

Задачи об измерении расстояний и высот. Эратосфен (275-194 до н.э.)

1. Клеомед.Круговращение.2017: Клеомед: Учение о круговращении небесных тел с вступительной статьей переводчика (Щетников А.И.)//В сборнике Афонасин Е.В., Афонасина А.С., Щетников А.И. Античный космос. Очерки истории античной астрономии и космологии. - СПб: Издательство РХГА, 2017. -403с. - С. 80-162.

<http://www.astro-cabinet.ru/library/Kleomed/kleomed-teoriya-krugovrascheniy-nebesnih-tel.pdf>

с.118-122, рис. на с.121.

Также метод Посидония, Звезда Канопус видна с Родоса на уровне горизонта, а в Александрии она уже поднимается над горизонтом.

Bowen A. C., Todd R. B. Cleomedes' lectures on astronomy. A translation of The Heavens with an introduction and commentary. - Oakland, CA: Univ. of California Press, 2004. - 254с.

Cleomedis1891.pdf

Cleomedis_Meteora_Graece_et_Latine_A_Rob 1609.pdf, p.220

Клеомед. Его издал, с обширным комментарием и латинским переводом, Ф. Баке в Лейдене, в 1820 г.

2. Ушаков.История-1.2009,с.14-16: Эратосфен измеряет окружность Земли.
3. Дитмар А.Б. Родосская параллель (Жизнь и деятельность Эратосфена). - М: Мысль 1965г. - 72с.
4. Baeyer1993: Hans Christian von Baeyer: The Fermi Solutions. - New York: Random House, 1993. - 173p. (pp.3-12) p.5-6

Если от Нью-Йорка до Лос-Анжелеса 3 тыс. миль и три часа разницы, которые составляют одну восьмую всего дня, то можно предположить, что окружность Земли составит 24 тыс. миль [Ваеуер1993,р.5]. Это хорошая оценка с высокой точностью. А теперь попробуйте посчитать этот же на примере Москвы и Владивостока? Результат будет не столь радостный.

А как быть с перелетом Франкфурт - Лос Анжелес: 10 тыс. км, 9 часов разницы во времени? Земля получается не очень больших размеров. (где-то 27 тыс. км в окружности).

5. *Известным в настоящее время результатом его наблюдения представляется определение расстояния между тропиками: он нашел его равным $11/83$ целого круга. В тесной связи с астрономией находится замечательная геодезическая работа Э., состоящая в определении длины александрийского меридиана. Пользуясь частью произведенными измерениями, частью показаниями путешественников, он нашел эту длину равной 250000 стадий. Позднее это число было увеличено, может быть, самим Э., может быть, его преемниками до 252000 стадий. Дуга меридиана в 1° оказывалась, таким образом, равной 700 стадиям.* (В. В. Бобынин)
Из статьи Эратосфен: Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. — С.-Пб.: Брокгауз-Ефрон 1890—1907.
<http://www.endic.ru/brokgause/Jeratosfen-45705.html>
6. Щетников2010: Щетников А. И. Измерение астрономических расстояний в Древней Греции // Схолэ. — 2010. — № 4. — С. 325—340.
<http://astro-cabinet.ru/library/Schetnikov/ismerenie-rasstoyaniy-v-drevney-grecii.pdf>
7. Nicholas Nicastro: Circumference: Eratosthenes and the Ancient Quest to Measure the Globe. - New York: St. Martin's Press, 2008.

-240p.

