 metre = 3 ayak (Paris), 11.296 çizgi (Paris) = 443.296 çizgi olması gerekli olduğu hesaplandı ve bu uzunluk 10 aralık 1799 da metre birimi olarak saptandı. Bu uzunluk fizikçi LENOIR tarafından 25 mmx4 mm kesitli, platinden  $0^\circ\text{C}$  de boyu 1 m olan bir çubuk yapılarak Fransa devlet arşivinde arşivmetre olarak saklanmaktadır.

Bu çubuğun kesiti yüzünden eğilmeğe uygun olması ölçü denetimini ve ölçü alınmasını zorlaştırıyordu. Bunun yerine 1875 de kurulmuş olan uluslararası metre komisyonu % 90 platin ve %10 iridyum alaşımından X kesitli metre prototipini yaptı ve bu çubuk üzerine iki çizgi çizerek bunun aralığının 1 m olduğu belirlendi. Bu iki çizgi

arasındaki uzunluk 0°C de fiziksel atmosfer altında ve simetrik olarak altına yerleştirilmiş ve birbirlerinden 571 mm uzakta, en az 1 cm çaplı küreler üzerinde tam 1 m dir. Bütün uzunluk ölçülerinin kaynağı olan bu birim Paris yakınlarında Sevres'de (Sevr) uluslararası ölçü ve ağırlık bürosunda saklanmaktadır. Uluslararası metreden döküm yoluyla çeşitli kopyalar çıkarılarak kura ile üye ülkelere dağıtılmıştır.

Yeni ölçü birimi metre, doğduğu ülkede bile bir süre uygulanamamış, ayak ve tois pratik hayatta görevlerine devam etmişlerdir. Hatta Napolyon Bonapart'ın 1812 de bir karnamesi ile bu eski ölçülerin metre ile kullanılmasına resmen izin verilmiş, ancak 1 Ocak 1840 yılında metrik olmayan ölçü ve ağırlıkların kullanılması yasaklanmıştır. Bunu izleyen yıllarda 1846 da Belçika, Hollanda, Lüksemburg, 1849 da İspanya, 1868 de kuzey Almanya ve 1872 de tüm Almanya ve daha sonraları diğer ülkelerde uygulanmağa başlanmıştır. Metrik sistem Türkiye'de 1931 de kabul edilmiş ancak 1 Ocak 1933 de uygulanmağa geçilebilmiştir. 1966 da Japonya 71. ülke olarak metrik sisteme geçebilmiştir. İngiltere ve ABD'de metrik sisteme geçme aşamasındadırlar.

Metre, 1927 de 7. ölçü ve ağırlıklar konferansında kadmiyum ışığının dalga boyunun 1 553 163.5 kırmızı ; 1 966 249.7 yeşil ; 2 083 372.1 mavi tayfta katı olarak tanımlanmıştır. 1945 den sonra izotopların ayrılması sayesinde kadmiyum çizgilerinden daha ince ve daha basit optik ışınım elde edilebildi ve 14 Ekim 1960 da yapılan 11. ölçü ve ağırlıklar genel konferansında metrenin tanımı "Kripton 86 atomunun boşlukta  $2P_{10}$  ve  $5d_5$  seviyeleri arasındaki geçişte saldıği oranj dalga boyunun 1 650 763.73 katı" olarak değiştirilmiştir. 20 Ekim 1983 de Paris'te yapılan 17. ölçü ve ağırlıklar genel konferansında metre, ışığın boşlukta 1/299 792 458 saniyede aldığı yoldur şeklinde tanımlanmıştır.

Bu konu ile ilgili kaynaklar: *Efinger, Jordan/Eggert/Kneissl Bd.IV/II, Freitag 1971, Ledersteger 1956/a, Osten, Saraç 1993, Simmerding, Stichling, Strasser 1974, Şerbetçi 1989, Tüzün, Yazman, vd.*

### Metrik sistemden önce çeşitli ülkelerde kullanılan ölçü birimleri

<u>ALMANYA</u>		
	1 ayak (Prusya) = 12 parmak=144 çizgi	0.3138535 m
	1 (Ren)	0.313845
	1 (Baden)	0.300000
	1 (Hessen-Darmstadt)	0.250000
	1 (Hannover)	0.2920497
	1 (Braunschweig)	0.2853624
	1 (Saksonya)	0.28319
	1 (Kurhessen)	0.28770
	1 (Württemberg)	0.2864903
	1 (Oldenburg)	0.2958790
	1 (Bavyera)	0.291859164
	1 (Mecklenburg)	0.29100195
	1 elle (Bavyera)	0.8330
	1 (Hamburg)	0.5731
	1 (Hannover)	0.5842
	1 (Saksonya)	0.5664
	1 (Württemberg)	0.6142

1	(Prusya)	0.6669
1	kulaç=klafter=faden=tois=6 ayak	1.883123
1	(Prusya)	1.883
1	(Hamburg)	1.919
1	perş = 2 tois	3.766245
1	şerit=hatve=1/5 perş	0.753243
1	rute=12 ayak=144 parmak	2.91858
1	geestrute=16 ayak	4.58272
1	mil (kara mili) = 2 000 rute	7 532.485
1	(Ren) =10 000 ayak	7 532.49
1	(Prusya)	7 784
1	(Baden)	7 749
1	(Bavyera) =25 422 ayak =coğr. mil	7 420
1	(Württemberg) =26 000 ayak	7 489
1	(Saksonya) =32 000 ayak	9 062
1	(Hannover)=1587.5 rute=1/15 °	7 419

<b><u>AVUSTURYA-MACARİSTAN</u></b>	1 ayak (Viyana)=12 parmak	0.31611 m
	1 hatve =28 parmak	0.75860
	1 tois=6 ayak	1.89651
	1 elle	0.7776
	1 mil (posta mili)=4000 klafter (tois)	7586.06
	1 mil (deniz)	1852
	1 ayak (Bohemya)	0.296
	1 mil (Macar)	8344

<b><u>BELÇİKA-FRANSA</u></b>	1 ayak (Paris) =12 parmak=144 çizgi	0.324839 m
	1 tois = 6 paris ayağı	1.949036
	1 own (kumaş için)	1.188446
	1 hatve (adi) =2.5 ayak	0.812098
	1 hatve (geometrik) = 5 ayak	1.624195
	1 hatve (askeri) = 2 ayak	0.649678
	1 elle (Brüksel)=Brabant	0.695
	1 perş (Paris)	5.847109
	1 perş (adi)	6.496788
	1 ankablor=palamar =600 ayak= 100 t	194.9036
	1 mil=1000 tois=6000 ayak	1949.036
	1 fersah (posta) =2 mil	3898.072
	1 " (adi)	4445.400
	1 " (ortalama)	5001.000
	1 " (deniz) = 9.50 palamar	1851.584
	1 " (Belçika)=Brabant	5556
	1 " (Belçika-Flander)	6277

<b><u>DANİMARKA</u></b>	1 ayak	0.3138535 m
	1 own	0.6270
	1 mil	7532

<b><u>HOLLANDA (FELEMENK)</u></b>	1 ayak (Amsterdam)	0.2830 m
	1 own	0.690
	1 rute	4.62
	1 mil (deniz)	5556
	1 mil (Felemenk)	5857

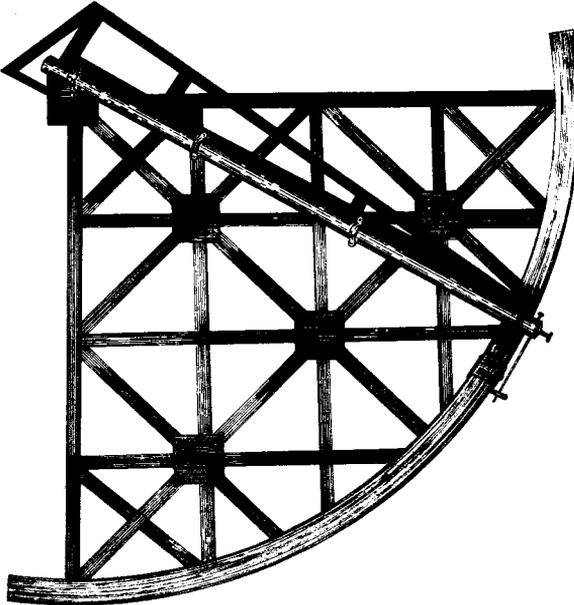
<u>İNGİLTERE-AMERİKA</u>	1 parmak (inç, pus) =12 çizgi	0.02540 m
	1 ayak (foot)=12 parmak	0.30479727
	1 yada = 3 ayak	0.91438
	1 hind = 4 parmak	0.1016
	1 kulaç (fathom) =6 ayak =1/20 komune	1.82876
	1 pol =perş=rod=5.5 yada=198 parmak	5.0292
	1 furlong = 10 zincir =40 rod = 220 yada	201.16620
	1 mil (kara) = 1760 yada = 5280 ayak	1609.31
	1 mil (İngiliz) =5000 ayak	1523.9863
	1 mil (deniz)	1853.74
	1 mil (coğrafya) = 6080 ayak	1852
<u>İSVEÇ-NORVEÇ</u>	1 ayak (İsveç) = 10 parmak = 100 çizgi	0.29690104 m
	1 ovn = 2 ayak	0.5938
	1 tois = 6 ayak	1.7814
	1 perş =16 ayak	4.750
	1 ayak (Norveç)	0.3140
	1 mil (Norveç)	11297.32
	1 mil (İsveç)	1687.32
<u>İSVİÇRE</u>	1 ayak (Bern) =10 parmak =100 çizgi	0.300 m
	1 beras 1/2 ovn	0.600
	1 ovn = 4 ayak	1.200
	1 tois =6 ayak	1.800
	1 mil	7417.25
<u>İSPANYA-MEKSİKA</u>	1 ayak = 16 parmak	0.2826 m
	1 palm (küçük) = 4 parmak	0.07046
	1 palm (büyük) = 12 parmak	0.21192
	1 perş = 11 ayak	3.1086
	1 mil (adi)	5597
	1 mil (deniz)	6365
<u>İTALYA</u>	1 ayak (Roma)	0.29460 m
	1 palm	0.22340
	1 tois	1.94903
	1 bera (Toskanya)	0.583626
	1 mil (Roma) =764 tois	1489.06
	1 mil (Toskanya) = 2833.33 bera	1653.607
	1 mil (coğrafya)	1851.85
<u>PORTEKİZ</u>	1 ayak = 1.5 palm	0.3285 m
	1 palm	0.21905
	1 koradu =3 palm = 2 ayak	0.6570
	1 vara = 5 palm	1.195
	1 fersah =1/18 derece	6173
<u>RUSYA</u>	1 ayak=12 düğüm=12 parmak=120 çizgi	0.30479 m
	1 şaşan = 7 ayak = 3 arşın = 48 verşok	2.13356
	1 arşın =1/3 şaşan = 16 verşok	0.71119
	1 verst =500 şaşan=1500 arşın=3500 ayak	1066.80
	1 mil (migolya) = 7 verst	7467.60

<b>TÜRKİYE (OSMANLI İMP.)</b>	1 arşın = 8 urup = 16 kirah	0.680 m
	1 endaze = 8 urup = 16 kirah	0.650
	1 zirai (zirai mimari) = 2 ayak = 24 parmak	0.758
	1 parmak	0.03157
	1 hat (çizgi) = 1/288 zirai	0.00263
	1 kulaç = 2.5 zirai	1.895
	1 fersah = 3 mil = 7500 zirai	5685
	1 merhale = 2 berid (menzil) = 8 fersah	45480
	1 mil (Türk) = 1000 kulaç	1895

## 6.5 JEODEZİK ALETLER

Bu yüzyılda açı ölçme aletlerindeki kuadrantlara takılmış olan dürbünler geliştirilmiştir. 1729 da akromatik objektifin C.Moor HAAL (1704-1711) tarafından bulunuşu ve 1733 de yine bir İngiliz optikçisi John DOLLAND (1706-1761) tarafından akromatik aberasyon etkisinin ortadan kaldırılışı ile daha iyi dürbünler yapılmıştır. Breithaupt firmasının kurucusu Johann Christian BREITHAUPT (1736-1799) tarafından 1770 de yapılan 1.98 m yarı çaplı kuadrant, aynı uzunlukta bir dürbüne sahipti (şekil-6.2).

1715 yılında Augsburg'ta (Almanya) Leonhard Christoph STURM, nivolarla ilişkin yazdığı bir kitapta H.RÖMER'in sarkaçlı nivosundan bahsetmiştir.

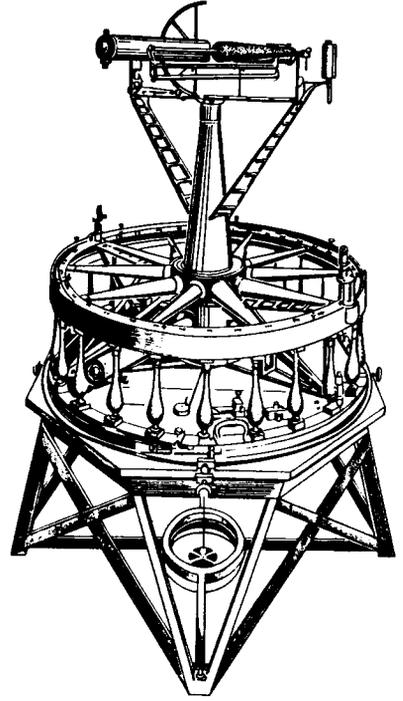


**Şekil-6.2: Breithaupt'un dürbünlü kuadrantı (1770)**

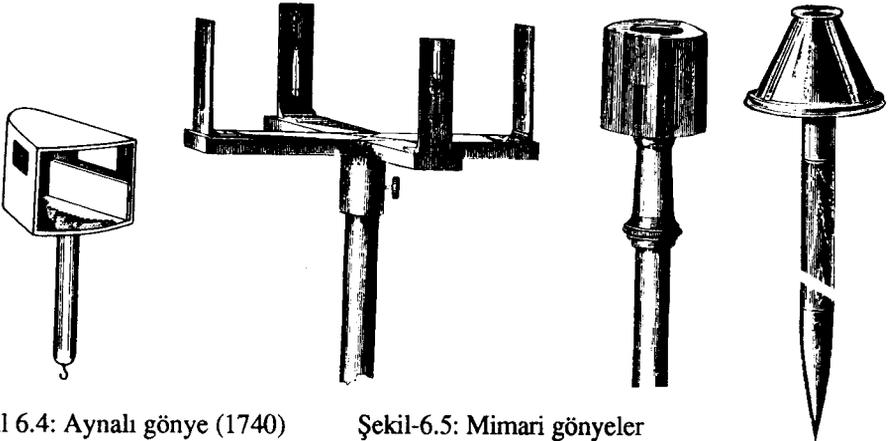
1730 da İngiliz matematikçisi SISSON, ilk modern teodoliti yaptı. Teodolit aletleri 18. yüzyıl sonlarına kadar James SHORT, ADAMS (1720-1773) ve özellikle Jesse RAMSDEN (1735-1800) tarafından geliştirilmiştir (şekil 6.3). Ramsden, 1763 de İngiltere'de ilk modern açı dairesini bölümleyen bir makina yaptı. Bu makinanın öncüsü 1760 da HIDLEY tarafından York'ta yapılmıştı. Ramsden ayrıca bölüm dairesi okumaları için ve 1783 de yaptığı kendi ismi ile anılan oküler için vidalı mikrometrelili mikroskopu bulmuştur.

Alman astronomu Tobias MAYER (1723-1762), 1748 de astronomik amaçlı mikrometrelerde kıl ağı olarak metal tel yerine cam üzerinde çizgi kullandı. Kıl ağı için cam üzerine çizgiden önce ipek veya örümcek ağı kullanılıyor ve bu amaç için özel örümcekler besleniyordu. Tobias Mayer'in oğlu Johann MAYER (1752-1830), 1777 yılında küresel düzeci ve repetisyon açı ölçümü yöntemini buldu. 1749 da İsviçreli ünlü matematikçi Leonhard EULER (1707-1783), dürbün merceklerinde bazı düzeltmeler yaptı.

1740 yılında Londra'lı bir mekanikçi olan ADAMS (1720-1773) tarafından bir aynalı gönye yapıldı (şekil-6.4). Dik açıların aplikasyonu için şekil-6.5 de görülen mimari gönyeler kullanılmaya başlandı. Bu aletler ilke olarak birbirlerine dik olarak yapılan yarıklar ve pencerelerden oluşmaktadır. Daha hassas aplikasyon yapabilmek için bu yarıklar veya pencerelere ince bir tel gerilmiştir.

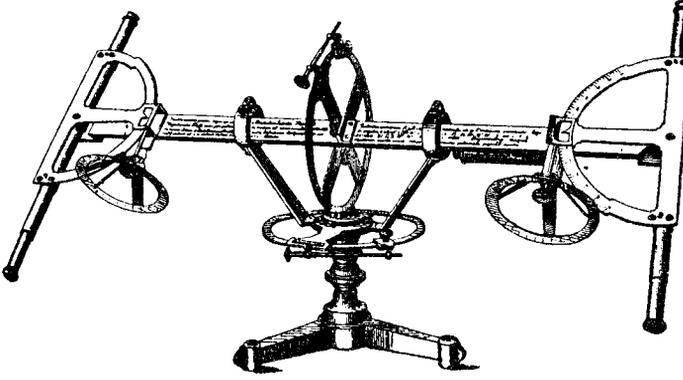


Şekil-6.3: Ramsden'in teodoliti (1787)



Şekil 6.4: Aynalı gönye (1740)

Şekil-6.5: Mimari gönyeler



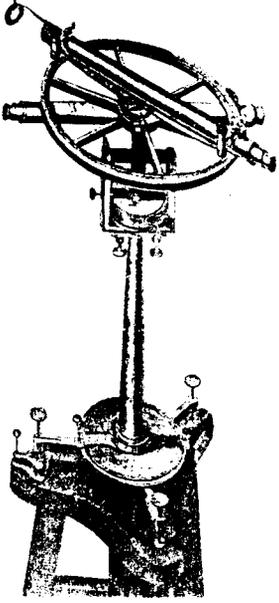
Şekil 6.6: Breithaupt'un uzunluk ölçeri (1770)

İki dürbünlü uzunluk ölçü aleti olarak 1767 de Mannheim'de Graf PACCECO tarafından pantometre aleti yapıldı. Daha sonra 1770 de BREITHAUPT (1736-1799) dürbün aralığı yaklaşık 1 m olan iki dürbünlü bir uzunluk ölçme aleti yaptı (şekil 6.6). Breithaupt firması 18. yüzyıl sonlarına doğru 1798 de yeraltı ölçmeciliğine (Markscheide) ait aletler de yapmağa başladı.

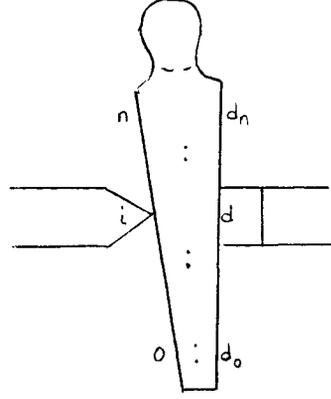
Buharlı makina mucidi James WATT (1736-1819), daha önce hassas mekanikçi olarak çalışırken 1771 de dürbünde iki yatay bir düşey kıl yardımı ile uzunluk ölçen bir alet yaptı. 1778 de optikçi W.GREEN, benzer şekilde sabit kıl aralığı ve değişken mira ile uzunluk ölçme aleti yapmıştır. Fransız astronomlarından Jean BORDA (1733-1799), 1785 de kendi adı ile anılan açı ölçü aletini (şekil-6.7), 1792 de iki ayrı metalden yapılmış çubuktan oluşan baz ölçme aparatı yaptı.

1760 da Giovanni Battista BECCERIA (1716-1781), Turin'de baz ölçümünde ölçü lataları için ölçü kamaları kullandı (şekil-6.8). Ölçü kamaları ufak bir aralığı daha hassas ölçmek amacı ile Tales kuralından yararlanılmış bir alettir ve  $d=do+i.(dn-do)/n=do+c.i$  olarak hesaplanmaktadır.

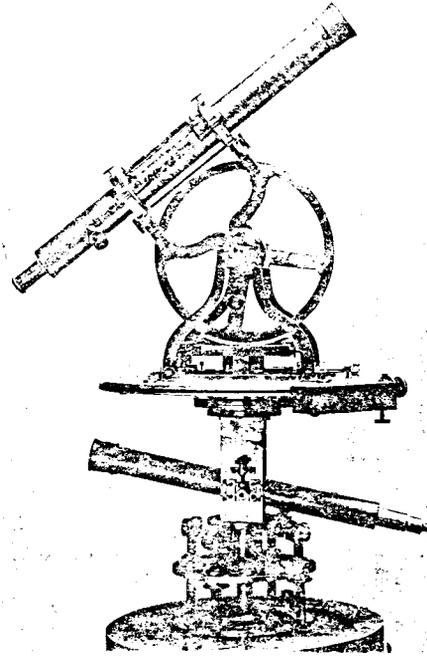
Darmstadt (Almanya) da mekanikçi Alexander FRAESER'in büyük bir teodoliti şekil-6.9 da görülmektedir. Prinçten yapılmış her iki dairesi (yatay ve düşey) 400 gon'a bölümlenmiş olup, yatay daire altında 50 cm lik ikinci bir dürbünü mevcuttur. Nonius (verniyer) düzenli ve ceviz ağacından yapılmış ağır bir sehpa ile birlikte toplam yükseklik 180 cm yi bulmaktadır.



Şekil-6.7: Borda teodoliti (1785)



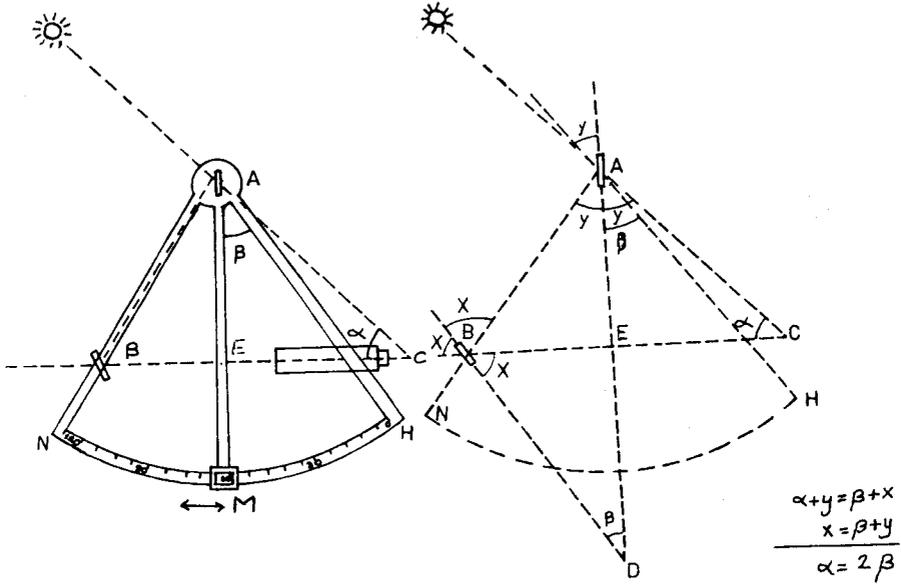
Şekil-6.8: Ölçü kaması (1760)



Şekil-6.9: Fraeser'in iki dürbünlü Teodoliti (1798)

## Sekstant

İlkesi kuadrant (çeyrek daire) den kaynaklanan bu alet dairenin altıda biri olmasından ismini almıştır ve günümüzde özellikle denizcilikte halen kullanılmaktadır (şekil-6.10). A, hareketli aynadır ve AM kolu yay üzerinde hareket ettikçe bu kola sabit olan A aynası da birlikte döner. B aynası sabit ve ortasında bir delik vardır. Bu ayna AH koluna paralel olarak monte edilmiştir. C noktasındaki ölçücü Güneş veya ölçülecek objeden gelen ışının A ve B aynalarından kırılarak dürbün içerisindeki görüntüsünü görecek şekilde AM hareketli kolunu hareket ettirir. Bu şekilde BD ve AH paralel olduğundan ölçülecek  $\alpha$  açısı  $\alpha = 2\beta$  olur. 60 derecelik HN yayı 120 ye bölündüğünde 2 ile çarpmağa da gerek kalmadan M noktasında okunan açı objenin yatayla yaptığı  $\alpha$  açısıdır.



Şekil-6.10: Sekstant

## 6.6 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI

İngiliz astronomu ve kendi adı ile anılan kuyruklu yıldız kaşifi Edmund HALLEY (1656-1742), 1701-02 yıllarında ilk İsoğon (eş yer manyetik deklinasyon eğrisi) harita yaptı. Nürnberg'li kartograf Johann Baptist HOMANN (1664-1724), kraliyet coğrafyacısı olarak bakır oyma usulü ile harita yaptı. Fransız haritacısı ve kartografi Philippe de LA HIRE (1640-1718), 1682 de Fransa haritasının yapımına katkısı oldu. 1701 de dış perspektif projeksiyon önerdi.

İngiliz astronom ve kartografı John FLAMSTEED (1646-1719), projeksiyonlarla ilgili çalışmalar yaptı. Kendi adı ile anılan projeksiyonda yüzeylerin deformasyonunu azaltmak için haritanın ortasındaki meridyeni ve paraleli doğru çizgi halinde gösterdi. Diğer meridyen ve paralelleri eğrilerle gösterdi. 1717 de "The construction of maps and globes" (harita ve globusların yapılışı) isimli yapıtı Londra'da yayınlandı.

Paris'li kartograf Guillaume DE L'ISLE (1675-1726), Cassini (I)'in öğrencisi olup Asya, Avrupa ve Afrika'nın çeşitli yörelerine ait 1700-1725 yılları arasında 100 adet harita yapmıştır. Kardeşi Josef Nicolaus DE L'ISLE (1688-1768), St Petersburg bilimler akademisinde 1745 de yayınladığı Rusya'nın ilk atlasında meridyen ve paralel daire uzunluğunu koruyan bir projeksiyon uyguladı. Bu projeksiyona uzunluk koruyan L'isle projeksiyonu denir.

Rus coğrafyacısı ve kartografı Ivan K. KRILOV (1689-1737). 1728 de topografik alımları yöneterek 1731 de Rusya'yı tanıtıcı bir kitap yazdı. Üç ciltlik Rusya atlası yayınlamak istedi ancak tamamlayamadı. 2. Kamçatka ekspedisyonusunu organize etti ve Obi ırmağını araştırdı.

Jacques CASSINI (II) (1677-1756); "Yerin büyüklüğü ve şekli" isimli bir kitap yazdı. Kendi adı ile anılan dik koordinatlar sistemini ortaya attı. Oğlu CASSINI DE THURY (III) (1714-1784) tarafından 1750 de Fransanın 1:86 400 ölçekli haritasına başlandı ve torunu Dominique CASSINI (IV) ile 1815 de bitirildi. Bu ölçekte 1 Paris çizgisi (2.25583 mm) =100 Paris tois'e (194.9037 m) karşılık gelmektedir.

1729 da Hollandalı Nic Samuel CRUQUIUS, isobath (eş derinlik eğrisi) harita yaptı. Yükseklik veya derinliklerin eğrilerle gösterilmesi daha eskilere dayanmaktadır. İlk isobath harita 1584 de Pieter BRUINNS tarafından Harlem'de (Hollanda) Spaarne ırmağında 7 ayak derinlik eğrisi çizilerek uygulanmıştır. Daha sonra 1697 de kartograf Pierre ANCELIN (1695-1711) Rotterdam'da Maas ve Environs ırmaklarının 1:2500 ölçekte çizdiği haritasında kullanmıştır. 1725 de Lyon körfezinin isobath'lı haritası yapıldı. 1749 da Fransız kartografı Millet de MUREAU, yeryüzü engebelerinin eşyükseklik eğrisi ile gösterilmesini önerdi (*Wilhelmy*). 1752 de Philippe BUACHE (1700-1773) Manş denizi haritalarında eş yükseklik eğrisini kullandı, bu haritaları 1737 de Fransa ilimler akademisine sunarak 1752 de yayınlanmasını sağladı. 1791 de Fransız kartograf DUPAIN-TRIEL, "Carte de la France" de eş yükseklik eğrisini kullandı.

İsviçreli ünlü matematikçi Leonhard EULER (1707-1783), St Petersburg'taki çalışmaları sırasında denetimi altında 1745 de Rus atlasını yaptı. Daha sonra Berlin akademisi tarafından yine kendi denetimi altında 1753, 1756 ve 1760 yıllarında "Atlas geographicus"u çıkardı. 1777 yılında harita projeksiyonu ile ilgili çalışmaları vardır ve bu konuda bir de kitap yayınlamıştır.

Fransa'da kraliyet kartografı olarak çalışan Jean Baptiste Bourguignon D'ANVILLE (1697-1782), 1735 de yaptığı çalışmalarla kartografyaya büyük katkılar sağladı. 1760 da Anadolu'nun ilk ciddi haritasını yaptı.

1744 de J.W.ZOLLMANN, "Vollstaendige Anleitung der Geodaesie oder praktischen Geometrie" isimli kitabını Magdeburg'ta yayınladı.

Fransız astronomu Cesar Francois CASSINI DE THURY (III) (1714-1784) ve oğlu Dominique Conte de CASSINI (IV) (1748-1845) ile kendi adı ile anılan 1:800 000 ölçekli transversal konumlu silindirik projeksiyonda Fransız haritasını yaptılar. Bu projeksiyon

Almanya, Avusturya, Macaristan, İtalya, Çekoslovakya gibi ülkelerde kadastro haritaları için uygulanmıştır.

Alman astronomu Johann Tobias MAYER (1723-1762), 1751 de refraksiyonla ilgili bir çalışması yayınlandı. Göttingen gözlemevi müdürü olarak çalıştığı sıralarda 430 harita yaptı. Bunlardan en ünlüsü "Germania mappa critica" dır. Aynı isimde oğlu Tobias MAYER (1752-1830), 1780 de repetisyon açı ölçüsünü ortaya attı. 1799-1816 da 4. baskısı yapılan "Pratik geometrinin esaslı ve detaylı dersleri" kitabını yazdı.

İtalyan G.A.Rizzi ZANNONI (1734-1814) Bütün Avrupa'yı gezerek çok mükemmel haritalar yapmıştır. Rus haritacısı Vasilij KRASILNIKOV, 1740-80 yıllarında çalıştı. 1752 de Örenburg topografyasına ilişkin el ile çizilmiş bir atlas yayınladı.

Fransız deniz kuvvetleri harita dairesinden albay Rigobert BONNE (1727-1795), hesapladığı elipsoid boyutlarından SOLDNER (1776-1833), Bavyera için projeksiyon küresi yarıçapını hesapladı. Bonne, 1752 de kendi adı ile anılan suni konik bir projeksiyon önerdi. Daha önce 1566 da Fransız coğrafyacısı Guillaume le TESTU tarafından bulunduğu söylenen bu projeksiyonda orta meridyenin dışında paralel daireleri de deformasyona uğramamaktadır. Bonne projeksiyonunda 1818 de başlatılan ve 1878 de biten Fransa'nın 1:80 000 ölçekli 269 paftadan oluşan haritası ve İsviçre'nin 1:100 000 ölçekli haritaları yapıldı.

İsviçreli matematikçi Johann Heinrich LAMBERT (1728-1777), 1759 da Zürich'te yayınladığı serbest perspektif isimli eserinde merkezi izdüşümünün geometrik esaslarını gösterdi. Matematiksel tanımı tam olarak yapılabilen projeksiyonlar ortaya koydu. 1772 de elipsoidin küre üzerine konform projeksiyonun genel şeklini gösterdi. Eksenini dünya eksenini ile çakışan (normal konumlu), ekvatora teğet, alan koruyan silindirik projeksiyon ile ilgili çalışmalar yaptı. Herhangi bir enlem boyunca teğet konik projeksiyonla ilgili çalışmaları da vardır.

İngiliz denizcisi James COOK (1728-1779), 1759 da Quebec'in ele geçirilmesiyle St Laurence halicinin haritasını yaptı. 1762-67 yılları arasında New Foundland kıyılarının haritasını yapmakla görevlendirildi. 1768 de Venüs gezegeninin Güneş üzerinden geçişini Tahiti'den gözlemesi istendi. Horn burnunu geçerek 1769 da Tahiti'ye vardı. Dönüşte takımadaları keşfetti. 1769 da Tubuai adalarını ve sonra Yeni Zelanda'yı buldu. 1770 de Yeni Zelanda kıyılarının haritasını yaptı. Pasifik'in tanıtılması için buralara birkaç sefer daha yaptı. 1779 da Hawaii'de yerliler tarafından öldürülmüştür.

1768 de Göttingen li Prof. PENTHER, Augsburg'ta yayınladığı "Praxis der Geometrie" kitabında ölçme aletlerini anlattı. Fransız asıllı matematikçi LAGRANGE (1736-1813), 1780 yılında açılarda 10 luk (desimal) sistemi önerdi. 1779 da coğrafik haritaların yapımı ile ilgilendi. 1789 devriminden sonra yeni kurulan ağırlıklar ve ölçüler komisyonu başkanı, 1795 de boylam bürosu üyesi oldu. Alman matematikçisi Abraham Gotthelf KAESTNER (1719-1800), 1790 da yayınladığı bir kitabında geriden kestirme hesabında kendi adı ile anılan trigonometrik bir çözüm şekli önerdi. 1793 yılında D.C.de CASSINI (IV) (1748-1845), büyük Fransa haritasını tamamladı.

İlk taramalı haritanın 1718 de yapıldığı bilinmektedir (*Wilhelmy,IV*). 1793 yılında Fransa'da taramalı haritalar yapılmış, 1799 da Alman kartograf Johann LEHMANN (1765-1811), Leipzig'te düşey ışıklı taramalar ve eğim taramaları teorisini ortaya yayınladı. Bu yöntemde eğim açlarına göre taramalarda siyah-beyaz oranı değişiyordu. Lehmann'ın bu yöntemi Avusturya-Macaristan, Prusya ve Rusya imparatorluğu orduları tarafından benimsendi.

1798 yılında Alois SENEFELDER (1771-1834), haritaların basımında taş baskı (litografi) yı icat etti. Bu yöntemin esası, desen yağlı mürekkeple veya mum boya ile doğrudan taş üzerine çiziliyor ve bu taş süngerle ıslatılıyordu. Su ve yağ birbirini ittiğinden yağlı mürekkep ile çizilen yerler suyla ıslanmıyordu. Bunun ardından taşın üzerinden baskı mürekkepli bir silindir geçiriliyor ve desen kağıda aktarılmış oluyordu<sup>1)</sup>.

---

1) Bavyera eyalet harita dairesinde (Münih), 30 000 adet taş baskıdan oluşan bir müze bulunmaktadır.

## 7. 1800-1900 DÖNEMİ (19.YÜZYIL)

### 7.1 MATEMATİK

Fransız matematikçisi J.Baptista FOURIER (1768-1830), kompleks (karmaşık) fonksiyonları trigonometrik seriler ile yazdı. Her periyodik hareketin, terimleri trigonometrik fonksiyonlar olan seriler ile ifade edilebileceğini gösterdi ve bunu 1807 de yayınladı. Fourier denklemleri, dalga şeklindeki (ışık, ses vb) olayların incelenmesinde (harmonik analiz) önemli bir yeri vardır. 1812 yılında LAPLACE'nin "Theorie analytique des probabilites" (olasılıklar üzerine analitik kuram) adlı kitabı yayınlandı.

Alman matematikçisi , jeodezici, astronom ve fizikçisi Carl Friedrich GAUSS (1777-1855), daha ilk okuldayken sayıların toplamını pratik bir şekilde ve çabucak hesaplamıştı. 1796 da uğraştığı sayılar teorisinin bir yan ürünü olan düzgün onyedigen çizimini yaptı.  $\cos A$  için ( $A=360^\circ/17$ )

$$\cos A = -\frac{1}{16} + \frac{\sqrt{17}}{16} + \frac{1}{16} \sqrt{34-2\sqrt{17}} + \frac{1}{8} \sqrt{17+3\sqrt{17}-\sqrt{34-2\sqrt{17}}-2\sqrt{34+2\sqrt{17}}}$$

formülünü çıkardı. Düzgün çokgenlerden  $2^{2^n} + 1$  şeklindekilerinin ( $n=0$  için 3 gen,  $n=1$  için 5 gen,  $n=2$  için 17 gen vb) çizilebileceğini gösterdi. Mezar taşına da çizilmiş olan düzgün 17 genin pergel ve cetvel yardımı ile çizimi böylelikle mümkün olmaktadır. 1809 da yayınladığı "Theorie mopus" ile en küçük kareler yönteminin ilkelerini ortaya koydu. 1810 da lineer denklem çözümünde kendi adı ile anılan "Gauss algoritması" nı buldu. 1827 de eğri yüzeyler teorisi ve 1844-47 arasında yüksek jeodezi konularını araştırdı. Matematik alanında kendi adı ile anılan bir çok buluşları vardır. Bunlardan Gauss sayı düzlemi, Gauss-Krüger projeksiyonu, Gauss-Krüger koordinatları, Gauss-Bonnet kuralı, Gauss'un diferansiyel denklemi, Gauss interpolasyon formülü, Gauss eğriliği, Gauss integral kuralı, Gauss'un hata yayılma kuralı, Gauss hata integrali, Gauss hata dağılım kuralı, Gauss çan eğrisi, Gauss dağılım fonksiyonu, Gauss'un tekrarlama yoğunluğu, Gauss ortalama yarıçaplı küresi, Gauss'un koordinatlarla alan formülü vb konulardır.

Fransız matematikçisi Denis POISSON (1781-1840), 1837 de Fransa'nın tüm okullarının matematik programlarını düzenlemekle görevlendirildi. Olasılık hesabının gelişmesinde katkısı oldu. Fransız generali ve matematikçisi Jean Victor PONCELET (1788-1867), izdüşüm geometrisinin temellerini attı. Yine bir Fransız matematikçisi Augustin Louis CAUCHY (Koşi) (1789-1857), kuvvet serileri, diferansiyel denklemler, karmaşık fonksiyonlar teorisi konularını geliştirmiştir.

Rus matematikçisi Nikolai İvanoviç LOBAÇEVSKİ (1793-1856), 1830 da "Non-Öklid geometrisi"ni kurdu. Daha sonra bu konu H.L.F.von HELMHOLTZ (1821-1894) ve David HILBERT (1862-1943) tarafından geliştirildi. 1844 de bağımsız olarak Hermann GRASMANN (1809-1877) ve William Rowan HAMILTON (1805-1865) vektör hesabını buldular. İngiliz matematikçisi George BOOLE (1815-1864), bilgisayar gelişmesinde çok önemli bir yeri olan "Şalter cebiri" veya kendi adı ile anılan "Boole-cebiri"ni buldu.

Arthur CAYLEY (1821-1895), vektör hesabında doğrultu kosinüsleri arasındaki ilişkiyi buldu, matris hesabını icat etti. Düzenli matrislerin tersi (inversi) kendi adı ile anılmaktadır. Projektif geometride katkıları oldu.

Karl WEIERSTRASS (1815-1897), kendi adı ile anılan fonksiyonla, Pafnuti-Lvoviç ÇEBİÇOV (1821-1894), Charles HERMITE (1822-1901), Felix KLEIN (1849-1925) ve Henri POINCARÉ (1854-1912) diferansiyel denklem ve üç cisim problemi ile, Alman matematikçisi Bernhard RIEMANN (1826-1866), kendi adı ile anılan klasik geometri ve yüzeyler teorisi ve sayılar teorisi konularında, yine bir Alman matematikçisi olan Leopold KRONECKER (1823-1891) gruplar teorisi ve E.PICARD (1856-1941), kendi adı ile anılan kuramlarla büyük katkılarda bulundular.

### En Küçük Kareler Yöntemi

Gereğinden fazla yapılmış ölçüler ile hesaplama işlemleri astronomi dalında bazı gök cisimleri gözlemlerinde ve elipsoid üzerinde yapılan fazla sayıdaki uzunluk ölçülerinden (Gradmessung) elipsoid boyutlarının hesabında ortaya çıkmış ve bu problemle EULER, Tobias MAYER, LAMBERT, BOSCOVICH, LAGRANGE ve LAPLACE gibi bilim adamları uğraşarak çeşitli teoriler ortaya atmışlardır.

En küçük kareler metodu 1794 de Alman matematikçisi Carl Friedrich GAUSS (1777-1855) tarafından teorisi konularak bazı uygulamalardan ve geliştirmelerden sonra 1809 da yayınlanmıştır. Aynı yıllarda bağımsız olarak Fransız bilim adamı Adrian-Marie LEGENDRE (1752-1833) da en küçük kareler yöntemini bularak 1806 da yayınlamıştır. Her ne kadar Legendre, Gauss'tan önce yayınlamışsa da metodun bulunuşu Gauss'a aittir.

Gauss en küçük kareler yöntemini Ceres gezegeninin yörüngesinin hesabında kullanmış ve yöntemin başarısını kanıtlamıştır. 1 Ocak 1801 de İtalyan astronomu Giuseppe PIAZZI (1746-1826), Mars ve Jüpiter'in arasında Ceres gezegenini (Planetoid) keşfederek 41 gün süreyle bu gezegenin yörüngesinin ancak 9 derecelik bir bölümünü gözleyebilmiş ve bu gözlemlerden Gauss, en küçük kareler yöntemini uygulayarak yörünge elemanlarını hesaplamış ve bir yıl sonra gezegen tanımlanan yerde dürbünün içinde görülmüştür.

En küçük kareler yöntemi önce astronomik gözlemlerin dengelenmesi için kullanılmış, daha sonraları jeodezi alanında da uygulanmağa başlanmıştır. C.F.Gauss ve F.W.BESSEL (1784-1846) en küçük kareler yöntemini jeodezik problemlere uygulayan ilk bilim adamlarıdır. 1843 yılında Gauss'un öğrencisi olan Christian Ludwig GERLING (1788-1864), yayınladığı "Uygulamalı geometride dengeleme hesabı ya da en küçük kareler yöntemi" isimli kitabında en küçük kareler yönteminin nirengi hesaplarındaki uygulamaları ayrıntıları ile gösterilmiştir.

1850 yılında Baden harita dairesi başmühendisi RHEINER, en küçük kareler yöntemini 10 yıl boyunca yapılan sayısız I. derece nirengi ağı gözlemlerine uygulamıştır. Yöntemin II. ve daha düşük dereceli nirengi ağlarına uygulanması 1876 yılında Gauss'un adaşı Prusya kadastro dairesi organizatörü Friedrich Gustav GAUSS'un (1829-1915) yayınladığı iki cilt "Die trigonometrische und polygonometrische Rechnungen in der Feldmesskunst" (Haritacılıkta trigonometrik ve poligonometrik hesaplamalar) adındaki kitabı yayınlandıktan sonra gerçekleşmiş, o günden beri jeodezinin her dalında vazgeçilmez bir yöntem olarak uygulanmaktadır (*Öztürk*).

## 7.2 ASTRONOMİ-JEODEZİ

Paris meridyeni 19. yüzyıl başlarında (1806-08) Astronom D.F.ARAGO (1786-1853) ve J.B.BIOT (1777-1862) tarafından Bolero adaları güneyinde İspanya adası Formentora'nın batısına kadar uzatılarak 12°22' lik bir genlikten (yaklaşık 1374 km) meridyen uzunluğu elde edildi. Bu uzunluk  $705\ 189\ \text{tois} = 1374.439\ \text{km}$  olarak hesaplandı ve buradan 45 derece enlemde 1 derecelik meridyen uzunluğu olarak  $57\ 027\ \text{tois} = 111.148\ \text{km}$  saptandı. Arago'nun halk astronomisi adında bir de kitabı vardır.

Fransız bilim adamı L. PUISSANT "Traite de Geodesie" kitabını 1805 de Paris'te yayınladı. Bavyeralı Alman jeodezicisi Johann Georg von SOLDNER (1776-1833), elipsoid üzerinde kendi adı ile anılan projeksiyon koordinatlarını, 1810 da küre üzerinde üçgen çözümü için "Additament" (ekleme) metodunu önerdi.

Alman astronomu Friedrich Wilhelm BESSEL (1784-1846), modern astronominin kurucusudur. Bir cep saati ve kendi yaptığı bir sekstant ile tutulma gözlemlerinden yararlanarak Bremen'in boylamını bir kaç derece saniyesi inceliğinde hesapladı. Halley kometinin yörüngesini yeniden hesapladı. Königsberg gözlemevini kurarak yaklaşık 32 000 yıldızda 75 000 gözlem yaptı. Makalelerinden yaklaşık 25 i astronomide alet hatalarının gözlemlere etkisi üzerinedir. Yüksek gözleme tekniği ile 1838 de 10 ışık yılı uzakta kuğu yıldız kümesinde 61. Cygni yıldızının yıllık paralaksını 0"31 olarak ölçtü. Doğu Prusya ölçülerine en uygun elipsoid boyutlarını hesapladı. Prusya'da general BAEYER ile birlikte meridyen boyu ölçümü ile uğraştı. Çalışmaları 1875/76 da üç cilt olarak yayınlandı.

1817 de Alman optik imalatçısı Joseph von FRAUNHOFER (1787-1826), yaptığı 24 cm lik mercekle 2000'in üzerinde çift yıldız görmek mümkün oldu. Güneş ışığının prizmada kırılmasından oluşan tayftaki 500 den fazla çizgileri ölçerek çözümlmişti. Bunlardan en önemli yedisine "Fraunhofer çizgileri" denmiştir.

Alman asıllı Rus astronomu Friedrich Wilhelm von STRUVE (1793-1864), 1817 de Karadenizden Buz denizine kadar olan meridyen ölçülerine başladı. 1827 de 3134 çift yıldız için bir katalog yayınladı. 1839 dan sonra Pulkova gözlemevi kurucusu ve müdürü oldu. Rusya'da birçok nirengi çalışmalarına katıldı. Rus-İskandinav nirengilerini birbirine bağladı. 1857 de Avrupa'da 52.derece enleminde yay boyu ölçümü onun sayesinde gerçekleşti. 1852 de TANNER'in Tuna nehrinin denize döküldüğü yere kadar uzattığı nirengi ile 1816-1852 yılları arasındaki ölçülerden, Norveç'in kuzeyinde Hammerfest'ten Tuna ağzına kadar oluşan nirengiden basıklığı  $1/298.6$  buldu. Aynı aileden Otto STRUVE (1819-1904) da değerli bir astronomdu. Bir çok çift yıldız ve Uranus'un bir uydusunu buldu. Yine aynı aileden torunu Otto STRUVE (1897-1963), Chicago ve Berkeley Üniversitelerinde astronomi dersleri verdi, çeşitli gözlemlerine müdürlük yaptı. 1952-55 de Uluslararası astronomi birliği başkanlığı yaptı.

1818 de yarbay LAMBTON, Hindistan'da 10 derecelik uzun bir meridyen yayı ölçü sonuçlarını yayınlayarak basıklığı  $1/310$  olarak hesapladı.

Bessel'in öğrencisi Alman jeodezicisi General Johann Jacob BAEYER (1794-1885), Uluslararası Jeodezi Jeofizik Birliği'nin (IUGG) çekirdeğini teşkil eden birliğin 1864 yılında ilk kurucusudur. 1829 da Bessel ile birlikte Doğu Prusya bağlantı nirengisinde çalıştı. 1857 de Struve ile 52. enlemde çalıştı. 1861 de yerin büyüklüğü ve şekli hakkında bir kitap yazdı.

Danimarkalı astronom Peter Andreas HANSEN (1795-1874), 1825 de müdürü olduğu Gotha yakınlarında Seeberg gözlemevinde gök mekaniği ile ilgilendi. 1828-57 arasında Ay hareketlerini inceleyerek yörüngedeki sapınçların yerin basıklığı ve homojen olmayan kitle dağılımından kaynaklandığını söyledi. 1841 de Gotha düklüğünün nirengi ve haritasını yaparken "Hansen Problemi" olarak kendi adı ile anılan çift nokta kestirmesinin çözümünü buldu.

İngiliz astronomu Sir George Bidell AIRY (1801-1892), 1830 da meridyen yayı ölçülerinden elipsoid boyutlarını hesapladı. 1835-81 arasında Greenwich gözlemevi müdürlüğü sırasında burayı düzene sokarak yeni aletler temin etti. Yerin kitlesini hesapladı. 1855 de 400 m lik bir kuyunun üstündeki ve dibindeki sarkaç sonuçlarından ortalama yer yoğunluğunu  $6.56 \text{ kg/dm}^3$  olarak hesapladı. PUISSANT 1834 de basıklığı 1:158 hesapladı.

Hindistan'daki meridyen uzunluğu ölçülerinden Himalaya dağları yakınında ölçülen çekül sapsmasının büyük dağ kitlesinden beklenenden çok ufak olduğu saptandı. AIRY ve aynı zamanda John Henry PRATT (1809-1871), bunun sebebinin muntazam olmayan bir yoğunluk dağılımından olması gerektiğini iddia ettiler. Airy'nin hipotezine göre kıtalar ve dağlar ne kadar yükseğe o kadar da kökleri derindir (Eisberg hipotezi). Pratt ise dağ kitleleri altında daha az yoğunlukta dengede olabileceğini tahmin etti (denge hipotezi). Her ne kadar Airy hipotezi jeofizikçilere daha uygun düşmesine rağmen jeodezide izostatik yerçekimi redüksiyonları kolay olduğundan daha çok Pratt'a göre yapılmaktadır. Sonuçlar birbirlerine eşit denecek kadar yakındır. İzostazi kavramı ise ancak birkaç onyıl sonra Amerikalı jeolog DUTTON tarafından konmuştur.

Uranus gezegeninin yörüngesini etkileyen ve olması gereken yerden 1.5' lık uzakta bulunan bir gezegen olması gerektiğini söyleyerek bu gezegenin yerini hesaplayan Fransız astronomu Urbain-Jean-Joseph LEVERRIER (1811-1877), Berlin'de astronom Johann Gottfried GALLE' ye (1812-1910) bilgi vererek 1846 da bu etkiyi yapan Neptun gezegeni bulundu. Aynı hesaplamaları bağımsız olarak bir kaç yıl önce yapan Cambridge Üniversitesinden İngiliz astronomu J.C.ADAMS'ın (1819-1892) söyledikleri dikkate alınmadı.

1850 de TH Graz'dan Prof. Friedrich HARTNER "Niedere Geodaesie" kitabını yayınladı. Chr. H. F. PETERS (1806-1880), 1858 de New York'ta astronom olarak çalıştı. 1861-80 arasında 42 planetoid keşfetti.

Göttingen'li fizik profesörü Johann Benedikt LISTING (1808- ?), 1873 deki "Dünyanın şekli ve büyüklüğü hakkındaki bilgilerimiz" adındaki yayınında "Jeoid" sözcüğünün ilk kullanan kişidir. Dünyanın elipsoidden olan farklılıklarına da "jeoid ondulasyonu" demiştir. 1873 ve 1877 yıllarında elipsoid boyutlarını hesapladı.

İrlandalı matematik ve fizikçisi Sir George Gabriel STOKES (1819-1903), 1849 da yazdığı "On the variation of gravity and the surface of the earth" (Gravitenin değişimi ve yerin yüzeyi ) adlı yapıtında belirli bir yüzey integralinin bir eğri integraline dönüştürmeyi sağlayan formülü buldu. Bu sayede kendi adı ile anılan bu formüle göre yerçekim anomalilerinin analizinden yararlanarak jeoid ondulasyonlarını (jeoid-elipsoid farkı) hesapladı.

İngiliz jeodezicisi albay Alven CLARKE (1832-1907), 1856, 1858, 1866 ve 1880 yıllarında elipsoid boyutları hesapladı. Bu elipsoidlerden bazıları uzun süre kullanıldı. Örneğin 1866 elipsoidi ABD'de "Coast and Geodetic survey" tarafından ve 1880 elipsoidi

Fransa'da "Service Geographique" tarafından uygulandı. 1880 de Geodesy adında bir kitap yayınladı.

Alman astronomu Heinrich BRUNS (1838-1919), 1878 de yazdığı yerin şekli isimli kitabında potansiyel teorisini yerin şeklinin belirlmesine uyguladı. Elde ettiği sonucu kendi ismi ile anılan formülle açıkladı. Ayrıca üç boyutlu jeodezinin temellerini attı.

### Yer Elipsoidi Boyutlarının Saptanması

Bu yüz yılda meridyen uzunluğundan hesaplanan çok sayıda çeşitli elipsoidlerden pratikte kullanılanlardan bazıları aşağıda liste halinde verilmiştir (Aygün, 1937, Strasser 1957, Förster, Jordan, Ledersteger 1956/b, Reinhertz):

- 1810 : DELAMBRE  $a = 6376\ 985\ m$   $\alpha = 1:308.64$   
Bu elipsoid 1881 yılına kadar Fransa triyngülasyonunda, Belçika Roma, Toscana ve Baden'de uygulama bulmuş ve daha sonra Fransa'nın 1:80 000 ölçekli harita yapımında kullanılmıştır.
- 1819 : WALBECK  $a = 6376\ 896\ m$   $\alpha = 1:302.78$   
Peru, Hindistan, Fransa İngiltere ve Laponya'daki meridyen yayı ölçülerini dengeleyerek hesapladığı bu elipsoid 1910 yılına kadar Rusya'da ve 1931 yılına kadar Bulgaristan'da kullanılmıştır.
- 1821 : v.MÜFFLING  $a = 6376\ 938\ m$   $\alpha = 1:310$   
Bu elipsoid 1866 yılına kadar Prusya triyngülasyon ve plançete alımında uygulama bulmuştur.
- 1830 : AIRY  $a = 6377\ 563\ m$   $\alpha = 1:299.325$   
Bu elipsoidin hesaplanmasında Peru, Güney Afrika, Pensilvanya, Fransa, Doğu Hint, İngiltere, Rusya (Baltık) ve Hannover'deki ölçülerden hesaplanmıştır ve Birleşik İngiltere krallığı, İskoçya ve İrlanda'da kullanılmıştır.
- 1830 : EVEREST  $a = 6377\ 276.345\ m$   $\alpha = 1:300.8017$   
Bu elipsoid Fransa ve Doğu Hint'deki ölçülerden hesaplanmıştır ve Hindistan, Pakistan, Burma ve Tayland'ta uygulanmıştır.
- 1841 : BESSEL  $a = 6377\ 397.155\ m$   $\alpha = 1:299.1528$   
Bu elipsoidin hesaplanmasında Peru, Laponya, Fransa, Doğu Hint, İngiltere , Rusya (Baltık), Danimarka, Hannover ve Doğu Prusya ölçülerinden dengelenerek hesaplanmış olup Almanya, Avusturya, Yugoslavya, İtalya (1942 ye kadar), Arnavutluk, Norveç (1850 ye kadar), İsviçre (1863 den itibaren), Hollanda (1885 den itibaren), Yunanistan, Endonezya, İsveç, Portekiz (1926 ya kadar), ABD (1880 e kadar) tarafından uygulanmıştır. Ayrıca 1946 ya kadar Polonya, Çekoslovakya, Macaristan, Estonya, Letonya, Lituanya ve Rusya'da (1910 dan itibaren) uygulanmıştır.
- 1858 : CLARKE  $a = 6378\ 361\ m$   $\alpha = 1:294.26$   
Bu elipsoid İngiltere'nin Manş denizi üzerinden Fransa ve Belçika ile triyngülasyon bağlantısında, Avusturalya ve Afrika'daki İngiliz sömürge ülkelerinde kullanılmıştır.
- 1866 : CLARKE  $a = 6378\ 206.6\ m$   $\alpha = 1:294.98$   
Bu elipsoid ABD'de Coast and Geodetic Survey'de (1880 den itibaren), Kanada, Belçika Kongosu, Mısır ve Filipinler'de kullanılmıştır.
- 1880 : CLARKE  $a = 6378\ 245\ m$   $\alpha = 1:293.5$   
Bu elipsoid 1881 den itibaren daha önce Delambre'nin elipsoidinin kullanıldığı Fransa (Service Geographique), Sudan ve Romanya'da kullanılmıştır

Meridyen ölçülerinden başka enlem dairesi uzunluk ölçüleri ile de elipsoid boyutları hesaplanma yoluna gidilmiş ancak başlangıçta boylam farklarının ölçü inceliği yeterli

olmadığından fazla bir uygulama alanı bulamamıştı. Daha sonraları zaman sinyallerinin büyük bir doğrulukla kaydedilmesi ile bu yöntemle de elipsoid boyutları hesaplanmağa başlanmıştır. Özellikle Avrupa'da 52. derece enlemde Atlantik okyanusundan Ural dağlarına kadar olan F.G.W.STRUVÉ'nin büyük katkısı ile, 69. derece genlikteki paralel daire yayı, Hindistan'daki ve Cezayir'deki ölçüler ve daha sonraları HAYFORD'un (1868-1925) hesaplarında kullandığı paralel daire yay boyları bu konuda yapılmış önemli ölçülerdir.

