5. BÖLÜM

RÖNESANS SONRASI HARİTACILIK (1600 – 1700)

Bu yy'da Fransa, İngiltere ve İtalya'nın bilim alanında büyük katkıları olmuştur. 1660'da Londra'da *Royal Societe*, 1666'da Paris'te *Academie de Sciences*, 1667'de *Paris Gözlemevi*, 1676'da *Greenwich/Londra Gözlemevi* ve yy'ın sonunda 1700'de *Berlin Bilimler Akademisi* kurulmuştur. 1724'de ise Saint Petersburg'da *Fen Bilimleri Akademisi* kurulmuştur.

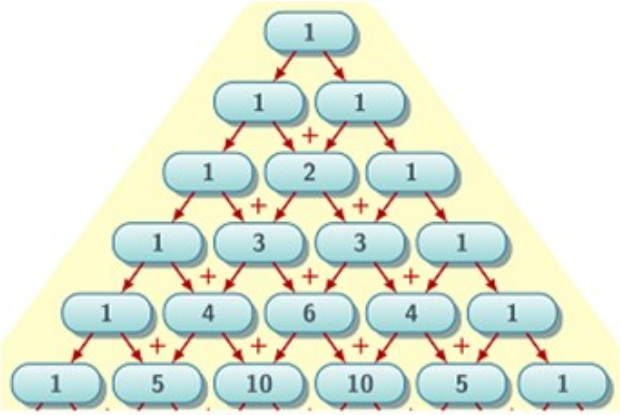
5.1. Matematik

Hollanda'da düzlemde sinüs teoremi öğretim kitaplarında **Snellius**'a mal edilmektedir. Nedeni ise 1627'de yazdığı *Doctrina Triangularium Canonica* kitabındaki ispata dayanmaktadır.

Fransız matematikçi **Pierre de Fermat** (1601-1665) sayılar teorisi ile uğraşmıştır. Yayın yapma alışkanlığı olmadığından Descartes'ten bağımsız olarak geliştirdiği analitik geometri keşfini kaçırmıştır. Descartes'in iki boyutlu düşündüğü konuları üç boyutlu olarak düşünmüştür. 1654'de **Blaise Pascal** ile olasılık hesabını geliştirdiler. $a^n+b^n=c^n$ eşitliğinin $n>2$ için tam sayılarla çözümü olmadığını ispat edebileceğini ancak çözümü yazdığı kitaba kenarında yer kalmadığı notunu düşmüştür. Ölümünden sonra bunun çözümü için 100.000 marklık ödül konmuş ancak alan kimse çıkmamıştır.

Fransız filozof ve matematikçi **Rene Descartes** (1596-1650) 1637'de *Geometri* isimli eserinde analitik geometri'yi kurmuş ve cebiri geometriye uygulamıştır. Adı ile anılan kartezyen koordinat eksenlerini çizerek problemlere geometrik çözüm düşündü.

Fransız filozof ve matematikçi **Blaise Pascal** (1623-1662) 1639'da *Essai Sur Les Coniques* (Konik Kesitlerin Geometrisine İlişkin) isimli bir kitap yazmıştır. 1642'de 19 yaşında iken toplama ve çıkarma yapan ve 10'lu basamaktaki eldeleri aktarabilen *aritmometre* adını verdiği ilk hesap makinasını yapmıştır. Kendi adı ile anılan *Pascal üçgeni* 'ni bulmuştur, (Şekil-5.01).



$$(x+y)^5 = 1\ x^5 + 5\ x^4y + 10\ x^3y^2 + 10\ x^2y^3 + 5\ xy^4 + 1\ y^5$$

Şekil-5.01 Pascal üçgeni

1640'da **Girard Desargues** (1591-1661) projektif geometri ile ilgili kitap yazarak kutupsallık kavramını geometriye katmıştır.

İngiliz fizikçi ve matematikci Sir **İsaac Newton** (1643-1727) ve Alman filozof, fizikçi ve matematikci **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716) birbirlerinden ayrı olarak aynı yıllarda *Fluxion hesabı* adını verdikleri *diferansiyel hesap*'ı buldular. **G.H. Leibniz** 1684'de, **I. Newton** 1687'de yayınlamıştır. **Leibniz** 1673'de bir hesap makinası yaparak *İngiltere Kraliyet Bilim Akademisi* 'ne sunmuş ve üyeliğe kabul edilmiştir. Bu Akademi'ye 1671'de üye olan **Newton** 1676'da *Binom Serisi*'ni bulmuştur.

Astronom **Edmund Halley** (1656-1742) 1693'de tartma yöntemi ile alan hesaplamayı önermiştir. Yöntem düzgün olmayan şekillerin bir altlığa çizilen tabanlarının kesilerek tartılması esasına dayanmaktaydı.

İsviçreli matematikçi **Bernoulli** ailesinden **Jakob B.** (1654-1705) sonsuz seriler, varyasyon hesabı, integral hesap, olasılık hesabı ile uğraşmış ve ilk diferansiel denklemi çözmüştür. Pascal ve Huygens tarafından bulunan olasılık hesabı üzerine ölümünden sonra 1713'de yayınlanan *Ars Conjentandi* isimli eseri ile ilgi uyandırdı. Kardeşi **Johann B.** (1667-1748) ve yeğeni **Daniel B.** (1700-1782) hata kuramı ve düzlem eğrilerin incelenmesine yönelmişlerdir. Bu çalışmada kutupsal koordinatları kullandılar. **Nikola B.** 2. derece kısmi türevler konusunda çalışmalar yapmıştır.

5.2. Astronomi

İtalyan astronom **Galileo Galilei** (1564-1642), 1610'da kendi yaptığı dürbünle astronomik gözlemler yapmıştır.

- Gözlemler sonucunda Jüpiter'in 4 uydusu olduğunu, Venüs'ün Ay gibi çeşitli görünümleri olduğu ve ışığını Güneşten aldığını, Venüs'ün Güneş'in etrafında daha küçük bir yörüngede olması gerektiğini söyleyen *N. Kopernikus* 'un görüşünün doğrulandığını *Sidereus Nuncius* (Gökten Haberler) isimli kitabında açıklamıştır.
- Güneş lekelerinin yavaş yavaş hareketinden kendi ekseni etrafında döndüğünü belirledi.
- Görüşleri zamanın dini inançları ile çeliştiğinden Engizisyon Mahkemesi'nce gözaltı hapsine alındı. Yazdığı *Dialog* isimli eser 200 yıl süre ile kilise tarafından yasaklandı. Papa **VI. Paul**'un (1897-1978) 1965'de Pisa'yı ziyaret ederek hakkında övücü sözler söylemesi bilim adına özür dileme anlamında kabul edilmiştir.

Alman astronom **Johannes Kepler** (1571-1630) adı ile anılan gezegenlerin yörüngeleri hakkındaki üç kuralı 1609-1619 yılları arasında yayınladı.

Yeryuvarının büyüklüğünü belirlemek için 1^0'lik meridyen yayı uzunluğunu ölçme çalışmaları bu dönemde hız kazanmıştır.

Hollandalı coğrafyacı *Tycho Brahe* 'nin öğrencisi **Willem Janszoon Blaeu** (1571-1638), 1600'de Hollanda kıyılarında 100 km'lik bir uzunluk ölçmüştür.

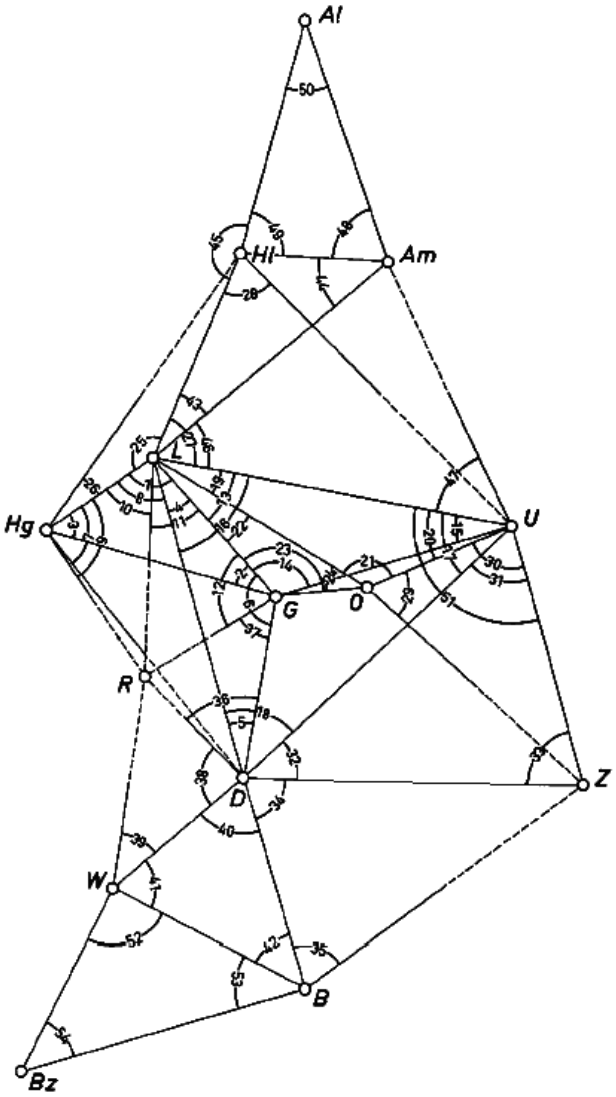
İngiliz astronom **Henry Gellibrand** (1597-1636) pusula ibresinin yavaş yavaş değiştiğini ve son 50 yılda 7^0 kaydığını belirlemiş ve yaptığı gözlemleri 1635 yılında yayınlamıştır.

5.3. Nirengi ağları

16. yy'da grafik olarak plançete ile yapılan nirengi çalışmalarından sonra Hollandalı astronom **Snellius**, 1615'de bir nirengi ağındaki üçgen açılarını bizzat ölçmüştür. Bu ölçüleri 1617'de *Eratosthenes Batavus* isimli kitabında yayınlamıştır. Birçok kaynak bu nedenle nirenginin mucidi olarak onu göstermektedir.

- Leiden kentinden geçen meridyen boyunca Alkmaar ile Bergen op Zoom arasında 130 km uzunluğunda üçgenlerden oluşan bir nirengi ağı kurmuştur, (Şekil-5.02). Nirengi açılarını 2^I 'nın doğrudan 1^I 'nın tahmin edildiği yarıçapı 2,5 ayak olan kuadrantlarla ölçmüştür. Alkmaar ve

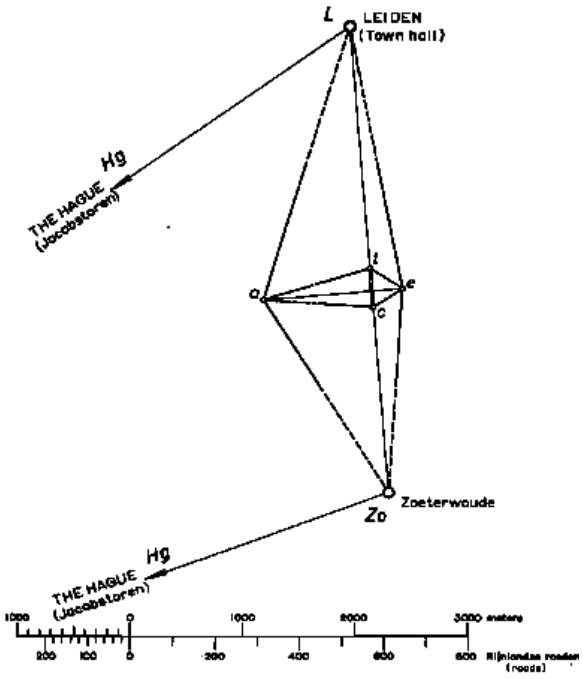
Bergen op Zoom'da yarıçapı 5,5 ayak olan kuadrantlarla Kutup yıldızına gözlem yaparak coğrafi enlemlerini $\varphi_{Al} = 52^0 40' 30''$, $\varphi_{Bz} = 51^0 29' 00''$ ve bu iki nokta arasında enlem farkını $\Delta\varphi = 1^0 11' 30''$ olarak belirlemiştir.



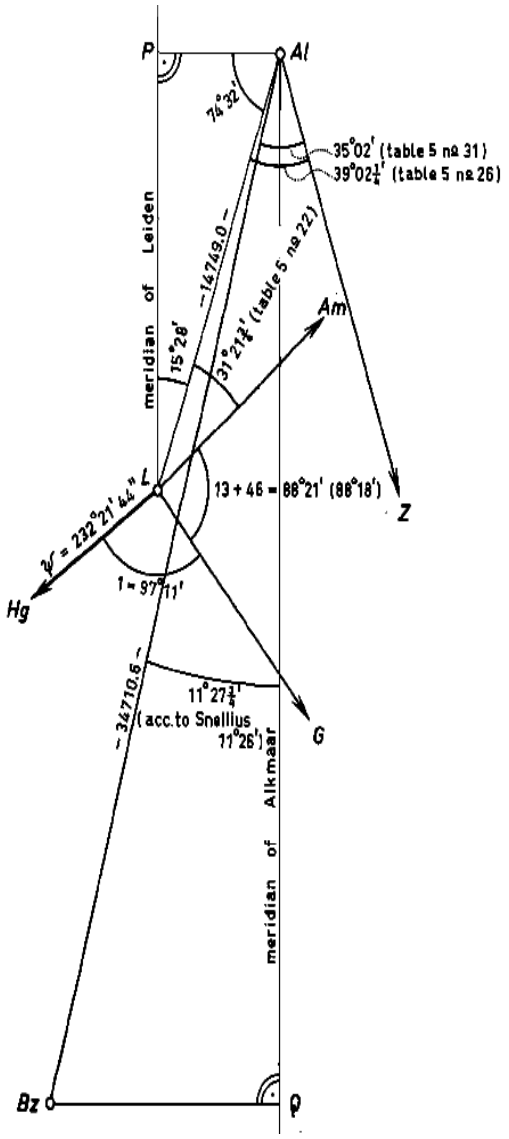
Şekil-5.02 Snellius'un nirengi ağı ve açı ölçüleri

Hague-Leiden arasında kurulan baz büyütme ağında t-c arası baz uzunluğunu ise 87,05 rute (1rute=3,767m) = 327,8m olarak ölçmüş, a-e baz büyütme kenarını 326,45 rute (1.229m) buradan L-Zo kenarını 1.093,55 rute (4.118m) ve sonunda Hague-Leiden arasını 4.107,87 rute (15.407m) olarak hesaplamıştır, (Şekil-5.03a). Elektronik uzunluk ölçme aletlerinin olmadığı bu dönemlerde nirengi kenarlarının hassas olarak ölçülmesi zor olduğundan düz bir yerde seçilen bir baz kenarı ölçülerek baz büyütme ağı ve nirengi açıları kullanılarak sinüs teoreminden yararlanarak bütün kenarlar hesapla bulunabiliyordu.

- *Alkmaar* (Al) ve *Bergen op Zoom* (Bz) noktalarındaki enlem farkına karşılık gelen meridyen uzunluğunu 33.930 rute olarak bulmuş, buradan hareketle 1^0'lik meridyen yayı uzunluğunu 28.500 rute (107,4 km) ve yeryuvarının çevresini 38.662 km olarak hesaplamıştır, (Şekil-5.03b).



Şekil-5.03a Snellius'un baz büyütme ağı



Şekil-5.03b Alkmaar-Bergen op Zoom arası meridyen uzunluğu hesabı

- 1617'de yazdığı *Doctriona Triangularum Canonica* isimli kitabında geriden kestirmenin trigonometrik çözümünü vermiş ve **J. Kepler**'e yazdığı mektupta bunu bildirmiştir. Bu problemi Fransız matematikçi **Laurent Pothenot** (1650-1732), 1730'da ilk olarak çözdüğünü sandığı için bir süre onun ismi ile anılmıştır. **P.A. Hansen** (1795-1874) tarafından çözüldüğü sanılan çift nokta kestirmesi problemini 1627'de ondan çok önce çözmüştür.

1624'de Alman astronom **Wilhelm Schickard** (1592-1635) Württemberg haritasını yaparken geriden kestirme problemi ile karşılaşmıştır.

1631'de İngiliz **Richard Norwood** (1590-1675), Londra'da *Nirengi'nin Doktrini* isimli bir kitap yayınlamıştır.

- 1637'de *Seamans Practice* isimli kitapda Londra-York arasında nirengi yöntemi ile 300 km'lik bir uzunluk ölçümü sonucu 1^0'lik yay uzunluğunu 367.196 ayak = 57.424 tois = 111,921 km olarak hesaplamıştır. Uzunlukları ölçü lataları ve ölçü zincirleri ile yapmıştır. Yön değişimlerini pusula ile belirleyerek meridyen üzerindeki izdüşümlerini hesapla bulmuştur.

Nirenginin meridyen uzunluğunu belirlemek için kullanılmaya başlanması ile açı ölçülerinin daha hassas olarak yapılması için kuadrantlara verniyer takılmış ve dürbün eklenmiştir.

