

6. BÖLÜM

AYDINLANMA ÇAĞINDA HARİTACILIK

(1700 – 1800)

6.1. Matematik

Bernoulli ailesinin 2. ve 3. kuşak ünlü matematikçilerinin çalışmaları bu yy'da da devam etmiştir. Fransız matematikçi **Abraham de Moivre** (1667-1754), sanal sayılar trigonometrisi konusunda kendi adı ile anılacak olan $(\cos x + i \cdot \sin x)^m = \cos mx + i \cdot \sin mx$ formülünü buldu. İlaveten bileşik olasılık kuralını da bulmuştur.

İngiliz matematikçi **Brook Taylor** (1685-1731), daha sonraları kendi adı ile anılan seriyi 1715'de yazdığı *Methodes Incrementorum* isimli kitabında

$$f(x+h) = f(x) + h \cdot f'(x) + \frac{h^2}{2!} \cdot f''(x) + \dots$$

şeklinde tanıtmıştır.

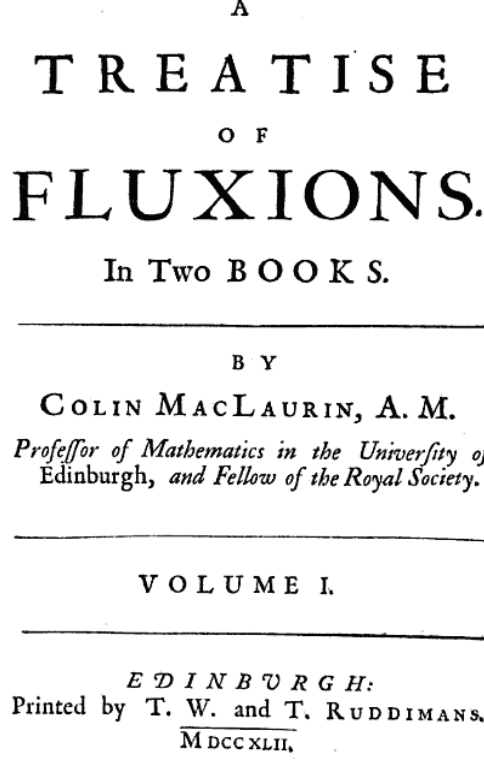
İskoç matematikçi **Colin MacLaurin** (1698-1746), 1719'da *Treatise of fluxions* (*Akışkanlar*) kitabını yayınlamıştır. Bu kitapta Taylor Serisinin $x=0$ ve $h=x$ için

$$f(x) = f(0) + \frac{x}{1!} \cdot f'(0) + \frac{x^2}{2!} \cdot f''(0) + \dots$$

şeklinde adıyla anılmakta olan serinin açılımını vermiştir.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Alman asıllı İsviçreli matematikçi **Gabriel Cramer** (1704-1752), determinant hesabında adı ile anılmakta olan kuralı bulmuştur. 1750'de *Cebrik Eğrilerin Analizi* isimli bir kitap yazmıştır.



Şekil-6.01 Colin MacLaurin'in Akışkanlar kitabının kapağı

18. yy'ın en büyük matematikçilerinden biri olan İsviçreli **Leonhard Euler** (1707-1783), 1727'de Rus Çariçesi **I. Katerina**'nın (1684-1727) *Saint Petersburg* 'ta kurduğu akademide çalışmıştır. 1736'da analizin hareket bilimine uygulandığı ilk büyük eser olan mekanik kitabını yayınlamıştır. 1741'den itibaren 25 yıl gibi uzun bir süre *Berlin Bilimler Akademisi* 'nde çalışmış ve 1766'da tekrar *Saint Petersburg* 'a dönerek ölümüne kadar burada kalmıştır. Küresel trigonometriyi geliştirmiş ve 1739'da arc tanjant serisini uygulayarak π sayısını 12 basamaklı olarak hesaplamıştır. Matematik analizin temellerini atmış ve **e**, π ve **i** harflerini simge olarak matematiğe sokmuş ve

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

formülü ile bu sabitleri birarada gösteren ünlü formülünü yazmıştır. Ayrıyeten sonsuz sayılar analizi ile de uğraşmıştır. 1748'de *Sonsuz Küçük Sayılara Giriş* kitabını yayınlamıştır. 1760'da eğrilere, 1777'de ise projeksiyonlara ilişkin kitaplarını yazmıştır.

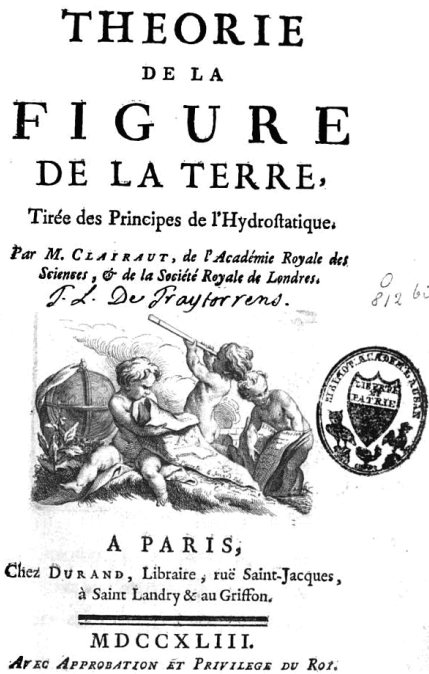
Ecole Polytechnique 'in Müdürü olan Fransız matematikçi **Gaspard Monge** (1746-1818), askeri okulda görevli iken istihkam derslerinde özel bir alan

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

olarak, 1768'de *tasarı geometri*'nin (üç boyutlu analitik geometri) temellerini attı. Difransiyel hesabı, uzay eğrileri ve yüzeylerine de uygulamaya başladı. 1771'de eğriliğin esas elemanlarını özellikle jeodezik yüzeyler üzerinde doğrultu çizimini ve çizgileri tanımlamıştır.

İngiliz matematikçi **Thomas Simpson** (1710-1761), 1737'de sonsuz küçükler üzerine kitap yazmıştır. Cebir ve olasılık konularında pek çok yayını olmuştur. Kendi adıyla anılan bir eğrinin çevirdiği alanın yaklaşık hesabı ve trigonometric fonksiyonların sayısal hesabına ait formüller geliştirmiştir.

Fransız matematikçilerinden **Alexis Claude Clairaut** (1713-1765), 1743'de dönel elipsoitin mekaniğine ilişkin teoremlerini içeren yerin şekli ile ilgili *Theorie de la Figure de la Terre (Yerin Şeklinin Teorisi)* adında ünlü eserini yayınladı. Bu kitabında fiziksel jeodezideki bilinen ünlü kuramını yayınlamıştır. Jeodezik eğri ile uğraşmış, meridyen elemanlarını, yerin dönmesindeki santrifüj kuvvetini hesaplayarak bağıl yerçekimi değişimi fonksiyonlarıyla yerin basıklığını hesaplamıştır. Yerçekimi değişimleri formülleri ve kapalı bir sıvı kütlenin dengede olma koşulları üzerine çalışmıştır. *Birinci Mertebeden Diferansiyel Denklemler* adında bir kitabı da bulunan **A. C. Clairaut**, *Çift Bükümlü Eğriler* isimli kitabında ise yüzeylere ilişkin problemlerin çözümünü göstermiştir.



Şekil-6.02 A. C. Clairaut'un *Yerin Şeklinin Teorisi* kitabının kapağı

Alman matematikçi **Abraham Gotthelf Kaestner** (1719-1800), 1790'da yayınladığı kitabında geriden kestirme hesabının bir türüne ilişkin daha sonra

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

kendi adıyla anılacak çözüm yöntemini yayınladı. Hayatının son dört yılında Göttingen’de dört ciltlik *Matematik Tarihi*’ni yazmıştır.

Fransız matematikçi **Joseph-Louis comte de Lagrange** (1736-1813), sayılar teoremi, kısmi diferansiyel denklemler, eliptik fonksiyonlar ve varyasyon hesabı gibi konularda çalışmıştır. 1766-1787 yılları arasında Saint Petersburg Bilim Akademisi Başkanlığı yaptığı sırada yazdığı *Analitik Mekanik* isimli ünlü eserinin 1788’de ilk baskısını yapmıştır. Hata kuramı ile de ilgilenmiş ve en küçük kareler yönteminin koşullu ölçülere göre dengelenmesinde korelatlara *Lagrange Çarpanı* da denilmiştir.

Yine bir Fransız olan matematikçi **Adrien-Marie Legendre** (1752-1833), 1783’de yayınladığı kitapta kendi adıyla anılan L-Polinomları, L-Fonksiyonları, sayılar teorisi, eliptik integral gibi konularla uğraşmıştır. Küresel üçgen çözümünde ekse’sin $1/3$ ’ünün açılardan çıkarılarak düzlem üçgen gibi çözülebileceğini göstermiştir. 1794’de *Geometrinin Öğeleri* isimli kitabı ile ünlenmiştir. En küçük kareler yöntemini Gauss’tan bağımsız olarak birkaç yıl sonra bulmuş ancak ondan önce 1806’da yayınlamıştır.

Avusturyalı matematikçi **Georg Freiherr von Vega** (1754-1802), 1782’de bir matematik kitabı yazmıştır. Bu kitapta planimetri (düzlem geometri), stereometre (cisim geometrisi), küresel trigonometri ve analitik konularını işlemiştir. 1783’de logaritma cetveli yayınlamış ve π sayısını 140 basamaklı olarak hesaplamıştır, (Bu tarihe kadar 128 basamak hesaplanmıştı). 1794’de ise 10 basamaklı bir logaritma cetveli daha yayınlamıştır.

6.2. Astronomi

6.2.1. Yerin biçimi ve büyüklüğü

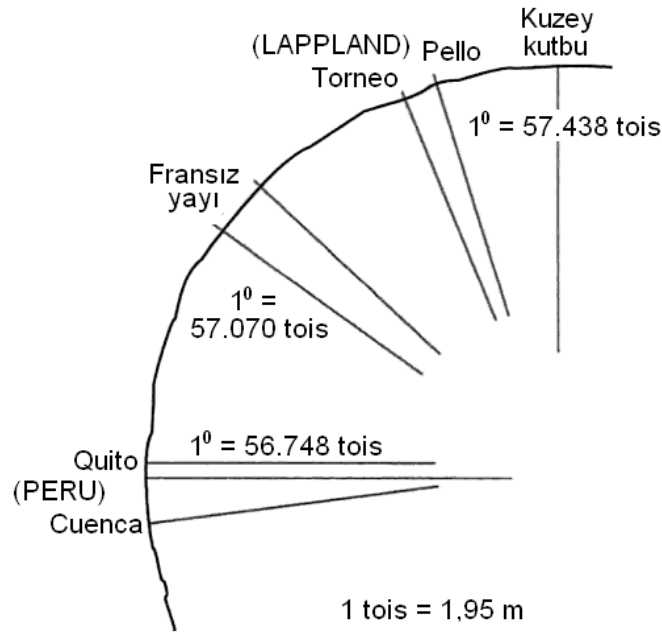
17. yy’da yeryüzünün şekli konusunda bilim adamlarının iki gruba ayrılması ile başlayan tartışmalar gittikçe büyümüş ve bu durum 1735 yılına kadar devam etmiştir. Bu tarihte *Paris Bilimler Akademisi* ekvator ve kutup bölgelerinde olmak üzere iki farklı bölgede meridyen yayı ölçümüne karar vermiştir. Bu çerçevede $\varphi=1^{\circ} 31^I$ güney enlemindeki Peru’ya ve $\varphi=66^{\circ} 20^I$ kuzey enlemindeki kıta Avrupasının en kuzey yeri olan İsveç-Finlandiya sınırındaki Lappland’a (Laponya) iki heyet göndermiştir.

1735-1744 yılları arasında Peru’ya gönderilen heyette **Louis Godin** (1704-1760) başkanlığında, **Pierre Bouguer** (1698-1758), **Charles Marie de La Condamine** (1701-1774) ile birlikte takriben 10 kişi vardı. 12 km uzunluğunda ölçülen bazın bağıl hatası 1:161.000 olup en büyük üçgen kapanması 13^{II} idi.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Maceralı bir çalışma süreci geçiren ekip jeodezik ölçüler dışında bölgenin topografik, astronomik, fiziksel, tarihsel, etnografik ve antropolojik araştırmalar da yapmış, kauçuk ve sıtma savaşında yararlı olan kinin'in yapıldığı bitki de bu gezide keşfedilmiştir.

