ژئودزی 1

ترم دوم 99-98

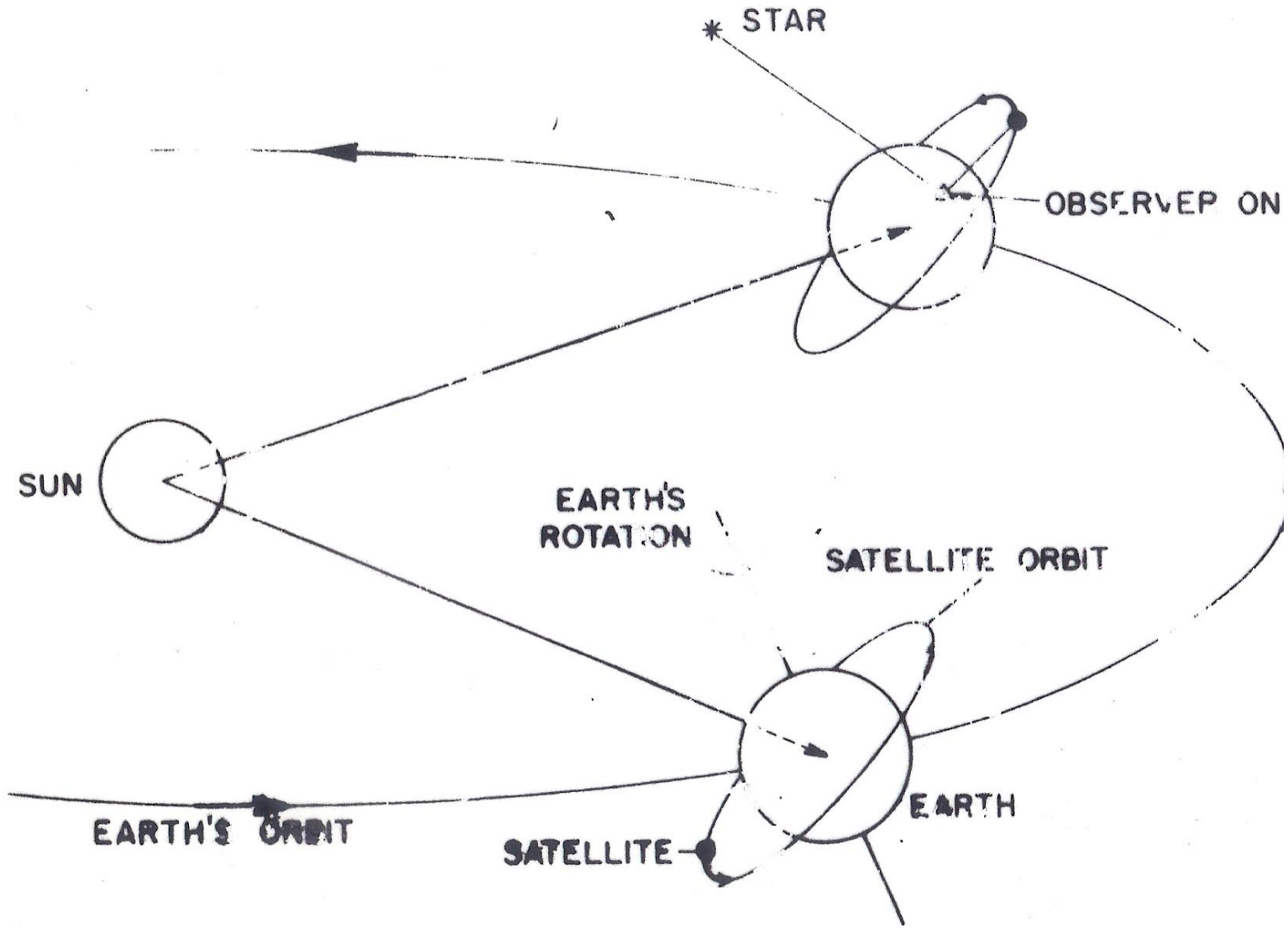
جزیرئیان

بنام خدا

مقدمه

« تعریف و هدف ژئودزی»

علم تعیین شکل زمین به صورت ریاضی و اندازه‌گیری‌های در سطح وسیع که در واقع زمانیکه فواصل زیاد می‌شود نقشه‌برداری‌های معمولی جوابگوی محاسبات و اندازه‌گیری در روی زمین نیست در اینجا مجبور به استفاده از محاسبات ریاضی پیچیده تری می باشد که با استفاده ازآنهابتوان محاسبات را انجام داد. و چون با فیزیک زمین سر و کار دارد و نیز زمین همیشه در حال تغییر وتحول است، پس نیاز به مطالعات و تحقیق و اندازه‌گیری‌های دقیق داریم، بطور کلی تعیین شکل ریاضی زمین-تعیین ژئویید-تعیین ثقل زمین-تعیین اختلاف ارتفاع‌ها-تعیین ارتفاع ژئویید- نجوم همگی از اهداف ژئودزی می‌باشد.