Dürbünlü kuadrant ilk defa Fransız astronom **Jean-Felix Picard** (1620-1682) tarafından 1669-1670 yıllarında Paris'ten geçen meridyen uzunluğunu ölçmek amacı ile Amiens'in güneyindeki *Sourbon* ve Paris'in güneyindeki *Malvoisine* arasında kurulan zincir nirengi ağının açılarının ölçümünde kullanılmıştır, (Bakınız Şekil-5.44). Nirengi açıları dakika bölümlü 1 m yarıçaplı dürbünlü demir bir kuadrantla ölçülmüş, astronomik gözlemler ise 3 m yarıçaplı bir kuadrantla yapılmıştır. Baz ölçümü Paris yakınlarında 11 km uzunluğunda düzgün yatay bir yolda yapılmıştır. Ölçüde 2 tois (yaklaşık 4 m) uzunluğunda bir çift tahta lata kullanılmış ve ölçüler gidiş-dönüş yapılmıştır. 1^0'lik meridyen uzunluğunu 57.060 tois = 111,211 km ve yeryuvarı yarıçapını 6.372 km olarak belirlemiştir.

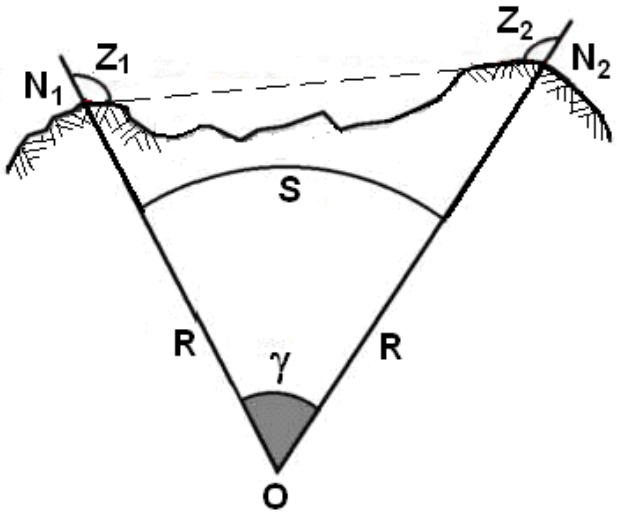
Sir **Isaac Newton** (1642-1727), Ay'ı yörüngesinde tutan çekim kuvvetini hesaplamak için yeryuvarı yarıçapı olarak 1682'de **J.-F. Picard**'ın bulduğu değeri kullanarak teori ile pratiğin uyuştuğunu görmüştür. Önceleri Batlamyus tarafından hesaplanan 10.500 km değerini kullanıyordu.

Hollanda'lı bilim adamı **Christiaan Huygens** 1653'de Satürn'ün halkasını ve ilk uydusunu keşfetti.

İtalyan asıllı Fransız olan **Cassini** ailesi birçok bilim adamı yetiştirmiştir. Bunlardan **Jean Giovanni Dominique C.** (1625-1712), 1669'da kuruluşu 1667 yılı olan Paris Gözlemevi'nde müdürlük görevi yapmıştır.

- Venüs, Mars ve Jüpiter'in dönüş peryotlarını hesaplamış, Satürn'ün 4 uydusunu keşfetmiş ve halkalarını araştırmıştır.
- Güneş paralaksını (Güneş'in merkezinden Dünya'nın yarıçapını gören açı) ölçerek $9{,}5^{II}$ olarak belirlemiştir, (Günümüzde bu değer $8{,}794^{II}$, Dünya-Güneş uzaklığı ise 139 milyon km olarak hesaplanmıştır.).

Oğlu **Jacques C.** (1677-1756) *Yerin Büyüklüğü ve Şekli* isimli bir kitap yazmıştır. Adı ile anılan dik koordinat sisitemini ortaya atmıştır. Yine aynı aileden **Gino C.** (1885-1964) jeofizik ve fotogrametri alanında çalışmalar yapmış bir bilim adamıdır.



Şekil-5.04 Zenit açılarından yeryuvarı büyüklüğü hesabı

İtalya'da 1645'de **Francesco Maria Grimaldi** (1618-1663) ve **Giovanni Battista Riccioli** (1598-1671) yeryuvarı büyüklüğünün zenit açılarından hesaplanabileceğini söylediler. Yönteme göre birbirlerini gören mümkün olduğunca uzak iki noktada karşılıklı zenit açıları ölçülerek $\alpha = z_1 + z_2 - 180^0$ 'lik S uzaklığını gören merkez açı γ bulunabilirdi. S uzaklığı da ölçüldüğünde yarıçap ve çevre hesaplanabilirdi. Ancak refraksiyonun (ışığın kırılması) yeterli doğrulukla belirlenememesi nedeni ile yöntem daha sonra uygulama alanı bulamamıştır.

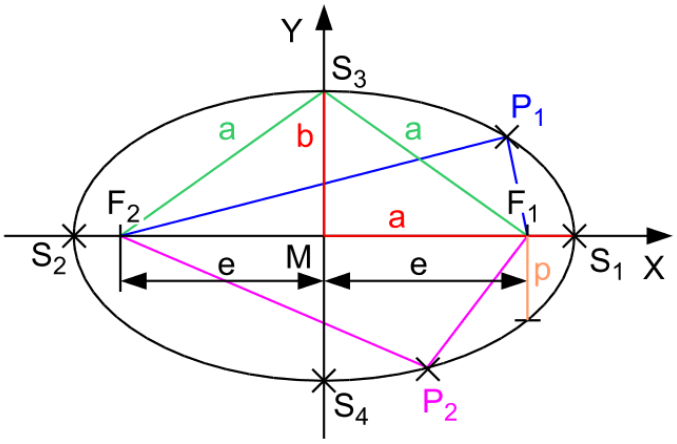
1676'da Greenwich Gözlemevi kurulmuştur. İngiliz astronom **John Flamsteed** (1646-1719) buranın müdürlüğünü yapmış ve ölümünden sonra 1725'de yayınlanan *Historia Coelestis Britannica* isimli yaptığı 20000 gözlem ve 3000 yıldızı kapsayan bir katalog hazırlamıştır.

İtalyan astronom **Vincenzo Coronelli** (1650-1718), 1678'de Parma Dükü için 2 m çapında bir Dünya globusu, 1683'de ise Fransa Kralı XIV.Lui için için 3,9 m çapında bir Gök globusu yapmıştır.

İngiliz astronom **Edmond Halley** (1656-1742), 1676-1678 arasında güney küreye ait *A Synopsis of Astronomy of Comets* (Kuyrukluyıldız Astronomisinin Özeti) isimli bir yıldız kataloğu hazırladı. Kitapta 24 kuyrukluyıldızın yörünge hesabını vermiştir. 1681-1682'de görülen kuyrukluyıldızın aynı olduğunu belirleyerek bunun sonucunda gök cisminin Güneş etrafında uzunca bir elips çizdiğini ve bir tam dönüşünü 75,5 yılda yaptığını ve 1758'de tekrar görüneceğini söylemiştir. Bu kuyrukluyıldıza onun adı verilmiştir.

5.4. Yeryuvarı şekli olarak elipsoit

Pisagor'dan Newton'a kadar olan 2000 yıllık süreçte yeryuvarının şekli küre olarak kabul edilmiş ve jeodezik ve astronomik gözlemlerle büyüklüğü belirlenmeye çalışılmıştır. 17. yy ortalarında Hollandalı fizikçi **Christiaan Huygens** (1629-1695) ve İngiliz fizikçi Sir **Isaac Newton** (1642-1727) yeryuvarının kendi ekseni etrafında dönmesi nedeni ile kutuplarda basık ve ekvatorda şişkin olması gerektiğini iddia ettiler.



Şekil-5.05 Elips eksenleri

Yeryuvarının bu biçimde bir elipsin küçük ekseni etrafında dönmesi ile oluşan dönel elisoit şeklinde olacağı ve meridyen kesitlerinin elips olması gerektiğini savundular. Elipsoitin basıklığı $\alpha = (a-b)/a$ bağıntısı ile hesaplanmaktadır, (Şekil-5.05). Esasen gezegenlerin çok hızlı döndükleri ve kutuplarında basık oldukları 1666'da Cassini'nin gözlemlerinden beri bilinmekte idi.

Fizikçilerin bu iddiaları garip bir olayla da desteklenmiştir. *Paris Akademisi*, 1672'de astronom **Jean Richer** (1630-1696), Mars gezegeni gözlemi için ekvator civarında $4^0\ 56^I$ N enlemindeki Fransız Guyanası'na (Cayenne) giden bir teknik heyetin başında Mars'ın paralaksını 25^{II} olarak ölçmüştür. Aynı işlemi Paris Rasathanesi müdürü **G.D. Cassini**, Pariste yaparak Mars gezegeninin uzaklığını saptadı. **J. Richer**, Paristen getirdiği sarkaçlı saatin günde yaklaşık

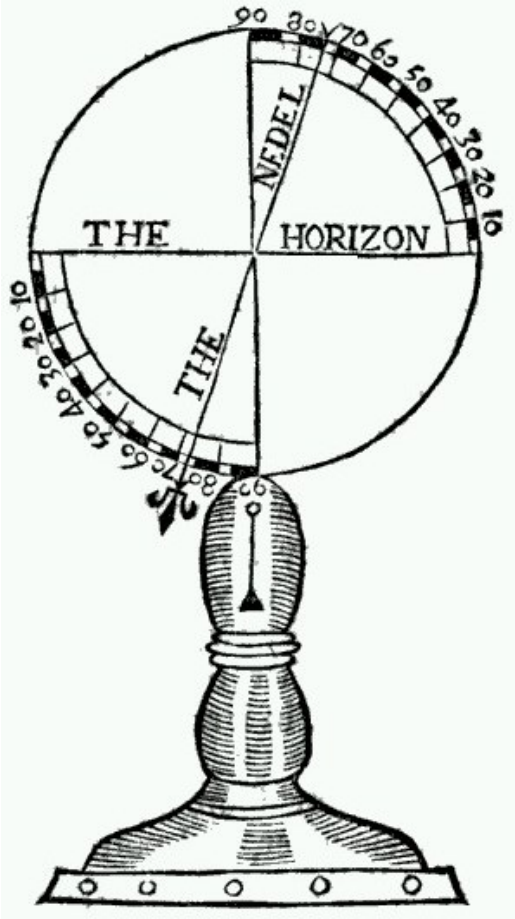
olarak 2,5 dakika geri kaldığını belirledi. Bunun nedeni Cayenna'da yerçekiminin daha zayıf olmasıydı. Sarkaçın boyu Pariste 993,9 mm olarak belirlenmişti. Saatin doğru çalışması için sarkaçın boyunun 3,9 mm kısaltılması gerekliydi. 1673'de Paris'e geri döndüğünde sarkaç boyu tekrar eski durumuna getirilmiştir. Bu durumdan haberdar olan **I. Newton**, olayın yalnız yerçekiminden değil, büyük bir kısmının yeryuvarının kutuplarda basık bir elipsoit olmasından kaynaklandığını savundu. Sonuç olarak, Paris'te ekvatora göre yerçekiminin daha büyük olduğu kutuplara doğru artarak en büyük değeri aldığını, dolayısıyla bunun yeryuvarının kutuplarda basık, ekvatorda şişkin bir elipsoit olduğu iddiasını desteklediğini söyledi. Gerçekten de merkezkaç kuvveti kutuplarda *0* olup en büyük değeri aldığı ekvatorda bile yerçekiminin *0,0035*'i kadar olup takriben *0,00339 m/s²*'dir.

J. Picard'ın ölçtüğü nirengi ağı 1683'te her iki yönde uzatıldı. Kuzey kısmında **Giovanni Domenico** (Fransızca Jean Dominique) **Cassini** (1625-1712) ve oğlu **Jacques C.** (1677-1756), güney kısmında ise **Philippe de La Hire** (1640-1718) ve oğlu 1718'e kadar çalışmalara devam ettiler. Böylece $8{,}5^0$ genişlikte meridyen boyunca bir zincir ağ oluşturdular. Cassini'ler yaptıkları ölçü ve hesap hatası neticesinde Paris'in güneyinde 1^0'lik meridyen uzunluğunu 57.097 tois (111,284 km), kuzeyde ise 56.960 tois (111,017 km) olarak elde ettiler. Bu sonuç, kutuplarda basık elipsoit düşüncesi ile ters düşmektedir. Böylesi bir elipsoit, kutuplarda şişkin ekvatorda basık olup dik duran bir yumurta biçimindedir. Bu nedenle zamanın bilim adamları iki gruba bölünerek büyük bir tartışmaya girmişlerdir. Bütün bu tartışmalar 18. yy'da *Paris Bilimler Akademisi*'nin kutup ve ekvator civarlarında bilimsel komisyonlara nirengi yöntemi ile ile meridyen uzunluğu ölçümü ve astronomik gözlemler yaptırması ile son bulmuştur.

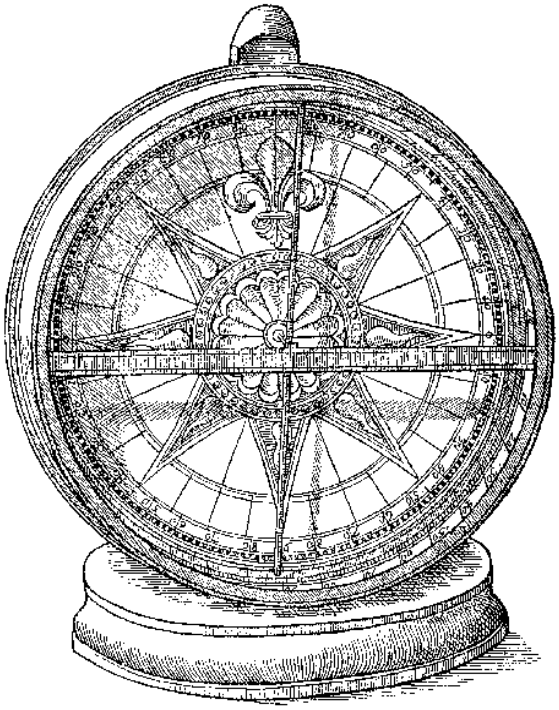
5.5. Fizik bilimindeki gelişmeler

Londra'lı denizci, pusula yapımcısı ve hidrograf **Robert Norman** (1550- ?), yerin manyetik alanının düşeyden sapması, manyetik sapma'yı (magnetic inclination) ilk keşfedenlerdendi. 1581'de yayınlanan *The Newe Attractive* (Yeni bir çekici) isimli kitabında mıknatıs ve manyetizma ile ilgili genel bilgilerin yanında pusula iğnesinin yatayla belirli bir açı yapacak şekilde eğilmesi olayını da anlatıyordu, (Şekil-5.06). Aslen bir denizci olan **R. Norman** kitabının önsözünde "*Teknisyenlerin parmaklarının ucunda bu sanatları kullanabilecekleri çeşitli becerilerin olduğunu ve bunları, onları kınayanlardan daha kolay ve etkin bir biçimde uyguladıklarını*" söylüyordu. Bu serzeniş sanayi

devrimini inşa eden zanaatkarların ve teknisyenlerin alacağı rolün habercisi gibidir. Bu keşfinden dolayı onuruna Ay'daki kraterlerinden birine *Norman krateri* adı verilmiştir.



Şekil-5.06 R. Norman'ın manyetik inklinatörü



Şekil-5.07 W. Gilbert'in tasarladığı manyetik inklinatör

İngiltere Kraliçesi **I. Elizabeth**'in (1533-1603) hekimi de olan **William Gilbert** (1544-1603), 1600'de yayınladığı *De Magnete* (Mıknatıs Hakkında) isimli kitabında, mıknatıs ibresinin yalnız kuzey yönünü göstermediğini, serbest asılması durumunda yere doğru saptığını (magnetic inclination, Şekil-5.07) söyledi. **R. Norman**'ın çalışmasını temel alan kitabında yalnız mıknatısların yapısını değil, itme ve çekme yönlerini ve her mıknatısın bir etki alanı olduğunu anlatarak yeryuvarının da küre şeklinde büyük bir mıknatıs olduğunu söylemiştir. Dolayısıyla manyetik sapmayı, manyetik eğilmeyi ve pusula ibresinin kuzeye ve güneye yönelmesini de açıklayarak mıknatıs ibresinin yerin manyetik kutubunu gösterdiğini söylemiştir. Yerin manyetik kuzey kutubu olarak $\varphi=72^0\ 25^I$ N, $\lambda=96^0\ 46^I$ W (Melville Adası) ve güney kutubu $\varphi=72^0\ 25^I$ S, $\lambda=154^0$ E olup noktalar yavaçca değişime uğramaktadır. Manyetik gerilimler kendi adı ile anılmakta olan *Gilbert* birimindedir.

İtalyan astronom **Galileo Galilei** (1564-1642), 1602'de cisimlerin serbest düşmesi yasası ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

- Pisa Kulesi'nde yaptığı deneyler neticesinde, Aristo'dan bu yana inanılanın aksine havasız yerde cisimlerin kurşun ya da tüy olsun aynı sürede düşeceklerini, serbest düşen cisimlerin katettiği mesafelerin kendi aralarında geçen sürelerin kareleri ile orantılı olacağını söylemiş ve sonuçta bütün cisimlerin boşlukta aynı ivme ile düştükleri anlaşılmıştır.
- 1609'da yaptığı bir dürbünle astronomik gözlemler yapmıştır.