Çalışmalarını 1736-1737 yıllarında yapan Lappland Heyeti ise **Pierre Louis Moreau de Maupertuis** (1698-1759) başkanlığında, **Alexis Claude Clairaut** (1713-1765), **Charles Etienne Louis Camus** (1699-1768), **Pierre Charles Lemonnier** (1715-1799) gibi Paris Bilimler Akademisi üyeleri ile İsveçli bilim adamları **Abbe Outhier** (1694-1774) ve **Anders Celsius** (1701-1744)'den oluşmaktaydı. Donmuş *Torneo Nehri* üzerinde 5 tois boyunda latalarla 1:133.000 bağıl hata ile baz ölçümü yapmışlardır, (Şekil-6.03). 1743'e kadar süren bu çalışmalar neticesinde Tablo-6.01'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil-6.03 Meridyen yayı ölçümleri

Tablo-6.01 18. yy'da yapılan meridyen uzunluğu ölçü sonuçları

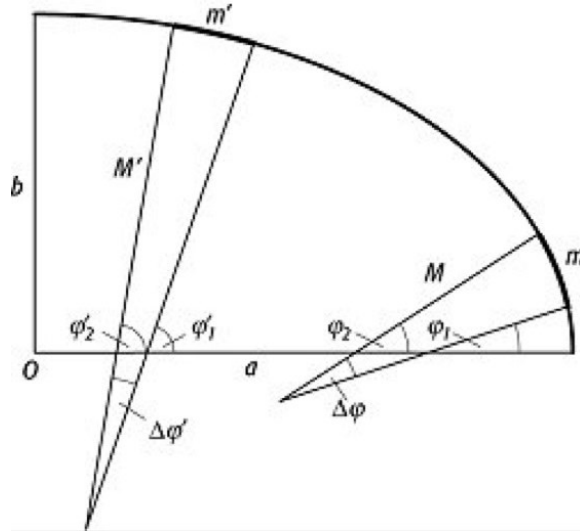
Ölçü yeri	ϕ (enlem)	1°'lik meridyen uzunluğu
Peru	1° 31' S	56.748 tois = 110,6039 km
Lappland	66° 20' N	57.438 tois = 111,9487 km

Böylece 1 derecelik meridyen uzunluğunun kutup civarında ekvatora göre yaklaşık 1,345 km daha uzun olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde tartışmalar sona ermiş ve yeryuvarı şeklinin kutuplarda basık dönele bir elipsoit olduğu kabul edilmiştir. Bu verilere göre elipsoitin basıklığı $\alpha=1/310$ olarak hesaplanmıştır.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Bu sonuca ulaşıldıktan sonra **Cassini**'lerin 17. yy'da yapılan ölçüleri yine kendi ailelerinden **Cesar Francois Cassini de Thury** (Cassini III) (1714-1784) ve Fransız astronom **Nicolas de Lacaille** (1713-1762) tarafından gözden geçirilmiş, ölçü ve hesaplardaki yanlışlıklar düzeltilerek çelişki ortadan kalkmış, hem **Cassini**'lerin hem de jeodezicilerin onuru bu gölgeden kurtarılmıştır, (Bakınız, Şekil-1.03).

Şekil-6.04'deki gibi $\Delta\varphi^I = \Delta\varphi = 1$ derecelik meridyen uzunluğu m^I kutuplarda eğrilik yarıçapı M^I 'nün daha büyük olması nedeniyle daha uzundur. Çünkü kutup civarında eğrilik $1/M^I$ küçük ve eğrilik yarıçapı M^I daha büyüktür. Enlem farkı 1 derece sabit alınırsa büyük yarıçapa karşılık gelen meridyen uzunluğu daha uzun olmaktadır, ($M^I > M$ olduğu için $m^I > m$ olacaktır).



Şekil-6.04 1 derecelik meridyen uzunluğu kutup civarında daha uzundur

Meridyen ölçümü ile elipsoit 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 elipsoit boyutları hesaplanmıştır. Paralel (enlem) dairelerinin ölçülerek elipsoit boyutlarını hesaplama işi 17. yy'da astronomik boylam belirlemedeki güvensizlik yüzünden fazla ilerleyememiş, ancak 18. yy'da ve daha sonraları elektro-telgrafın bulunuşu ile meridyen uzunluğu ölçümünde istenilen duyarlığa ulaşılmıştır. Alman astronom **Tobias Mayer**'de (1723-1762) meridyene belli bir açı yapan yay uzunluklarının ölçülmesi ile elipsoit boyutlarının hesaplanmasını öneren ilk bilim adamı olmuştur.

Yerin büyüklüğü ve şekli ile ilgili Peru ve Lappland ekspedisyenleri dışında bu yüzyıldaki astronomik çalışmalar ise aşağıda verilmiştir.

Lappland ekspedisyonuna başkanlık eden **P. L. M. de Maupertuis** (1698-1759), 1738 ve 1739 yıllarında yerin şekline ilişkin iki yayın yapmıştır. Aynı ekipte görevli olan **A. Outhier** (1694-1774), 1744 yılında *Kuzeye Seyahat* isimli bir kitap yazarak buradaki çalışmaları dolaylı olarak anlatmıştır. Yine

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Lapland ekspedisyona katılmış bulunan İsveçli bilim adamı **A. Celsius** (1701-1744) 1740'da *Uppsala Gözlemevi* Müdürlüğünü yapmış, kutup ışığının, yerin manyetik alanının değişmesi ile ilgili oluşunu söylemiştir. Peru ekspedisyona katılan **C. M. de La Condamine** (1701-1774), saniye sarkacının ekvatordaki boyunu uzunluk birimi olarak önermiştir. Lapland heyetine katılan **A. C. Clairaut** (1713-1765), 1743'de yayınladığı yerin şekli ile ilgili eserinde yerçekimi ile basıklık arasında kendi adı ile anılan teoremi yayınlamıştır. *Transactions Philosophiques* isimli yayınında yerçekiminin ekvatordan kutuplara doğru $\sin^2 B$ ile orantılı arttığını ispatlamıştır. Ayrıca *Ay'ın Teorisi* adında bir kitap daha yayınlamıştır.

Fransız astronom **P. Bouguer** (1698-1758), 1749'da yerin şekli isimli eserini yayınladı. Kendi adı ile anılan yerçekimi redüksiyon ve anomali hesabı önerdi, basıklığı 1/180 olarak hesapladı. **Bouguer**, *Chimborazo*'nun (Ekvador Andlarının batısında 6.310 m yüksekliğinde sönmüş volkan) çekülü kendisine doğru çektiği miktarın hesaplanmasında farklı sonuçlar elde ettiğini, bunun nedeninin dağın içindeki $7,5^{II}$ 'lik bir içbükeyliğin bulunmasından kaynaklandığını açıkladı.

Galilei'ye giydirilen hükmü kaldıran **Papa XIV. Benedict**'in (1675-1758) isteği ile 1755'de Hırvat astronom **Roger Joseph Boscovich** (1711-1787), *Pontificaux Devletleri* 'nde (*İtalyan şehir devletleri*) Roma-Rimini arasında $2^0 10^I$ genlikte bir meridyen zinciri ölçmüş ve basıklığı $\alpha=1/220$ olarak hesaplamıştır.

Jeremiah Dixon (1733-1779) ve **Charles Mason** (1728-1786), 1764'deki Pennsylvania ve Maryland arasındaki (ABD) meşhur yol çalışmalarının yanında 1768'de $1^0 29^I$ genlikte bir meridyen yayı ölçerek 1^0 'lik meridyen yayı uzunluğunu 363.763 İngiliz feet'i (110,875 km) bulmuşlardır.

Fransız astronom **Nicolas de Lacaille** (1713-1762) ve *Berlin Gözlemevi*'nde çalışan **Joseph Jerome Lefrançois de Lalande** (1732-1807) ile birlikte 1750-1764 yılları arasında Ay paralaksını ölçmek için Güney Afrika Gezisi'ne katıldılar. Bu seyahatte 10.000 güney yıldızını içeren Yıldız Kataloğu hazırlandı. 1761'de Ay uzaklığını oldukça doğru olarak buldular. Meridyen yayı da ölçerek 1^0 'lik meridyen yayı uzunluğunu Ümit Burnu'nda 57.037 tois buldular. Daha sonraları Everest'teki çekül sapmalarını açıkladılar. **J. J. L. de Lalande** basıklığı $\alpha=1/248$ olarak hesaplamıştır. 1785'de ise bu defa $\alpha=1/302$ olarak bulmuştur.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

1742'de **Colin MacLaurin** (1698-1746), gel-git üzerine çalışmaları ile *Paris Bilimler Akademisi* ödülünü kazanmıştır. 1742'de yayınlanan kitabında dönel elipsoitin dönen, homojen ağırlıklı dengeli bir sıvı kütleinin şekli gibi basık olabileceğini kanıtlamıştır. Aynı problem **Thomas Simpson** (1710-1761) tarafından da incelenmiştir.

C. F. Cassini de Thury (1714-1784), 1739'da Fransız **N. Lacaille** (1713-1762) ile birlikte Paris meridyeni ölçümünde çalışmışlardır. Brest-Strassburg zincirini 48° enleminde Viyana'ya kadar uzattılar. Bu amaç için 1761-1762 yıllarında Almanya'da ölçüler yaptılar. 1760'da İtalyan fizikçi **Giovanni Battista Beccaria** (1716-1781), Piemonte'de 1° 08^I genlikte meridyen yayı ölçmüştür. 1750-1769 yılları arasında Avusturyalı haritacı ve astronom **Joseph Liesganig** (1718-1799) Verasdin-Brünn (Avusturya) arasında 2° 57^I, daha sonraları Czurok-Kisteleh (Macaristan) arasında 1° 02^I genlikte meridyen yayı ölçmüştür.

Alman astronom **Tobias Mayer** (1723-1762) *Göttingen Üniversitesi* 'nde ve Müdürlüğünü yaptığı *Göttingen Gözlemevi* 'nde astronomik çalışmalar yapmıştır. Boylam belirlemesi için Ay cetvelleri düzenlemiştir. Ay'ın boylam denklemlerinde ne olduğunu çıkaramadığı periyodik bir terim keşfetmiştir.

Alman filozof **Immanuel Kant** (1724-804), 1755'de *Gök Teorisi ve Genel Doğa Yasası* isimli kitabında evrenin yapısı ve oluşu hakkındaki görüşlerini yayınlamıştır. Bu teoriye göre gezegenler bir toz bulutundan oluşmuşlardı. Samanyolu mercek biçimindedir ve birçok yıldızdan oluşmaktadır. Daha başka galaksiler (gökadalar) mevcuttur. Ay ve Güneş'in çekiminden gel-git sürtünmesi ile Dünya'nın dönüşü yavaşlamaktadır, (Bu sav gerçek olup 19. yy'da kanıtlanmıştır). **I. Kant**'tan 40 yıl sonra 1796'da **Pierre Simon Pascal** (1749-1827), yazdığı *Evrenin Yapısı* isimli kitabında Kant'ın kitabını okumuş olmasına karşın bir satır dahi söz etmemiş, oldukça benzer şeylerden bahsetmiştir. Bu nedenle bu kurama *Kant-Laplace Kuramı* denilmektedir. 1799'da **Laplace** yazdığı *Mecanique Celeste (Gök Mekaniği)* kitabının 2. baskısında kendi adı ile anılan azimut denklemini (Laplace azimut) yazmıştır. 1830'da **Johann Carl Friedrich Gauss** (1777-1855) bu denklemi bir meridyen ölçümünde kullanarak doğru olduğunu kanıtlamıştır. Bu kitapta Ay ve Jüpiter'in uydularının hareketlerini, gel-git kuramını vb konuları incelemiştir. 1785'de *Theorie des Attractions des Sphaeroides et de la Figure des Planets (Gezegenlerin Şekilleri ve Sferoitler Teorisi)* isimli eserini yayınlamıştır.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