Meridyen doğrultuları ile belli açı yapan "eğik yay" uzunlukları ile de elipsoid boyutlarının saptanabileceği ilk olarak Göttingen gözlemevi müdürü Tobias MAYER (1723-1762) tarafından ortaya atılmıştır (*Jordan*).

Jeodezik astronomi aletlerinde de meridyen dürbünleri ve passage aletleri ve meridyen daireleri kullanılmaya başlanmıştır.

Yerin şekli ile ilgili olarak yapılan yay boyu ölçüleri dünyanın 2/5 ini teşkil eden karalarda yapılabilmektedir. Bu şekilde ise dünyayı tam temsil edemeyen ölçüler elde edilmektedir. Halbuki sarkaç salınımı gözlemleri ile yeryüzüne daha homojen dağılmış noktalarda denizlerde, denizaltılarında elde edilen gravite değerlerinden basınlık hesaplanması ile daha doğru sonuçların elde edileceği fikri ile sarkaç ölçüleri konusuna ağırlık verilmiş, bu konuda HUYGENS (1629-1695), PRONY, BOHNENBERGER (1765-1831), KATER (1777-1835), BESSEL (1784-1846), REPSOLD, PLANTAMOUR, PEIRCE, DEFFORGES, BRUNNER kardeşler, STERNECK (1839-1910) katkıda bulunmuşlardır (bkz. 7.3 Fizik).

Yüzyılın sonlarına doğru kutup ve ekvator civarlarında meridyen yayı ölçümü tekrar gündeme gelmiştir. 1899-1902 arasında yapılan çalışmalarda İsveç ve Rusya Spitzbergen adalarında ve Fransa'dan G.PERRIER, LALLEMAND, BOUREOIS, RIVET 1899-1906 arasında Cordiller El Polodo (ekvator)da ölçüler yaptılar. Bulunan sonuçlarda basınlık Clarke'nin 1880 elipsoidi ile aynı ancak büyük eksen 2800 m daha büyük elde edilmiştir.

### 7.3 FİZİK

Yüzyılın başlarında Alman fizikçisi Johann Friedrich BENZENBERG (1777-1846), Hamburg'ta 1802 yılında bir kuleden düşen cismin doğruya doğru çizdiği eğriden yararlanarak dünyanın kendi eksenini etrafında döndüğünü ispatladı. Bilindiği gibi daha yüksekte bulunan bir cismin çizgisel hızı daha büyüktür ve yere düşerken bu hızın etkisi altında tam düşeyinin biraz doğusuna düşerler. Benzenberg 1811 de ses hızının ısıya göre değişimini de inceledi.

Fransız bilim adamı LAPLACE (1749-1827), 1805 de barometre formülünü çıkardı ve geliştirdiği mekanikte yerçekimi potansiyelini de işe soktu. Barometre ile 1811 de Fransız bilim adamı BIOT (1777-1862) da uğraştı. Laplace'nin 1844 de yayınladığı astronomi ve fizik ile ilgili bir kitabı yayınlandı. Fransız fizikçisi Augustin-Jean FRESNEL (1788-1827), 1800 de kendi adı ile anılan deniz fenerlerinde özellikle fotogrametride rödresman aletinde kullanılan bir mercek yaptı. Işık problemi ile uğraşarak ışığın dalga tabiatını inceledi ve bu çalışmasını 1822 de "Işık hakkında" isimli bir kitapta yayınladı.

Alman fizikçisi ve ünlü Münih'li optikçi Joseph von FRAUNHOFER (1787-1826), prizma ve mercekle yapımında tanınmıştır. Özellikle astronomide kullanılan teleskopların yapımında ve güneş tayfında yaptığı araştırmalarda ün yapmıştır.

İngiliz subay ve astronomu Sir Edward SABINE (1778-1883), Dünya'nın manyetik kutuplarını belirleyen ve yerin manyetik alanındaki oluşumları Güneş lekelerine bağlayan ilk kişidir. 1814 de Kanada'da yer manyetiği ile ilgilendi. Dünya'nın biçimini ortaya koymak amacı ile Dünya'nın değişik 17 yerine manyetik sarkaç yerleştirdi. Buradan gelen bilgileri 20 yıl süre ile inceleyerek değerlendirdi. Böylelikle manyetik fırtınaların 10-11 yıllık periyodunu buldu. Paris-Londra arası uzunluğu ölçmek için roket fişeklerinden yararlandı.

Fransız matematikçisi ve Laplace'nin öğrencisi Denis POISSON (1781-1840), gök mekaniği, kılcallık, esneklik konularında çalıştı. Çekim teorisini geliştirdi. mknatus teorisii hakkında büyük katkılı çalışmalar yaptı. Fransız fizikçisi FOURIER (1768-1830), 1822 de ısının analitik teorisii kitabını yazdı.

Alman matematikçisi C.F.GAUSS (1777-1855) ve arkadaşı WEBER (1804-1891), 1828 de elektromanyetik telgrafı buldular. Alman fizikçisi Georg Simon OHM (1787-1854), kendi adı ile anılan akımın gerilimle doğru, dirençle ters orantılı olduğu yasayı buldu. Konuyu iyi sergileyemediğinden bu buluşu ancak 1849 da anlaşılabilir.

İngiliz matematikçisi Georg GREEN (1793-1841), 1828 deki bir yayınında potansiyel terimini ilk defa kullandı. 1833 de n boyutlu bir uzayda çekim kuvvetleri konusunda kendi adı ile anılan "Green formülü" fiziksel jeodezide ünlüdür. Yine bir İngiliz fizikçisi M. FARADAY (1791-1867), elektrokimyada büyük katkılar yaptı. Kendi adı ile anılan "Faraday kanunu" vardır.

1835 de Amerikalı mucit MORSE (1791-1872) kendi adı ile anılan telgraf alfabesini buldu ve 1840-44 yıllarında Washington-Baltimore arasında telgraf hattı kurularak bu yöntemle haber iletildi.

1832 de L. HENGLER astronomik sarkaç teraziyi icat etti. İngiliz fizikçisi sir Charles WHEATSTONE (1802-1875), 1823 de akustik deneylerin sonuçlarını yayınladı. 1829 da akordiyona benzer conserfina adını verdiği aleti yaptı. 1837 de ses kaleidoskopunu ve 1844 de kendi adı ile anılan direnç ölçme cihazı "Wheatstone köprüsü" nü yaptı.

1838 de Jean Baptiste BIOT (1777-1862), refraksiyon ile ilgili çalışmalar yaptı ve 1844 de fiziksel astronomi konusunda bir kitap yazdı.

Avusturyalı fizikçi Christian Johann DOPPLER (1803-1853), 1842 de Prag Üniversitesinde çalışmaları esnasında kendi adı ile anılan, ses dalgalarının, kaynağın hareket etmesi ile yayılmadaki özelliğini ortaya attı. Bu özellik birkaç yıl sonra Hollanda'da trenin üzerine bindirilmiş trompetçilerle istasyondaki insanlar tarafından denendi. Sesle olan bu ilke ışık konusunda da uygulanarak yani uzaklaşanda kırmızıya ve yaklaşanda menekşeye doğru bir spektral sapış göstermesi astronomide uydu sinyalleri ile jeodezide konum belirlemede kullanıldı.

1847 de VIDI yaylı barometre (Aneroid) yi icat etti. İrlandalı matematikçi Sir William Rowan HAMILTON (1805-1865), bir dahidir. Matematik ve fizik alanında kendi adı ile anılan kuralları vardır. İsveç fizikçisi ÅNGSTRÖM (1814-1874) tayf dalga boyları ile

ilgilendi. Yaptığı çalışmalar nedeniyle 1905 de kendi adı onuruna  $1\text{\AA}=10^{-10}$  m birimi denildi.

1849 da Fransız fizikçisi A.H.L.FIZEAU (1819-1896), dişli çarklar yardımı ile ışık hızını 315 000 km/s buldu. Bir yıl sonra 1850 de yine Fransız fizikçisi Leon FOUCAULT (1819-1868) dönen ayna yöntemi ile ışık hızını 298 187 km/s olarak ölçtü. Su içinde bu hızın daha küçük olduğunu söyleyerek bu hızı 221 000 km/s olarak ölçtü. 1852 de jiroskop'u icat etti ve 1857 de kendi adı ile anılan prizmayı yaptı (*Bennett, Pollmann, Strasser*). Paris'te Pantheons kilisesinin içine astığı 67 m uzunluğunda bir sarkacın ucuna 50 cm çaplı demir bir küre asarak Dünya'nın döndüğünü kanıtladı. Buna göre kuzey kutbunda asılı ve salınan bir sarkaç kendi düzlemini koruyacağından, altında dönen dünya 24 saatte bir tur yapar ve sarkaç düzlemi sanki batıya doğru (saat ibresi yönünde) hareket ediyormuş gibi görünür.  $\phi$  enleminde  $24/\sin \phi$  saatte bir tur yapacak sarkaç, Paris için 31 saat 47 dakikada turunu tamamlamıştır. Ekvatorda ise bu sarkaç hiç dönme göstermez, güney yarıkürede sarkaç, saat ibresi ters yönünde bir hareket gösterir.

İngiliz fizikçisi JOULE (1818-1889), 1840 da elektrik akımı ve ısı gelişmesi formülünü buldu. Mekanik enerjinin verdiği ısıyı hesapladı ve kendi adına onuruna 4.18 jül 1 cal (kalori) birimi önerildi. İskoç fizikçisi KELVIN (1824-1907),  $-273.15^{\circ}\text{C}$  olan mutlak sıfır keşfetti ve kendi adına onuruna  $0^{\circ}\text{C} = 273.15$  K (kelvin) denildi. Alman fizikçisi KIRSCHOFF (1824-1887). elektrik akımının da ışık hızında yayıldığını ilk defa gösterdi, elektrik devrelerinde kendi adı ile anılan yasayı buldu. Alman bilim adamı H.L.F.von HELMHOLTZ (1821-1894) ısı ve enerji konularında çalışma ve buluşları vardır. 1856 da iskoç matematikçisi J.C.MAXWELL (1831-1879), ışığın elektromanyetik teorisi hakkında ilk sonuçları yayınladı. 1860 da PLAUTE akü'yü (Akümülatör) icat etti. Amerikalı mucit ve 1300 patent sahibi Thomas EDISON (1847-1931), fonografi icat etti, elektrikle aydınlanmayı buldu ve Graham BELL'in (1847-1922) bulduğu telefonu geliştirdi.

Avusturyalı harita albayı Robert von STERNECK (1839-1910) yaptığı kendi adı ile anılan sarkaç ile yerçekimi ölçüleri yaptı. 1866 da Repsold sarkacı yapıldı. Fransa coğrafya dairesinden yüzbaşı. G.DEFFORGES 1887 de sarkaç icat etti ve bunu BRUNNER kardeşlere yaptırdı ve sarkaçla yerçekimi ölçülerinde büyük katkıları oldu. Özellikle gözlem yeri yüksekliği ile yerçekimi arasındaki bağıntıyı araştırdı. 1888-92 arasında 1888 de ölen François PERRIER'in yaptığı meridyen ölçüsünü tamamladı. 1893 de Paris, Washington, Chicago, Montreal ve San Francisco istasyonları arasında bağlı sarkaç ölçüleri yaptı <sup>1)</sup>.

Jena Üniversitesinden teorik fizik profesörü Ernst ABBE (1840-1905), 1875 de CARL ZEISS firması ile ortaklık kurdu ve optik çalışmalara büyük katkısı oldu. O.SCHOTT (1851-1935) un yaptığı yeni camlardan yararlanarak apokramatif objektifi gerçekleştirdi. Refraktometre'yi icat etti. Işık ve göz konularında incelemeler yaptı. Mikroskop ve spektrometre yaptı. Yapıtları üç cilt olarak 1903-1906 yılları arasında Jena'da basıldı.

Alman fizikçisi H.HERTZ (1857-1894), dalga teorisi ile ilgilendi ve bu yüzden kendi adına izafeten frekans birimine hertz denildi. 1884 de Maxwell tarafından daha önceleri

<sup>1)</sup> 1895 yılında Fransa'dan sözleşmeli olarak Türkiye'ye çağrıldı. Paşa rütbesi ile (Deforj paşa) harita komisyonu başkanlığına getirdi. 1896 yılında Bakırköy ve Eskişehir'deki jeodezik çalışmalara katıldı.

düşünülen radyo elektrik dalgaların varlığının gerçek olduğunu gösterdi. Yine bir Alman fizikçisi Conrad RÖNTGEN (1845-1923), 1895 de x ışınlarını (Röntgen ışınları) buldu.

İngiliz fizikçisi Oliver HEAVYSIDE (1850-1925), matematiğin elektrik devrelerine uygulamalarında önemli katkıları oldu. Matematiği dalga yayılmalarına da uyguladı ve üç ciltlik "Electromagnetic theory" yapıtını yayınladı. Bu yayında kendi adı ile anılan atmosfer tabakasındaki en üst tabakanın (Heavyside tabakası) elektrikle yüklü olduğunu söyledi.

Fransız matematikçisi Henri POINCARÉ (1854-1912), gök mekaniği ile uğraşarak üç cisim problemini çözdü ve İsveç kralının koyduğu ödülü 1899 da aldı. Gel-git teorisi ve akışkan yeryuvarının dönmesi ile ilgili konularda da katkısı vardır. 1896 da GUILLEAUME (1861-1938) invar alaşımını buldu ve bunun için kendisine 1920 de ödül verildi.

1900'lere kadar olan fizik için "klasik fizik" ve Alman fizikçisi Max PLANCK'ın (1858-1947) fizik alanındaki çalışmaları ile 1900 lerden sonraki fiziğe "Modern Fizik" denilmektedir.

## 7.4 KARTOGRAFYA

19. yüzyılda endüstrinin gelişmesi sonucunda hammaddelerin ve üretimin taşınması için yollara ihtiyaç görüldü. Bu ise iyi harita gerektiriyordu. Bu nedenle bu yüzyılda tüm ülkeler doğru ve güncel harita yapımına ağırlık verdiler.

1805 de Alman matematik ve fizik profesörü Karl Brandan MOLLWEIDE (1774-1825) alan koruyan ve yapay (geometrik olarak tanımlanamıyan) silindirik projeksiyona göre dünya haritası yaptı. J.BABINET, 1854 de bu projeksiyonu değiştirerek düzenledi ve homolografik projeksiyon adını verdi. Bu yıllarda Ruslar ülkelerininin 114 paftalık 1:840 000 ölçekli haritasını yaptılar. 1823 de Alman atlas yapımcısı Adolf STIELER (1775-1886) in basılan atlası Almanya dışında da ün yaptı. 20. yüzyıla kadar sürekli düzeltilerek 1925 de 100. baskısı yapıldı.

1809 da Alman jeodezicisi Johann Georg von SOLDNER (1776-1833), elipsoid üzerinde kendi adı ile anılan projeksiyon koordinatlarını Bavyera haritaları için önerdi ve 1810 da küre üzerinde dik koordinatları hesapladı.

Haritalarda yüksekliklerin gösterilmesi konusunda bu yüzyılda eş yükseklik eğrileri dışında özellikle küçük ölçekli haritalarda 1808 de J.A.ZEUNE tarafından renklerle gösterilme (hipsometrik yöntem) önerisi tutuldu. Bunun dışında haritalarda yükseklik gösterimi yetersizdi. 1879 da Prusya'da ünit bir sıfır yüksekliğin saptanması gerektiği ileri sürüldü. Amsterdam'da sıfır yüksekliğinin saptanması amacı ile bir mareograf istasyonu kurulması kararlaştırıldı.

1817 de Alman botanikçisi ve doğa araştırmacısı Baron Alexander von HUMBOLDT (1769-1859) İso term (eş sıcaklık eğrili) harita ve 1820 de H.W.BRANDES isobar (eş basınç eğrili) harita ve ayrıca rüzgar haritası da yaptı. 1852 de H.W.DOVE tarafından

1821 yılında Almanya'da plançete alımı ile harita yapımına başlandı. 1840 da Prusya, Polyeder projeksiyonu ve 1860 da USA da Coast and Geodetic Survey'ce hazırlanan ve 1909 da uluslararası 1:1 Milyon ölçekli dünya haritasına uyarlanan polikonik projeksiyon yapıldı (*Freitag*).

Ünlü Alman matematikçisi C.F.GAUSS'un (1777-1855) 1825 de ortaya attığı açılı koruyan enine eksenli (meridyen boyunca teğet) konform silindirik projeksiyonu daha sonra J. H. Louis KRÜGER (1857-1923) tarafından geliştirilerek GAUSS-KRÜGER koordinat sistemini ortaya çıkarmıştır.

Fransız matematikçisi Nicola Auguste TISSOT (1824-1900), dairenin elips şeklindeki kendi adı ile anılan "Tissot endikatrisi" projeksiyon sistemlerinde deformasyon ölçütüdür. 1881 yılında yayınlanan yapıtında ilk defa olarak bilinen projeksiyonları inceleyerek modern kartografik ölçülere göre değerlendirmiştir. 1885 de HERZ, memleket haritaları projeksiyon bilgisi kitabını Leipzig'te yayınladı. 1892 de Rus kartograflarından M.David AITOFF (1854-1934) orta uzaklık koruyan enine eksenli azimutal projeksiyonu ortaya attı.

Alman bilim adamı Ernst von HAMMER (1858-1925), 1892 de alan koruyan azimutal projeksiyonu önerdi. 1897 de coğrafik haritaların projeksiyonları ile ilgili bir yayını vardır. Württemberg eyaletinin 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritaların yapımında büyük katkısı oldu. 1897 de Instrumentenkunde (Alet bilgisi) dergisini çıkarmağa başladı.

Alman bilim adamı Carl COPPE (1844-1910), topoğrafik haritalarda eş yükseklik eğrilerinden yükseklik hatalarını inceleyerek bu hatanın  $m=c+k \cdot \tan \alpha$  gibi bir bağıntı ile ifade edilebileceğini ortaya attı.

### **Boylam Başlangıcı**

1883 de Roma'da yapılan 7. Avrupa meridyen ölçüsü genel kurul toplantısında Greenwich meridyeni boylam ve zaman başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Daha önceleri 1634-1883 arasında Ferro (Kanarya adaları) olmuştur. Bunun yanında çeşitli ülkeler çeşitli başlangıç meridyeni kullandılar. Fransızlar (Paris), Ruslar (Pulkowa), USA (Washington), Osmanlılar (Ayasofya) gibi İngilizler ise Greenwich'i 1767 yılından itibaren boylam başlangıcı almışlardır.

### **Selenografya**

Yunanca Ay tanrısı "Selene" den üretilen Seleno Ay yüzeyi topografyası ve Selenographie Ay yüzeyi gösterimi anlamına kullanılmaktadır.

1645 de Danzig'li astronom Johann HEVELIUS (1611-1687) Ay'ın ilk haritasını "Tabula Selenographica" da yayınladı. 1661 de Oxford'lu astronom Sir Christopher WREN, Kral Charles II için ilk Ay küresini, 1680 de Fransız astronomu Philippe de LA HIRE bir Ay globusu yaptı.

18. yüzyılda J.H.SCHRÖTERS, astronom Tobias MAYER'in (1723-1762) gözlemlerinden yararlanarak bir harita yayınladı. 1824 de kartograf ve geometriçi Wilhelm LOHRMANN "Görünür Ay'ın topografyası" isimli kitabı yayınladı. 1837 de Wilhelm BEER ve Johannes MADLER "Mappa Selenographica" yı yayınladılar. 1841 de Ay'ın ilk fotoğrafı çekildi. 1858 de çekilen Ay'ın stereo resimleri Londra'da sergilendi. 1849 da Bonn'da 1:600 000 ölçekli bir Ay globusu yapıldı (*Fischer, Russel, Stevenson*). 1878 de J.SCHMIDT, 195 cm çaplı daire şeklinde bir Ay haritası çizdi.

Ay'ın arkasının resimleri ancak 4.10.1959'da Ruslar tarafından atılan Lunik III ve 2.4.1960'da ABD tarafından atılan Tيروس I uydusu ile çekilerek dünyaya gönderilmiştir. Ay kraterlerine düzlüklerine ve dağlarına verilen isimler ünlü bilim adamlarına aittir (*Hermann*).

## 7.5 KADASTRO

Parsellerin mülkiyet sınırlarını göstermek amacıyla yapılan kadastrо çalışmaları eski Mısır'da Nil nehrinin civarında doğmuştur (*Öksüz 1988*). Mezopotamya'da Babilliler zamanında da kadastrо çalışmaları yapılmıştır (*Meek, Öksüz 1986*). Bilinen en eski kadastrо planı kil tablet üzerinde çizilmiş Nuzi haritası denilen MÖ 2200 yılına ait 1930-31 yıllarında merkezi Mezopotamya'da (şimdiki Irak sınırları içerisinde) bulunan bir harita olup sahibinin ismi Azala olan 354 iku'luk bir yer (yaklaşık 121.5 hektar) kaplamaktadır. MÖ 715'de Babil kralı Merodachbaladan II zamanında yerinden sökenlere büyük cezalar verileceği bildirilen sınır taşları bulunmuştur (şekil-2.10-2.12).

Roma uygarlığında da ilk olarak Servius TULLIUS tarafından kadastrо çalışmalarına başlanmıştır. Tüm mülkiyetler (arazi, çalışan hizmetliler, köleler, hayvanlar) kayıt edilmeğe başlanmıştır. Yeni kazanılan ülke ve kolonilerin listelenmesi ve lejyonlere dağıtılması işleminin dışında Romalıların sosyal yaşamları mülkiyetlerin sürekli el değiştirmesine ve yeni ölçümlere gerek göstermekteydi (*Dilke, Luciani, Aygün 1935*). 1949-51'de Fransa'nın Orange bölgesinde bulunan MS 77'de imparator VESPASIEN'in talimatı ile yapılmış olan Romalılara ait kadastrо haritaları taş üzerine işlenmiştir.

Kadastrо kelimesi ilk olarak 1656'da Hessen eyaleti prensi tarafından yapılan yönetmelikte kullanılmıştır. Kadastrо çalışmaları Fransa'da 1715'de başlamıştır. İlk kadastrо ölçüsünde (1728-38) 1:2372 ölçeği kullanıldı. Her parsel numara verilerek sahibi, arazinin tipi, kalitesi ve yüzölçümü kaydedildi. Napolyon kadastrosu I. Napoleon zamanında 1807'de düzenlenmiştir. Napolyon'un iddiasına göre devletin, içinde bulunduğu mali zorlukların yok edilmesi, ülkenin bütün arazi ve emlakinin sistemli bir tarzda ölçülerek adaletli bir verginin alınması ile mümkündür. Fransızların tesis etmiş oldukları bu kadastrо, tahrir olan bir mülk sınırını mahkeme kararına gerek kalmadan yeniden oluşturacak nitelikteydi. 1775'de ABD'de kamu arazisi ve özel arazi ölçümlerine başlanmıştır.

1790'da Fransız düşünürü Francois Noel BABEUF (1760-1797) devamlı kadastrо adında bir yapıt yayınlamıştır. 19. yüzyıl başlarında Fransa'da Napolyon yönetiminde tüm parsellerin listesi düzenlendi. Amacı Fransız ihtilali ile anayasadaki eşitlik ilkesine uygun olarak tüm mülk sahiplerinden adil bir vergi almaktır. Fransa'nın egemen olduğu yerlerde de bu işlem başlatıldı ve yararı görülerek 1815'de Viyana kongresinde diğer ülkelerde de yapılmasına karar alındı. İngiltere'de benzer ölçüler 1836-51'de Tithe Commutation yönetiminde ve İsviçre'de 1800 yılında kadastrо çalışmaları başlamıştır. 1808'de Fransa'da kadastrо yasası çıkarak uygulanmağa başlanmıştır (*Binns, Herbin-Pebereau, Throver, Türkkan*).

Alman astronom ve fizikçi Johann Friedrich BENZENBERG (1777-1846), 1807'de Bayyera nirengisine dayalı kadastrо işlerini yönetti ve 1818'de kadastrо hakkında bir kitap yazdı. 1851'de General Johann Jacob BAEYER (1794-1885), Prusya kadastrо haritalarının 1:5 000 ölçekli olmasını önerdi.

1861 de Prusya'da kadaastro çalışmaları başladı ve 1897 de tapu kütüğü kuruldu. 1873 de Osmanlı devletinde arazi ve emlak haritalarının düzenlenmesine başlanarak 1874 de tapu teşkilatı kuruldu. 1875 de MAREK-HORSKY, Budapeşte'de "Kadaastro trigonometrik işlemlerinin yapımı için teknik yönetmelik" kitabını yazdılar.

1908 de Bulgaristan ve 1930 da Yugoslavya'da kadaastro çalışmaları başladı. 1932 de İsviçre'de düz arazilerin 1:2000 ölçekli kadaastro haritaları yapıldı. 1932 de İspanya Maliye Bakanlığı kadaastro krokileri yerine hava fotoğraflarının kullanılması için karar aldı. 1933 de İtalyan kadaastrosunda hava resimleri kullanılmaya başlandı.

## 7.6 FOTOGRAMETRİ

Fotoğraf ile ölçme tekniği anlamına gelen fotogrametrinin başlangıcı fotoğrafın icadından daha öncelere dayanmaktadır. Bu konudaki gelişmeler kronolojik olarak sıralanırsa:

- 1492: Optikte ve mercek yapımında gelişmeler (Leonardo DA VINCI)
- 1525: Perspektif kurallarının geliştirilmesi (Albrecht DÜRER)
- 1600: Stereoskopi'nin tanımı ve stereo resim çizimi (J.KEPLER)
- 1715: Perspektif ile ilgili çalışmalar (Brook TAYLOR)
- 1726: Çift perspektiften yararlanarak topografik harita çizimi (M.A.KAPPELER)
- 1733: Merceklerde kromatik aberasyon'un ortadan kaldırılması (J. DOLLAND)
- 1759: Merkezi izdüşümün geometrik esaslarının gösterilmesi (J. H. LAMBERT)
- 1783: Paris civarında balonla uçuş (MONTGOLFIER kardeşler)
- 1791: Perspektif şekil çiftlerinden topografik harita yapımı (BEAUTEMPS- BEAUPRE)
- 1800: Fresnel merceklerinin yapılışı (A.-J. FRESNEL)
- 1829: Topografyanın kuşbakışı havadan görüntülenebileceği fikri (G.SCHREIBER)
- 1839: Perspektif görünümünden plana geçme kuralları (A.F.MÖBIUS)
- 1840: Çift objektifin yapılışı (J.PETZVAL) v.b dir.

Fotoğrafın icadı ise 1838 yıllarında birbirlerinden bağımsız olarak birkaç bilim adamı tarafından yapılmıştır.

Fransız fotoğrafçısı Albay Joseph Nicephore NIEPCE (1765-1833), 1816 da helyografi (Resmin aslına uygun basımı) ile denemeler yaptı. 1822 de klişe yaptı, 1826 da ilk fotoğrafı çekti. Bunun için fotoğraf makinasına duyarlı bir kalay levha takmıştı.

Fransız ressamı Jacques-Louis- M. DAGUERRE (1789-1851), tiyatrodan çalışmaları esnasında camera Obscura (delikli kutu) ile meşgul oldu. 1829 da Niepce ile ortaklık yaparak bakır levha üzerine gümüş nitrat sürerek bu plaka üzerine resmin ışığı izdüşürüldü ve resim çekimi işlemi böylelikle başladı. Bu şekilde elde edilen ilk kalıcı kayıt (görüntü) Daguerre tip denildi.

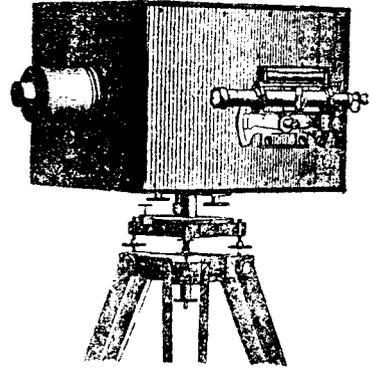
İngiliz William Henry Fox TALBOT (1800-1877), Daguerre'den bağımsız olarak fotoğrafçılığın gelişmesi ile uğraştı. 1841 de bu yöntem için bir patent aldı. Bu patentte özellikle negatiften çok sayıda pozitif kopyalar yapmak ta yer alıyordu. 1851 de poz süresini azaltan ve böylelikle hareketli objelerin resimlerini çeken bir yöntem geliştirdi

Fotogrametrik çalışmalar fotoğrafın icadından yaklaşık 20 yıl sonra 1860 da başlamıştır. Fotogrametrinin ilk gelişme basamağı plançete fotogrametrisidir. Aynı bir yerin A ve B gibi değişik iki noktadan yapılan alımlardan yararlanarak harita

yapılmaktadır. Bu yöntem daha çok kesin tanımlanabilen noktalara dayandığından mimarlık fotogrametrisinde gelişme göstermiştir. Yüzyılın başında (1900) stereofotogrametri ile tekrar bir hız kazanmıştır. stereofotogrametrinin esası, gözün stereoskopik görmesi ilkesinden yararlanarak birbirinden uzak olmayan iki alım noktasından fototeodolit ile alınan fotoğraflardan yararlanılarak harita yapılmasıdır.

1839 da John HERSCHEL tarafından ilk olarak İngilterede fotoğraf kelimesi kullanıldı. 1840 da D.F.ARAGO (1786-1853), topografik harita yapımında fotoğraflardan yararlanmayı teklif etti.

1846 da Fransız Binbaşı Aime LAUSSEDT (1819-1907), Pirenelerdeki bir çalışmada arazinin topografik yapısının zorluğunu "Camera clara" ile çözümlenmeye çalıştı. Bu çaba "Iconografi ve Iconometri"yi doğurdu. Fotoğraf tekniğindeki yetersizlik nedeni ile fotoğraflarla yapılan bu çalışmalar iyi sonuç vermedi. 1851 de ölçme amacı ile ilk olarak fotoğraf kamerasını kullandı. Bu nedenle fotogrametrinin kurucusu sayılmaktadır. Bu alet resim düzleminde cam bulunan bir ölçü kamerasıdır. Laussedat'ın bu resimlerle yaptığı harita ile yer ölçmelerinden yapılan harita karşılaştırıldığında iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Laussedat'ın yaptığı ilk uygulamalar, Paris sokaklarının çatılardan fotoğraflarının çekilmesi ve sokak planlarının yapılmasıdır. 1859 da topografya için Paris'li BRUNNER'in alım kamerası (şekil-7.1) ile iyi sonuçlar aldı. Madrid bilim akademisinin fotoğrafla arazi alımı için ortaya koyduğu altın madalyayı almağa hak kazandı.

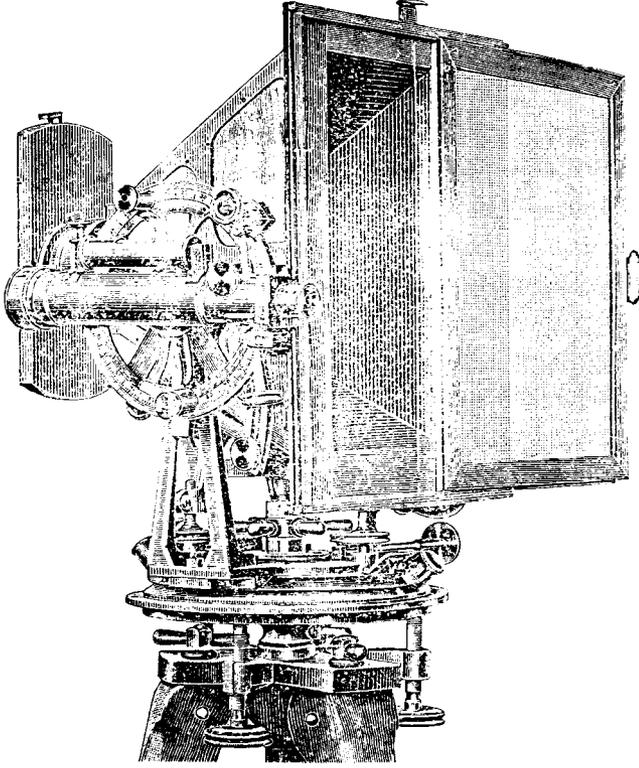


Şekil-7.1: Brunner'in kamerası (1859)

Resim çekiminde kullanılan kamera önceleri uçurtma, balon ve Zeppelin'e yerleştirilmiştir. Konunun askeri bakımdan önemi dolayısı ile diğer ülkeler de bu konuyla ilgilenerek 1853 de İtalyan İgnazio PORRO (1801-1875) ve 1858 de Alman Albrecht MEYDENBAUER (1834-1921) bu konuda çalışmalar yaptılar. Meydenbauer, fotogrametriyi mimariye uyguladı. Bir kilise onarımında 30 m yüksekten düşme tehlikesi geçirdiğinde bu işlemin fotoğrafla da yapılabileceği düşüncesini getirdi. Kameranın teodolit ile birleştirilmiş şekline fototeodolit ismi verildi (şekil-7.2).

Meydenbauer Fotogrametri ismini 1867 de ilk defa kullandı. Daha önceleri ise telephotographie, Photometrographie, Phototachymetrie gibi isimler önerilmişti. Diğer taraftan 1815 de Fransız optikçisi J.G.A.CHEVALLIER bir yayınında ilk defa stereoskop ve stereoskopi kelimelerini kullandı. 1838 de İngiliz fizikçisi Sir Charles WHEATSTONE (1802-1875) aynalı stereoskopu icat etti. 1844 de ise İskoç fizikçisi Sir David BREWSTER (1781-1868) prizmatik stereoskopu geliştirdi. 1870 de J.F.PLUCKER cep stereoskopu yaptı.

1841 de Ay'ın ilk fotoğrafı çekildi. 1858 de çekilen Ay'ın stereo resimleri Londra'da sergilendi. 1852 de H.L.F. von HELMHOLTZ (1821-1894), gözün yapısını inceledi, göz yüzeyi eğrilğini ölçen Ophthalmometre yaptı. Aynı yıl HAURON üç renkli fotoğraf yapmayı başardı. 1853 de İngiltere'de ilk fotoğraf meslek dergisi yayın hayatına atıldı.



Şekil-7.2: Paganini'nin fototeodoliti (1878)

Yine 1853 de ROLLMANN anaglif yöntemi icat etmiştir. Bazı kaynaklar bu buluşun D'ALMEIDA'ya ait olduğunu yazmaktadır. 1858 de Fransa'da Paris kentinin 200 m yükseklikteki sabit balonlardan resmi çekildi.

1864 de Laussedat'ın öğrencisi Yüzbaşı JAVARI tarafından Fransız Savunma Bakanlığı emriyle Laussedat ilkesi (iki noktadan çekilen resimlerden noktaların önden kestirme ile çizimi yöntemi) araziye uygulanarak 20 km<sup>2</sup> lik bir arazinin 18 noktadan çekilen resimlerden yararlanarak 1:5000 ölçeğinde oldukça sıhhatli bir haritası yapıldı. 1867 tarihlerinde JAVARİ ve Teğmen GALIBARDI tarafından fotoğraflar kesin olarak ve resmen topografik harita yapımında kullanmağa başladılar.

Alman fotogrametricisi Carl KOPPE (1844-1910), fotogrametride İtalyan I.PORRO ile birlikte Porro-Koppe olarak bilinen resim ölçü teodolitinde objektif hatalarını gidermek için eğik plaka ile ölçme yöntemini geliştirdiler. Koppe 1889 da ilk fotogrametri kitabını yazdı. Ünlü Fransız haritacısı Edouard DEVILLE (1849-1924), Ottawa'da (Canada) fotogrametrinin kurucusudur ve fotogrametri çizim aletlerinde kendi adı ile anılan ilkeyi önermiştir. 1895 de Ottawa'da "Photographic Surveying" adında bir kitabı yayınlandı.

1884 de Amerikalı George EASTMAN (1854-1932) ve GOODWIN kuru fotoğraf levhaları yapımı ve pazarlamasında çalıştılar. 1891 de Viyana'da 9. Coğrafyacılar toplantısında ilk fotogrametrik aletler sergilenmiştir. 1892 de ilk film alımı gerçekleşti.

1892 de Prof. STOLZE tarafından ilk hareketli marka (ölçü markası) yapıldı. 1893 de Amerikalı C.B.ADAMS, balondan alınan fotoğraflarla planimetrik harita yapımında radial-line (yarıklı plaka) yönteminin patentini aldı.

1896 da Sebastian FINSTERWALDER (1862-1951) tarafından geliştirilen hafif teodolit TAF yapıldı. Bu teodolitin 1926 da Carl Zeiss firması tarafından seri üretimine başlandı.1888 ve 1889 da çekilen buzul fotoğraflarından yararlanarak 1:10 000 ölçekli harita yaptı. 1899 da fotogrametrisinin matematik esasları kitabını yazdı.

1897 de Avusturyalı bilim adamı Theodor SCHEIMPFLUG (1865-1911), Braunschweig'ta bir konferansında hava fotoğraflarından harita yapma fikrini savundu ve bu tarihten itibaren foto haritalarla uğraştı. Radyal nirengi ve çift projektörü icat etti, 1898 de camera plastica'yı yaptı.

## 19. Yüzyıldaki fotogrametrik çalışmalar

### Yersel fotogrametri

- 1874: :Libya çölünde Dachal vadisi (W.JORDAN)
- 1877/78:İran'da Persepolis, Pasargada harabeleri, Şirazda cami (STOLZE)
- 1880 :İtalyan Alplerinde çalışmalar
- 1889 :Avusturya'da uygulamalar (V.POLLACK)
- 1893 :Alaska-Kanada'da uygulamalar
- 1899 :Buzul ölçüleri (S.FINSTERWALDER)

### Hava fotogrametrisi

- 1858 :Paris (balondan)
  - 1886 :Rusya'da uygulamalar (A.M.KOWANKO)
  - 1900 :Moskova'da uçurtmalara takılı fotoğraf makinası ile alımlar (THIELE)
- şeklinde dir.

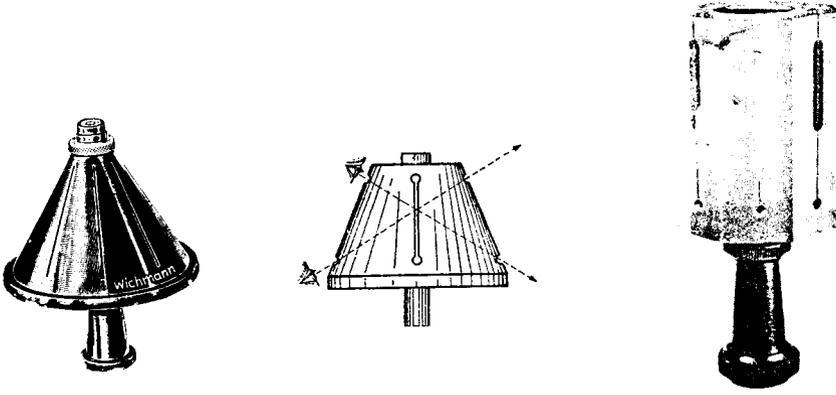
## 7.7 JEODEZİK ALETLER

### 7.7.1 Basit Ölçü Aletleri

Mimari gönye: Dik çıkmak için üzerinde birbirlerine dik doğrultuda yarıklar bulunan aletler olup şekilleri sekizgen, silindir, koni kesik koni biçimindedirler. 18. yüzyıldan itibaren kullanılan bu aletler (şekil-6.5) bu yüzyılda da küresel düzeye takılarak geliştirilmişlerdir (şekil-7.3).

Aynalı gönye: Dik çıkmak amacı ile düşünülen bu aletler (şekil-6.4), 1740 da Londralı bir mekanikçi olan ADAMS (1720-1773) tarafından yapılmıştır. 1851 de Münih'li profesör BAUERNFEIND (1818-1894) tarafından dik üçgen prizma bu aynalı aletlerin yerini almıştır. GAULIER'in (1818-1891), 1864 de tanımladığı beşgen prizma 1890 da PRANDTL tarafından gerçekleştirilmiş ve İngiliz fizikçisi WOLLASTON (1766-1828) adı ile anılmaktadır.

Mimari gönyeler ile prizmalı aletlerin birlikte oluşturduğu bazı aletler geliştirilmiş, mimari gönyelere pusula, küresel düzeye ve açı okuma düzeni eklenerek (şekil-7.4) pusulalı tambur denilen aletler yapılmıştır. Belirli açıların uygulaması için prizma konulmuş olan bu aletlerde prizma konumları değiştirilebilmektedir. Böyle bir prizmalı tambur şekil-7.5 de görülmektedir. Şekil-7.6 de Dioptrli pusulanın 1812 de mekanikçi



Şekil-7.3: Çeşitli mimari gönyeler

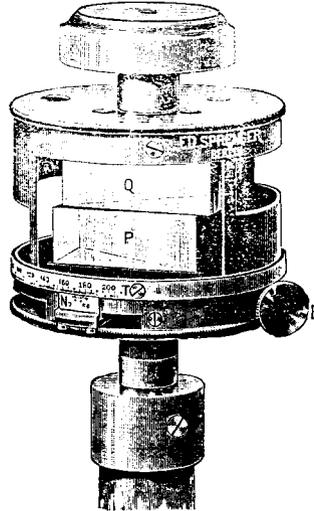
SCHMALCALDER tarafından geliştirilen prizmalı diopter pusulası görülmektedir. Diopter için konulan yarık bir prizma ile açı bölümlenmesini görme olanağı vermektedir.

1820 de GAUSS, yaptığı nirengi ölçüleri esnasında Hamburg'taki ünlü Michealis kilisesinin pencere camlarının güneş ışınlarını yansıtarak rahatsız etmesi olayı helyetropu icat etmesine neden oldu. Bu alet Güneş ışığını bir aynada yansıtarak hedef noktaya yönlüyordu. Daha sonraları bu alet odak noktasında bir ışık yakılan parıldaklara dönüştü ve Güneş ışığına gereksinim kalmadı.

Alanların matematik bir aletle ölçülerek elde edilmesi fikri ilk olarak 1814 de HERMANN tarafından planimetrenin icadı ile gerçekleşti. Daha sonraları 1856 da Jacob AMSLER (1823-1912) kutupsal planimetreyi icat etti.



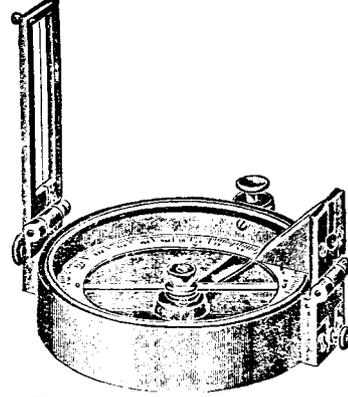
Şekil-7.4: Pusulalı tambur



Şekil-7.5: Prizmalı tambur

Dürbün ile ilgili olarak yapılan çalışmalar şöyledir: 1850 de İtalyan I.PORRO (1801-1875) gök dürbünü yaptı, Wetzlar'dan C.KELLNER oküleri icat etti. 1878 de HENSOLDT skalalı mikroskop önerdi ve 1890 da P.RUDOLPH anastigmat objektifi yaptıktan sonra açılı ölçüleri daha sıhhatli yapılmaya başlandı.

1870 de alet yapımcıları olan BRUNNER kardeşler reiteratör azimutal daire ve 1874 de dört mikroskoplu daireler yaptılar. 1872 de ZUGMAIER klizmetreyi icat etti.

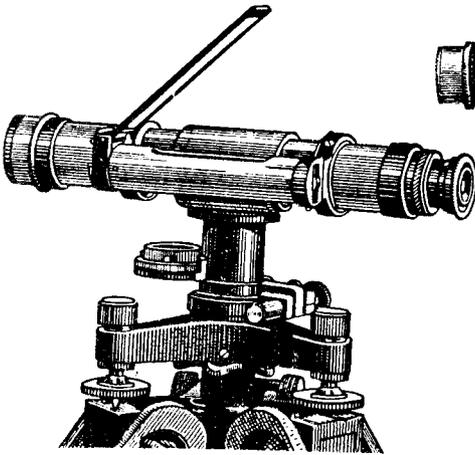


Şekil-7.6: Prizmalı diopter pusula (1812)

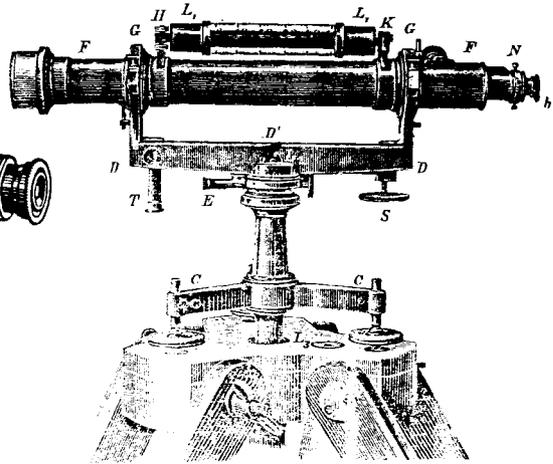
### 7.7.2 Nivo Aletleri

Nivo aletlerinin gelişmesini, dürbünün yataylanabilmesi için silindirik düzecin 1662 de icadı ve dürbündeki gelişmeler büyük çapta etkilemiştir. 1857 de Schaffhausen/İsviçre'den AMSLER-LAFFON tersinir bir nivo yaptılar. Şekil-7.7-7.11 de bu yüzyılda yapılan nivolardan örnekler görülmektedir.

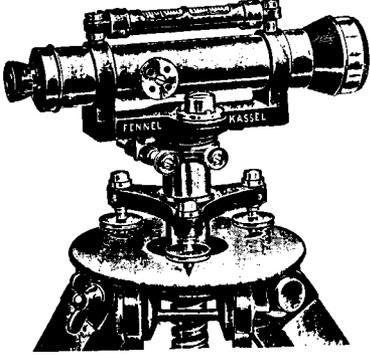
Optik olarak yükseklik ölçümünün dışında hortumla yapılan hidrostatik nivelman da bu yüzyılda uygulama bulmuştur. İlkisi HERON'a kadar giden bu yöntemde su seviyesinin yatay olmasından ve bileşik kaplar ilkesi esasından yararlanılmaktadır. 1629 da Giovanni BRANCA tarafından icat edilen hidrostatik nivelman 1840 da BLONDAT tarafından tekrar bulunarak ve 1849 da GEIGER tarafından geliştirilerek uygulamada özellikle görüşü kapalı veya çok sarp arazilerde kullanılmıştır. Kuzey denizindeki bazı adalara karalardan hidrostatik nivelmanla yükseklik taşınma işlemi de başarı ile sonuçlandırılmıştır (*Gigas*).



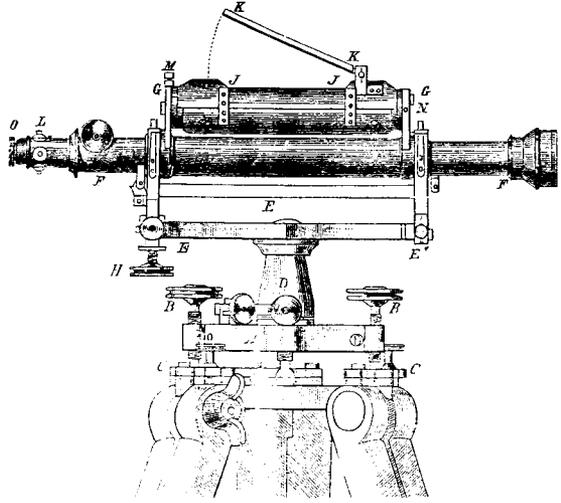
Şekil-7.7: Ertel nivosu



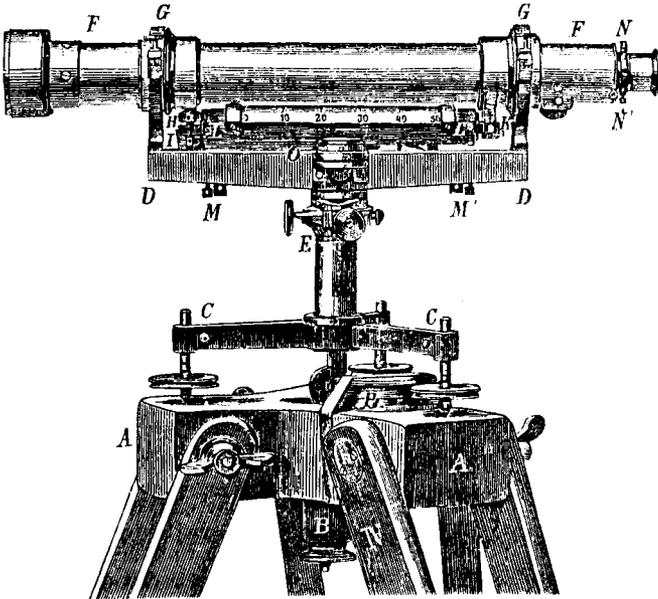
Şekil-7.8: Büyük nivo



Şekil-7.9: Nivo



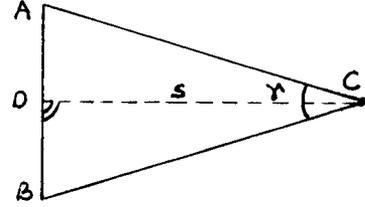
Şekil-7.10: Nivo



Şekil-7.11: Nivo (Bamberg-Berlin)

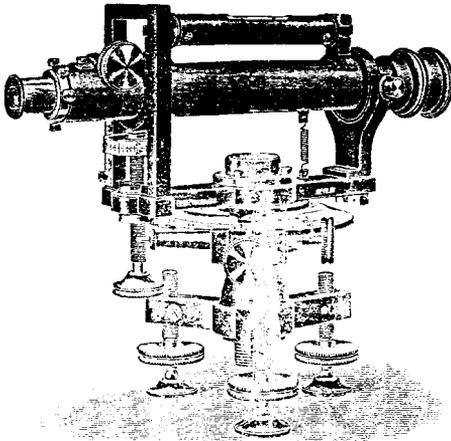
### 7.7.3 Optik Uzunluk Ölçü Aletleri ve Takeometreler

Bir ikizkenar üçgenin belirlenebilmesi için bilindiği gibi bir kenar ve bir açının bilinmesi yeterli olmaktadır. Paralaks açısı ve AB (baz) bilindiğine göre istenen S kenarı (üçgen yüksekliği)  $S = AB/2 \cot \gamma/2$  formülü ile basitçe hesaplanabilir (şekil-7.12).  $\gamma$  açısı ve AB baz büyüklüklerinin birisi sabit tutulursa bir tek büyüklüğün ölçülmesi ile S uzunluğu belirlenebilmektedir. Bu durumda AB bazı ve  $\gamma$  paralaks açısının çeşitli durum, konum ve kombinasyonlarına göre çeşitli optik ölçme aletleri yapılmıştır (v.Gruber 1955). Baz sabit veya değişken olabileceği gibi hedefte veya durakta, yatay veya düşey olabilir. Aynı şekilde paralaks açısı da sabit veya değişken olduğu durumlarda bazın hedefte veya durakta yatay ve düşey durumlarına göre aletler yapılmıştır. Örnek olarak 2 m lik baz latası ile optik uzunluk ölçme baz hedefte, sabit ve yatay, paralaks açısı değişken bir ölçü türüdür. Takeometre aleti ile uzunluk ölçme ise baz hedefte, düşey ve değişken, paralaks açısı sabit olan bir ölçme türüdür. Bunlardan başka hem paralaks açısının hem de bazın değişken olduğu alet tipleri de yapılmıştır.

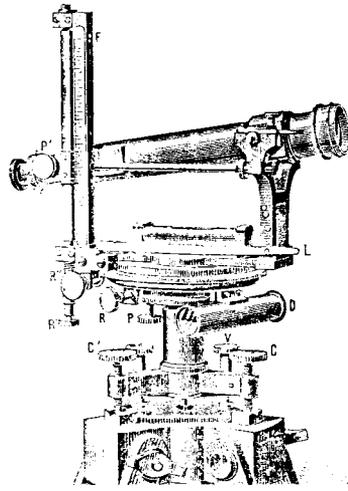


Şekil-7.12: İkizkenar üçgenin bir kenar ve bir açısı ile belirlenmesi

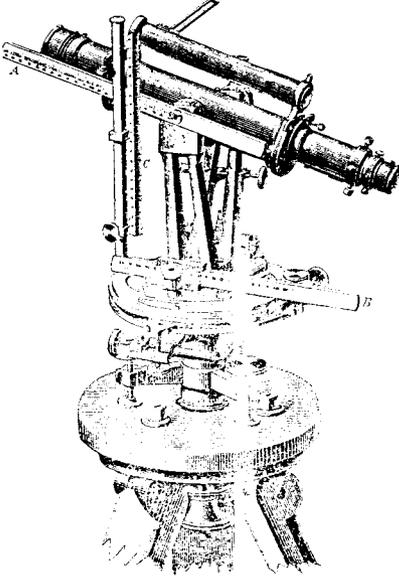
Dürbünde sabit yatay çizgilerle (paralaks açısı sabit) uzunluk ölçme fikri ilk defa 1674 de G.MONTANARI tarafından 12-15 eşit aralıklı yatay çizgilerle gerçekleştirilmiştir. 1771 de J. WATT, iki yatay çizgi ve bir düşey çizgi ile uzunluk ölçmeyi başarmıştır. 1778 de optikçi W.GREEN de aynı şekilde bir alet geliştirmiştir. Optik uzunluk ölçümü geniş uygulamasını Bavyera kadastro ölçülerinde Ertel-Werk firması kurucusu Georg von REICHENBACH (1771-1826) tarafından 1810 da plançeteye takılan uzunluk ölçer çizgileri ile bulmuştur. 1823 de italyan optikçi Ignazio PORRO (1801-1875) dürbünde analitik açının köşesini mercek yardımı ile düşey eksene getirdi (analaktik dürbün), 1839 dan itibaren aletine takeometre (hızlı ölçen) denildi.