Şekil-5.08 Galileo Galilei'nin yaptığı dürbünü nasıl kullandığını Venedik Doç'una göstermesi, (Giuseppe Bertini'nin freskosu)

- Pisa Katedrali'nin kubbesinde muhtelif kandillerin salınımlarını gözlemiş ve sarkaç salınım sürelerinin ağırlığa bağlı olmadığını farkederek 1602'de $T = \pi\sqrt{1/g}$ ilişkisini bulmuştur.
- Teorik çalışmaları neticesinde sarkaçlı saatin geliştirilmesini sağlayarak sonuçlarını 1638'de *Discorsi e Dimostrazoni Mathematiche İntorno a Due Nuove Scienze* (Sarkaç Hareket Kanunu, Mermilerin Boşlukta Çizdiği Parabolik Hareketin Kanunu) kitabında yayınlamıştır.

Hollandalı astronom **Willebrord Snellius** (1591-1626), 1620'de ışığın kırılması ile uğraşarak adı ile anılan *Snel Kanunu*'nu bulmuştur.

İtalyan fizikçi **Francesco Maria Grimaldi** (1618-1663) ise ışığın yayılmasındaki difraksiyon olayını fark etmiştir.

Işık Hızının Ölçülmesi: Işık hızının Babilliler ve Çinliler sonsuz olduğunu sanıyorlardı. İlk olarak Yunanlı filozof **Empedokles** (MÖ 490-430), ışığın bir mesafeyi geçebilmek için zamana gerek olduğu düşüncesini ortaya koydu. Uzun süre bu konuda çalışma yapılmadı. Kepler de bu konuyu bilmiyordu. Galilei, ışığın bir aynaya çarpıp yansıyarak geri dönmesi arasındaki zamanı ölçmeye çalışmış ancak mesafenin kısa olması nedeniyle başarılı olamamıştır.

Paris Rasathanesi Müdürü Danimarkalı astronom **Olaf Roemer** (1644-1675), 1675'de ışık hızını bulan bilim adamı oldu. Işık hızını ölçmek için çok büyük mesafeler gerektiği düşüncesi ile gök küresinden yararlanmayı öngördü. Jüpiter'in dört uydusundan biri yörüngedeki turunu 42,5 saatte tamamlamakta idi. Uydu, Dünya'dan gözlenirken Jüpiter'in arkasına geçince görünmez olmakta bir süre sonra ise diğer taraftan tekrar görünmekteydi. Düzgün olması gereken bu hareket, Dünya'nın Jüpiter'den uzaklaşması ile 1000 zaman saniyesine varan bu gecikme göstermektedir ki bu süre, yörünge çapı olan 300.000.000 km'nin kat edilmesi için geçen zaman olduğu düşüncesinden hareketle ışık hızını 227.000 km/sn olarak belirledi.

Daha sonra İngiliz astronom **James Bradley** (1692-1762) farklı bir yöntemle aynı sonuca ulaştı. Bugün bu değerin 299.792,458 km/sn olduğu bilinmektedir.

İngiliz fizikçi Sir **Isaac Newton** (1642-1727), 1667'de *çekim kanunu*'nu buldu. 1671'de aynalı teleskopu yaptı. 1678'de ise Güneş ışığını cam prizma ile renklere ayırmayı başardı.

- 1687'de evren sistemini açıkladığı *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Doğanın Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) isimli ünlü kitabını yayınladı. Kitapta; **G. Galilei**'nin bilgilerini üç hareket kanununda topladı.
- Düşme ivmesinin yer çekimi ile doğru orantılı olduğunu ve bu kuvvetin yer merkezine uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğu çekim kanunu teorisini ortaya koydu. Buradan hareketle Ay'ı yöüngesinde dengede tutacak kuvveti dikkate alarak Ay'ın Dünya'dan uzaklığını hesaplamıştır.
- $F = k\, M_1\, M_2 / d^2$ eşitliği ile ifade edilen çekim kanununun evrende herhangi iki cisim için de uygulanacağını öngörerek k çekim sabitini hesaplamıştır.
- 1704'de *Optics* kitabını yayımlamıştır.

İtalyan fizikçi ve matematikçi **Evangelista Toricelli**'nin (1608-1647), yine İtalyan fizikçi **G. Galilei**'nin öne sürdüğü bir problem ilgisini çekmiştir. Pompa ile emilen sular 10 m'den daha yükseğe geçmiyordu. **E. Toricelli** bunun cevabını buldu. Şöyle ki: havanın ağırılığı 10 m'lik su sütunu ile dengede duruyordu. 1643'de bu deneyi civa ile yaparak 760 mm'lik bir civa ile yine dengede durduğunu gözledi. Böylece barometre bulunmuş oldu ve 1 mm'lik civanın yapmış olduğu basınca *1 Torr* denildi. Havanın ağırlığı sonlu ise atmosferin de sonlu olması gerektiğini, öyle ise uzayın havasız olduğu sonucuna vardı.

Fransız fizikçi ve matematikçi **Blaise Pascal**'da (1623-1662), 1646'da barometre ile ilgili araştırmalar yapmıştır. Sağlık problemleri olduğu için bir yakınını dağlara göndererek yaptırdığı ölçmeler neticesinde artan yükseklikte basıncın düştüğü düşüncesinin doğru olduğunu tespit etmiştir.

Bir başka İtalyan fizikçi ve matematikçi **Geminiano Montanari** (1633-1687), 1678'de kılcallık olayını incelemiştir.

Hollandalı fizikçi **Christiaan Huygens** (1629-1695), Paris Akademisi'nin çağrısı ile 1661-1681 arasında Fransa'da bulundu. Dürbün, dürbün objektifleri ve cam merceklerle ilgili çalışmalar yaptı.

- 1673'de *Horoloquim Oscillatorium* isimli kitabında muhtelif sarkaç tiplerinin teorilerini açıkladı.
- Sarkaçlı duvar saatini ve 1675'de zemberekli saati icat etti.
- 1690'da ışık dalga teorisini açıkladığı *Işık* adlı kitabını yayınladı.
- 1699'da enerji ile ilgili çalışmalarını Enerji'nin Sakınımı Kanunu adı ile yayınladı.
- Merkezkaç kuvvetini ortaya koymuş ve yeryuvarının basıklığını 1/597 olarak hesaplamıştır.
- Satürn'ün halkasını ve ilk uydusunu keşif etmiştir.

5.6. Hesaplamalar ve hesaplama gereçleri

Hesaplama işlemleri, 16. yy boyunca halk kitleleri tarafından ilgi ile izlenmiştir. Hesap kitaplarının matbaalar tarafından basılarak çoğaltılması ile hesap kuralları hızla yayılmıştır. Tigonometrik hesapların daha doğru yapılabilmesi için büyük çaplı daireler kullanılmış, bu nedenle de büyük rakamlarla hesap yapmak zorunlu olmuştur. Hesapların çabuk ve doğru yapılması için geliştirilen gereçler aşağıda kronolojik olarak verilmektedir.

5.6.1. Çarpma cetvelleri

Bavyeralı bilim adamı **Hans Georg Herwarth von Hohenburg** (1553-1622) tarafından ilk olarak basılan bir cetvelde 999*999'a kadar olan sayıların birbirleri ile çarpımları verilmiştir. Yani 1'den 999'a kadar olan sayıların yine 1'den 999'a kadar olan sayılarla çarpımı bu cetvelden bulunabiliyordu. Bu nedenle kitabın boyutları 52 cm*27 cm kalınlığı ise 10.5 cm idi. Daha büyük sayıların çarpımları da bu cetvel yardımıyla hesaplanabilmekteydi. Şöyle ki 52.961*128.984'ün çarpımı;

961 * 984 = 945.624
961 * 128 = 123.008
52 * 984 = 51.168
52 * 128 = 6.656
--- ---
52.961*128.984= 6.831.121.624

işlemleri yapılıyordu. Zaman kazanımı konusu tartışmalı olan bu yöntemde cetvelin yalnız 961 ve 52 sayılarının bulunduğu sayfalardan alınan çarpımlar toplanmaktaydı. Bu cetvelin benzeri olan 9999*99 şeklinde hazır cetvellerde vardı. Hesap makinelerinin çarpma işlemini çok kolaylaştırmasına karşın bu tür cetveller 18. ve 19. yy'da hatta 1930'lu yıllara kadar basılmış ve kullanılmışlardır. Bu cetvellerle bölme yapmakta mümkündü.

5.6.2. Kare-karekök cetvelleri

Prizmatik alımda (ortogonal veya dik alım) Pisagor kontrolünde kolaylık sağlaması nedeniyle haritacıların sıkça kullandığı hesap cetvellerindendi. Hesaplama makineleri ile karekök hesabında, karekökü alınacak sayının yaklaşık değeri bu cetvellerden alınıp iterasyonla bölme işlemi ile karekök alınmaktaydı. Yine dengeleme hesabında düzeltmelerin karelerinin toplamı, koordinatlardan uzunluk hesabında ve hata sınırı formülleri gibi pek çok kare ve karekök işlemi gerektiren işlemlerde haritacının ihtiyaç duyduğu bir hesaplama gereciydiler.

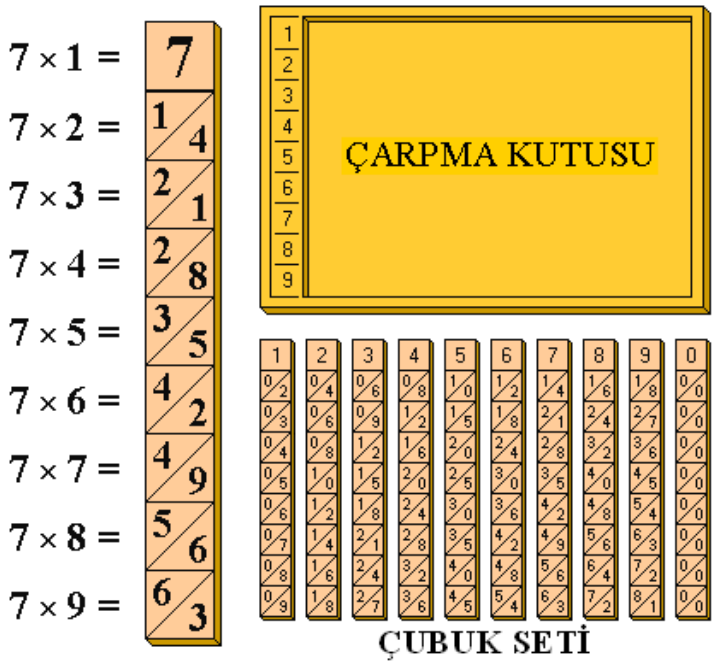
5.6.3. Neper çubukları (Kemikleri)

Neper kemikleri de denilen bu çubuklar İskoç matematikçi Baron **John Napier** (1550-1617) tarafından 1617'deki bir yayınında tanıtılmıştır, (Şekil-5.09). Esasen bu çubuklar çarpma cetveli olup 1'den 9'a kadar sayıların yine 1'den 9'a kadar olan sayılarla çarpma sonuçlarını vermektedir. Her sayıya ilişkin işlem

bir çubuğa yazılmıştır. Şekil-5.10'da 7 rakamının sıra ile 1, 2, 3, …, 9 ile çarpımı bir çubuğa yazılmıştır. İki basamaklı sonuçlar köşegenle ayrılmıştır. Örneğin 46.785.399 ile 96.431 gibi iki büyük sayının çarpımı, çarpanlardan birinin sözgelimi ikincisine ait 9, 6, 4, 3 ve 1 sayı çubukları alınır, (Şekil-5.11).

Şekil-5.09 John Napier'in hesaplama çubukları (1650)

Bu çubukların toplamları birer basamak kaydırılarak yazılmak suretiyle toplandığında aranan çarpım değeri elde edilmektedir. Burada toplama işlemine her çubukta sağ alttan başlanıp eldeler sağ üste ilave edilerek sol alta gidilmektedir. Bu çubukları kullanarak ters hareketle bölme işlemi de yapılabilmekteydi.



Şekil-5.10 Napier çubukları ile hesaplama tablosu

5.6.4. Logaritma cetvelleri

17. yy başlarında bulunan logaritma hesaplamalarda büyük kolaylık sağlamıştır. Logaritmanın icadında, bir geometrik dizinin terimlerinin çarpılıp bölünmesinde, üs sayılarının toplanıp çıkarılması ilkesinden yararlanılmıştır. Örnek olarak 3 tabanlı bir dizide 3^1 ve 3^2 terimlerinde üslerin toplamı 1+2=3 olduğu için 3^3 terimine karşılık olan 27 sayısı bu dizi sayılarının çarpımına eşit yani 3*9=27'dir.

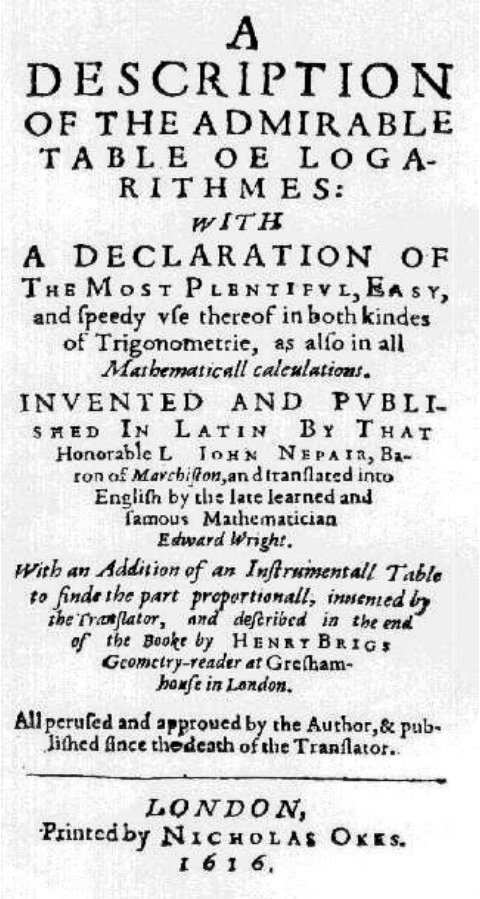
İskoç matematikçi **John Napier** (Neper, 1550-1617), 1594'de yukarıdaki ilişki çerçevesinde adı ile anılan Napier Logaritması'nı (Doğal logaritma, e-tabanlı logaritma) ortaya koyarak 1614'de yayınladığı *Logarithmorum Canonis Descriptio* isimli eserinde açıklamıştır, (Şekil-5.11). Vefatından sonra oğlu **Mirifici** 1620'de bunu geliştirmiştir.

Şekil-5.11 J. Napier'in Logaritma kitabının kapağı ve Logaritma cetveli

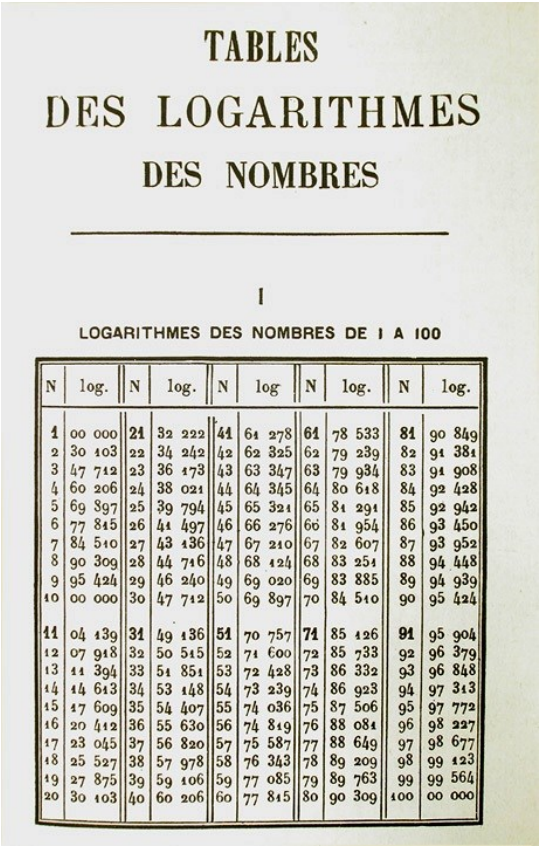
17. yy'da logaritmanın icadı günümüzdeki bilgisayarların icadı ile eş seviyededir. Bu şekilde çarpma işlemleri toplamaya, bölme işlemleri çıkarmaya dönüştü.

İsviçreli bir saatçi olan **Joost Bürgi** (1552-1632), 1603-1611 arasında üzerinde çalıştığı $y=10^8$ ve $1{,}0001^x$ (x; 4 basamaklı ve y; 9 basamaklı) formülü ile bir Progress Cetveli hesaplayarak 1620'de Prag'da yayınlamıştır.

Londra'daki Gresham College'de görevli olan **Henry Brigs** (1561-1630), 1616'da sonradan 10 tabanlı adi logaritma denilen Brigs Logaritması'nı yayınladı, (Şekil-5.12). 1624'de ise 1'den 20.000'e kadar ve 90.000'den 100.000'e kadar sayıların logaritmalarını yayınladı.



A
DESCRIPTION
OF THE ADMIRABLE
TABLE OE LOGA-
RITHMES:
WITH
A DECLARATION OF
THE MOST PLENTIFVL, EASY,
and ſpeedy vſe thereof in both kindes
of Trigonometrie, as alſo in all
Mathematicall calculations.
INVENTED AND PVBLI-
SHED IN LATIN BY THAT
Honorable L. IOHN NEPAIR, Ba-
ron of *Marchiſton*, and tranſlated into
Engliſh by the late learned and
famous Mathematician
Edward Wright.
With an Addition of an Inſtrumentall Table to finde the part proportionall, inuented by the Tranſlator, and deſcribed in the end of the Booke by HENRY BRIGS
Geometry-reader at Greſham-
houſe in London.
All peruſed and approued by the Author, & pub-
liſhed ſince the death of the Tranſlator.
LONDON,
Printed by NICHOLAS OKES.
1616.