6.2.2. Bode-Titius kuralı

1766'da *Wittenberg* 'li (Almanya) astronomi profesörü **Johann Daniel Titius** (1729-1796), gezegenlerin Güneş'ten uzaklıkları için bir kural bulmuştur. Daha sonra *Berlin* 'li astronom **Johann Elert Bode**'nin (1747-1826) bir kitabında bu kuraldan söz etmesi ile 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 sayıların Dünya-Güneş uzaklığının 10 olduğu ölçekte gezegenlerin Güneş'e olan uzaklıklarını gösterdiğini iddia etti. Neticede görünüşte gezegenlerin uzaklıkları da bu savı destekler durumdaydı. Gezegenlerin uzaklıkları sıra ile *Merkür* (3,9), *Venüs* (7,2), *Dünya* (10,0), *Merih* (15,2), *Jüpiter* (52,0) ve *Satürn* (95,4) olup dizideki sayılara oldukça yaklaşmaktadır. Bu dizide yalnız 28 sayısında bir gezegen bulunmamaktadır. Alman asıllı İngiliz astronom **Friedrich Wilhelm Herschel** (1738-1822), 1781'de kendi yaptığı 7 feet uzunluğundaki teleskop ile *Uranüs* gezegenini keşfetti. Güneş'e uzaklığı 191,9 olan bu gezegen dizide 196'ya karşılık geliyordu. Böylece kutsal yedi sayısı tamamlanmış oluyordu. Ancak Merih ve Jüpiter arasındaki boşluk dolmadı. İtalyan astronom **Giuseppe Piazzi** (1746-1826), 1801'de bu boşlukta ufak bir gezegen keşfetti. Bu gezegenin yörüngesini **J.C.F. Gauss** (1777-1855) en küçük kareler yöntemini ilk kez uygulayarak tam bir yıl sonra 1802'de olması gereken yeri Alman astronom **Heinrich Wilhelm Matthaeus Olbers**'e (1758-1840) bildirdi. Gerçekten de gezegen oradaydı. *Ceres* adı verilen ve çapı 800 km'den küçük olan bu planetoitten sonra bu aralıkta irili ufaklı 1600'den fazla planetoit veya asteroit keşfedilmiştir. Bu planetoitlerin bu dizideki yerinde olması gereken bir gezegenin patlayarak yok olması sonucunda oluştuğu kuramı ortaya atılmıştır. 1846'da Güneş'e uzaklığı 300,7 olan *Neptün* ve 1930'da ise Güneş'e uzaklığı 396,0 olan *Pluto* keşfedildi. Bu uzaklıkların dizi ile bir ilgisi yok gibi görünmekte ve ilk 7 veya 8 gezegenin bu kurala raslantısal olarak uyduğu varsayılmaktadır.

İngiliz astronom **Nevil Maskelyne** (1732-1811), 1761'de *Venüs* gezegeninin Güneş önünden geçişini gözlemek üzere *Saint Helené*'ye gitti. 1765'de *Greenwich Gözlemevi* Müdürü olmuş, 1766'da *Nautical Almanac*'ı kurmuş ve 1775'de çekül sapmaları ile ilgili İskoçya'da deneyler yapmıştır.



Şekil-6.05 F.W.Herschel ve kız kardeşi C.L.Herschel

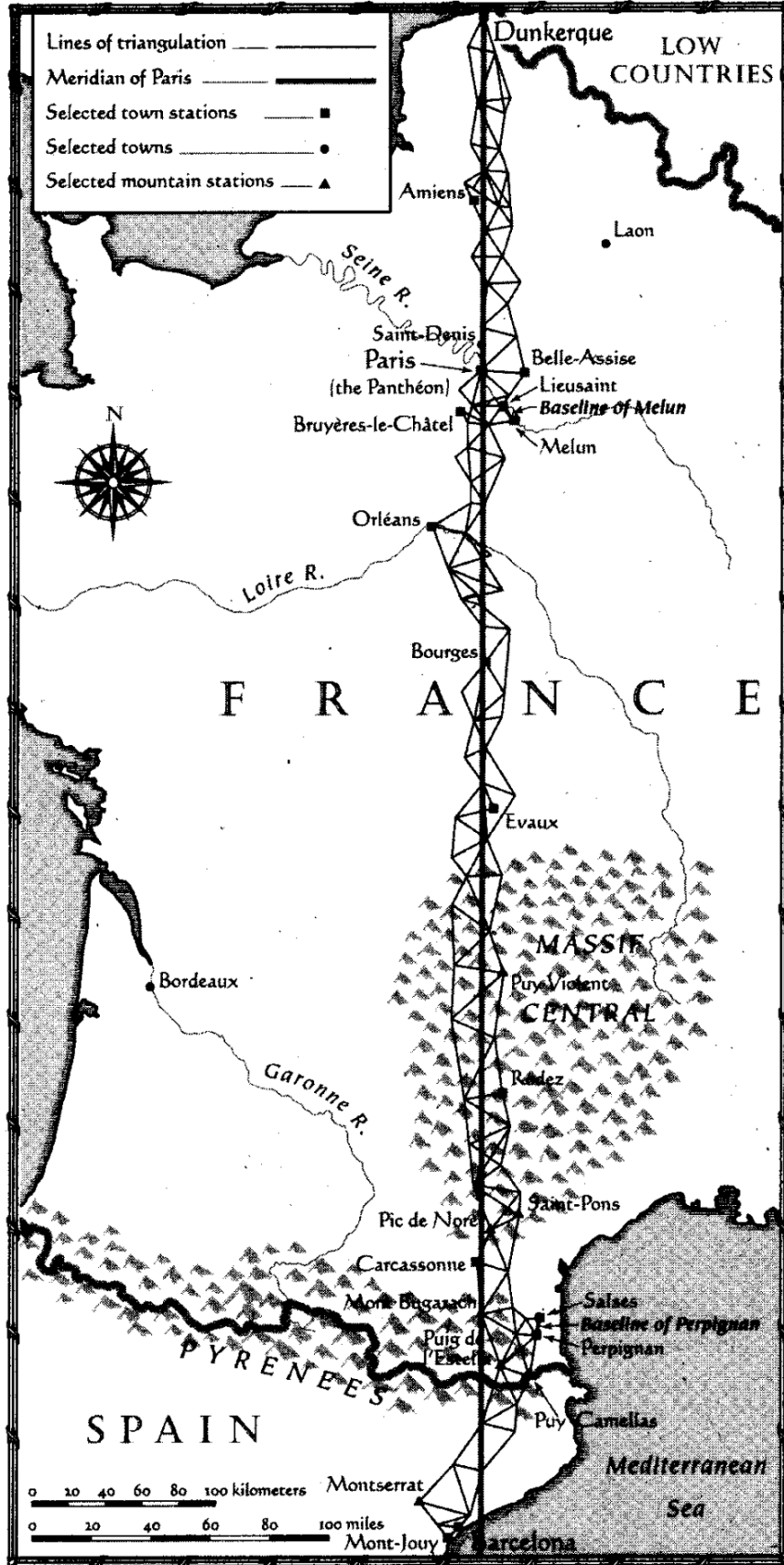


Şekil-6.06 F.W.Herschel'in 1785-1789 arasında Slough'taki Gözlemesinde inşa ettiği 40 feet'lik büyük dürbün

İngiliz astronom **F. W. Herschel** (1738-1822), kendisi gibi astronom olan kız kardeşi **Caroline Lucretia Herschel** (1750-1848) ile mercek taşıyarak zamanının en iyi dürbününü yapmıştır, (Şekil-6.05). 1781'de antik çağlardan bu yana ilk olarak bir gezegen Uranüs'ü, 1787'de Uranüs'ün iki uydusunu, iki yıl sonrada Satürn'ün iki uydusunu keşfetti. **Herschel** Güneş'i'n de sabit durmadığını, Herkül Takımyıldızı'nda bir noktaya doğru gittiğini, galaksimiz Samanyolu'nun disk şeklinde olduğunu, Güneş'in galaksinin ortasında olduğunu iddia etmiştir. Ancak bu iddiası 100 yıl sonra Amerikalı astronom **Harlow Schapley** (1885-1972) tarafından çürütülerek Güneş'in, galaksinin ortasında değil kenara yakın bir yerde olduğu saptanmıştır.

C. F. Cassini de Thury'ün (Cassini III) (1714-1784) oğlu **Jean-Dominique comte de Cassini** (Cassini IV) (1748-1845), 1787'de yine bir Fransız astronomu olan **Pierre François-Andre Mechain** (1744-1804) ve **Adrien-Marie Legendre** (1752-1833) ile birlikte Paris-Greenwich Gözlemevlerini bir nirengi ağı ile birbirine bağladılar.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık



Şekil-6.07 Barcelona-Dunkerque arası jeodezik ağı, Bordo ve Ramsden teodolitleri kullanılarak yapılan meridyen uzunluğu ölçümü, (Fransız devrimi'nden 50 yıl sonra).

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

1792-1799 yılları arasında Paris meridyeni uzatılma görevi *Paris Bilimler Akademisi* tarafından **Jean Baptiste Joseph Delambre** (1749-1822) ve **P. F.-A. Mechain**'e verildi. Mevcut Paris meridyeni için yapılan nirengi ağı bu nedenle kuzeyde *Dunkerque* ve güneyde *Barcelona*'ya kadar $9^0 40^1$ genlikte bir zincir elde edilerek (Şekil-6.07) buradan hareketle Paris'ten geçen çeyrek meridyenin uzunluğu 5.130.740 tois olarak belirlenmiş ve bu değer 10 milyon metre kabul edilerek yeni ölçü birimi metrenin boyu belirlenmiştir. Buna göre

$$1 \text{ tois} = 1,949037 \text{ m} = 6 \text{ Paris ayağı} = 864 \text{ Paris çizgisi}$$

$$1 \text{ metre} = 0,513074 \text{ tois} = 443,296 \text{ Paris çizgisi}$$

$$1 \text{ Paris çizgisi} = 2,25583 \text{ mm'dir.}$$

Bu ölçülerden ayrıca yer elipsoitinin basıklığı $\alpha=1/311,5$ olarak hesaplanmıştır.

P.F.-A. Mechain'in vefatından sonra 1806-1808 yılları arasında **J.B.J. Delambre** üç ciltlik *Base de System Metrique Decimal* kitabını yazarak metre ile ilgili yapılan çalışmaları detaylı olarak anlatmış ve elipsoit için büyük yarı eksen uzunluğunu $a=6.375.653 \text{ m}$ ve basıklık değerini de $\alpha=1/334$ olarak vermiştir.

6.3. Fizik

Danimarkalı matematikçi ve astronom **Olaf Roemer** (1644-1710) tarafından 1676'da ışık hızının ölçülmesinden 50 yıl sonra İngiliz astronom **James Bradley** (1692-1762), 64,5 m uzunluğunda bir dürbünle ışık aberasyonundan doğan açı yardımı ile yerin Güneş etrafındaki yörünge hızının ışık hızına oranını bulmuş ve buradan hareketle ışık hızını hesaplayarak **O. Roemer** ile takriben aynı değeri bulmuştur.

Tablo-6.02 Sıcaklık ölçme skalaları

Bilim adamının		Suyun	
Çalışma Yılı	Adı	Donma noktası	Kaynama noktası
1714	Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736)	32^0 F	212^0 F
1731	Rene Antoine-Ferchault de Reaumur (1683-1757)	0^0 R	80^0 R
1742	Anders Celcius (1701-1744)	0^0 C	100^0 C

Fransız matematikçi ve jeodezici **Pierre Bouguer** (1698-1758), Güneş'in ve diğer ışık saçan cisimlerin ışığının ölçülmesi için helyometre icat etmiştir. Bu yüzden ışık şiddetini ölçen fotometrenin kurucusu sayılmaktadır. Işık yansımalarını 1760'da inceleyen İsviçreli bilim adamı **Johann Heinrich Lambert**

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

(1728-1777) fotometreyi hakikaten kurmuş ve bu konudaki çalışmaları nedeniyle ışık yoğunluğuna 1970'lere kadar *Lambert* denilmiştir.

Daniel Bernoulli (1700-1782), hidrodinamik ve gazların kinetik teorisi ile ilgilendi. Fransız jeodezici **Charles Marie de La Condamine** (1701-1774), havadaki ses hızının sıcaklığa bağlı olduğunu keşfetti. 1738'de **C.F. Cassini de Thury** (Cassini III) (1714-1784), **Nicolas de Lacaille** (1713-1762) ve **Giovanni Domenico Maraldi** (1709-1788) tarafından Paris'te *Montmarte Tepesi* ile *Monthery* arasında gerçekleştirilen bir çalışmada sesin havadaki hızı ölçüldü.

İngiliz optikçi **John Dollond** (1706-1761), 1733'de mercek yapımında akromatik aberasyon (merceklerde renk hatası) etkisini ortadan kaldırdı. Dürbün ve merceklerde bu işi merceklerin düzeni ile başarmış, patentini ancak 1758'de alabilmiştir. Akromatik dürbünün gerçek mucidinin İngiliz avukat **Chester Moore Hall** (1703-1771) olduğu ve bu işi 1733'de gerçekleştirdiği söylenmektedir.



