



Historical Methods for Distance Measurement

G. Kamisheva¹, A. Kamishev

¹Institute of Solid State Physics
Bulgarian Academy of Sciences
72 Tsarigradsko shose Blvd, Sofia
gkamish@issp.bas.bg



Abstract. Distance measurement is a human practice from an antiquity. There are many different methods (direct, and indirect). Access to the measuring area is needed for direct method. Indirect methods will be discussed in this work only. The area that is out of the reach has been measured by trigonometrical method. Thales described this method for the first time in sixth century before Christ. He described how to calculate the remoteness of the ship from the seaside and determination of the altitude of pyramids in Egypt. Because some Bulgarian sources show different value, measuring units and their transformation have been used in this work to evaluate circumference of the Earth.

Key words: Methods, Measuring, Distances, History

1. Увод

Методите за измерване на разстояния имат хилядолетна история. Те са най-различни и се делят на преки и непреки. Преките методи изискват наличието на достъп до измерваната територия. За нас представляват интерес непреките методи. Исторически са се променяли не само методите за измерване, но и мерните единици за разстояние. Принципно те могат да бъдат разделени на ъглови и метрични. Мерните единици и превръщането им са използвани в тази работа за сравняване и оценка на различните стойности за обиколката на земята, които се срещат в средновековната българска литература.

2. Йоан Екзарх

Повод за настоящото изследване е текст на Йоан Екзарх, писан в края на 9 и началото на 10 век. Йоан Екзарх е висш български духовник от Преславската книжовна школа [1]. Две от съчиненията му съдържат текстове по физика, астрономия и медицина. Първото, наречено “Небеса” (~ 893 година), е превод от гръцки на съчинението “Извор на знанието” на византийския богослов Йоан Дамаскин (~650 – 754) [2]. Йоан Екзарх превежда половината от него, т.е. 48 глави като го нарича “Богословие”. Утвърденото днес на български заглавие “Небеса” идва от началната глава на превода.

В “Пролога” към него Йоан Екзарх пише, че трябва да се превежда по смисъл. За себе си той пише доста самокритично “исках много пъти да опитам да превода полезните учителски разяснения на славянски език ... като изминаха няколко години, достойният човек черноризец Дукс [брат на княз Борис, син на българския хан Пресян (836 – 889)] настоя пред мене, когато аз отидох на посещение при него, повелявайки ми и молейки да превода учителските разяснения” [3].

Във второто запазено съчинение “Шестоднев” [4] Йоан Екзарх подчертава, че “наблюденията не са достатъчни за достигане до истината. Необходими са дълбоки разсъждения и пресмятания”. Той пише, “че слънцето е многократно по-голямо от самата земя, а земното кълбо е два пъти по-голямо от луната. Обиколката на земята е 252 000 стадия, а нейният диаметър е повече от 80 000 стадия”. Йоан Екзарх дава за размерите на Земята стойностите, изчислени от Ератостен през III или II век пр.н.е. Такива данни липсват у Василий Велики и Севериан Гавалски [5, с. 27].

3. Стадий

Името на мерната единица, която Йоан Екзарх използва идва от думата стадион (stadion), какъвто е и терминът на английски език. Единицата стадий е равна на обиколката на стадиона. Според Херодот един стадий е равен на 600 гръцки стъпки. С течение на времето дължината на стъпката се е променяла. Има няколко единици за “стадий” [6].

Название	Дължина (-)	Описание
Пешеходен	157 м	-
Олимпийски	176 м	600 × 294 мм
Италиятски	185 м	600 × 308 мм
Вавилонски	196 м	600 × 327 мм
Финикийски	209 м	600 × 349 мм

До XV век най-широко приетата стойност за обиколката на земята е 180 000 стадия, получена от Посидоний и приета от Птолемей през 2 век от н.е. Тя е значително по-неточна от стойността, дадена в Шестоднева на Йоан Екзарх.

Вид на стадия	Дължина на стадия	Стадий x 252,000	Процентно различие
Олимпийски	176.4 m	44 452,8 km	+10.9%
Италиятски	184.8 m	46 569,6 km	+16.2%
Вавилонски	196.1 m	49 417,2 km	+23.3%
Финикийски	209.2 m	52 718,4 km	+31.5%

Ако изчисленията се направят при големина на 1 стадий = 185 метра, то се получава в съвременни единици за диаметъра на Земята 80 000 стадия = 14 784 км и обиколката на екватора 252 000 стадия = 46 569,6 км. Тяхната точност е много добра. Съвременните стойности за диаметъра на земята и обиколката ѝ са съответно 12 745 км и 40 075 км, което означава, че грешката на Ератостен е само 16%” [5, с. 27].