TABLES
DES LOGARITHMES
DES NOMBRES

I

LOGARITHMES DES NOMBRES DE 1 A 100

N	log.	N	log.	N	log	N	log.	N	log.
1	00 000	21	32 222	41	61 278	61	78 533	81	90 849
2	30 103	22	34 242	42	62 325	62	79 239	82	91 381
3	47 712	23	36 173	43	63 347	63	79 934	83	91 908
4	60 206	24	38 021	44	64 345	64	80 618	84	92 428
5	69 897	25	39 794	45	65 321	65	81 291	85	92 942
6	77 815	26	41 497	46	66 276	66	81 954	86	93 450
7	84 510	27	43 136	47	67 210	67	82 607	87	93 952
8	90 309	28	44 716	48	68 124	68	83 251	88	94 448
9	95 424	29	46 240	49	69 020	69	83 885	89	94 939
10	00 000	30	47 712	50	69 897	70	84 510	90	95 424
11	04 139	31	49 136	51	70 757	71	85 126	91	95 904
12	07 918	32	50 515	52	71 600	72	85 733	92	96 379
13	11 394	33	51 851	53	72 428	73	86 332	93	96 848
14	14 613	34	53 148	54	73 239	74	86 923	94	97 313
15	17 609	35	54 407	55	74 036	75	87 506	95	97 772
16	20 412	36	55 630	56	74 819	76	88 081	96	98 227
17	23 045	37	56 820	57	75 587	77	88 649	97	98 677
18	25 527	38	57 978	58	76 343	78	89 209	98	99 123
19	27 875	39	59 106	59	77 085	79	89 763	99	99 564
20	30 103	40	60 206	60	77 815	80	90 309	100	00 000

Şekil-5.12 Brigs Logaritması'nın kapağı, 1616 ve Bouvart et Ratinet'den Log. Tablosu

Hollanda'lı **Adriaan Vlacq** (1600-1667), 1628'de *Arithmetica Logartihmica* isimli eserinde 1'den 100.000'e kadar sayıların ve ilave olarak 0^0-90^0 arasındaki açıların her dakikasına ait sinüs, tanjant ve sekant değerlerinin 10 basamaklı logaritmalarını vermiştir.

Sayıların logaritmaları cetvelleri yanında, açıların trigonometrik değerlerine ait logaritma cetvelleri de hazırlanarak trigonometrik hesaplarda büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Derece veya grad (gon) açı biriminde düzenlenmiş bu cetvellerde 0-400 grad arasındaki bir açının trigonometrik fonksiyonları, 1.Bölgedeki açılar cinsinden ifade edilebildiğinden ve birbirlerini 100 grada tamamlayan açıların kofonksiyon özelliği nedeni ile bu cetveller 0-50 grad arasındaki açılar için düzenlenmiştir. Örneğin; poligon hesabında beş basamaklı cetveller, ülke nirengisi ve kestirme şeklinde hesaplanan sıklaştırma nirengilerinin hesabında altı basamaklı logaritma cetvelleri kullanılırdı. Elipsoit üzerindeki büyük kenarlı nirengi ağlarının hesapları yedi veya sekiz basamaklı cetvellerle yapılmıştır. Bu cetvellerde açıların trigonometrik değerleri 1^c veya 10^{cc} aralıklarla verildiğinden, ara değerler için enterpolasyon gerekmiş ve bu amaçla enterpolasyon cetvelleri de hazırlanmıştır.

Logaritma cetvelleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda işlemler çarpma ve bölme şeklinde olması gerektiğinden, bazı formüller bu yapıya uygun terimler haline getirilmiştir. Örneğin; üçgen çözümlerinde üç kenarı bilinen üçgenin bir açısının hesabında kullanılan kosinüs formülü logaritmik işleme uygun olmadığından yarım açı formülleri (Napier formülleri) kullanılırdı. 1634'de **Georg Ludwig Frobenius** (1566-1645), Hamburg'da *Clavis Universe Trigonometrica* ismi ile yayınladığı kitabında bazı trigonometrik problemlerin logaritma ile çözümlerini vermiştir. Logaritma cetvelleri 1970'li yılların sonlarına kadar haritacılık mesleğinde önemli bir hesaplama aracı olarak kullanılmıştır.

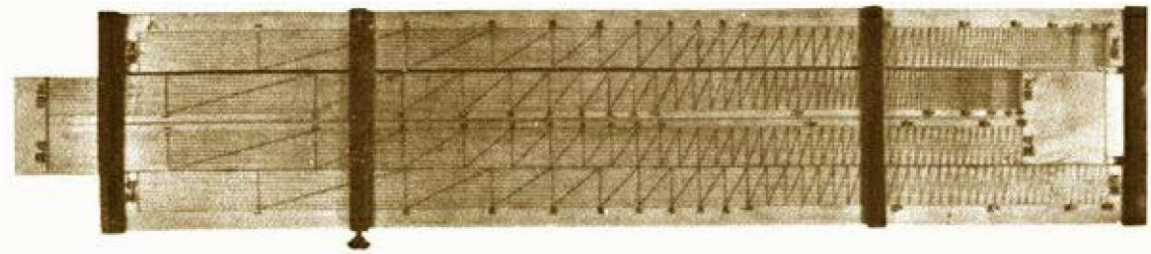
5.6.5. Sürgülü hesap cetvelleri

1620'de **Edmund Gunter** (1561-1626), yedi basamaklı logaritmik-trigonometrik cetvel hazırlayıp yayınladı. Aynı sene yaklaşık 60 cm boyunda logaritmik bölümlü hesap skalası yaptı. Gunter-scale adı verilen bu alet logaritmik esasa dayalı sürgülü hesap cetvelinin öncüsü olarak kabul edimektedir.

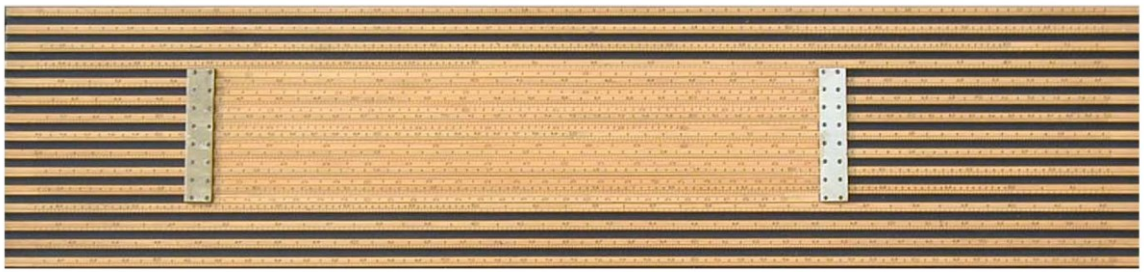
1632'de İngiliz matematikçi **William Oughtred** (1574-1660), düz ve daire şeklinde çalışan sürgülü hesap cetveli yapmıştır. Sürgülü hesap cetveliyle çarpma yapmak için çarpılacak sayıların logaritmalarını mekanik olarak toplamak gerekmektedir. Önceleri iki ucu sivri pergelle yapılan toplama işlemi cetvellere bir sürgü eklenerek pergelle toplama yerine sürgü kaydırılarak rakamlar karşılaştırılmıştır. Bu şekilde $\log a + \log b = \log(a \times b)$ eşitliğinden yararlanılarak a∗b çarpımının logaritmasına karşılık gelen sayı okunmaktaydı. Sonradan alete, sayıları daha iyi karşılaştırmak veya çakıştırmak için çizgili bir lup ilave edilmiştir. Sürgülü hesap cetvelleri 12,5 cm ve 25 cm boyunda iki tip olarak üretilmekteydi. 12,5 cm'lik olanlarda okuma hatası 0,0015 olup birkaç kez yapılan çakıştırma işlemi sonucunda hesaplarda sonuçlara 0,005'e kadar bir bağıl hata eklenmekteydi. 25 cm boyundakilerde ise hata miktarları 12,5 cm boyundakilerin yarısı kadardı.

1650'de İngiliz **Edmund Wingate** (1593-1656) ve **Seth Partridge** (1603-1686) hareketli bir sürgü ile bu aletleri geliştirdiler. 19. yy sonunda bunların seri üretimine geçildi. Esasen 3 cm'lik bir cetvelden bölünerek paralel sürgüler halinde 68 cm boyunda ve 20 cm eninde olacak şekilde tasarlanmış bir cetvel Şekil-5.17'de görülmektedir. Şekil-5.20'de bu ilkeden yararlanılarak skalaların silindir biçiminde düzenlendiği, 18 cm boyundaki bir skala bölünerek 40 skalaya yerleştirilen **Edwin Thacher**'ın (1839-1920), 1881'de yaptığı silindirik

hesap cetvelinin bir örneği görülmektedir. İçinde bulunan merdane biçimindeki sürgü hem dönebilmekte hem de kaydırılabilmekteydi. Silindirin boyu 50 cm'dir. Bu cetvellerde çarpma, bölme skalalarına ilaveten kare, karekök, küpkök, $1/x$, $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$, $\log x$, $\sqrt{1-x^2}$ vb skalalar da vardı.

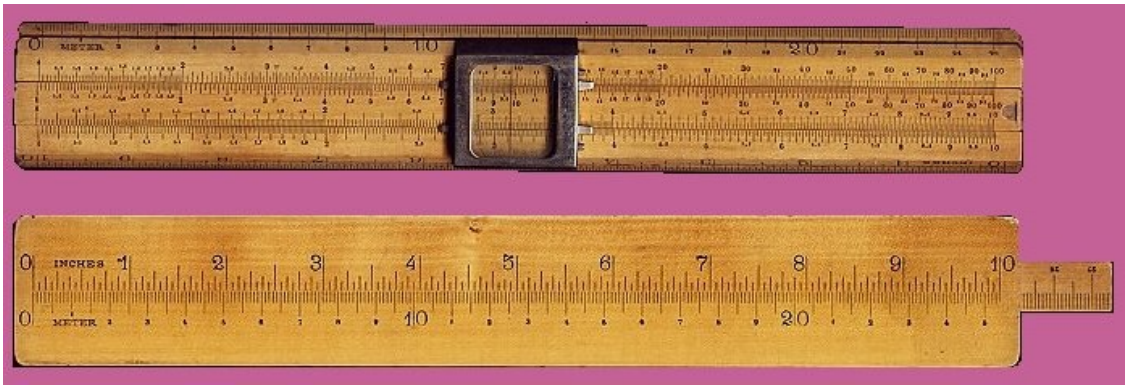


Şekil-5.13 Çin sürgülü hesap cetveli (1660)



Şekil-5.14 John Caufield Hannygnton'un (1807-1886)
sürgülü hesap cetveli (astronomik)

Şekil-5.15 Isaac Aston'ın marangözler için sürgülü hesap cetveli (Londra, 1851-1870)

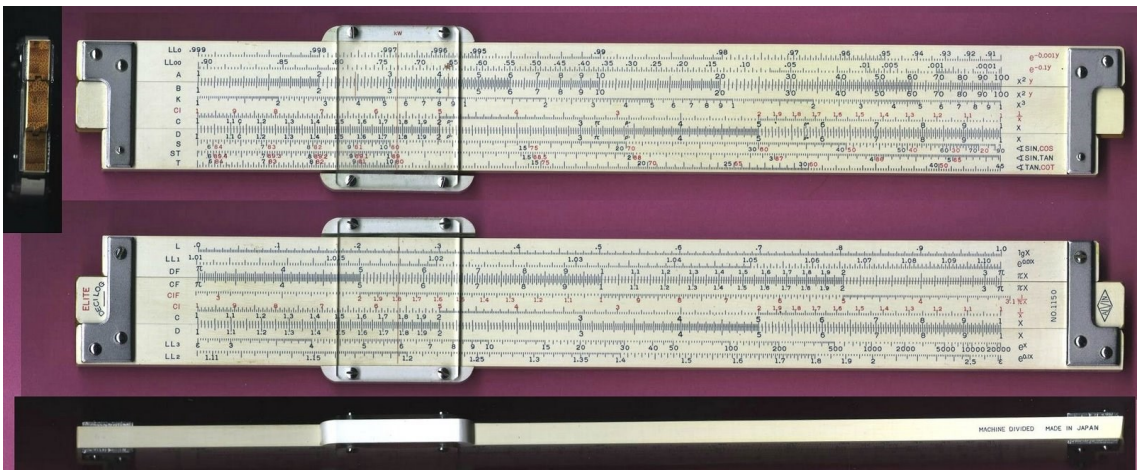


Şekil-5.16 A.W.Faber'in sürgülü hesap cetveli (1890)

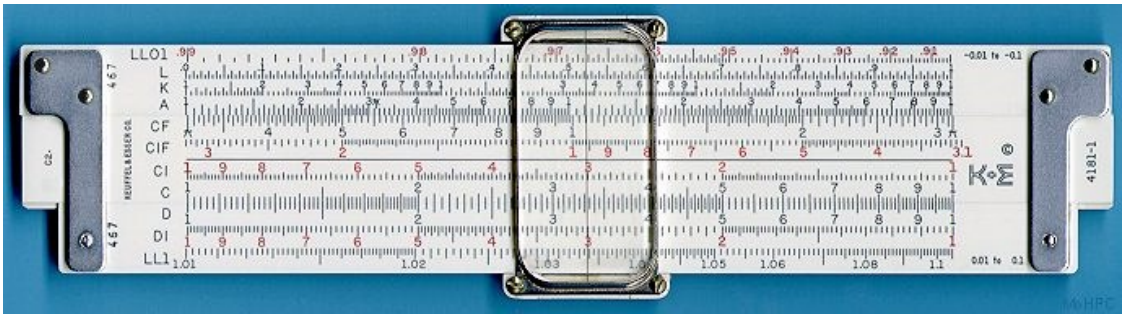
Şekil-5.17 Edwin Thacher'ın silindirik hesap cetveli (Keuffel&Esser, New York, 1887)

Muhtelif meslek grupları için üretilmiş (marangözler için) sürgülü hesap cetvelleri de vardır, (Şekil-5.15). Haritacılar için *Aristo-Geodat Cetveli*, grad (gon) açı birimi bölümlü ve π kadar kaydırılmış ana skalaları ile takeometrik hesaplamalar, pisagor kontrolleri, dengeleme hesapları, poligon hesaplarında hata dağıtımlarında, yer küreselliği ve refraksiyon (ışık kırılması) etkisi vb hesaplar kolaylıkla yapılmaktaydı.

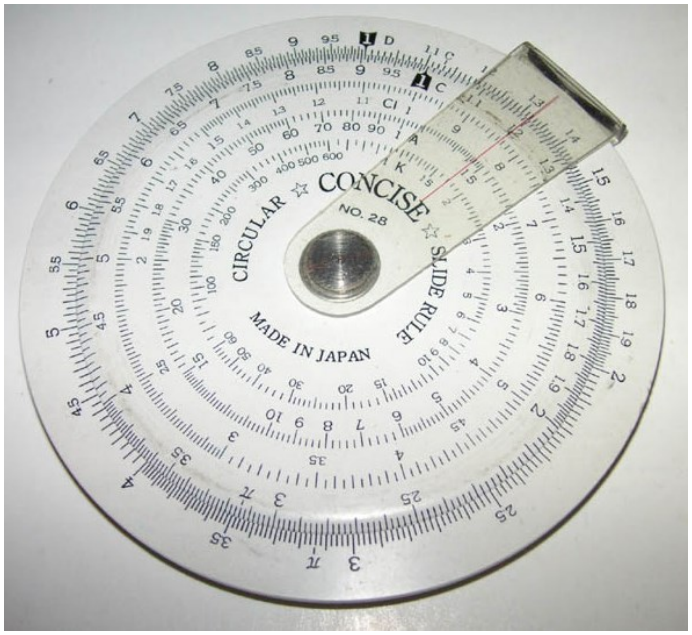
Sürgülü hesap cetvellerinin yuvarlak biçimde olanlarında, birbiri içinde dönen eş merkezli daireler üzerinde skala olanlarda vardır. *Calcola Firmasi*'nın 76 mm çapında ***Pox***, 120 mm çapında ***Universal*** tipleri bulunmaktadır. Bu tip hesap cetvelleri de (Şekil-5.20) düz sürgülü hesap cetvelleri gibi çeşitli skalalarla muhtelif hesaplamalar yapabilmektedir. Çakıştırma işlemi için ortalarında radyal çizgili şeffaf bir gösterge bulunmaktadır. Böyle bir cetveli ilk Fransız kartograf **Edme François Jomard** (1777-1862), 1816'da yapmıştır.