Şekil-6.08 Montgolfier Kardeşlerin 19 Eylül 1783 tarihinde Versailles Meydanında ilk kez balonla uçmaları, (National Air and Space Museum).

Fransız matematikçi ve fizikçi **Jean Le Rond d'Alembert** (1717-1783), 1743'de ünlü eseri *Traite de Dynamique (Dinamiğe Giriş)* isimli kitabını yazdı. Üç cisim problemi ile de uğraşarak 1749'da *presizyon* ve *nutasyon* ile ilgili bir kitap daha yazdı. Ayırteten titreşen teller problemi ile de uğraşmıştır.

1783 yılı haziran ayında **Montgolfier** kardeşler **Joseph-Michel M.** (1740-1810) ve **Jacques-Etienne M.** (1745-1799) ilk kez balonla uçuşu gerçekleştirdiler,

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

(Şekil-6.07). İlk uçuş denemesinde 500 m yükseklikte yaklaşık 10 dakikada 2,5 km uzağa gittiler. Aynı yıl bu kez kasım ayında Paris'te 9 km uçtular.

18. yy'ın sonuna doğru **Henry Cavendish** (1731-1810), 1798'de kürelerle yaptığı deneyle gravite sabitesini ve Dünya'nın kütlesini hesaplamıştır. Yerin ortalama yoğunluğunu $5,48 \text{ kg/dm}^3$ olarak bulmuştur.

1788'de yazdığı *Mecanique Analytique (Analitik Mekanik)* kitabında **Joseph Louis Comte de Lagrange** (1736-1813), Newton Yasası'ndan yararlanarak Güneş Sistemini inceledi ve gezegenlerin Kepler Yasası ile öngörülen yörüngelerindeki ufak değişiklikleri başka gök cisimlerinin etkilerini de katarak hesapla doğruladı, ayrıca sıvıların mekaniği ile de uğraştı.

Fransız bilim adamı **Pierre-Simon marquis de Laplace** (1749-1827), 1799'da yazdığı ünlü kitabı *Traite de la Mecanique Celeste (Gök Mekaniğine Giriş)* ile Göğün Mekanikçisi ünvanını almıştır. Geliştirdiği mekanikte yerçekimi potansiyelini de işleme katmıştır. Barometre ile uğraşmış ve 1805'de barometre fomülünü bulmuştur. 1796'da *Evrenin Yapısı* adlı kitabını yayınlamıştır.

İtalyan fizikçi **Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Graf von Volta** (1745-1827), 1775'de elektrofor'u ve 1800'de pili buldu. Elektrik direnç birimine bu nedenle *Volt* denilmektedir.

Alman fizikçi **Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger** (1765-1831), sarkaç, elektrometre, kondansatör ve aksomatik objektifler üzerine çalışmış ve kendi bulduğu bir aletle jiroskopları incelemiştir.

İngiliz kimyacı ve fizikçi **William Hyde Wollaston** (1766-1828), kristal yüzeyler arasındaki açıyı ölçen bir alet yaptı. Kendi adı ile anılan beşgen prizma haritacılıkta uzun yıllar kullanılmıştır.

6.4. Uzunluk ölçü birimi metrenin gelişimi

İnsanlar ilk zamanlardan bu yana yaşamları boyunca ölçme ihtiyacı hissetmişler ve bu amaçla ölçü birimlerini parmak, karış, ayak, adım ve kulaç gibi vücut organlarından üretmişlerdir. Bu ölçü birimlerinin onluk sistemde olmayan üskatlarını veya askatlarını da yerine göre daha büyük veya daha küçük ölçülerde kullanmışlardır.

Uzunluk ölçü biriminin en eskilerinden biri *aya*k'tır. Normal bir erkeğin ayağı yaklaşık 30 cm'dir. Hassas ölçüler için bu vücut organının ölçü birimi olarak

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

kullanılması uygun olmadığından muhtelif ülkelerde hangi uzunluğun uzunluk ölçü birimi olarak kullanılmasının zaman zaman kanunlarla belirlenmesi ihtiyacı hissedilmiştir. Nitekim 789'da *Alman Kralı Karl der Große* (742-814) (*Büyük Karl*), kendi ayak uzunluğunu ölçtürerek bunu kendi ülkesinde uzunluk birimi ilan etmiştir. Benzer şekilde 1101'de *İngiltere Kralı I. Henry* (1068-1135), kendi parmak ucundan vücut ortasına kadar uzunluğa *1 yarda (=3ayak)* demiştir. Ayağın (İngilizcesi; *foot* çoğulu *feet*, Almancası *fuss*, Osmanlıcası *kadem*) 12'de biri 1 erkek eli başparmağı genişliğinde olduğu için 1 parmak denilmiştir. Bu birim günümüzde sıhhi tesisat işlerinde boru çapları için halen kullanılmaktadır.

1 parmak=12 çizgi (hat) ve 1 çizgi= 12 noktadır.

Ayak (^I), parmak (^{II}) ve çizgi (^{III}) olarak gösterildiği İngiliz ölçü sisteminde
11 metre = 3^I 3^{II} 4^{III} 'dür.

Ayak'ın katlarından olan bir başka ölçü birimi de *adım*'dır. Normal bir erkek adımı 75 cm'dir. Romalılar, 5 ayak=1 çift adım kabul etmişlerdir. Latince olarak *millia passuum (=1000 adım)* kelimesi daha sonraları *milliarium* ve nihayetinde kısaca *mil* olmuştur. Bazı mil uzunluklar;

1 Roma mili	= 1.447,5 m
1 İngiliz mili (5000 ayak)	= 1.524 m
1 İngiliz Amer mili (1760 yarda)	= 1.609 m
1 Arap mili	= 2.031 m şeklindedir.

Kıta Avrupa'sında mil, farklı yönlerde de gelişmiştir. Burada 1 mil 1000 adım olmayıp 1 saate alınan yol uzunluğundadır. Bu ise takriben 4 km civarındadır. Ayrıca posta arabalarının 1 saate aldığı yol da ölçü birimi olarak alınmıştır. Bunlardan bazıları;

Kuzey Almanya'da	= 7.500 m
Macaristan'da (Merföld)	= 8.354 m
Polonya'da (Mila)	= 8.534 m'dir.

Günümüzde bunlardan yalnız 1.609 m uzunluğu olan İngiliz-Amerikan mili kullanılmaktadır. Bundan başka seyahat hızlarına bağlı kalmayan ve değişmeyen yer küresinden üretilen 1 deniz mili (=1.855 m), uluslararası deniz taşımacılığında denizdeki uzaklıklar, karasuları sınırları ve gemi hızı (knoten) gibi yerlerde kullanılmaktadır. Bu uzunluk ekvator veya meridyen üzerinde 1 derece dakikasına karşılık gelmektedir. Buradan;

1 coğrafi mil (=4 deniz mili=7.420 m)

şeklinde tanımlanmıştır.

Parmak, ayak ve adımdan başka vücut ölçülerinden türetilen *elle* özellikle terziler arasında kumaş ölçüleri için rağbet bulmuştur. Ülkemizde 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 (Fransızcası *tois*, Almancası *klafter*, İngilizcesi *fathom*) denmiştir. 1,80-1,90 m uzunluğunda ve 6 ayak olarak kabul edilen bu uzunluk daha çok kuyu, deniz derinlikleri ve ip uzunluğu için kullanılmıştır.

Arabistan'da kullanılan *elle* (*arşın*) 24 parmaktan oluşmaktadır. 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 **E.R.M.A. el Biruni**'nin (973-1048) ölçülerinden 2 km civarındaki 1 Arap milini ölçü birimi olarak kullandığını bilmekteyiz. 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 halindeydi. Kumaş için başka, sokak uzunluğu için başka, bina yüksekliği için başka, kuyu veya su derinliği için başka, yol uzunluğu için daha başka birimler kullanılmaktaydı. Aynı birimin muhtelif ülkelerde hatta aynı ülkenin değişik yörelerinde farklı uzunlukta olması, bunların da kendi aralarında 10'luk olmayan bir sistemde büyüyüp küçülmesi, bunlarla ilgili hesaplamaları oldukça zorlaştırıyordu. Ama yine de toplumlar arasındaki ilişkilerin yoğun olmaması nedeniyle bu farklılıklar rahatsızlık vermiyordu. Ülkeler ve toplumların arasındaki ilişkilerin çoğalması ile birlikte, başka bir deyişle ne zaman Dünya küçüldü, o zaman bu ölçü birimlerinin farklılıkları özellikle 18. yy sonlarında rahatsız edici boyutlara ulaştı. Gerek ticari hayatta gerekse bilimsel alanda ortak bir uzunluk birimi kullanımı gereği kendiliğinden ortaya çıkmıştır. Bu düşünce daha önceleri muhtelif Fransa Kralları Hükümetleri zamanında düşünülmüştür. Nitekim **Christiaan Huygens** (1629-1695), 1664'de saniye sarkacı boyunun 3 ayak olarak uzunluk birimi kabul edilmesini önermiştir. Bu uzunluk daha sonra Peru'da meridyen uzunluğu ölçen **Pierre Bouguer** (1698-1758) ve **Charles Marie de La Condamine** (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 ve Spitzbergen'de ($\varphi=78^0$) = 996 mm'dir.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

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 belirlenmesindeki sakıncalarından dolayı bu öneriden de vazgeçilerek önerilecek birimin bütün faktörlerden bağımsız, Dünya durdukça değişmeyecek ve gerektiğinde denetlenebilecek bir uzunluk olan Paris'ten geçen çeyrek meridyen uzunluğunun (kutuptan ekvatora kadar olan kısmının) 10.000.000'da birinin alınması önerisi kabul edilmiştir. Sarkaç boyu önerisi yalnız İngiltere tarafından benimsenmiş ve 1790'da Londra enleminde 16,67° C sıcaklıkta ve deniz seviyesinde saniye sarkacı boyu belirlenmiş ve 1824'de İngiliz parmağının sarkaç boyu ile ilişkisi

$$\text{sarkaç boyu} = 39,1393 \text{ parmak} = 994,14 \text{ mm}$$

olarak ortaya konmuştur.

Diğer taraftan Paris meridyeni uzunluğu ölçümü görevi Fransız astronomları **Pierre François-Andre Mechain** (1744-1804) ve **Jean Baptiste Joseph Delambre**'ye (1749-1822) verilmiş ve bu çalışma 1792-1799 yılları arasında tamamlanarak Dunkirk-Barcelona arasında yapılan nirengi ağı çalışmaları ve astronomik gözlemlerden 1797'de 120 üçgenden oluşan zincir ağıdan meridyen uzunluğu 551.585 toisen = 1075,058 km ve enlem farkı $9^{\circ} 40^I 26^{II}$ olarak elde edilmiştir. Bu bilgilerden basıklık $\alpha=1/334$ ve çeyrek meridyen uzunluğu 5.130.740,7 tois (tuvaz) bulunarak bu değere 10.000.000 metre denilmiştir. Buna karşılık Peru'da kullanılan tois cinsinden

$$1 \text{ metre} = 0,51307407 \text{ tois veya}$$

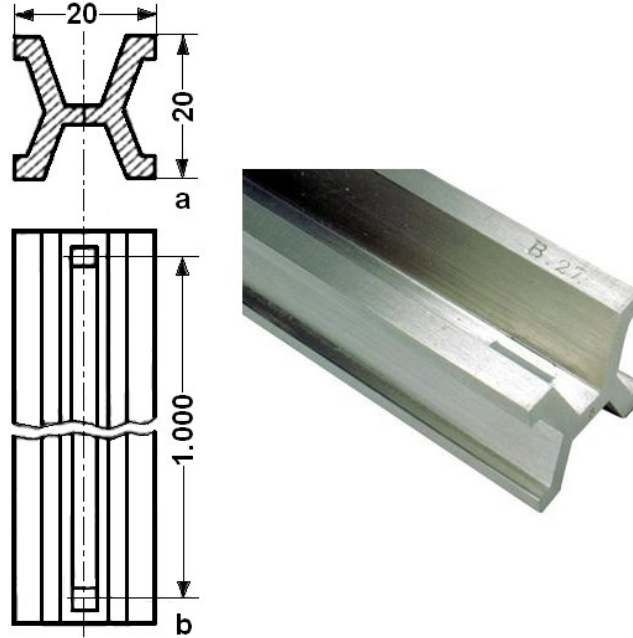
$$1 \text{ metre} = 3 \text{ ayak (Paris), } 11.296 \text{ çizgi (Paris)} = 443.296 \text{ çizgi}$$

olması gerekli olduğu hesaplanarak 10 Aralık 1799 tarihinde metre birimi olarak belirlenmiştir. Bu uzunluk fizikçi **Lenoir** tarafından 25 mm x 4 mm kesitli, platinden 0° C'de boyu 1 m olan bir çubuk yapılarak Fransa Devlet Arşivi'nde *arsivmetre* olarak saklanmaktadır.