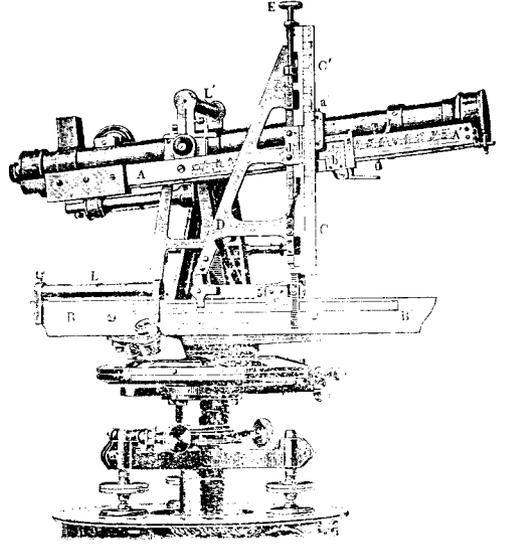
Şekil-7.13: Eğim vidalı takeometre (Vogler)



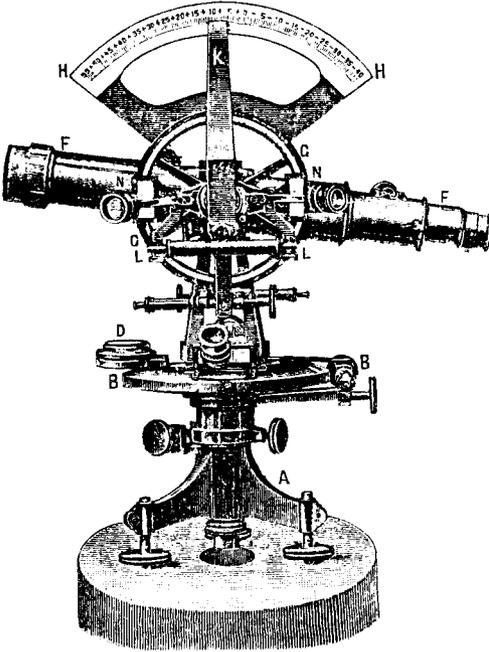
Şekil-7.14: Redüksiyon takeometresi (Sanguet, 1866)



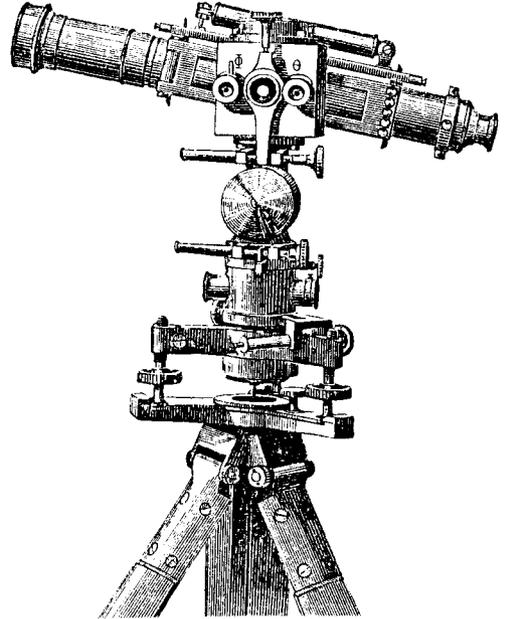
Şekil-7.15: Sürgülü takeometre  
(1874)



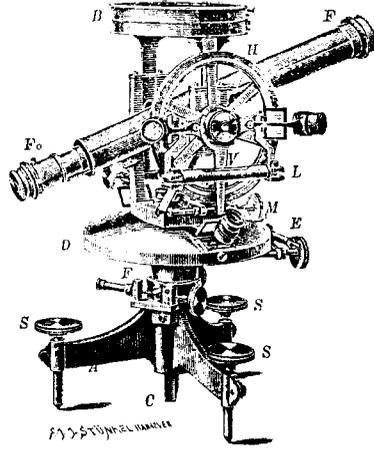
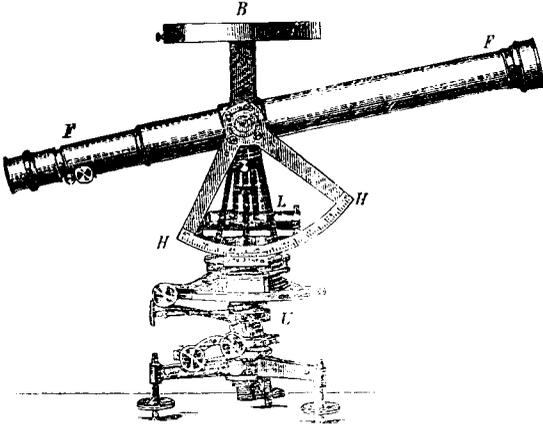
Şekil-7.16: Sürgülü takeometre  
(Wagner-Fennel 1876)



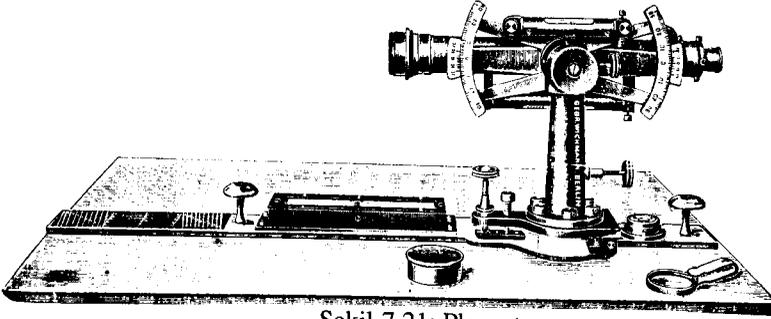
Şekil-7.17: Takeometre 1896



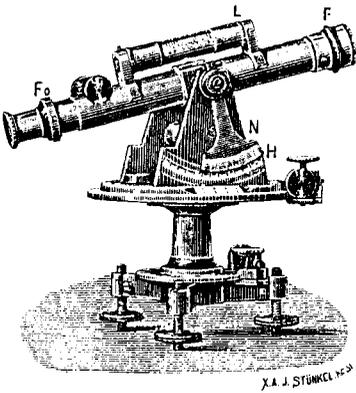
Şekil-7.18: İtalyan takeometresi (Cleps, 1884)



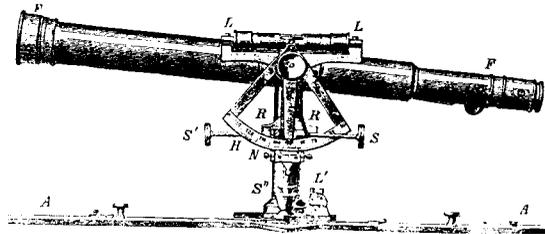
Şekil-7.19:Takeometre (Reichenbach,1875) Şekil-7.20:Takeometre (Stünkel-Hannover)



Şekil-7.21: Plançete



Şekil-7.22: Nivo-teodolit

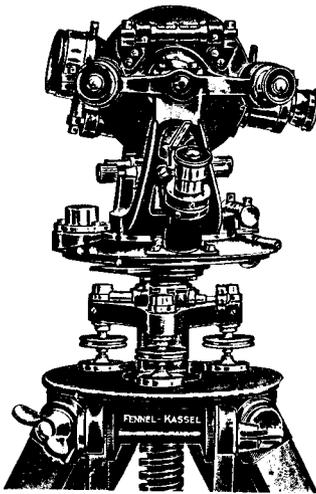


Şekil-7.23: Plançete

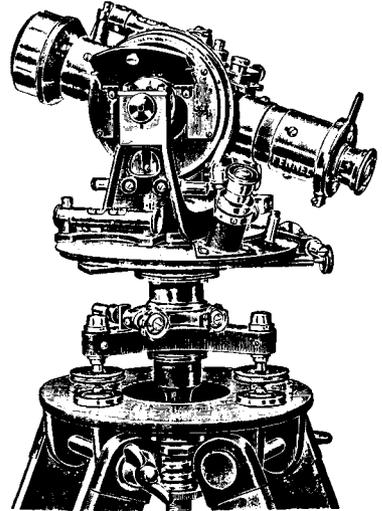
1800 de Amerikalı Mühendis Albay HOGREWE, tanjant vidasını buldu ve nivoda bunu eğim vidası olarak kullandı. Bu vidanın çevrilmesi ile nişan eksenini belli bir miktar düşey düzlemde hareket ediyordu. 1839 da STAMPFER bu ilkeye dayanan bir giriş vidadı ile optik uzunluk ölçmeyi başardı. Bu ilke geliştirilerek tanjant takeometresi veya kontakt takeometreleri yapıldı. Bununla yatay uzunluk ve yükseklik farkı otomatik olarak ölçülebiliyordu (şekil-7.13 ve 7.14) . 1866 da Fransız SANGUET, düşey bölümlü bir kontakt takeometre yaparak Fransa, İtalya ve İsviçre'de binlerce sayıda satışı yapıldı. Sanguet takeometresi Fransa'da 1970 li yıllara kadar yapıldı ve kullanıldı. Bu konuda CHARNOT (1889), HİLDEBRAND (1898) ve DORGENS (1900) de katkıda bulunmuşlardır.

1822 de İtalyan bilim adamı NEGRETTI, takeometre için  $100 \cdot \cos^2 \alpha$  ve  $1 \cdot \cos^2 \alpha$  cetvelleri hazırladı. 1878 de Avusturyalı A.TICHY, logaritmik takeometreyi geliştirdi. Oküler mikrometrelili ilk aleti 1884 de STARKE tarafından Viyana'da, optik kamalı bir başka tipi de 1890 da OTT firmasında yapıldı. İtalyan mühendisleri RONCAGLI ve URBANI, 1890 da takeometrelerde iki sabit yatay kıl yerine dürbünün odak düzleminde nişan eksenine göre yatay ve düşey yönde kaydırılabilen iki çift çizgi önerdi. bu öneri diyagram takeometrelerin başlangıcı sayılmaktadır. 1893 de Stuttgartlı Prof. Ernst von HAMMER (1858-1925), otoredüktör (otomatik redüksiyon yaparak yatay uzunluğunu veren takeometre) yaptı. Daha sonra 1901 de OTTO FENNEL firması ile geliştirdiği bu diyagramlı takeometreye Hammer-Fennel takeometresi denildi (şekil-7.25).

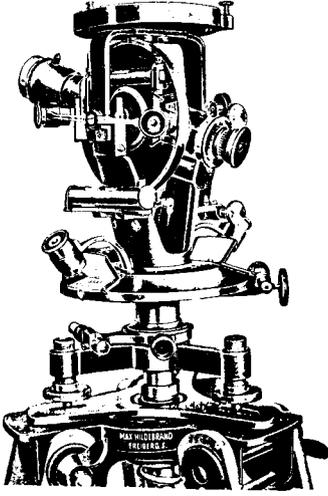
19. yüzyıl sonlarına doğru baz istasyonda ilkesine dayanan ve hedefte miraya gerek duyulmayan çok sayıda uzunluk ölçme aletleri yapıldı. Bu ilkeye göre ilk defa 1781 de BRANDER bir borunun uçlarına ayna koyarak her iki objektifte görüntüleri çakıştırmak suretiyle bir alet yapmıştı. 1790 da RAMSDEN, yarı görüntülü uzunluk ölçeri tanımladı. Buna göre 1888 den itibaren İngiliz firması BARR & STROUD ve daha sonra CARL ZEISS JENA ve C.P.GOERZ (Berlin), yarı görüntülü uzunluk ölçerleri yaptılar. Carl PULFRICH (1858-1927), 1896 da stereoskopik uzunluk ölçme ilkelerini buldu. Carl Zeiss firmasında GROUSILLIER'in 1893 yılındaki buluşuna göre üç boyutlu görüntülü uzunluk ölçeri (stereotelemetre) yapıldı (bu konudaki gelişmeler için bkz. 8.9.4).



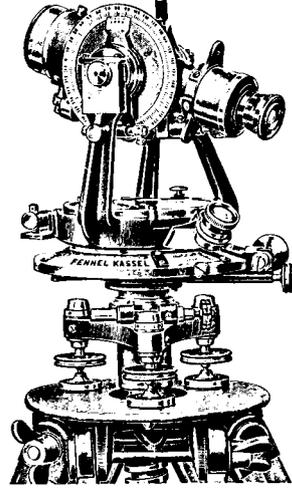
Şekil-7.24:Takeometre (Fennel)



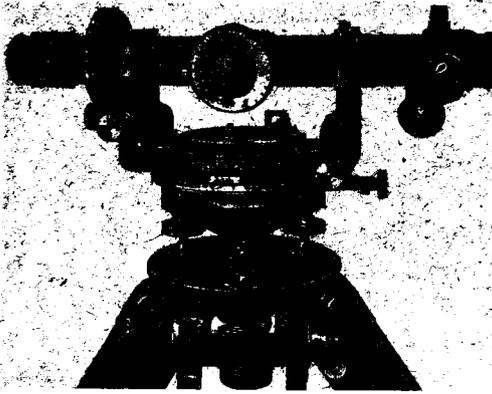
Şekil-7.25:Hammer-Fennel diyagram takeometresi



Şekil-7.26:Pusulalı takeometre (Hildebrand)



Şekil-7.27:Pusulalı takeometre (Fennel)

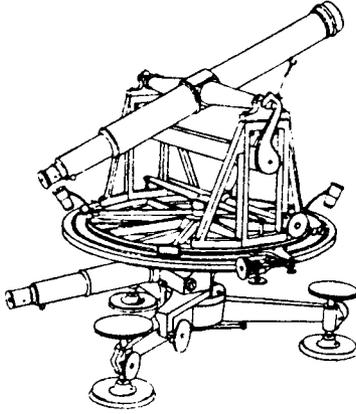


Şekil-7.28: Buliz (Breithaupt)

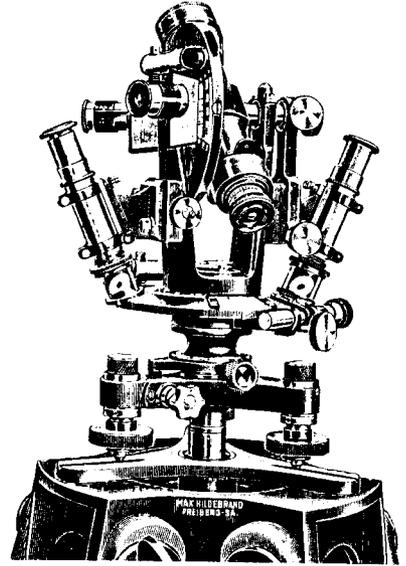
#### 7.7.4 Teodolit

Teodolitlerin bu yüzyılda bir çok elemanları gelişmiştir. Oküler görüntüleri KELLNER'in 1849 da üç merceklı Ramsden oküleri ile daha büyük ve keskin görüntüler sağlamıştır. Açık tablasının bölümlenme makinaları geliştirilerek daha hassas bölümlenmeler yapılmıştır. Bölümlenme için 1803 de REICHENBACH kopya yöntemi ilkesine dayanan bir yöntem uygulamıştır. OERTLING 1840 da ilk otomatik bölümlenme makinasını yapmıştır. 19. yüzyıl sonunda Gustaf HEIDE (1846-1930), globoid spiralini yapmıştır. 1785 de Fransız astronomu BORDA (1733-1799), teodolitlerde yeni bir eksen sistemi önermiş, Reichenbach ise 1804 de repetisyon teodolitinde bu eksen sisteminin bir başka türünü önermiştir. Eksen sisteminin bir daha başka türünü Hamburglu mekanikçi REPSOLD 1830 da uygulamıştır. Zorunlu merkezleştirme için BREITHAUPT firması 1840 da aletin üst tarafını altından ayıran bir sistemle çözmüş, HILDEBRAND ise bunu 1876 da Freiberg küresi ile başarmıştır.

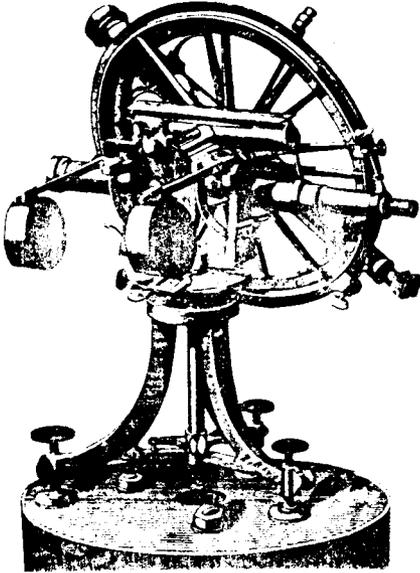
Pratik çalışmalar 1. dünya savaşı sonunda şehir ölçmelerinde hassas poligon ölçüleri ile başlamış olup 1878 de HILDEBRAND, Prof. Chr. August NAGEL'in (1821-1903) önerisi ile ilk optik çekülü yapmıştır.



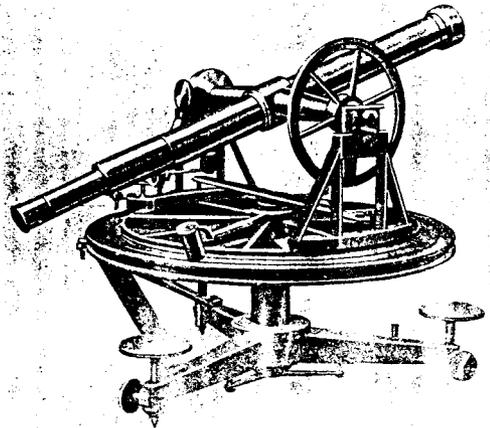
Şekil-7.29:Reichenbach'ın 12 inçlik teodoliti (1812)



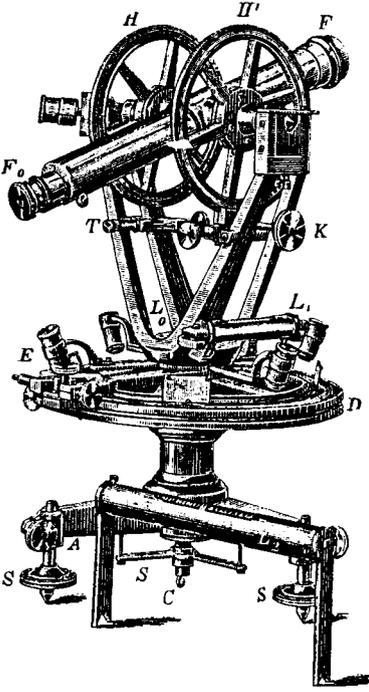
Şekil-7.30: Hildebrand'ın 8 cm lik skala mikroskoplu teodoliti



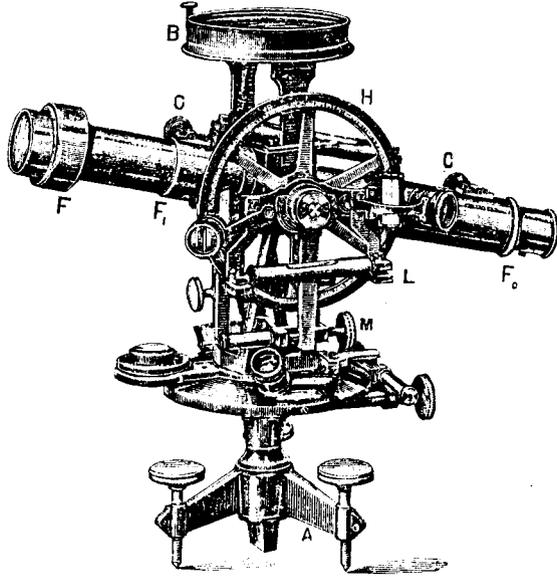
Şekil-7.31: 10 inçlik Borda teodoliti (1825)



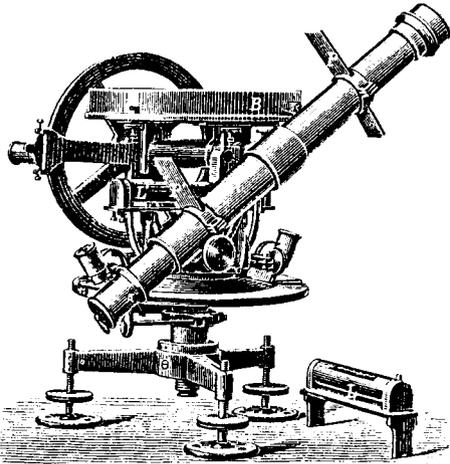
Şekil-7.32: Gauss'un 1822-25 de kullandığı Reichenbach teodoliti



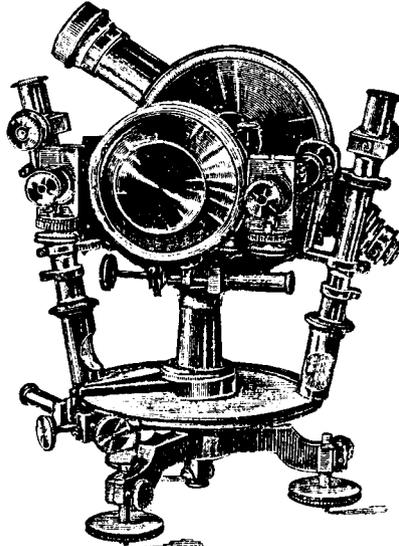
Şekil-7.33: Pfaff (Hannover) teodoliti



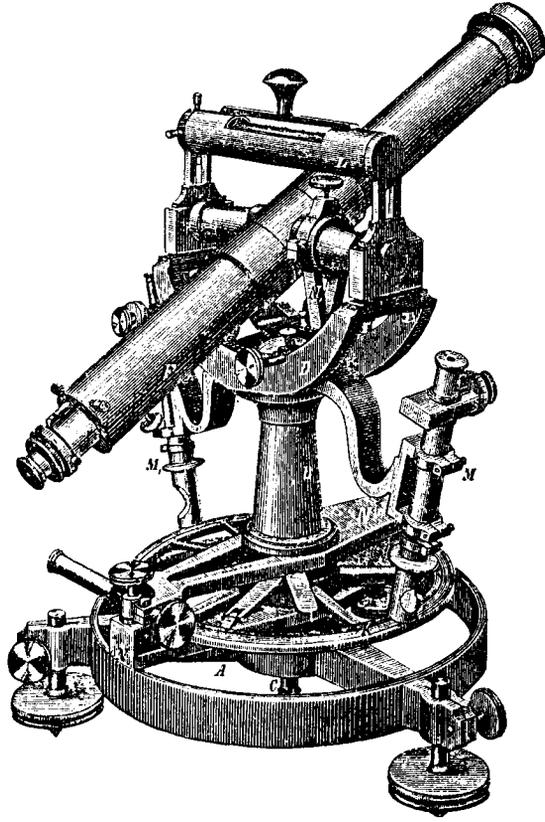
Şekil-7.34: Pusulalı teodolit



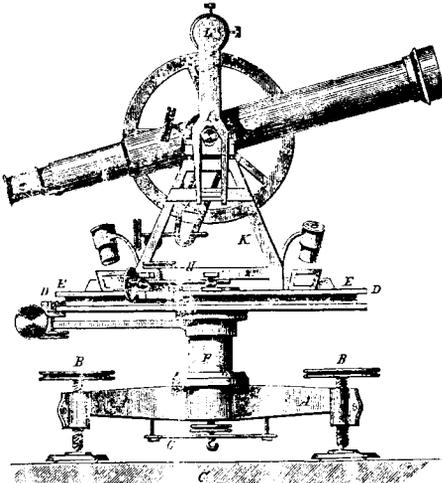
Şekil-7.35: Dış merkezli teodolit



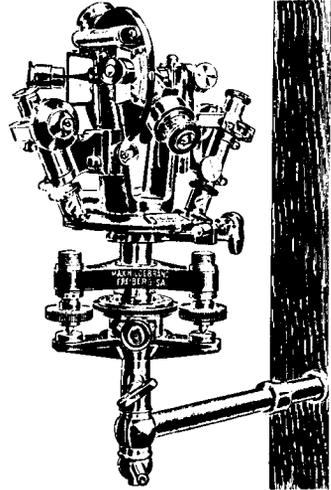
Şekil-7.36: Mikroskoplu teodolit



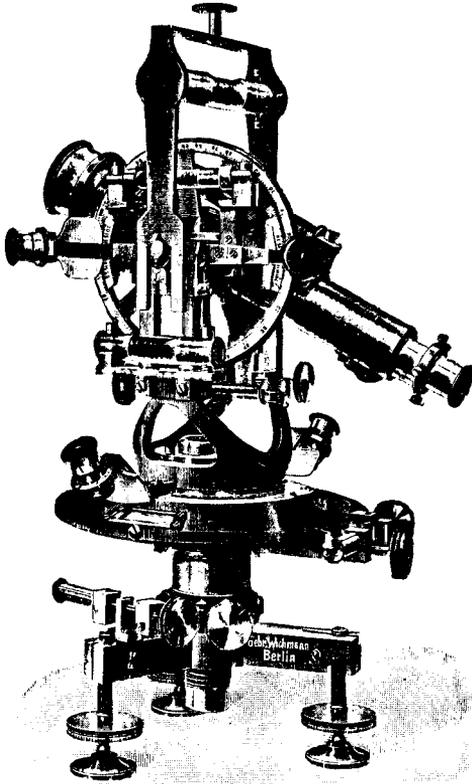
Şekil-7.37: Teodolit (Bamberg)



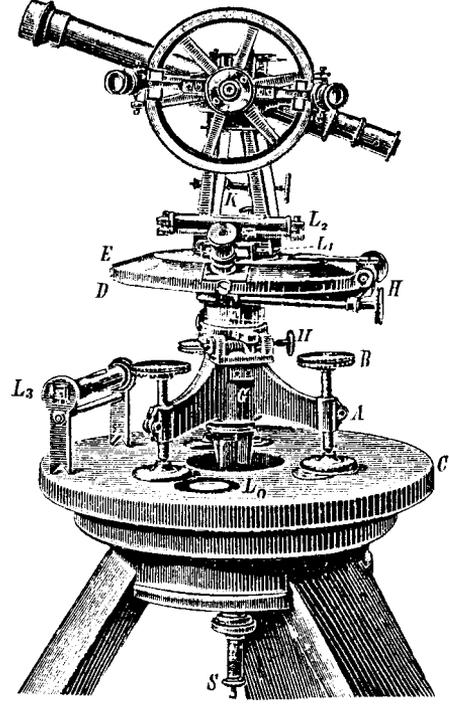
Şekil-7.38: Teodolit (Ertel,1823)



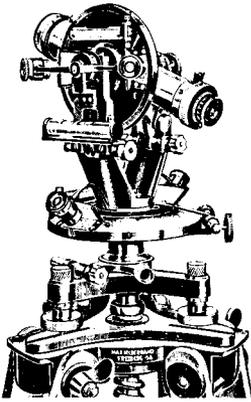
Şekil-7.39 Madenci teodoliti (Hildebrand)



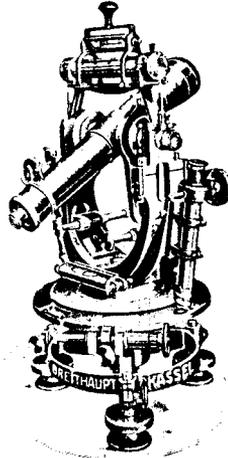
Şekil-7.40: Teodolit



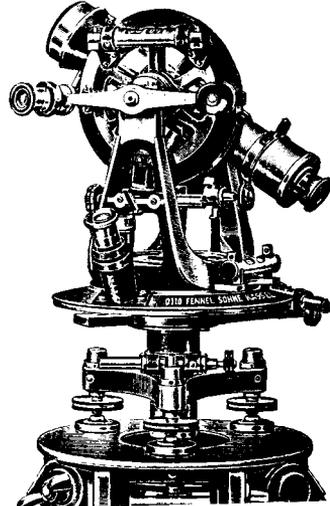
Şekil-7.41: Küçük teodolit



Şekil-7.42: Hildebrand'ın küçük teodoliti



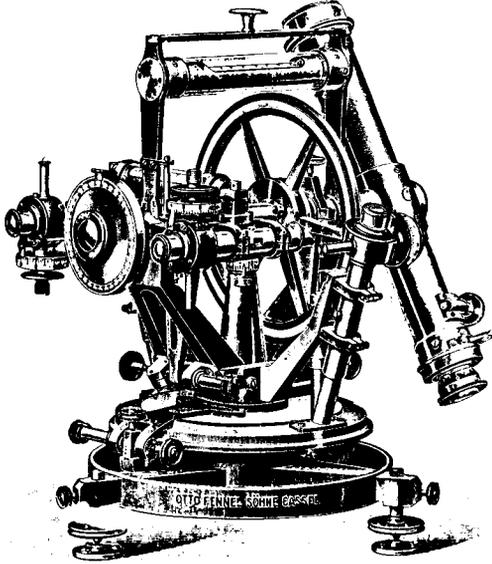
Şekil-7.43: Breithaupt & Sohn teodoliti



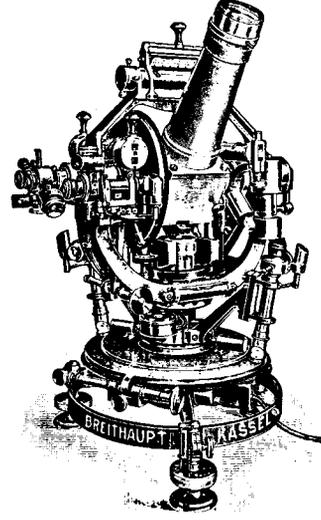
Şekil-7.44: Otto Fennel & Söhne teodoliti

### 7.7.5 Universal (Astronomik) Aletler

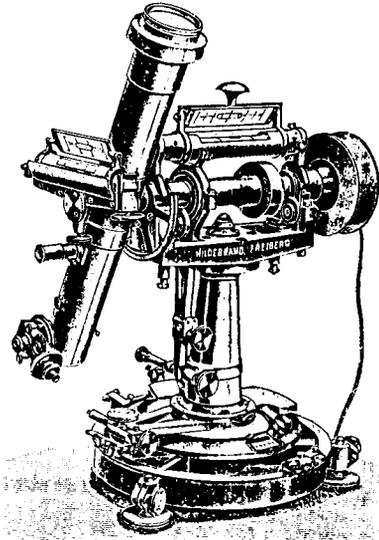
Bu aletler astronomik ve hassas jeodezik çalışmalarda kullanılan büyütmesi büyük dürbünlü, hassas düzeçli, yatay ve düşey daireleri daha büyük olan duyarlı teodolitlerdir.



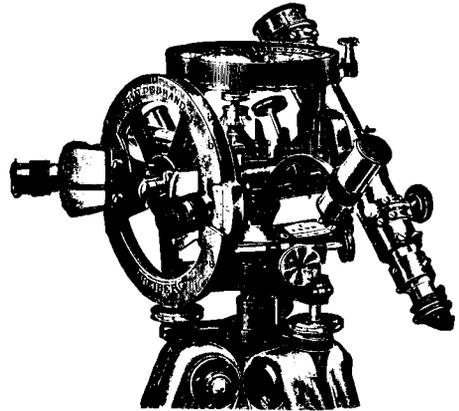
Şekil-7.45: Universal alet (Fennel)



Şekil-7.46: Universal alet (Breithaupt)



Şekil-7.47: Universal alet (Hildebrand)



Şekil-7.48: Universal alet (Hildebrand)

## 7.7.6 Jeodezik Alet Yapan Firmalar

Aşağıda jeodezik alet yapımçı firmaların en önemlileri, ülkelerine göre alfabetik sırada verilmiştir. Bu firmalar daha çok 19. yüzyıldaki optik klasik jeodezik aletler yapımı ile uğraşmışlardır. Günümüzde elektronik aletlere geçiş ile bu firmaların çoğu kapanmış, sahibini veya ismini değiştirmiş veya birbirleri ile birleşmişlerdir. Bu listenin altında bu firmalardan bazı ünlülerinin hikayeleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

### Almanya

Carl Zeiss Oberkochen (1846)  
Carl Zeiss Jena (1846)<sup>1)</sup>  
Breithaupt & Sohn-Kassel (1762)  
Otto Fennel Söhne K.G.-Kassel (1851)  
Askania, Berlin-Fridenau (1871)<sup>2)</sup>  
Ertel-Werk, München (1800)  
Freiberger Praezisionsmechanik, Freiberg-Sachsen (1791)  
Aristo-Werke. Dennert & Pape, Hamburg/Altona (1862)  
Gustav Heyde Dresden (1872)<sup>3)</sup>  
A.Ott, Kempten (1873)  
Haff, München (1835)  
Sartorius-Werke A.G. Göttingen (1870)  
C.Sickler, Karlsruhe (1853)  
R.Reiss, Bad Liebenwerda (1882)  
R.Fuess, Berlin/Stieglitz (1865)  
Th.Rosenberg, Berlin  
W.Stiegel, Kassel  
Max Hildebrand, Freiberg/Sachsen (1791)<sup>4)</sup>  
George Butenschön-Hamburg  
Theis GmbH & Co. Breidenbach/Wolzhausen  
A.Pessler & Sohn, Freiberg/Sachsen (1848)  
Hensoldt-Wetzlar  
G.Nestle KG, Dornstetten  
P. J. Steinke, Berlin (1896)  
Möller-Wedel  
L. Tersdorpf, Stuttgart  
Jaehnert- Göttingen

### İsviçre

Kern & Co, AG Aarau (1819)  
Wild Heerbrugg AG (1921)<sup>5)</sup>  
C.Coradi, Zurich (1880)  
Haag-Streit, Bern

### Avusturya

R. & A. Rost-Wien (1888)  
Gebr. Miller GmbH- Innsbruck<sup>6)</sup>

1)1846 da kurulan Carl Zeiss Jena firması 1945 de Almanya'nın bölünmesi ile Batı Almanya'da (Oberkochen) ve Doğu Almanya'da (Jena) olmak üzere 2 fabrika oluştu. 1991 de iki Almanya'nın birleşmesi ile bu firmalar tekrar birleştiler

2) Askania firması 1960 da Continental Elektro Industrie AG ile birleşti.

3) Daha sonra VEB Feinmess-Dresden oldu.

4) Daha önceki ismi August Lingke & Co GmbH dir, Şimdi VEB Freiberger Praezisionsmechanik oldu.

5) Kern firması ile 1988 de birleşerek Wild-Leitz oldu.

6) Artık teodolit yapmamaktadır.

<b>İtalya</b>	Filotecnica Salmoiraghi-Milano (1865) <sup>1)</sup> Nistri-Roma OMI (Optica Meccanica Italiana)-Roma Officiene Galileo-Florence (1866)
<b>Japonya</b>	Sokkisha Co. Ltd. -Tokio (1920) Koizumi Nippon Kogaku (Nikon)-Tokio (1917) Fuji-Corona Seiki Ltd.- Tokio (1929) Tokio Optical Co. (Topcon)-Tokio (1932) Fuji Surveying Instrument Co. Ltd. -Tokio (1929) Asahi Precision Co. (Pentax) - Tokio
<b>Fransa</b>	H. Morin- Paris Slom - Paris Sopelem (SOM)- Paris <sup>2)</sup> Sfom-Rueil Malmaison <sup>3)</sup>
<b>İngiltere</b>	Hilger Watts Ltd.-London (1856) <sup>4)</sup> Vickers Instruments ltd.-York Barr & Stroud- Glasgow (1888) Cooke, Troughton & Simms -York (1686) <sup>5)</sup> Tavistock - Devonshire (1926) W.F. Stanley & Co. London (1853) Tellurometer Ltd (Tellumat) Rank Taylor Hobson Ltd, Leicester
<b>ABD</b>	Keuffel & Esser Comp. Morristown/New Jersey (1867) The Lietz, Co. Overland Park/Garson (1882) Dietzgen Corp. Chicago/Illinois Berger Instr. Comp. Boston Hewlett-Packard <sup>6)</sup> W. & L.E. Gurley Teledyne, Troy/New York (1845) Kelsch- Baltimore David White Instr. Wisconsin (1900) Bausch & Lomb. Rochester, New York
<b>İsveç</b>	Geotronics AB, Danderyd (1904) AGA-Geodimeter, Lidingö
<b>Macaristan</b>	MOM (Magyar Optikai Művek ) Budapest <sup>7)</sup> (1874) Gamma- Budapest

1) Porro tarafından kurulan bu firma daha sonra Franke & Optik GmbH-Giessen ile birleşti.

2) Sopelem (Societe d'Optique Precision, Elektronique et Mechanique) 1955 de Essel ile birleşti.

3) Sfom (Societe Francaise d'Optique et de Mechanique)

4) Daha sonra Rank Precision olan bu firma halen Hall & Watts Ltd. St Albans ismi ile teodolit yapmaktadır.

5) Kuruluşu 1626 yıllarına kadar giden ve 1922 de bu ismi alan firma şimdi Vickers Ltd. ismini almıştır.

6) 1983 e kadar elektronik uzunluk ölçer ve takeometre yapıldı.

7) Daha önceleri (1876-1931) Ferdinand Süß tarafından yapılıyordu.

<b>Polonya</b>	PZO- Warshaw <sup>1)</sup>
<b>Çekoslovakya</b>	Me-Opta, Prag <sup>2)</sup> (1945)
<b>Bulgaristan</b>	NppGp - Sofya
<b>Rusya</b>	Aerogeopribor- Moskova Charkower Werk (1938)
<b>Hindistan</b>	National Instr. and Ophthalmic Glass, Calcutta (1830)
<b>Çin Halk Cumhuriyeti BOIF</b>	(Optik Jeodezik aletler)

### 7.7.7 Jeodezik Alet Yapan Firmalardan Bazılarının Kısa Tarihçeleri

**BREITHAUPT & SOHN/KASSEL** Jeodezik aletleri yapan firmaların en eskisidir ve 1762 yılında Kassel/Almanya da Johann Christian BREITHAUPT (1736-1799) tarafından kurulmuştur. Astronomik, tıp ve özellikle jeodezi aletleri yapımı için planlanmıştı. 1795 de plançete ve alidat holometrik aletleri yapıldı. Kurucunun ölümünden sonra oğlu Heinrich Carl Wilhelm B. (1775-1856) yönetimi ele aldı ve 1798 de yeraltı ölçme (Markscheide) aletleri yaptı. 1824 de arazi ölçümü ile ilgili bir kitap yazdı. Kardeşi Friedrich wilhelm B. (1780-1855), açı tablası bölümleyen bir alet yaptı. Repetisyon teodoliti, nivo gibi aletlerin yanında Gauss'a bir helyetrop yaptı. Oğlu Georg August B. (1806-1888), firmaya 1838 de girdi.

4. kuşak olarak Friedrich Wilhelm B. (1840-1907) ve Wilhelm B. (1841-1931) ile bu fabrika 1868 de 1000. nivo, 1871 de 1000. yer altı pusulası, 1872 de 1000. teodolit yaptılar. 5. kuşak Dr. Georg Hermann August B. (1873-1957) da geleneğe bağlı olarak 1900 da firmaya girdi ve ölçme aletlerini geliştirdi. 6. kuşakta oğlu Friedrich Carl Joachim B.(1907-1967) da firmaya girerek Çin'de açılan fabrikada görev aldı.

2. Dünya Savaşında fabrika yıkıldı. Savaştan sonra yeniden kurularak modern bir görünüm aldı. 1965 de Bonn üniversitesinden H. ZETSCHKE (1912-1983) işbirliği ile sayısal teodolit (Digigon) yapıldı. 7. kuşak olarak oğulları George Ernst B.(1938) ve Hans-Helmut B. (1942), yönetime geçtiler.

Bugün 400 000 firma aleti bütün dünyada kullanılmakta ve 120 ülkede temsilcilikleri bulunmaktadır (*Grossmann, Hoitz, AVN 1962, S.402, de 200. kuruluş yılı ile ilgili yazılar vardır*).

**VEB FREIBERGER PRAEZISIONSMECHANIK** 1791 de Gotthelf STUDER, Freiberg/Sachsen de bir atölye açtı ve Friedrich LINGKE işletmeyi devam ettirdi. Daha sonra bu firmanın adı August Lingke & Co. GmbH oldu. 1873 de bu firmaya Max HILDEBRAND (1839-1910) girerek kendi adını firmaya verdi. I. derece nirengi ve astronomik gözlemler için aletler yapıldı. 1910 da oğlu Walter HILDEBRAND (1876-1970) firmanın başına geçti. 1924 de Darmstadt ve Hannover'de onur doktoru ünvanı alan Walter H. , 1943 de fabrika naziler tarafından elinden alınarak kendisinin fabrikaya girmesi yasaklandı. 1950 de Doğu Almanya bölgesinde kalan fabrikanın ismi VEB Freiburger Praezisionsmechanik oldu<sup>3)</sup>

1) PZO (Polskie Zakłady Optyczne= Polonya optik işletmesi)

2) 1923-1965 arasında ismi Srb & Stys. dir.

3) VEB (Volkseigene Betrieb =Halkın kendi işletmesi) anlamındadır.

**ERTEL-WERKE A.G.** Münih'de Bavyera ilimler akademisininin 1800 de 600 Gulden yardımları ile işe başlayan Georg von REICHENBACH (1772-1826), zamanın en hassas ve diğerlerine göre daha küçük bir açı ölçme aletini yaptı (*Preyss*). Özellikle yeni bir açı tablası bölümlleme makinası yaptı. Dürbüne kendi ismi ile anılan çizgileri koyarak uzunluk ölçme işini çözdü. Bu firmada Soldner, Utzschneider ve Fraunhofer gibi bilim adamları da çalıştılar. Ölümünden sonra ortağı T.R.ERTEL (? -1858), firmanın başına geçti. Jeodezi aletleri yapımına devam edildi. Bölüm dairesi okumaları için mekanik mikrometreli mikroskop eklendi. Fabrikasında akord işini önerdi. Ölümünden sonra oğlu Georg ERTEL yönetime geçerek hassas düzeç ve plançete yapıldı. Daha sonra 1876 da August DIETZ yönetime geçerek redüksiyon takeometresi yaptı. 1921 de firmanın başına W.PREYSS geçti. Alüminyumdan yapılan aletler hafif olduğu için kullanıldı. 1935 den itibaren firmanın ismi "ERTEL-WERK für Feinmechanik" oldu. 2.Dünya Savaşındaki bir hava akınında fabrika yıkıldı. Savaştan sonra oğlu ve 12 eski çalışanlarla birlikte firma yeniden kuruldu. 1945 de inşaat ölçme aletlerine ağırlık verildi. 1954 de otomatik nivo yapıldı. Aletlerinde gün ışığına gerek duyulmayan çok ucuz ve basit bir yöntemle çalışan bir aydınlatma cihazı eklendi. Son yıllarda gelişmelere paralel olarak elektronik çalışmalara ağırlık verildi(*VR 1962, S.463 160. yıl, Zfv 1962, S.455, AVN 1962, S.449*).

**KERN & Co. AARAU** firması 1819 da Jacob KERN (1790-1867) tarafından Aarau/İsviçre'de mekanik bir atölye ile işe başladı. Önceleri pergel yapılan bu fabrikada 1824 de teodolit yapılmağa başlandı. 1863 de emekli olunca iki oğlu bu işe devam etti. 1925 de dürbün ve 1938 de İsviçre ordusu için optik aletler yapıldı. Daha sonra gelişen firmanın 1954 de ABD'de, 1972 de Kanada, Brezilya ve Danimarka'da fabrikaları açıldı. 1962 de ilk fotogrametri aleti yapıldı. 1973 de EDM yapmağa başladılar. 1980 de Hamburg'ta uluslararası kongrede ilk defa analitik fotogrametri aletleri gösterildi. 1981 de elektronik teodolit yapıldı. Bu gün Aarau ve Buchs'ta çalışan personeli 1100 olup bu firmanın üretiminin % 66 sı ölçme aletleri ve fotogrametrik aletler, % 13 ü çizim aletleri ve dürbün, % 12 si askeri amaçlı optik aletler, % 9 u fotoğraf-sinema aletleridir. Bütün dünyada 120 temsilciliği ve 4 yerde fabrikası vardır. 1988 de Wild-Leitz grubuna katıldı.

**CARL ZEISS** Kendi adı ile anılan firmanın kurucusu Carl ZEISS (1816-1888), 1846 da Jena/Almanya da başlangıçta mikroskop yaparak işe başladı. Ölümünden sonra firmanın başına birlikte çalıştığı ünlü fizikçi Ernst ABBE (1840-1905) geçti. 1886 da 300 elemanı varken bu rakam 1900 de 2000 e ulaştı. 1890 da foto bölümü açıldı. Aynı yıl Abbe, Carl PULFRICH'i (1858-1927) firmaya aldı. 1892 de Pulfrich'in yönettiği optik ölçü aletleri bölümü açıldı. 1904 de ilk takeograph aleti yapıldı. Bu alet topografik alım için teodolit olarak kullanıldığı gibi nivo olarak da kullanılıyordu. Aynı yıl fototeodolit yapıldı. 1900-21 arasında Heinrich WILD (1877-1951) bu firmada çalıştı. 1908 den itibaren jeodezi aletleri bölümü şefi idi. 1900-14 arasında yaklaşık 4000 jeodezik alet yapıldı. 1914 de 1. Dünya Savaşı dolayısı ile üretim durdu. 1921 de R.BOSSHARDT tarafından önerilen çift görüntülü redüksiyon takeometresi (Redta) yapıldı. 1924 de optik teodolit Th 1 ve 1930 da ilk skala mikroskoplu Th 4 yapıldı. 1931 de bağımsız olan fotogrametri bölümü, Dresden'deki E.O.MESSTER'in başında bulunduğu Aerotopograph GmbH ile birleşerek Zeiss-Aerotopograph GmbH kuruldu. İki savaş arasında firma büyük gelişmeler gösterdi. Bu sırada "Redta" ve Norveçli DAHL'in 1919 da patentini aldığı takeometre "Dahlta" yapıldı. Kadaströ ölçmeleri için lodis (1930) ve Kiplodis (1932) yapıldı. 1880 den beri ağaçtan yapılmış baz latası kullanırken 1906 da ilk defa PULFRICH çelik borudan yapılmış bir baz latası kullandı. 1923 de invar baz latası yapıldı. 1945 de 2.Dünya Savaşı sonrası bir kısım teknisyen batıya geçerek kurdukları firmaya önceleri Zeiss Opton Feintechnik GmbH ve daha sonraları Carl Zeiss-Oberkochen ismi verildi. Jena'da kalan fabrikada VEB Carl Zeiss-Jena ismini aldı. Bu

gün her iki fabrikada da mesleğin en güzel aletleri yapımı devam etmektedir. Oberkochen'de 1950 de yapılan otomatik nivo (Ni 2), Ni 3, Th 3, Th 4 ve 1972 de Münih ve 1976 da Montreal olimpiyatlarında kullanılan Reg-Elta (**Registrierte elektronische Tacyhmeter**=kayıt eden elektronik takeometre) uzunluk ölçü aletleri meslek çevrelerinde tanınmıştır. Jena'da ise nirengi ve poligon çalışmalarında kullanılan Theo 010 teodoliti ve hassas nivo koni 007 gibi ünlü aletlerin dışında takeometrelere takılan yuvarlak çizim masası (Kartiertsch), uzunluk ölçer Dimess ve daha bir çok jeodezik ve fotogrametrik aletler sayılabilir. Jena'da 1945-83 yılları arasında 200 000 Nivo (Freiberg dahil) yapıldı. 1909-1971 arasında yapılan 77 000 teodolit sayısına ise 1971-82 arasında ulaşıldı. Doğu ve batı Almanyanın 1991 de birleşmesi ile bu iki fabrika da yeniden birleşmiştir.

**OTTO FENNEL & SÖHNE KG-KASSEL** firması 1851 de Otto FENNEL (1826 -?) tarafından Kassel/Almanya'da kuruldu. Önceleri askeri topçu dürbünü ile işe başladı. Çocukları Adolf F. (1860-1953) ve Otto F. iş başına geçince Viyana lı Prof. HAMMER (1858-1925) ile 1900 da Hammer-Fennel takeometresini yaptılar. 1950 den itibaren firma Heinrich KOLB tarafından ölümüne kadar (1960) yönetildi. 1961 de KT 1 jiroskobu, 1963 de Code teodolit yapıldı. 1964 de firmanın ismi Otto Fennel GmbH & Co. oldu. Firma 1968 e kadar aile ismini taşıdı ve bu tarihte Steinhheil-Lear-Siegler AG firması tarafından satın alınarak Münih civarında Ismaninger'e taşındı. 1977 de Theis-Führer & Co tarafından Fennel'in jeodezik aletleri yapma hakları satın alınarak Fennel programı Führer & Co.- Baunatel tarafından yürütüldü. 1978 den itibaren Geo-Fennel ismi ile yine Kassel'de vaktiyle Fennel'de yetişen teknisyenlerin kurduğu Führer & Co ile birleşerek Geo-Fennel, Führer & Co adı ile çalışmalarına devam ettiler(*Verm. Ing. 1970/1,1971/1,1972/1*).

**GUSTAV HEIDE** kendi adı ile anılan firmanın kurucusu Gustav HEIDE (1846-1930), 1860 lı yılların sonunda Viyana'ya geldi. Starke-Kammerer firmasında bir süre çalıştı. Burada çalıştığı arkadaşlarından Coradi, Ott ve Corssika daha sonraları kendi firmalarını kurdular. G.Heide 1872 ye kadar Viyana'da kaldı. 1872 de Dresden'de kendi firmasını kurdu. Başlangıçta nivo, teodolit gibi ölçü aletleri yaptı. Kendisine Dresden Teknik Üniversitesinden Prof. NAGEL (1821-1903) yardımcı oldu. 1870 li yılların sonunda astronomik aletler yapmağa başladı. Bir hesap makinası ve tren hızını ölçmek için bir alet yaptı. Rus çarı 1890 lı yıllarda St. Anna madalyası, Dresden Teknik Üniversitesi onur doktoru ünvanı verdi. I.Dünya Savaşı başladığında yabancı olduğu bazı alet yapma görevi verilince emekli oldu. Firmanın ismi daha sonra VEB Feinmess Dresden oldu. Artık jeodezik aletler yapmayan bu firmalar VEB Carl Zeiss Jena çatısı altında birleşti.

**ASKANIA-WERKE** 1871 yılında carl BAMBERG (1847-1892), Berlin'in kuzeyinde Thüringen'de küçük bir atölye ile işe başladı. Daha sonra Berlin-Fridenau'ya geçerek firmayı genişletti. Kendi yaptığı açılı tablası bölümlerle makinası 2. dünya savaşı sonuna kadar kullanıldı. Bu arada 1881 de "Zeitschrift für Instrumentenkunde" (Alet bilgisi dergisi) ni çıkardı. Chicago, Houston, Paris ve Tokyo'da yan işletmeler kurdu. Jeodezik aletlerin dışında gravimetre vb jeofizik aletleri de yapmağa başladı. İlk otomatik yükseklik indeksli teodolitler 1956 da bu firmada yapılmıştır. 2. Dünya Savaşı sonunda bütün fabrikalarında 24 000 kişi çalışıyordu. 1942 de Prof. Erwin GIGAS (1899-1976) ın önerisi ile 27 cm yatay açılı tablalı bir nirengi teodolitine fotoğraf makinası yerleştirerek bölüm dairesi çakıştırma ve okuma işlemi büroya taşındı. 1958 de yine Gigas'ın önerisi ile elektrikli göz denilen bir alet yapıldı. 1960 da birkaç firma ile birleşerek ContinentalElektroIndustrie A.G. (Berlin/Mariendorf) firması kuruldu(*BuL,1941,S.166*). Franke'nin Askania teodolitleri artık Dietzgen, Europa firması tarafından yapılmaktadır (*Deumlich 1990*).

**WILD-HEERBRUGG** Heinrich Wild (1877-1951), 1900-21 yıllarında çalıştığı Zeiss firmasından 1921 de 15 arkadaşı ile ayrılarak Heerbrugg/İsviçre'de kendi firmasını kurdu ve okumaları dürbün okülerinin yanında olan bir teodolit yapmağa başladı. Th 1 adını alan bu aletlere daha sonra T2 denildi ve 1923 yılında piyasaya çıktı. Bunlardan sonra T1, T2, T3, N2, N3 aletleri yapılmağa başlandı. 1928 de Fototeodolit P3, Autograf A2 yapıldı. 1931 ekonomik krizinde çalışanların yarısı ayrıldı. 1935 de A5 kıymetlendirme aleti, 1937 de hava kamarası RC3 ve 1938 de A6 yapıldı. 1939 da fabrikada 630 kişi çalışıyordu ve 37 temsilcilikleri vardı. 1944 de T4, 1950 de RDH, 1951 de RDS, 1958 de RC8 ve otomatik yükseklik indeksli T1 ve stereokomparator STK1 yapıldı. 1962 de NA2 otomatik nivo ve RK plançetesi, 1964 de 100 000. teodolit yapıldı. B8 aleti 1964 de Lizbon fotogrametri kongresinde gösterildi. 1968 de A10 yapıldı. 1970 de Avusturya'da Wild Kaernten GmbH ve 1971 de Singapur'da özellikle nivo yapımı için bir fabrika açıldı. 50. kuruluş yılı olan 1971 de durum şöyledir: 150 000 nivo, 132 000 teodolit (bunun 357 si T4, 6860 T3, 38800 T2, 51980 T1 ve gerisi diğer teodolitler), 16 500 takeometre, 1300 DI-10, 700 jiroskop, 12900 fotogrametri aletlerinden 2450 stereokopik kıymetlendirme aleti, 1200 hava kamarası ayrıca 81 000 mikroskop. 1971 de T2 yarı sayısal bir okuma düzenine kavuştu. 1973 de DI-3, 1976 da DI 3S, 1979 da TC 1 (elektr. redüksiyon takeometre), 1980 de DI-4 yapıldı. 1981 de 70. yıl kutlandı (*Beaschlin, Strasser 1981*). 1988 de Kern firması ile birleşerek Wild-Leitz adını aldı..

## 7.8 HARITACILIK ÇALIŞMALARI

Alman haritacısı F.C.von MÜFFLING (1775- ?), Ren nehrinin orta ve kuzey Almanya bölgesinden Rus sınırına kadar olan 170 000 km<sup>2</sup> lik bölgenin 12 yılda topoğrafik alımını yaptı (*Lips*). Alman ünlü bilim adamı Carl Friedrich GAUSS (1777-1855), Danimarka nirengisinin Baviera nirengisine bağlanması amacı ile 300 noktada ölçü ve hesaplamalar yaptı. Nirenginin Hannover'den itibaren kuzey kısmını ise Heinrich Christian SCHUMACHER (1780-1852) gerçekleştirdi. Schumacher ayrıca 1845-46 yıllarında Danimarka'da Kopenhag'tan ülkenin batı kıyısına kadar nirengi yaptı. Bu nirengiye güneyde GERLING (1788-1864) bağlantılar yaptı.

1821, 1822 ve 1823 yıllarında Fransız haritacıları ve Avusturyalı astronomlar tarafından Cordouan ve Fiume kaleleri arasında  $\pm 0.5$  sn hata ile 7 boylam farkını ateş ile yapılan işaretlerle başardılar.

Rus haritacısı Karl Ivanoviç TENNER (1783-1859), Rusya'da büyük çapta jeodezik temele dayanan büyük harita işlerini organize etti.

Alman asıllı Rus astronomu STRUVE (1793-1864) meridyen yayı ölçtü. Doğu Prusya'da Bessel ile nirengi bağlantısı yaptı. Bunun için 119 üçgen ve 100 adet I.derece nokta aldı, baz için donmuş bir gölde uzunluk ölçtü. Noktalarından 71 adedi 10-30 m yüksekliğinde gözlem kuleleridir. Yaptığı ve yönettiği çalışmalarda 700 ü I. derece olan 4500 nirengi noktası, 731 adet I. derece üçgen, 11191 adet II ve III. derece üçgen ölçmüştür. Açılarının ortalama hatası  $\pm 0.49$  dir.

İsviçreli General Guillaume Henri DUFOR (1787-1875), 1832 de Genelkurmay Başkanı olduğunda İsviçre'nin kendi adı ile anılan topoğrafik haritasının 1833-65 arasında yapılmasına öncülük etmiştir.

Rus haritacısı Fjodor Fjodoroviç SCHUBERT (1789-1865), 1819 da Dorpat'ta askeri topografya başkanı olarak ve 1820 de Petersburg'ta nirengi ve topografya şubesinde çalıştı. 1824 de boylam ve enlemin birlikte elde edilmesine ilişkin bir yöntem önerdi, ancak pratik olmadığından tutulmadı. 1858 de 14531 adet noktaya ilişkin bir koordinat kataloğu yayınladı. 1859 da yer elipsoidinin üç eksenli olduğunu iddia etti.

İngiliz haritacısı Sir George EVEREST (1790-1866), 1818 den itibaren Hindistan nirengi ve kartografya çalışmalarında büyük katkılarda bulundu. 1830 ve 1847 de elipsoid boyutlarını hesapladı. Basıklığı 1:300 olarak hesaplanan bu elipsoid Hindistan'da hala uygulanmaktadır. Yaptığı çalışmalar nedeni ile yüksekliğini belirlediği dünyanın en yüksek yeri olan Himalaya'ların en yüksek tepesine adı verilerek onurlandırıldı (*Smith*).

Prusya Mareşali Helmuth von MOLTKE (1800-1891), 1835-39 yılları arasında paşa ünvanı ile II. Mahmud zamanında Osmanlı ordusunda hocalık için getirildi. 1836-37 yıllarında İstanbul'un 1:25 000 ölçekli, 1837 de Çanakkale boğazının 1:20 000 ölçekli plançete ile haritasını yaptı. 1838 de Anadolu'da 8 pafalık ve 1845-46 da Roma ve civarının 1:25 000 ölçekli haritasını yaptı.

Alman harita uzmanı Heinrich KIEPERT (1818-1899), 1840 yılında Anadolu'nun 1:1 milyon ve Osmanlı İmparatorluğunun 1:2.5 milyon ölçekli haritalarını yaptı. 1853 de Anadolu Kafkasya ve Batı İran'ı kapsayan 1:3 600 000 ölçekli harita ve 1854 de 1:500 000 ölçekli Anadolu haritası yaptı. 1868 de 1:250 000 ölçekli Batı Anadolu haritası ve 1884 de 1:500 000 ölçekli Anadolu haritası, 1897 de 1:4 milyon ölçekli Asya Türkiye'si haritası yaptı. Vefatından sonra oğlu Richard KIEPERT babasının yaptığı işlere devam ederek 1902-1906 arasında 26 pafalık 1:400 000 ölçekli Anadolu haritası yaptı (*İ.Hakkı, Ogrissek*).

Alman bilim adamı Karl Maximilian von BAUERNFEIND (1818-1894), Bavyera nivelman çalışmalarına büyük katkısı vardır. Bu çalışmalar sırasında atmosferin yapısı ve ışığı kırma özelliği ve refraksiyon konusunda araştırmalar yapmıştır.

İspanyol askeri haritacısı General Carlos IBANEZ (1825-1891), 1853 den itibaren İspanya ulusal haritası için çalıştı. 1879 da İspanya'yı Cezayir'e bir köşegenli dörtgen nirengi ile bağladı, planını ve ölçümünü yaptı. Bu projeyi 1880 de Münih'te yapılan uluslararası toplantıya sundu. 1886-91 yıllarında IAG başkanlığı yaptı.

Hollandalı haritacı Jean Abraham C.OUDEMANS (1827-1906) Leiden ve Utrecht'te çalıştı. 1860 lı yıllardan 1875 e kadar Hollanda Hindistan'ında kaldı, Java nirengisini kurdu.