Şekil-5.18 Modern sürgülü hesap cetveli



Şekil-5.19 Modern sürgülü hesap cetveli



Şekil-5.20 Dairesel sürgülü hesap cetveli

Şekil-5.21 Hesap çarkı

İlk defa 1886'da Stutgart'da (Almanya) bir yayında **Angelo Beyerlen** (1852-1912) tarafından kasnak biçiminde hesap çarkı tanıtıldı, (Şekil-5.21). Bu alette yan yana duran 12,5 cm çapında iki silindirik yüzey üzerinde logaritmik bölümleme düzeni bulunmaktaydı. Esasen Alman usta mekanikçi ve işletmecisi **Franz Ludwig Tesdorpf**'un (1856-1905) icat ettiği bu alet logaritmik dağılımlarının sınırlı olması ve okuma zorlukları gibi nedenlerle fazla kullanım alanı bulamamıştır.

5.6.6. Hesaplama cetvelleri

Açı fonksiyonları doğal değer cetvelleri: Hesap makineleri kullanılarak trigonometrik problemlerin çözümünde açıların trigonometrik büyüklüklerinin doğal değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Logaritma cetvellerine benzer şekilde düzenlenmiş olan bu cetvellerde problemin biçimine göre virgülden sonra beş basamaklı olanları poligon hesabı ile küçük nokta ve yan nokta hesaplarında, altı basamaklı olanı ise muhtelif trigonometrik hesaplar, nokta kestirme hesapları ve dengeleme hesabında kullanılmaktaydı. Cetvellerin derece, grad (gon) ve askeriyede (topçulukta) kullanılmak üzere milyem açı biriminde düzenlenmiş olanları vardı. Bu cetvellerde de logaritma cetvellerinde olduğu gibi 0-400 grad (360^0) arasındaki bir açının trigonometrik fonksiyonları, 1.Bölgedeki açılar cinsinden ifade edilebildiğinden ve ayrıyeten 100 grad'a (90^0) tamamlayan tümler açıların kofonksiyon özelliği 0-50 grad (45^0) arasındaki değerler verilmiştir. Bu nedenle kullanıcıların, 0-400 grad arasındaki açıların trigonometrik fonksiyonlarının 1.Bölgede hangi açıya karşılık geldiği ve işaretlerinin ne olacağı hususunda temel trigonometri bilgisinin olması gerekmekteydi. Genellikle ***c****entigon* (grad dakikası) veya derece dakikası biriminde düzenlenmiş bu cetvellerde, saniye birimi için enterpolasyon işlemi gerekmekteydi, (Bakınız, Bölüm 4.1. Şekil-4.01).

Takeometre cetvelleri: Takeometrik hesaplarda, dürbün yatay çizgileri ile mira okumalarından yapılan

yatay mesafe hesabı için $s = k.\ell.\cos^2\alpha = k.\ell.\sin^2 z$

yükseklik farkı için $h = s.\tan\alpha = s.\cot\alpha = (k.\ell.\sin 2\alpha)/2 = (k.\ell.\sin 2z)/2$

formülleri kullanılmaktadır. Bu hesapları kolaylaştırmak için hazırlanmış cetveler de vardır. Fransız **Louis Pons**'in (1761-1831) düşey açıya göre düzenlediği *Pons Cetvelleri* ve Alman **Friedrich Reger**'in (? -1950) mira okuma farklarına (üst çizgi-alt çizgi) göre düzenlenmiş *Reger Cetveli* bu tür cetvellerin en meşhurlarıdır.

Poligon hesabı cetvelleri: Poligon hesabı, küçük nokta ve yan nokta hesaplarında sıkça karşılaşılan $s.\sin t$ ve $s.\cos t$ değerleri de cetveller halinde hazırlanmıştır. İki boyutlu olan bu cetvellere açı girilerek kenarın karşısındaki değer gerekirse enterpolasyon yapılarak bulunuyordu. Hesap kontrolünde kullanılmak üzere açıklık açısının 50 grad fazlası ile hesaplamalar için de cetveller düzenlenmişti.

Kurp cetvelleri: Kurp hesaplamalarındaki büyüklükleri hesaplamak üzere kullanlan trigonometrik formüller için düzenlenen cetveller genellikle tek yarıçaplı R=1 alınarak gerekli kurp elemanları belirlenebilmektedir. Parabolik, kübik ve klotoit gibi geçiş eğrileri için de hazırlanmış cetveller vardır.

Barometrik cetveller: Barometrik ölçü ve işlemlerinde karşılaşılan bazı hesaplar çok parametreli yükseklik formülü için düzenlenmiş cetveller de vardı.

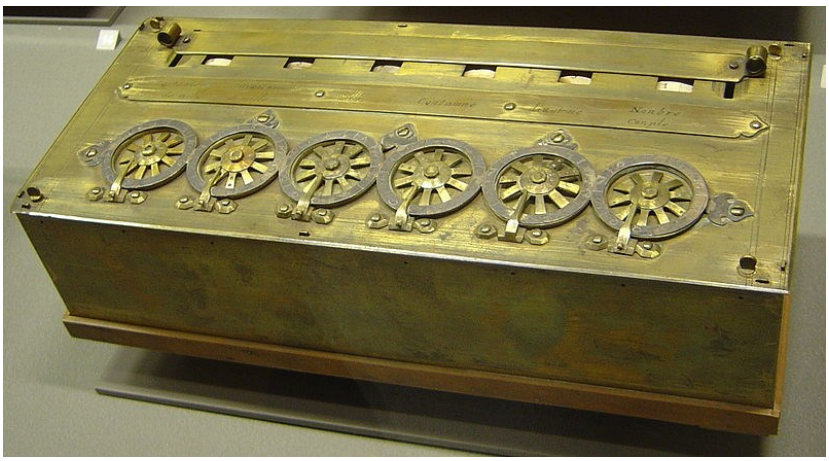
Diğer cetveller: Yukarıda kısaca açıklanan cetvellerin yanında özellikle haritacılık mesleğinde sıkça kullanılan birçok formüller cetveller halinde hazırlanmıştır. Bunlardan bazıları; Bazı açı birimlerinin birbirlerine dönüşüm cetvelleri, hata sınırı cetvelleri, metrik olmayan ölçü birimlerinin metrik sisteme dönüşümü veya tersi cetvelleri, küresellik ve refraksiyon cetvelleri, takvim dönüşümü cetvelleri, dengeleme hesabında kullanılan $1/p$ ve doğrultu katsayıları cetvelleri, 2 m'lik baz latası cetveli vb. Bütün bu tür cetveller hesap makinelerinin kullanılmaya başlanması ile önemlerini yitirmişlerdir.

5.6.7. Hesap makineleri

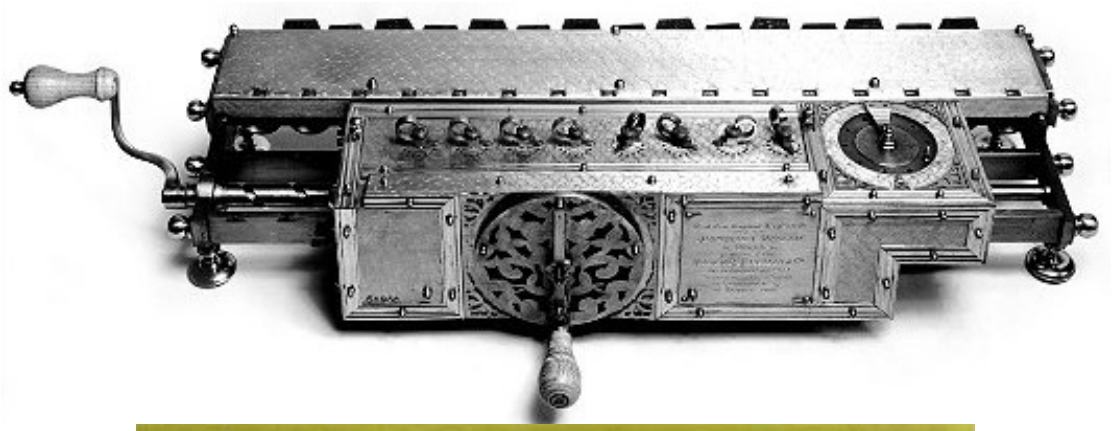
1623'de Tübingen'li Alman bilim adamı **Wilhelm Schickard** (1592-1635), dört işlem yapabilen ve 10'luk sistemde üst basamağa aktarma yapabilen bir hesap makinesi tasarlayarak bir mekanikçiye yaptırdı, (Şekil-5.22). *Kepler*'e yazdığı bir mektupta bu makineden bahsederek ona da bir hesap makinesi yapmaya söz vermiştir. Ancak, çıkan bir yangında bu makine ve tasarımı yandı. 1640'da **Jean Ciermans**'da (1602-1648) bir hesap makinesi yapmıştır.

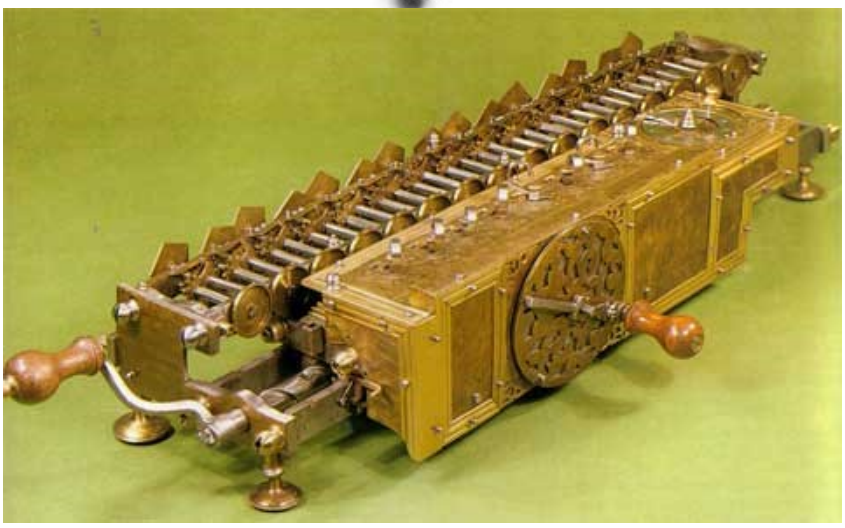
Şekil-5.22 Wilhelm Schickard'ın mekanik hesap makinesinin replikası (1623)

Geniş bir çevre tarafından bilinen ilk toplama ve çıkarma yapan makine ünlü Fransız filozof ve matematikçi **Blaise Pascal** (1623-1662) tarafından 19 yaşında vergi toplayıcısı babasına yardımcı olması düşüncesiyle yapılmıştır, (Şekil-5.23). 1673'de **Gottfried Wilhelm von Leibniz** (1646-1716), dört işlem yapabilen bir hesap makinesini *İngiltere Kraliyet Bilim Akademisi* 'ne göstermiş ve buraya üye olmaya hak kazanmıştır, (Şekil-5.24).

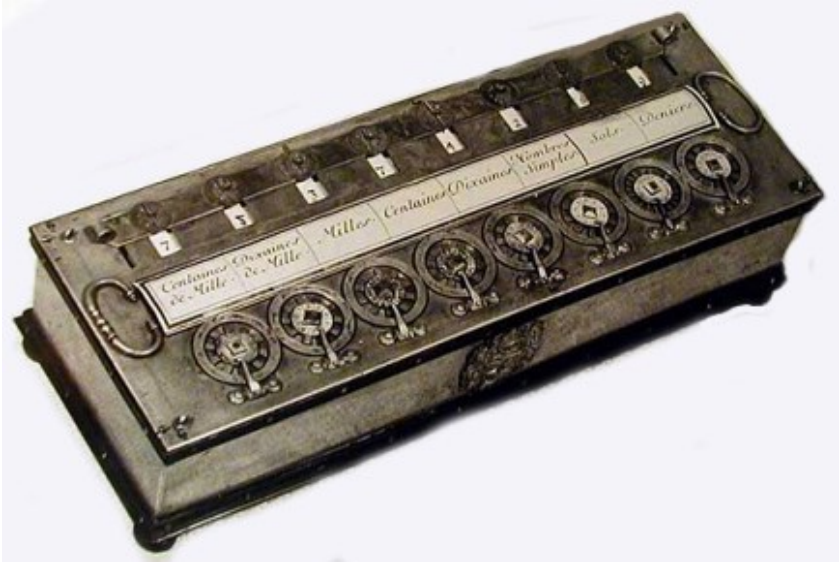


Şekil 5.23 Blaise Pascal tarafından tasarlanmış olan mekanik hesap makinesi, Pascaline (1652).





Şekil-5.24 Gottfried Wilhelm von Leibniz'in mekanik hesap makinesi (1673)



Şekil-5.25 Blaise Pascal'ın bir başka mekanik hesap makinesi ve iç yapısı

Şekil-5.26 Johann Helfrich Müller'in tasarladığı mekanik hesap makinesi (1784)

Şekil-5.27 A. Burkhardt'ın hesap makinesi Arithmometer (Model A-1880)

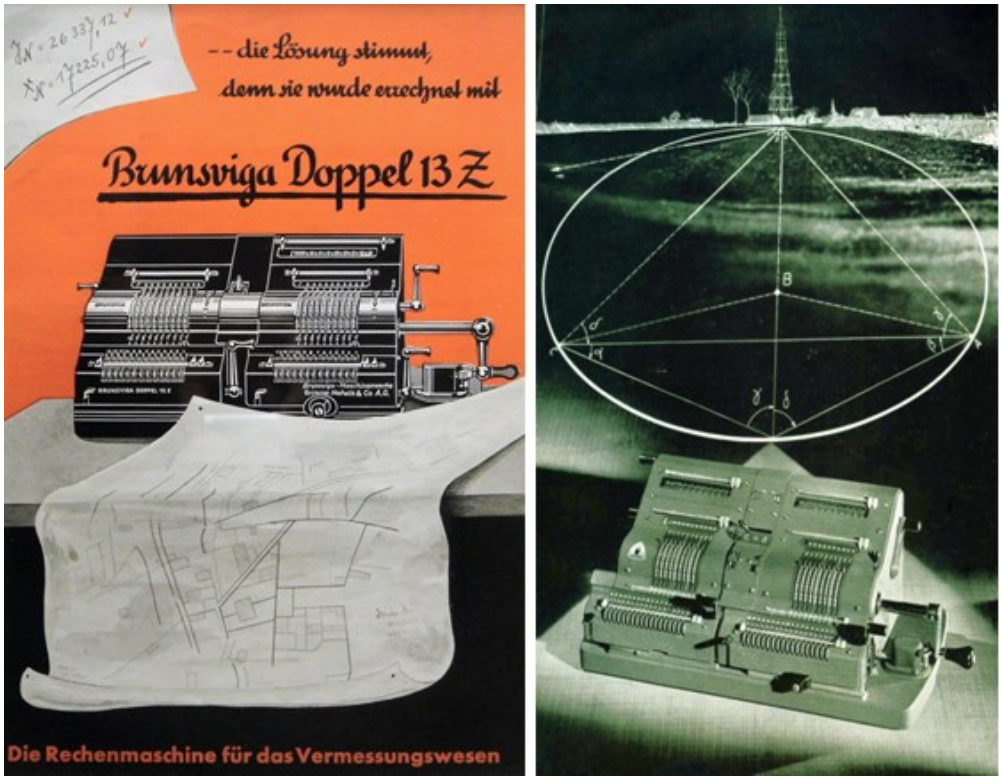
Şekil-5.28 C. Herzstark'ın Curta hesap makinesi (Tip 1) ve patenti

Alman matematikçi filozof **Gottfriett Wilhelm von Leibniz** (1646-1716) mekanik hesaplayıcılar alanında da çok verimli mucitlerden biridir. İlk mekanik hesaplayıcıyı (Stepped Reckoner) 1672'de icat etti ve 1694'de tamamladı. Blaise Pascal'ın hesaplayıcısı toplanan otomatik çarpma ve bölme üzerinde çalışıyorken, Leibniz 1685'de iğne tekerlek hesaplayıcıyı (pinwheel calculator) ilk tarif eden oldu. Leibniz tekerleğini icat etti ve derli toplu (toplanarak biraraya getirilerek) üretilen mekanik hesaplayıcı arithmometer'de kullandı.

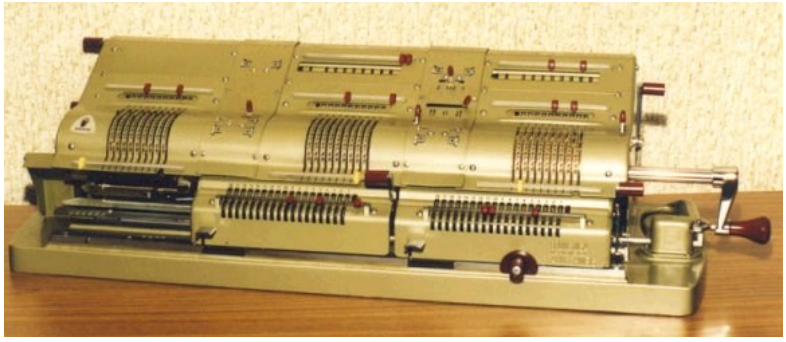
Arithmometer veya arithmometre, ofis çevrelerinde günlük kullanmak için yeterince güçlü ve yeterince güvenilir ilk sayısal mekanik hesaplayıcıydı. Fransız mucit **Charles Xavier Thomas de Colmar** (1785-1870) tarafından tasarlanarak 1820'de patenti alındı ve 1851'den 1905'e kadar üretildi. 1821'de bu icatından dolayı *Legion d'honneur* nişanı ile ödüllendirildi. 1878'de Almanya'da Burkhardt, 1883'de İngiltere'de Layton tarafından üretilmeye başlandı.