4. Тригонометричен метод

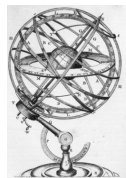
Един непряк метод по който се изчисляват недостъпните разстояние е тригонометричният. Той е описан за пръв път от Талес (624 – 547 година пр.н.е.) [7]. Методът за изчисляване на разстоянието от кораб до брега. Двама наблюдатели, които се намират на брега измерват разстоянието помежду си (L) и ъглите между брега и кораба (A и B). Търсеното разстояние D е височината на равнобедрения триъгълник $D = L/(1/\text{tg } A + 1/\text{tg } B)$. Чрез него Талес пресмята и височината на пирамидите в Египет [8].

5. Небесна сфера

Един запазен уред, за определяне положението на отдалечени обекти е небесната сфера. Тя представлява сферична карта на съзвездията. Смята се, че е създаден през 4 век пр.н.е. в Китай. Небесната сфера е предшественик на армиларната сфера [7].



Небесна сфера



Модел



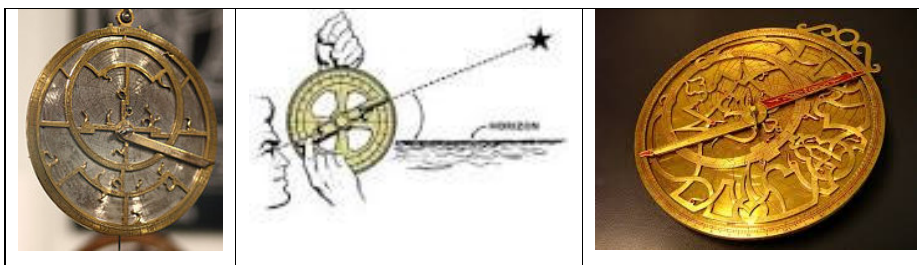
Стокхолм (1585)



Флагът на Португалия с армиларна сфера

6. Армиларна сфера

Армиларната сфера е модел, който демонстрира движението на звездите и планетите около земята. Армиларната сфера се състои от множество сферични рамки в центъра на които е земята или слънцето. Хипарх (190 – 120 година пр.н.е.) пише, че Ератостен (276 – 124 година пр.н.е.) е изобретил армиларната сфера.



7. Астролабия

Инструментът, с който се измерва разстоянието до недостъпни обекти се нарича астролабия. Тя представлява проекция на небесната сфера върху равнина и служи за астрономически и триангулационни измервания. Смята се, че е изобретена от Аполониус от Перга между 220 и 150 година пр.н.е. Астролабията се използва за измерване височината на звездите и планетите над хоризонта и за определяне на географската ширина на сушата. Уредът е бил неудобен за пътешествия. Затова през 15 век португалски майстори създали морската астролабия.

8. Заключение

Ако приемем, че различните стойности за обиколката на екватора се дължат както на разликата в големината на мерната единица (стадий), така и на естествени геофизични процеси, то бихме могли да изкажем хипотезата, че повърхността на Земята се е изменяла с времето във вертикално направление с постоянна скорост.

Литература

- [1] Ц. Чолова 1988 *Естественонаучните знания в средновековна България* (БАН, София); 2013 *Образованието в средновековна България* (НБУ, София).
- [2] Ц. Тачев 1982 *Из историята на естествознанието в България* (Народна просвета, София) с. 28-72.
- [3] К. Иванова, Богословие (Небеса) Пролог, съчинен от Йоан Презвитер Екзарх Български (http://promacedonia.com/zv/j_ekzarh.html).
- [4] Йоан Екзарх 1981 *Шестоднев* превод Н. Кочев (Наука и изкуство, София).
- [5] М. Борисов, А. Ваврек, Г. Камишева 1985 *Предшественици на разпространението и развитието на физическите науки в България* (Народна просвета, София) с. 5-65.
- [6] E. Gulbekian, 1987 "The origin and value of the stadion unit used by Eratosthenes in the third century B.C." *Archive for History of Exact Sciences* 37(4) 359–363.
- [7] А. Бонов, 1982 *Възгледите за вселената на Йоан Екзарх Български* (Наука и изкуство, София).
- [8] D. W. Duke 2011 "The Very Early History of Trigonometry" *International Journal of Scientific History* (17) 34-42.