8. Newlyn Walkup: Eratosthenes and the Mystery of the Stades// <https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/eratosthenes-and-the-mystery-of-the-stades-introduction>
9. Donald Engels: The Length of Eratosthenes' Stade// The American Journal of Philology
Vol. 106, No. 3 (Autumn, 1985), pp. 298-311 The Johns Hopkins University Press
DOI: 10.2307/295030; Page Count: 14
<http://www.jstor.org/stable/295030>
10. Эратосфен// <https://vikent.ru/author/659/>

Одно из наблюдений было привязано к местности вблизи Сиены (Асуан). В русле Нила непосредственно ниже первого порога, напротив Сиены, находился остров, на котором был глубокий колодец. В дни летнего солнцестояния в воде колодца можно было увидеть отражение солнечного диска. Этот колодец был хорошо известен с давних времен, и, конечно, туристы древности специально поднимались вверх по Нилу, чтобы увидеть это удивительное зрелище, повторявшееся каждый год. Оно означало, что в этот день солнце, несомненно, находится прямо над головой. Второе наблюдение было сделано во дворе Александрийского музея, где стоял высокий обелиск.

Используя его в качестве гномона, Эратосфен измерил длину полуденной тени в день солнцестояния, что позволило ему определить величину угла между обелиском и лучами Солнца. Имея эти сведения, Эратосфен затем прибежал к хорошо известной теореме Фалеса, гласившей, что на крестлежащие углы, образованные при пересечении двух параллельных прямых третьей прямой, равны между собой. Параллельные линии представляли падавшие на Землю лучи Солнца. Солнечные лучи, вертикальные к земной поверхности в Сиене, можно было мысленно продлить до центра Земли. Так же до центра Земли можно было продлить

и линию обелиска, стоявшего тоже вертикально, но в Александрии. Тогда угол между солнечными лучами и вертикальным обелиском должен быть таким же, как и угол у центра Земли. Теперь нужно было решить, какую часть окружности составляет дуга, стягивающая угол.

Эратосфен определил, что она равна 1/50 всей окружности. После этого оставалось лишь величину расстояния между Сиеной и Александрией, которая равнялась примерно пятистам милям, умножить на 50. Таким образом, Эратосфен пришёл к выводу, что окружность всей Земли равна примерно 25 000 миль (как стало известно теперь, окружность Земли, проходящая через полюса, составляет 24 860 миль».

Престон Джеймс, Джеффри Мартин, Все возможные миры: история географических идей. - М., «Прогресс», 1988 г., с. 58-61.

Geoffrey J. Martin

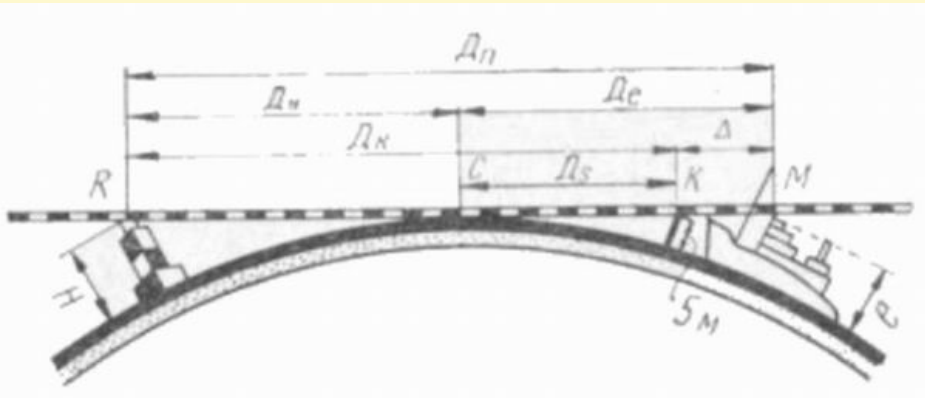
All Possible Worlds: A History of Geographical Ideas. - Oxford: Oxford University Press, 2005. - p.624.