Bu çubuğun kesiti nedeniyle eğilmeye 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 çekerek bunların arasının 1 m olduğu tespit edildi, (Şekil-6.09). Bu iki çizgi arasındaki uzunluk 0° C'de fiziksel atmosfer altında ve simetrik olarak yerleştirilmiş ve birbirlerinden 571 mm uzakta, en az 1 cm çaplı küreler üzerinde tam 1 m'dir. Bütün uzunluk

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

ölçülerinin kaynağı olan bu birim Paris yakınlarında Sevres'de (Sevr) *Uluslararası Ölçü ve Ağırlık Bürosu*'nda (*Bureau International des Poids at Mesures*) saklanmaktadır. Uluslararası metreden döküm yoluyla kopyalar alınarak kura ile üye ülkelere dağıtılmıştır.



Şekil-6.09 Uluslararası prototip metrenin kesiti ve Uluslararası Ölçü ve Ağırlık Bürosu tarafından 1889'da yapılmış prototip metre Bar No. 27, (Ölçüler mm)

Yeni ölçü birimi metre, doğduğu ülkede bile bir süre uygulanamamış, ayak ve tois pratik hayatta görevlerine devam etmişlerdir. Hatta *Napoleon Bonaparte* 'ın (1769-1821) 1812'de bir kararnamesi ile bu eski ölçülerin metre ile birlikte kullanılmasına resmen izin verilmiştir. Ancak 1 Ocak 1840'da metrik olmayan ölçü ve ağırlıkların kullanılması yasaklanmıştır. Bunu takip eden yıllarda 1846'da Belçika, Hollanda ve Lüksemburg, 1849'da İspanya, 1868'de kuzey Almanya ve 1872'de bütün Almanya ve ardından diğer ülkelerde uygulanmaya başlanmıştır. Metrik sistem Türkiye'de 1931'de kabul edilmiş ancak 1 Ocak 1933'de uygulamaya geçilebilmiştir. 1966'da Japonya 71. ülke olarak metrik sisteme dahil olmuştur. İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'de bu sisteme geçme çalışmalarını sürdürmektedir.

Metre, 1927'de *VII. Ölçü ve Ağırlıklar Konferansı* 'nda 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 *XI. Ölçü ve Ağırlıklar Konferansı* 'nda metrenin tanımı "Kripton 86 atomunun boşlukta $2P_{10}$ ve $5d_5$ seviyeleri arasındaki geçişte saldıran oranj dalga boyunun 1.650.763,73 katı" olarak değiştirilmiştir. 20 Ekim

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

1983'de Pariste yapılan *XVII. Ölçü ve Ağırlıklar Konferansı* 'nda metre, "Işığın boşlukta 1/299.792.458 saniyede aldığı yoldur" şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo-6.03 Bazı ülkelerde metrik sistem öncesi ölçü birimleri

Ülke Adı	Ölçü Birimi	Metre karşılığı
Almanya (Prusya) (Ren) (Baden) (Hessen-Darmstadt) (Hannover) (Braunschweig) (Saksonya) (Kurhessen) (Württemberg) (Oldenburg) (Bavyera) (Mecklenburg)	1 ayak= 12 parmak= 144 çizgi	0,3138535 0,313845 0,300000 0,250000 0,2920497 0,2853624 0,28319 0,29770 0,2864903 0,2958790 0,291859164 0,29100195
Almanya (Bavyera) (Hamburg) (Hannover) (Saksonya) (Württemberg) (Prusya)	1 elle	0,8330 0,5731 0,5842 0,5664 0,6142 0,6669
Almanya (Prusya) (Hamburg)	1 kulaç=klafter=faden=tois=6 ayak	1,883123 1,883 1,919
Almanya	1 perş= 2 tois 1 şerit =hatve=1/5 perş 1 rute =12 ayak= 144 parmak 1 geesrute= 16 ayak	3,766245 0,753243 2,91858 4,58272
Almanya (Ren) (Prusya) (Baden) (Bavyera) (Württemberg) (Saksonya) (Hannover)	1 mil (kara mili)= 2.000 rute = 10.000 ayak = 25.422 ayak= coğrafi mil = 26.000 ayak = 32.000 ayak = 1.587,5 rute= 1/15 ⁰	7.532,485 7.532,49 7.784 7.749 7.420 7.489 9.062 7.419
Avusturya-Macaristan (Viyana) (Bohemya) (Macar)	1 ayak= 12 parmak 1 hatve= 28 parmak 1 tois= 6 ayak 1 elle 1 mil (posta mili)= 4.000 klafter (tois) 1 mil (deniz mili) 1 ayak 1 mil	0,31611 0,75860 1,89651 0,7776 7.586,06 1.852 0,296 8.344

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Belçika-Fransa (Paris)	1 ayak= 12 parmak= 144 çizgi 1 tois= 6 Paris ayağı 1 own (kumaş için) 1 hatve (adi)= 2,5 ayak 1 hatve (geometrik)= 5 ayak 1 hatve (askeri)= 2 ayak	0,324839 1,949036 1,188446 0,812098 1,624195 0,649678
(Brüksel)	1 elle= Brabant	0,695
(Paris)	1 perş 1 perş (adi) 1 ankablör= palamar= 600 ayak= 100 tois 1 mil= 1.000 tois= 6.000 ayak 1 fersah (Posta)= 2 mil 1 fersah (adi) 1 fersah (ortalama) 1 fersah (deniz)	5,847109 6,496788 194,9036 1.949,036 3.898,072 4.455,400 5.001,000 1.851,584
(Belçika)	1 fersah= Brabant	5.566
(Belçika-Flander)	1 fersah	6.277

Danimarka	1 ayak 1 own 1 mil	0,3138535 0,6270 7.532
-----------	--------------------------	------------------------------

Hollanda (Flemenk) (Amsterdam)	1 ayak 1 own 1 rute 1 mil (deniz)	0,2830 0,690 4,620 5.556
(Flemenk)	1 mil	5.857

İngiltere-Amerika	1 parma (inch, pus)= 12 çizgi 1 ayak (foot)= 12 parmak 1 yarda= 3 ayak 1 hind= 4 parmak 1 kulaç (fathom)= 6 ayak= 1/20 komune 1 pol= perş= rod= 5,5 yarda= 198 parmak 1 furlong= 10 zincir= 40 rod= 220 yarda 1 mil (kara)= 1.760 yarda= 5.280 ayak 1 mil= 5.000 ayak 1 mil (deniz) 1 mil (coğrafi)= 6.080 ayak	0,02540 0,30479727 0,91438 0,1016 1,82876 5,0292 201,16620 1.609,31 1.523,9863 1.853,74 1.852
(İngiliz)		

İsveç-Norveç (İsveç)	1 ayak= 10 parmak= 100 çizgi 1 own= 2 ayak 1 tois= 6 ayak 1 perş= 16 ayak 1 mil	0,29690104 0,5938 1,7814 4,750 1.687,32
(Norveç)	1 ayak 1 mil	0,3140 11.297,32

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

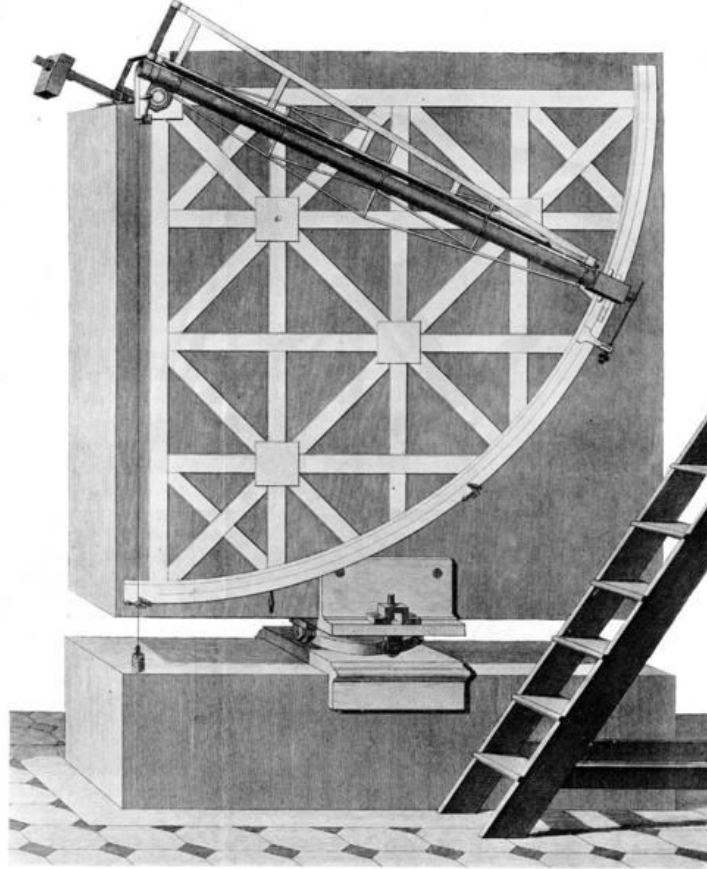
İsviçre (Bern)	1 ayak= 10 parmak= 100 çizgi 1 beras= 1/2 own 1 own= 4 ayak 1 tois= 6 ayak 1 mil	0,300 0,600 1,200 1,800 7.417,25
İspanya-Meksika	1 ayak= 16 parmak 1 palm (küçük)= 4 parmak 1 palm (büyük)= 12 parmak 1 perş= 11 ayak 1 mil (adi) 1 mil (deniz)	0,2826 0,07046 0,21192 3,1086 5.597 6.365
İtalya (Roma) (Toscanya)	1 ayak 1 palm 1 tois 1 mil= 764 tois 1 mil (coğrafi) 1 bera 1 mil= 2.833,33 bera	0,29460 0,22340 1,94903 1.489,06 1.851,85 0,583626 1.653,607
Portekiz	1 ayak= 1,5 palm 1 palm 1 koradu= 3 palm= 2 ayak 1 vara= 5 palm 1 fersah= 1/18 derece	0,3285 0,21905 0,6570 1,195 6.173
Rusya	1 ayak= 12 düğüm= 12 parmak= 120 çizgi 1 şaşan= 7 ayak= 3 arşın= 48 verşok 1 arşın= 1/3 şaşan= 16 verşok 1 verst= 500 şaşan= 1.500 arşın= 3.500 ayak 1 mil (migolya)= 7 verst	0,30479 2,13356 0,71119 1.066,80 7.467,60
Osmanlı Devleti (Türkiye)	1 arşın= 8 urup= 16 kirah 1 endaze= 8 urup= 16 kirah 1 zirai (mimari)= 2 ayak= 24 parmak 1 parmak 1 hat (çizgi)= 1/288 zirai 1 kulaç= 2,5 zirai 1 fersah= 3 mil= 7.500 zirai 1 merhale= 2 berid (menzil)= 8 fersah 1 mil (Türk)= 1.000 kulaç	0,680 0,650 0,758 0,03157 0,00263 1,895 5.685 45.480 1.895

6.5. Jeodezik aletler

Bu yüzyılda açılı ölçme aletlerindeki kuadrantlara takılmış olan dürbünler geliştirilmiştir. 1729'da akromatik objektifin **Chester Moore Hall** (1703-1771) tarafından bulunuşu ve 1773'de yine bir İngiliz optikçisi **John Dollond** (1706-

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

1761) tarafından aberasyon etkisinin ortadan kaldırılmasıyla daha iyi dürbünler yapılmıştır. *Breithaupt Firması* 'nın kurucusu **Johann Christian Breithaupt** (1736-1800) tarafından 1770'de yapılan 1,98 m yarıçaplı kuadrant, aynı uzunlukta bir dürbüne sahipti, (Şekil-6.10).