Prusya dairesi harita generali Oskar SCHREIBER (1829-1905), 1875 yılından itibaren 13 yıl süre ile Prusya Ölçme Dairesi Komutanlığında nirengi şube şefi olarak çalıştı, 1888 de dairenin müdürü oldu. Nirengi ağlarında uygun ağırlık dağılımı konusunu araştırdı. 1871 de kendi adı ile anılan açı ölçme yöntemi (bütün kombinasyonlarla açı ölçümü) ve dolaylı ölçüler dengelemesinde yöneltme bilinmiyeninin yok edilmesinde kendi adı ile anılan bir yöntem önerdi.

Prusya ve Alman kadastro organizatörü ve ünlü bilim adamı Gauss'un adaşı Friedrich Gustav GAUSS (1829-1915), 1876 yılında yayınladığı iki cilt "Haritacılıkta trigonometrik ve poligonometrik hesaplamalar" isimli kitabı 1922 de 4. baskısını yapmıştır. Aynı yazarın beş basamaklı logaritma cetveli tüm okullarda ve pratikte çok kullanılan bir hesaplama aracı olduğundan 350. baskısı yapılmıştır.

1818-78 yılları arasında Fransa'nın Bonne projeksiyonunda 1:80 000 ölçekli haritası yapılmıştır. 1877-78 yıllarında Bulgaristan'ın 1:42 000 ölçeğinde haritaları yapılmıştır.

Avusturya harita albayı Robert von STERNECK (1839-1910), Viyana askeri dairesine 1864 de girerek I. derece nirengisinin jeodezik ve astronomik işlerinde 30 yıl çalıştı. 1877 de kendisinin yaptığı bir sarkaç (Sterneck pandülü) ile yerçekim ölçüleri yaptı.

Rus coğrafyacısı, kartograf, haritacı ve meteorolog Aleksej Andreeviç TİLLO (1839-1900), 1861-71 yılları arasında Orenburg'ta 1870 li yıllarda Hazar denizi ve Aral gölü arasında Rus coğrafya kurumu tarafından yönetilen araştırma işinde çalıştı. 1889 da Rusya'nın Avrupa kesiminin 50 000 nokta yüksekliğine dayalı hipsometrik haritasını yaptı.

1884 de Fransız bilim adamı Charles LALLEMAND (1857-1938), Fransa genel nivelman dairesi başına getirildi. Ortalama deniz yüksekliğini ölçmek için Maregraf yerine geçecek medimaremetr adlı bir alet icat etti. Trenyolu nivelmanında hidrostatik yöntem için 50 m uzunluğunda ve iç kesiti 0.8 cm çapında bakır boru kullandı. Daha sonraları Danimarka Jeodezi Enstitüsü direktörü Niels Erik NÖRLUNDDanimarka'ya ait Laaland adası ile Almanya'ya ait Fehmarn adası arasında yükseklik hesabı için Hidrostatik nivelman yöntemi için kurşun boru kullandı.

İtalyan jeodezicisi Annibale FERRERO (1839-1902), 1887 de kendi adı ile anılan nirengi ağlarında üçgen kapanmalarından bir doğrultuya ait hatayı veren bağıntıyı önerdi. 1892 de bu formülle Avrupa I. derece nirengilerinden 6510 üçgen için ortalama hatayı  $\pm 1''2$  hesapladı.

Alman jeodezi profesörü Christian August VOGLER (1841-1925), 1868-72 arasında hassas nivelmanla uğraştı. Nivelman ağlarının dengelenmesinde bir iterasyon yöntemi olan Gauss-Vogler yöntemini geliştirdi. 1892 de jeodezik aletler, 1894 de pratik geometri kitaplarını yazdı.

Alman jeodezi profesörü Wilhelm JORDAN (1842-1899), 1872 yılında yayın hayatına atılan ZfV (Zeitschrift für Vermessungswesen) haritacılık dergisini çıkardı. 1873 de "Pratik geometrinin cep kitabı" nı yazdı. 1877/78 de yazdığı "Handbuch der Vermessungskunde" (Ölçme bilgisi el kitabı) daha sonraları Otto EGGERT (1874-1944) ve en son olarak ta Max KNEISSL (1907-1973) tarafından geliştirilerek 10 cildi aşan JORDAN/EGGERT/KNEISSL el kitabı oldu. Jordan'ın 6 basamaklı sayıların ve grad bölümünde açıların logaritma cetveli 1975 li yıllara kadar her haritacının vazgeçilmez hesap aracı olmuştur.

Ünlü Alman jeodezi profesörü Friedrich Robert HELMERT (1843-1917), 1872 de dengeleme ve 1880 de "Yüksek jeodezinin matematiksel ve fiziksel teorileri" isimli iki ciltlik ünlü kitabı yazdı. Kendi adı ile anılan "Helmert yüksekliği", Büyük ağların grup halinde dengelenmesinde Helmert yöntemi, Helmert hata elipsi gibi kavramlar her jeodezicinin bildiği konulardır.

Alman harita subayı Colmar Baron von der GOLTZ (1843-1916), Osmanlı İmparatorluğu zamanında ordunun düzenlenmesi amacı ile 1883 de İstanbul'a çağrıldı. Paşa ünvanı ile (Golç paşa) Genelkurmay 2. Başkanlığına atanan Goltz ülkenin harita eksikliğini gidermek amacı ile Rumeli ve batı Anadolu'nun haritalarını yaptırmağa çalıştı. 1888-1895 yılları arasında İstanbul'un ve Karadeniz boğazının 1:100 000 ölçekli haritasını yaptı.

## Büyük Mühendislik Çalışmaları

Mühendislik çalışmalarında haritacı ve haritacılığın büyük payı vardır. Büyük mühendislik projelerinde haritacısız bir çalışma düşünülemez. Bu yüzyılda haritacılık yönünden ilginç olan bazı kanal, tünel vb çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Erie kanalı: Kuzey Amerika'da göller bölgesinde Erie ile Ontario gölü arasında 1817 de açıldı.

Suveys kanalı: 1869 da trafiğe açılmıştır. 160 km uzunluğundaki bu kanalda BOURDALOUE tarafından 1847 de nivelman yapıldı. Fransız mühendisi Ferdinand De LESSEPS'in büyük katkısı ile 10 yıllık bir çalışma sonunda ortaya çıkan bu yapıta 60 000 fella çalıştırılmıştır. Yamuk şeklinde olan kanal kesitinin tabanı 22 m, üst genişliği 68-100 m arasında ve yüksekliği 8.5-10.4 m dir. Bu kanaldan yılda 12 000 gemi ile 90 milyon ton yük taşınmaktadır.

Panama kanalı: Atlantik ve Pasifik okyanusu bağlayan 40 mil uzunluğundaki bu kanal yine De LESSEPS tarafından 1880 de başlanarak kötü iklim koşulu ve zorlu arazi çalışmaları yüzünden 1915 de bitirildi.

Kiel kanalı: Kuzey deniz ile Baltık denizini bağlayan bu kanal 1895 de açıldı.

Mont-Cenis tüneli : Alplerde 1857 de açılan bu tünel 12.2 km uzunluğundadır.

Gotthardt tüneli: 1872-80 yıllarında iki taraftan birden başlayan bu tünel 15 km dir ve 33 cm lik bir hata ile birleşti.

Simplon tüneli: Alp dağlarının altında 1899 da açılan ve 19.8 km uzunluğunda olan bu en uzun tünel iki taraftan yapılan tünel çalışması ile 20 cm lik hata ile birleşti.

Löscherberg tüneli: 14 km uzunluğundaki bu tünelde hata 26 cm olmuştur.

1836 da yapılan Groton Aqueduct ve 1845 de yapılan Boston Aqueduct'u da mühendislik çalışmaları yönünden ilginçtir.

## 8. 1900-2000 DÖNEMİ (20. Yüzyıl)

### 8.1 MATEMATİK

Richard DEDEKIND (1831-1916) İdeal teorisini ve reel sayıların üretilmesinde rasyonel sayılarda kesim yöntemini kullandı. Georg CANTOR (1845-1918), küme teorisini kurdu. Henri POINCARÉ (1854-1912), kümeler arasında kinematik ölçü kavramını koydu.

1899 da Alman David HILBERT (1862-1943), yayınladığı "Grundlagen der Geometrie" (Geometrinin esasları) ile Öklid geometrisinin modern aksiyometik yolunu açtı. 1909 da, Waring tarafından 1770 de ortaya atılan "Waring problemi" ni çözdü, Transzendent sayıları hakkında katkıda bulundu. Kendi adı ile anılan "Hilbert uzayı", lineer ve normlandırılmış uzayların önemli özel bir durumudur.

Matematik istatistik konusunda Andrei Nikolajeviç KOLMOGROW (1903-1987), Friedrich Robert HELMERT (1843-1917), Karl PEARSON (1857-1936), Ronald Aylmer FISHER (1890-1962) katkılarda bulunmuşlardır.

Matematik tarihi ile ilgili diğer kaynaklar (seçme): *Alsan, Ball, Boll, Boyer, Braunmühl, Cajori, Cantor, M., Chasles, Colerus, Dickson, Dieudonne, Dilgan 1955, Ekmekçiöğlü, Friedlein, Friend, Fuchs, Gellert- vd, Gericke, Göker, Gönenç, Günther-Wieleitner, Hankel, Hofmann, Hoppe, Humphries, İşcan, Juschkevitsch, Kaestner, Karlson, Kropp, Loria, Malsch, Menninger 1934, 1960, Montucla, More, F. Müller, Nesin, Salih Zeki, Sanford, Ad.Sayı 1962, Ay.Sayı 1962, 1966, Simon, Smith, Struik, Suter 1900, Taneri, Tepedelenlioğlu, Tropfke, Vogel, Wieleitner, Wussing, Zepf, Zeuthen 1966/a,b, Zimmermann 1980, vd.*

### Bilgi İşlemin Öncüleri

1804 de Fransa'da Joseph Marie JACQUARD tarafından kodlanmış bilgilerin delikli kartlarla dokuma tezgahlarının kontrolünün otomatik olarak yapılabileceğini gösterdi. Bu günkü tekstil endüstrisinde bu temel teknik halen uygulanmaktadır.

1822 yılında İngiliz matematikçi Charles BABBAGE (1792-1871), bugünkü bilgisayarların çalışma ilkesi ile aynı olan bir makinanın tasarımını yaptı. Önce differans makinası adını verdiği bir makina yaptı. 1827 de yaptığı bu bilgisayarla 1 den 108 000 e kadar sayıların logaritmalarını hesapladı. Bu çeşitli çark ve dişlilerden oluşan karmaşık bir sistemdi. Daha sonra 1833 de analitik makina olarak adlandırdığı bir tasarımın peşine düştü. Bu daha karmaşık bir sistemdi. Bu yeni makinada değirmen diye adlandırdığı beyin çeşitli verileri depolayabilecekti. Ancak bunu gerçekleştirecek ilgi ve para bulamadı. Makinasına veri girişi olarak delikli kartlar düşünmüştü. Matematik ve astronomik cetvellerdeki hataları, yaptığı bilgisayarla bulmağa çalıştı. Daha sonra 1833 de geliştirdiği bu makinada aritmetik işlem birimi, sayı hafızası, program ve veri akışını yönlendiren idare birimi ve giriş, çıkış için aletlerden meydana geliyordu. Hesap ünitesi ve sayı hafızası 10 luk dişlilerden oluşmuştu. Data çıkışı için sonuç basıcısı ve kart delicisi vardı.

Delikli kart bandının komutası dokuma tezgahındaki ilkeye dayanıyordu. Kraliyet astronomi birliği çalışmalarından dolayı altın madalya ile ödüllendirdi.

1890 yılında bir Alman göçmeninin oğlu olan Hermann HOLLERİTH (1860-1929), elektromekanik ilke ile çalışan kart delicisi yaparak 1890 ve 1891 yılında yapılan Amerika ve Kanada'daki nüfus sayımını bu aletlerle çok çabuk olarak başardı. 1880 den itibaren 10 yıllık bir süre içinde çalıştığı bu kurumda o zamana kadar yapılan el ile değerlendirmeler çok zaman almaktaydı. Kendi yöntemine göre doğum tarihi , din, cinsiyet, yaş, adres ve diğer istatistiksel bilgiler basit bir kuralla delikli kartlara geçiriliyordu. Bu bilgilerin delindiği kartlar bir kontakt aletine konarak deliklerin olduğu yerlere ait uçlardan elektrik devresi oluşarak bu bilgiler aletin sayacına işlenmesi sağlanıyordu. Ayrıca bu kartlar otomatik olarak bir dizme makinasında sıraya sokulabilmekteydi. Hollerith'in makinaları büyük bir rağbet görmüş ve çok kısa zamanda yayılmıştır. 1896 da New York'ta "Tabulating machine Co" yu kurdu. Bu çekirdek daha sonra 1924 de IBM (International Business Machine Corporation) oluşmuştur. Delikli kart yöntemi 1960 lı yılların başına kadar özellikle ticari alanda önemli bir yer tutmuştur. Standart bir yapıda bir kart delici makinası, kart kontrol makinası, dizgi makinası ve listeleme makinası aletleri bulunuyordu. 1980 li yılların başına kadar delikli kart elektronik bilgi işlem makinalarında data taşıyıcısı olarak kullanılmıştır.

1934 de Almanya'da Konrad ZUSE (doğ.1910), programlanabilen ve dual sisteminde çalışan bir hesap makinası tasarladı. Program ve datalar delikli şeritle veriliyordu. Bu makina dünyanın programla çalışan ilk bilgisayarıdır. 1938 de Z1, 1941 de Z3, 1945 de Z5 modellerini yaptı. Z3 modeli 100 yıl önce Babbage'nin düşündüğü, programla çalışan dünyanın ilk bilgisayarıdır, ve, veya, hayır gibi lojik temel işlemleri de yapabilmektedir. Önceki modellerden Z1 de mekanik bir kumanda ve mekanik bir hafıza vardı. Z2 modelinde ise lojik yapının gerçekleşmesi elektro mekanik parçalarla çözümlenmişti. Z3 modelinde hesap ve hafıza bölümü telgraf rölelerinden yapılmıştı. Bu makinalarla 2. Dünya Savaşında Alman uçak sanayii için kanat dizaynlarının hesap işlerinde yararlanıldı. 2. Dünya Savaşından sonra bu konuya ağırlık veren Zuse, Z 11, Z 22, Z 22R, Z 25, Z 31 ve Z 64 modellerini yaptı. 1960 lı yıllarda Almanya'da haritacılık alanındaki çoğu kurumlarda Zuse modelleri en çok rastlanan makinalardır(*Seifers*) .

Amerika'da Bell telefon şirketinin araştırma laboratuvarında görevli George STIBITZ adında bir matematikçi 1939 da benzer bir makina yaptı. Hatta telefon hatları ile hesap işlemlerinin nasıl yapılacağını gösterdi.

1937 de Harvard Üniversitesi (ABD) matematik profesörü Howard Hathaway AIKEN (1900-1973), diferansiyel denklemleri otomatik olarak çözen bir makinanın tasarımını yaptı. Planı ilginç bulan IBM parasal destek yaparak Mark 1 denilen bir alet geliştirildi ve 1944 yılında tamamlandı. Bu alet beş ton ağırlığında ve 3304 elektromekanik röleden oluşmuştu. Komutlar rule şerit kağıt üzerindeki deliklerle gerçekleşiyordu. 23 basamaklı toplama ve çıkarma işlemlerini 0.3 saniyede ve 23 basamaklı iki sayıyı altı saniyede çarpıyor, sonuçları ise ya delikli karta veya elektrikli daktiloya geçiriyordu. Mark 1, 15 yıl sonra terkedildi. Savaş sonrası İngiltere'de Alan TURING, "Colossus" adını verdiği bir bilgisayarla Alman askeri şifrelerini çözmeyi başardı.

1946 yılında Pennsylvania Üniversitesinde elektrik bölümü lisans üstü öğrencisi John Presper ECKERT ve fizikçi Dr. John William MAUCHLY elektronik lambalarla çalışan ve AMERICAN ordusunda topçu atış cetvellerini hesaplamak için geliştirilen ilk bilgisayar ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) yaptılar. Saniyede 300 toplama ve çıkarma işlemi yapabilen bu makinaların devre açıp kapamalarında radyo

lambaları kullanıldı. Röle ile donatılmış Mark I den oldukça hızlı çalışan bu makinanın tek kusuru tüm lambalı hesaplayıcılarda olduğu gibi mevcut 18 000 lambanın haftada 2-3 ü yanıyordu. Bu makinada 790 000 rezistans, 10 000 kondansatör, 6000 devre anahtarı iki araba garajı büyüklüğünde (140 m<sup>2</sup>) bir yer kaplıyordu ve bir kaç metro hattı kadar elektrik tüketiyordu. Programlama oldukça yorucuuydu. Program şeridi yerine bir şalter tablosu telefon santralında olduğu gibi kablo ve fişlerle sürekli bağlantı yapmak gerekiyordu.

1940 lı yıllarda hesap makinalarının yapımında önemli bir aşama olan Macar kökenli Amerikalı Dr. John von NEUMANN'ın (1903-1957) program dediğimiz işlem komutları ile hafızasındaki bilgilerle veya datalarla program kontrollü olarak hesap yaptırma düşüncesi, 1945 yılında ABD'de ve İngiltere'de bir çok elektronik computer yapılmasını sağladı. İngiltere'de bu makinaların ilkinde EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer) denildi ve 1949 yılında Cambridge Üniversitesinde çalıştırıldı. 1949-52 arasında ABD'de bir çok computerler yapıldı. Aberdeen'de EDVAC ve 1951 yılında Remington Rand firmasının Princeton Üniversitesi ile işbirliği sonucunda iş aleminde herkesin kullanabileceği UNIVAC 1 bunlardan bazılarıdır.

1947 de Bell telefon şirketinde John BARDEEN (doğ.1908), Walter Houser BRATTAIN (1902-1987) ve William SHOCKLEY (1910-1989) transistörü (rezistans naklinin kısa sözcüğü) keşfettikten sonra artık radyo, TV ve bilgisayarlarda lamba yerine transistörler kullanılmaya başlandı. Bu kişilere 1956 da Nobel ödülü verildi. Transistörler lambalardan daha az yer kaplamakta, daha hafif ve az sarfiyat, yüksek çalışma güvenliği ve sınırsız ömrü olduğundan lambaların yerlerini aldılar. Daha az ısı verdiklerinden birbiri üzerine yerleştirmek bir sorun olmuyordu. Bell uzmanları tümüyle transistörlü bir makina yapmayı başardılar. Transistörlü yapılmış ilk bilgisayarlar eski radyoları andırıyorlardı. İçerindeki her parça birbirine lehimle bağlanmıştı. Elektronik eşya yapımcıları çok geçmeden bu bağlantıların bir tablo üzerinde otomatik olarak basılabileceğini düşündüler. 1950 lerde Texas Instruments tek bir silikon parçası üzerinde istenildiği miktarda transistörün aralarındaki bağlantılar ile birlikte doğrudan kalıp halinde resmini çıkarabildiler. Yarı iletkenlerin geliştirilmesi ile 1970 lerde yarı iletkenlerden transistör ve diod yapımından başka direnç ve kondansatör yapımında da kullanılmaya başlandı. Böylelikle tüm devreler silisyum plakacıkların üzerine yerleştirildiler. Bundan sonraki adım boyut küçültme yönünde oldu. Bu konuda da başarılar elde edildi. Chip denilen birkaç mm kenarlı bir kare silisyum plakası üzerine çizilen devrelerin ayırdedilebilmesi için bu chipin bir futbol sahası kadar büyütülmesi gerekmektedir. Bu tür entegre devreler (mikro-chip) bilgisayar yapımında bir devrimdir.

IBM, 1952 de ilk IBM 701 bilgisayarını yaptı. 1956 da Fortran programlama dilini belirledi. 1960 da ALGOL 60 programlama dili ortaya çıktı.

1970 li yıllarda bilgisayar yardımı ile tasarlama sistemlerinin gelişmesi (Simulasyon) ile araştırma inceleme bürolarında teknolojik bir devrime olanak verdi. 1971 de İntel şirketi mikroişlemciyi (mikroprosesör) geliştirdi. Ted HOFF'un bu buluşu merkezi bilgi işlem birimini bir tek levhacıkta toplamayı başarıyordu. Kenarları 7 mm olan kare biçimindeki silisyum bir levhacık üzerine 2300 transistör yerleştirilerek yapılan ilk mikro işlemci Intel şirketince piyasaya çıkarıldı. Mikroişlemci sayesinde bir tek levhacık istenildiği kadar görevi yerine getirmesi için programlanabilmektedir.

Yarı iletkenlerin küçültülmesi sonucunda 1971 de Texas Instrument firması bir bilgisayarın tüm elemanlarını bir chip üzerine yerleştirerek elektronik bir cep hesaplayıcısı yaptı. 1972 de Hewlett-Packard HP-35, 1973 de HP-45 modelini piyasaya çıkardı. Bu model grad (gon) açı birimine de sahipti. Daha önceki modelde grad birimindeki açılarla

hesap yapmak için önce açığı 0.9 ile çarparak derece birimine geçirmek gerekiyordu. Daha sonra Aristo M 75, haritacılık alanında çok tutuldu. Hewlett-Packard'ın 1975 de HP-67 ve HP-97 modelleri 26 sabitli ve 224 program hafızalıdır. 1979 da HP-41C modelinde 448 Byte hafıza kapasiteli ve 1980 de HP-41 CV ise 2237 Byte, 1982 de HP-75C 24 KByte, 1984 de HP-71B 33.5 KByte dir. 1986 da Sharp firması PC-1600 modeli ile 80 KByte ve Husky Hunter el computeri (Zeiss Rec 500), 276 KByte hafıza kapasiteli modellerini yaptılar.

1979 da IBM, kişisel bilgisayarlarını (PC) çıkardı. 1980 li yıllarda Sharp PC-1210 ve PC-1211 modelleri ile Basic dilinde programlanabilen cep hesaplayıcılarını pazara sürdüler. Bu tarihten sonra diğer firmalar da bu tür makineler yaptılar. Texas Instruments ilk defa TI-59 modeli ile ROM-Modülünü (Read Only Memory) çıkardı.

Günümüzde Pentium yongaları ile PC makinelerinde saniyede 112 milyon işlem yapma olanağı mümkün olmaktadır. Bu hız çok kısa bir sürede yenilenerek NCR 3000 Pentium işlemcilerde 1500 MİPS (saniyede milyon işlem) e ulaşmıştır. 1973 de ilk mini bilgisayar "Micral", Fransız R2E şirketi tarafından gerçekleştirildi. 1976 da saniyede 250 milyon işlem yapabilen super bilgisayar Cray 1 piyasaya sürüldü. Bu konudaki gelişmeler diğer alanlara göre daha da hızlıdır ve her 3.5 yılda bilgi birikimi katlanmaktadır.

Bilgisayarlar günümüzde her alanda kullanılmakta ve baş döndürücü bir hızla gelişmektedir. Eskiden bir odaya zor sığan makineler el çantaları içine sığmakta ve sınırsız sayılabilecek hafıza ile konuşan, tercüme yapan, çizen, birbirleri ile bağlantılı olarak bir çok olanaklar yaratılan bir durumdadır. Bu alandaki gelişmeler bu kitabın hacmi dışına taşmaktadır(*Humphries, More, Ganzhorn-Walter, vd.*).

## 8.2 ASTRONOMİ

1902 de İngiliz fizikçi Oliver HEAVYSİDE (1850-1925), üç ciltlik "Elektromagnetic theory" yapıtını yayınladı. Bu yayında kendi adı ile anılan atmosferdeki Heavyside tabakasının elektrikle yüklü olduğunu söyledi.

1910 da İstanbul'da ilk Türk gözlemevi kuruldu ve Fatin GÖKMEN (1877-1955) buranın 1910-1943 yılları arasında müdürlüğünü yaptı.

1910 da Paris gözlemevi zaman sinyalleri yayınlamağa başladı. 1911 de Uluslararası saat büroları ve 1919 da İnternasyonal zaman büroları kuruldu. Ay'ın yıldızı örtmesinden yaralanarak boylam hesaplanabilmektedir(*Berroth-Hofmann*). Amerikalılar Pasifik'te birçok adanın boylamını bu yöntemle saptadılar

İsviçre'de Geneva (Genf) de 1917-1931 yılları arasında gözlemevi müdürü ve jeodezik astronomi konusunda çalışmalar yapan Raul GAUTIER (1854-1931), IAG başkanlığı yaptı ve IUGG de görev aldı.

1924 de Amerikalı Edwin HUBBLE (1889-1953), 900 000 ışık yılı uzakta Andromeda nebülünde yıldızlar gözledi ve bizim galaksiden başka galaksiler olduğunu kanıtladı. 1927 de Hollandalı Jan HENDRICK (doğ.1900) ve İsveçli Bertil LINDBLAD (1895-1965) Galaksimizin döndüğünü ortaya çıkardılar ve 1929 da galaksilerin birbirlerinden uzaklaşma hızları ile uzaklıklar arasındaki bağıntıyı deneysel olarak buldular. Bu şekilde evrenin genişlediği ortaya çıktı.

Jean PETERS (1869-1941) Bonn Üniversitesi gözlemevinden sonra gittiği Berlin'de Kopernik Enstitüsü hesaplama şubesinde 1934 e kadar çalıştı ve uzun yıllar devam eden astronomi almanasını çıkarmağa başladı. 1935 de Astronom N.STOYKO, yıldız zamanı ile Güneş zamanının karşılaştırılması ile yerin dönme hızının mevsimlik değişimlerini keşfetti. 1947 de Finliler Güneş tutulması yardımı ile Güney Amerika ve Afrika kıtaları arasındaki uzunluğu  $\pm 50$  m ile hesapladılar.

1948 de Mount Palemor'a 200 inçlik (5m) çapında aynalı bir teleskop kuruldu. 1976 da Kafkasya'da Zellençukskaya'daki gözlemevine Ruslar 6 m çaplı bir teleskopu hizmete koydular

1948 de Rus asıllı Amerikalı bilim adamı George GAMOV (1904-1968) Big-Bang adını verdiği kozmolojik ilk patlama kuramını ortaya attı. 1958 de Amerikalı James Alfred van ALLEN (doğ.1914) kendi adı ile anılan dünya çevresinde bir ışınım kuşağı olduğunu söyledi.

1932 de Karl Guthe JANSKY (1906-1950), uzaydan gelen 15 m dalga boylu radyo dalgalarını keşfetti. 1940-44 de Grote REBER bunu doğruladı. En kuvvetli ışın 1.5-3 m arasındaydı. 1945 de Ay'dan radyo-eko alındıktan sonra 1947 de meteorların radar gözlemi yapıldı. 1948 de Avustralyalı ve İngiliz astronomları "Radyo yıldızları" keşfettiler. Bunlar radyo dalgalarının kaynaklarıdır ve günümüzde 2000 in üzerinde radyo yıldızı tanınmaktadır. Bu dalgaları izlemek amacı ile çeşitli ülkeler radyo teleskopları kurdu. Sydney civarında 64 m çapında, İngiltere'de Jodrell Bank'ta 76 m çapında, Fransa'da Nançay'da, ABD'de Green Bank'ta 93 m çapında, Almanya'da Effelsberg'te, 100 m çapında, Puerto Rico'da 300 m vb. kurulan radyo teleskopları ile evren sürekli dinlenmektedir.

Astronomi tarihi ile ilgili diğer kaynaklar: *Becker, Berry, Clos-Arceduc, Çeçen, Demircan, Dizer 1980,1986,1989/b, Dreyer, Günther, Hermann, Hoppe 1966, Miller, Müller 1892, Sayılı Ad. 1948,1956,1958/a, Sayılı Ay.1985, Schröder, Sullivan, Thomas, Thöne, Wolf,R.vd.*

## Yapay Uydular

4 Ekim 1957 de ilk yapay uydu Sputnik 1 Ruslar tarafından uzaya atıldı. 96 dakikada bir tur yapan bu uydu üç ay yaşadı. 3 Kasım 1957 de Sputnik 2 içerisinde Leika adında bir köpekle Ruslar tarafından yörüngeye oturtuldu. 100.4 dakikada bir tur yapan bu uydu da 160 gün yaşadı. 1958 de Sputnik 3 atıldı. 1959 Nisanına kadar ABD ve Ruslar toplam 14 roket atıldılar. 1959 da Ay'ın arkasının Ruslar tarafından Luna 3 sondası ile fotoğrafları çekildi. 1960 da ilk meteoroloji uydusu Tiros 1 atıldı.

12 Nisan 1961 de Yuriy GAGARİN (1934-1968) ile ilk insanlı uçuşu Sovyetler gerçekleştirdiler.

Seyir uydusu 1960 da TRANSIT I olarak atıldı. Bununla, gemiler yerlerini  $\pm 200$  m , alıcı istasyon hareketli değilse  $\pm 10$  m ile saptayabilmektedir. Bu transit dizisi sonradan GPS (Global Positioning System) adını aldı ve daha da geliştirildi.

1962-1975 arasında Mariner (1-10) dizisi Güneş sistemi içerisine atıldı ve çeşitli gezegenler hakkında bilgi edinildi.

1962 de ABD tarafından TELSTAR haberleşme uydusu ile ilk TV görüntülerini Atlas Okyanusunun bir ucundan diğer ucuna ulaştırdı ve 1964 de atılan INTELSAT Telekomünikasyon uydusu ile 600 telefon görüşmesi bağlantısı sağlandı. 35 900 km

yükseklikte dünyanın dönüş hızına eşit olarak konulan Geo-Stationary veya synchronous yörünge ile bu yükseklikten dünyanın 1/3 ü görülebileceğinden tüm dünya için 120 derece boylam farklı üç uydunun yeterli olduğu ve bunların Atlas okyanusu, Büyük okyanus ve Hint okyanusu üzerine konulacağı planlandı.

1963 de ilk haberleşme uydusu Syncom 1, ABD tarafından atıldı. 1964 de Ranger 7 ile Ay'ın çok yakınından fotoğrafları çekildi. 1965 Sovyet kozmonotu Aleksey LEONOV (doğ.1934) uzayda ilk defa yürüdü. 1965 Gemini 6 ve 7 (ABD) insanlı iki uzay gemisi yörüngede buluştular. Aynı yıl Mariner 4 sondası (ABD), Mars üzerinden uçtu.

1966 Sovyet uzay sondası Luna 9 yumuşak inişle Ay'a kondu. 1968 Ay'ın çevresinde ilk pilotlu uçuş Apollo 8 (ABD) ile gerçekleşti. 21 Temmuz 1969 da Amerikalılar Neil ARMSTRONG (doğ.1930) ve Edwin ALDRIN (doğ.1930) Ay'a indiler.

1971 de Mariner 9 Mars hakkında bilgiler verdi. 1972 de ERTS-1 (Earth Resources technology Satellite) atıldı. 1972, 1975 ve 1978 de ABD, karasal kaynakları uzaktan araştırma uydusu LANDSAT 1, 2 ve 3 attı. (907, 908, 915 km yükseklikte) 1982-84 arasında LANDSAT 4 ve 5 atıldı. 1973-74 yıllarında Skaylab (gök laboratuvarı) atıldı. 1976 da Amerikan uzay sondası Viking, Mars'a yumşak iniş yaptı. 1979 da Amerikan Voyager 1 uzay sondası, Jüpiteri ve Satürn gezegenini çevreleyen halkalarını inceledi.

1985 ABD ICE uzay sondası bir kuyruklu yıldızın üzerinden ilk defa uçarak bu kometlerin kuyruklarını inceledi. Bir yıl sonra Halley kuyruklu yıldızının da üzerinden uçtular. 1986 Voyager 2 uzay sondası Uranüs gezegeninin çok yakınından geçerek gezegene ait fotoğraflarla çok yararlı bilgiler gönderdi. 1989 da Neptüne vardı. 1988 Sovyet kozmonotları uzayda 366 günlük rekor uçuşu yaptılar.

1976 da uzaya atılan uydu ve inceleme araçları 2000 i buldu. Bunların 59 u insanlı araçtı. Bu güne kadar atılan uydu sayısı 4000 in üzerindedir. Bu tarihten sonra Amerika ve Ruslar tarafından çok çeşitli amaçlarla (savunma, izleme, gözleme, telekomünikasyon, meteoroloji, tarım, maden, Jeodezi vb) uzaya uydular atıldı. Bu yarışa Amerika ve Rusya'nın dışında diğer ülkeler de katıldılar. 1970 de Japon ve İtalyan (Kenya'dan), 1971 de İngiltere (Avusturyadan), 1975 de Çin, 1979 da Avrupa uzay ajansı, 1980 ve 1982 de Hindistan, 1980 de Fransa (Gine'den), 1993 de Brezilya uydu gönderdiler. Bu yıllarda (1994) bir Türk uydusu da (Türksat) uzaya atılmıştır. Güneş sistemi içerisinde çeşitli gezegenlerin yakınından geçecek biçimde atılan uydular astronomi konusunda da çok değerli ve doğru bilgiler sundular (Ducrocq, Asimov, Moore, vd.)

Jeodezik amaçla atılan uyduların önemlileri şunlardır: ANNA 1B (1962): World Geodetic Network, ECHO I (1960), 135 feet çapında olup geometrik jeodezik amaçlıdır. ECHO 2 (1964), EXPLORER-A (1964), İyonosfer araştırması, EXPLORER-XXV (1964), GEOS-A (1965), GEOS-B (1968), PAGEOS-Balon sateliti (1966) (Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite), LAGEOS (1983), STARLETTE (1983), SPOT 1/2 (1986-1990) (Satellite Probatoire pour L'Observation de La Terre), SEASAT (1978), TRANSITS, JOINT aux ECHOS, NOVA 3 (1987), NAVSTAR (Navigation System with Time And Ranging) , LANDSAT (1-5) (1972-84), vb uyduları atıldı. 1986 da Challenger mekiğinin atılma sırasında olan kazada mekik içindeki personelin tümü hayatını kaybetti.

Dünya'nın herhangi bir yerinde konum belirleme amacı ile atılmış uydulardan konum belirleme GPS (Global Positioning System) diğer bir çok alanlarda olduğu gibi jeodezi alanında da yeni ufuklar açmaktadır (Hunter, Sigl, Arnold).

### 8.3 FİZİK

1900 da E.van HOEGH, 140 derecelik hipergon merceği yaptı. 1901 de Macar fizikçisi Baron Ronald von EÖTVÖS (1848-1919) yerçekimi ölçmelerinde ve jeofizik çalışmalarda kendi adı ile anılan döner teraziyi yaptı ve onuruna  $1 \text{ Eötvös} = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$  denildi.

Uluslararası ölçü ve ağırlık bürosunda çalışarak 1915-36 yılları arasında bu kurumun başkanlığını da yapan Charles Edouard GUILLAUME (1861-1938), platin-iridyum alaşımı çok pahalı olduğundan 1896 da Demir ve Nikelin 9:5 oranındaki alaşımından sıcaklığa neredeyse duyarlı olmayan bir alaşım buldu ve bu nedenle 1920 Nobel ödülünü aldı. Bu alaşıma da değişmez anlamına gelen invariant kelimesinin kısaltılmışı invar denildi. İnvarın sıcaklığa karşı duyarlılığı çeliğe göre 10 kat daha azdır.

Fizik alanında, RÖNTGEN (1845-1923), EDİSON(1847-1931), THOMSON (1856-1940), PLANCK (1858-1947), RUTHERFORD (1871-1937), EINSTEIN (1879-1955), HAHN (1879-1968), GEIGER (1882-1945), BORN (1882-1970), BOHR (1885-1962), RAMAN (1888-1970), HEISENBERG (doğ.1901), DİRAC (doğ.1902), POWELL (1903-1969), KURTSCCHATOW (1903-1960), GAMOW (1904-1968), BETHE (doğ.1906), YUKAWA (doğ.1907), BARDEEN (doğ.1908), GELLMANN (doğ.1929) vb. gibi bilim adamları önemli çalışmalarda bulunmuşlardır. Daha fazla ayrıntı bu kitabın dışına taşmaktadır.

Fizik tarihi ile ilgili kaynaklar: *Auerbach, Gerland, Heller, Hoppe, Kistner, F.Müller, Poggendorf vd.*

### 8.4 JEOFİZİK

1909 da Yugoslav jeofizikçi Andrija MOHOROVIČIĆ (1857-1936), Balkanlar'da olan bir depremin dalga şekillerini incelerken yerin tabakalardan oluştuğunu keşfetti. Yerin daha derininden yayılan dalgaların yüzeyden daha hızlı gözlem istasyonuna geldiğini farketti. Tabaka altı ve yer mantosu arasındaki kesikli alan deprem dalgalarının yayılmasında sıçramalar göstermektedir. Bu olaya kendi ismi ile anılan "Mohoroviç Diskontinuite" denilmektedir ve deniz seviyesinin 15-60 km altındadır. Bu nedenle 1960 da "Mohole-Projesi" denilen (kendi adının baş harfi ve kuyu anlamına gelen hole birleştirildi) ve derin denizlerin birkaç km altında bulunan yer mantosunu incelemek amacı ile kuyu açma işlemi yapılmıştır.

Brunns'un öğrencisi Viyanalı Richard SCHUMANN (1864- ?) yerin kuvvet alanının şekli ve büyüklüğü, bununla ilgili aletler, kutup yüksekliği salınımı, gravite gibi konularda araştırma ve yayınlar yaptı. Daha sonra SCHWEYDAR (1877-1959) kutup gezinimi ve boylam saptaması gibi jeodezik ölçmelerde çalışmıştır.

Elastisite ve sismik konularında çalışmalar yapan ve dönel elipsoidin gravite alanı ile uğraşan italyan bilim adamı Carla SOMIGLIANA (1860-1955), yerçekimi ölçülerinden basıklığın dışında yer elipsoidinin boyutlarının da bulunabileceğini iddia etti. Normal gravitenin kapalı formülünü yazdı:

$$\gamma = \frac{a\gamma_e \cos^2\varphi + b\gamma_p \sin^2\varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2\varphi + b^2 \sin^2\varphi}}$$

1906 da Alman meteorologu Alfred WEGENER (1880-1930), Grönland'a yapılan bir sefere katıldı. Bir adanın konumu önceki ölçülere uymuyordu. 1823 de yapılan ölçüler daha sonra düzeltildiği halde Wegener'in ölçümünde tekrar 1 km lik farklılık buldu ve böylelikle Grönland ve çevresindeki adalar batıya doğru değişik hızda yer değiştirdiği saptandı. 1912 de kıtaların oluşumu kuramını tasarlayarak 1915 de yayınladığı "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane" (Kıtaların ve okyanusların oluşumu) adlı eserinde açıkladı. Ona göre 225 milyon yıl önce dünya yüzeyi yarı yarıya denizle kaplı, karalar tek bir parça kıta halindeydi. Bu kıta sonunda parçalandı, parçaları toplu bir buzdağı gibi, altındaki sıvı kayaların üstünde yüzerek birbirinden ayrıldı.

Avusturyalı bilim adamı Adalbert PREY (1873-1949) Viyana'da İzostasi problemi, yerin elastisite ve viskozite katsayılarının tesbiti ve kıta hareketleri konusunda katkılarda bulundu. Alman jeofizikcisi HAALCK (1895-1969) Potsdam jeodezi enstitüsünde 1929-60 yılları arasında çalıştı ve jeodezi ve jeofizik bilimlerinin ortak alanı olan gravimetrik çalışmalarda büyük katkısı oldu.

## 8.5 JEODEZİ

CLAIRAUT'un 1743 de verdiği  $g = g_0 (1 + b \sin^2\varphi)$  ilişki, ünlü Alman bilgini F. R. HELMERT (1843-1917), 1900 yılında 1400 yerçekimi ölçüsünden  $g = g_0 (1 + b \sin^2\varphi - b' \sin^2 2\varphi)$  olarak düzeltilmiş ve 1901 de bu katsayılar  $\gamma_0 = 978.046 \text{ gal} (1 + 0.005302 \sin^2\varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi)$  şeklinde saptamıştır. 1914 de Bowie-Avers'in çalışmalarından:  $\gamma_0 = 980.624 (1 - 0.002644 \cos 2\varphi + 0.000007 \cos^2 2\varphi) - 0.3086h - 0.000.225h \cdot \cos 2\varphi + 7.1 \times 10^{-8} h^2$  Gal ve  $h=0$  için  $\gamma_0 = 980.624 (1 - 0.002644 \cos 2\varphi + 0.000007 \cos^2 2\varphi)$  Gal bulunmuştur. Daha sonra Spitzbergen'de yapılan ölçüler bu formülü doğrulamıştır. Bu formül IAG (International Association of Geodesy) nin 1930 yılında Stockholm toplantısında Gino CASSINI'nin (1885-1964) önerdiği uluslararası elipsoid için  $g_0 = 978049 \text{ mgal} (1 + 0.0052884 \sin^2\varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi)$  veya  $\gamma_0 = 980.632.27192 - 2586.15717 \cos 2\varphi + 2.88524 \cos 4\varphi$  [mgal] olarak kabul edilmiştir (Perrier). Bu formüle göre 10' aralıklarla tablolar düzenlenmiştir (Schleusner). IAG'nin 1971 yılındaki yayınında bu formül  $\gamma_0$  (gal) =  $978.03185(1 + 0.0052788895 \sin^2\varphi + 0.000023462 \sin^4\varphi)$  şeklini almıştır.

IUGG-System 1971 e göre:  $a=6378160 \text{ m}$  (büyük eksen);  $k^2M=398603 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-3}$  (yersel gravite sabitesi);  $J_2 = 0.0010827$  (2. derece harmonik);  $\omega = 7.2921151467 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$  (açısal hız) şeklindedir. Geodetic Reference System 1980 e göre bu değerler:  $\gamma_0 = 9.780327 (1 + 0.0053024 \sin^2\varphi - 0.0000058 \sin^2 2\varphi) \text{ ms}^{-2}$  şeklini almıştır (Moritz).

WGS (World Geodetic System) 1984 de bu değerler:  $a = 6\,378\,137\text{ m}$ ;  $\alpha=1:298.2572$ ;  $GM=398600.5\text{ km}^3\text{s}^{-3}$ ;  $J_2=108263 \times 10^{-8}$ ;  $\omega=7292115.1467 \times 10^{-11}\text{ rad./s}$  olarak hesaplanmıştır.

İtalyan jeodezicisi P.PİZETTİ, 1895-1911 arasında potansiyel teorisi ile uğraşarak 1905 de yazdığı "Lezioni di Geodesia Teoriae" yüksek jeodezi ile ilgili kitabı, 1928 de CICONETTI elden geçirerek 2. baskısını yaptı. Yükseklik konusunda kendi adı ile anılan kavramlar geliştirdi. 1933 de ise "Etudes fondamentales de la Forme des planets" kitabını yayınladı. Yüksekliklerle Alman bilim adamı F.R.HELMERT (1843-1917) İsviçreli jeodezici Theodora NIETHAMMER (1876-1947) da ilgilendi.

1924 de Rusya'da F.N. KRASSOWSKY (1878-1948) yönetiminde tüm ülkeyi kapsayan büyük bir jeodezi çalışması projesine başlandı.

1928 de Hollandalı Felix Andries VENNING-MEINESZ (1887-1966), yerçekimi anomalilerinin integrallerinin bir fonksiyonu olan çekül sapması hesabını geliştirdi. 1929 da "Theory and Practice of pendulum at Sea" (Denizde sarkaç gözlemlerinin teori ve pratiği) isimli kitabı yayınladı. 1921-38 yılları arasında denizaltı ile 11 ekspedisyona katılarak 200 000 km yaptı ve dünyanın çok çeşitli denizlerinde yerçekimi ölçtü.

1930 da İtalyan jeodezicisi Gino CASSİNİ (1885-1964), yerçekimi ölçüleri ile elipsoid boyutlarını hesaplayacağını ileri süren Carlo SOMIGLIANA'nın (1860-1955) teorik formüllerine dayanarak İnternasyonal elipsoid için yerçekimi formüllerini hesapladı.

1945 de Rus jeodezicisi Mikhail Sergeevi MOLODENSKY (1909-1991), yazdığı "Basic problems of the geodetic gravimetry" adlı kitabında "Quasi Jeoid" kavramını kullandı. Ayrıca "Teorik jeodezinin matematik esasları" adında bir kitap daha yayınladı. 1948 de Finli jeodezici TANNİ, Stokes formüllerini kullanarak ilk jeoid ondulasyonu haritasını yaptı.

Savaş sonrası jeodezik çalışmalar özellikle aşağıdaki konulardan oluşmuştur:

- Uzun jeodezik eğriler teorisi
- Astronomik yoldan jeoid araştırılması
- Ulusal ağların genişletilmesi ve büyük ülkelerde geniş blokların kurulması
- Avrupa nivelman ağı
- Serbest düşme yöntemi ile mutlak yerçekimi ölçülerinin geliştirilmesi
- Stokes formülü ile yer şeklinin araştırılması
- Yer ekimi indirgemeleri teorisi
- EDM (Electronic Distance Measurements) aletleri

### 8.5.1 Avrupa Nirengi Ağı

2. Dünya Savaşından sonra Avrupa nirengi ağının hesaplanması için Bamberg'te Erwin GIGAS (1899-1976), Helmut WOLF (1910-1994) ve diğer çalışma arkadaşları ile ZEN (Zentral Europaeische Netz) dengelendi. Potsdam'daki noktaya yerleştirilen Elipsoid ile hesaplanan ağ ED 50 (Europaeische Datum 1950) ismini aldı. Bu ağ Daha sonra IAG de alınan kararla çeşitli ülkelerin delegeleri ile Avusturya, Belçika, İsviçre, Almanya, Danimarka, İspanya, İrlanda, Fransa, İngiltere, Yunanistan, İtalya, Lüksemburg, Norveç, Hollanda, Portekiz, İsveç, Finlandiya ve gözlemci ülkeler olarak Macaristan, Polonya, Türkiye, ABD ile kurulan "RETrig" (Re-Adjustment of the

European Triangulation) (Avrupa nirengi ağının yeniden dengelenmesi) alışma grubu kuruldu. Bu alışma grubunun başına önce Münih'ten Alman jeodezicisi Prof. Max KNEISSL (1907-1973) ve onun vefatı ile 1973 de Zürich'den Prof. Fritz KOBOLD (1905-1985) ve 1980/81 den sonra İsveç'den Prof. Lars ASPLUND (1914-1987) ve daha sonra Danimarkalı Dr. Knud PODER seçildiler. İlkelerini büyük ölçüde Prof. Helmut WOLF'un koyduğu bu ağın hesaplanmasında ilk iş olarak önce her ülke kendi ağının ölçüsünü bitirerek dengeledi (1. basamak) ve daha sonra bu ağlar Helmert yöntemi ile birleştirildiler (2. basamak). Bu şekilde elde edilen değerler ED 79 ismini ve en son olarak ta (3. basamak) ED 87 ortaya ıktı. Bu büyük hacimli hesaplamalar bazı hesaplama merkezlerinde (Kopenhag, Münih, Londra, Delft ve Paris) gerçekleştirildi. 3. basamak hesaplamada 25955 ölçünün 20847 doğrultu gözlemi, 4626 uzunluk ve 482 Laplace-Azimutudur ve 3641 noktaya ait 7282 koordinat bilinmiyeni, 4174 yöneltilme bilinmiyeni, 14 ölçek faktörü bilinmiyeni ve 7 bilinmiyen azimut değişimi vardır(Wolf 1986).

Avrupa nivelman ağı için IUGG nin 1954 toplantısında alınan bir kararla Avrupa nivelman ağının (REUN=Resau European Unifie de Nivellement) tümünün gravite ölçülerinin de dikkate alınması ile toptan dengelenmesi için IAG altında bir çalışma grubu kurularak çalışmalara başlandı. l birimi olarak jeopotensiyal kot (UGP=Unite geopotentielle) alınmasına karar verildi. Nivelman ağında kuzey ülkeler hariç, 68 lup ve 197 nivelman hatrı ile oluşan toplam 301 noktanın 130 tanesi düğüm noktasıdır ve koşullu ölçüler dengelemesine göre 68, dolaylı ölçüler dengelemesinde 129 normal denklem çözümü ile karşılaşılmaktadır. Amsterdam başlangıç noktası olarak kabul edilen hesaplamalar Gauss-Vogler iteratif yöntemi ile yapılmıştır (Ortalama deniz seviyesi ile ilgili yayınlar için bkz.: Bibliography on mean sea level 1719-1958, IUGG, Assoc. D'Oceanographie Phisique, Paris 1964).

Benzer biçimde ELN (European Longitude Network=Avrupa boylam ağı) ve Avrupa gravite ağı kurularak ölçü ve hesaplamalar yapılmıştır.

## 8.5.2 Elipsoid Boyutlarının Saptanması

Alman jeodezici Friedrich Robert HELMERT (1843-1917), 1907 de elipsoid boyutları için  $a = 6378\ 200$  m ve  $\alpha = 1:298.3$  olarak hesapladı.

HAYFORD ve TITTMANN, ABD'de ilk olarak 1906 da Helmert'in yüksek jeodezi kitabında önerdiği alan yönteminde, Laplace azimutunu jeodezik dengelemeye uyguladılar. ABD'de John Fillmore HAYFORD'un (1868-1925) 1909 da hesapladığı  $a=6378\ 388\pm 18$  m;  $\alpha = 1:(297.0\pm 0.5)$  ve  $T=120$  km olan elipsoid, IUGG (Internat. Union of Geodesy and Geophysic=Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği) nin 1924 yılı Madrid toplantısında "Uluslararası elipsoid" olarak kabul edilmiş ve özellikle bilimsel çalışmalar için ve triyngulasyon çalışmalarına yeni başlayan ülkeler için tavsiye edilmiştir. Hayford bu elipsoidin hesaplanmasında sadece ABD'de ölçülen meridyen, paralel daire ve eğik yay uzunluklarını kullanmıştır. Hesaplamalarında 381 enlem, 131 boylam ve 253  azimut olan toplam 765 gözlem dikkate alınmış, mevcut 32 Laplace noktası başlangıç azimutunun düzeltilmesinde kullanılmıştır. Topografik-İzostatik düzeltmelerin de yapıldığı alan yönteminde bir çekül sapması dengelemesi yapılarak çeşitli izostatik denge derinlikleri ile hesaplama yapılmış ve bunlardan  $T=120.9$  km denge derinliği için düzeltmelerin karelerinin toplamının en kk olduğu hesaplama sonuçlarından elipsoid boyutlarını elde etmiştir. alışmaları "The figure of the Earth and Isostasy from measurements in USA" olarak yayımlandı. Bu elipsoidi kullanan lkeler: Arjantin, Danimarka (1928 den itibaren), Belçika, Yeni Zelanda, Kanarya adaları, Türkiye, Bulgaristan (1946 ya kadar), Finlandiya, Portekiz (1926 dan itibaren), İtalya

(1940 dan itibaren). Ayrıca Baltık çelengi, merkezi Avrupa ve Avrupa triyangelasyon ağlarının hesabında da (Retrig) bu elipsoid kullanılmıştır. 1928 de Hayford bu elipsoid için cetveller hesaplayarak yayınlamıştır.

1912 de Amerikalı jeodezici William BOWIE (1872-1940) büyük ağ dengelemesi sonucunda basıklığı  $1:298.4 \pm 1.5$  olarak hesapladı. Daha sonra 1917 de ABD, Kanada, Hindistan ve Avrupaya dağılmış 374 gravite istasyonundan elde edilen ölçülerden basıklığı  $1:297.4 \pm 1.0$  hesapladı. Finli jeodezici W.A.HEISKANEN (1895-1971), 1929 da meridyen ölçülerinden, basıklığı  $1:298.3$  ve 1938 de yerçekimi ölçülerinden aynı değeri hesapladı.

Rus jeodezi bilgini Feodossiy Nikolayeviç KRASSOWSKY (1878-1948) basıklık için 1936 da  $1:298.6$  hesaplamıştır. 1940 da ise hesapladığı  $a = 6378\ 245 \pm 15$  m ve  $\alpha = 1: (298.3 \pm 0.4)$  olan elipsoid için Rusya, ABD ve batı Avrupadaki astronomik-jeodezik ağlar ve bu tarihe kadar bütün dünyada ölçülmüş yerçekimi gözlemleri kullanılmıştır. Rusya'daki çekül sapmaları gravimetrik ölçülerle hesaplanmıştır. Bu elipsoid 1946 yılından itibaren Rusya, Polonya, Çekoslovakya, Macaristan, Romanya ve Bulgaristan'da uygulanmaktadır.

1948 de Cambridge'den H.JEFFREYS, çok uzun meridyen yayı ölçülerinden ve çekül sapması kombinasyonundan basıklığı  $1:298.85$ , 1956 da HOUGH elipsoid için  $a = 6378\ 270$  m ve  $\alpha = 1:297$  hesapladı. 1957 de US Coast and Geodetic Survey'den B.CHOVITZ ve İrene FISHER  $a = 6378\ 260 \pm 100$  m ve  $\alpha = 1:(297 \pm 1)$  olarak elde ettikleri elipsoid hesabında, kuzey Finlandiya'dan Ümit burnuna kadar uzanan ve 1954 de biten  $10\ 900$  km lik meridyen uzunluğu ile Alaska'dan Şili'ye kadar olan  $11\ 000$  km lik bir yay, kuzey Amerika'da  $4400$  km lik paralel daire yayı, Belçika'dan  $82.$  doğu boylamına (Sibirya) kadar uzanan  $5300$  km lik  $52.$  paralel daire yayı ve birçok küçük yaylar kullanmıştır (*Völter*).

1959 yılında hesaplanan elipsoid basıklıkları uydu ile: O'KEEFE ( $1:298.38$ ); ECKELS ( $1:298.32$ ); COOK ( $1:298.24$ ); KING-HELE ( $1:298.4$ ); JACCIA ( $1:298.29$ ) ve yerçekimi ile KAULA ( $1:298.3$ ) biçiminde bulmuşlardır.

WGS (World Geodetic System) in 1960 da hesapladığı elipsoid  $a = 6378\ 165 \pm 50$  m ve  $\alpha = 1:(298.3 \pm 0.1)$ , 1958  $\beta$  uydusu verilerinden hesaplanmıştır. WGS 1961 de  $a = 6378\ 163$  m ve  $\alpha = 1:298.24$ ; WGS 1966 da  $a = 6378\ 145 \pm 20$  m ve  $\alpha = 1:(298.25 \pm 0.02)$  olarak hesaplanan bu elipsoidin basıklığı uydu ölçülerinden ve büyük eksen uzunluğu Doppler uydu ve astro-jeodezik ölçülerdendir. Bu tarihlerden sonra sıra ile IAG 1967 de  $a = 6378\ 160$  m,  $\alpha = 1:(298.247 \pm 0.02)$ ; WGS 1972 de  $a = 6378\ 135$  m,  $\alpha = 1:298.26$ ; IAG 1975 de  $a = 6378\ 140 \pm 5$  m,  $\alpha = 1:(298.25 \pm 0.0015)$ ; IAG 1980 de  $a = 6378\ 137 \pm 2$  m,  $\alpha = 1:(298.257 \pm 0.001)$  elde edilmiştir.

Ayrıca çeşitli tarihlerde ekvator kesiti de elips olan (dönel elipsoid olmayan) ve yarıksen uzunlukları  $a, b, c$  biçiminde üç eksenli elipsoidler hesaplanmıştır. Bu elipsoidlerden 1915 yılından sonraki hesaplamalar arasında ekvator kesitindeki  $a-c$  değerlerinden en fazla olanı  $354$  m yi geçmemektedir (*Strasser, 1957*).