11. Измерение окружности Земли по картам Google.
Провести одну линию не получится. Сначала ставим самый маленький масштаб. Видна пунктирная линия экватора. Измеряем расстояние между несколькими точками на экваторе с помощью встроенной функции. Когда последняя точка совпадет с начальной, получим окружность земного шара. В моем случае получилось 40 030 км. Другое измерение выдало ответ 40 156. Для практических целей этого вполне достаточно.
12. Goldstein.Eratosthenes.1984: Goldstein B. R. Eratosthenes on the 'measurement' of the Earth.//Historia Mathematica, #11, 1984, p. 411-416.
https://ac.els-cdn.com/0315086084900259/1-s2.0-0315086084900259-main.pdf?_tid=c810e140-46bc-402b-982a-379e5a601928&acdnat=1528434586_542b8f3e1257cd2bdb07f50e

[61da087e](#)

13. Bowen A. C. Cleomedes and the measurement of the Earth: a question of procedures // Centaurus, 50, 2008, p. 195–204.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1600-0498.2003.450106.x>
14. Dutka J. Eratosthenes' measurement of the Earth reconsidered. Archive for History of the Exact Sciences, 46, 1993, p. 55–66.
https://www.researchgate.net/publication/226214781_Eratosthenes'_measurement_of_the_earth_reconsidered
15. Bematist - человек в древней Греции, который специально тренировал свой шаг и измерял расстояния.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Bematist>
16. Donald W. Engels: Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army. - Oakland, CA: University of California Press, 1980. - 208 p.
17. МатСост2015: Математическая составляющая / Редакторы-составители: Н.Р.Андреев, С.П.Коновалов, Н.М.Панюнин (Сотрудники лаборатории популяризации и пропаганды математики Математического института им. В.А.Стеклова РАН), Художник-оформитель Р.А.Кошкаров - М: Фонд «Математические этюды», 2015. - 151с. - Тираж 14 тыс. (осн.+доп.).
Расстояние до горизонта:
<http://book.etudes.ru/toc/skyline/>
18. Ермолаев Г.Г. , Андронов Л.П. , Зотеев Е.С. , Кирин Ю.П., Черниев Л.Ф. . Морское судоходство. - Издание третье, переработанное. -М: Издательство «Транспорт», 1970. - 368с. - Тираж 10000.

§ 11. Дальность видимости предметов. с.19. {iCloud Books}
 {Ермолаев Герман Григорьевич (1925-1986)
<http://odessa-memory.info/index.php?id=485>}



<https://flot.com/publications/books/shelf/shipnavigation/13.htm>

19. Измерения и расчеты.

<http://green.mosmetod.ru/izmereniya-i-raschetu>

20. Подсолнечная точка (Sunsolar point)

Радиус земли из расстояния до горизонта.

Линия горизонта с разной высоты.

Номограмма Струйского

Задача из списка Говерса: Можно ли из Хельсинки увидеть
 25 этажный отель в Таллине.

Это 80 км. Есть бинокль. Наблюдатель на 14 этаже.

Дальность видимого горизонта наблюдателя складывается с дальностью видимого горизонта предмета.

Горизонт = $3.6 \cdot \sqrt{h}$

1.6 м - 4.5 км

10 м - 11.4 км

14 этаж 45 м - 24 км

25 этаж 80 м - 32 км

100 м - 36 км

1000 м - 114 км

Самолет 10000 м - 360 км

Итого: видимость 56 км. Отель не виден.

Какова должна быть высота в отеле в Таллине, чтобы видеть его с 14 этажа в Хельсинки?

240 м.

Номограмма Струйского к сожалению ограничивает высоту наблюдателя 18 метрами.

Однако, вспомнив, что расстояния до горизонта наблюдателя и наблюдаемого суммируются, можно из нее найти, что линия горизонта для 25 этажа (80м) - 18.5 миль, для 14 этажа (45м) - 14 миль. Для их совместного наблюдения: $18.5 + 14 = 32.5$ мили или 58.5 км. Это несколько больше нашего предыдущего расчета, но существенно меньше расстояния от Таллина до Хельсинки (80км).

Время написания Клеомедом его трактата.

Измерительные процедуры в трактате Клеомеда.

Измерение высоты пирамиды Фалесом.

Глубина залегания станций метрополитена.