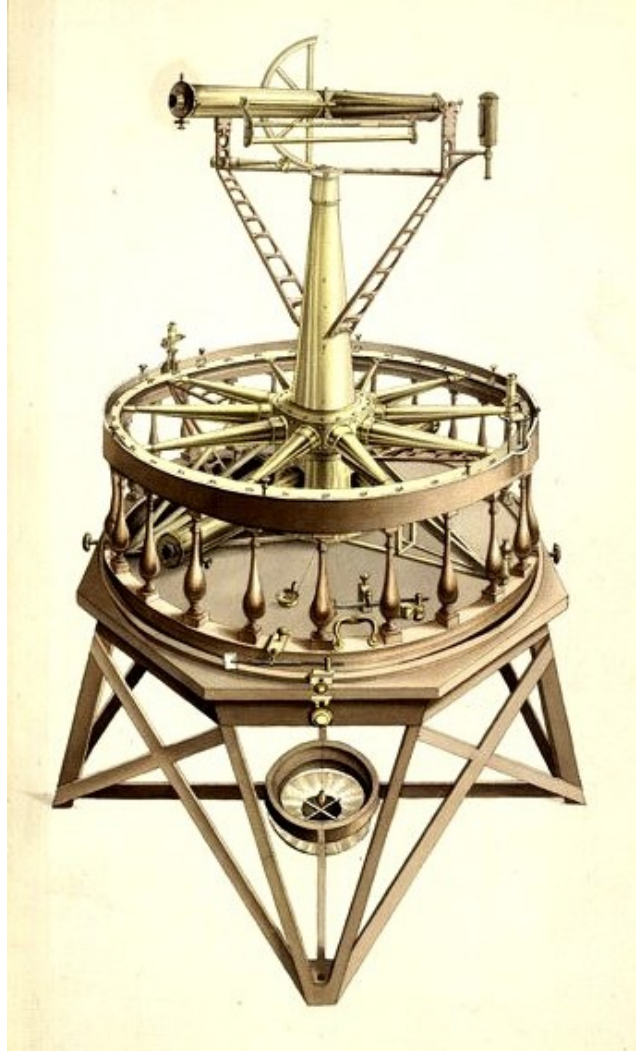


Şekil-6.10 J.C. Breithaupt'un dürbünlü kadranı (1770) Manheim Gözlemevi

1715'de Augsburg'ta (Almanya) **Leonhard Christoph Sturm** (1669-1719), nivolarla ilişkin yazdığı bir kitapta **Ole Christensen Roemer**'in (1644-1710) sarkaçlı nivosundan söz etmiştir.

1729'da İngiliz matematikçi **Jonathan Sisson** (1690-1747) ilk modern teodoliti yapmıştır. **J. Sisson** tarafından 1742'de yapılan aynalı kuadrant, 1751'de **Joseph Jerome Lefrançois de Lalande** (1732-1807) tarafından Ay-Dünya arasındaki mesafeyi ölçmede kullanılmıştır. Teodolit aletleri 18. yy sonlarına kadar İngiliz matematikçi ve optikçi **James Short** (1710-1768) ve yine bir İngiliz optikçi **George Adams** (1720-1773) ve özellikle İngiliz astronom ve alet yapımcısı **Jesse Ramsden** (1735-1800) tarafından geliştirilmiştir, (Şekil-6.11). **J. Ramsden** 1763'de İngiltere'de ilk modern açı dairesini bölümleyen bir makine yapmıştır. Bu makinenin öncüsü (micrometer) 1760'da İngiliz saat ve bilimsel alet yapımcısı mucit **Henry Hindley** (1701-1771) tarafından York'ta yapılmıştır.

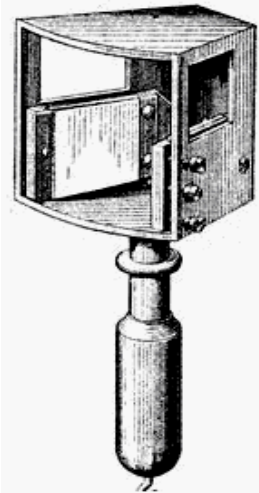
6. Aydınlanma Çağında Haritacılık



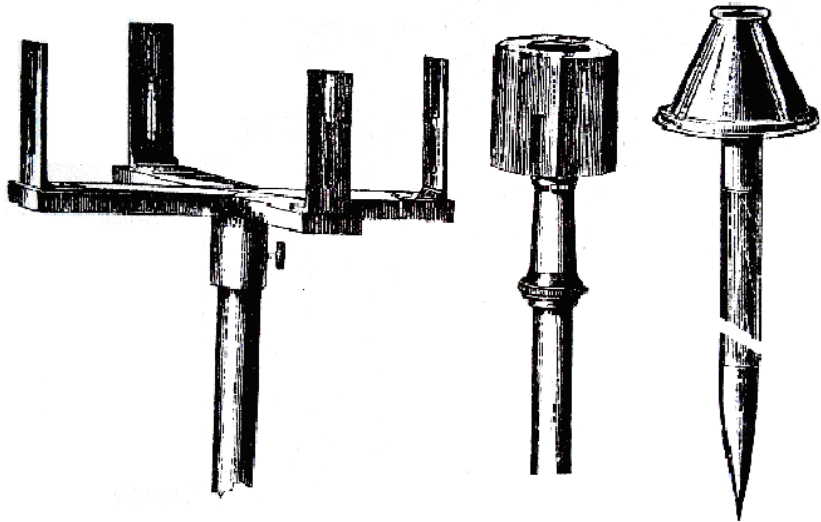
Şekil-6.11 J. Ramsden'in teodoliti (1787)

Alman astronom **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 amaca yönelik özel örümcekler besleniyordu. **T. Mayer**'in oğlu **Johann Mayer** (1752-1830), 1777'de küresel düzeci ve repetisyon açı ölçme yöntemini bulmuştur. 1749'da İsviçreli ünlü matematikçi **Leonhard Euler** (1707-1783), dürbün merceklerinde bazı düzeltmeler yapmıştır.

1740'da Londra'lı mekanikçi olan **G. Adams** (1720-1773) tarafından bir aynalı gönye yapılmıştır, (Şekil-6.12). Dik açıların aplikasyonu için mimari gönyeler kullanılmaya başlanmıştır, (Şekil-6.13). Bu aletler ilke olarak birbirine dik olarak yapılan yarıklar ve pencerelerden oluşmaktadır. Daha hassas aplikasyon yapabilmek için bu yarık veya pencerelere ince bir tel gerilmiştir.

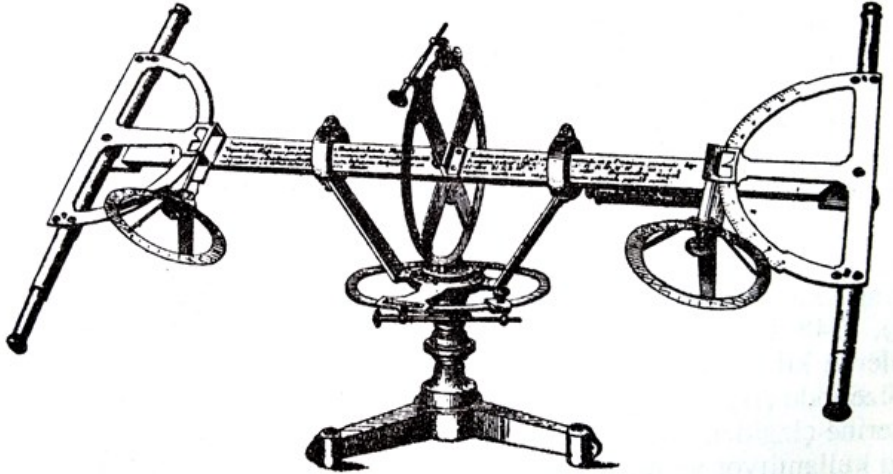


Şekil-6.12 Aynalı gönye
(1740)



Şekil-6.13 Mimari gönyeler

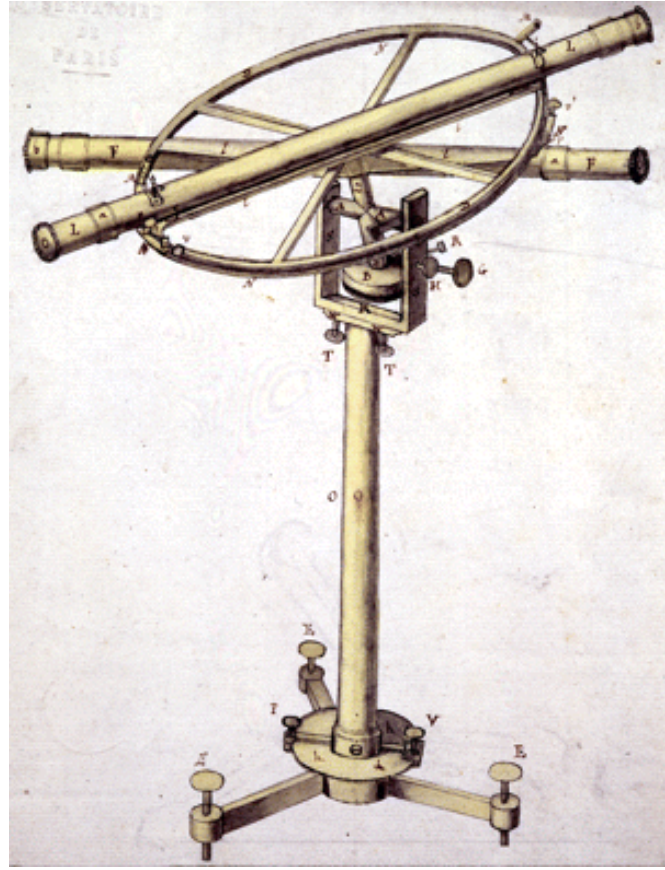
1767'de Mannheim'de **Graf Pacheco** (? - ?) tarafından iki dürbünlü uzunluk ölçü aleti olarak pantometre yapıldı. Daha sonra 1770'de **J.C. Breithaupt** (1736-1800) baz aralığı 97 cm olan ve her iki ucunda 28 cm'lik iki yarım açı dairesi bulunan iki dürbünlü bir uzunluk ölçme aleti yapmıştır, (Şekil-6.14). Breithaupt Firması 18. yy sonlarına doğru 1798'de yeraltı ölçmeciliğine (Markscheide / mine survey) ilişkin aletler de yapmaya başladı.



Şekil-6.14 J.C. Breithaupt'un uzunluk ölçeri (1770)

İskoçyalı mühendis olan buharlı makinenin mucidi **James Watt** (1736-1819), daha önce hassas mekanikçi olarak çalışırken 1771'de dürbünde iki yatay bir düşey kıl yardımıyla uzunluk ölçen bir alet yapmıştı. 1778'de optikçi **W. Green** (? - ?), benzer şekilde sabit kıl aralığı ve değişken mira ile uzunluk ölçme aleti yapmıştır. Fransız astronomu **Jean-Charles de Borda** (1733-1799), 1785'de kendi adı ile anılan açı ölçme aletini (Şekil-6.15), 1792'de ise iki ayrı metalden yapılmış çubuktan oluşan baz ölçme aparatını yapmıştır.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

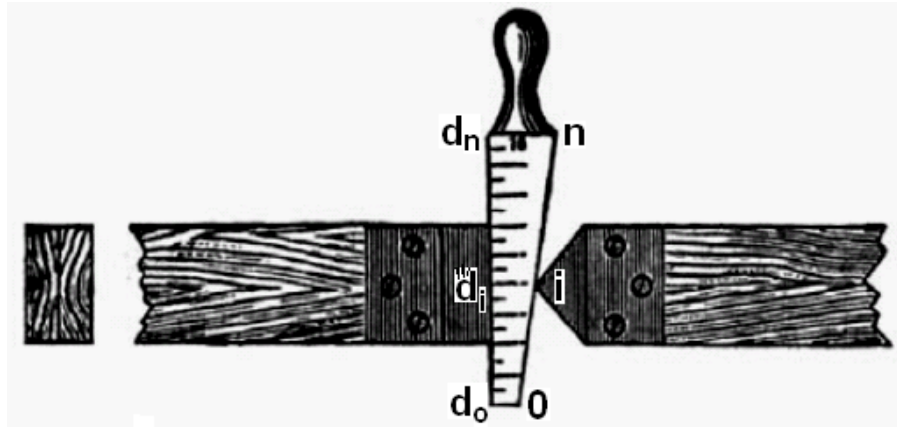


Şekil-6.15 J.C. de Borda'nın teodoliti (1785)

1760'da İtalyan fizikçi **Giovanni Battista Becceria** (1716-1781), Turin'de (Torino) meridyen uzunluğunun belirlenmesi için baz ölçümünde ölçü latalarıyla ölçü kamaları kullanmıştır, (Şekil-6.16). Ölçü kamaları ufak bir aralığı daha hassas ölçmek amacı ile Tales Kuralı'ndan yararlanılarak üretilmiş bir alet olup

$$d = d_0 + i \cdot \frac{d_n - d_0}{n} = d_0 + i \cdot c$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.