## Jeodezi İle İlgili Yukarıda Gösterilenler Dışında Birkaç Yayın-seçme-

- 1902: REINHERTZ: "Geodaesie" Samml. Göschen
- 1907: EGGERT: "Einführung in die Geodaesie" Stuttgart
- 1925: NAEBAUER: "Grundzüge der Geodaesie" München
- 1927: FÖRSTER: "Geodaesie" Samml. Göschen

- 1927: RAİNESOLO:"Geodesia",Helsinki  
1925-30: N.J.TZİNGERA: "Astronomi ve Jeodezi" (çeviri:Gn. S.D.Boskoviç)  
1929: M.DE GRAFF HUNTER : "Geodesy"  
1930: T.D.KOVATSCHEFF:"Yüksek jeodezinin ana ilkeleri", Belgrad  
1933: HOPFNER: "Physikalische Geodaesie", Viyana  
1948: BAESCHLİN:"Lehrbuch der Geodaesie", Zürich  
1949: HOPFNER: "Grundlagen der höheren Geodaesie", Viyana  
1955: TARDİ-LACLAVERE:"Traite de Geodesiea" İki cilt. Paris  
1955: HRİSTOW:"Die Gausschen und geographischen Koordinaten auf dem Erdellipsoid von Krassowsky"  
1957: SAKATOV: "Lehrbuch der höheren Geodaesie"  
1959: JORDAN/EGGERT/KNEİSSL: "Mathematische Geodaesie (Landesvermessung)"  
1960: BERROTH-HOFMANN: "Kosmische Geodaesie" Karlsruhe  
1960:MOLODENSKIY-EREMEEV-Yurkina:"Methods for Study of the External Gravitational Field and Figure of the Earth" Israel Progr. for Scient. Transl. Jerusalem 1962  
1962: BOMFORD: "Geodesy" 2.baskı  
1962: TODHUNTER:"A History of the mathematical Theories of attraction and the figur of the earth"  
1962: HELMERT: "Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodasie"  
1964: GROSSMANN : "Geodaetische Rechnungen und Abbildungen"  
1964: MUELLER:"Introduction to satellite Geodesy"  
1967: HEİSKANEN-MORİTZ: "Physical Geodesy" San Francisco (çeviri: O.Gürkan, 1984)  
1969: LEVALLOIS : " Geodesie Generale". Üç cilt  
1970 :EWİNG-MİTCHELL: "Introduction to Geodesy"  
1975: TORGE: "Geodesy"  
1976: ULSOY: "Matematiksel Geodezi"  
1980: MORİTZ:"Advaced phsical Geodesy"  
1979/80: GROTEN: "Geodesy and the earth's gravity field" İki cilt. Bonn  
1982: PELLİNEN-DEUMLİCH:"Theoretische Geodaesie" Berlin  
1982: VANİCEK-KRAKİWSKY: Geodesy:"The Concepts"  
1982: DRAGOMİR-GHİTAU-MİHAİLESCU-ROTARU: "Theory of the earths shape"  
1989: MORİTZ:"Advanced physical Geodesy"  
1990: SCHNEİDER:"Satelliten Geodaesie" Weinheim  
1990: AKSOY-GÜNEŞ:"Jeodezi" İki cilt İstanbul  
1991: ÖZBENLİ:"Jeodezi" Trabzon  
1993: SEEBER:"Satellite Geodesy"

## 8.6. KARTOGRAFYA

1905 de Lüneburg'lu ALBERS, Zachs'da yayınlanan "Yer ve Gök bilimi için aylık haberler" dergisinin XII. cildinde konik projeksiyonlar isimli yayınına dayanılarak bu projeksiyon ABD'de, Avusturya'da (Viyana askeri harita dairesince yapılan 1:750 000 ölçekli Avrupa haritasında) ve bir çok Avrupa ülkelerinde yapılan haritalarda kullanılmıştır. 1909 da 1:1 milyon ölçeğinde uluslararası Dünya haritası için Londra'da toplandı.

1910 da Walter BEHRMANN tarafından alan koruyan kesen silindir projeksiyon yapıldı. 1912 de GAUSS tarafından ortaya atılan projeksiyon L.KRÜGER (1857-1923) tarafından geliştirilerek "Gauss-Krüger" projeksiyonu adını aldı. Bu sistem 1923 den

itibaren Alman haritalarında uygulanmağa başlandı. Alman haritalarında grad (gon) sisteminin kullanılışı ise 1937 yılından sonradır.

Bu yüzyılda kartografya alanında önemli yayınların yazarlarından bazıları şunlardır: Rosemund (1903), Witowski (1907), Adams (1919,1925), Eckert (1921), Fiala (1921,1957), Kawraiski (1934), Raisz (1938/1948,1962), Krassowski (1945,1950), Solowjew (1946), Wagner (1949), Greifendorf (1950), Imhof (1950,1951,1965), Swonarew (1953), Bosse (1954,1955), Kaden (1955), Robinson (1953,1958/1960), Heissler (1962), Bagrow-Skelton (1964), Greenwood (1964), Kovarik-Dvorak (1964), Bonacker (1966), Franke (1966), Wilhelmy (1966), Salistschew (1967), van Zuylen (1972), Hake (1975) vd.<sup>1)</sup>

Kartografya tarihi ile ilgili diğer kaynaklar: *Alinhac, Almagia, Bagrow, Bagrow-Skelton, Becker, Bilgin, Bonacker 1956-63, 1960, 1966, 1973, Brown 1949, 1952, 1960, Bunbury, Cenani, Crone, Edward, Fauser, Fischer, K., Finsterwalder, Fordham, Franz-Jager, Freitag 1968, 1972, Grosjean-Kinauer, Hake, Hapgood, Heidel, Horn, Jerwis, Kiely, Leithauser, Lister, Lynam, Mc Callien, Meine, Merrimann, Mersinoğlu, Muris-Saarman, Nordemskföld, Oehme, Phillips, Radford, Raisz 1948, 1956, Ristow-Legear, Russel, Saucek, Seifert, Skelton 1952,1958, Stevenson, Thomson, Tooley, Tyacke, Uçar-Uluğtekin, Uhden, Wallis, Wilhelmy, Wolkenhauer, Zachhuber 1974, Kart. Nachr.1968/92 vd.*<sup>2)</sup>

## 8.7. FOTOGRAMETRİ

### 8.7.1 Yersel Fotogrametri

1901 yılında Carl Zeiss firmasında Alman bilim adamı Carl PULFRICH (1858-1927), Berlin'de 1893 de Hector GROSYER'in stereoskopik resimlerden harita yapılabilir kuramına dayanarak bir stereokomparator yaptı ve Stereofotogrametriyi kurdu. 1892 de STOLZE tarafından bulunan gezici marka (ölçü markası) konusunda 1909 da geliştirmeler yaptı. Aynı yıl Jena'da fotogrametri kursu açtı. 1900 yılında Henry G. FURCADE (1865-1948), stereokomparatoru icat etti.

1903 de Antartika'ya yapılan bir Alman teknik gezisinde Sebastian FINSTERWALDER (1862-1951) fototeodoliti yersel fotogrametrinin buzul ölçmelerine uygulayarak 1:7500 ölçekli ve 10 metrede bir geçen eş yükseklik eğrili harita yaptı. 1912 de de İsviçreli Grönland'daki yersel alımlarda fototeodolit kullandılar.

1908 de Avusturya'da Viyana askeri harita dairesinde subay olan Eduard von OREL (1877-1941) Stereautograph (Orel-Zeiss) aletini icat etti ve Viyana'da Rost firmasında deneme modeli yapıldı. Avusturya bilim adamı Theodor SCHEIMPFLUG (1865-1911), 1903 de çift projektör, 1904 de bir röresman aleti, 1909 da radyal nirengi patenti aldı.

1914 de S.FINSTERWALDER eğik alımlar için ilk otomatik röresman olan fotokartografı, 1915 de Max GASSER (1872-1954), çift projektör yaptı. İngiliz bilim

1) Kartografya konusunda daha fazla kaynak için: "Die Literatur zur Kartographie (Literatur on Cartography) 1865-1942, 3 cilt.

2) Zeittafel zur Geschichte der Kartennetzlehre. Kartographische Nachrichten, 1968, S.92

adamı Vivian THOMPSON bir kıymetlendirme aleti yaptı. 1909 da Zeiss paralelogramı icat edildi. 1911 de Avusturya'da Eduard von OREL (1877-1948) stereoautograf, aynı yıl Zeiss firmasında stereoplanigraf, 1923 de yine aynı firmada Walther BAUERSFELD'in (1879-1959) stereoplanigraf aleti yapıldı.

### 8.7.2 Hava Fotogrametrisi

1913 de C.TORDIVO, Bingazi (Libya) nın 1:4000 ölçekli kartografik çalışmaları için uçaktan resimlerini çekti. 1915 de Oskar MESSTER (1893- ?) tarafından hava resim kamerası yapımı ile hava fotogrametrisi kurulmuş oldu. 1917 de ilk fotogrametrik hava alımlarından eş yükseklik eğrili harita yapıldı (*Wilhelmy*). Aynı yıl Zeiss firması tarafından seri alım için hava resim kamerası yapıldı. 1.Dünya Savaşından sonra 1923 de Otto von GRUBER (1884-1942), karşılıklı yöneltme yöntemini buldu. 1926 da FURCADE, karşılıklı yöneltmede kendi adı ile anılan teoremi buldu. Yine aynı yılda R.HUGERSHOFF (1882-1941) tarafından hava resimleri kıymetlendirme aleti "autokartograf" aleti ve 1927 de aerokartograph yapıldı.1927 de P. v. NENONEN ufuk kamerasını buldu. 1928 de E.SANTONİ'nin Floransa/İtalya'da Officine Galileo firmasında kıymetlendirme aleti yapıldı. 1921 de İtalya'da fotogrametrik ilk ticari firma olan NISTRİ kuruldu ve 1933 de fotokartograf model III ü yaptı. 1934 de Zeiss-Aerotopograph'da rödresman aleti SEG I ve 1953 de geliştirilmiş şekli olan SEG V yapıldı. 1936 da WILD firmasında autograf A 5 den sonra bu seriden A7, A8 (1952) ve 1968 de A 10, benzer şekilde yine Wild firmasında B 8 (aviograph) gibi diğer bir seriden aletler de yapıldı. 1931 de Ch.W.COLLIER ve L.T.ELIEL tarafından radyal nirengide yarıklı plaka yöntemi uygulandı. Aynı yıl J.L.BUCKMASTER, sketchmaster (resim dönüştürme aleti) yaptı. 1931 de Münih'de Zeiss Aerotopograf firması kuruldu. 1932 de BAUERSFELD aeroprojektor, 1948 de Amerikalı H.T.KELSH, "Kelsh Plotter" i yaptı. 1954 de Londra'da Hilger Watts firmasında E.H.THOMSON'un çizim aleti, 1958 de G.L.HOBROUGH tarafından Kanada'da stereomat yapıldı. 1923 de Zeiss'da başlanan C 1 serisine, 1950 de geliştirilen C 8 modeli stereoplanigraph kıymetlendirme aleti yapıldı ve 1967 de planimat ortaya çıktı. Yine Zeiss firmasında 1964 de orthoprojektor GZ 1, Jena'da Jenaoptik tarafından 1960 da stereometrograph, 1965 de topocart yapıldı.

Hava fotogrametrisinin ilk kullanıldığı çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

a) Su işleri : 1926 da Alaska'da su enerjisi tesbiti için 10 000 mil karelik bir alan taranmış ve 100 000 PS kuvvetinde su enerjisi kaynakları keşfedilmiştir. Missisipi nehrinin 1927 deki taşması üzerine 42 500 km karelik bir fezeyan bölgesi haritası yapılmıştır. 1922 de Güney Avusturalya'da Eyre gölünün gerçek durumu hava fotoğrafları ile saptanmıştır. İspanya'da Ebro nehrinin sulama işlerinde yararlanmak üzere 13 000 km karelik sahanın 1: 10 000 ölçeğinde fotoğrafları alınmıştır.

b) Kara ve demiryolu: LÜSCHER, Bağdat hattı demiryolu etüdü için 1910 da stereofotogrametrik alımlar yaptı (*Manek 1956*). İran'da Tahran-Bendergazi demiryolu etüdü bir Alman şirketi tarafından hava fotoğraflarından yapılmıştır.

c) Haritacılık: 1932 de İsviçre'nin düz arazilerinde 1:2000 ölçekli kadastr haritaları hava fotogrametrisi ile yapıldı. Aynı yıl İspanya maliye bakanlığı, kadastr krokileri yerine hava fotoğrafları kullanılmasına karar verdi. Yine aynı yıl Rusya'da meliorasyon (arazi düzenleme) çalışmalarında hava resimlerinden yararlanıldı.

d) Arkeoloji: 1.Dünya Savaşında düşman kuvvetlerinin yer altı sığınaklarının izlerini bulmak amacı ile başlayan çalışmalara dayanarak 1915 de L.REY, Makedonya'da eski

yerleşim yerlerinin planının yapılmasında, 1925 de A.POIDEbard, Suriye'de Romalıların yaptıkları yolları bulma çalışmalarında ve O.G.S.CRAWFORD, Ön Asya, İngiltere ve Peru'da çalışmalar yaptı (*Göçer*).

Bunlardan başka Kanada'da Edouard G. DEVILLE (1849-1924), İsviçre'de Max ZELLER (doğ.1891), Hollanda'da sonraları başbakanlık yapan Willem SCHERMERHORN (1894-1977) ve ITC ekibinden A.J.VAN DER WEELE (doğ.1914), F.ACKERMANN (doğ.1929), H.G.JERIE, G.H.SHUT, VAN DEN HOUT Almanyadan H.H.SCHMID (doğ.1914), fotogrametri alanında katkıları olan bilim adamlarıdır.

### 8.7.3 Fotogrametri Cemiyetleri

1907 de Avusturya'da Eduard DOLEZAL (1862-1955) başkanlığında Avusturya fotogrametri cemiyeti, 1909 da ISP (Intern. Society of Photogrammetry = Uluslararası fotogrametri cemiyeti) kuruldu ve Avusturya'da LANGENDORF başkanlığında ilk toplantısını yaptı. Bu cemiyet daha sonra 1980 de ISPRS (Internat. Society of Photogrammetry and Remote Sensing=Uluslararası fotogrametri ve uzaktan algılama cemiyeti) olarak değişti. Bu cemiyetin yayın organı olan "Photogrammetria" dergisi 1938 de çıkmaya başladı. Almanya'da yayınlanan "BuL" (Bildmessung und Luftbildwesen) adındaki fotogrametri dergisi ise 1926 yılından beri çıkmaktadır. 1953 de İngiltere'de Photogrammetric Record ve ABD'de 1930 da yayına başlayan Photogrammetric Engineering ve Internat. Archiv für Photogrammetrie de bu konuda önemli yayınlardandır. 1931 yılında Belçika ve Finlandiya'da, 1934 de İtalya ve Amerika'da fotogrametri cemiyetleri kurularak İSP ye üye oldular.

1909 da Carl PULFRICH (1858-1927) tarafından Jena'da başlatılan fotogrametri kursu daha sonraları Otto von GRUBER (1884-1942) tarafından devam edildi ve "Ferienkurs in der Photogrammetrie" adı altında bu kursta verilen konferanslar yayımlandı. 1932 de Belçika'da Gand Üniversitesinde fotogrametri öğrenimine başlandı. 1950 de Hollanda'da başlangıçta Delft'te ve daha sonraları Enschede'de Willem SCHERMERHORN (1894-1977) tarafından UNESCO'nun desteği ile ITC (Internat. Training Center for Aerial Survey and Earth Sciences = Uluslararası hava fotogrametrisi ve yer bilimleri çalışma merkezi) kuruldu.

### Fotogrametri Alanında Yazılan Kitaplar -seçme-

- 1930:v.GRUBER,O. : "Ferienkurs in Photogrammetrie". Stuttgart  
1936: SCHWIDEFSKY,K.: "Grundriss der Photogrammetrie". Stuttgart (Türkçeye çevrildi)  
1947: ZELLER,M. : "Lehrbuch der Photogrammetrie". Zürich  
1953: HALLERT,B. : "Photogrammetry". Stockholm  
1960: BUCHHOLTZ, A. : "Photogrammetrie". Berlin  
1966: AMERIK. SOCIETY of PHOTOGRAMM.: "Manuel of Photogrammetry". Washington  
1968: FINSTERWALDER,R.-HOFMANN,W.: "Photogrammetrie" München (Türkçeye çevrildi)  
1972: JORDAN-EGGERT-KNEISSL: "Photogrammetrie" Ek Bd. III a. Stuttgart  
1988: AYTAÇ,M.: "Fotogrametri" , İstanbul  
1989: ALBERTZ-KREILING : "Photogrammetrisches Taschenbuch" . Wichmann

Fotogrametri tarihi ile ilgili diğer kaynaklar: *Albota, Aygün 1938, Aytaç, Blachut, Doyle, Eliel, Ertung, Finsterwalder, Rich.-Hofmann, Gracie, Gruber 1930, Koray, Lyon, Landen, Manek, Özdilek, 150 Jahre Photographie, Manuel of Photogramm vd.*

## 8.8 HARİTACILIK ÇALIŞMALARI

Sir Gerard LENOX-CONYNGHAM (1866-1956), Hindistan'da, Hindistan haritacılığında 31 yıl çalıştı. C.STRINZ (1869-1942), dönüşüm hesabında kendi adı ile anılan bir yöntem uyguladı.

Koşullu ölçülerle yapılan dengeleme hesabında çeşitli sayıda üçgenlerin konumlarına göre oluşan normal denklemlerin inversleri hesaplanarak cetveller halinde yayınlayıp korelatların hesaplanmasında işlemleri kolaylaştırma yoluna giden JENNE ve FRIEDRICH (1871-1944) in büyük katkıları oldu. Daha sonra Hans BOLTZ (1883-1947), kendi adı ile anılan "Substitution yöntemi" ile dengelemenin gruplar halinde yapılabileceğini veya dengelenmiş bir ağa yeni koşul denklemlerinin eklenebileceğini gösterdi. Normal denklemlerin çözümünde Paris coğrafya servisinde çalışan Fransız matematikçi Andre-Louis CHOLESKY'nin kendi adı ile anılan bir çözüm algoritması vardır.

## 8.9 JEODEZİK ALETLER

### 8.9.1 Nivolar

Aşağıda çeşitli firmalar tarafından yapılmış olan nivolar sıralanmıştır-seçme-

#### Düzeçli Nivolar

**F.W.Breithaupt & Sohn:** NAKUM, NIFIX, NAGUK, NAMAL, NAKRE, NAKLA  
**Kern & Co:** GK0, GK1, GK23, GK-2A, GK 23-EC

**Keuffel & Esser:** Builder's transit level, papagon, Dumpy level, Eagle 2

**MOM:** NI-E3

**Opton Feintechnik:** Ni 52

**Wild Heerbrugg:** N0 1, NK05, NK1, N2, N1

**Ertel-Werk:** BNL

**Officiene Galileo:** L105, L103, L106

**Theis & Co:** N4, N5, N44

**Rusya:** NL-3, N-3, N-2

**Slom:** SNCA, SN11, SN22, SN32

**Nikon:** E5, E6

**VEB Carl Zeiss Jena:** Ni III (1925), Ni 030, Ni 021A, Ni 060, Ni 004

**Sokkisha:** TTL 6, LT1

**Topcon:** TS-3B, TS-3A

**PZO-Warshau:** Ni 42, Ni 41

**Pentax:** L-30

**Filotecnica Salmoiraghi:** Lit 41

**Geo-Fennel:** Fen 1

#### Kompensatörlü (Otomatik Düzeçlenen) Nivolar

1946 da STODOLKJEWIÇ pratikte kullanılan ilk düzeçli kompensatörlü nivo yaptı. DRODOFSKY'nin 1950 de tanımladığı olanak, bir gaz kabarcığının alet eğimini

kompanse etmesi fikri Oberkochen(Almanya) de geliştirildi. Diğer tüm kompensatörler sarkaç ayna ve prizmadan oluşmaktadır ve genelde sarkaçların yerçekimi ile düşey durması veya su ya da yağ yüzeyinin yatay olmasından yararlanılmaktadır (Hirsch, Deumlich 1964).

Hassasiyetleri 1 km de  $\pm 2$  mm civarında olan bu nivolar:

- a) Kıl ağı düzlemi ile objektif arasında kompensatörleri olan nivolar,
- b) Sabit objektif arkasında ve hareketli objektif kısmının önünde kompensatörü olan nivolar,
- c) Kompensatörü mesafe odaklama görevi yapan nivolar,
- d) Kıl ağı veya objektifin kompensatör görevi yapan nivolar,
- e) Objektif önünde kompensatörü olan nivolar olarak gruplanabilir (Deumlich 1964).

Çeşitli firmaların yaptığı kompensatörlü nivolar -seçme:-

**Ertel Werk** : KNA, BNA(1965), INA (1965)

**Rusya**: Ns4, TN6, N-10KL, NS3, N-3K

**Slom** : SNCA, SNA0, SNA2

**Kern & Co**: GKO-A, GK1-A, GK1-AC

**Keuffel & Esser**: AL-3

**Opton Feintechnik GmbH**: Ni 4, Ni 42, Ni2 (1951), Ni21

**Pentax**: AL-3EC- AL-2EC, PAL-5C, PAL-3C, PAL-2C, AK-2E

**Thess & Co**: Tenimat 3F, Tecomat S, Tecomat 32

**Topcon**: AT-D3, AT-F6, AT-M3, AT-F4, AT-F3, AT-F1

**VEB Carl Zeiss Jena**: Ni 050, Ni 040A, Koni 025 (1963), Ni 020A, Koni 007 (1959), Ni 005A, Ni 002A, RENİ 002A (1987), Ni 004 (1953), 002 (1973)

**Breithaupt & Sohn**: Autom 4300, AUCIR

**Filotechnica Salmoiraghi**: LA 51, Mod 5172, 5173, 5190

**Geo Fennel** FNA-1, Auba, Autac

**MOM**: Ni-B3, AZ-1, Ni-B5

**Nikon**: AP-5, AE-5, AS, AS-C

**Officiene Galileo**: LA 102

**Sokkisha**: B2A, C3A, C3E, B1-C, B2C, AL-2, AL-3

**Wild Heerbrugg**: NA1, NAK0, NA 20, NA 2, NAK 2, NAK 1, NA-0, NA 2000 (Digital nivellier Wild-Leitz)

**Hilger & Watts**: autoset level 1, Autoset level

**Cooke, Troughton & Simms, York**: S 700

**Meopta, Prag**: MNK 20

**Askania-Werke**: Na, Nva

**Gebr. Miller**: Ni V, Ni VI

**Tokyo Optical co.,Tokio**: Toko Autoset level

**VEB Feinmess, Dresden**: VK 05/1

**Charkower Fabr. (Markscheide)**: NSM-2

## 8.9.2 Teodolit

Alet yapımında gelişmeler birbirini izledi. Daha büyük ve ağır olan aletlerin taşınması zor, dürbünleri de çok uzundu. Bölüm dairesindeki okumaların daha duyarlı olması, hassas olan alet parçalarının yağmur, toz, nem ve çarpmalara karşı kapatılması gerekmekteydi. Çok önemli bir nokta da kısa zamanda ölçü yapmak için aletin etrafında düzgeç, bölüm dairelerini okuma vb. için operatörün pervane gibi dönmesi yerine

100 YILLIK (1880-1980) SÜRE İÇİNDE JEODEZİK GELİŞMELER

Zaman Skalası	Ülke Nirengi Ağı		Ağ Sıklaştırması		Detay Ölçüleri	
	Ölçü yöntemi	Alet	Yöntem	Alet	Ölçme Yöntemi	Alet
1880	Zincir	Teodolit				Teodolit
1890	Üçgen yüzey ağı	Lata	Hiyerarşik		Ortogonal	Ölçü Zinciri Şerit Metre
1900			Sıklaştırma		Alım	Ölçü Latası Prizma
1910		Teodolit				
1920						
1930	Üçgen ağ	İnvartel	Münferit	Teodolit		
1940			ve çok			
1950			nokta		Ortogonal	Teodolit Baz Latası Şerit Metre
1960	Üçgen ağ	Teodolit			Alım	Optik Takeom
	Münferit	Elektro-optik				
	baz	Mikro dalgalı EDM	Uzun kenarlı poligon ağları	Teodolit	(Kutupsal	
1970	Kenar ağı	Mikro dalgalı EDM		Elektrooptik uzaklık ölçü aleti	Alım)	Code Teodolit
		Laser uzaklık ölçeri	Kenar ağı	Teodolit	Kutupsal	Elektronik
			Poligon ağı	Laser EDM	Alım	Takeometre
					Ortogonal	
					Alım	
1980	Kenar ağı	Mikro uzakölçü Laser Doppler Satelit alıcısı	Kısmen hiyerarşik yöntem bozulması	Infrarot EDM	Kutupsal alım serbest ista.	Akıllı Elektronik Takeom.

Şekil-8.1: Alım tekniğinde 1880-1980 arasındaki 100 yıllık gelişmeler (Pelzer)

bulunduğu noktadan hareket etmeden ölçüleri yapabilmelidir. Şekil-8.2 de görülen eski tip bir teodolitte okuma için gözün şekilde numara ile gösterilen yolları izlemesi gerekiyordu. Yeni ve modern teodolitlerde ise şekil-8.3 de de görüldüğü gibi bir noktadan tüm işlemler yapılabilmektedir.

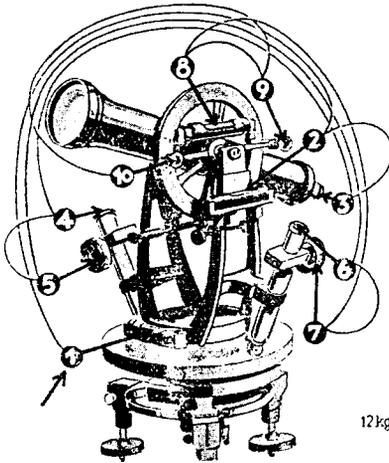
## Optik Teodolit

Teodolitlerde bölüm dairelerinin metal yerine camdan yapılması ve okumaların optik bir düzenle okülere getirilmesi , dürbünlerde iç odaklama yapılmasının gerçekleşmesi ile ilk optik teodolit Carl Zeiss firmasında 1920 da yapılan ve 1922 de piyasaya sürülen Th I ile başladı (*Deumlich 1958,1961,1967,1972a,b, 1988, Wagner, Weigold*).

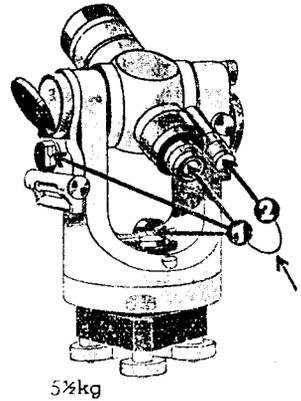
Bunu diğer firmalarda yapılan teodolitler izledi. Yapılan teodolitlerde cam bölüm dairesi kullanıldı. Aslında ilk cam bölüm dairesi 1884 de Prag'da Josef ve Jan FRIC tarafından bir madenci teodolitinde kullanıldı. Skala mikroskoplu ilk optik teodolit ise 1930 da Carl Zeiss'ta yapılan Th IV dür.

Bölüm dairelerinin okunuşunun basitleştirilmesindeki gelişmeler ise şöyledir: 1879 da HENSOLDT skala mikroskobundan bahsetti. 1912 de Otto Fennel firması verniyerli mikroskop yaptı. 1925 de Breithaupt firması HECKMANN'ın önerdiği verniyer mikroskobuna benzeyen kombinasyon mikroskobu yaptı. 1930 da Otto Fennel firmasında düz cam mikroskobu yapıldı. 1964 lere kadar Askania firması eğik bölümlü mikrometrel bir teodolit yaptı.

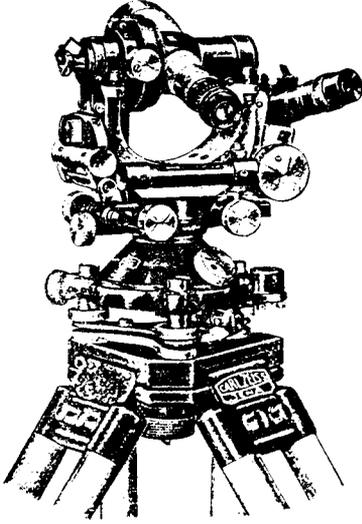
Ayna mercekli dürbün 1939 da DKM 3 (Kern) aletinde kullanıldı. Daha önce bu tür dürbünler astronomide kullanılıyordu. 1953 de Carl Zeiss Jena'da yapılan Theo 010 tipi teodolitte de ayna mercekli dürbün kullanılmıştır. 1942 de Askania firması Prof. Erwin GIGAS (1899-1976) ın önerisi ile arazide özellikle I. derece nirengi noktalarındaki hava koşullarının ve görüş olanaklarının kötü olması nedeni ile gözlem süresini en aza indirmek amacı ile okumaların kaydı için 27 cm bölüm daire çaplı bir nirengi teodolitine (Tpr) bir fotoğraf makinası yerleştirdi. Filimler banyo edildikten sonra özel bir aletde optik bir düzenle çizgiler çakıştırılarak mikrometrelerde okumalar yapılıyordu. Bu fikir 1950 de Wild T3 ve 1966 da Carl Zeiss Jena'da Theo 002 de uygulandı. 1958 de Askania



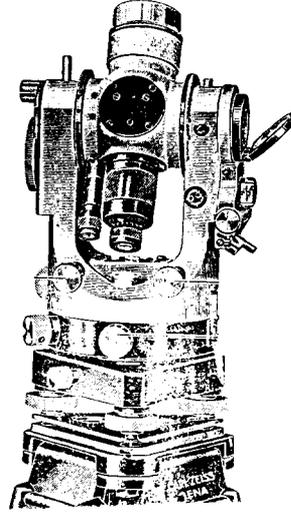
Şekil-8.2: Eski tip bir teodolit (*Naebauer*)



Şekil-8.3: Modern teodolit



Şekil-8.4:Th I (1922)



Şekil-8.5: Th II (1931)

firmasında görsel olarak gözlenen ışık hedeflerini elektro-optik yöntemle yakalayan elektronik göz yapıldı.

Teodolitlerde gözün yorulmaması ve kontrast için bölüm dairelerinin görüntüleri çeşitli renklerde yapıldı. Bu renkler daha çok sarı, mavi ve yeşildir. 1979 yılına kadar VEB Carl Zeiss Jena firmasının yaptığı Theo 020 A aletinden 20 000 adet yapıldı ve A tipleri B olarak değiştirildi. 1988 den itibaren Rusya'da yapılan teodolitlerin beş standartta olması kararlaştırıldı. Bunlar T1, T2, T5, T20, T30 olup sayılar yatay açı ölçümünde mikrometre bölümünün en küçük birimi (derece saniyesi) ni belirtmektedir. Yılda yaklaşık 25 000 teodolit yapılmaktadır. Fennel teodolitleri "Geo Fennel, Führer & Co" firması tarafından yapılmaya başlanmıştır

Çeşitli duyarlıklardaki optik teodolitlerin yapılış yılları -seçme-

**VEB Carl Zeiss Jena** Th I (1920), Th III (1929), Th IV (1930), Th II (1931), Th F (1938), Th 40 C (=Th 2a,Th2,Th42) (1941), Th B (1945), Theo 030 (1949), Theo 010 (1953), Theo 010 A (1970), Theo 020 (1960), Theo 020 A (1970), Theo 002 (1965), Theo 015 B, Theo 010 B, Theo 020 B, Theo080 A, Theo 003, Theo 120 (1961)

**Carl Zeiss Oberkochen** Th 3 (1954), Th 4, Th 2, Th 5, Th 42

**Wild Heerbrugg A.G.** T2 (1923), T3 (1925), T1 (1931), T0 (1932), T4 (1940), T16 (1956), T1-A (1958), DKM2-A, T05

DK1 (1937), DK2, DK (1937), DKM1 (1937), DKM 2 (1937), DKM 3 (1939), DKM3-A, DKM2-A, K0-5, K1-A, K1-S, K1-M

**Askania-Werke, Berlin/Fridenau** Tpr (1942), Tk (1952), Tkmi (1952), Tkg (1952), Tt (1956), Tu (1956), Ts, Tts (1960)

**Aerogeopribor, Moskova** OT-02 (1940), OT 10 (TA) (1940), OTM (1947), TT-3rp, TT-4, TB1-OTC (1947), OT-02 (1950), OTW-1 (1958), T15, T30, T20, T5, T2, T1, T60, 2T2, 2T2P, 2T2A, 2T5K, 2T5KP, 3T2KP, 3T2KA, 3T5KP

**Charkower Werk für Markscheider Instr.** OMT-30 (1958)

**Cooke, Troughton & Simms, York** 3.5 inçlik teod. (1928), Tavistock V 500 (1929), T63 (1937), IV (1942), III (1943), V 208, V 308, V 406, V 22

**Hilger & Watts, London** Watt-Zeiss theodolit (1929), B 50 (1936), Microoptic Nr. 1 (1947), Microoptic Nr. 2 (1947), Microoptic Nr. 3, Microoptic Transit (1950), ST 300, ST 456, Transit  
**Otto Fennel Söhne, Kassel** FT1, FT1A (1949), FTS (1950), FT2 (1955), FT2N, KT1 (1960)  
**VEB Freiburger Präzisionsmechanik** Theo 2 (1945), Th 3, Theo 6.1 (1954)  
**Gebr. Miller GmbH, Innsbruck** TI (1952), TII (1952), TIII (1952), TIV (1952)  
**Ferdinand Süss, Budapest** Normal Nr.10 (1931)  
**MOM, Budapest** Te-D1 (1955), Te-E1 (1957), Te-C1 (1960), Te-B1 (1960), Te-E6, Te-D3, Te-D4, Te-C13, Te-Ni3  
**Gamma, Budapest** Te-E1 (1957), Te-E2 (1958), Te-E3 (1959), Te-E4 (1960)  
**Filotechnica Salmoiraghi, Milano** 4150 (1950), 4150 NE, 4140, 4138 C (1953), 4149 A (1957), 4200 (1959)  
**Officine Galileo, Florenz** TG1 (1950), TG1b (1956), TG2b, TG3b, TG4b, TG4d  
**Ertel-Werk, München** KTG (1955), KT1, RKT  
**PZO, Warshaw** T30 (1960), TA-6, TB1  
**H.Morin, Paris** H.M.C.(1955), TM1, CN2, TM2, TM11  
**Slom, Paris** ST1 (STN0), SCN 22, STN 27  
**F.W.Breithaupt & Sohn, Kassel** To (1958), Theo I, TEINS, TEKAT, TECAL, TEAUT  
**Sokkisha Ltd, Tokio** TM-20, TM-20C, TM-10, TM-10E, TM-10C, TM-10ES, TM6, T60D, T60E, TS20, TS20A, TS6, TM1A, TM-20H, TM-20HS  
**Fuji Surv. Instr. Co.,Tokio** Th 32  
**Nippon Kogaku K.L.Tokio** Nikon NT-2, NT-2E, NT-1, NT-1S, NT-2S, NT-4D, NT-4D III, NT-5A, NT-2D III,  
**Keuffel & Esser** KE-2, KE-2e, KE-1, KE-1e, KE-6, KE-6e, Path T202, Eagle 60  
**National Instr.and Ophthalmic Glass Ltd. Kalkutta** TD-50  
**Siemens** Tpr  
**W. & L.E..Gurley, Troy New York** Gurley 4 inç army theodolit (1945)  
**Max Hildebrand, Freiberg** Th HW (Th3b) (1937-1945)  
**W.F. Stanley & Co. London** C15  
**Vickers Instr. York** V 404, V II, V 22  
**Topcon** TL-10DE, TL-10DF, TL-1E, TL-6DE, TL-20DE, TL-20DF, TL-20DEP, TL-60SE, TL-60DP  
**Pentax (Asahi)** TH-01W, TH-20WA, TH-10WA, FG-1, TH-10D, TH-20D, TH-60E, TH-60S  
**Boif (Çin)** Ts 60AE, TD1E

### 8.9.3 Takeometre

Norveçli DAHL'ın 1919 da patentini aldığı ve ilkesi Hammer-Fennel takeometresine dayanan bir türü Carl Zeiss firması tarafından 1932 de geliştirildi. 1942 de seri üretimine geçilen bu alete DAHLTA (Dahl'ın takeometresi) denildi.

İsviçreli bir haritacı olan LEHMANN'ın 1930 da ortaya koyduğu ilkeye dayanarak Kern & Co firması tarafından 1936 da plançete, 1939 da DKR takeometresi ve 1946 da DKRM ve 1951 de plançete RK yapıldı. 1953 de Fennel firması Fennel-takeometreyi yaptı. Wild firmasında 1951 de RDS (düşey miralı redüksiyon takeometresi) ve daha sonra RDH (yatay miralı redüksiyon takeometresi), aynı firmada 1962 de Plançete RK1 yapıldı. MOM (Macaristan) firması ise 1959 da BEZZEGH'ten kaynaklanan diyagram takeometresi TA-D1 aletini, aynı yıl Rusya TA-2 aletini yaptı. Zeiss (Oberkochen) da ise RTa-4 aletini 1967 de yaptı.

#### 8.9.4. Optik Uzunluk Ölçme Aletleri

Bazın aletde olduğu uzunluk ölçerlerden jeodezik amaçlı olanlardan stereotakigraf aletini HUGERSHOFF 1931/32 de Gustav Heyde firmasında yaptı. Ancak pratikte pek tutunamadı. Carl Zeiss firmasında 1937 den itibaren EPPENSTEIN'in verilerine dayanarak yapılan teletop, görüntülerin çakıştırılması ilkesine dayanan bir uzunluk ölçme aleti idi. Diğer firmalardan jeodezik amaçlı telemetre ile ilgili olarak Breithaupt & Sohn firması 1952 de Todis'i, Wild firması 1959 da TM 10, Hilger & Watts ve Rusya 1965 de DWT aletini yaptılar.

Baz hedefte, sabit ve yatay ilkesi ile ölçü yapan aletler için ağaçtan yapılmış baz lataları 1880 den itibaren kullanılıyordu. 1909 da PULFRICH, Carl Zeiss Jena firmasında teğet vidalı bir fototeodolitle ilgili olarak ilk defa çelik borudan bir baz latası yaptı. Başlangıçta 6 m ve 3 m lik olan bu baz lataları daha sonraları 2 m lik yapılmış başlandı ve 1923 de Carl Zeiss firması, 1929 da Wild firması seri halde baz latası yapmağa başladılar. Bunu diğer firmalar da izlediler.

#### Optik Uzunluk Ölçme Aletlerinin 19. ve 20.Yüzyıldaki Durumlarına Toplu Bir Bakış

Bu aletler bazın yeri (aletde veya hedefte), bazın durumu (düşey veya yatay) bazın uzunluğu (sabit veya değişken),  $\gamma$  paralaks açısının sabit, değişken veya düşey açının bir fonksiyonu  $\gamma = f(\beta)$  olduğu durumlara göre gruplandırılırlar (şekil-8.6) (v. Gruber 1955). Bunlardan 1110, 1111, 2210 grubundakiler topografik alım için, 1120, 1210, 1211 grubu kadastro (sınır ölçüsü) için uygundur ve poligon ölçüsünde 1220 grubu aletler kullanılır.

##### 1110 Baz hedefte, düşey ve değişken ve paralaks açısı sabit olan aletler

Watt 1771, Hölscher 1777, Reichenbach 1810, Tichy-Starke 1878/1893 (logaritmik mira, mikrometre), Nestler 1912, Leemann-Kern 1915, Adamczyk 1920, Dieperink 1924, Barot-Wild 1935, Candido 1946, Wagner-Fennel 1878, Viotti 1887, Kreuter 1892, Schrader 1895, Puller-Breithaupt 1896, Leemann-Kern 1920, Walther-Zeiss 1927, Ewing-Esdale-Watts 1954, Gruber-Zeiss "Lodis" 1927, Braeuler-Zeiss "Ufab" 1936, Hensoldt 1954, Tichy-VEB Jena 1955 (logaritmik mira, mikrometre)

##### 1111 Baz hedefte, düşey ve değişken, paralaks açısı $\gamma = f(\beta)$ eğim açısının fonksiyonu olan aletler

Hogrewe 1800, Stampfer 1845, Sanguet-Secretan 1866, Reich-Ganser 1905, Despiou 1911, Laska-Rost 1905, Böhn 1915, Dörgens 1900, Balu-Kern 1912, Lingee-Micallef 1950, (Bosshardt-Zeiss Tg 1925), Porro 1858, Missori 1940, Tichy-Starke 1879, Reina 1896, Baggi 1896, Filcott-Watts 1912, Szepessy-Süss 1928, Filotechn. Salm. 1954 (4180), Rancagli-Urbani 1890, Nasso 1898, Hammer-Fennel 1900, Dahl-Zeiss 1919-1939, Butenschön 1931, Löschner-Kern 1936, Wild RDS 1940, Kern DKR 1945, VEB Jena Dahlta 020 1952, Conzett-Kern 1953, Fennel 1954, Aubell 1910 (Heliom), Hegershoff-Heyde 1930 (uç resim), Barot-Wild 1933 (sabit ve döner kama)



1120 Baz hedefte, düşey ve sabit, paralaks açısı değişken olan aletler

Schaute-Zeiss Ballon kayıt teodol. 1912, Pichl Tachygraph 1953, Killian Tachytograph 1946, Abbe-Zeiss gemi uzunluk ölçeri 1894, Bjerhammar-AgaTerragraph 1943

1210 Baz hedefte, yatay ve değişken, paralaks açısı sabit olan aletler

Alt-Miller 1940, Werffeli 1919 (verniyerli mira), Bosshardt 1919, Müller-Fennel 1921, Heckmann-Breithaupt 1933, Sanguet 1886, Barr & Stroud 1890, Richards 1894, Oltay-Süss 1910, Wild 1921, Wild DM1 1950, Arreger-Kern 1926, Hildebrand 1928, Richards-Fennel 1929, Uhinck-Breithaupt 1929 (aynalı prizma), König-Zeiss "Dimess" 1931, Pla. mikr. 1939, Kern DM 1925, Kern DM-M 1931,

1211 Baz hedefte, yatay ve değişken, paralaks açısı  $\gamma = f(\beta)$  eğim açısının fonksiyonu olan aletler

Zwicky - Kern 1910 (2 dürbünlülü), Peaucellier- Wagner 1884 (Porro  $F \cdot \cos \beta = \text{sabit}$ ), Bosshardt-Zeiss "Redta" 1921, (Döner kama çifti, doğru ayrılan görüntü), Kern 1931 (Döner kama-Paralelogram), Kern DR 1941, Wild RDH 1945, Kern DK-RT 1945 (ters ayrılan görüntü-verniyersiz)

1220 Baz hedefte, yatay ve sabit, paralaks açısı değişken olan aletler

Krause 1881, Pulfrich-Zeiss 1904, Werkmeister-Peschel 1936, Daniloff 1932, Lange 1934, Niemczyk-Emschermann 1938, Zeiss, Wild, Kern, VEB Jena, Fennel, Kobold-Kern 1953 Grygorczuk 1938, Montanari 1674, Bertram 1937, (stereo), Killian 1946, Barr & Stroud 1889 (sürgü kamalı), Drude 1890 (Heliom), Berroth-Fennel 1934 (oynak kamalı), Zeiss 1940 (Ring-döner kama, mikrometre), Tichy-VEB Jena 1955

2110 Baz durakta, düşey ve değişken, paralaks açısı sabit olan aletler

Hornstein 1898, Eppenstein-Zeiss "Teletop" 1938

2120 Baz durakta, düşey ve sabit, paralaks açısı değişken olan aletler

Plebani 1877, Petschenning 1924

2210 Baz durakta, yatay ve değişken, paralaks açısı sabit olan aletler

Hornstein 1898 (sürgü dürbün 1:1000), Magellan-Gautier 1775, Zeller 1921 (2 objektif), Eppenstein-Zeiss "Teletop" 1937 (1 obj., 1 sürgü prizma), Breithaupt-Berroth 1952, Engi 1923

2220 Baz durakta, yatay ve sabit, paralaks açısı değişken olan aletler

Breithaupt-Kleinschmidt 1770, Goulier 1864, Roksandıç, Hensoldt, Tetens 1910, Brander 1871, Barr & Stroud 1888, Zeiss'in kesme, ters ve üç boyutlu görüntülü uzunluk ölçerleri "Telemetre" 1893-1943, Eppenstein, König, Pulfrich/Aubel-Leitz 1926, Hugershoff-Heyde 1929 (stereo).

### 8.9.5 Elektronik Teodolitler

Bu tür teodolitlerin üst kısmında Leitz'in bir açı adım sayacı ve buna bağlı olarak kafes (screen) daire mevcuttur. Dönüşler elektrik aydınlanma ile periyodik ışık salınımlarına dönüşmekte ve bir foto diod üzerinden elektrik sinyaline çevrilerek sayılabilir duruma gelmektedir. Açılarda yedi rakamdan altısı digital olan aletlerden bazıları; Jena Theo 010 A, Zeiss Th 2, Kern DKM-2 ve Wild T2 dir.

Açı ölçümü bazı aletlerde kısmen otomatikleştirilmiştir. Böylelikle çizim veya hesap ünitesine aktarılabilir duruma getirilmiştir.

Zeiss Theo 002, Siemens Tpr, Wild T3, Otto Fennel FLT3 aletlerinde bölüm dairesinin resmi çekilmekte, ek bir aletle banyo edilmiş filimlerden bölüm çizgileri çakıştırılarak okuma yapılabilmektedir. Böylelikle uygun gözlemden azami yararlanılmaktadır. MOM-Ko-B1 aletinde de değerler 40 m lik bir kablo ile teodolite bağlı bir üniteden digital (sayısal) gösterilebilmekte ve delikli şeride kaydedilmektedir.

Reg-Elta 14 (Zeiss) aletinde ise mekanik açı ölçümü -kaba ölçü- dişli viteslerle hassas ölçü kaması ile enterpole edilerek delikli şeritlere verilmektedir.

Yeni aletlerin her iki yönünde display (tuşlar ve ekran) bulunmakta ve açı değerleri direkt olarak gösterilmektedir. Göstergeler LCD (Liquid Crystal Display) olup genelde iki satırlıdır. Üst satırda yatay, alt satırda düşey açı derece veya gon olarak gösterilmektedir. Alet içine konulmuş microcomputer ile birçok işlemler yapılabilmekte ve kullanımı kolaylaştırmaktadır. Örneğin saat ibresi veya ters yönde açı değerlerinin artışları yapılabilmekte, yatay doğrultu bir değerle sabit tutulabilmekte, otomatik yükseklik indeksleri ile ölçü hızı artırılabilir. Düşey açı için dürbünün düşey düzlemde hareketi ile otomatik olarak indeks hatası saptanması ve düşey eksen kompensatörü ile düşey eksen eğikliği etkisi otomatik olarak elimine edilmektedir. Hassas teodolitlerde birbirine dik iki doğrultuda çift eksen kompensatörü konulmuştur. Bazen akustik veya optik sinyal ile dik açı uygulamasını kolaylaştırmaktadır. Genelde kayıt birimine bağlantı, bazılarında zamanın kaydedilmesi için saat de vardır. Aletin taşınması için üstünde tutanak-köprü konulmuştur. Elektro optik aletlerin bu elektronik teodolit üstüne monte edilmesi de mümkündür. Böylelikle elektronik takeometre (total station) görevi yaptırılabilir.

Elektronik teodolitlere örnek bazı alet firmalarının yapılan aletler

Fennel :	Code teodolit FLT3 (1960), FET 20
Breithaupt:	Digital teodolit (Digigon) Zetsche (1965)
MOM:	K0-B1 (1971)
Sokkisha :	DT, DT4, DT5, DT6
Keuffel &Esser:	Vectron (1977)
Kern :	E1 (1980), E12 (1987), E2-SE
Zeiss Opton :	ETH 3, ETH 4, ETH 2
Wild :	Theomat Wild T 1000, T1600, T2000, T2002, T3000
Nikon :	NE-20S, NE-10, NE-5, NE-1
Pentax :	TH-E10D (1987)
Topcon :	DT-60, DT-30, DT-10, DT-10L, DT-05, DT-05A, ETL-1, ETL-1L

## 8.9.6 Elektronik Uzunluk Ölçme Aletleri

Elektromanyetik dalgalardan yararlanarak uzunluk ölçümü ile yeni bir çıkış açıldı. 1922 de Finli bilim adamı Yrjö VAEISAEALAE (Vayzele) (1891-1971), ışık girişimi yardımı ile çok hassas bir şekilde komparator ile uzunluk ölçülebileceği konusunda bir yayın yaptı. Sekiz yıl sonra da komparatör son şeklini aldı. Önceleri 24 m lik invar teli ayarında kullanılan bu yöntem daha sonra 1947 de 864 m lik bir bazda denendi ve 1:17 milyon duyarlık elde edildi.

1945 de ABD'de ASLAKSON'un yönetiminde SHORAN (Short Range Navigation=kısa mesafe navigasyonu), LORAN (Long Range Navigation=uzun mesafe navigasyonu) ve 1950 de HIRAN (High Precision Shoran=yüksek prezisyonlu Shoran) ve 1965 de SHIRAN yöntemi jeodezik amaçlar için kullanıldı (*Card, Höpcke, Paulson, Ross, Gigas 1966*).

1933 de Rus bilim adamı TROFIMUK tarafından elektro optik uzunluk ölçer aleti önerildi. 1936 da Rusya devlet optik enstitüsünde (GOI) ilk elektro optik uzunluk ölçeri yapıldı. (15 MHZ modülasyon frekanslı, vizüel faz ölçümü). Ancak 3.5 km de 1:1000 hassasiyetle ölçen bu alet kabadır.

Bu tür bir aletin pratiğe dönük olarak yapımı 1948 de İsveç'te AGA firmasında Erik BERGSTAND (1905-1987) tarafından Geodimetre (Geodetic Distance Meter = Jeodezik uzunluk ölçer) aleti olarak gerçekleşti. Bu aleti 1957 de Güney Afrika'da WADLEY (1919-1980) tarafından yapılan Tellurometre MRA 1 aleti izledi. Ga-As diodlu ve ışın kaynağı Gaz-Laseri olan bu aletten 10 yıl içinde 6000 adet yapıldı. 1959 da Cubic Corporation-San Diego, Elektoteyp yaptı

1960 da Wild DI-10 ile 3 km lik yakın menzilli Ga-As diyodlu ve hacimca oldukça küçük bir alet yapıldı. Bu alet bir teodolit üzerine oturtulmakla uzunluk ölçen elektronik takeometre görevi yapıyordu. İlk partide 3000 adet yapılan bu aletten Avusturya'da 1971 sonunda 82 adet vardı. 1965 de Wild firması 100 m-50 km menzilli DI-50 aletini yaptı. Polonya 1960 da KG-1, 1963 de 0G-1 uzunluk ölçeri yaptı. 1968 de Rus aleti Quarz ve İsveç AGA-Geodimeter 8 ilk elektro optik alet yapıldı. Bu aletle gündüz 30 km ye ulaşan uzunluklar ölçülebiliyordu.

1950-75 arasında imal edilen elektro optik uzunluk ölçerlerde şimdiye kadar uygulanan modülasyon frekansına karşılık alçak frekansta faz ölçümü duyarlığı oldukça artırmış ve bu yükselme sayısal faz ölçümü ile daha da yükseltilmiştir. Gaz laser kullanımı ile daha uzun mesafeleri hatta gündüz ölçme olanağını sağlamıştır. Bunun sonucunda kısa menzilli mesafede reflektörlerin prizma sayısı azaltılmıştır (*Deumlich 1973/b*). 1972 de Tellurometre A 1000 modeli yapıldı.

Mikro elektronik uzunluk ve açı ölçümü kısmının bir alete entegrasyonunu mümkün kıldı. 1968 de çıkan kayıtlı elektronik takeometreler 1977 de daha da geliştirildiler. 1972 lerde dünyada 6000-8000 uzunluk ölçü aleti tahmin edilirken 1977 den sonra daha da geliştirilerek 1982 de uzunluk ölçer aletlerinin sayısı 60 000-90 000 arasında tahmin edilmektedir ve bunun 15 000 i Wild firması tarafından yapılmıştır (*Deumlich 1982/a*).

Bir çok aletlerin veri çıkışları vardır. Ölçü ve diğer bilgilerin bir dış hafızada saklanması mümkün olup hafızada saklı bilgiler direkt olarak bir hesap ünitesine verilebileceği gibi manyetik band kasetlerine de aktarılabilir. Böylelikle araziden harita çizimine kadar tüm işlemler otomatikleştirilmiş olur. Verilerin dış hafızada saklanması ve içine yerleştirilen hesaplayıcı ile ölçülen eğik mesafenin, ya düşey açının verilmesi

veya otomatik olarak kendi kendine yatay uzunluğun hesaplanması mümkün olmaktadır. Bazı modellerinde bölüm dairesi inkremental yöntemle yöneltilerek hedefe tatbik edilmekte ve düğmeye basmakla uzunluk ve açı ölçümü, ölçülerin kaydı, çeşitli redüksiyonlar ve bazen gerekirse ölçü duyarlılığı hesabı -mikro işlemle komuta- yapılmaktadır. Çoğu kez data interface mevcut olup elektronik bilgi işlem ile bağlantıdan yararlanılabilir. Kısmen data işlemi arazide yapılmaktadır.

Elektronik takeometrede yatay ve düşey açı ve uzunluk elektronik olarak ölçülmekte ve sonuçlar otomatik olarak hafızaya alınmaktadır (total station). Bazılarında açı okuma görsel olup uzunluk ölçümü elektrondir. Bunlara kısmi elektronik takeometre veya semi total station veya EDM- teodoliti denir.

Kısa menzilli uzunluk ölçme aletlerinde reflektörün dikilerek yöneltmesinden sonra diğer uçta bulunan aletde sadece bir düğmeye basmakla ölçme işlemi harekete geçmektedir. Bir mikro işlemci (mikro prosessor) yardımı ile ölçü yönetimi ve kontrolü sağlanmaktadır. Sayısal olarak gösterilme ve hafızaya alınma işlemi otomatik olarak yapılmaktadır. Bu işleme karşılık vaktiyle 1955 lerede Geodimetre 2 modelinde 24 ayrı işlem yapıyordu. Uzunluk ölçerek yapılan nirengi (trilaterasyon) yöntemi klasik tip nirengi ile yarışır hatta bazı noktalarda avantajlı duruma gelmişti. İnvar ile baz ölçme gibi yorucu ve zaman alıcı işlemler kalktığı gibi baz büyüme ağı vb işlemler de gereksiz kalıyordu. Baz için Gaz laserli elektro optik uzunluk ölçme aletleri ile gündüz 30 km, gece 50 km ye kadar uzunluklar direkt olarak ölçülebiliyordu. Trilaterasyon yönteminden önce nirengi ağlarının bazıları elektro optik olarak ölçülerek ölçek kontrolü yapıyordu. Uydu nirengisinde gerekli olan kozmik baz ölçümünde elektro optik EDM aleti kullanılarak Tromso (Kuzey Norveç)-Catania (Sicilya) bazı veya Potsdam-Sofya-Pulkova kozmik üçgeni ölçülmüştür.

Mikro elektronik, uzunluk ve açı ölçme birimlerinin bir aletde entegrasyonunu sağladı. Bu şekilde ortaya çıkan elektronik takeometreler klasik yöntemin en çok otomatikleşen jeodezik aletleri oldu. Bu aletler artık optik teodolitlerin sıhhatına erişti. Bu aletlerle pratikte yeni yöntemlere ufuklar açıldı. Alım için eskiden yapılan poligon işi jeodezik işlerde (Almanya'da trilaterasyon, Avusturalya ve Sudi Arabistan'da ülke nirengi ağı, uzun kenarlı poligon ile uzun boru hattı çalışmaları) konum hatası vb. işlerde kullanılmaktadır.

Mikro dalgalı uzunluk ölçerlerle görüş ve atmosfer koşullarından bağımsız olarak 50 veya 100 km lik mesafeler ölçülebilmektedir. 1957 deki Tellurometreye göre boyutları küçülerek hafiflemiş ve mikroişlemci ile ölçme işi otomatik olarak yapılmaktadır ve özel jeodezik işlerde (Almanya'da trilaterasyon, Avusturalya ve Sudi Arabistanda ülke nirengi ağı, uzun kenarlı poligon ile uzun boru hattı (pipe line) çalışmaları) konum hatası vb işlerde kullanılmaktadır.

Reflektörsüz 1000 m ye kadar uzunluk ölçümü  $\pm 1$  mm incelikte yapılabilmektedir.

Bunlardan başka VLBI (Very Long Base Interferometry) yöntemi 1980 li yıllarda gelişerek günümüzde kıtalar arası uzunlukları Wetzell (Almanya)-Westford (Teksas) arasında 6000 km lik uzunluğu  $\pm 1$  mm incelikte ölçme olanağını vermekte bu şekilde kıtaların hareketi saptanabilmektedir. Yapılan ölçülere göre Amerika-Avrupa kıtası yılda 1.7 cm uzaklaşmakta ve Japonya-Hawaii arası yılda 6.6 cm kısalmaktadır.

1960 lı yılların ortasında Wild DI 50 distomatı ile mikrodalgalı uzunluk ölçer aletlerinin optimum noktası elde edilmiş ve pratik hayatın bir çok ihtiyacını cevaplamış oldu. Bu aletler genelde 3 cm taşıyıcı dalga boyu (10 GHZ) ve 10 m hassas ölçek (15 MHZ modülasyon frekans), aletten ayrı olarak gönderme ve alım birimi, büyük bir kısmı

otomatikleşmiş ölçü ve bir program şalterinin basamaklı döndürülmesi ile dijital göstergeli uzunluğun bir kaç dakikada ölçümü, (değiştirilebilir tam transistörle elemanlardan oluşan ana ve tali istasyonlar) mümkündür. Elektronik uzunluk ölçen bir alet ile teodolitın görsel açı okuma sisteminin biraraya gelmesi ile Semi-totalstation denilen aletler oluşmaktadır (*Deumlich 1986/b*).