Curta, Avusturyalı mühendis **Curt Herzstark** (1902-1988) tarafından II. Dünya Savaşı sırasında tasarlanarak 1948'de tanıtılan küçük sayısal mekanik cep hesaplayıcısıdır, (Şekil-5.28). Hesaplayıcı ile toplama, çıkarma, çarpma, bölme ve karekök alma ve diğer işlemleri yerine getirebilmekteydi. Curta'nın tasarımı, Alman *Gottfriett Leibniz* 'in adımla hesaplayıcısı (stepped reckoner) ile Fransız *Thomas de Colmar* 'ın arithmometer'i, adımlanmış tambur mekanizmasıyla tamamlanmış veya ilave edilmiş çarklar üzerinde artırılan değerler soyundandı.

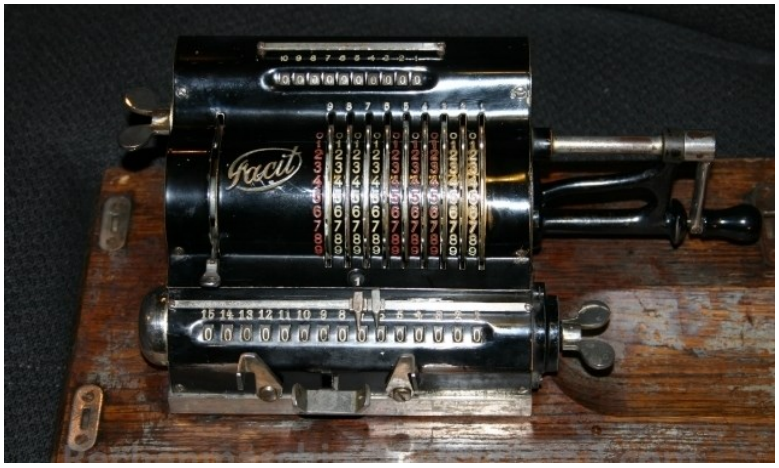
Brunsviga Firması tarafından da ikili (Şekil-5.29) ve üçlü (Şekil-5.30) mekanik hesap makineleri yapılmıştır. Bunlardan başka hesap makinesi yapan firmalardan *Triumphator, Hamann, Odhner, Walter, Alpina, Facit* (Şekli-5.32) ve *Remington* gibi isimler en tanınmış firmalardır.



Şekil-5.29 Brunsviga firmasının tasarladığı bir ikili mekanik hesap makinesinin haritacılara yönelik iki reklamı (1.'de y_N, x_N koordinatları, 2.'de nokta kestirmesi)



Şekil-5.30 Brunsviga firması tarafından tasarlanmış bir üçlü mekanik hesap makinesi (1954-1964)



Şekil-5.31 Facit, Odhner tipi mekanik hesap makinesi (1918-1924)

Kolla çevrilen tuşlu veya tırnaklı hesap makineleri yanında dönüşün elektrik motoru ile yapıldığı elektrikli hesap makineleri de yapılmıştır, (Şekli-5.36). Harvard Üniversitesi matematik profesörü **H. Hathaway Aiken** (1900-1973), 1937'de elektrikli hesap makinesi yapmıştır. İkinci Dünya Savaşı'nın ardından yukarıda isimleri verilen firmaların pek çoğu elle çalışan hesap makinelerini geliştirerek elektrikle çalışan hesap makineleri de yapmışlardır.

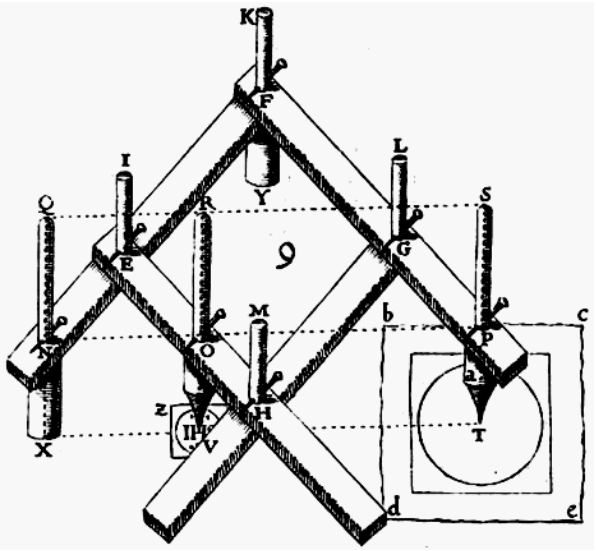
Şekil-5.32 Facit, CS1-13 tipi elektrikli hesap makinesi (1956-1965)

1951'de Alman jeodezi profesörü **Karl Ramsayer** (1911-1982) tarafından yapılan ve fonksiyon hesap makinesi adını verdiği hesap makinesi ile trigonometrik doğal değerlerle yorucu enterpolasyon işlemi gereksiz hale getirilmiş ancak aynı yıllarda elektronik hesap makinelerinin icadı ile bu çalışma önemini yitirmiştir.

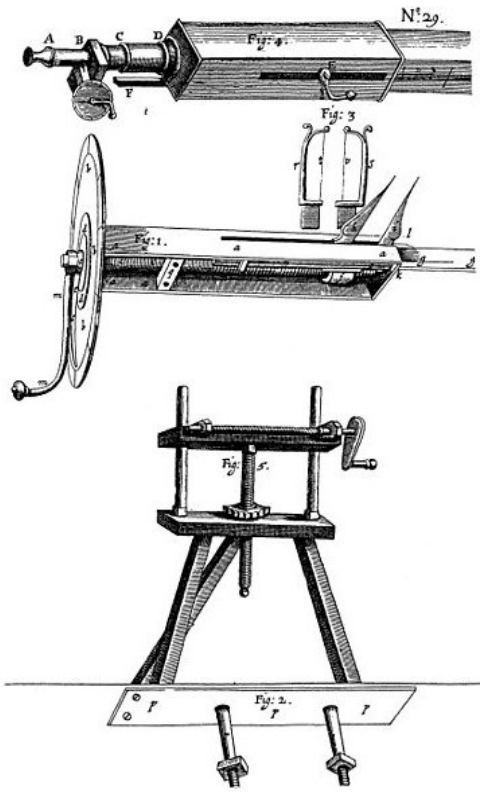
5.7. Jeodezik aletler

İlk olarak 1608'de Hollanda'lı mercek yontucu ve gözlükçü **Hans Lipperhey** (1570-1619) dürbünü icad etmiştir. O zamana kadar mercekler yalnız gözlükte kullanılıyordu. Bir çırağı iki merceği tesadüfen gözüne taktığında bazı eşyaların daha yakınlaştığını fark ederek durumu ustasına anlattı. O da bir boru içerisine iki mercek yerleştirerek yaptığı bu ilk dürbünü Hollanda Hükümetine satmaya çalıştı. Hükümet yetkilileri bu yeni icadın savaşta yararlı olacağını gözönüne alarak olayı gizli tuttu. 1608'de dürbünün patentini aldı.

Bu olayı duyan İtalyan astronom **Galileo Galilei** (1564-1642), 1609'da özel bir dürbün imal ederek astronomi çalışmalarında kullanmıştır. **Johannes Kepler**, 1610'da konveks mercekli astronomik dürbün yaparak 1611'de bu dürbünün teorisini açıklamıştır. 1603'de pantograph'ı icat eden (Şekil-5.33) Alman astronom **Christopher Scheiner** (1575-1650), 1612'de ise astronomik bir dürbün yapmıştır.

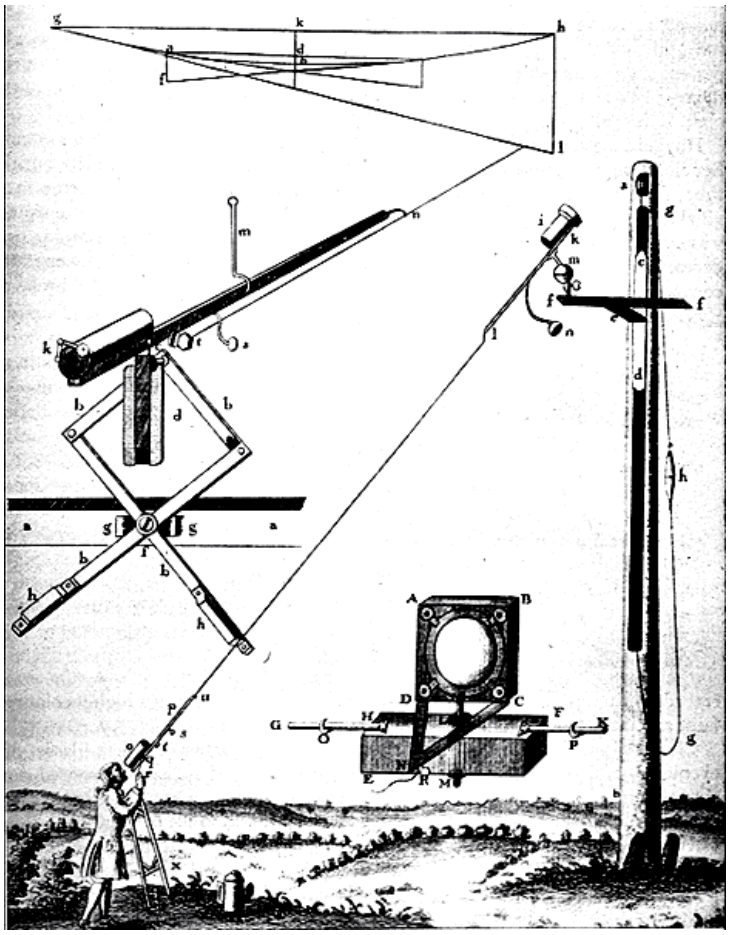


Şekil-5.33 C. Scheiner'in pantograph'ı



Şekil-5.34 W. Gascoigne'nin

1630'da **Francesco Generini** (1593-1663), dürbüne bir oküler diopteri ve 1640'da İngiliz astronom **William Gascoigne** (1612-1644), vidalı mikrometre yaparak (Şekil-5.34) aynı zamanda dürbünün odak düzlemine ipek bir kıl ağı (gözlem çizgileri) takmıştır. 1662'de Bologna'lı İtalyan amatör astronom **Cornelio Malvasia** (1603-1664) iki çapraz kılla (retikül, yani gözlem çizgileri) yaptığı gök dürbününde kesin gözlemler yapılmasını sağlamıştır. 1684'de Hollanda'lı bilim adamı **Christiaan Huygens** (1629-1695), dürbün, dürbün objektifleri ve cam mercek yapımı ile uğraşmıştır, (Şekil-5.35).

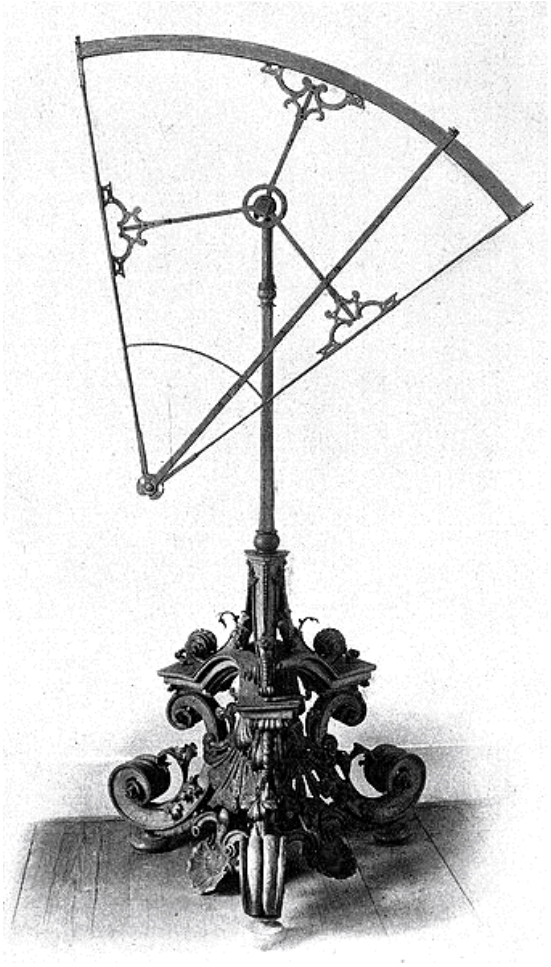


Şekil-5.35 Christian Huygens'in dürbünü (Aeiral teleskopu)

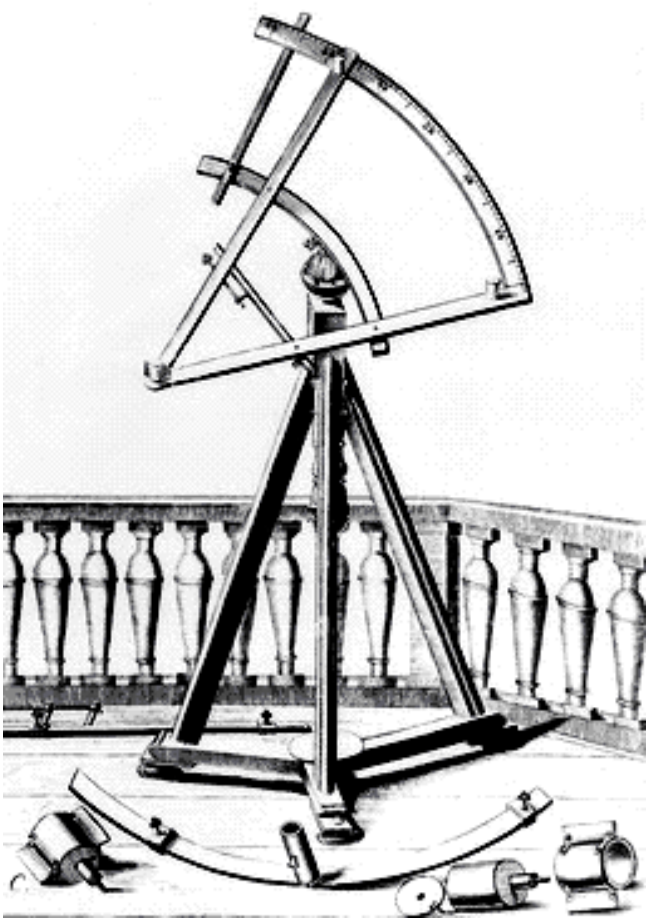
Dürbünün icadının ardından açı ölçme aletlerinden kuadrant'da geliştirilmiştir. Kuadrantların alidatları için 1631'de **Pierre Vernier** (1580-1637) kendi adı ile anılan vernier (verniyer) düzenini geliştirdi, ayrıyeten gözlem düzeni (diopter) yerine iki dürbünün takıldığı verniyerli ve az hareket vidalı kuadrantlar yapıldı. Bu aletlerle düşey düzlemde düşey açılar ölçülebildiği gibi alet çevrilerek yatay düzlemde yatay açıları ölçme imkanı da doğmuştur.

Alman astronom ve jeodezik alet yapımcısı **Erasmus Habermehl** (1538-1606), bir çok kuadrant yapmıştır, (Şekil-5.36).

Yine Almanca konuşan Polonyalı astronom **Johannes Hevelius** (1611-1687), sekstant aletleri yaparak ikinci eşi **Elisabeth Koopmann**'la (1647-1693) Ay yüzeyine gözlemleyerek Ay haritası da yapmıştır. 1679'da bütün gözlemlerini, aletlerini ve kitaplarını yakmıştır.