Şekil-6.16 G.B. Becceria'nın ölçü kaması (1760)

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Ölçü lataları ise 3-5 m uzunluğunda 3-5 cm elips kesitli, nemden korunmak için üstü boyalı ve bir ucu 5 cm kare, diğer ucu sivri demir mahmuzlu olarak ahşaptan üretilmekteydi. Lataların ölçmeden önce ayarları yapılmaktaydı.

Teodolitus kelimesinin ilk olarak 16. yy'da **Leonard Digges** (1515-1559) tarafından kullanılmış olmasına karşın aslında ilk modern teodolit 1737'de İngiliz mekanikçi ve astronomik alet yapımıcısı **Jonathan Sisson** (1690-1747) tarafından yapılmıştır. Daha önce 1667'de bu teodolitin açı bölüm dairesi İngiliz matematikçi ve astronom **Richard Towneley**'ce (1629-1707) geliştirildi. Teleskop yapımıcısı İngiliz optikçi **John Dollond**'un (1706-1761) damadı olan optikçi ve mekanikçi **Jesse Ramsden** (1735-1800) ise bu aleti geliştirerek İngiliz teodolit okulunu en üst seviyeye ulaştırdı, (Şekil-6.17).

İngiliz Arazi Ölçme Dairesi Müdürü mühendis ve General **William Roy** (1726-1790) bölüm dairesi 36 inch ve açı hassasiyeti $2''$ olan bu aleti daha da geliştirmiştir. Açı bölüm dairesi 18 inch olan küçük teodolit ise 1840 yılına kadar kullanılmıştır.



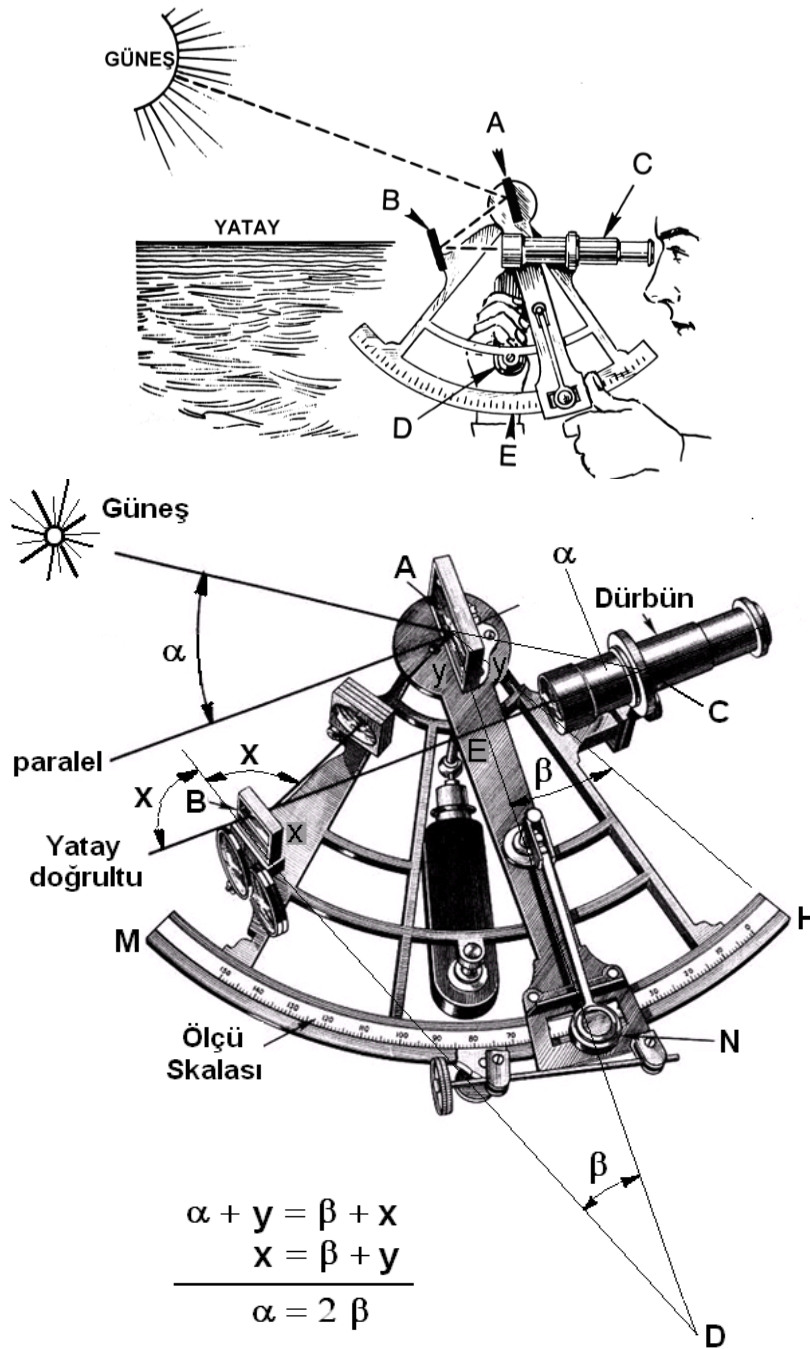
Şekil-6.17 J. Sisson ve J. Ramsden teodoliti (1781)

Bir süre sonra 1798'de Darmstadt'da (Almanya) mekanikçi olarak çalışan **Alexander Fraeser**'de (? - ?) büyük bir teodolit geliştirmiştir. Pirinçten yapılmış her iki dairesi (yatay ve düşey bölüm daireleri) 400 grad'a bölünmüş olup, yatay daire altında 50 cm'lik ikinci bir dürbünü vardı. Nonius (verniyer) düzenli ve ceviz ağacından yapılmış ağır bir sehpa ile birlikte toplamda alet yüksekliği 180 cm'yi bulmaktaydı.

Sekstant: İlkesi kuadrant'dan kaynaklanan bu alet dairenin altıda biri olması nedeniyle (60^0 'lik) bu ismi almıştır. 80^0 'lik olanlarına ise *octant* denilmektedir. 1730'da İngiliz matematikçi ve mucit **John Hadley** (1682-1744) tarafından icat

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

edilmiştir. Günümüzde ise özellikle denizcilikte kullanılmaktadır, (Şekil-6.18). **A** hareketli aynadır ve **AN** kolu yay üzerinde hareket ettikçe bu kola sabit olan **A** aynası da birlikte döner. **B** aynası sabit olup 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 görecektir. Bu şekilde **BD** ve **AH** paralel olduğundan ölçülecek α açısı, $\alpha=2\beta$ olur. 60° 'lik **HN** yayı 120° 'ye bölündüğünde 2 ile çarpmaya da gerek olmadan **N** noktasında okunan açı objenin yatayla yaptığı α açısı olmaktadır.



Şekil-6.18 Sekstant'la ölçme ve temel ilkesi

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık



Şekil-6.20 P. de La Hire'nın Planispheres Celeste'si (Paris, 1705)

İngiliz astronom ve kartograf **John Flamsteed** (1646-1719), projeksiyonlarla ilgili çalışmalar yapmıştır. Kendi adıyla anılan projeksiyonda yüzeylerin deformasyonunu azaltmak için haritanın ortasındaki meridyeni ve paraleli doğru çizgi halinde göstermiştir. Diğer meridyen ve paralelleri ise eğrilerle göstermiştir. 1717'de *The Construction of Maps and Globes* (Harita ve Kürelerin Yapılışı) isimli kitabı Londra'da yayınlanmıştır.

Paris'li Fransız kartograf **Guillaume de L'isle** (1675-1726), **Jean Giovanni Dominique Cassini**'nin (Cassini I) (1625-1712) öğrencisi olup 1700-1725 yılları arasında Asya, Avrupa ve Afrika'nın muhtelif yörelerine ilişkin 100 adet harita yapmıştır. Kardeşi **Joseph Nicolas de L'isle** (1688-1768), *Saint Petersburg Bilimler Akademisi*'nde 1745'de yayınladığı Rusya'nın ilk atlasında meridyen ve paralel daire uzunluğunu koruyan bir projeksiyon uygulamıştır. Bu projeksiyon *Uzunluk Koruyan L'isle Projeksiyonu* olarak anılmaktadır.

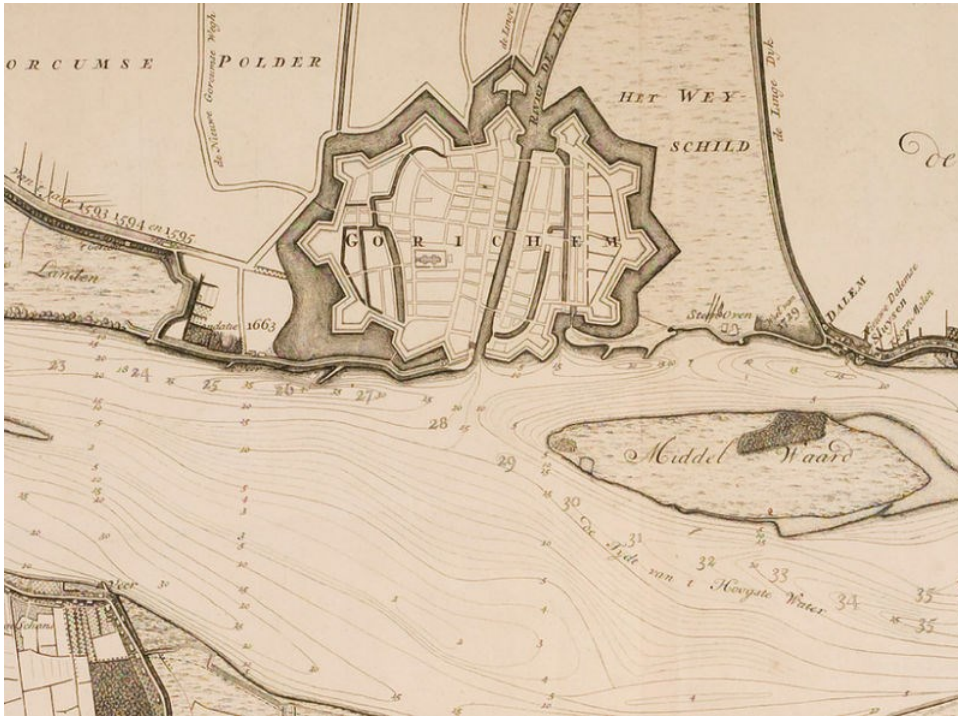
Rus coğrafyacı ve kartograf **Ivan Kirillov** (1689-1737), 1728'de topografik alımları yöneterek 1731'de Rusya'yı tanıtıcı bir kitap yayınlamıştır. Üç ciltlik *Rusya Atlası* yayınlamak istemiş ancak tamamlayamamıştır. *II. Kamçatka Ekspedisyonu*'nu organize etmiş ve Obi Irmağı'nı araştırmıştır.

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Jacques Cassini (Cassini II) (1677-1756), Yerin Büyüklüğü ve Şekli isimli bir kitap yazdı. Kendi adıyla anılan dik koordinat sistemini ortaya attı. Oğlu **Cesar Francois Cassini de Thury** (Cassini III) (1714-1784) tarafından 1750'de Fransa'nın 1/86.400 ölçekli haritasının yapımına başlanmış ve harita çalışmaları ancak torun **Jean-Dominique comte de Cassini** (Cassini IV) (1748-1845) tarafından 1815'de bitirilebilmiştir. Bu ölçekte;

1 Paris çizgisi (2,25583 mm)= 100 Paris tois'ine (194,9037 m)
karşılık gelmektedir.

1730'da Hollandalı ölçmeci, planlamacı, kartograf ve astronom **Nicolaus Samuelis Cruquius** (1678-1754), *isobath (eş derinlik eğrisi) harita* yapmıştır, (Şekil-6.21). Yükseklik ve derinliklerin eğrilerle gösterilmesi daha eskilere dayanmaktadır. İlk isobath harita 1583'de **Pieter Bruynsz** (? -1596) tarafından Harlem'de (Hollanda) *Spaarne Irmağı* 'nda 7 ayak derinlik eğrisi çizilerek uygulanmıştır. Daha sonra 1697'de kartograf **Pierre Ancelin** (1653-1720) tarafından Rotterdam'da *Maas ve Environs Irmakları* 'nı 1/2.500 ölçekte çizdiği haritasında kullanılmıştır.