### 8.9.7. Elektronik Takeometre

Elektronik takeometre, elektronik uzunluk ölçer ünitesi ile açı ölçme ünitesinin mikro elektronik yardımı ile bir alet içinde entegre edilmiş şeklidir. 1968 de Opton Feintechnik (Zeiss-Oberkochen) ilk entegreli elektronik takeometreyi yaptı (Reg Elta 14 ve SM 11). Wild firması ise teodolit üzerine monte edilen uzunluk ölçer (DI 10) yaptı. 10 yıl içerisinde Reg Elta 14 aletinden yaklaşık 1000 adet yapıldı. Mikro elektronikteki gelişmeler ve özellikle 1971 den itibaren mikroişlemci eklenmesi ile aletlerin boyutları ve dolayısı ile ağırlıkları küçüldü, aletler hassaslaştı ve optik takeometrelerin sınırlı mesafelerde zorla ulaştığı cm duyarlık bu aletlerle çok rahat yakalandı (*Deumlich 1982/c*).

Bu aletlerin bir çok türü çeşitli firmalar tarafından yapılmıştır. Sadece uzunluk ölçen aletler, Bir teodolitın üzerine monte edilen uzunluk ölçerler, kısa mesafe, orta mesafe, uzun mesafeler için uzunluk ölçerler, elektronik takeometreler, kayıt üniteli takeometreler, elektrooptik duyarlı uzunluk ölçerler, mikro dalgalı uzunluk ölçerler vb olarak sınıflandırılabilirler. Bu konudaki gelişmeler ise izlenemeyecek derecede büyüktür (*Deumlich 1973/a, 1982/a,c, 1986/b*).

Aşağıda çeşitli gruplarda uzunluk ölçen bu aletlerin bazılarına ilişkin bir liste sunulmuştur.

**AGA:** Geodimeter 1 (1953/54), 2, 2A (1955), 3 (1956), 4, 4B, 6, 6A, 6B (1964), 76, 8 (1968), 6BL (1972), 600 (1977), 710 (1971), 7T, 700 (1972), 12 (1974), 12A, 600 (1977), 14A (1977)

**Geotronics AB:** Geodimeter 110, 116, 120 (1979), 122 (1981), 136, 216, 220, 140, 13b, 408, 412, 422, 440, 444,

**Zeiss Jena :** EOS, EOD-1, SWW-1, EOK 2000 (1970), Recota (1981), AEM 1200 (1990), RETA 3A, RETA 20 a, RECOTA

**Opton Feintechnik GmbH:** Eldi 1, Eldi 2, Eldi 4, Eldi 10, Elta 2, Elta 3, Elta 4, Elta 5, Reg-Elta 14 (1968), SM 11 (1968), SM 4 (1976), Elta 15 (1993)

**Wild Heerbrugg AG:** DI 50 (1962), DI 10 (1968), Wild DI-3 (1972), DI 3S (1976), DI 4 (1980), DI 2000, DI, DI 3000, DI 3002, DI 5S, DIOR, TC 1, TC 1L, DI 20, DI 4L, Citation CI-410, CI-450, TC 1000/DI 1000, TC 1600, TC 2000/DI 5

**Kern & Co :**DM 1000, ME 3000 (1973), ME 5000, Tellurometre MA 100, DM 503, DM 104, DM 150, DM 500 (1975), DM 550, DM 501 (1977), DM 502 (1977), DM 102 (1981), DM 504 (1987), DM 505 (1988), E2/DM503

**Geo Fennel ,Führer & Co:** FEN 20, Geo Fennel: Fen 2000, Fen 4000, Fen 101, Fet 2, Pulsar 50 (1987), ET 1

**Ertel:** Distameter (1965)

**Franke :**ART, A dist 1000

**Rusya :** SUU-1(1957), 6D-300 (1958-59), Quarz (1969), EOD-1 (1960-63), EOD-1M (1963-65), Kristall, ST-62, TD-Z, MSD-1, KPG-3, Granat M, EOD-1 (1960). EOD-1M (1963), SVV-1 (1957), SG-2M (1965), MSD-1 (1966), MSD-1M(1973/75), DVSD-1200B (1972), Quarz (1969), SG-3 (1980), ST-1(1983), 3SM2=ST5, ST1, SP-2, KTD-2, 2ST10, Volna, RDL, Ta5, TO 3, DNK-02

**ABD :** Geodolite 36

**MK-Electronics (USA):** MK-111  
**Plessey (USA):** Tellurometer CD 6 (1975)  
**Terra Technology (USA):** Terrameter LDM2  
**Hewlett-Packard (USA):** HP 3800 A (1970), 3805 A (1974), 3808 A (1978),  
Cubitape DM-60, LSE Ranger II  
**Keuffel & Esser (USA) :** Ranger IV, Ranger VA, Rangermaster III, Uniranger,  
Autoranger III, Pulseranger, Microranger II, Vectron (1978), Vectron II  
ND-250, MND-2, ND-160, ND-26, ND-21F, ND-20F, KRT 32  
**Spectra-Physics (USA):** Geodolit (1963/1968)  
**Tellumat (İngiltere):** Tellurometer MA 200, Tellurometer MA100, CMW 6, CMW 20  
**Com-Rad El. Equ. (İngiltere):** Geomensor  
**Tellurometer:** CA 1000, CD 6  
**Siemens-Albis AG Zurich:** SIAL MD 60 C  
**Pentax (Asahi, Japan):** PM-81, MD-14, MD-20, Px-06D, PTS-1105, PTS-1110  
**Topcon :** DM-S2, DM-S3, DM-A2, Guppy GTS-10D, DM-H1, DM-A5, GTS-2B,  
ET2, GTS-3B, GTS-4B, ET-1, GTS-3, GTS-6/6B  
**Nikon:** NLD-3, NTD-4, NTD-3, NTD-2, DTM-A20, DTM-A10, DTM-A5, DTM-A1,  
DTM-20, DTM-A5L6, DTM-A10L6, DTM-A20L6, MND-2  
**Sokkisha:** SDM-3, SDM-3E, SDM-3ER, SDM-3FR, RED 2L, RED 3, RED 2, RED  
mini 2, RED 1A, SDM 3D, SET 4, Set 3, SET 2, SET 2C, SET 3C, SET 4C, SDM-1,  
SDT-1  
**Bulgaristan:** SG1 (1975)  
**Polonya:** DN (1974), DL 5, DLS-2 (1979)  
**Çin:** DCH 1, DCH 3

### **Elektronik Uzunluk Ölçer (EDM) İle İlgili Kitaplar-seçme-(Deumlich 1982/a).**

1958: LORENTZ, J.-BROCKS, K.: Elektrische Messverfahren in der Geodaesie. Köln  
1960: LAURILLA, S.: Electronic surveying and mapping. Ohio State Univ. Press  
1961: KONDRASCHKOW, A.W.: Elektrooptische Entfernungsmessung. Berlin  
1965: ÖZGEN, M.G.: Elektrometri. DSI yayınları Ankara  
1966: GIGAS, E.: Physikalisches-Geodätische Messverfahren, Bonn  
1966: JORDAN/EGGERT/KNEISSL: Handbuch der Vermessungskunde. Bd. VI Die  
Entfernungsmessung mit elektromagnetischen Wellen und ihre geodätische Anwendung  
1967: SAASTAMOINEN, J.J.: Surveyor's Guide to electromagnetic distance measurement.  
Toronto  
1971: BJERHAMMAR, A.: The new Generation of electro-optical distance measuring  
instruments  
1971: BURNSIDE, C.D.: Electromagnetic Distance measurement. London  
1976: LAURILLA, S.H.: Electronic Surveying and Navigation New York  
1978: KAHMEN, H.: Elektronische Messverfahren in der Geodaesie. Karlsruhe  
1978: RUEGER, J.M.: Introduction to electronic distance measurements. Sidney  
1979: ZETSCHKE, H.: Elektronische Entfernungsmessung. Stuttgart  
1981-84: UZEL, T.: Jeodezik amaçlı elektromagnetik ölçmeler I (1981), II (1984), İstanbul  
1985: BOLSAKOV-DEUMLICH-GOLUBEV-VASILEV: Elektronische Streckenmessung. Berlin  
1986: ÖZGEN, M.G.-DENİZ, R.: Elektromagnetik dalgalarla jeodezik ölçmeler (Elektrometri),  
İstanbul

Jeodezik alet tarihçesi ile ilgili diğer kaynaklar: *Bedini 1975, 1986, Bennett, Breithaupt, Bugge, Deumlich 1957-1988, Dizer 1989/b, Dreier, Engelbreit, Engelsberger, Engelbreit, Gigas 1950, 1966, Grewe 1980, 1981, v. Gruber 1955, Haerry, Hammer 1891, 1896, 1908/b, Hirsch, Hunaeus, Hogg-Armstrong, Kiely, Lüdemann 1931, Lührs, Meckenstock, Meier, Minow 1982, C. Müller, Novotny, Paulson, Peters*

1963,1965, Pfeifer 1971,1975, Prey, Reilly, Repsold, Rohmer, Strasser 1969,1975, Schmidt 1893,1989, Tekeli 1961, Wagner, Weigold, Zachhuber 1974, Zetsche 1966, 1979, Zinner vd.

## 8.10 MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

Eurotünel: Fransa-İngiltere arasında 37 km si Manş denizi altında 50 km uzunluğunda 1980 de başlanılan tünel çalışmaları 1994 yılında trafiğe açılmıştır. Daha önce iki kere denenilen bu tünelde şimdilik trenle gidiş-geliş ve servis tüneli olmak üzere üç tünel açılmıştır. Mühendislik çalışmaları ile ilgili diğer kaynaklar: *Junius 1987, Kreisle, Peters 1962/b, 1964,1979 vd.*

## 8.11 KEŞİFLER

Bu yüzyılda yeryuvarının keşfedilmemiş çok az yeri kalmıştır. Özellikle bazı kıtaların içlerinin bilimsel gezilerle haritaları yapılmış ve insanlığa sunulmuştur.

1909 da R.E.PEARY(1856-1920) kuzey kutbuna ulaştı.1911 de AMUNDSEN (1872-1928), bir ay sonra 1912 de SCOTT (1868-1912) güney kutbuna ulaşmıştır. Alman jeodezici ve gezgin Wilhelm FILCHNER (1877-1957), 1903-1905, 1926-28 ve 1935-37 arasında Doğu Tibet ve Çin, 1910 da Spitzbergen, 1911-12 de güney kutup gezilerini yaptı. Bir çok manyetik gözlem, konum ve yükseklik belirledi.

## Okyanus Derinliklerine İniş

1930 da O. BARTON çalışmalara başladı. 1934 de derin deniz araştırmacısı William BEEBE ve Otis BARTON Bermuda'da bir çelik küre (Bathysphere) ile 923 m derinliğe indiler. 1948 de İsviçreli fizik profesörü Auguste PICCARD (1884-1962) ilk batiskaf FNRS 2 yi yaptı. 1949 da BARTON, Kaliforniya'da 1372 m ye indi. 1953 de Prof. Auguste PICCARD ve oğlu, Trieste adlı çelik küre ile 3167 m ye indiler. 1956 da bu keşiflere ilişkin "Balon ve Batiskaf" adında kitabı yayınlandı. 1954 de Fransız deniz mühendisi Pierre WILLM, Afrika sahili batısında (Atlantik) 4048 m ye indi. 1960 da Trieste adındaki denizaltı ile oğlu Jacques PICCARD ve araştırmacı Donald WALSCH 10916 m derinliğinde Büyük Okyanusta Mariannes çukuruna indiler. 1994 yılında denizlerin en derin yeri olan 11 km lik bir çukura inilme projeleri vardır.

## Gökyüzüne Yükseliş

1783 de MONGOLFIER kardeşler Fransa'da bir balonla uçtular. 1922 de İngiliz Himalaya gezisinde Everest tepesine tırmandılar. Ancak FINCH ve BRUCE oksijen takviyesi ile 8326 m ye kadar çıkabildiler. 1931 de İsviçreli A.PICCARD Stratosfer balonu ile 15780 m ye ve 1932 de 16940 m yüksekliğe çıktılar. 1935 de İngiliz STEVENS ve ANDERSEN balonla 23 400 m ye çıktılar. 1957 de uçuş hekimi Binbaşı Dr.David G.SIMONS, Minnesota'da bir balonla 34 km yüksekliğe çıktı. 1937 de ADAM, uçakla 16940 m ye çıktı. 1946 lı yıllara kadar erişilen en fazla yükseklik kayıt balonları ile 34 500 m ve pilot balonlarla 38 600 m dir. 1946 yılında New Mexiko (ABD) çölünden atılan bir roketin en az 130 km ye çıktığı tahmin ediliyor. 1951 de Viking roketi ile 250 km ye çıkıldı. 1957 de Ruslar tarafından ilk yapay uydu (Sputnik) uzaya atıldı. Böylece uzay çağı başlamış oldu.

## 9. DİĞER FAALİYETLER

### 9.1 ABD HARİTACILIĞI (US COAST AND GEODETIC SURVEY)

10 Şubat 1807 de ABD başkanı Thomas JEFFERSON kıyı ölçmeleri ile ilgili bir yasayı imzaladı. Birkaç ay sonra da bir enstitü kurularak başına GAUSS ile Göttingen'de birlikte okuyan İsviçreli mühendis Ferdinand R. HASSLER getirildi. "Survey of Coast" (sahil ölçme) 1816 da arazi çalışmalarına başladı. İsminden de anlaşıldığı gibi öncelikle kıyı ölçülerine başladı. Görevi yelkenli gemilerin güvenliği için koy ve limanların haritasını yapmak. Çünkü ülkenin ticareti buna bağlandı. Çalışmalar başlangıçta çok yavaş yürüyordu. 1834 de New York, Long Island ve Connecticut kıyılarının ilk haritaları yapıldı. 1835 de ilk hidrografik ölçüler yapılarak 1839 da ilk deniz haritası yapıldı. 1843 de HASSLER'in ölümü ile Benjamin FRANKLİN'in torunu, zamanın ünlü bilim adamlarından Alexander Dallas BACHE görevi devraldı. İdaresi zamanında enstitü büyük gelişmeler gösterdi. ABD'nin bütün doğu kıyı haritası bitmişti. 1848 de Pasifik kıyılarına başlandı. Yılda ortalama 300 gemi kazası, haritaların yapılması ile oldukça azaldı. Golfstrom akıntıları incelendi, manyetik gözlemler yapıldı. 1847 de ilk ölçme gemisi göreve başladı. Ülkenin gelişmesi ve batıya zorlama ile ülke içi de enstitünün görev alanına girdi ve ilk nirengi çalışmaları başladı.

1871 de Enstitüye kongre tarafından Atlantik-Pasifik arasında büyük bir nirengi ağı çalışması görevi verildi. Böylelikle 1878 de enstitünün ismi "Coast and Geodetic Survey" oldu. 1903 de maliye bakanlığına bağlandı. 20. yüzyıl başlangıcına kadar iki büyük iş bitirildi. İlki 39° enleminde bir boylam ağı kuruldu. Bu ağ bütün kıtayı doğudan batıya kadar kapsamakta ve 49 boylam derecesini içermekteydi. Bu ağda 109 enlem, 73 azimut ve 37 boylam istasyonu vardır ve 10 adet baz ölçülmüştür. Bu işlemi Amerikanın doğu sahilinde enlem ağı takip etti. Bu ağ 30°-45° kuzey enlemleri arasında 71 enlem, 17 boylam ve 55 azimut istasyonuna sahiptir ve bu ölçülerden HAYFORD, 1912 yılında kendi adı ile anılan elipsoid boyutlarını hesapladı ve 1924 de Madrid'te yapılan Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG) tarafından uluslararası elipsoid olarak kabul edildi.

Kongrede ayrıca bütün ülkenin topografik haritası için bir nirengi ve nivelman ağı yapılması görevi verildi. Bunun için ülkede kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde ana nirengi zincirleri kuruldu. Noktalar arası 50-60 mil alındı. Uzak görüşler için portatif Bilby çelik kuleleri kuruldu (*Bilby*). Bu çalışmalar jeodezi şubesi başkanı Dr. BOWIE (1872-1940) tarafından yapılan büyük nirengi ağlarının dengelenmesi ile Avrupada tanınmıştır. Bu yöntemle 98. ve 123. batı boylamları arasındaki ağ 1924-1926 arasında çok kısa bir zamanda dengelenmiştir. Ayrıca 7000 adadan meydana gelen Filipinler'in haritası 1901 de başlanarak 40 yılda bitirilmiştir. Bilimsel çalışmalar özellikle 1915-1928 arasında E. Lester JONES yönetiminde daha da ileriye götürüldü. BOWIE ve ADAMS'ın çalışmaları bu döneme rastlamaktadır.

Enstitü deprem araştırmalarına da yönelmiş ve Kaliforniya'daki San Andreas fayında 50 sismograf yerleştirilmiştir. Ayrıca deniz depremleri ikazı, Honululu civarındaki manyetik gözlemevinden yönetilmektedir. 1945 de gemi navigasyonu için Shoran

yöntemini kullanan ilk kurum olmuştur. 1957 yılında amiral H.Arnold KARO başkanlığında 150. kuruluş yılını kutlayan enstitüde 2000 eleman çalışmaktadır ve 17 ölçme gemisi, yedi manyetik istasyon, iki enlem istasyonu ve 13 dağılmış büroları vardır. 300 civarında yayın yapan kurum elemanları IUGG'nin saygın üyeleridir (*ZfV 1957, S.196*).

## 9.2 ULUSLARARASI KURULUŞLAR

### 9.2.1 Baltık Jeodezi Komisyonu

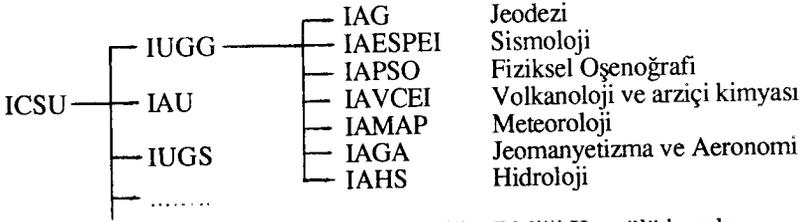
1. Dünya Savaşının arkasından 1924 yılında Almanya, Estonya, Finlandiya, Letonya, Lituanya, Polonya ve İsveç ülkeleri temsilcileri Helsingsfor'da (Helsinki) toplanarak Doğu denizini çevreleyen ülkelerde ortak bir jeodezi çalışması için karar aldılar. Bu ülkelere ek olarak Danimarka ve serbest Danzig kenti de birliğe bağlanarak "Baltık Jeodezi Komisyonu"nu kurdular. Bu birlik 12 yıllık bir çalışma süresinden sonra 1936 da tekrar bir 12 yıl uzatıldı. Her ülkenin bir oyu ve oylamaya katılmayan delegeleri vardı. Rusya bu birliğe 1929 da katılarak 1939 da tekrar ayrıldı. Bu birliğin başkanları ROSEN (İsveç, 1924-27), NÖRLUND (Danimarka, 1928-30), KOHLSCHÜTTER (Almanya, 1931-33), NÖRLUND (Danimarka, 1934-36), KRASSOFKY (Rusya, 1937-39) ve EGGERT (Almanya), ROSEN (İsveç, 1947-49) dir. 1924 de birliğin genel sekreteri olarak Fin Jeodezi enstitüsü direktörü I.BONSDORFF seçildi. Birliğin toplantıları Helsinki (1924), Stockholm (1926), Riga (1927), Berlin (1928), Kopenhagen (1930), Varşova (1932), Leningrad ve Moskova (1934), Tallin ve Tartu (1935), Helsinki (1936), Kaunas (1938) da yapıldı.

Bu birliğin amacı Baltık denizi bölgesinde baz ve astronomik ölçüleri yapılmış bir jeodezik ağın dengelenmesi ve bu bölgede yerçekimin araştırılmasıdır. Daha sonra bu birlik programına, Baltık Jeodezi ağına Rus-İskandinav nirengisine bağlayarak Kuzey Buz denizinden Karadeniz'e kadar bir nirengi ağı elde etmek, Doğu denizi ülkelerinde ortak bir nivelman ağı kurmak ve Atlantik okyanusundan başlayarak bütün Avrupa ve Asyayı geçen bir yay uzunluğunun ölçümünü almıştı. İlk olarak Baltık çelenginin ölçü ve hesapları yapılarak büyük deneyimler elde edildi. Birliğin bu tür çalışmaları 1924-1938 arasında yayınlanan "Verhandlungen der Baltischen Geodaetischen Kommission" (Baltık jeodezi komisyonu tartışmaları) ve 1938 den itibaren "Die Taetigkeit der Baltischen Geodaetischen Kommission" (Baltık jeodezi komisyonu faaliyetleri) olarak Almanca dilinde yayınlandı.

### 9.2.2 IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics)

Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği IUGG, 1931 de kurulan Uluslararası Bilim Birliği Konsülü ICSU'nun (International Council of Scientific Unions) 18 kuruluşundan biridir (*Bull. Geod. 1988*), *The Geodesist's Handbook, Bull. Geod. vol 66 No 2, 1992*) (şekil-9.1). IUGG'nin amacı uluslararası işbirliği öngörmektedir. Çalışmalar daha çok yüksek jeodezi konularını ve şekilde görüldüğü gibi diğer yerbilim dallarını içermektedir. Bu dallardan IAG (International Union of Geodesy) mesleğimizi ilgilendirmekte olup kısa geçmişine aşağıdadır.

1862 yılında General Johann Jacob BAEYER (1794-1885), Avusturya, Prusya ve Sachsen (Saksonya) temsilcileri ile Berlin'de bir araya gelerek meridyen ölçülerinin (Gradmessung) yapılmasında işbirliği kararı aldılar. 1864 yılında Berlin'de yapılan toplantıya Prusya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Hollanda, İtalya, Rusya, İsviçre temsilcileri katılarak topluluğun ismi "Mitteleuropäische Gradmessung" (Orta Avrupa meridyen ölçü birliği) denildi. 1867 de Berlin'de toplanan birliğe İspanya ve Portekiz de katılarak Avrupa meridyen ölçü birliği (Europäische Gradmessung) oluştu ve toplantılarını Viyana (1871), Dresden (1874), Stuttgart (1877), Münih (1880), Roma (1883), Berlin (1886) de üç yılda bir olacak şekilde yaptılar (*Draheim*). 1886 da Berlin'de yapılan toplantıda birliğin adı "Internationale Erdmessung" (Uluslararası Yer Ölçümü) oldu ve toplantılarını üç yıllık periyotla Paris (1889), Brüksel (1892), Berlin (1895), Stuttgart (1898), Paris (1900), Kopenhag (1903), Budapeşte (1906), Londra (1909), Hamburg (1912) olarak düzenli bir biçimde sürdürdüler.



Şekil-9.1 Uluslararası Bilim Birliği Konsülü kuruluşu

1. Dünya Savaşı ile toplantılara ara verildi her ülke haritacılarını savaş için görevlendirerek savaş haritaları yapıldı. Tarafsız ülkeler (Danimarka, İspanya, ABD, Norveç, Hollanda, İsveç, İsviçre) bu birliği küçük çapta da olsa sürdürdüler. ABD savaşa girer girmez toplantılardan çekildi.

1919 da IUGG, altı seksiyonla kuruldu. Bu seksiyonlardan birisi Uluslararası Jeodezi Birliği olan IAG (Internationale Association of Geodesy) dir. 1922 de Hidrolojinin de katılması ile IUGG, 7 birlikten oluşmaktadır. IUGG toplantılarını şu şehirlerde yapmıştır. Roma (1922), Madrid (1924), Prag (1927), Stockholm (1930), Lizbon (1933), Edinburg (1936), Washington (1939), Oslo (1948), Brüksel (1951), Roma (1954), Toronto (1957), Helsinki (1960), Berkeley (1963), Luzern (1967), Moskova (1971), Grenoble (1975), Canberra (1979), Hamburg (1983), Vancouver/Kanada (1987), Viyana (1991). 1987 Kanada'daki toplantıya 78 üye ülkeden 4000 kişi katılmıştır.

IAG, beş alt bölümle çalışma alanlarını ayırmıştır. Bunlar; Seksiyon I : Positioning (Pozisyon belirleme), Seksiyon II: Advanced space technology (ileri uzay teknolojisi), Seksiyon III: Determination of the Gravity Field (Gravite alanının belirlenmesi), Seksiyon IV: General Theory and Methodology (Genel teori ve yöntem bilim), Seksiyon V: Geodynamics (Jeodinamik) dir.

IAG'nin yayın organı Bulletin Geodesique 1926 yılından beri yılda dört sayı yayınlanmaktadır (*Angus Leppan, Levallois 1980, Aksoy, Hunger*).

Türkiye 1947 yılında IUGG'ye üye oldu. Bu üyelik Harita Genel Müdürlüğü (şimdiki adı Harita Genel Komutanlığı) tarafından temsil edildi. 1968 yılında TUJJB (Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği) kuruldu.

### 9.2.3 FIG (Federation Internationale des Geometres)

Uluslararası Haritacılar birliği olan FIG, 18 Temmuz 1878 de Paris'te yedi ülkenin (Almanya, Belçika, Fransa, İngiltere, İtalya, İspanya, İsviçre) meslek temsilcilikleri ile kuruldu.

Kuruluşun amacı: Meslek konularında bilgi alışverişi; üye birliklerin arasındaki ilişkilerin yakınlaşması; ülkelerdeki harita mühendislerinin sosyal konumları hakkında deneyim değişimleri ve elde edilen ilerlemelerden her ülkede yararlanma; harita mühendisliğine yararlı olan araştırmaları ve bilimsel, teknik, yasal, ekonomik ve sosyal alanlardaki buluşları teşvik ve destekleme; meslek eğitimi koordinasyonunun modern çalışma yöntemleri ile uyumlu olması; çeşitli ülkelerin meslektaşları, personeli ve ilgili kurumlar arasında iyi ilişkiler sağlanmasıdır.

Birlik kuruluş aşaması ve her iki dünya savaşı dolayısı ile fazla bir atılım yapamadı. 1926 dan itibaren sürekli gelişerek 1987 yılı sonu itibarıyla 53 ülkeden 57 meslek kuruluşu üyeliğine erişti<sup>1)</sup>. 1986 ya kadar her üç yılda bir yapılan FIG kongreleri bu tarihten itibaren her dört yılda bir yapılmaya başlanmıştır. Bu toplantılarını şu şehirlerde yapmıştır: I-Paris (1878), II- Brüksel (1910), III-Paris (1926), IV-Zürih (1930), V-Londra (1934), VI-Roma (1938), VII-Lozan (1949), VIII - Paris (1953), IX-Scheveningen ve Delft (1958), X-Viyana (1962), XI-Roma (1965), XII-Londra (1968), XIII-Wiesbaden (1971), XIV-Washington (1974), XV-Stockholm (1977), XVI-Montreux (1981), XVII- Sofya (1983), XVIII- Toronto (1986), XIX- Helsinki (1990), XX-Melbourne (1994).

XIX. kongrenin 1990 da yapıldığı Helsinki toplantısında A.B.C şeklinde gruplandırılan dokuz bilimsel teknik komisyonu bulunmaktadır. Bunlar:

A-Grubu	1. Komisyon	:Mesleki uygulama, örgütsel ve hukusal sistemler
	2. "	:Mesleki eğitim ve yayınlar
	3. "	:Arazi bilgi sistemleri
B-Grubu	4. Komisyon	:Hidroğrafik ölçmeler
	5. "	:Ölçme araçları ve yöntemleri
	6. "	:Mühendislik ölçmeleri
C-Grubu	7. Komisyon	:Kadastro ve kırsal arazi düzenlemesi
	8. "	:Kentsel arazi kullanımı, kent planlanması, planların bütünleşmesi için yasal işlemler ve sistemler
	9. "	:Taşınmaz mal değerlendirmesi ve yöntemi

FIG, ayrıca her yıl yapılan CP (Commission Permanent=Daimi komisyon) toplantıları ile yararlı çalışmalar yapmaktadır(Ahrens, Har.Kad. Müh. FIG özel sayı 40 (1977), 67 (1990), Yıldız-Özen).

1) Türkiye bu kuruluşu Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası ile 1969 dan itibaren üye olup 1981-1986 arasında üyelik durumuna ara verilmiş ve 1986 dan itibaren tekrar üye olmuştur.

### 9.2.4 ISPRS (Internationale Society of Photogrammetry and Remote Sensing)

ISPRS (Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği), 4 Temmuz 1910 da Viyana'da Avusturyalı Prof. Eduard DOLEZAL (1862-1955) tarafından IGP=ISP (Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie = Internationale Society of Photogrammetry) adı ile kuruldu ve 14. ISP kongresi (Hamburg 1980) de ismi ISPRS olarak değiştirildi. 43 ülkenin üye olduğu kurumda fotoğraf ve navigasyon, kıymetlendirme alet ve yöntemleri, hava triyagülasyonu, harita ve planların fotogrametrik yapımı, özel uygulamalar, bibliyografya, eğitim ve terminoloji, foto yorumlama konuları araştırılmaktadır. Bu konuda 1938 den beri yayın organı olan Photogrammetria, 1926 dan itibaren BuL (Bildmessung und Luftbildwesen, şimdiki adı ZPV=Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung) ve 1930 den beri Photogrammetric Engineering dergileri çıkmaktadır.

### 9.2.5 ICA (Internationale Cartographic Association)

ICA (Uluslararası Kartografya Birliği) 10 Haziran 1959 da Bern (İsviçre) de kuruldu. Bu kuruluş IGU (Internationale Geographic Union) un bir alt kuruluşudur. Her dört yılda bir toplanan kurumda: Kartograf yetiştirilmesi; Kartografik kavramların sınıflandırılması ve standartizasyon; Kartografyada otomasyon; Tematik kartografya konuları işlenmektedir. Yayın olarak da Kartographische Nachrichten (1957 den itibaren), Bibliotheca Cartographia (1957 den itibaren), Internationale Jahrbuch für Kartographie (1961 den itibaren) vardır. 14. Genel kurulu 1989 da Budapeste'de yapılmıştır. Türkiye bu kuruluşa 1970 den beri üyedir.

### 9.2.6 IUSM (International Union of Surveying and Mapping)

IUSM (Uluslararası Ölçme ve Harita Birliği) 10 Eylül 1985 de Harrogata (İngiltere) de FIG, ISPRS, ICA gibi uluslararası birlikler tarafından kurulmuştur ve ICSU'nun alt birliği olmayı hedeflemektedir.

## 9.3 HARİTACILIKLA İLGİLİ YAYINLANAN PERİYODİKLER -Seçme-

### ABD

- 1- Surveying and Landinformation System (önce: Surveying and Mapping)-Bethesda
- 2- NOAA<sup>1)</sup> technical reports-Maryland
- 3- NOAA technical memorandums-Maryland
- 4- Photogrammetric Engineering-Washington
- 5- Reports of the Dep. of Geodet. Science and Surv. The Ohio State University-Columbus
- 6- Air Force Geophysic Laboratory-Technical Report
- 7 -The American Cartographer
- 8- Defense Mapping Agency technical Memorandum
- 9- Defence Mapping Agency, Topographic Center, Geodetic Memorandum
- 10- Marine Geodesy-New York
- 11- Journal of Geophysical Research-Washington D.C.

1) National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey Rockville, Maryland.

## **ALMANYA**

- 1- Allgemeine Vermessungsnachrichten-Wichmann, Karlsruhe
- 2- Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung (Önce: Bildmessung und Luftbildwesen) Karlsruhe
- 3- Kartographische Nachrichten, Bonn
- 4- Nachrichten aus dem Karten und Vermessungswesen-Frankfurt/a.M.
- 5- Manuscripta Geodetica, Berlin
- 6- Vermessungstechnik, Berlin<sup>1)</sup>
- 7- Vermessungstechniker
- 8- Vermessungsingenieur (önce:Fluchstab), Wiesbaden
- 9- Vermessungswesen und Raumordnung (önce: Verm. Techn. Rundschau), Bonn
- 10- Veröffentl. der Bayerischen Kommission für die Intern. Erdmessung, München
- 11- Veröffentl. der Deutschen Geodaetischen Kommission (Reihe A-E), Frankfurt ve München
- 12- Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart
- 13- Geodaetische und Geophysikalische Veröffentlichungen
- 14- Gerlands Beitrage zur Geophysik, Leipzig
- 15- Geo-Informations-Systeme-Wichmann, Karlsruhe
- 16- Internatioales Jahrbuch für Kartographie, Gütersloh
- 17- Markscheidewesen, Essen
- 18- Bibliographia Geodaetica. Akademie Verlag Berlin

## **ARJANTİN**

- 1- Geodesia

## **AVUSTURALYA**

- 1- The Australian Surveyor- The Institutions of Surveyors, New South Wales
- 2- Cartography
- 3- Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying
- 4- Department of National Development-Division of National Mapping Techn. Report

## **AVUSTURYA**

- 1- Mitteilung der Geodaet. Inst. der T.H. in Graz
- 2- Geodaet. Arbeiten Österreichs für die Internat. Erdmessung, Wien
- 3- Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogramm., Wien
- 4- Institutsmitteilungen des Institutes für Geodaesie an der Univers. Innsbruck

## **BELÇİKA**

- 1- Bulletin trimestriel de la Societe Belge de Photogrammetrie (Fr.), Brüksel
- 2- Mares Terrestres-Bulletin d'Information

## **BREZİLYA**

- 1- Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro

## **BULGARİSTAN**

- 1- Trudove na Zentralnata laboratorija po Geodesija
- 2- Isvestija na zentralnata laboratorija po Geodesija
- 3- Sbornik ot statii po Kartografija
- 4- Geodezia, Kartografia, Zemeustroistvo, Sofia

---

1) 1991 den itibaren AVN ile birleşti

## **ÇEKOSLOVAKYA**

- 1- Geodetický a Kartografický obzor, Prag
- 2- Studia Geophysica et Geodaetica, Prag

## **ÇİN**

- 1- Science Abstracts of China (İng.)
- 2- Acta Geodaetica et Geophysica
- 3- Acta Geodaetica et Cartographica Sinica
- 4- Cehui Tongbao
- 5- Journal of the Wuhan College of Geodesy, Photogramm. and Cartography

## **DANİMARKA**

- 1- Geodaetisk Institut Skrifter, Kopenhagen
- 2- Geodaetisk Institut Meddelelse
- 3- Geodaetisk Institut Interne Rapport

## **FİNLANDIYA**

- 1- Surveying Science in Finland, Helsinki
- 2- Photogrammetric Journal of Finland, Helsinki
- 3- Suomen geodettisen Laitoksen Tiedentojoja, Helsinki
- 4- Suomen geodettisen Laitoksen Julkaisuja, Helsinki

## **FRANSA**

- 1- Geometre (önce:Revue des Geometres-Experts et Topographes Français), Paris
- 2- Photo-Interpretation
- 3- Bulletin Geodesique, Paris
- 4- Bulletin du Comité Français de Cartographie
- 5- Bulletin Societe Française de Photogrammetrie
- 6- Annales Geophysicae
- 7- Bulletin du Groupe de Recherches de Geodesie Spatiale
- 8- Bulletin d'Information du Bureau Gravimetrique International
- 9- Institut Geographic National-Geodesie
- 10- Travaux de l'Association Internationale de Geodesie
- 11- XYZ Revue de l'Association Française de Topographie, Paris
- 12- Bulletin d'Information de l'Institut Geographic National, Paris

## **GÜNEY AFRIKA CUMHURİYETİ**

- 1-The South African Survey Journal

## **HİNDİSTAN**

- 1- Survey of India. General Reports
- 2- Survey of India. Technical Reports

## **HOLLANDA**

- 1- ITC Journal, Enschede
- 2- Geodesia. Netherlands Geodetisch Tijdschrift-Apeldoorn
- 3- ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (önce:Photogrammetria), Amsterdam
- 4- Reports of the Depart. of Geodesy, Mathemat. a. Physical Geodesy , Delft
- 5- Geophysical Surveys
- 6- Netherlands Geodetic Commission-Publication on Geodesy

## **İNDONEZYA**

- 1- Report of the Geodetic Work-Bandung

## **İNGİLTERE**

- 1- The Chartered Surveyor (önce:Journal of the Royal Inst. of Chartered Surveyors), London
- 2- The Photogrammetric Record, London
- 3- The Cartographic Journal
- 4- Annual report. The Ordnance Survey
- 5- Annual Report. Directorate of Overseas Surveys
- 6- Survey Review (önce:Empire Survey Review), London
- 7- Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society

## **İRAN**

- 1- Journal of NCC (National Cartographic Center)-Tehran (farsça)
- 2- Journal of The Earth and Space Physics. Inst.of Geophysics,Tehran University (İng.+farsça)

## **İSVEÇ**

- 1- Report of Department of Geodesy
- 2- Reports of the Geodetic Institute- Uppsala University
- 3- Swedish Journal of Surveying
- 4- Lantmaeteri-Tidskrift, Stockholm

## **İSVİÇRE**

- 1- Vermessung Mensuration
- 2- Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik (önce:Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie), Winterthur
- 3- Mittlg. des Inst. für Geodaesie und Photogrammetrie der ETH Zurich
- 4- Bundesamt für Landestopographie-Bulletin des Rechenzentrums
- 5- Geodaetisch-Geophysikalische Arbeiten in der Schweiz
- 6- Kern Bulletin
- 7- Pure and Applied Geophysics
- 8- Proces-Verbaux des Seances de la Commission Geodesique Suisse
- 9- Wild Reporter (Kern Bulletin ile birleşti)

## **İTALYA**

- 1- Bibliografia Geodatica Italiana
- 2- Bolletino di Geodesia e Scienze affini, Firenze
- 3- Bolletino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia
- 4- Geofisica pure e applicate
- 5- Bolletino di Geofisica teorica e Applicate, Trieste
- 6- Publ. dell'Istituto di Geodesia, Topografia e Photogrammetria, Milano

## **JAPONYA**

- 1- Journal of the Japan Society of Photogrammetry
- 2- Map. Journal of the Japan Cartographers Association
- 3- Bulletin of the geographical Survey Institute
- 4- Journal of the Geodetic Society of Japan
- 5- A monthly on Surveying
- 6- Bulletin of the Earthquake Research Institute

## **KANADA**

- 1- The Canadian Surveyor, Ottawa
- 2- Technical Report
- 3- The Canadian Cartographer
- 4- Cartographica
- 5- Geodetic Survey of Canada-Publication
- 6- University of New Brunswick-Dep. of surveying Engineering
- 7- University of Calgary-Publ. of the Division of Surveying Engineering
- 8- University of Toronto- Survey Science Report

## **MACARİSTAN**

- 1- Acta Geodetica Geophysica et Montanistica Hungarica, Budapest
- 2- Geodezia es Kartografia (önce:Földmerestani Közlemenyek) Budapest
- 3- Communication of the Geodetic and Geophysical Research Institute of The Hungarian Academy of Sciens
- 4- Geofizikai Közlemenyek, Budapest

## **MEKSİKA**

- 1- Revista Cartografica

## **MONAKO**

- 1- International Hydrographic Rewiev

## **NİJERYA**

- 1- African Geodetic Journal

## **NORVEÇ**

- 1- Norsk Tidsskrift for Joordskifte og Landmåling
- 2- Kart og Plan, Bergen
- 3- Norges Geografiska Oppmåling

## **POLONYA**

- 1- Geodezja i Kartografia , Varşova
- 2- Artifeicial Satellites
- 3- Prace Instytut Geodezji i Kartografii, Varşova
- 4- Prace Komisji Gorniczko-Geodezyinej, Krakowie

## **RUSYA (Bağımsız Ülkeler Topluluğu)**

- 1- Geodezija i Kartografija, Mokova
- 2- Engineering Geodesy
- 3- Improvement of Technology of Topographic and Geodetic Operations
- 4- Maritime Gravimetric Studies
- 5- Mining and Geodesy
- 6- Proceedings of the Central Inst.of Geodesy, Air Survey and Cartography
- 7- Proceed. of the Novosibirsk Inst. of Geodesy, Air Survey, Cartography
- 8- Research in Geodesy, air survey and Cartography
- 9- Geodesija i aerofotosjemka (American Geophysical Union tarafından çevirisi:Geodesy and Aerophotogrammetry)

## **TUNUS**

- 1- Bulletin de la Division Topographique (Fr)

## **TÜRKİYE**

- 1- Harita Dergisi, HGK Ankara
- 2- Harita Kadastro Mühendisliği, HKMO Ankara

## **YENİ ZELANDA**

- 1- New Zealand Surveyor
- 2- Reports from School of Surveying . Univ. of New South Wales, Kensington

## **YUGOSLAVYA**

- 1- Geodetiski List, Zagreb
- 2- Publikacija Geodetiski Fakultet u Zagreb
- 3- Zbornik Geodetskog Instituta, Belgrad

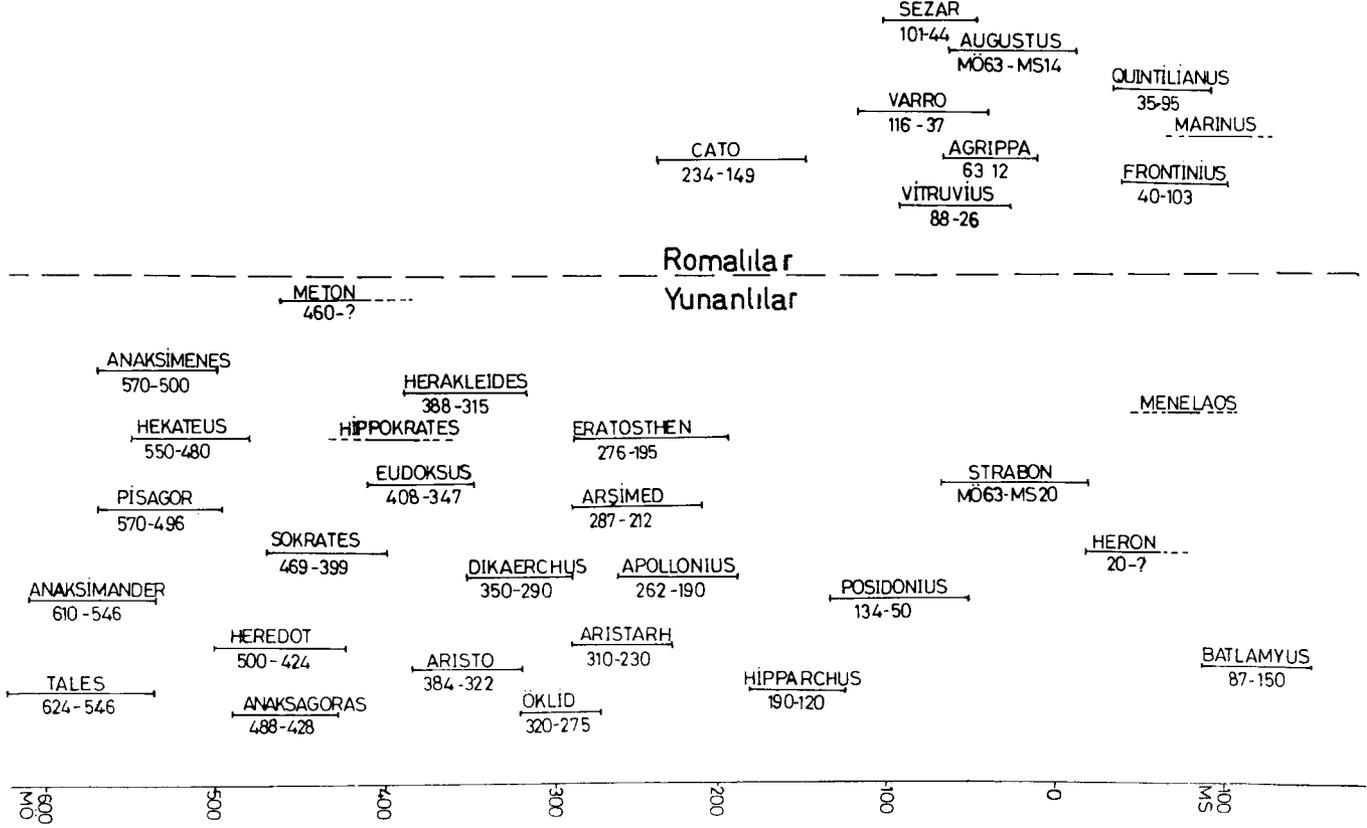
## **YUNANİSTAN**

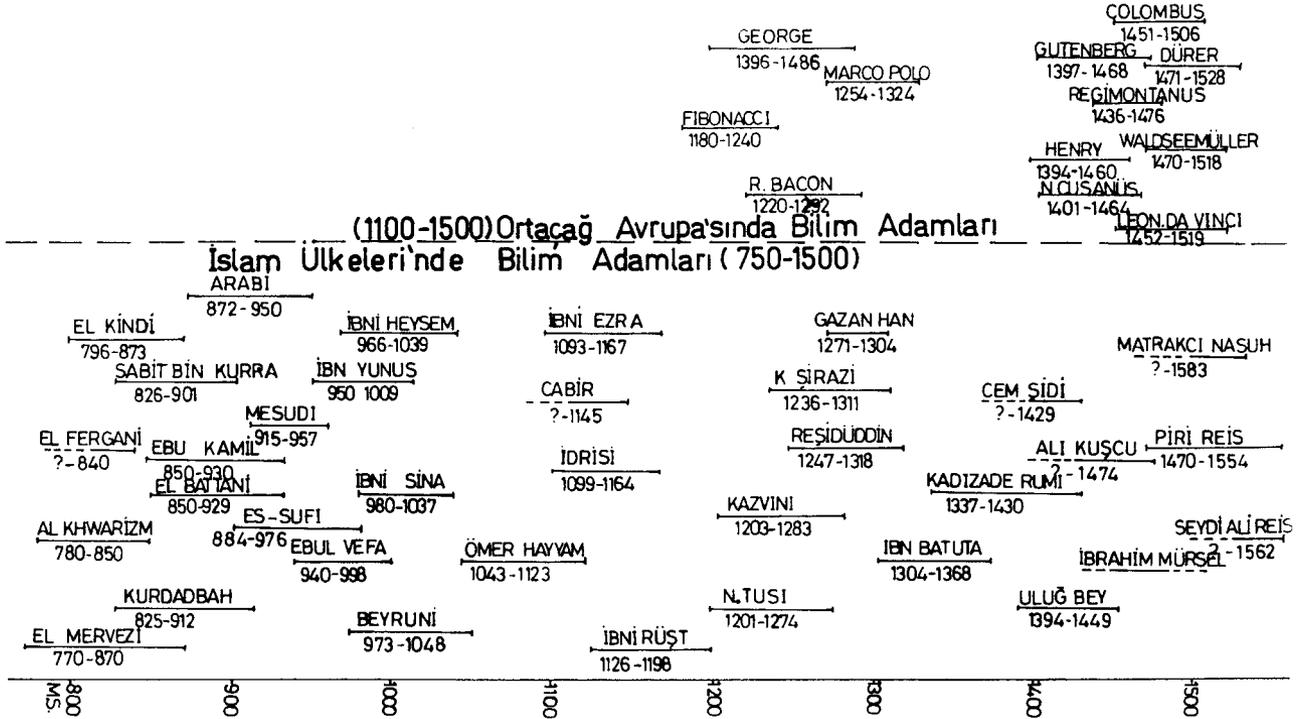
- 1- Publications from the national Techn. Univ. Athens (Gr.+İng.)
- 2- Deltion

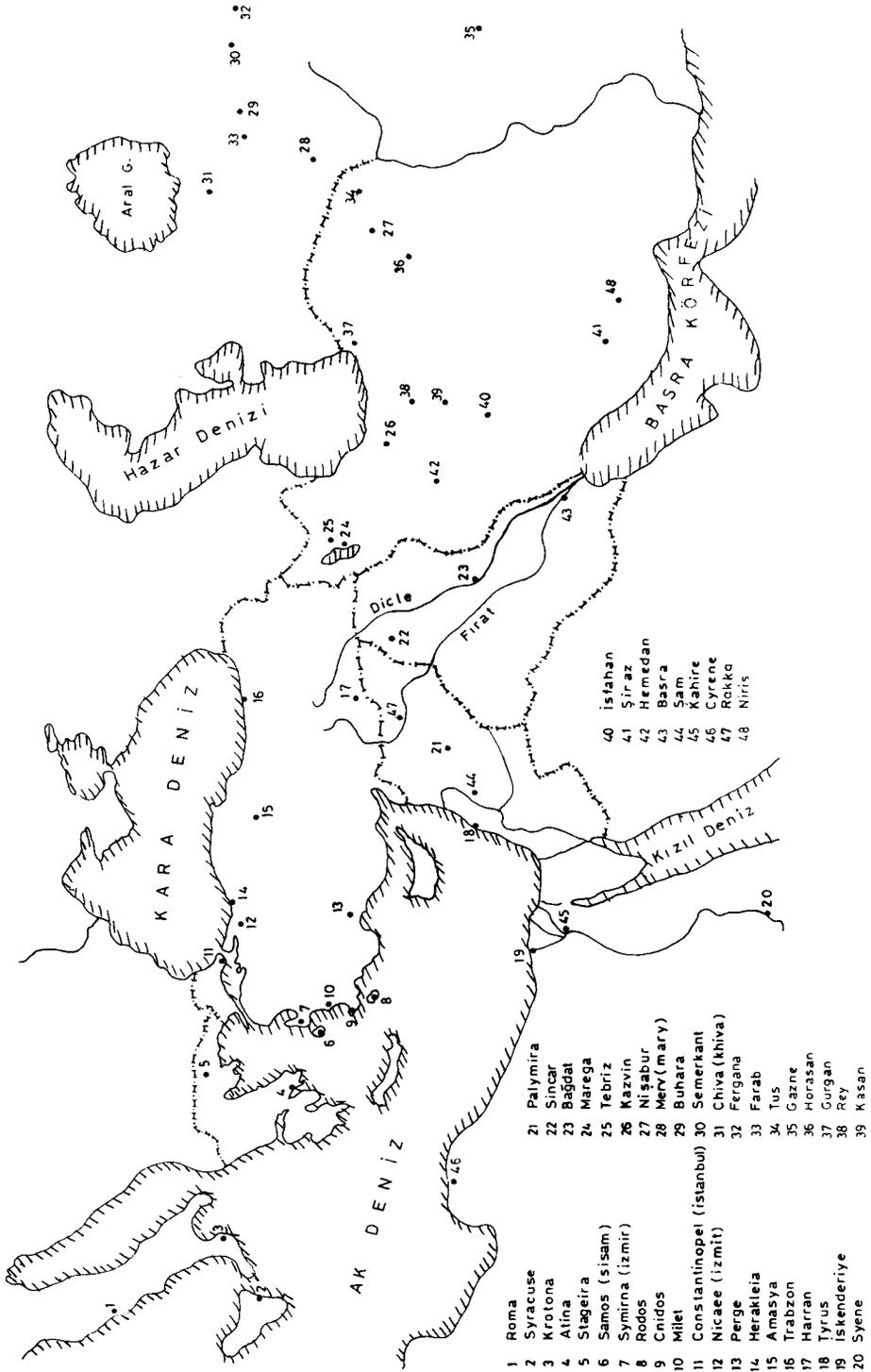
Bu konu ile ilgili kaynaklar:

- 1) *Bulletino di Geodesia* 1966,25/1-4,S.74, 1969, 28/1-4, S.118
- 2) *Vermessungstechn. Rundschau* 1972, 34/3
- 3) *Bulletin Geodesique. The Geodesist's Handbook* 1988, Vol 62 No 3

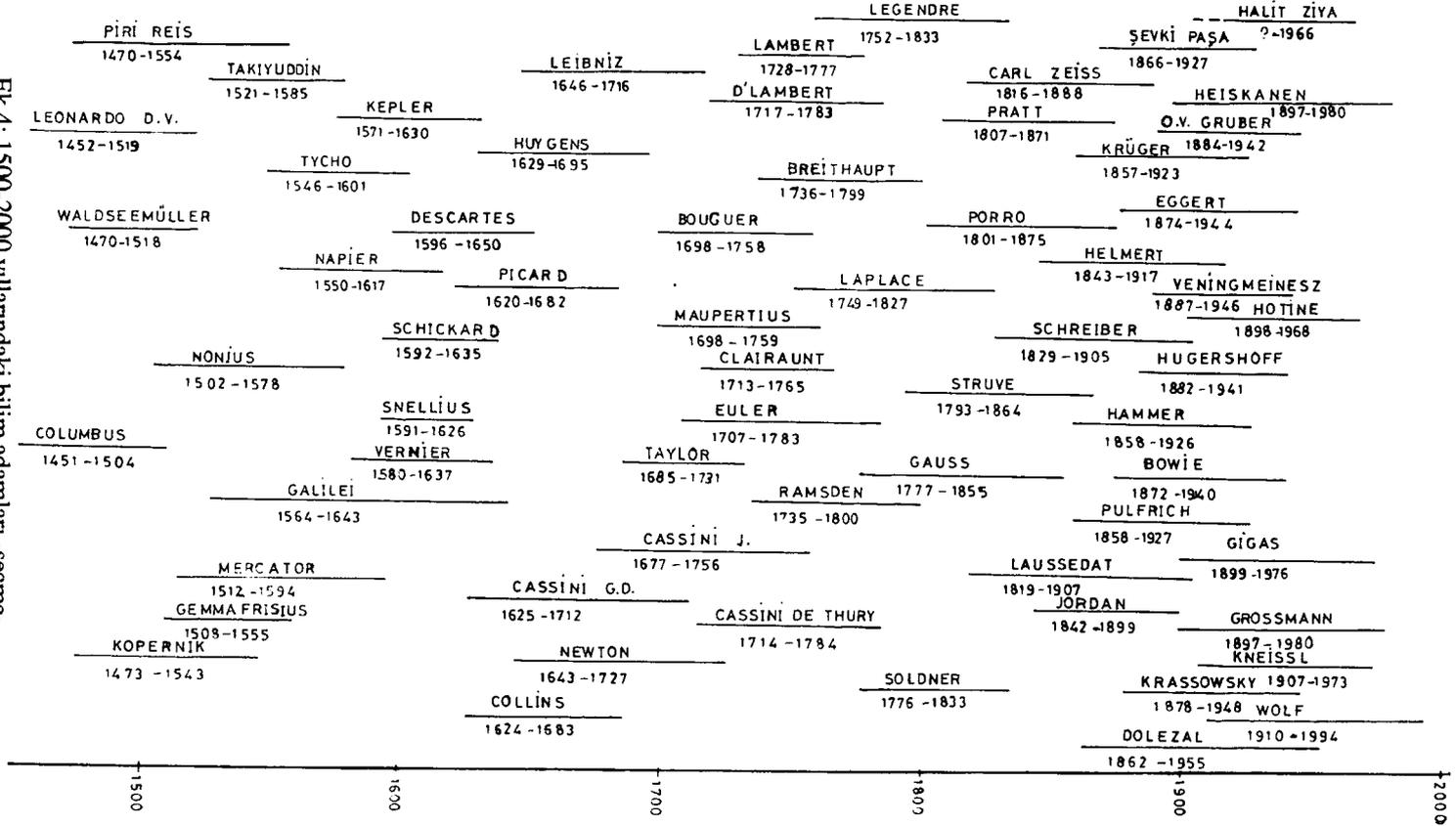
Ek 1: Roma ve Yunan bilim adamları







Ek 3: Eski Yunan ve İslam ülkelerindeki kentlerin yerini gösterir harita



## KAYNAKLAR

- ABEL,F.:Johannes Kepler.Bad Godesberg,1971
- ADIVAR,A.:Tarih boyunca ilim ve din. İstanbul 1969
- ADIVAR,A.: Osmanlı Türklerinde ilim. İstanbul 1970
- AFETİNAN,A.(1937):Bir Türk amiralı.XVI.asrın büyük coğrafı Piri Reis.Beleten I/2 (1937), s.317-356
- AFETİNAN,A.: Eski Mısır tarih ve medeniyeti. T.T.kurumu. XIII seri no 6, Ankara
- AFETİNAN,A.(1954): The oldest map of America drawn by Piri Reis.T.T.Kurumu
- AFETİNAN,A.(1987): Piri Reisin hayatı ve eserleri.TTK, Ankara, 1987
- AHMED RIZA:Batının doğu politikasının ahlaken iflası. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara, 1988
- AHRENS,H.H.:FIG History 1878-1987, Ottawa
- AKALAY,Z :Minyatürlü bir coğrafya kitabı. Kültür Bak. Kültür ve Sanat, yıl 2 sayı 4, 1976
- AKÇURA,Y.: Piri Reis haritası hakkında izahname.TTK yay. No 1,İstanbul 1935
- AKGÜR,N.:Güneş takvimleri. Bilim Tarihi, sayı 10, s. 6-25, 1992
- AKSOY,A.: IUGG 18.Genel kurulundan izlenimler.Har.Kad.Müh.sayı 48/49, 1984
- ALBOTA,M.: Short chronological history of photogrammetry. Int. Arch. Photogr. 1976, no 6-05
- ALINHAC: Historique de la Cartographie. 2 cilt, 1973
- ALMAGIA,R.: Storia della geographia. Torino 1960
- ALSAN,S.: Düşünce kulesi, Ankara 1991
- ANGUS LEPPAN: A note on the history of IAG. Bull. geod. 58 (1984) 3, S.224-229
- ARAN,M.: Geodezinin (Haritacılık) gaye ve vazifeleri. Har. Der. sayı 45, 1952
- ARNOLD,K.:Methoden der Satelliten Geodaesie. Berlin 1970
- ASIMOV,I.: Biographische Enzyklopaedie der Naturwissenschaften und der Technik, 1973
- ASIMOV,I.: Yeryüzünün ve evrenin keşfi. Cep kitapları A.Ş. İstanbul
- ATES,A.: Farabın eserlerinin bibliyografyası. Beleten XV/57, 1951
- AUERBACH: Geschichtstafeln der Physik. Leipzig 1910
- AYGÜN,A.(1933): Cihan haritacılığının doğuşunda Türk mesaisi. Har. Der.sayı 1, s.94 1933
- AYGÜN,A.(1934/a): Katip Çelebi. Har. Der. sayı 3, 1934 s.114-118
- AYGÜN,A.(1934/b): Abdürrahmanüs Sofi. Har. Der. sayı 5, 1934, s.89
- AYGÜN,A.(1935): Kadastro ve Tarihçesi. Har.Der. sayı 8, 1935, s.73
- AYGÜN,A.(1936/a): Takvimler. Har. Der. sayı 12, 1936, s.74
- AYGÜN,A.(1936/b): Mezopotamyada Türk riyazi bilgileri. Har.Der. sayı 13
- AYGÜN,A.(1937): Küremizin muhtelif mahallerinde mesaha edilen birer derecelik kavislerin tulleri ve şekli arzın tayini. Har.Der. sayı 16, 1937, s.10
- AYGÜN,A.(1938): Fotogrametrinin tarihçesi. Har.Der. sayı 20, 1938, s.83-95
- AYGÜN,A.(1940/41): Arabi senelerin mebdelerini bulmak. Har.Der. sayı 28-31, 1940-41
- AYGÜN,A.(1980):Türk Haritacılık Tarihi, 2 cilt.Harita Genel Komutanlığı.(yeni baskı)
- AYHAN,E.: Güncel Jeodezi kavramı ve uygulamaları. Har. Der. sayı 96, 1986
- AYTAÇ,M.: Acunda fotogrametrinin gelişmesine yardım edenler. İ.Ü. Orm. Fak. dergisi, seri A vol 31, sayı 2, 1981
- BACHMANN,E.: Wer hat Himmel und Erde gemessen? München, 1965
- BAESCHLIN,C.F.(1937): 60. Geburtstag von Dr. h.c. Heinrich Wild. Schweiz. ZfV und Kulturtechnik 1937, S.262
- BAESCHLIN,C.F.(1955):Versuch einer Methodologie der Geodaesie.ZfV S.165-170
- BAGROW,L.: Geschichte der Kartographie. Berlin 1951