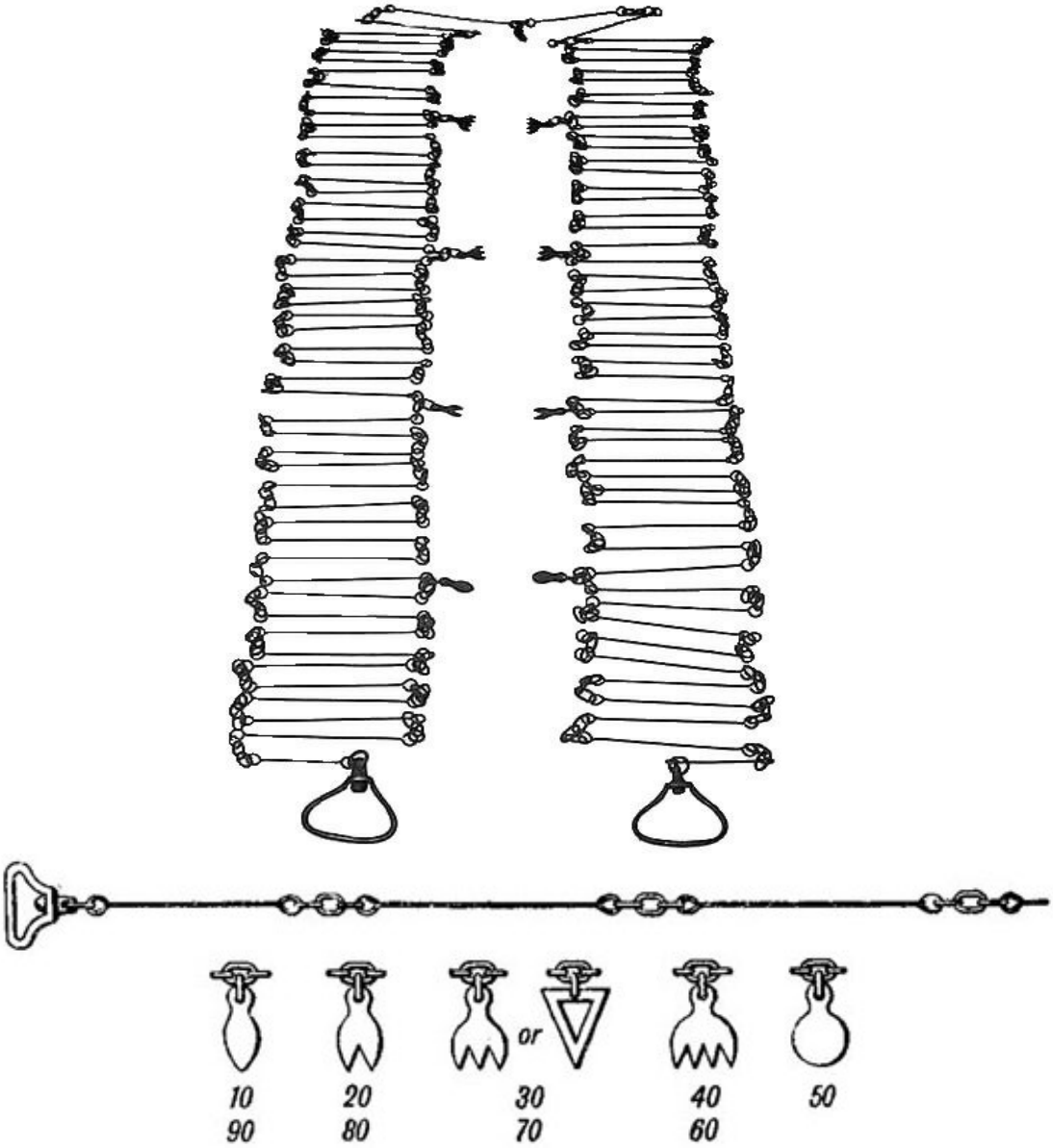
Şekil-5.36 Habermehl'in kuadrantı (1600)



Şekil-5.37 Hevelius'un çelik sekstantı (1640)

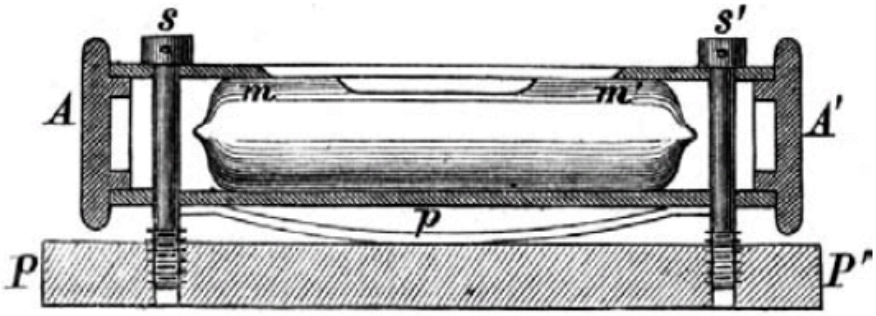
Uzunluk ölçmelerinde, İngiliz matematikçi ve astronom **Edmund Gunter**'in (1581-1626) 1620'de icat ettiği ve adı ile anılan 100 baklalı 66 feet (≈20 m) uzunluğundaki *Gunter's Chain* (Gunter zinciri) kullanılmakta idi, (Şekil-5.42). 1629'da İtalyan mimar ve mühendis **Giovanni Branca** (1571-1645) lastik hortumlu nivelman yapmıştır. Böylece; 30-40 m uzunluğunda bir hortumla köşe arkaları gibi görünmeyen noktalara yükseklik taşıma olanağı doğdu.

1643'de **Benedictus Hedraeus** (1608-1659), merkezdışı hatasını gidermek için açı okumalarında bölüm dairelerinin 180^0 farklı yerlerine konulacak çift verniyerli bir okuma düzeni geliştirdi. Bu şekilde açının artık bölümü iki kez ölçülerek aritmetik ortalaması alınabiliyordu.



Şekil-5.38 Edmund Gunter'in uzunluk ölçme zinciri ve birimleri

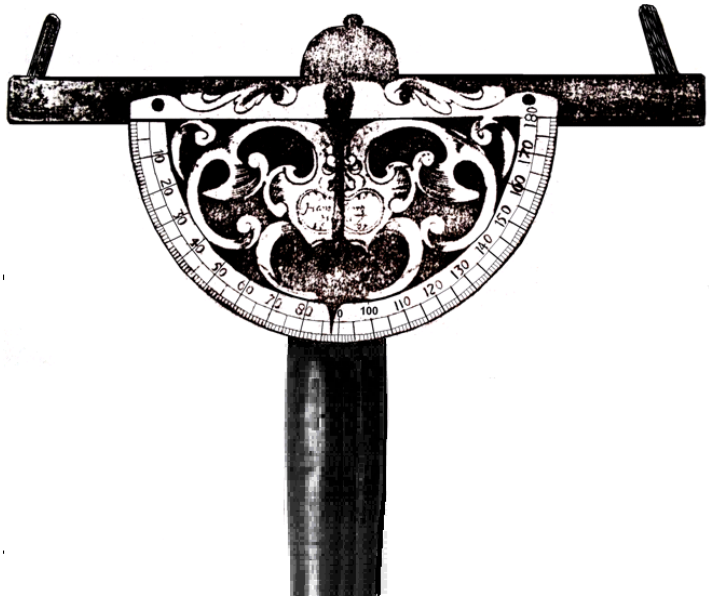
1658'de **Philippe Danfery** (? - ?) pirinçten pusula yaptı. Üç alidatlı ve dış dairesinin dönebildiği bu düzenekte birbirine dik olarak monte edilmiş diopter düzeneği bulunmaktaydı. Dış daireye bağlı ve buna teğet bir cetvel açıları plançete üzerindeki kağıta taşıma imkanı tanımaktaydı.



Şekil-5.39 Melchisedech Thevenot'un kapalı silindirik düzeci

1661 ve 1662'de **Olbrycht Strumienski** ve Fransız **Melchisedech Thevenot** (1620-1692) birbirlerinden habersiz olarak kapalı silindirik düzeçi icat ettiler, (Şekil-5.39).

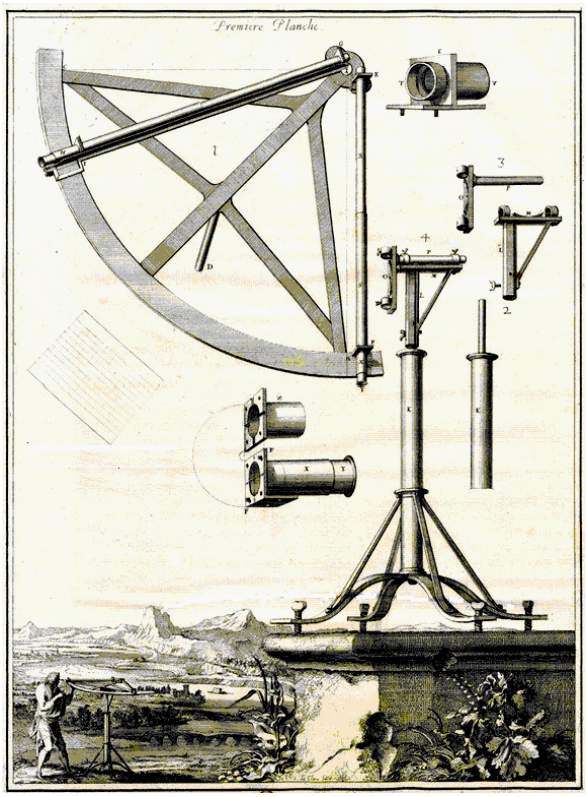
1667'de **Hans Georg Hertel** (1626-1698) tarafından yarım daire şeklinde bir eğim ölçme aleti yapılmıştır, (Şekil-5.40). Sap düşey tutularak, nişangah (diopter) eğilerek gözlem yapılabilmekteydi. Düşey olarak serbest salınan ok, bölümlemede eğim açısını (veya başucu açısını) göstermektedir. Prinçten imal edilen bu eğim ölçerin çapı 171 mm idi.



Şekil-5.40 Hans Georg Hertel'in eğim ölçeri (1667)

Şekil-5.41 Adım sayacı (padometre) ve ölçmeci

Bir insan adımının uzunluğu da haritacılıkta önemli rol oynamıştır. Latince 1000 adım anlamına gelen *millia passuum* kelimesi kısaltılarak *milliarum* olmuş ve daha sonra da *mil* olarak kısalmıştır. Adım saymak amacıyla ceket veya cebine takılıp ipi bacağa bağlayarak çift adımları sayacak araçlar (*pedometer*) geliştirilmiştir, (Şekil-5.41). Bu dönemde atın ayağına takılarak at adımlarını sayan sayaçlarda tasarlanmıştır.



Şekil-5.42 Picard'ın dürbünlü kuadrantı (Mesure de la Terre, Paris 1671)

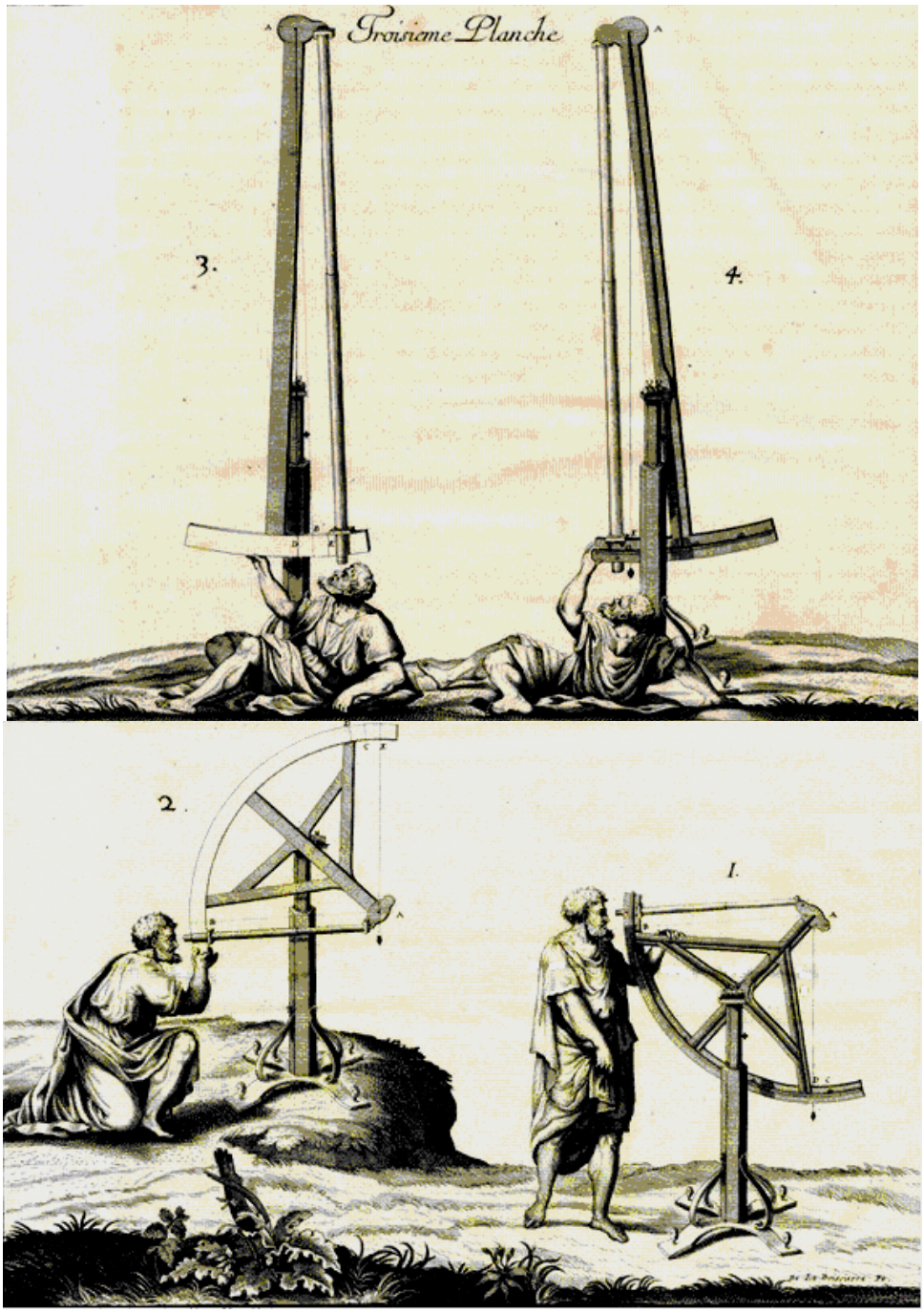
Jean-Felix Picard (1620-1682), 1669'da dürbünlü bir kuadrant (Şekil-5.42) yapmış ve bu ölçme aletini 1671'de yayınlanan *Mesure de la Terre* isimli eserinde tanıtmıştır. 1670'lerde ise yaptığı dürbünlü bir nivelman aletine sarkaçlı terazi adını vermiştir. Bu aletin yataylanması altına asılı bir ağırlık ile sağlanıyordu.

1673'de **J. Herd** (? - ?), bölüm dairesini düzgün olarak işaretleyen bir makine yapmıştır. Aynı yıllarda yeni verniyerli ve aynalı kuadrantlarda kullanılıyordu, (Şekil-5.43). Esasen yıldızların konumlarının belirlenmesi için merkezine bir ayna konularak geliştirilmiş kuadrant, günümüzde gemicilikte kullanılan *sekstant*'ın (altıda bir daire) öncüsü olan alettir.

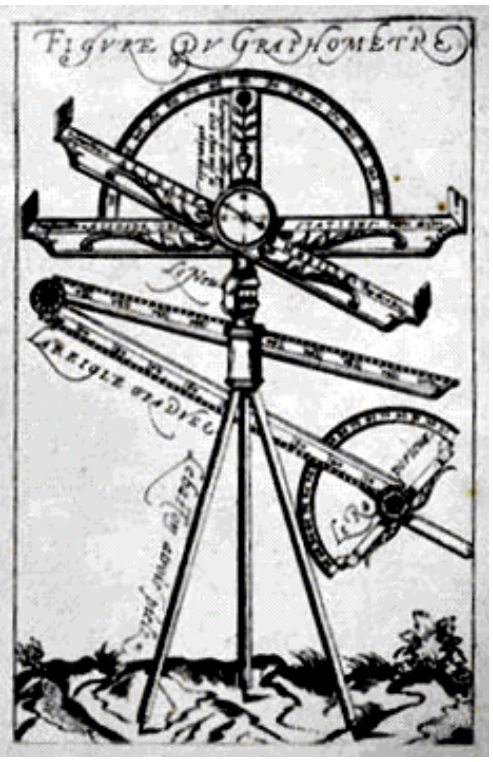
1674'de İtalyan astronom ve matematikçi **Geminiano Montanari** (1633-1687), dürbündeki kıllar ağı ile sabit mira boyu kullanarak optik uzunluk ölçümünü başarmıştır.

Isaac Newton (1642-1727), 1687'de bir aynalı sekstant aleti yapmıştır.

Şekil-5.47'de (Mathematics – Theodolite – Graphometer - Science / Nuova Enciclopedia / 1866) 17. yy'dan kalan 20 cm çapında prinçten yapılmış erken dönem Fransız ölçme aletleri olan graphometer aletleri görülmektedir. Bu aletlerde, yarım daireye bağlı bir diopter cetveliyle açının bir kolu, hareketli ve yine diopterli olan diğer bir çubukla da açının diğer kolu gözlenmekteydi. Bölümlenmiş yarım dairede açı okunmaktaydı.

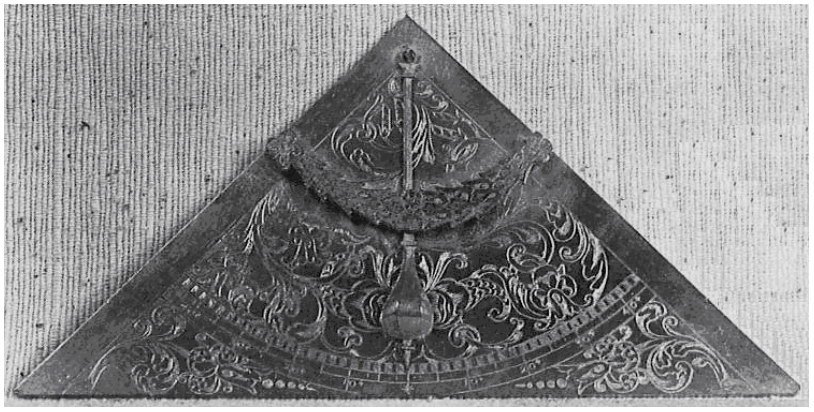


Şekil-5.43 Dürbünlü verniyerli (1 ve 2) kuadrant ile ölçme ve astronomik (3 ve 4) gözlemler (Mesure de la Terre, Paris 1671)



Şekil-5.44 Graphometer (1680)

1643'de **Johann Friedrich Franck** (? - ?) tarafından üretilen mükemmel ölçme aletleri ve topçuluk setine ait aletlerden biri de sert çelik inclinometer'dir. (eğim ölçer, Şekil-5.45). Bu aletin üzerindeki süslemeler son derece güzeldir. Eğimi ölçülecek yüzeye alet yerleştirilerek çekülün gösterdiği değer yüzeyin eğimi olarak okunmaktaydı.