Şekil-6.21 N.S. Cruquius tarafından yapılan ilk derinlik eğrili batimetrik haritadan bir ayrıntı (1730)

1725'de *Lyon Körfezi* 'nin isobath'li haritası yapıldı. 1749'da Fransız kartografi **Millet de Mureau** (? - ?), yeryüzü engebelerinin yükseklik eğrileriyle gösterilmesini önermiştir. 1752'de **Philippe Buache** (1700-1773), *Manş Denizi* haritalarında eş derinlik eğrilerini kullandı ve bu haritaları 1737'de *Fransız*

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Bilimler Akademisi 'ne sunarak 1752'de yayınlanmasını sağladı. 1791'de Fransız kartograf **Jean-Louis Dupain-Triel** (1722-18..), *Carte de la France* 'de eş yükseklik eğrilerini kullandı.

İsveçreli ünlü matematikçi **Leonhard Euler** (1707-1783), Saint Petersburg'daki çalışmaları sırasında denetimi altında 1745'de *Rus Atlası* 'nı yaptı. Daha sonra *Frederick the Great of Prussia Berlin Akademisi* tarafından yine denetimi altında 1753, 1756 ve 1760 yıllarında *Atlas Geographicus* 'u çıkardı. 1777'de harita projeksiyonları ile ilgili çalışmalar yaptı ve bu konuda bir kitap yayınladı.

Fransız kraliyet coğrafyacı ve kartografı **Jean Baptista Bourguignon d'Anville** (1697-1782), 1735 ve 1736'da yaptığı çalışmalarla kartografyaya büyük katkılar sağladı. 1760'da Anadolu'nun ilk ciddi haritasını yapmıştır.

1744'de **Johann Wilhelm Zollmann** (1697-1749), *Vollstaendige Anleitung der Geodaesie oder Praktischen Geometrie* isimli kitabını Magdeburg'da yayınladı.

Fransız astronom **Cesar Francois Cassini de Thury** (Cassini III) (1714-1784) ve oğlu **Jean-Dominique comte de Cassini** (Cassini IV) (1748-1845) ile kendi adı ile anılan 1/800.000 ölçekli transversal konumlu silindirik projeksiyonda Fransa haritasını yaptılar. Bu projeksiyon Almanya, Avusturya, Macaristan, İtalya ve Çek Cumhuriyeti ve Slovakya gibi ülkelerde kadastro haritaları için kullanılmıştır.



Şekil-6.22 J.T. Mayer'in Germania Mappa Critica'sı

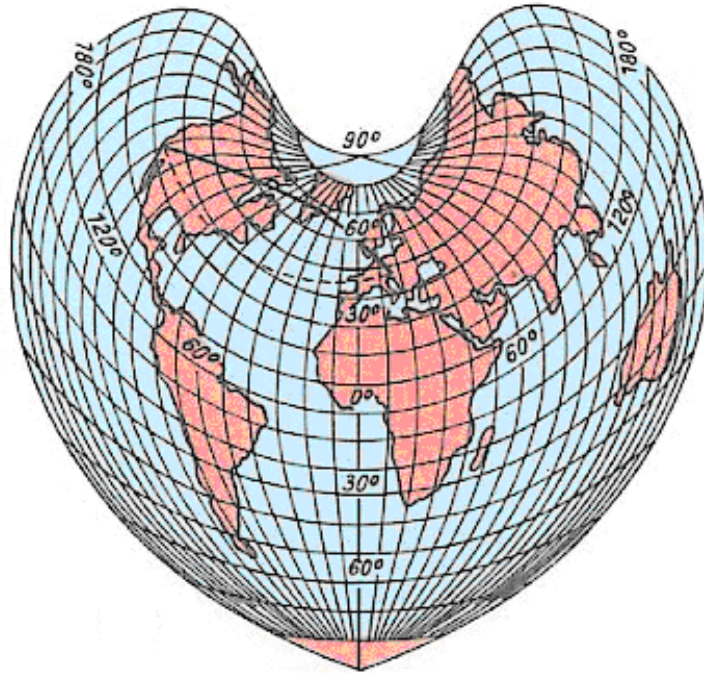
6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Alman matematikçi ve astronom **Johann Tobias Mayer** (1723-1762), 1751'de refraksiyonla ilgili bir çalışma yayınladı. *Göttingen Gözlemevi Müdürü* olarak çalıştığı sıralarda 430 harita yapmıştır. Bunların içerisinde en ünlü harita *Germania Mappa Critica* 'dır, (Şekil-6.22). Aynı isimli oğlu **Johann Tobias Mayer** (1752-1830), 1780'de *repetisyon açı ölçme yöntemi* 'ni ortaya koydu. 1799-1816 yılları arasında 4 baskısı yapılan *Pratik Geometrinin Esaslı ve Detaylı Dersleri* isimli kitabını yazmıştır.

İtalyan **Giovanni Antonia Rizzi Zannoni** (1734-1814), bütün Avrupa'yı gezerek son derece mükemmel haritalar yapmıştır.

Rus haritacı **Vasilij Krasilnikov** (? - ?), 1740-1780 yılları arasında çalışmıştır. 1752'de Orenburg topografyasına ilişkin elle çizilmiş bir atlas yayınlamıştır.

Fransız Deniz Kuvvetleri Harita Dairesi'nden kartograf Albay **Rigobert Bonne** (1727-1795), hesapladığı elipsoit boyutlarından Alman fizikçi, matematikçi, astronom ve jeodezici **Johann Georg von Soldner** (1776-1833), Bavyera için projeksiyon küresinin yarıçapını hesaplamıştır. **R. Bonne**, 1752'de kendi adı ile anılan suni konik bir projeksiyon önerdi, (Şekil-6.23). Daha önce 1566'da Fransız kaşif, coğrafyacı ve kartograf **Guillaume Le Testu** (1509-1573) tarafından bulunduğu söylenen bu projeksiyonda orta meridyenin dışında paralel daireler de deformasyona uğramamaktadır. *Bonne Projeksiyonu* 'nda 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 yapılmıştır.

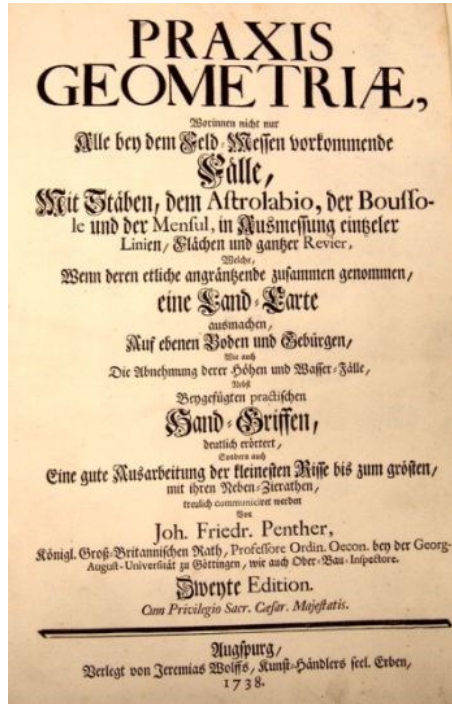


Şekil-6.23 Bonne suni konik projeksiyonu'nda Dünya haritası

6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

İsviçre'li matematikçi, fizikçi, astronom ve filozof **Johann Heinrich Lambert** (1728-1777), 1759'da Zürih'te yayınladığı *Serbest Perspektif* isimli eserinde merkezi izdüşümün geometrik esaslarını göstermiştir. Matematiksel tanımı tam olarak yapılabilen projeksiyonlar ortaya koymuştur. 1772'de elipsoitin küre üzerine konform projeksiyonunun genel şeklini göstermiştir. Eksenini Dünya eksenine çıkararak (normal konumlu), ekvatora teğet, alan koruyan silindirik projeksiyon ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Herhangi bir enlem boyunca teğet konik projeksiyonla ilgili çalışmaları da vardır.

İngiliz denizcisi ve kaşifi **James Cook** (1728-1779), 1759'da Quebec'in ele geçirilmesiyle *Saint Laurence Haliği* 'nin haritasını yaptı. 1762-1767 yılları arasında New Foundland kıyılarının haritasını yapmakla görevlendirildi. 1768'de Venüs gezegeninin Güneş üzerinden geçişini Tahiti'den gözlemesi istendi. *Horn Burnu* 'nu geçerek 1769'da Tahiti'ye vardı. Dönüşte *Tahiti Takımadaları* 'nı keşfetti. 1769'da *Tubuai Adaları* 'nı ve ardından *Yeni Zelanda* 'yı buldu. 1770'de Yeni Zelanda kıyılarının haritasını yaptı. Pasifik Okyanusu'nun tanıtılması için buralara birkaç kez sefer yaptı. 1779'da Hawai'de yerliler tarafından öldürüldü.



Şekil-6.24 J.F. Penther'in Pratik Geometri kitabının kapağı

Göttingen'de *Akademie der Wissenschaften* 'de ekonomi profesörü olan Alman matematikçi ve mimar **Johann Friedrich Penther** (1693-1749), 1738'de Augsburg'ta yayınladığı *Praxis Geometriae* isimli kitabında ölçme aletlerini anlattı, (Şekil-6.24).

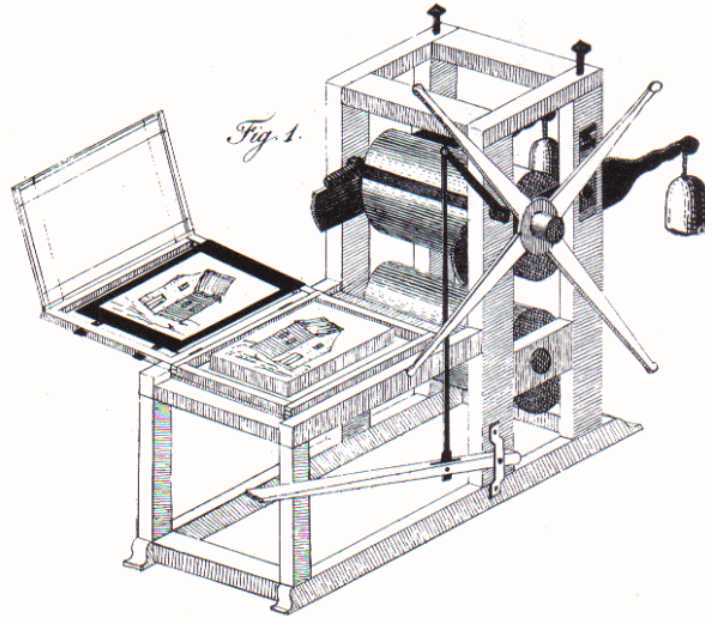
6. Aydınlanma Çağında Haritacılık

Fransız asıllı İtalyan matematikçi ve astronom **Joseph Louis Lagrange** (1736-1813), 1780'de açılarda 10'luk (decimal) sistemi önerdi. 1779'da coğrafi haritaların yapımı ile ilgilendi. 1789 Fransız Devrimi'nden sonra yeni kurulan Ağırlıklar ve Ölçüler Komisyonu Başkanı, 1795'de boylam bürosu üyesi oldu.

Alman matematikçi **Abraham Gotthelf Kaestner** (1719-1800), 1790'da yayınladığı kitabında geriden kestirme hesabında kendi adıyla anılan trigonometrik bir çözüm şekli önermiştir.

1793'de **Jean-Dominique comte de Cassini** (Cassini IV) (1748-1845), *Büyük Fransa Haritası* 'nı tamamlamıştır.

İlk taramalı haritanın 1718'de yapıldığı bilinmektedir. 1793'de Fransa'da taramalı haritalar yapılmış, 1799'da ise Alman jeodezici, kartograf ve matematikçi **Johann Georg Lehmann** (1765-1811), Leipzig'te düşey ışıklı taramalar ve eğim taramaları teorisini ortaya attı. Bu yöntemde eğim açlarına göre taramalarda siyah-beyaz oranı değişiyordu. **J. G. Lehmann**'ın önerdiği bu yöntem Avusturya-Macaristan İmparatorluğu, Prusya Krallığı ve Rusya Çarlığı orduları tarafından benimsenmiştir.



Şekil-6.25 J.A. Senefelder'in taş baskı düzeneği

1798'de **Johann Alois Senefelder** (1771-1834), haritaların basımında *taş baskı* (*lithography / litografi*) yöntemi 'ni icat etti, (Şekil-6.25). Bu yöntemin esası, desen yağlı mürekkeple veya mum boyayla doğrudan taş üzerine çiziliyor ve bu taş süngerle ıslatılıyordu. Su ve yağ birbirini ittiğinden yağlı mürekkeple çizilen yerler suyla ıslanmıyordu. Bunun ardından taşın üzerinden baskı mürekkepli bir silindir geçiriliyor ve desen kağıta aktarılmış oluyordu.