- BAGROW-SKELTON:** Meister der Kartographie (History of Cartography) Berlin, 1964
- BAHRİ:** Ortaçağda haritacılık. Har. Der. sayı 20, 1938, s.72-82
- BALL,W.R.:** Histoire des mathematiques, Hermann, 1907
- BARTHOLD,W.** (Çev.İ.Aka): Uluğbey ve zamanı. Kültür Bakanlığı 1990
- BAUER:** Ein Liegenschaftskataster in Keilschrift.Nachr. Nieders.Verm.Verw.1979, S.3-14
- BAYRAKDAR,M.** (1985): İslamda bilim ve teknoloji tarihi. Türkiye Diyanet vakfı yay. 30, Ankara
- BAYRAKDAR,M.**(1989): Farabi. Teknik Geometri. Kültür Bakanlığı, 1989
- BECKER,F.:** Geschichte der Astronomie. Bibl. Inst. 298/298a Mannheim, 1968
- BECKER,W.:** Vom alten Bild der Welt. Alte Landkarten und Stadtansichten. K.Wittwer, Stuttgart , 1970
- BEDINI** (1975): Thinkers and Tinkers-Early American men of science. London
- BEDİNİ** (1986):Early American scientific Instruments and their makers. London
- BENNETT,G.G.:** An historical review of the development of the Gyroscope. Austral. Survey.1970, vol 23, no 4, s.244
- BERROTH:** Entwicklung der geodaetischen Wissenschaft. AVN 1939, S.211
- BERROTH-HOFMANN:**Kosmische Geodaesie. 1960
- BERRY:A** : Short history of Astronomy. New York 1961.
- BETZ:** Algebra for Today, second course
- BIALAS,V.**(1970): Praxis geometrica. DGK E-11, 1970
- BIALAS,V.** (1972): Der Streit um die Figur der Erde. DGK E-14, 1972
- BIALAS,V.** (1973): Leitlinien in der Entwicklung der Geodaesie. ZfV 1973,S.499
- BIALAS,V.** (1982): Erdgestalt, Kosmologie und Weltanschauung. K.Wittwer, Stuttgart, 1982
- BILBY:** US Coast and Geodetic Survey spec. publ. Nr.158, 1929
- BİLGİN,T.:** Genel Kartografya, cilt I, İ.Ü.,1987
- BINNS,Sir B.:** Cadastral survey and records of Rights in Land. FAO 1953
- BLACHUT,B.:** Historical development of photogram. methods and Instruments. London, 1989
- BLUME-LACHMANN:** Die Schriften der Römischen Feldmesser. 2 cilt (1848-52, yeni baskı)
- BOCK:** Mathematische und geschichtliche Betrachtungen zum Einschneiden. Hannover (Diss. T.H.), 1951
- BODEMÜLLER,H.:** Zur neueren Entwicklung der Geodaesie. ZfV 1962, S.223
- BOLAY:** Farabi ve İbni Sina'da kavram arayışı. M.E.B., 1989
- BOLL,M.**(çeviri:B.Gözkan):Matematik Tarihi. İletişim yayınları, İstanbul 1991
- BONACKER,W.**(1960): Das Schrifttum zur Globenkunde. Leiden 1960
- BONACKER,W.**(1956-63): Globenmacher aller Zeiten. (Der Globusfreund 1956, Nr 5, 1957, Nr.6, 1963, Nr.12)
- BONACKER,W.**(1966): Kartenmacher aller Laender und Zeiten.Stuttgart, 1966
- BONACKER,W.:** Bibliographie der Strassenkarte. Bonn 1973
- BOLL,M.:** Matematik tarihi. İletişim yay. İstanbul 1992
- BORCHARD,L.:**Nilmesser und Nilstandmarken. Abh.d.K.Preuss.Akad. d.Wiss., 1906
- BOYER, C.B.:** A history of mathematics.John Wiley , New York, 1968
- BRAUNMÜHL,v.:** Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie. 2 cilt, Leipzig. 1900-03
- BREITHAUPT,G.:** Zur Geschichte der Dosenlibelle. ZfIk, 1931, S.256
- BROWN,L.A.**(1949): The story of maps. Boston 1949
- BROWN,L.A.**(1952): The world encompassed an exhibition of the history of maps.Held at the Baltimore museum of art. Baltimore, 1952

- BROWN,L.A.**(1960): Map making. The art that became a science. Boston 1960
- BUGGE,W.:** Leitfaden der praktischen Geometrie.Berlin 1943
- BULGAKOW:** Beruni'nin yaşamı ve yapıtları. Taşkent 1972 (rusça) (Kitabın özetı:Belleten cilt 44, sayı 175, s.577, 1980)
- BUNBURY:A:** History of ancient geography. 2 cilt. New York 1959
- CAJORI:A:** history of mathematics. New York 1922
- CANTOR,M.**(1875): Die römischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst. Leipzig 1875
- CANTOR,M.**(1900/08): Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. 4 cilt. (yeni bası 1965)
- CARD,L.C.:**Shoran electronics. The Canadian Surveyor 1950, No 3
- CHASLES:** Geschichte der Geometrie. 1839 (yeni baskı)
- CENAN,Ö.:** Kartografya dersi eki.İTÜ İstanbul 1971
- CHRISTIAN** (1903): Logaritma. AVN 1903,S.42,57,73,97,105
- CHRISTIAN** (1905): Die römische Agrimensoren.AVN 1905, S.385
- CHRISTIAN** (1906): Das alt römische Grundeigentum. AVN 1906, S.201
- CLOS-ARCEDEC:** Remarquessur quelques Astrolabes D'autrefois. Geometer, 1969-06, S.19
- COLERUS,E.:** Vom Punkt zur vierten Dimensionen. Hamburg 1969
- CRONE G.R.:** Maps and their makers. London 1953
- ÇECEN,K.:** Üniversitemizde tarihi değeri çok büyük bir astronomi aleti. İTÜ dergisi
- DEMİRCAN,O.:** İslam astronomisi. Cumhuriyet gazetesi Bilim ve Teknik eki (10.10.1987)
- DEUMLICH-SEYFERT:** Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. Berlin 1957
- DEUMLICH,F.** (1958): Zur Entwicklungsgeschichte der optischen Theodolite Verm. Techn., S. 29, 55
- DEUMLICH,F.**(1961): Neuentwicklungen optischer Theodolite. Verm.Techn. S.47
- DEUMLICH,F.** (1964): Neuentwicklungen selbsthorizontierenden Nivelliere. Verm. Techn. 1964, S.85
- DEUMLICH,F.** (1967): Zur Entwicklung moderner Theodolite. Verm.Techn., S.165
- DEUMLICH,F.** (1972/a): Zur Verbreitung optischer Theodolite. Verm.Techn., S.123
- DEUMLICH,F.**(1972/b):Entwicklungstendenzen bei optischen Theodolite.Verm. Techn., S.165
- DEUMLICH,F.** (1973/a): Biruni und die Geodaesie. Verm.Techn.1973, S.383
- DEUMLICH,F.** (1973/b): Zur Entwicklung und Anwendung elektronischer Streckenmessgeraete. Verm.Techn., S.401
- DEUMLICH,F.** (1973/c): Fortschritte bei der elektro-optischen Streckenmessung. Verm.Techn., S.451
- DEUMLICH,F.** (1982/a):Dreijahrzehnte elektronischeStreckenmessung.Verm.Techn. S.73
- DEUMLICH,F.**(1982/b):Elektrooptische Kurzstreckenmessgeraete.Verm.Techn.S.112
- DEUMLICH,F.** (1982/c): Elektronische Tachymeter und die automatische Verarbeitung ihrer Messwerte. Verm.Techn.1982, S.187
- DEUMLICH,F.** (1982/d): Vom optischen zum elektronischen Theodolit. Verm. Techn.1982, S.224
- DEUMLICH,F.** (1986/a): Elektron.Theodolit. Verm. Techn., S.40
- DEUMLICH,F.** (1986/b): Zum Stand der Entwicklung elektr. Tachymeter. Verm. Techn. , S.146
- DEUMLICH,F.** (1988): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 8.Baskı. Berlin,
- DEUMLICH,F.** (1990/a): Zum Stand der Entwicklung optischer und elektr. Theodolite. Verm. Techn.1990 S.5
- DEUMLICH,F.** (1990/b): Zum Stand der Entwicklung elektronische Streckenmessgeraete. Verm. Techn.1990, S.290

- DEUMLICH,F.** (1990/c): Elektr.Tachymeter-vollkommene geodaetische Instrumente. Verm. Techn. 1990,S.33
- DICKSON:** History of the theory of numbers.1960
- DIEUDONNE:** Geschichte der Mathematik (1700-1900), Braunschweig,1985
- DILGAN H.** (1955/a): Matematiğin tarih ve tekamülüne bir bakış. İTÜ kütüphanesi sayı 329, İstanbul 1955
- DILGAN,H.:**(1955/b)Hasan İbni Heysem ve İstanbul kütüphanesinde mevcut yazma eserleri. Bull. Techn. Univ. of İstanbul 8(1), S.34-41, 1955
- DILGAN H.**(1956): Büyük Türk alimi Nasreddin Tusi. İTÜ matbaası.İstanbul 1956
- DILGAN,H.**(1957/a): Takvimler ve tarih tekabülleri. İTÜ kütüphanesi,İstanbul 1957
- DILGAN,H.**(1957/b): Muhammed İbn Musa El-Harezmi. İTÜ Mimarlık Fak. 1957
- DILGAN,H.**(1959): Büyük matematikçi Ömer Hayyam. İTÜ kütüphanesi, İstanbul
- DILKE:** The romanland surveyors. An introduction to the agrimensores.Newton Abbot Devon 1971
- DİZER,M.**(1980): Internat. symposium on the observatories in islam. 19-23 Sept.1977, İstanbul
- DİZER,M.**(1986): Astronomi hazineleri. BÜ Kandilli rasathanesi 1986
- DİZER,M.**(1987):Rubu Tahtası. Boğaziçi Üniversitesi 1987
- DİZER,M.**(1988): Ali Kuşçu. Kültür ve Turizm Bak. Ankara, 1988
- DİZER,M.**(1989/a): Uluğ Bey. Kültür bakanlığı.1989
- DİZER,M.**(1989/b): Usturlab. B.Ü. Kandilli rasathanesi
- DİZER,M.**(1990): Takiyüddin. Kültür Bakanlığı.1990
- DOPPELFELD:** Römische Wasserleitung nach Köln. Zfv 1975, S.235-242
- DORSAY,M.:** Fibonacci'nin cebiri. Bilim tarihi, sayı 13, 1992
- DOYLE,F.J.:** The historical Development of analytical photogrammetry. Photog. Eng. vol 30, no 2, p.259, 1964
- DRAHEIM,H.:** Johann Jacob Baeyer und die intern. Erdmessung. AVN 1961, S.2
- DREIER,F.A.:** Winkelmessinstrumente vom 16. bis zum früheren 19.Jahrhundert Berlin, 1979
- DREYER,J.L.E.:** A history of astronomy from Thales to Kepler. Dover, New York, 1953
- DUCROCQ,A.:** Der Mensch im Weltall. Rowohlt 1963
- EDWARD,F.:** Old maps of the World (Ancient geography a catalogue of Atlases and Maps) London 1415
- EFINGER,K.:** Die Entwicklung der Laengenmasse. Zfv 1934, S.502
- EICHHORN,G.:** Ingenieurvermessung im Spannungsfeld. Zfv 1989, S.218
- EKMEKÇIOĞLU,M.:**Trigonometrinin tarihi gelişimi. M.E.B.yayımları, İstanbul 1992
- ELIEL:** One hundred years of photogrammetry. Photogr. Eng. 1959, S.359
- EMİNKAHYAGİL,O.:** Sürgülü hesap cetveli. Ankara 1972
- ENGELBREIT,K.:** Die Instrumente der höheren und niederen Geodaesie und der Hydrometrie, 1852
- ENGELSBERGER, M.:** Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Theodolits. Stuttgart 1969.
- ERBUDAK,M.:** Jeodezik Astronomi. Y.Ü. İstanbul 1966
- ERTUNG,Ö.:** Hava fotoğrafçılığın öncüleri. Harita dergisi no 74, 1970, S. 81-90
- FAUSER,A.:** Kurze Kulturgeschichte des Globus.
- FAUSER,A.**(1967): Die Welt in Haenden. Stuttgart.
- FELDHAUS:** Landmessen in Aegypten. V.R. 1953, S.215
- FINSTERWALDER:** Zur historischen und heutigen Entwicklung der original Kartographie. Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss. München 1953 (Sonderdruck)
- FINSTERWALDER,Rich.-HOFMANN,W.:**Fotogrametri.(çeviri), İstanbul 1973
- FISCHER,K.:** Beitrage zur Geschichte der Mondgloben. 1967

- FLETCHER-MILLER-ROSENHAND:** An index of mathematical tables. London 1946
- FORDHAM,H.G.:** Maps their history charecteristics and uses. Cambridge 1927
- FÖRSTER,G.:** Geodaesie.(Landesvermessung und Erdmessung) Samml. Göschen Nr.102, Berlin 1927
- FRANZ-JAEGER:** Historische Kartographie. Forschung und Bibliographie. Stuttgart 1980
- FREITAG,U.** (1968): Zeittafel zur Geschichte der Kartennetzlehre. Kart. Nachr., S.92
- FREITAG,U.** (1971): Quellen und Tabellen das metrische Masssystem in seinem Beziehungen zu anderen Masssystemen. Kart. Nachr., S.115
- FREITAG,U.** (1972): Die Zeitalter und Epochender Kartengeschichte. Kartogr. Nachr. S.184
- FRIEDLEIN:** Die Zahlzeichen und das elementare Rechnen der Griechen und Römer und des chr. Abendlandes vom 7. bis 13. Jahrh. Erlangen 1869
- FRIEND,J.N.:** Numbers. Fun and Facts. New York 1954
- FUCHS:** Formeln u. Fantasie. Eine Weltgeschichte der Mathematik.Stuttgart 1976
- GANZHORN-WALTER:** Die geschichtliche Entwicklung der Datenverarbeitung IBM. Stuttgart 1975
- GELLERT-KÜSTNER-HELLWICH-KAESTNER:** Grosses Handbuch der Mathematik Köln 1967
- GERICKE** (1894): Mathematik in Antike und Orient. Berlin 1894
- GERICKE** (1970): Geschichte des Zahlbegriffs. Bibl. Inst.172/172a, Mannheim
- GERLAND,E.:** Geschichte der Physik. 1912
- GIGAS,E.**(1950): Theodolits with photographic registration. Bull. geod.Juni 1950, Nr.16, S.114
- GIGAS,E.**(1966):Physikalisch-Geodaetische Messverfahren. Dümmler
- GOBEL:** Neuzeitlicher Staedtebau schon im alten Rom unter Nero. ZfV 1927, S.660
- GÖÇER,İ.:** Aerofotogrametri. Ankara 1948
- GÖKER,L.** (1982): Giyaseddin Cemşid ve Aritmetik. Zafer Dergisi, sayı 65 Mayıs
- GÖKER,L.** (1989): Matematik tarihi. Kültür Bakanlığı yay. 1989
- GÖNENÇ,G.:** Matematik tarihine kısa bir bakış. Elektr.Müh. dergisi, Temmuz-Ağustos 1978
- GOVSA,İ.A.:** Meşhur adamlar hayatı ve eserleri. 4 cilt , İstanbul 1933-35
- GRACIE,G.:** An Index to publications in the english language pertaining to aereotriangulation in space. Photogramm. Engineering vol 30, No 2, 1964
- GREWE,K.** (1972): Die Römische Wasserleitung aus der Eifel nach Köln. Verm. Ing. 1972/2 S.58
- GREWE,K.** (1980): Groma auf dem Grabstein. Verm. Ing. 1980, S.164
- GREWE,K.** (1981): Über die Rekonstruktionsversuche des Chorabates einer römischen Nivelliergeraetes nach Vitruv. AVN 1981, S.205
- GREWE,K.** (1984): Bibliographie zur Geschichte des Vermessungswesens. Stuttgart 1984
- GROSJEAN-KINAUER:** Kartenkunst und Kartentechnik vom Altertum bis zum Barock. Bern-Stuttgart 1970
- GROSSE:** Historische Rechenbücher d.16 u.17.Jahrhundert u.d. Entwicklung ihrer Grundgedanken b.z. Neuzeit.1965
- GROSSMANN,W.:** 200 Jaehriges Jubilaem der Fa. F.W.BREITHAUPT-SOHN Kassel. ZfV 1962, S.395
- GRUBER,O.v.**(1930): Ferienkurs in Photogrammetrie. Stuttgart 1930
- GRUBER,O.v.**(1955): Optische Streckenmessung und Polygonierung. Berlin 1955
- GRÜNERT,A.:**Tafeln zur berechnung der Koordinaten von Polygon-und Kleinpunkten. Stuttgart 1914

**GÜNALTAY,Ş.:** İbni Sina'nın şahsiyeti ve milliyeti meselesi. Belleten IV/13 (1940),S.1-37

**GÜNTHER,S.:** Astronomische Geographie. Samml.Göschel Nr.92, Berlin 1912

**GÜNTHER-WIELEITNER:** Geschichte der Mathematik. 3 cilt Leipzig-Berlin,1921

**GÜRKAN,O.** (1983):1983 ün başlarında jeodezinin görevleri ve içeriğine toplu bir bakış. Harita Dergisi sayı 90, 1983,S.26-50

**GÜRKAN,O.** (1987): Harita-Kadastro mühendislerinin görevi nedir? Ne gibi faaliyetlerde bulunur? Diğer meslekler arasındaki yeri nedir? Türkiye I.harita bilimsel ve teknik kurultayı 23,27 Şubat 1987. Ankara,S.107

**HAKE,G.:** Kartographie 2 cilt. Berlin 1974

**HAMMER,E.**(1891): Zur Geschichte der Distanzmessung. ZfV 1891, S.295

**HAMMER,E.** (1896): Zur Geschichte des Fadenkreuzes. ZfV 1896,S.513

**HAMMER,E.** (1908/a): Geschichte der Landmessung in Aegypten.ZfV 1908, S.377

**HAMMER,E.** (1908/b): Zur Geschichte des Theodolits und besonders seines Names. ZfV, S.81

**HAMMER,E.** (1909/a): Pedro Nunes. ZfV 1909, S.177

**HAMMER,E.** (1909/b): Geschichte der arabischen Geodaesie. ZfV 1909, S.721

**HAMMER,E.** (1911): Genauigkeit einiger antiker Absteckungen. ZfV 1911, S.73

**HANKEL,H.:** Zur Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter. Leipzig 1965

**HAPGOOD,Ch.:** Maps of the ancient sea kings. New York 1965

**HAERRY:** Die Entwicklung der Vermessungsinstrumente dargestellt an kulturgeschichtlichen Entfaltung. Schw.ZfV 1963, S.232,252

**HEIDEL,W.A.:** The frome of the ancient greek maps. 1937

**HEITZ:** Einführung in 3-Dimensionale geometrische Geodaesie. Mittlg. aus d. Geod. Inst. d. Rhein. Friedr. Wilh. Univ. Bonn Nr. 79, 1991.

**HELLER,A.:** Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit, 2 cilt 1882-1884 (yeni bası 1966)

**HERBIN-PEBEREAU:** Le Cadastre Français. Paris 1953

**HERMANN,J.:** DTV-Atlas zur Astronomie. Nordlingen 1974

**HERMANOWSKI,G.:** Nikolaus Kopernikus. Bastei, München 1971

**HINRICHS:** Die Geschichte der gromatischen Institutionen. Stuttgart 1974

**HIRLE,M.:** Geodaetische Rechenhilfsmittel-Ihre Entwicklung in den letzten 150 Jahren. Veröfftl. der Fachhochschule für Technik, Stuttgart 1982

**HIRSCH:** Zur Entwicklung von Nivellierinstrumente mit automatischer Horizontierung. Verm. Techn. 1956, S.87

**HOFMANN,J.E.:** Geschichte der Mathematik. Samml. Göschel Bd.I(226/226a), Bd. II((875), Bd.III(882), Bd. IV(883, N.Stuloff), Berlin 1963

**HOGG-ARMSTRONG:** Two new self-aligning levels. Emp. Surv. Rev. Nr.III, Vol XV, Jan. 1959

**HOITZ:** 200 Jahre Breithaupt. V.R. 1962, S.417

**HOPPE,E.**(1926): Geschichte der Optik. 1926 (yeni bası 1966)

**HOPPE,E.**(1966): Mathematik und Astronomie im klassischem Altertum. Heidelberg

**HORN:** Zur Geschichte der Atlantan. Kartogr. Nachr. 1961, S.1

**HOTZEL:**Die Centuriation, eine Form der römischen Bodenordnung. (Dissert.TH) Darmstadt, 1972

**HOWARD,A.V.:** Dictionary of scientists. Chambers, London-Edinburgh 1951

**HÖPCKE,W.:** Zum heutigen Stand der elektronischen Streckenmessungen. ZfV 1959, S.361

**HUMPHRIES:**The Computer and the surveyor in perspective.Austr.Surv.1971,S.280

**HUNAEUS,G.Chr.:** Die geometrischen Instrumente. Hannover 1864

**HUNGER,F.**(1962):100 Jahre Internationale Erdmessung. ZfV 1962, S.117

- HUNGER,F.** (1971) (çeviri:E.Uğur): Ölçme tekniği ve Geodezi, bir karşılaştırma. Harita Dergisi sayı 77, 1971, s.10-31
- HUNKE,S.**(çeviri:S.Sezgin): Avrupanın üzerine doğan İslam Güneşi. Bedir yayınevi, İstanbul, 1975
- HUNTER:** Satellite Geodesy. Austral. surv. 1969-7 vol 22, s.493
- İĞDEMİR:** Farabınin 1000. yıl dönümü. Belleten V/17-18 (1941), S.181
- İŞCAN,K.:** Ansiklopedik matematik sözlüğü, İstanbul 1967
- JAEGER,R.:** Eine Wertung der Geschichte des Rechenstabes. Aristo Mittlg, 1962
- JERVIS,W.W.:** The World in maps. London, 1936
- JORDAN,W.** (1897): Handbuch der Vermessungskunde Bd.II, 5.baskı, Stuttgart 1897
- JORDAN,W.** (1907): Handbuch der Vermessungskunde. Bd.III, 5.baskı, Stuttgart
- JORDAN-EGGERT-KNEISSL:** Handbuch der Vermessungskunde. Bd.IV/I Stuttgart 1958
- JUNIUS** (1984): Vermessungswesen und Kulturgeschichte. 2. Symposium zur Vermessungsgeschichte. Febr.1984 in Dortmund
- JUNIUS** (1987): Ingenieurvermessung von der Antike bis zur Neuzeit, Stuttgart 1987
- JUSCHKEWITSCH,A.P.:** Geschichte der Mathematik im Mittelalter. Leipzig 1964
- KAESTNER,A.G.:** Geschichte der Mathematik. 1796/1800
- KAPELLE,H.:** Der Vermessungsingenieur und sein Beitrag zur Kulturgeschichte. Verm.Ing. 1970/1, S.2-10
- KARAKAŞ,M.:** Müsbet ilimde müslüman alimler. Ankara 1991
- KARLSON:** Zauber der Zahlen, Berlin 1967
- KATİP ÇELEBİ:** Keşf-el-Zunun (Ş.Yaltkaya), MEB İstanbul 1971
- KAHLE,P.:** Die verschollene Columbus Karte von 1498 in einer türk. Weltkarte 1513, Berlin-Leipzig 1933
- KASPEREIT:** Wiege am Nil. Nachr.Nieds.Verm.Verw. Heft 1, S.2; Hannover 1985
- KAUTZLEBEN:** Maupertius und die Geodaesie. Verm.Techn.1984, S.269
- KAYRA,C.:** İstanbul mekanlar ve zamanlar. Akyayınları (Akbank), 1990
- KESKİOĞLU:** Müslümanların ilim ve medeniyete hizmetleri. Diyanet işleri.Bşk. yay. Ankara 1971
- KIELY,E.R.:** Surveying Instruments, Their History. New York 1947
- KIELY:** The Mapping of America. London 1980
- KIOSCHA,W.:** Museum für Kunst und Kulturgeschichte der Stadt Dortmund 1989
- KIRFEL:**Die Kosmographie der Inder nach den Quellen dargestellt. Yeni bası 1920
- KISTNER:** Geschichte der Physik. 2 cilt 1919
- KNEISSL,M.:** Das Vermessungswesen, Tradition und Fortschritt. ZfV 1961, S.406
- KOBOLD:** Aus der Geschichte der Ingenieurvermessung. Ingenieurverm. 84, Bd 1,S.13-31
- KORAY,Ö.K.:** Fotogrametri işleri. Harita dergisi sayı 1, S.46, Ankara 1933
- KÖPRÜLÜ:** 13. asırda Maraga rasathanesi. Belleten cilt 6, sayı 23-24 (1942), S.207-227
- KÖRWIEN:** Graphische Rechnen (Nomographie). Wittenberg 1944
- KRACKE:** Aus eins mach zehn und zehn ist keins. Hamburg1970
- KRAVATH:** Cristopher Columbus Cosmographer. London 1987
- KREISLE,W.E.:** History of engineering surveying. Journal of surveying engineering vol 114, nr. 3, Augustos 1988, S.102-124
- KROPP:** Vorlesung über Geschichte der Mathematik. Bibl.Inst. 413/413a Mannheim 1969
- KURT,İ.:** Bilim Tarihinde Keşiflerin İçyüzü. Kültür Bak.1990
- LACHMANN-RUDORF:** Gromatici Veteres. 1.cilt Berlin, 1848
- LACHMANN-RUDORF-BLUME:** Die Schriften der Römischen Feldmesser. 2 cilt, Berlin 1852

- LANDEN,D.:** History of photogrammetry in the United States. Photogr. Eng. vol. 18, No 5, p. 854-898, 1952
- LASKA:** Zur Geschichte des Rückwaertseinschneiden. ZfV 1907, S.514
- LEE:** A brief history of the mechanical calculator. New Zealand surveyor vol. XXVII, No 2, seri no 242, 1973, S.208
- LEDERSTEGER (1956/a):** Das internationale Meter und seine Festlegung. ZfV 1956, S33
- LEDERSTEGER (1956/b):** Die geodaetischen Bezugsflaechen und ihre Ausmasse. ZfV 1956, S.95
- LEGO:** Georg Freiherr von Vega. Zur Erinnerung an seinem 200. Geburtstag. ÖZfV 1954, S.24
- LEITHAUSER,J.G.:** Mappae mundi. Berlin 1958
- LESPRIT:** Les Sciences geographiques dans L'antiquite Geometre. 1973-4, 7, 11
- LEVALLOIS,J.J.(1969/70):** Geodesie Generale 2 cilt Paris, 1969-70
- LEVALLOIS,J.J.(1980):** The history of IAG. Bull.geod. 54 (1980), S.248-313
- LIPS:** Die mitteleuropaeischen Dreieckmessungen vor dem Jahre 1861. Mittlg. d. Reichsamtes für Landesaufnahme, Heft 4 1937, S.229-261
- LISTER,R.:** Antique maps and their cartographers. London 1970
- LORIA:** Storia delle mathematiche. Milano 1950
- LUCIANI,E.:** Geschichte der Agrimensoren und Geometer von ihren Anfängen bis 1900. CNG Rom, 1978
- LÜDEMANN,K.(1910):** Der Landmesser im Dienste der vorgeschichtlichen Forschung-und Naturschutzes. ZfV 1910, S.320
- LÜDEMANN,K.(1930):** Die Entwicklung der Vermessungstechnik ZfV 1930, S.234
- LÜDEMANN,K.(1931):** Zur Geschichte der Dosenlibelle. ZfIK 1931, S.136
- LÜDEMANN,K.(1937):** Der Vermessungsingenieur im Dienste der vorgeschichtlichen Forschung. AVN 1937, S.297
- LÜHRS,W.:** Ein Beitrag zur Geschichte der Transversalteilung und des Nonius. ZfV 1910, S.177
- LYON:** Basic metrical photogrammetry. 1959
- LYNAM,E.:**The map makers art London, 1953
- MALASCHOFSKY:** Taschenlexikon der Entdeckungen. Frankfurt 1954
- MALSCH:** Geschichte der Mathematik. Leipzig 1948
- MANEK,F.(1956):** Zeittafel der Bildmessung. Verm.Techn. 1956 (S.59,139,179), 1957 (S.47,95,175,247), 1958 (S.23,119,215,287), 1959 (S.135,263,327)
- MANEK,F.:** Bisherige Anwendung der Photogrammetrie im Bergbau. Verm. Inform. Nr.4, Carl Zeiss Jena
- MASON:** Historie des sciences. Paris 1956
- Mc. CALLIEN,W.Y.:**The evolution of the map of earth. A.Ü.DTCF dergisi, cilt 7,S 133-153, 1949
- MECKENSTOCK:** Die elektronische Entfernungsmessung in historischer Sicht. AVN 1963, S.282
- MEEK,T.J.:** Excavations at Nuzi. Harvard Semitic series. Cambridge. Mass. X. 1935
- MEIER,H.K.:** Die Entwicklung des geodaetischen Instrumentenbaues bei Carl Zciss. Aktuelle Instrumentenkunde, 5.Lieferung, Karlsruhe,1981
- MEINE,K.H.:** Kartengeschichte u. Kartenbearbeitung (Festschrift zum Geburtstag vom Bonacker), Bonn
- MENNINGER (1934):** Zahlwort und Ziffer. Breslau, 1934
- MENNINGER,K.(1960):** Zwischen Raum und Zahl. Frankfurt 1960
- MERRIMAN:** An Introduction to map projections. London 1947
- MERSİNOĞLU,S.:** Yer Bilimleri Kartografyası. MTA Ankara 1973
- MILLER:** Und sie bewegt sich doch. Benzinger Jugendtaschenbücher, Bd.31 Hamburg
- MINOW,H.(1970):** Stadtplan von Nippur.Verm.Ing. 5/1970, S.184

- MINOW,H.**(1971): Die Piri Reis Karte und die Bodenmarkierung von Naza. Verm.Ing. S.25
- MINOW,H.**(1973/a):Antike Feldmesskunst in Mesopotamien. Verm.Ing.1/1973, S.20
- MINOW,H.**(1973/b): Antike Feldmesskunst in Aegypten. Verm.Ing. 3/1973, S.84
- MINOW,H.**(1974/76): Praxis Geometrie. 5000 Jahre Vermessungswesen.Verm.Ing. 2/1974, 2/1976, S.36
- MINOW,H.**(1979): Der Beitrag der Araber zur Entwicklung des Vermessungswesens im Mittelalter. Verm.Ing. 1979,S.50
- MINOW,H.**(1982): Historische Vermessungsinstrumente. Stuttgart 1982
- MONTUCLA:** Historie des mathematiques. 4 cilt,Paris 1799-1802
- MOORE,P.:** Wir im Weltall. München 1955
- MORE:** About computers.IBM.Washington D.C. 1971
- MORITZ,H.:**Geodetic Reference System 1980. The Geodesist's Handbook 1988. Bull. Geod.
- MORITZ,H.:**Bull. Geod. vol 68, Nr.1, 1994
- MUAMMER:** Takvim. Harita dergisi sayı 4,1934, S.55-66
- MURIS-SAARMAN:** Der Globus im Wandel der Zeiten . Berlin 1961
- MÜLLER,C.:** Zur Geschichte der Röhrenlibelle. ZfV 1907, S.673
- MÜLLER,F.:** Zeittafeln zur Geschichte der Mathematik,Physik und Astronomie bis zum Jahre 1500. Leipzig 1892
- MÜLLER,F.J.:** Studium zur Geschichte der theoretischen Geodaesie. Augsburg 1918
- NASR,S.H.:** (çeviri:Avcı-Turhan-Ünal): İslamda bilim ve medeniyet. İnsan yay. İstanbul, 1991
- NESİN,A.:** Matematik ve korku. İstanbul 1989
- NEUBAUER:** Über die Feldmesskunst im 18.Jahrhundert. VR 1965, S.161
- NORDEMSKFÖLD,A.E.:**Atlas to early History of Cartography with reproduction of most important maps printed in the XV. and XVI. Centuries. Stockholm
- NOVOTNY:** Die Groma, das Vermessungsinstrument der Römer. ZfV 1925, S.311
- OGRISSEK:** Zu den wissenschaftlichen Leistungen ... Pet.Geogr.Mittl. 1986, S.61
- OEHME:** Zwei Portulankarten der badischen Landesbibliothek.Kart.Nachr. 1972, S.22
- ORHUNLU:** Hint kapitanlığı ve Piri Reis. Belleten cilt 34, no 134, 1970, S.235-254
- OLGUNER,F.:** 3 Türk-İslam mütefekkeri.İbni Sina-Fahreddin Razi-Nasireddin Tusi düşüncesinde varoluş.Kültür ve Turizm Bak. 1985
- ÖSTEN:** Von den heiligen Elle des Altertums bis zum optischen Meter. Verm.Techn. 1957, S.199,223
- ÖKSÜZ,H.**(1986): Mezopotamya uygarlıklarında toprak mülkiyeti ve kadaströ hizmeti. Har. Kad. Müh. sayı 58/59, 1986
- ÖKSÜZ,H.** (1988): Eski Mısırdada toprak mülkiyeti ve kadaströ hizmeti. Har. Kad. Müh., sayı 61,
- ÖZDİLEK,İ.:** Ölçme ve çizim tekniğı bakımından haritacılığın gelişmesiyle foto ve ortofoto haritalarının kullanma olanaklarına genel bakış. Har.Kad.Müh. sayı 33/34, 1975, S.154
- ÖZGEN,M.G.**(1961): Haritacılığın Dünya ve Türkiyede gelişmesi
- ÖZGEN,M.G.**(1969): Jeodezi ve gelişmesi.İTÜ dergisi, cilt 27, No 2,1969
- ÖZGEN-ALGÜL:** Jeodezide pratik hesap.İTÜ, 1977
- ÖZTÜRK,E.:** Dengelerme hesabı cilt 1, Trabzon 1987
- PARMAKSIZOĞLU-İ.:**İbni Batuta seyahatnamesinden seçmeler.MEB, İstanbul 1989
- PAULSON,S.L.V.:**Shoran operational Procedure.The Canadian Surveyor, 1950 No 5
- PERRIER,G.:** Wie der Mensch die Erde gemessen und gewogen hat.Bamberg 1949
- PELZER,H.:** Wandlungen in den geodaetischen Aufnahme und Auswertetechnik. Festschrift 100 Jahre geodaet. Lehre und Forschung in Hannover. Wiss.Arb. Uni. Hannover,1981

- PETERS,K.** (1958): Die Bücher des Marcus. Fluchstab 1958, S.65
- PETERS,K.**(1960): Die dioptra des Heron. Fluchstab 1960, S.21,48
- PETERS,K.**(1962/a): Herodts Angaben zum Vermessungswesen in der Antike. V.R., S.31-33
- PETERS,K.**(1962/b): Absteckung und Bau der grossen Pyramide bei Gise. Fluchstab S.65-69
- PETERS,K.**(1963): Zur Geschichte und Bedeutung des Wortes Theodolit. Fluchstab 1963, S.55
- PETERS,K.**(1964):Tunnelbau und Tunnelabsteckungen in der Antike. Fluchstab 1964, S.129-137
- PETERS,K.**(1965): Die Geschichte des aeltesten Nivellierinstruments. Verm. Ing. S.14
- PETERS,K.**(1979): Neues zur Vermessungsgeschichte des Tunnels auf Samos. Verm.Ing. , S.87-93
- PHILLIPS,P.L.:** A list of maps of Amerika in the Library of congress. Washington 1901
- PFEIFER** (1971): Sammlungen historischer Instrumente und Karte. Verm.Ing. S.158
- PFEIFER** (1975): Praxis Geometriae. 5000 Jahre Vermessungswesen. Verm. Ing. S.91-97
- PİRİ REİS:** Bahriye. TTK yayını no 2, 1935
- POGGENDORF:** Geschichte der Physik 1879 (yeni baskı)
- POLLMANN:** Vermessungskreisel. V.R., 1969, S.121
- PRELL:** Erdumfangslaenge im Altertum. ZfV 1960, S.223
- PREYSS,C.R.:** Georg von Reichenbach. AVN 1962
- PRIESTLEY:** Calculus a historical approach. Springer, 1979
- RADFORD:** Antique maps, Stuttgart 1971
- RAISZ,E.**(1948): General cartography. New York 1948
- RAISZ,E.**(1956): Mapping the World. London 1956
- REILLY:** The measurements of Distance. Austral. Surveyor, 1973, S.156
- REINHERTZ,C.:** Geodaesie. Samml. Göschen Nr.102,Leipzig 1902
- REISS:** Der Nilometer bei Cairo. ZfV 1889, S.439
- REPSOLD,J.A.:** Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge. 2 cilt Leipzig 1908-14
- RINNER,K.:** Das Vermessungswesen-Wesentliche Informationsquelle unserer Gesellschaft. ZfV, 1985,S.2
- RISTOW-LEGGEAR:** a guide to historical cartography. Washington 1960
- ROHMER:** Le stereoscope. Geometre 1973-11
- RONCIERE,de La-JOURDİN,du:** Les Portulans Cartes Marines du 13.-17. Siecle. Notham, İsviçre 1984
- ROSS,J.E.**(1955):Geodetic application of Shoran. Geodetic Survey of Canada Publication 78.
- ROSS,J.E.:**Geodetic operations in Canada 1948-50 and 1951-53. Dep. of Mines and Technical Serv.
- RUSSEL,J.:** A description of the selenographia. London 1797
- RUTZ:** Die alte bayerische Triangulation von J.G.Soldner. Stuttgart 1971
- SALİH ZEKİ:** Kamus-ı Riyaziyat. Karabet Matbaası, İstanbul , 1899
- SALİH ZEKİ:** Asar- Bakiye. Matbaa-i amire İstanbul , 1913
- SANFORD:** A short history of mathematics. Boston 1930
- SARAÇ,C.**(1940): Eskilerde Ziya telakkisi ve ortaçağda bir şark alimi İbni Heysem. Fen ve Teknik C.1, sayı 10, S.289-293, 1940
- SARAÇ,C.**(1952-53): İslam tarihinde matematiğin doğuşu ve gelişmesi. Ankara Üniversitesi, İlahiyat Fak. dergisi.1 (4),S.13-17, 2(1), S.69-72, 1952-53

- SARAÇ,C.**(1956): İslam dünyasında "Hisap ilmi" Diyanet işleri Reisliği mecm., sayı 1, S.9-62.
- SARAÇ,C.**(1968):Matematik tarihine toplu bir bakış. Fen dergisi cilt 4, sayı 4-7, 1968
- SARAÇ,C.** Bilim tarihi. MEB yay, Ankara 1983
- SARAÇ,C.**(1993):Metrenin Tarihi. Bilim Tarihi, sayı 24.
- SAYILI,Ad.** (1946): Gazanhan rasathanesi. Belleten X/40 (1946), S.625
- SAYILI,Ad.** (1948): Vacidiyye medresesi. Kütahyada bir ortaçağ rasathanesi. Belleten XII/47 (1948), S.655-666
- SAYILI,Ad.**(1949): Biruni. Belleten XIII/49 (1949), S.53-89
- SAYILI,Ad.** (1951): Farabi ve tefekkür tarihindeki yeri. Belleten XV/57
- SAYILI,Ad.** (1956): Alauddin Manşur'un İstanbul rasathanesi hakkındaki şiirleri. Belleten XX/79
- SAYILI,Ad.** (1958/a): Islam and the rise of the 7.century science. Belleten xx/87,(1958), S.353
- SAYILI,Ad.** (1958/b): Sabit bin Kurra'nın Pitagor teoremini tanıtımı. Belleten XX/88 S.527-549
- SAYILI,Ad.** (1962): Ebu Sehl el Kuhi'nin bir açığı 3 eşit kısma bölme problemi için bulunduğu çözüm. Belleten XXVI/104 (1962)
- SAYILI,Ay.** (1960/a): Uluğbey ve semerkand'daki ilim faaliyeti hakkında Gıyassuddini Kaşi'nin mektubu. TTK no 39, 1960,S.22
- SAYILI,Ay.** (1960/b): The observatory in Islam. TTK yayını, Ankara 1960
- SAYILI,Ay.** (1962): Abdülvahid İbni Türk'ün katışık denklemlerde mantiki zaruretler adlı yazısı ve zamanın cebri. TTK, Ankara 1962
- SAYILI,Ay.** (1966): Mısırlılarda ve Mezepotamyalılarda Matematik, Astronomi ve Tıp. TTK. yayınları VII. seri , sayı 52, 1966
- SAYILI,Ay.** (1974): Doğumunun 1000. yılında Beyruni'ye armağan. TTK yay. 1974
- SAYILI,Ay.** (1985): Ortaçağ bilim ve tefekküründe Türklerin yeri. Atatürk Kültür Merkezi, Ankara 1985
- SCHIEFERDECKER:** Geodaetisches Rechnen.Anleitung für die Brunsviga Doppelrechen-maschine 13 Z. Braunschweig 1950
- SCHLEBACH:** Vermessungen in Aegypten. Zfv 1881, S.145
- SCHLEUSENER,A.:** Tafeln der internationalen Normalschwere. DGK D-2, München 1958
- SCHMIDT:** Zur Geschichte der Distanzmessung. Zfv 1893, S.270
- SCHMIDT,F.:** Geschichte der geodaetischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter. Stuttgart 1989 (yeni baskı)
- SCHNEIDER,E.:** Mathematik ernst und heiter. Humboldt, Berlin 1968
- SCHNEIDER,P.:** Pascal. Fischer Verlag, Frankfurt, 1954
- SCHOEPS** (1975): Giovanni Cassini und der französische Gradmessung im 17. und 18.Jahrhundert. Verm.Techn. 1975,S.471
- SCHOEPS** (1976): W.Snellius. Der hollaend. Eratosthenes. Verm.Techn. 1976,S.390
- SCHOLZ:** Vom Vermessungswesen im alten Aegypten. Fluchstab 1954,S.58,77
- SCHOY** (1923): Gnomik und die Araber. Geschichte der Zeitmessung u. d. Uhren. Lfg. F, 1923
- SCHOY** (1927): Die trigonometrische Lehren des persischen Astronomers Abu'l Raihan Muhammed Ibn Ahmad Al-Biruni. Hannover 1927
- SCHÖNE:** Vermessungslehre und Dioptra. Leipzig 1903
- SCHRÖDER:** praktische Astronomie
- SCHUDDE:** Vermessungswesen im alten Aegypten. V.R.1954, S.115
- SCHWARZ** (1975): Zur Erdmessung des Eratosthenes. AVN 1975, S.1-12
- SCHWARZ** (1976): Vermessungstechnische Aufgaben in mathematischen Keilschrifttexten. AVN, 1976, S.12-20
- SENEMOĞLU,Y.:** Kitab'ı Bahriye 2 cilt.Tercüman 1001 temel eser no 19, 1973

- SEIFERS,H.:**Über den Einsatz der Relais-Rechenanlage Z 11 im Vermessungstechnischen Rechnen. ZfV 1959, S.343
- SEIFERT:** Dokumente zur Geschichte der kartographie. Stuttgart 1972
- SELEN:** Piri Reis'in şimali Amerika haritası. Belleten I/2 (1937), S.515-518
- SIGL,R.:** Geodaesie in Wissenschaft und Praxis ZfV, 1969, S.469
- SIGL,R.:** Aktuelle Aufgaben der Satelliten Geodaesie. ZfV 1977, S.20
- SIMMERDING:** Zur gesetzlichen Neuordnung des Eich- und Masswesens mit einer geschichtlichen Betrachtung über die Definition der Längeneinheiten. ZfV 1970, S.141
- SIMON:** Geschichte der Mathematik im Altertum in Verbindung mit antiker Kulturgeschichte. 1909
- SKELTON,R.A. (1952):** Decorative printed maps. London 1952
- SKELTON,R.A. (1958):** Explorers map. London 1958
- SMITH,D.E.:** History of Mathematics. 2 cilt. New York 1958
- SMITH:** From plane to spheroid. London 1986
- SMITH:** Everest: The man and the Mountain. London 1993
- SONGU,C.:** Ölçme bilgisi 2 cilt, İstanbul 1970
- SOUCEK,S.:** Turkish portolan charts. Michigan Univ. USA
- SOUCEK,S.:** Muslim maritime cartography. Michigan Univ. USA
- STEPHAN,P.:** Vermessungswesen und Geschichtswissenschaften. ZfV, 1935, S.722
- STEVENSON,E.L.:** Terrestrial and celestial globes. 2 vols. New Haven 1921
- STICHLING:** Die kulturgeschichtliche Bedeutung der Feldmasse. ZfV 1951, S.161
- STIERLIN:** Mayaların muhteşem imparatorluğu. Milliyet gazetesi eki (kainatın sırları), 1989
- STOHLER:** Vermutete Spuren römischen Flurvermessung. Schw.ZfV 1945, S.269
- STÖBER,E.:** Die römischen Grundsteuervermessungen. München 1877
- STRASSER,G.(1957):** Ellipsoidische Parameter der Erdfigur (1800-1950). DGK,A-19, München 1957
- STRASSER,G.(1969):** Zur Geschichte des Kreisels. AVN 1969, S.461
- STRASSER,G.(1974):** Die Toise, der Yard und das Meter. AVN 1974,S.2
- STRASSER,G.(1975):** Neue Techniken und ihre Instrumente für die Geodaesie. Verm. Photogramm. Kulturtechn. Fachblatt III/IV-75, S.215
- STRASSER,G.:** WILD Heerbrugg A.G. Aktuelle Instrumentenkunde, 5. Lief. 1981
- STROHMAIER:** Al-Biruni. In den Garten der Wissenschaft. Leipzig 1988
- STRUİK:** A concise history of mathematics. New York 1948
- SULLIVAN:** Pioneer Astronomers. New York 1965
- SUTER(1900):** Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. Leipzig
- SUTER (1910/11):** Das Buch der Auffindung der Sehnen im Kreise von Abul Raihan El Biruni. Bibliotheca mathematica. 3.Folge 11
- ŞERBETÇİ,M. (1974):** Dünyada ve Türkiyede Jeodezi Tarihi kronolojisi. Trabzon
- ŞERBETÇİ,M. (1978):** İlk çağlardan günümüze kadar yerin biçimi ve büyüklüğü. Trabzon 1978
- ŞERBETÇİ,M. (1989/a):** Çeşitli takvim hesapları ve bunlar arasındaki ilişkiler. Türkiye 2.Harita bilimsel ve teknik kurultayı,S.721-733. Ankara 1989
- ŞERBETÇİ,M. (1989/b):** Uzunluk ölçü birimi Metre'nin geçirdiği evreler. Türkiye 2. Harita bilimsel ve teknik kurultayı. S.700-704 Ankara 1989
- TANERİ,K.Z.:** Türk Matematikçileri. Matbaacılık Okulu, 1958
- TARDİP,(çeviri F,Şarman):** Jeodezi. İTÜ Kütüphanesi sayı 177 İstanbul 1949
- TAILLE:** Le secret des pyramides. Geometre, 1975-12, S.31
- TEKELİ,S. (1961):** Takiyuddin'in sidretü'l müntehasında aletler bahsi. Belleten XXV/98 (1961), S.213-218
- TEKELİ,S. (1963):** Biruni'de güneş parametrislerinin hesabı. Belleten XXVII/105 (1963)

- TEKELİ,S.**(1966): 16. asırda osmanlılarda saat ve Takiyüddin'in "mekanik saat konstruksiyonuna dair en parlak yıldızlar"adlı eseri. Ankara Üniv. 1966
- TEKELİ,S.**(1969): Biruni, Ebu Reyhan Muhammed bin Ahmed. Belleten XXXIII/131 S.427
- TEKELİ,S.**(1975): Modern bilimin doğuşunda Bizansın etkisi. Ankara 1975
- TEKİN:** Ölçme bilgisi kavramının tarihsel gelişimine bir bakış. Türkiye 2. Harita bilimsel ve teknik kurultayı Ankara,1989, S.557
- TEPEDELENLİOĞLU:** Kim korkar matematikten? Ankara 1984
- TERNOVSKIY,V.N.:**İbni Sina. Moskova 1969. (çeviren H.Novruzhan), Anadolu Üniv. yayınları, Eskişehir 1986
- TEZ,Z:** Ortaçağ islam dünyasında bilim ve teknik. Dicle Üniv. Diyarbakır 1991
- THOMAS:** Astronomie. Graz 1934
- THOMSON,D.W.:** Men and meridians. The history of surveying and mapping in Canada (2 cilt) 1967
- THÖNE:** Einführung in die Astronomie. Bern
- THROWER,N.J.W.:** Original survey and land subdivision: A comparative study of the form and effect of contrasting cadastral surveys. Assoc. of American Geographers Chicago, 1966
- TODEY,R.V.:** Maps and maps-maker 1935
- TODHUNTER,I.:** A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the earth. New York 1962
- TOOLEY,R.V.:** Maps and maps-makers. London 1952
- TRENDELNBURG:** Alter Stadtplan von Rom auf Marmor. ZfV 1877, S.299
- TROPFKE:** Geschichte der Elementarmathematik Bd V (Ebene Trigonometrie sphaerik und sphaer. Trigonometrie) Berlin 1923
- TYACKE,S.:** English map-making. Historical essays. Stuttgart 1983
- TÜRKKAN,H.Z.:** Kadastro ne idi, nedir, ne olacaktır? (eski Türkçe) İstanbul 1928
- TÜZÜN:** Haritacılıkta ve iş hayatında kullanılan metrik ölçü sistemleri ve birbirine çevrilimleri. Harita Dergisi sayı 82 1975, S.56-64
- UÇAR-ULUĞTEKİN:** Ali Macar Reis'in Ege havzası haritası. Harita Dergisi sayı 98, 1987, S.81
- UHDEN:** Die antiken Grundlagen der mittelalterlichen Seekarten. Imago mundi I, 1935, S.1
- UKERT:** Über die Art der Griechen und Römer die Entfernungen zu bestimmen und über das Stadium. Weimar 1813
- ULSOY,E.**(1970): Jeodezinin konusu ve tarihçesi. Jeodezi bülteni, cilt 1, sayı 3, Trabzon
- ULSOY,E.**(1977): Ölçü işleri ve haritacılıktaki gelişmeler. Har. Kad. Müh. sayı 40,
- UNAT,F.R.**(1964): Başhoca İshak ef.. Belleten XXVIII/109 (1964),S.69
- UNAT,F.R.**(1984): Hicri tarihleri miladi tarihe çevirme klavuzu. TTK Ankara 1984
- ÜLKÜTAŞIR:** Kaşgarlı Mahmut. TDK yay. 1972
- ÜNVER**(1948): Ali Kuşçu hayatı ve eserleri. İstanbul Üniv. Fen Fak. 1948
- ÜNVER**(1960): Bursalı Kadızade Rumi ve devrinin diğer bilimcileri. Ege Üniv. derlemeler serisi no 1
- ÜNVER**(1969): İstanbul rasathanesi. TTK yay.VII seri sayı 54 , Ankara 1969
- VOGEL,K.**(1958): Vorgriechische Mathematik. Hannover 1958
- VOGEL,K.**(1963): Alchwarizmi. Muhammed İbn Musa. Aalen 1963
- VÖLTER,U.:** Geschichte und Bedeutung der intern. Erdmessung., DGK C-63, München 1963
- WAGNER,F.:** Entwicklungsgeschichte der optischen Entfernungsmessung mit Latte im Zielpunkt. Stuttgart 1969
- WALLIS,H.:**Map-making to 1900. ICA Moskova 1976
- WEIDNER:** Handbuch der babylonischen Astronomie. Leipzig 1915