Şekil-5.45 Inclinometer (eğim ölçer)

1687'de **Heinrich Buchart**'ın (? - ?) yaptığı haritacı astrolabium'u (usturlab) küresel bir başlıkla bir sehpa üzerine oturtulmuş ve istendiğinde yataylanarak yatay açı ve ihtiyaç duyulduğunda bölümlendirilmiş daire düşeylenerek düşey açı ölçülebilmekteydi. 1690'da astronomik azimut dairesinin otomatik yataylanması için ağırlıktan yararlanılmıştır.

5.8. Haritacılık çalışmaları

1600'de Almanya'nın Schsen (Saksonya) Bölgesi'nde ülke ölçmelerine başlandı. Hollandalı coğrafyacı **Willem Janszoon Blaeu** (1571-1638), 1604'de Hollanda haritası, 1605'de 18 paftalık büyük bir Dünya haritası yapmıştır. 1606'da silindirik projeksiyonunda bir Dünya haritası (Şekil-5.46) yaparak bu çalışmalarını 1619'da 2 cilt olarak (*Theatrum Orbis Terrarum*) ve daha sonraları 1634'de 12 ciltlik atlaslar yayınlamıştır. Oğulları **Joan Blaeu** (1596-1673) ve **Cornelis Blaeu** (1610-1648) babalarının çalışmalarını devam ettirmişlerdir.

Şekil-5.46 Willem Janszoon Blaeu'nun Dünya haritası
Nova Totius Terrarum Orbis Geographica ac Hydrographica Tabula
(Amsterdam, 1635)

1611'de İsveçli jeodezik ve astronomik alet yapımcısı kartograf **Bure Anderas** (1571-1646), yaptığı 1/4.400.000 ölçekli İskandinavya haritasını (Şekil-5.47) yayınladı.

Fransız kartograf **Nicoles Sanson** (1600-1667), 1632'de Fransız Posta Yolları Haritası, 1644'de Fransa Atlası, 1648'de 82 paftalık Dünya Atlası yapmıştır. Çocukları **Nikola S.** (1626-1648), **Guilanne S.** ve **Adrien S.** tarafından çalışmaları sürdürülmüştür. Fransızlar haritalarda başlangıç meridyenini 1634'de Paris'ten tam 20^0 boylam farklı Ferro'da (Kanarya Adaları) almışlardır. Çok daha önceleri **K. Ptolemaius**'un (Batlamyus - MS 85-165) haritalarında da boylam için başlangıç Ferro Adalarıydı.

Şekil-5.47 Bure Andreas'ın İskandinavya haritası (1626)

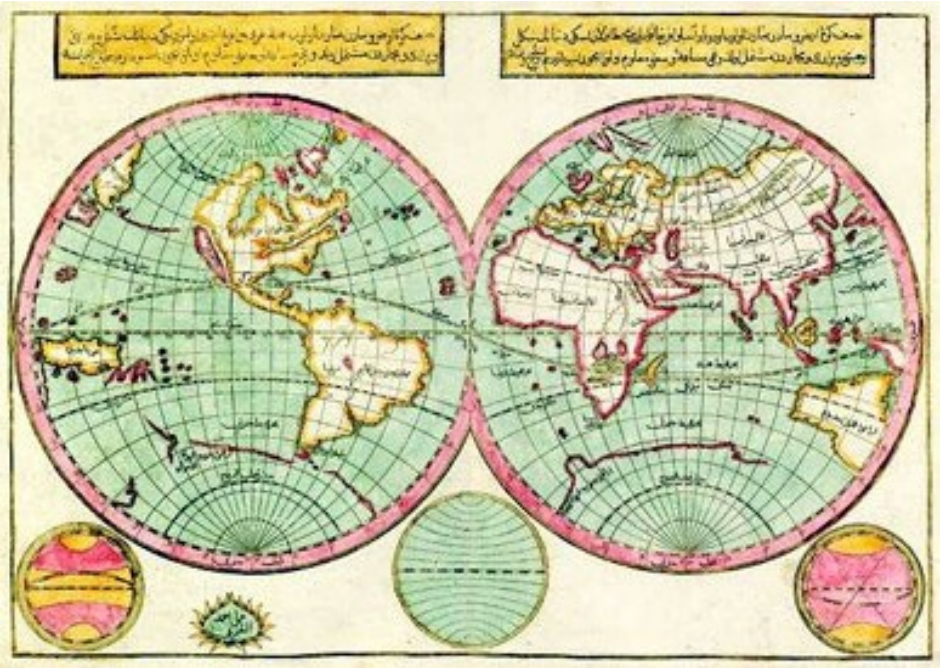
Fransız kartograf **Nicoles Sanson** (1600-1667), 1632'de Fransız Posta Yolları Haritası, 1644'de Fransa Atlası, 1648'de 82 paftalık Dünya Atlası yapmıştır. Çocukları **Nikola S.** (1626-1648), **Guilanne S.** ve **Adrien S.** tarafından çalışmaları sürdürülmüştür. Fransızlar haritalarda başlangıç meridyenini 1634'de Paris'ten tam 20^0 boylam farklı Ferro'da (Kanarya Adaları) almışlardır. Çok daha önceleri **K. Ptolemaius**'un (Batlamyus - MS 85-165) haritalarında da boylam için başlangıç Ferro Adalarıydı.

Katip Çelebi ya da **Hacı Halife** (1609-1657), Osmanlı Devleti döneminde 17. yy'da yaşamış Türk tarihçi, coğrafyacı ve bibliyografıdır.

- En önemli eseri islam coğrafyasının bilinen en değerli eserlerini içeren 15.000 kitap ve 10.000 müellifi (yazar) alfabetik dizinde anlatan *Keşfez-zunun'an esami el-kutup ve-l-fünun* isimli eseridir.
- 1645'deki Girit Seferine katılarak haritaların nasıl yapıldığını inceleme fırsatı buldu. Bunun neticesinde 1648 ve 1654 yıllarında iki kez yazdığı ve **İbrahim Müteferrika**'nın (1674-1745) 1732'de *Matbaa-i Amire* 'de bastığı ikinci önemli eseri *Cihannüma* (Dünyayı Gösteren) isimli coğrafya ansiklopedisidir. 1648'de **Şeyh Mehmed İhlasi Efendi** ile birlikte **Gerhard Mercator**'un (1512-1594) *Atlas Minör* 'ünü Latince'den Türkçe'ye çevirerek işe başladı. 1654 baskısı için **Abraham Ortelius**'un (1527-1598) *Theatrum Orbis Terrarum*, **Philipp Clüver**'in (1580-1622)

Introductio in Universam Geographiam (1624) ve **Giovanni Lorenzo d'Anania**'nın (1545-1609) *L'universale Fabrica del Mondo Overo Cosmografia (1573)* isimli eserlerinden yararlanmıştır. İçinde 25 harita bulunan bu coğrafya kitabı batı kaynaklarını Osmanlı coğrafyacılığına tanıtması bakımından önemli bir eserdir, (Şekil-5.48).

- 1654'de *Levamiü'n-nur fi Zulmeti Atlas Minör* isimli başka bir coğrafya kitabı daha yazdı. Bu kitap **G. Mercator** ve Hollandalı Flaman kartograf **Jodocus Hondius**'un (1563-1612) *Atlas Minör* 'ünden *(The Great Mercator-Hondius Atlas)* yapılmış şerhli, açıklamalı bir çeviri eserdir. Bir nüshası Nuruosmaniye Kütüphanesi'ndedir.



Şekil-5.48 Kitab-ı Cihannüma'da Dünya haritası

1619'da İngilizler tarafından Hindistan'ın ilk haritası yapılmıştır.

1619-1635 yılları arasında Württemberg'de (Almanya) ölçü ve harita yapım çalışmaları başladı. Bu çalışmalarda 1620'de **Wilhelm Schickard** (1592-1635) tarafından yapılan nirengiden yararlanılmıştır.

İsviçre'nin Zürih kentinde yaşayan ressam, matematikçi, ölçmeci ve kartograf **Hans Conrad Gyger** (1599-1674), ülkedeki büyük alanlarda ilk sistematik ölçmeleri gerçekleştirendir. Nirengiyi grafik olarak ilk defa kullanarak 1664-1667 yılları arasında *Grosse Landtafel des Kantons Zürich* isminde Zürih Kantonu'nun 1/32.000 ölçekli 56 paftalık haritasını yaptı, (Şekil-5.49). Bu harita, nadir kullanılan bir düşey perspektif uygulaması olmasının yanı sıra yer şekillerinin gölgelendirilerek gösterildiği İsviçre'deki bilinen en eski örnektir.

Şekil-5.49 Hans Conrad Gyger'in Zürih Kantonu haritası

1656'da Almanya'da Hessen Eyaleti prensi tarafından yapılan yönetmelikte ilk defa ***kadastro*** kelimesi kullanılmıştır.

Evliya Çelebi (1611-1682), 17. yy'ın önde gelen seyyahlarından olup 40 yıl süreyle Osmanlı Devleti topraklarında gezmiş ve gördüklerini 10 ciltten oluşan *Seyahatname* adlı eserinde toplamıştır.

- Gördüğü bir rüya üzerine seyahatlerine başladı. Rüyasında İstanbul'da Yemiş İskelesi civarındaki Ahi Çelebi Camisi'nde muazzam bir cemaat olup en baştada İslam peygamberi **Hz. Muhammed** (**s.a.v.**, 570-632), dört halifesi ve ashabı da bulunmaktaydı. Zar zor karar vererek peygamberin yanına vararak *"Şefaat ya Resulallah"* diyeceğine *"Seyahat ya Resulallah"* der. Böylece 70 yaşına kadar sürecek, yaşayacağı çeşitli sıkıntılara karşın asla vazgeçmeyeceği seyahate başladı.
- 1672-1673 yıllarında Nil nehrinin kaynağı *Cebel-i Kamer* 'e ulaşmak üzere Mısır'a seyahat etti. Mısır'ı anlattığı seyahatnamesinin 10'uncu cildine ilave olarak 18. yy'dan bu yana *Biblioteca Apostolica Vaticana* 'da (Vatikan Kütüphanesi) bulunan *Dürr-i bi-misil in ahbar-ı Nil* (Nil'in Bilgileri Üzerine Benzersiz İnci) isimli 5,43 m boyunda 0,88-0,45 cm arasında genişliği olan Nil Nehri haritası da bulunmaktadır, (Şekil-5.50). Haritada 500'e yakın şehir, kale, dağ, vadi, göl, kavimler, vahşi hayvanlar, altın yatakları ve ticaret malları vb bilgiler yer almaktadır.
- Karşılaştığı ilginç olayları okuyucuya aktararak kitabına renk katmıştır. 17'nci yy'da İstanbul ve civarında 8 işyerinde 15 kişinin haritacılık sanatı ile uğraştığı görülmektedir. Evliya Çelebi, bu haritacıların birkaç lisan

özellikle Latinceyi bildiklerini ve Avrupa coğrafi eserlerinden istifade ederek deniz haritaları hazırlayarak denizcilere sattıklarını anlatmaktadır.

Şekil-5.50 Evliya Çelebi'nin Nil Nehri haritasında Nil Deltası
(Haritanın alt tarafı kuzeydir)

Oxford'da kitapçılık yapan İngiliz matematikçi **John Collins** (1625-1683), Giovanni Alfonso Borelli, Gottfried Leibniz, Isaac Newton ve John Wallis gibi zamanının öncü bilim adamları ve matematikçileri ile yaptığı uzun süreli yazışmaları ile bilinmektedir. Bu yazışmaları onun pek çok keşif ve gelişmeler yapmasını sağladı. 1671'de geriden kestirme hesabında adı ile anılan trigonometrik çözüm yolunu bulmuştur.

1692'de Alman kartograf **Johann Ulrich Möller** (1653-1715) tarafından 1/1.800.000 ölçekli bir yol haritası yapılmıştır. Bu haritada 1100 konaklama yeri ve 1300 şehrin uzaklıklarını göstermiştir.

Şekil-5.51 Johann Ulrich Möller'in Kuzey Amerika haritası

Şekil-5.52 H. Scherer'in Atlas Novus'unda Dünya haritası (1710)

Alman cizvit coğrafyacı **Heinrich Scherer** (1628-1704), 1680'e kadar *Dillingen Üniversitesi* 'nde ibranice ve matematik profesörü idi. Daha sonra Mantua ve Bavaria (Bavyera) prensliklerinde önemli görevlere getirildi. Beğenilen ve tanınan bir kartograf olarak kabul edildiği çalışmalarını, Bavyera'daki muhteşem evinde özel öğretmenlik yaptığı München'de (Münih) yaşadığı sıralarda yaptı. **H. Scherer**'in Dünya atlası olan *Atlas Novus* 'un ilk basımı 1702-1710 yılları arasında Münih'de yapıldı, (Şekil-5.52). İkinci basımı 1730-1737 arasında yapılan atlas, 18'inci yy'ın başlangıcında Avrupa haritacılığının geliştiği dönemde neredeyse devrimsel nitelikli çalışma olup fevkalade nadir şekiller içermekteydi. Doğal, hiyerarşik, politik, coğrafi belgeler, deniz, eleştirel ve yapay coğrafya olmak üzere yedi müstakil bölümden oluşmaktadır.

5.9. Ölçme Bilgisi konusunda yazılan kitaplar

1600'de Hollandalı kartograf ve ölçmeci **Johan Sems** (1572-1635) ve **Jan Pietersz Dou** (1573-1635) ile birlikte jeodezi kitabı yazdılar, (Şekil-5.53).

Jacob Koebel'in (1462-1533) *Geometrey* isimli kitabının 1616'da Frankfurt'da (Almanya) yayınlanan baskısında standart uzunluk olarak 16 feet (≈5,5 m) uzunluğundaki *rute*'nin tanımını gösteren şekil de verilmiştir, (Şekil-5.54). O zamana kadar rute (veya rod) İngiltere'de 16,5 feet, Almanya'nın Saksonya, Bavyera ve Baden gibi bölgelerinde farklı değerlerde, İsveç'te 16 feet olup 1 feet 23,51 ile 40,83 cm aralığında ortalama 31,387 cm uzunluğunda idi.

Şekil-5.53 J.Sems ve J.P.Dou'nun jeodezi kitabının kapağı

Şekil-5.54 16 feet=1 rute (J. Koebel, Geometrey, 1616)

1625'de **Muzio Oddi** (1569-1638), hapishanede *Arazi Ölçüsü* adında bir kitap yazdı.

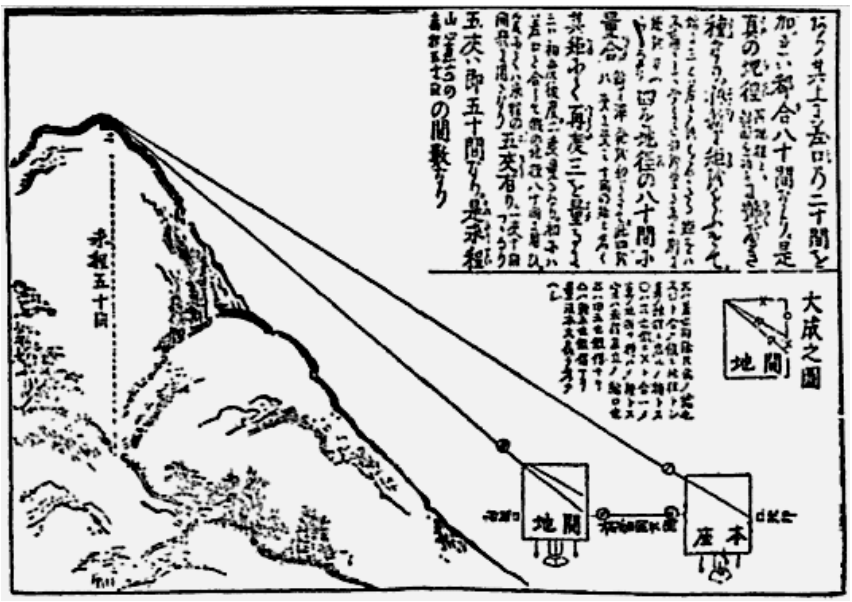
1627'de Davos'lu **Johann Ardüser**'in (1584-1665) 12 ciltlik *Pratik ve Teorik Geometri* isimli kitabı Zürih'te basılarak yayınlandı. 1646'da ikinci baskısı yapılan kitap 14 cilt oldu.ı

1643'de Fransız coğrafyacı ve matematikçi **Georges Founier**'in (1595-1652) *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) ve *Aritmetik Oyunlar* (1694) gibi pek çok kitap yazmıştır.

1673'de **Bernhard Cantzlers** (? - ?) yazdığı *Summa Geometricae Practicae* (Arazi Ölçümü) isimli Nürnberg'de yayınladığı kitabında plançete ve pusula ile alımdan söz etmiştir.

Japonya'da 18. yy'ın başlangıcında **Murai Masahiro** tarafından yayınlanan *Riochi Schinan* (Ölçme Bilgisi) isimli kitabında denizen ortasında bulunan bir adadaki tepenin yüksekliğinin nasıl ölçüleceği açıklanarak benzer problemlere yer verilmiştir, (Şekil-5.55).



Şekil-5.55 M.Masahiro'nun Riochi Schinan isimli eserinden yükseklik hesabı (1700)