STAR
OBSERVER ON
SUN
EARTH'S
ROTATION
SATELLITE ORBIT
EARTH'S ORBIT
SATELLITE
EARTH

فصل اول

تاریخچه ژئودزی

این فصل به چهار قسمت زمان‌بندی شده تقسیم می‌شود. اولین قسمت حوادث ژئودزی را از زمان تالس (Thales) تا سقوط امپراتوری روم بیان می کند. قسمت دوم شامل حوادث مربوط به قرون وسطی و دوره رنسانس و شروع دوران استولاسیون تا اواسط قرن هیجدهم مقارن با قبول تئوری جاذبه عمومی نیوتن (Newton) می‌باشد. قسمت سوم حوادث مربوط به دویست سال بعد را تا پایان جنگ جهانی دوم که مقارن با قبول تئوری جاذبه انشتین (Einstein) بود می پوشاند. آخرین قسمت، قسمت چهارم، اختصاص به پیشرفت‌های اخیر علم ژئودزی در تقریباً چهل سال گذشته دارد.

۱ ـ ۱ ـ شروع تاریخی ژئودزی

در دوران یونان ژئودزی به صورت یک موضوع داغ باب روز شده بود به طوری که تعدادی از بهترین نسخه های زمان تمام انرژی خود را صرف آن کرده بودند. اولین عقیده ثبت شده در زمینه ژئودزی منسوب به تالس (۶۲۵ تا ۵۴۷ قبل از میلاد) بنیانگذار مثلثات از شهر میلتوس (Miletus) می باشد. تصور نامبرده این بود که زمین به شکل یک جسم دیسک مانند و شناور در یک اقیانوس بیکران است. تعبیر نویسنده از تصور فوق در شکل شماره ۱ ـ ۱ نشان داده شده است.

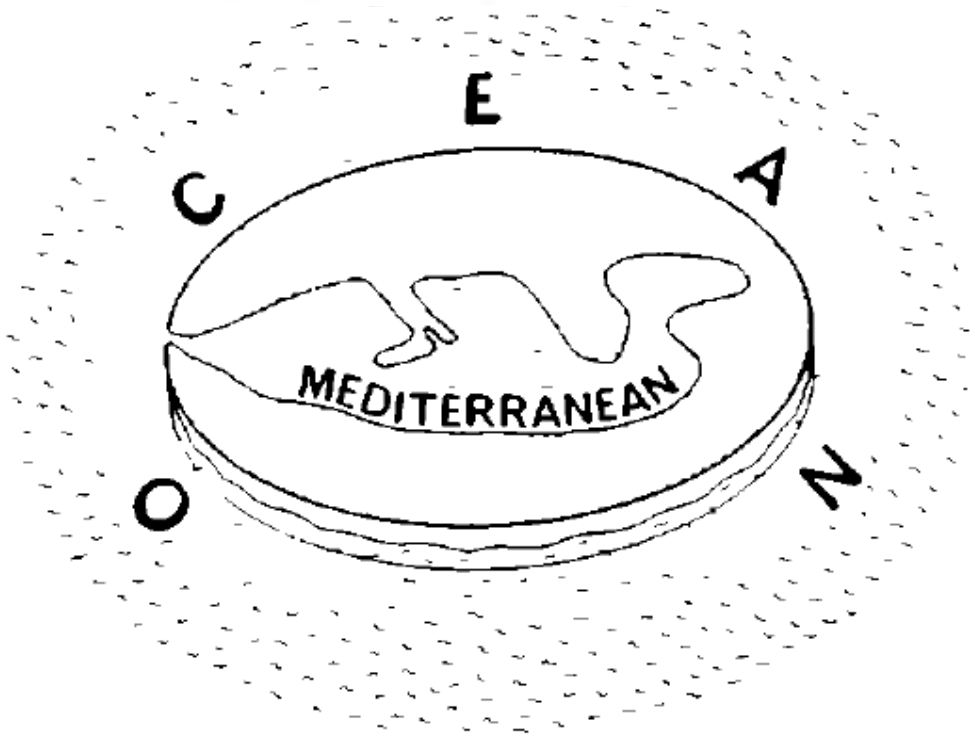


FIG. 1.1. Authors' interpretation of Thales's concept of the earth.