МатСост2015, с. 47.

Статья Википедии про эскалатор (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Эскалатор>) сообщает нам, что угол наклона эскалатора в метро составляет 30^0 , глубина залегания станции метро Адмиралтейская в СПб 86 м, а пропускная способ-

ность эскалатора - 10 тыс. чел/час теоретически и 5-6 тыс. чел/час практически на подъем и 7.5 тыс. чел/час на спуск.
Скорость 0.75 м/с, что составляет 2.7 км/ч.
По скорости движения: 0.75-1 м/с
По числу ступенек и их длине.
По количеству ламп освещения.

21. *Бируни Аль (Birouni Al) Абу Раухан Мохаммед бен Ахмед (962-1048) - знаменитый магометанский космограф, родился в 962 году, ум. в 1048 году. Кроме астрономии, физики и математики, Альбируни занимался также хронологией восточных народов, а в особенности индийских. Исторические рассказы, легенды, описания нравов и обычаев, имеющиеся у него, при этом, составляют неисчерпаемый источник материалов для истории Востока. Большинство произведений Бируни написаны на арабском яз., но есть также и персидские, а « Kittab attafhim» Бируни написан на обоих языках. Европейские библиотеки имеют некоторые из главнейших произведений этого автора. Э. Захау (Sachau) издал Б. «Chronologie orientalischer Volker»(Лейпц., 1878) и «Albirouni's India» (Лонд., 1887).*

Ф.А. Брокгауз, И.А. Ефрон Энциклопедический словарь.

22. Al-Biruni's Classic Experiment: How to Calculate the Radius of the Earth
StormsHalted
<https://owlcation.com/stem/How-to-Determin-the-Radius-of-the-Earth-Al-Birunis-Classic-Experiment>
23. Amelia Carolina Sparavigna: The Science of al-Biruni
<https://arxiv.org/pdf/1312.7288.pdf>
24. Сурдин.Вселенная.2017, с.33
С какого расстояния сделано это фото?

Парашютисты.

Парашютист в затыжном прыжке летит равномерно со скоростью около 50 м/с (есть где-то у Перельмана, Занимательная физика 1971, с.56, Затыжной прыжок парашютиста; Знаете ли вы физику 2016, Затыжной прыжок с парашютом, с.10). Прыжок Евдокимова Н.А. (1909-1938)

Парашютист с парашютом - 5-7 м/с. С такой скоростью и приземляется.

Формула лобового сопротивления. Зависит от скорости.

Приравниваем силе тяготения. Из этого, подставив значения, получаем скорость приземления парашютиста и скорость затыжного прыжка. Также просто можно найти высоту, с которой нужно прыгать, чтобы приземлиться со скоростью приземления парашютиста. Как оказалось, это от 1 до 2.5 м.

[<http://aerodinamika-v-tehnike.ru/kratkie-svedeniya-aerodinamike/dvizhenie-tel-vozdukhe>]

1. Евдокимов летел 142с., не раскрывая парашют. А должен был, по идее, 40с. (свободное падение тела)

2. Расчет сопротивления воздуха, тело движется не с ускорением, а с постоянной скоростью. 50 м/с

Формула. Приблизительная. Как заметил комментатор, а зачем тогда ЦАГИ.

3. Скорость движения с парашютом тоже постоянная. 5-7 м/с.

4. С какой высоты надо прыгнуть (без парашюта), чтобы коснуться земли со скоростью приземления парашютиста: 1-2.5 м.

Камушек с высоты 4.9м падает 1с. [Ланге 1985, с.53]

Предельная скорость падения плашмя 190 км/ч (53 м/с)

Как с 47 этажа. Солдатиком 240 км/ч

<https://thequestion.ru/questions/20831/pravda-li-chto-pri-pade-nii-s-5-etazha-chelovek-naberet-takuyu-zhe-skorost-chto-i-pri-pade-nii-s-vysoty-1000-metrov>