- WEIGOLD:** Vermessungsgeraeteentwicklungen des VEB Carl Zeiss Jena. Verm.Techn.1974, S.396
- WEISSGERBER,C.:** Antike Quellen zur Geschichte des Vermessungswesens. Verm.Ing. 1969/5, S.171-180
- WIEKENING:** Über die Feldmesskunst im 16. Jahrhundert nach einer Darstellung des Erasmus Reinhold. ZfV 1961, S.46
- WIELEITNER:** Geschichte der Mathematik. 2 cilt Berlin 1939
- WIENER:** Altrömisches Verfahren zur Bestimmung des Meridians aus der Sonnenschatten. ZfV 1875, S.299,366
- WIESNER:** Die Kunst des alten Orients. Ullstein Bücher Bd.II
- WILHELMY:** Kartographie in Stichworten. Lieferung IV ,1966
- WITTKKE,H.:** Geodaetische Formelsammlung. 1955
- WOLF,H.:** Das Europaeische Dreiecksnetz. Yildiz Üniv. Dergisi. 1986/3
- WOLF,R.:** Geschichte der Astronomie. 1877
- WOLKENHAUER (1895):** Leitfaden der Geschichte der Kartographie. Breslau 1895
- WOLKENHAUER:** Aus der Geschichte der Kartographie. Deutsche Geograph. Blaetter der geograph. Gesellsch.. Bremen Bd.34-36, 38
- WUSSING:** Mathematik in der Antike. Aachen 1962
- YILDIRIM,C.:** 100 soruda Bilim tarihi. İstanbul 1974, 2.baskı 1983
- YILDIZ,N.:** Jeodezik problemlerin çözümünde hesap makinalarından faydalanma. Jeod.Bült. cilt 1, sayı 2, Trabzon 1970
- YILDIZ-ÖZEN:** Uluslararası Harita Mühendisleri Federasyonu (FIG) 17.Kongresi (Sofya). Har.Kad. Müh. sayı 48/49, 1984
- ZACHHUBER (1973):** Zur wiederkehr des 500. Geburtstages von Nikolaus Kopernikus. Verm.Ing. 1973/1, S.2
- ZACHHUBER(1974):**Entwick.der Kartenzeichner und Transporteure.Verm.Ing. S.191
- ZEPF:** Grundzüge der Geschichte des Rechners. Karlsruhe 1906
- ZETSCHKE,H. (1966):** Stand und Entwicklungstendenzen des geodaetischen Instrumentenbaues. AVN 1966, S.118
- ZETSCHKE,H. (1979):** Elektronische Entfernungsmessung. Stuttgart 1979
- ZEUTHEN (1966/a):** Geschichte der Mathematik im 16. und 17. Jahrhundert. Stuttgart
- ZEUTHEN (1966/b):** Die Mathematik im Altertum und im Mittelalter. Stuttgart 1966
- ZIMMERMANN (1975):** Eratosthenes. Geodaet der Antike. Verm.Techn. 1975, S.423-425
- ZIMMERMANN (1980):** Zur Geschichte der nichteuklidischen Geometrie. Verm.Techn. 1980, S.238-241
- ZIMMERMANN (1981):** Heron von Alexandria. Geometer der Antike. Verm.Techn. 1981, S.383-386
- ZINNER,E.:** Deutsche und Niederlandische astronomische Instrumente des 11.- 18. Jahrhunderts. München 1956
- : Die literatur zur Kartographie (Literature on cartography) (1865-1942) 3 cilt
- : Zeittafel zur Geschichte der Kartennetzlehre. Kartogr. Nachr. 1968, S.92
- : Encyclopaedia Britanica (Geodesy, map surveying, theodolite, etc.)
- : The book of popular science
- : 5000 Jahre Vermessungswesen. Geo 71 sergi kataloğu. Wiesbaden 1971
- : Piri Reis Haritası. DKK hidroğrafi neşriyatı, Çubuklu-İstanbul 1966
- : 150 Jahre Photographie. Verm.Techn. 1989, S.278
- : Harita kadastro mühendisliği FIG özel sayısı no 67, 1990
- : Uluslararası İbni Sina sempozyumu. 17-20 Ağust. 1983 Ankara. Kültür ve turizm Bak. Ankara 1984
- : 3.Murad'ın İstanbul rasathanesindeki mücessem yerküresi ve Avrupa ile ilgili kültürel temaslar. Belleten XXV/98 (1961), S. 397-435

## Kaynaklar ile ilgili kısaltmalar ve açıklamalar

<b>AB</b>	Ana Britanika
<b>Askania Warte</b>	Askania-Berlin firmasının yayın organı
<b>AVN</b>	Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Wichmann, Karlsruhe.
<b>BuL</b>	Bildmessung und Luftbildwesen (şimdi ZPV)
<b>Bull.Geod.</b>	Bulletin Geodesique, Paris
<b>Canad. Surv.</b>	The Canadian Surveyor, Ottawa/Canada
<b>DGK</b>	Deutsche Geodaetische Kommission, Münih ve Frankfurt
<b>DKK</b>	Deniz Kuvvetleri Komutanlığı
<b>ETH</b>	Eidgenossische Technische Hochschule
<b>Geod. i Kart.</b>	Geodezja i Kartografia, Varşova/Polonya
<b>Geod.a.Aeroph.</b>	Geodesy and Aerophotogrammetry (Rusçadan İngilizceye çeviri) Washington
<b>Geometre</b>	Geometre (önce: Revue des Geometres-Experts et Topographes Français) Paris
<b>HGM</b>	Harita Genel Müdürlüğü (şimdi:Harita Genel Komutanlığı)
<b>HGK</b>	Harita Genel Komutanlığı (önce:Harita Genel Müdürlüğü)
<b>Har. Der.</b>	Harita Dergisi, Harita Genel Komutanlığı, Ankara
<b>Har.Kad.Müh.</b>	Harita Kadastro Mühendisliği. Harita Kadastro Mühendisleri Odası Ankara
<b>IAG</b>	International Association of Geodesy
<b>IfaG</b>	Institut für angewandte Geodaesie
<b>IUGG</b>	International Union of Geodesy and Geophysics
<b>Kart. Nachr.</b>	Kartographische Nachrichten,Kirschbaum Verlag, Bonn
<b>MIIGAIK</b>	Moskova Mühendislik Jeodezi, Hava fotogrametri ve Kartografya Enstitüsü
<b>Nachr.d.Nieders.Verm.u.Kataster:</b>	Nachrichten der Niedersaechsischen. Vermessungs- u. Katasterverwaltung Landesvermessung, Hannover/Almanya
<b>NIIGAIK</b>	Novosibirks (Rusya) Jeodezi, Hava fotogrametri ve Kartografya Enstitüsü
<b>Ö.ZfV</b>	Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogramm. Wien
<b>Petr.Geogr.Mittlg.</b>	Petermanns Geographische Mitteilungen- Perthes, Gotha/Almanya
<b>Photogramm.</b>	Photogrammetria.-Elsevir, Amsterdam/Hollanda
<b>Phot. Eng.</b>	Photogrammetric Engineering and remote sensing, Washington/ABD
<b>Rev.Geom.Exp.Top.France:</b>	Bak Geometre
<b>Riv.del.cat.</b>	Rivista del Catasto e dei servizi tecnici erariali, Roma
<b>Schw. ZfV</b>	Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie. (şimdi: Verm. Phot. Kult.) Meisterschwanden/ İsviçre
<b>Surv. Rev.</b>	Survey Review (önce: Empire Survey Review) Londra
<b>Surv. a Mapp.</b>	Surveying and Mapping.(Şimdi: Surveying and Landinformation Systems) Bethesda/ABD
<b>TDK</b>	Türk Dil Kurumu, Ankara
<b>TH</b>	Technische Hochschule (şimdi TeknikÜniversite)
<b>TSNIIGAIK</b>	Devlet Merkezi Jeodezi, Hava fotogrametri ve Kartografya araştırma Enstitüsü, Moskova
<b>TTK</b>	Türk Tarih Kurumu, Ankara
<b>VR</b>	Vermessungstechnische Rundschau (şimdi:Vermessungswesen und Raumordnung) Dümmler, Bonn/Almanya
<b>Verm.Phot.Kult.</b>	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik (Eski ismi Schw.ZfV) Meisterschwanden/İsviçre
<b>V.T.</b>	Vermessungstechnik, Berlin (1991 den itibaren AVN ile birleşti )
<b>Verm. Ing.</b>	Der Vermessungsingenieur (önce: Fluchstab), Wiesbaden
<b>Veröfftl.d.Inst.f.Erdmessung:</b>	Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung, Bamberg
<b>ZfV</b>	Zeitschrift für Vermessungswesen. Wittwer, Stuttgart/Almanya
<b>ZPV</b>	Zeitschrift für Photogrammetrie u. Fernerkundung.(önce: BuL) Wichmann,Karlsruhe/ Almanya
<b>Zeitschr.f.Instr.k.</b>	Zeitschrift für Instrumentenkunde (şimdi:Messtechnik), München

## KAYNAKLARDA KULLANILAN KISALTMALAR:

- Ank. Üniv.:** Ankara Üniversitesi  
**Aristo Mittig.:** Aristo Mitteilungen. Hamburg  
**Astr. Nachr.:** Astronomische Nachrichten- Akademie Verlag, Berlin  
**Austral. Survey.:** The Australian Surveyor-The Institution of Surveyors, New South Wales  
**AVN:** Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. Wichmann, Karlsruhe  
**Bibl. Inst.:** Bibliographisches Institut Mannheim  
**BuL:** Bildmessung und Luftbilwesen. Wichmann, Karlsruhe  
**Bull. Geod.:** Bulletin Geodesique. Bureau central de l'Association internationale de Geodesie, Paris  
**BÜ:** Boğaziçi Üniversitesi İstanbul  
**CNG:** Consiglio Nazionale Geometri, Roma  
**DGK:** Deutsche Geodaetische Kommission .München und Frankfurt  
**DKK:** Deniz Kuvvetleri Komutanlığı  
**FIG:** Fedearation Internationale des Geometres  
**Har.Der.:** Harita Dergisi. Harita Genel Komutanlığı, Ankara  
**Har.Kad. Müh.:** Harita kadastro Mühendisliği. Harita ve kadastro mühendisleri odası yayın organı, Ankara  
**IAG:** International Association of Geodesy  
**İTÜ:** İstanbul Teknik Üniversitesi  
**İÜ:** İstanbul Üniversitesi  
**Kart. Nachr.:** Kartographische Nachrichten. Kirschbaum Verlag, Bonn  
**KTÜ:** Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon  
**MEB:** Milli Eğitim Bakanlığı  
**MTA:** Maden Teknik arama Enstitüsü, Ankara  
**Nachr.Nieds.Verm. Verw.:** Nachrichten des Niedersaechsichen Vermessungs- und Katasterverwaltung. -Nieders. Landesverwaltungsamt-Landesvermessung, Hannover  
**Özfv:** Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie. Wien  
**Photogr. Eng.:** Photogrammetric Engineering  
**Schw.Zfv:** Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie (yeni ismi: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik) Baden/İsviçre  
**TTK:** Türk Tarih Kurumu Ankara  
**TDK:** Türk Dil Kurumu Ankara  
**V.R.:** Vermessungswesen und Raumordnung. (eski ismi: Vermessungs-technische Rundschau), Dümmler,Bonn  
**VEB:** Volkseigene Betrieb  
**Verm. Inf.:** Vermessungs-informationen Jena. Jenoptik Gmbh Jena  
**Verm. Ing.:** Vermessungsingenieur. (eski ismi:Fluchstab), Wiesbaden  
**Verm.Techn.:** Vermessungstechnik.VEB Verlag für Bauwesen, Berlin  
**Wiss.Arb. Uni. Hann.:** Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universitaet Hannover  
**YÜ:** Yıldız Üniversitesi-İstanbul  
**Zfv:** Zeitschrift für Vermessungswesen-Wittwer, Stuttgart  
**ZfIK:** Zeitschrift für Instrumentenkunde. Vieweg, Braunschweig  
**ZPV:** Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung

# DİZİN

abaküs (çörkü), 19, 41, 76, 81  
abazist, 81  
ABBE, 165, 189  
aberasyon, 144  
ACKERMANN, 209  
ADAM RIESE, 97  
ADAM, 224  
ADAMS, 151, 161, 172, 207, 225  
Additament (ekleme) metodu, 160  
ADELARD, 74  
adım sayacı, 135  
aerokartograph, 208  
AGATHADEMON, 39  
AGRIPPA, 44  
AHMED İBNI MUSA, 60  
AHMES, 13, 98  
AİRY, 161, 162  
AITOFF, 167  
AIKEN, 132, 196  
Akadlar, 5  
akromatik dürbün, 144  
akromatik objektif, 150  
AKSOY, 206  
AL BATTANI, 54  
AL FERGANI (Alfragani), 57, 58  
AL HABAS, 54  
AL HİVARİZMI, 57  
AL HOCANDI, 62  
AL KALAZADI, 71, 98  
ALBERS, 207  
ALBERTI, 83  
ALBERTZ, 209  
ALDRIN, 200  
ALFONSO, 77  
ALGOL 60, 197  
algoritma, 56, 58, 81, 210  
ALİ BİN İSA, 59  
ALİ BİN İRAK, 60  
ALİ KUŞÇU, 71  
alidat, 56, 101  
ALLEN, 199  
Almagest, 37, 56, 59, 61, 74, 81, 86, 91  
almanak, 56  
almukantarat, 56  
altın oran, 76  
Amer. Society of Photogrammetry, 209  
AMERIGO VESPUCCI, 84  
AMSLER, 173  
AMUNDSEN, 224  
ANAKSAGORAS, 24  
ANAKSİMANDER, 20  
ANAKSİMENES, 21

analaktik dürbün,  
anastigmat objektif, 174  
ANCELIN, 155  
ANDERSEN, 224  
ANDREAS, 136  
aneroïd, 3, 164  
ÅNGSTRÖM, 164  
ANNA 1, 200  
APIAN, 109  
apokramatif objektif, 165  
APOLLONIUS, 30  
ARAGO, 160, 170  
ARDÜSER, 137  
ARGUN HAN, 71  
ARISTARCHUS, 26- 28  
Aristo-Geodat, 126  
ARISTOTELES (Aristo), 2, 25, 26, 61, 77, 118  
ARMSTRONG, 200  
arşın, 145, 146, 150  
ARŞİMED, 29, 35, 61  
---- aksiyomu, 29  
---- kuralı 29  
---- spirali, 29  
ARYABHATA, 52, 53, 54  
Aryabhatiya, 54, 98  
asal sayılar, 30  
Asarı Bakiye, 64  
Askania, 190  
ASLAKSON, 220  
ASPLUND, 204  
astro-jeodezik, 205  
astrolabium (astrolab, usturlab), 2, 31, 33, 38, 57-60, 63, 65, 67, 85, 86-88, 90, 93, 95, 101, 135  
astroloji, 57  
Asurlar, 5, 10  
AUGUSTUS (Oğüst), 41, 44  
autograf, 208  
aviograph, 208  
Ay globusu, 167  
ayak, 114  
ayna mercekli dürbün, 213  
aynalı gönye, 152, 172  
aynalı kuadrant, 135  
AYTAÇ, 209  
azimut, 3, 56, 59, 65, 136, 204, 205, 225  
BABBAGE, 195  
BABEU, 168  
BABINET, 166  
Babilîiler, 5-8, 11, 12, 15, 21, 31, 50, 168  
BACHE, 225  
BACON, 63, 77, 85

BAESCHLIN, 206  
BAEYER, 160, 168, 227  
Balasagun, 66  
BALBUS, 45  
Baltık çelengi, 226  
BAMBERG, 183, 190  
BARDEEN, 197, 201  
barometre, 144  
BARR & STROUD, 179, 187  
BARTON, 224  
basıklık, 141, 143, 161, 163, 205  
batiskaf, 225  
BATLAMYUS, 30, 37- 39, 57, 58, 61, 74, 77, 82, 86, 91, 99, 115, 136  
BAUERNFEIND, 172, 192  
BAUERSFELD, 208  
Bausch & Lomb, 188  
baz büyüme ağı, 113, 221  
baz latası, 189  
baz, 106, 113, 176  
BEATUS, 75  
BEAUTEMPS- BEAUPRE, 169  
BECCARIA, 141, 152  
BEEBE, 224  
BEER, 167  
BEHAIM, 83  
BEHRMANN, 206  
BELL, 165  
BENESE, 102  
BENZENBERG, 163, 168  
BERGSTAND, 220  
berid (menzil), 150  
BERNOULLI, 112, 138, 144  
BERROTH, 206  
BESSEL, 159, 160, 162, 163  
BESSERER, 109, 110  
BETHE, 201  
BEYRUNI, 59, 60, 63, 65, 98  
Beytul Hikme (bilim akademisi), 56  
BEZZEGH, 215  
BHASKARA, 53- 55  
BIOT, 160, 163, 164  
Bilby çelik kuleleri, 225  
bilgisayar, 195  
Binom formülü, 66  
--- katsayıları, 49  
--- serisi, 112  
BİON, 28  
Birimler kitabı, 69  
BJERHAMMAR, 223  
BLAEU, 113, 136  
BLONDAT, 174  
BODE, 142  
Bode-Titius kuralı, 142

BOHNENBERGER, 144, 163  
BOHR, 201  
BOLSAKOV, 223  
BOLTZ, 210  
BOMFORD, 206  
BONACKER, 207  
BONNE, 156  
---- projeksiyonu, 193  
BONSDORFF, 226  
BOOLE, 158  
BORDA, 152, 153, 180  
---- teodoliti, 181  
BORN, 201  
BOSCOVICH, 141, 159  
BOSSARDT, 189  
BOSSE, 207  
BOUGUER, 139, 141, 144,  
146  
BOURDALOÛE, 194  
BOUREOIS, 163  
BOUVET, 48  
BOWIE, 205, 225  
boylam başlangıcı, 46, 167  
BRADLEY, 118, 143  
BRAHE, 99, 104, 109, 113  
BRAHMAGUPTA, 52, 57  
BRANCA, 133, 174  
BRANDER, 179  
BRANDES, 166  
BRATTAIN, 197  
BREITHAUPT, 150, 152,  
180, 184, 188, 210  
BREWSTER, 170  
BRIGGS, 123  
BROCKS, 223  
BRUCE, 224  
BRUINNS, 155  
BRUNİ: bkz. BEYRUNİ  
BRUNNER, 163, 165, 170,  
174  
BRUNS, 2, 162  
BUACHE, 155  
BUCHART, 135  
BUCHHOLTZ, 209  
BUCKMASTER, 208  
burç, 7, 15, 56, 62  
BURNSIDE, 223  
BÜRGI, 106, 123  
bütün kombinasyonlarla  
açı ölçümü, 192  
  
CABİR (Geber), 66, 74  
CABOT, 106  
camera obscura, 169  
camera plastica, 172  
CAMUS, 140  
CANTOR, 195  
CANTZLERS, 137  
CARDANUS, 98  
CARL ZEISS JENA, 179, 186,  
211  
CASSINI, J.G.D., 115, 117  
CASSINI, J., 115, 117, 155

CASSINI DE THURY, C.F.  
140, 141, 144, 155, 156  
CASSINI (IV), 143, 155,  
156, 157  
CASSINI, G., 202, 203  
CASTRO, 107  
CATO, 44  
CAVALIERİ, 99  
CAVENDISH, 144  
CAYLEY, 159  
CEHUTİHOTEP, 17  
CELSIUS, 140, 141, 143,  
144  
CEMŞİD, bkz. Çemşid  
Ceres gezegeni, 2, 142, 159  
CEULEN, 98  
CHARNOT, 179  
Cheops piramidi, 13, 14  
CHEVALLIER, 170  
Chip, 197  
CHIU CHANG SUAN SHU, 50  
CHOLESKY, 210  
chorobat, 42, 43  
CHOU, 50  
CHOVITZ, 205  
CICONETTI, 203  
CIERMANS, 129  
CLADIUS, 45  
CLAÏRAUT, 138, 140, 141,  
202  
CLARKE, 161, 162, 163  
Coast and Geodetic  
Survey, 161, 162, 167,  
COLLIER, 208  
COLLINS, 136  
COLOMBUS, 77, 84, 106  
Commission Permanente,  
228  
COOK, 156, 205  
COOKE, 187  
COPPE bkz. Koppe  
CORADİ, 187, 190  
CORONELLİ, 116  
CORSSİKA, 190  
CRAMER, 138  
CRAWFORD, 209  
CRUQUIUS, 155  
Curta hesap makinası, 130  
  
ÇEBİÇOV, 159  
ÇEMŞİD, 60, 70  
çekül sapması, 4, 141, 143,  
161, 203  
çift nokta kestirmesi, 113  
Çin abaküsü, 49  
Çin ölçü urganı, 51  
  
D'ALAMBERT, 139, 144  
D'ALMEIDA, 171  
D'ANVILLE, 155  
DA VINÇİ, 107, 169  
DAGUERRE, 169  
Daguerre tip, 169  
DAHL, 189, 215

DAHLTA, 189, 215  
dairesel stürgülü hesap  
cetveli, 127  
DAL FERRO, 98  
DANFERY, 133  
DE L'ISLE, 155  
DE LESSEPS, 194  
DEDEKIND, 195  
DEFFORGES, 163, 165  
DELAMBRE, 143, 146, 162,  
delikli kart, 196  
delikli şerit, 219  
demirkazık, 33, 58  
DEMOKRİTİS, 24  
denge derinliği, 205  
DENİZ, 223  
DESARGUES, 112  
DESCARTES, 63, 99, 111  
DEUMLİCH, 206, 223  
DEVILLE, 171, 209  
DIETZ, 189  
DIXON, 141  
DİAS, 50  
difraksiyon, 118  
DIGGES, 101  
digigon, 189  
DİKAERCHUS, 26  
Dimess, 190  
DIONYSIUS PERIEGETES, 30,  
32  
DİOPHANTUS, 39, 76  
dioptra, 26, 36  
dioptrik, 18  
Divanü-Lügat-it-Türk, 66  
Docta ignorance, 82  
DOLEZAL, 209, 229  
DOLLAND, 144, 150, 169  
DOPPLER, 3, 164, 205  
DORGENS, 179  
DOU, 137  
DOVE, 166  
DRAGOMİR, 206  
DRODOFSKY, 210  
DUFOUR, 191  
DUPAIN-TRIEL, 155  
DUTTON, 161  
dünya merkezli  
(jeosentrik), 199  
DÜRER, 97, 107, 169  
DVORAK, 207  
  
EASTMAN, 171  
Ebstorf haritası, 74, 77  
EBU BERZE, 57  
EBU KAMİL, 61  
EBUL VEFA, 62  
EBUL HAKEM, 60  
EBUL KASIM, 60, 66  
ECHO I, 200  
ECKELS, 205  
ECKERT, 196, 207  
ED 50, 204  
ED 79, 204  
ED 87, 204

- EDISON, 165, 201  
EGGERT, 193, 205, 209, 223, 226  
EINSTEIN, 201  
EISENLOHR, 13  
eisberg hipotezi, 161  
ekinoks= ılım noktası = ilkbahar noktası, 31  
ekliptik, 59  
EL ANTAKİS, 62  
EL BATRIK, 57  
EL BATTANİ, 61  
EL BEYRUNİ, bkz. BEYRUNİ  
EL BİTRUGİ (Alpetragius), 66  
EL FEZARİ, 57, 60  
EL HAKİM, 62  
EL HARİZMİ, 54, 58, 74, 92  
EL İSTAHİRİ, 71  
EL KERHİ, 62  
EL KINDİ, 60  
EL MANSUR, 56  
EL MEMUN, 56, 57  
EL MERVEZİ, 59, 60  
EL NİRİSİ, 61  
EL RAZİ, 61  
EL SAGANİ, 62  
EL SUFİ, 57, 61  
EL ZARKALİ (Arzachel), 66  
EL Faraz, 60  
EL FERGANİ, 60  
EL MEŞHEDİ, 60  
EL MUTAZİD, 61  
EL MUSTAZİM, 69  
EL TABERİ, 60  
EL BAĞDADİ, 60  
EL BELEDAVİ, 60  
EL GİRNATİ, 60  
el usturlabı, 60  
elektronik göz, 214  
elektrikli göz, 191  
elektronik teodolit, 219  
elektrotape, 220  
ELIEL, 208  
Elle, 145, 146  
ELN, 204  
EMPEDOKLES, 118  
en küçük kareler yöntemi, 139, 158, 159  
endaze, 150  
Endülüs, 74  
ENIAC, 196  
EÖTVÖS, 201  
episikloid, 30, 31  
EPPENSTEIN, 216  
ERATOSTHENES  
(Eratosten), 29, 30, 32, 113  
Eratosten kalburu, 30  
EREMEEV, 206  
Ertel, 174, 183, 186, 189  
Ertel-Werk, 211  
ERTS-1, 200  
ES-SUFİ, 62  
eş anomali eğrisi, 167  
eş basınç eğrisi, 167  
eş sıcaklık eğrisi, 167  
eş yükseklik eğrisi, 155, 166, 167, 207  
Etzlaub, 106, 107  
EUDOKSUS, 24  
EUKLİD bk. ÖKLİD  
EULER, 138, 151, 155, 159  
EUPALİNOS, 21  
Eurotûnel, 224  
EVEREST, 162, 192  
EWING, 206  
EXPLORER, 200  
FAHRENHEIT, 143  
FARABİ, 61  
FARADAY, 164  
farsang (fersah), 64, 145, 150  
Fatih Sultan Mehmed, 72  
FAUSTUS, 42  
Fenikeliler, 7, 15, 18  
FENNEL, 179, 190  
FERMAT, 111  
FERNEL, 98, 99  
FERRERO, 193  
FIG, 2, 228  
FILCHNER, 224  
FINCH, 224  
FINSTERWALDER,R., 172, 208  
FINSTERWALDER, S., 207, 209  
FISHER, 195, 205  
FIZEAU, 165  
FİALA, 207  
Fibonacci Leonardo Pizano, 76  
fil adası, 15  
Filotecnica Salmoiraghi, 211  
FINK, 98  
FLAMSTEED, 115, 155  
fluxion hesabı, 112  
FO-Hİ, 48  
FORTRAN, 197  
fotogrametri, 4, 169, 170  
fotogrametri cemiyetleri, 209  
fotograf, 169  
fotokartograf, 208  
fotometri, 144  
fototeodolit, 190, 207  
FOUCAULT, 165  
FOURIER, 158  
FOURNIER, 137  
FÖRSTER, 205  
FRA MAURO, 83  
FRAESER, 152, 153  
FRANKE, 207  
FRANKLIN, 225  
FRAUNHOFER, 160, 164  
---- çizgileri, 160  
Freiberg küresi, 180  
FRESNEL, 163, 169  
FRIEDRICH, 210  
FRİSIUS, 90, 98, 102, 104, 106, 107  
FROBENIUS, 124  
FRONTINIUS, 45  
FUESS, 187  
FURCADE, 207, 208  
GAGARİN, 199  
GALIBARDI, 171  
GALİLEİ, 82, 112, 118, 120, 132, 141  
GALLE, 161  
GAMOV, 199, 201  
GASCOIGNE, 133  
GASSENDİ, 113  
GASSER, 207  
GASTALDİ, 109  
GAULIER, 172  
GAUSS, C.F., 2, 142, 158, 159, 164, 167, 173, 181, 191, 206, 225  
---- algoritması, 158  
---- çan eğrisi, 158  
---- dağılım fonksiyonu, 158  
---- eğriliği, 158  
---- hata dağılım kuralı, 158  
Gauss-Bonnet kuralı, 158  
GAUSS-KRÜGER, 167  
Gauss-Krüger koordinatları, 158  
Gauss-Krüger projeksiyonu, 158  
Gauss-Vogler, 204  
GAUSS, F.G., 192  
GAUTIER, 198  
GAZAN HAN, 70  
GEIGER, 174, 201  
GELL-MANN, 201  
GELLİBRAND, 113  
Gemma FRİSIUS, 91  
GENERİNİ, 133  
Geo-Fennel, 211  
Geodimeter, 221  
geometrik kuadrant, 95, 96, 101  
GEORG AMIRUCIO, 81  
GEORGE, 81  
GERARD, 74  
GERHARD (Cremona'lı), 54  
geriden kestirme, 113, 136, 139, 156  
GERLING, 159, 191  
GHİTAU, 206  
GIGAS, 190, 204, 213, 223  
GİLBERT, 118  
GİRARD, 99, 112  
globus, 65  
gnomon, 21, 29, 42, 43, 65, 85, 86  
GODİN, 139  
GOERZ, 179

- GOLTZ, 193  
 GOLUBEV, 223  
 gonyometre, 102  
 GOODWIN, 171  
 Gotthardt tüneli, 194  
 GÖKMEN, 198  
 GPS, 3, 199, 200  
 GRAFF HUNTER, 206  
 graphometre, 102, 103, 135  
 GRASMANN, 158  
 gravimetre, 4  
 gravite sabitesi, 144  
 GREEN, 152, 164, 176  
 GREENHOOD, 207  
 Greenwich, 65, 111, 116, 142  
 GREIFENDORF, 207  
 GREMENO, 57  
 GRIMALDİ, 48, 115, 118  
 groma, 42, 43, 44  
 GROSSETESTE, 85  
 GROSSMANN, 206  
 GROSYER, 207  
 GROTEN, 206  
 GROUSILLIER, 179  
 GRUBER, 208, 209  
 GUILLEAUME, 166, 201  
 GUNTER, 54, 98, 124, 133  
 ----'s chain, 134  
 ---- scale, 124  
 GUTENBERG, 82  
 Güneş paralaksı, 115  
 Güneş saati, 21  
 Güneş tutulması, 20, 50  
 GÜNEŞ, 206  
 GÜRKAN, 206  
 GYGER, 136
- HAAL, 150  
 HAALCK, 202  
 HABERMEL, 102, 1321  
 Haff, 186  
 HAHN, 201  
 HAKE, 207  
 HALL, 144  
 HALLERT, 209  
 HALLEY, 82, 112, 116, 154, 160  
 HAMILTON, 158, 164  
 HAMMER, 167, 179, 190  
 HAMURABİ, 8  
 HANNYGTON, 125  
 HANSEN, 113, 161  
 Hansen problemi, 113, 161  
 HAREZMİ, bkz. El Harizmi  
 Harpedonapten, 16  
 Harran, 8, 61, 62  
 HARRİOT, 99  
 HARTNER, 161  
 HARUN EL REŞİD, 56  
 HASAN BİN MUSA, 60  
 HASSLER, 225  
 HAURON, 171  
 hava fotoğrafı, 208
- hava triyngulasyonu, 229  
 HAYFORD, 3, 163, 204, 225  
 HAYYAM, 66, 98  
 HEAVYSIDE, 166  
 HECKMANN, 213  
 HEDRAEUS, 133  
 HEIDE, 181, 186190  
 HEISKANEN, 205, 206  
 HEİSSLER, 207  
 HEKATEUS, 20, 22  
 HELMERT, 2, 193, 195, 202-204, 206  
 ---- hata elipsi, 193  
 ---- yöntemi, 193  
 --- yüksekliği, 193  
 HELMHOLTZ, 158, 165, 170  
 Helosentrik, 99  
 helyetrop, 173  
 helyografi, 169  
 HENDRICK, 198  
 HENGLER, 164  
 HENRY, 81  
 HENSOLDT, 213, 174  
 HERAKLEİDES, 24  
 HERD, 135  
 HEREDOT, 15, 17, 22, 23, 24, 34  
 HEREFORD, 77  
 HERMANN, 173  
 HERMITE, 159  
 HERON, 34, 36, 174  
 --- formülü, 53  
 --- üçgeni, 36, 37  
 HERSCHEL, 142, 143, 170  
 HERTTEL, 134  
 HERTZ, 165  
 HERZ, 167  
 hesap çarkı, 127  
 hesap makinaları, 127, 128, 130  
 hesap tahtası, 19  
 HEVELIUS (HEVEL), 132, 167  
 Hewlett-Packard, 197  
 HEYDE, bkz. HEIDE  
 HİDLEY, 151  
 HIRAN, 220  
 Hİ, 50  
 hidrografi, 137  
 hidrostatik nivelman, 174, 193  
 HILBERT, 158, 195  
 HİLDEBRAND, 179, 180, 181, 183, 187, 188  
 Hilger Watts, 187, 208  
 Hintliler, 7, 48, 52-55, 63  
 HIPPARCHUS, 30, 58  
 HIPPOKRATES, 24  
 Hippokrates'in ayları, 24  
 hipsometrik harita, 193  
 HİSKİAS (Hizkiya), 22  
 hiyeroglif yazı, 13  
 HO, 50  
 HOBROUGH, 208  
 HOEGH, 201
- HOFF, 197  
 HOFMANN, 206, 219  
 HOGREWE, 179  
 HOHENBURG, 121  
 HOLLERITH, 196  
 HOMANN, 154  
 HONDIUS, 109  
 HOPFNER, 206  
 HORDADBIH, 60  
 HOUGH, 205  
 HRİSTOW, 206  
 HSIU, 51  
 HUANGDI, 50  
 HUBBLE, 198  
 HUGERSHOFF, 208, 216  
 HUMBOLDT, 166  
 Husky Hunter, 198  
 HUYGENS, 63, 112, 115, 116, 120, 133, 146, 163  
 Hülügü, 69
- IAG, 2, 204, 226  
 IBANEZ, 192  
 IBM, 196  
 ICA, 229  
 Iconometri, 170  
 ICSU, 226  
 INTELSAT, 199  
 Internationale Erdmessung, 227  
 ISP, 209  
 ISPRS, 209, 229  
 Işık hızı, 118, 143, 165  
 ITC, 209  
 IUGG, 204, 225, 226  
 IUSM, 229  
 İBN-AS-SAHLİ, 66  
 İBNI ATARİ, 57  
 İBNI BATUTA, 70  
 İBNI HEYSEM, 63, 68  
 İBNI RÜŞT, 69  
 İBNI SİNA (Avicena), 65  
 İBNI TARIK, 57  
 İBNI TÜRK, 57  
 İBNI YUNUS, 62  
 İBNI NAKKAŞ, 60  
 İBRAHİM BİN EZRA, 69  
 İBRAHİM MÜRSEL, 71  
 İBRAHİM, 61  
 İDRİSİ, 66, 70  
 İlim çelengi, 53  
 İMHOF, 207  
 İngiliz kuadrantı, 94  
 INTELSAT, 199  
 interface, 221  
 invar, 3, 166, 189  
 İrrasyonel sayılar, 21  
 isobar, 166  
 isobath, 155  
 isoterm, 166  
 İSTAHRİ, 71-73  
 izostazi, 161, 202, 204

- JACCIA, 205  
 JACQUARD, 195  
 JAEHNERT, 187  
 Jakob çubuğu. 81, 90, 91,  
 95, 101  
 JANSKY, 199  
 JAVARI, 171  
 JEFFERSON, 225  
 JENNE, 210  
 jeofizik, 201  
 jeoid ondulasyonu, 161, 203  
 jeoid, 161  
 jeoloji, 66  
 jeomorfoloji, 4  
 JERIE, 209  
 jiroskop, 144, 165  
 JOMARD, 126  
 JONES, 225  
 JORDAN, 172, 194, 206,  
 209, 223  
 JORDAN/EGGERT/  
 KNEISSL, 193, 223  
 JOULE, 165  
 Julianik Datum, 42
- Kadaströ, 16, 136, 168,  
 189, 192  
 KADEN, 207  
 KADIZADE RUMI, 70, 71  
 kadir, 31, 62  
 KAESTNER, 139, 157  
 KAHMEN, 223  
 KANG-WANG, 50  
 Kanopus yıldızı, 34  
 KANT, 142  
 Kant-Laplace kuramı, 142  
 KAPPELER, 169  
 KARO, 226  
 karşılıklı yönelme, 208  
 Kartografyada  
 otomasyon, 229  
 KAŞGARLI MAHMUD, 66-68,  
 KAŞI, 98  
 katalon haritaları, 77, 81  
 KATER, 163  
 katoptrik, 18  
 KAULA, 205  
 kavuşum ay, 7  
 KAWRAISKI, 207  
 KAZVİNİ, 70  
 Keldaniler, 15  
 KELLNER, 174, 180  
 KELSH, 188, 208  
 KELVIN, 165  
 KEPLER, 30, 63, 100, 113,  
 118, 169  
 KERN, 53, 187, 189, 210  
 Keuffel & Esser, 210  
 KIEPERT, 192  
 kıl ağı, 151  
 KING-HELE, 205  
 KIRSCHOFF, 165
- kil tablet, 5  
 Kiplodis, 189  
 kirah, 150  
 Kitabı Bahriye, 84, 107  
 KLEIN, 159  
 klizimetre, 174  
 klotoid, 128  
 KNEISSL, 193, 204, 206,  
 209, 223  
 knoten, 145  
 KOBOLD, 204  
 KOCHEOU KING, 50  
 KOHLSCHÜTTER, 226  
 KOLB, 190  
 KOLMOGROW, 195  
 kompensatörlü nivo, 211  
 KONDRASCHKOW, 223  
 konik projeksiyonlar, 207  
 KOPERNİKUS, 26, 38, 56,  
 57, 99, 107, 112  
 KOPPE, 167, 171  
 korelat, 210  
 KOVARI, 207  
 KOVATSCHEFF, 206  
 KOWANKO, 172  
 KRAKİWSKY, 206  
 KRASILNIKOV, 156  
 KRASSOWSKY, 203, 205,  
 206, 207, 226  
 KREILING, 209  
 KRİLOV, 155  
 KRONECKER, 159  
 KRÜGER, 167, 206  
 kuadrant (rubu tahtası),  
 (kadran) ,33,34,58,  
 65,70,91-95,99, 101,  
 104, 113 . 114, 132,  
 133, 135, 150, 154  
 KUBİLAY HAN, 77  
 kulaç, 145, 150  
 kurp cetvelleri, 128  
 KURTSCHATOW, 201  
 KUTBETTİN ŞİRAZİ, 70  
 kutup gezinimi, 201  
 Kutupyıldızı, 3, 14, 25, 28,  
 33, 58, 81, 113  
 kuyrukluyıldız, 82, 99, 100,  
 116, 155, 200  
 küresel trigonometri, 39,  
 57, 61  
 küresel üçgen, 62
- L'HOSPITAL, 112  
 LA HIRE, 117, 154, 167  
 La COSA, 106  
 LACAILLE, 140, 141, 144  
 LACLAVERE, 206  
 LACONDAMİN, 139, 141,  
 144, 146  
 LAFFON, 174  
 LAGEOS, 200  
 LAGRANGE, 139, 144,  
 156, 159  
 Lagrange çarpanı, 139
- LALANDE, 141  
 LALLEMAND, 163, 193  
 LAMBERT, 144, 156, 159,  
 169  
 LAMBTON, 160  
 LANDSAT, 200  
 LANGENDORF, 209  
 LAPLACE, 144, 158, 159,  
 163, 164  
 --- azimutu, 142, 204  
 --- noktası, 3, 205  
 Laponya ekspedisyonu, 141  
 LAURILLA, 223  
 LAUSSEDAT, 170, 171  
 LEGENDRE, 139, 143, 159  
 LEHMANN, 156, 215  
 LEIBNİZ, 48, 99, 112, 128,  
 129  
 LEMONNIER, 140  
 LENOIR, 146  
 LENOX-CONYNGHAM, 210  
 LEONARDO DA VINCI, 83  
 LEONOV, 200  
 LEVALLOIS, 206  
 LEVERRIER, 161  
 LEVI BEN GERSON, 81, 90  
 LEYBOURN, 137  
 LIESGANIG, 141  
 LINDBLAD, 198  
 LINGKE, 189  
 LISTING, 161  
 limes, 42  
 LIPPERHEY, 132  
 litografi, 157  
 LIU HUI, 51  
 LIU ZHUO, 50  
 LOHRMANN, 167  
 loksodrom, 109  
 LONGOBARDI, 50  
 LORENTZ, 223  
 Ludolf sayısı, 98  
 Lunik III, 168  
 LÜSCHER, 208
- MACLAURİN, 138, 141  
 madenci teodoliti, 184  
 MADLER, 167  
 MAGELLAN, 77, 84  
 MAGNİ, 99  
 MAHAVİRA, 53  
 MALVASİA, 133  
 manyetik inklinator, 119  
 ---- kutup, 164  
 ---- sarkaç, 164  
 Mappa Mundi, 83  
 MARALDI, 144  
 MARCO POLO, 51, 77, 78,  
 84  
 maregraf, 15, 193  
 MAREK-HORSKY, 169  
 mareograf istasyonu, 16,  
 166  
 MARINUS, 45  
 MASAHIRO, 137

MASKELYNE, 142  
MASON, 141  
MAUCHLY, 196  
MAUPERTIUS, 140, 141  
Maveraünnehir, 57, 70  
MAXWELL, 165  
Mayalar, 47, 48  
MAYER, 141, 142, 151,  
156, 159, 163, 167  
MECHAIN, 143, 146  
MELA, 44, 46  
meliorasyon, 208  
MENELAOS, 39, 74  
MERCATOR, 107  
merhale, 150  
MESSAHALA, 57  
MESSTER, 189, 208  
MESUDİ, 62  
METON, 24  
--- periyodu, 24  
metre, 146, 147  
MEYDENBAUER, 170  
Mezopotamya, 1, 5, 18, 168  
Mısır, 7, 12, 18  
microcomputer, 219  
MIHAILESCU, 206  
mikro-chip, 197  
mikroişlemci, 221, 222  
mil, 145  
Miller, 187  
millia passuum, 145  
mimari gönye, 151, 152,  
172  
MİRİFİCİ, 123  
MİRİM ÇELEBİ, 60  
MITCHELL, 206  
MOHOROVIÇIĆ, 201  
MOIVRE, 138  
MOLLWEIDE, 166  
MOLODENSKY, 203, 206  
MOLTKE, 192  
MOM, 187, 210, 215  
MONGE, 138  
MONGOLFER, 224  
MONTANARİ, 120, 135, 176  
MONTGOLFIER, 144, 169  
MOORE, 98  
MORITZ, 206  
MORSE, 164  
MÖBIUS, 169  
MÖLLER, 136, 186  
MUELLER, 206  
MUHAMMED İBİNİ MUSA, 60  
MUREAU, 155  
MUSA İBİNİ ŞAKİR, 60  
MUSTAFA (Muvakkit), 60  
MÜFFLING, 162, 191  
MÜNSTER, 104  
NAEBAUER, 205  
NAGEL, 181, 190  
NAN GONG-YUE, 50  
NASR, 72  
navigasyon, 229

NAVSTAR, 200  
NEGRETTI, 179  
NENONEN, 208  
NEPER (Napier), 121, 122  
--- çubukları, 121, 122  
--- formülleri, 124  
--- kemikleri, 122  
Nestle, 187  
NEUMANN, 197  
NEWTON, 2, 112, 115, 116,  
120, 135  
--- yasası, 144  
NIEPCE, 169  
NIETHAMMER, 203  
NISTRİ, 208  
NICOLAS CHUQUET, 83  
NICOLE ORESME, 81  
NIKOLAUS CUSANUS, 82  
Nikon, 211  
NİLAKANTA, 53  
Ninova, 7  
Nippur, 9, 10  
Nistri, 187  
Non-Öklid geometrisi, 158  
NONIUS, 104, 109, 152  
NORDEN, 109  
NORWOOD, 113  
NOVA, 200  
NÖRLUND, 193, 226  
Nubien, 18  
Nuh'un gemisi, 84  
NUNEZ, 104  
Nuzi haritası, 8, 168  
O'KEEFE, 205  
OERTLING, 180  
Officiene Galileo, 211  
OHM, 164  
olasılık hesabı, 112, 158  
OLBERS, 142  
olysipone, 104  
ophthalmometre, 170  
optik çekül, 181  
optik, 18, 57  
Opton Feintechnik, 210  
opus Majus, 77  
OREL, 207  
ORESME, 98  
ORTELİUS, 109  
orthoprojektor, 208  
ortoğrafik projeksiyon, 31  
otoredüktör, 179  
OTT, 179, 186, 190  
OTTO FENNEL, 179, 184, 186  
OUDEMANS, 192  
OUGHTRED, 99, 124  
OUTHIER, 140, 141  
ÖKLİD, 26, 60, 61, 65, 69,  
74, 85  
ölçü kamaları, 152  
ÖMER HAYYAM, bkz.  
Hayyam  
ÖZBENLİ, 206

ÖZGEN, 223  
PACCECO, 152  
PACIOLİ, 83  
PaAGANİNİ, 171  
PAGEOS, 200  
papa Gregor, 100  
papyrus Rhind, 13, 15  
PAPPUS, 39  
paralaks açısı, 176  
parasang bkz fersah  
Paris çizgisi, 155  
PARMENİDES, 21  
PARTRIDGE, 125  
PASCAL, 111, 112, 120,  
128, 129, 142  
PEARSON, 195  
PEARY, 224  
PEIRCE, 163  
PELLINEN, 206  
Pentax, 211  
PENTHER, 156  
PERRIER, 163  
Peru ekspedisyonu, 141  
periyodikler, 229  
Pessler & Sohn, 187  
PETERS, 161, 199  
PETREIUS, 54  
PETRUS VESCONTE, 79  
PETZVAL, 169  
PEUERBACH, 54, 95  
PHILOLAÜS, 22  
PIAZZI, 142, 159  
PICCARD, 224  
pi, 14, 29, 39, 42, 49, 50,  
52, 55, 56, 64, 70, 98,  
118, 126, 138, 139  
Piazzi, 2  
PICARD, 114, 115, 117,  
133, 135, 159  
PİLİNİUS, 44  
Pir Budak, 71  
PİRİ REİS, 80, 84, 107, 108  
PİSAGOR, 14, 20, 24, 25  
--- kontrolü, 127  
--- kuralı, 5, 20, 26,  
53  
--- üçgeni, 5, 21, 36,  
53  
PİZALİ LEONARDO  
(Fibonacci), 76, 98  
PİZETTİ, 203  
PLANCK, 166, 201  
plançete, 106, 113, 134,  
137, 162, 176, 178,  
179, 216  
--- fotogrametrisi, 169  
planimat, 208  
PLANTAMOUR, 163  
PLANUDES, 39  
PLATON (Eflatun), 24  
PLAUTE, 165  
PLUCKER, 170  
PODER, 204

- POIDEBARD, 209  
 POINCARE, 3, 159, 166  
 POISSON, 158, 164  
 polimetrum, 101  
 POLLACK, 172  
 Polyeder projeksiyonu, 167  
 POLYKRATES, 21  
 PONCELET, 158  
 PONS, 127  
 PORRO, 170, 171, 174, 176  
 Porro-Koppe, 172  
 portolan harita, 78, 79, 80  
 POSIDONIUS, 33, 35  
 Pothot problemi, 113  
 POTHELOT, 113  
 PRAETORIUS, 98, 100, 102, 103, 106  
 PRANDTL, 172  
 PRATT, 161  
 PREGRINUS, 78  
 PREY, 202  
 prizmalı diopter pusula, 174  
 prizmalı tambur, 173  
 Progress cetveli, 123  
 Prokes cetveli, 128  
 PRONY, 163  
 PTOLEMIUS bkz (Batlamyus)  
 PUISSANT, 160, 161  
 PULFRICH, 179, 189, 207, 209, 216  
 pusulalı tambur, 173  
 pusulalı teodolit, 182  
 PYTAGORAS bkz. Pisagor  
 PYTHEAS, 28  
 PZO-Warshaw, 211  
  
 Quasi Jeoid, 203  
 QUINTILIANUS, 45  
  
 Radyal nirengi, 207  
 radyo yıldızları, 199  
 radyo teleskop, 199  
 RAHN, 99  
 RAINESOLO, 206  
 RAISZ, 207  
 Rakka, 62  
 RAMAN, 201  
 RAMSAYER, 132  
 RAMSDEN, 151, 179  
 ---- oküleri, 181  
 Ramses II. (Sesotris), 15, 17  
 REAUMUR, 143, 144  
 REBER, 199  
 RECORDE, 98  
 Redta, 190  
 refraktometre, 165  
 Reg-Elta, 190, 222  
 REGER, 127  
 REGIMONTANUS, 54, 82, 84, 102, 116  
 REICHENBACH, 176, 180, 181, 189  
  
 REINHERTZ, 205  
 Reiss, 186  
 REKHMARES, 16  
 Remington Rand, 197  
 REPSOLD, 163, 180  
 RETrig, 203, 205  
 REUN, 204  
 REY, 208  
 RHEINER., 159  
 RHETICUS, 97  
 RIEMANN, 159  
 RIVET, 163  
 RİCCIOLİ, 115  
 RİCHER, 117  
 ROBERT (Chester'li) 54, 74  
 Robinson, 207  
 RODET, 52  
 ROGER, 66  
 Roger'in kitabı, 66  
 ROLLMANN, 171  
 Romalılar, 41, 42, 45  
 ---- abaküsü, 41  
 ---- sayıları, 40  
 ROSEN, 226  
 ROSENBERG, 187  
 ROTARU, 206  
 rödresman, 163, 208  
 RÖMER, 118, 143, 150  
 RÖNTGEN, 166, 201  
 rubaiyat, 66  
 rubu tahtası, bk. kuadrant  
 RUDOLFF, 98  
 RUDOLPH, 174  
 RUEGER, 223  
 rute, 113  
 RUTHERFORD, 201  
 RÜLEINS, 101  
 rüzgar gülleri, 81  
  
 SAASTAMOINEN, 223  
 SABINE, 164  
 SABİT BIN KURRA, 61, 74  
 Safea, 66  
 SAKATOV, 206  
 SALİTSCHIEW, 207  
 Samanyolu, 24  
 San Andreas fayı, 225  
 SANGUET, 176, 179  
 SANSON, 136  
 SANTONI, 208  
 sarkaç, 144, 146, 163, 165, 203  
 manyetik ---, 164  
 sarkaçlı nivo, 150  
 sarkaçlı terazi, 135  
 Saros periyodu, 7  
 Sartorius, 186  
 SAVASORDA, 66  
 SCHAPLEY, 143  
 SCHEIMPFLUG, 172, 207  
 SCHEINER, 133  
 SCHERMERHORN, 209  
 SCHİCKARD, 113, 128, 136  
 SCHMALCALDER, 173  
  
 SCHMID, 209  
 SCHMIDT, J., 167  
 SCHNEIDER, 206  
 SCHOTT, 165  
 SCHREIBER, 169, 192  
 SCHRÖTERS, 167  
 SCHUBERT, 192  
 SCHUMACHER, 191  
 SCHUMANN, 201  
 SCHWEYDAR, 201  
 SCHWIDEFSKY, 209  
 SCOTT, 224  
 SEASAT, 200  
 SEEBER, 206  
 sekstant, 95, 135, 154  
 selenografya, 167  
 SEMS, 137  
 SENEFELDER, 157  
 SEQUARUS, 109  
 ses hızı, 144  
 ses kaleidoskopu, 164  
 SEVERUS SEBOKT, 57, 60  
 SEVERUS, 45  
 SEYDİ ALİ REİS, 60, 107  
 SEZAR, 41, 100  
 SHANG, 50  
 SHIRAN, 220  
 SHOCKLEY, 197  
 SHORAN, 220, 225  
 SHORT, 151  
 SHUT, 209  
 SIMONS, 224  
 SIMSON, 151  
 Sickler, 186  
 Sidhanta, 52, 57  
 SIMPSON, 138, 141  
 SINAN, 61  
 Sincar ovası, 60  
 sinodik ay, 7  
 Sirius yıldızı, 15  
 skala mikroskobu, 213  
 skalalı mikroskop, 174  
 SKELTON, 207  
 skenografi, 18  
 sketchmaster, 208  
 Slom, 211  
 SNELLIUS, 104, 109, 111, 113, 114, 118  
 Snel yasası, 118  
 Sokkisha, 211  
 SOLDNER, 156, 160, 166  
 SOLİS, 106  
 SOLOWJEW, 207  
 SOMIGLIANA, 201, 203  
 SOSİGENES, 41  
 spektrometre, 165  
 Sputnik, 225  
 SRİDHARA, 53  
 St. Sever, 76  
 STABIUS, 107  
 stadya, 25, 27, 28, 29, 33, 34, 39, 72  
 STAMPFER, 179  
 Stanley, 187

STARKE, 179  
 STARLETTE, 200  
 Steinke, 187  
 stereoautograph, 207, 208  
 stereofotogrametri, 170, 207  
 stereografik izdüşüm, 58  
 stereokomparatör, 207  
 stereomat, 208  
 stereoplanigraf, 208  
 stereoskop, 170  
 stereotakigraf, 216  
 stereotelemetre, 179  
 STERNECK, 163, 165, 193  
 STEVENS, 225  
 STEVINS, 102  
 STIBITZ, 196  
 STIELER, 166  
 STIEFEL, 98  
 Stiegel, 186  
 STODOLKJEWIÇ, 210  
 STOKES, 161, 203  
 STOLZE, 171, 207  
 STOYKO, 199  
 STRABON, 33, 35  
 STRINZ, 210  
 STRUMIENSKI, 134  
 STRUVE, 160, 163, 191  
 STUDER, 189  
 STURM, 150  
 Substitution yöntemi, 210  
 Sumerler, 5, 7  
 Surya Sidhanta, 53  
 sürgülü hesap cetveli, 124, 127  
 SWONAREW, 207  
 Syene (Assuan), 27  
 Şalter cebiri, 159

Takeograph, 190  
 takeometre, 176, 177, 178, 216  
 --- cetvelleri, 128  
 diyagramlı ---, 179, 216  
 elektron. --- 209,221,222  
 kontakt --- 179  
 tanjant --- si 179  
 redüksiyon --si, 190, 216

TAKIYÜDDİN, 99  
 takvim, 7, 47, 57,64,69, 82, 107  
 Babillilerde:7  
 Çinde:50  
 Mayalarda:48  
 Mısırlılarda:15  
 Romalılarda:42  
 Celali ---, 66  
 Gregoryan --- 42, 66, 77, 100  
 Jülyen --- 42,47,77, 100  
 miladi --- 101  
 rumi --- 101

TALBOT, 169

TANNER, 160  
 TANNİ, 203  
 taramalı harita, 156  
 TARDİ, 206  
 TARTAGLIA, 98  
 Tavistock, 187  
 TAYLOR, 138, 169  
 Teke yıldızı, 58  
 tellurometre, 221, 222  
 TELSTAR, 199  
 tematik kartografya, 229  
 TENNER, 191  
 teodolit, 101,180,191, 211, 212  
 dış merkezli --- 183  
 elektr. ---, 219  
 küçük ---, 184  
 madenci ---, 183  
 mikroskoplu ---, 181, 182  
 optik ---, 213, 221  
 Pfaff --- i, 182  
 repetisyon ---, 180

Tersdorp, 187  
 tersinir nivo, 174  
 TESTU, 156  
 Texas Instrument, 197  
 THACHER, 124, 125  
 THALES (Tales), 14, 20, 95  
 Thales-Geo hesap makinası, 130, 131  
 Theis & Co, 211  
 THEIS, 187  
 THEODOSIUS, 74  
 THEON, 81  
 THEVENOT, 134  
 THIELE, 172  
 THOMAS, 28, 30  
 THOMSON, 201, 208  
 TICHY, 179  
 TISSOT, 167  
 TITTIUS, 142  
 TITTMANN, 204  
 TILLO, 193  
 Tiros I, 168  
 Tivoli'li PLATON, 55  
 tois, 99, 113, 114, 115, 117,141,143,146, 148,155,160  
 Toledo almaşağı, 66  
 Topcon, 211  
 topocart, 208  
 Topografik-Izostatik, 205  
 TORDIVO, 208  
 TORGE, 206  
 TORICELLI, 120  
 Torr, 120  
 TOSCANELLI, 84  
 total station, 219, 221  
 TOTH, 15  
 TRANSITS, 199, 200  
 trilaterasyon, 221  
 TROFİMUK, 220  
 TRÜST, 83  
 TSHON-Lİ, 50

TSIN CHİ HOANG, 50  
 TUJJB, 227  
 TULLIUS, 168  
 TURING, 196  
 Turin Papirüsü, 17  
 turquetum (Türk aleti),102  
 TUSI, 60, 69, 71, 82  
 TZİNGERA, 206

Uckert, 40  
 UGG, 160  
 Ukert, 47  
 ULSOY, 206  
 ULUĞ BEY, 70, 71  
 uluslararası elipsoid,204  
 UNAT, 72  
 universal alet, 185,186  
 URBANİ, 179  
 usturlab:bkz astrolabium  
 uzaktan algılama, 209  
 UZEL, 223  
 UZUN HASAN 72

VAEISAEALAE, 220  
 VAN DEN HOUT, 209  
 VAN DER WEELE, 209  
 VAN ZUYLEN, 207  
 VANİCEK, 206  
 VARRO, 44  
 VASCO DA GAMA, 84  
 VASILEV, 223  
 VENNING-MEINESZ, 203  
 VERBIEST, 48  
 VERNIER, 133  
 verniyer, 104,114,152  
 verniyerli mikroskop, 213  
 VESPASIEN, 168  
 VESPUCCI, 106  
 VIDI, 164  
 VIETE, 98  
 VITRUVIUS, 44  
 VLACQ, 123  
 VOGLER, 193  
 VOLTA, 144  
 VOPEL, 109, 110

WADLEY, 220  
 WAGNER, 207  
 WALBECK, 162  
 WALDSEEMÜLLER, 101, 106  
 WALLIS, 99, 112  
 WALSCH, 224  
 WATT, 152, 176  
 WEBER, 164  
 WEGENER, 202  
 WEIERSTRASS, 159  
 WERNER, 101, 107  
 WHEATSTONE, 164, 170  
 Wheatstone köprüsü,164  
 WILD,187,190,208,210  
 WIDMAN, 98  
 WILHELMY, 207  
 WILLM, 224  
 WINGATE, 125

WITOWSKI, 207  
WOLF, 203, 204  
WOLLASTON, 144, 172  
WREN, 167

YAHYA BİN MANSUR, 57  
yapay uydu, 199  
yarıklı plaka, 172, 208  
yerçekimi potansiyeli, 163  
yersel fotogrametri, 207  
YİH KİNG, 48  
yöneltilme bilinmiyeni, 192

YUKAWA, 201  
Yunan rakamları, 19  
YURKINA, 206  
ZANNONİ, 156  
ZEISS, 165, 189, 207, 213-  
215  
Zeiss-Aeorotopograph, 189  
ZELLER, 209  
ZEN, 204  
ZETSCHÉ, 189, 223  
ZEUNE, 166  
Zevk bahçesi, 66

ZHANG HENG, 50  
ZHANG OZANG, 50  
Zici Sabi, 61  
Zici Gürgani, 71  
Zici İlhan, 70  
Zici Hakimi, 63  
ZIMMERMANN, 121  
zirai (zirai mimari), 150  
ZOLLMANN, 155  
ZU CHONG ZHI, 55  
ZUGMAIER, 174  
ZUSE, 196