آناگز ماندر Anaximander (٦١١ تا ٥٤٥ قبل از میلاد) از شهر میلتوس، هم عصر تالس، باور داشت که زمین مسطح ولی دارای شکل استوانه‌ای است (شکل ۲ ـ ۱)، شکل ۲ ـ ۱ نیز نشان دهنده تعبیر نویسنده از عقیده آناگز ماندر ارائه شده در کتاب [Asimor 1972] می باشد. وی اولین کسی بود که راجع به یک کره سماوی صحبت کرد. این عقیده قرون متمادی در افکار منجمین نفوذ داشته و هنوز هم در نجوم موضعی صحبت از

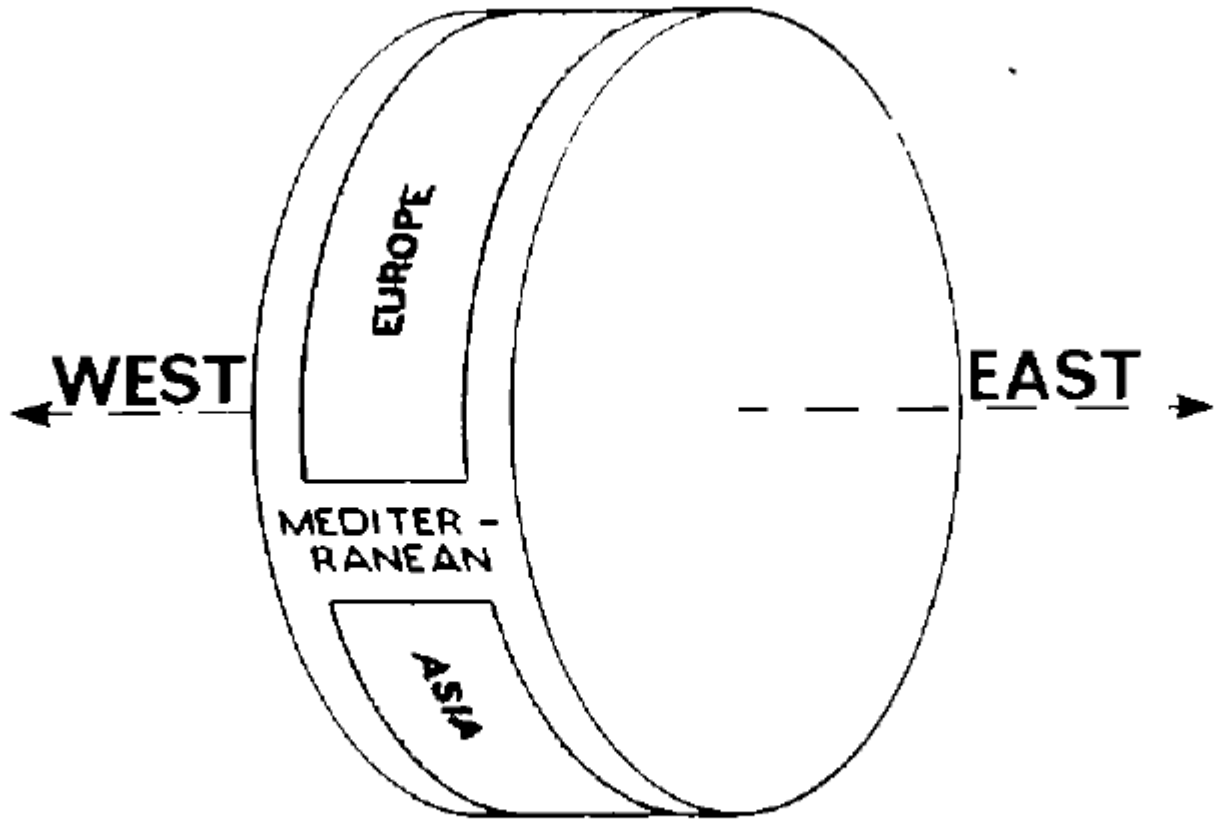


FIG. 1.2. Authors' interpretation of Asimov's description of the figure of the earth according to Anaximander.

کره سماوی است. آناگز ماندری، (شاگردان آناگز ماندر) تغییراتی در طرح تالس دادند بدین صورت که زمین را هم جسم شناوری در دریای محدود که به وسیله هوای فشرده در فضا نگهداشته شده است فرض کردند کتاب (Brown 1949) این عقیده توسط نویسنده در شکل ۳ ـ ۱ نشان داده شده است.

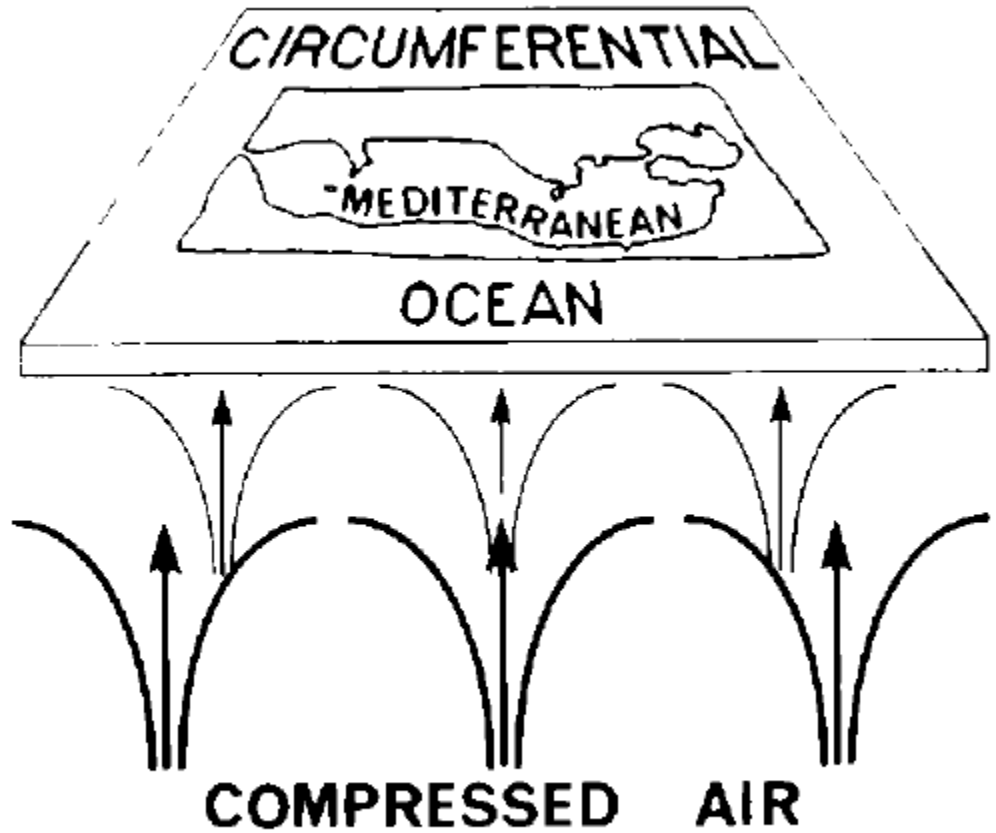


FIG. 1.3. Authors' modification of Brown's interpretation of Anaximenes's earth.

گروه فیثاغورث (Pythagoras) (۵۸۰ تا ۵۰۰ قبل از میلاد) اولین گروهی بودند که زمین را کروی می پنداشتند. عقیده‌ای که بخوبی تا دو هزار سال دوام داشت. کار این گروه بعداً توسط فیلولاس (Philolaus) (اواسط قرن پنجم قبل از میلاد) تالیف شد. فیلولاس اولین کسی بود که فکر می کرد زمین مرکز عالم نیست بلکه مرکز عالم در Hestia (آتش مرکزی) بوده خورشید و سایر اجرام در مسیرهای دایره شکل دور این آتش می گردند. در اواخر قرن ششم قبل از میلاد هکاتوس (Hecataeus) از شهر میلتوس یکی از اولین نقشه های دنیا را ترسیم کرد. (شکل ٤ ـ ١)

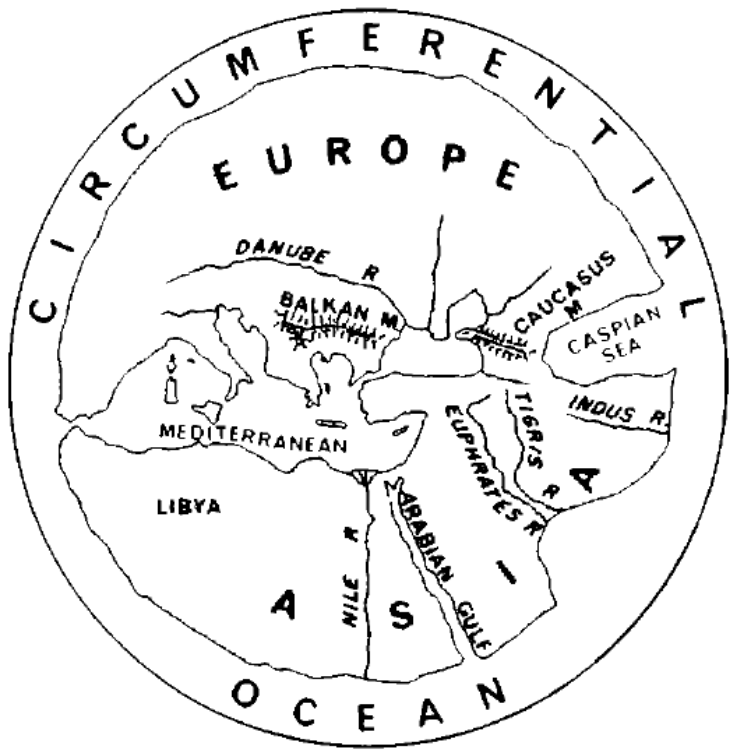
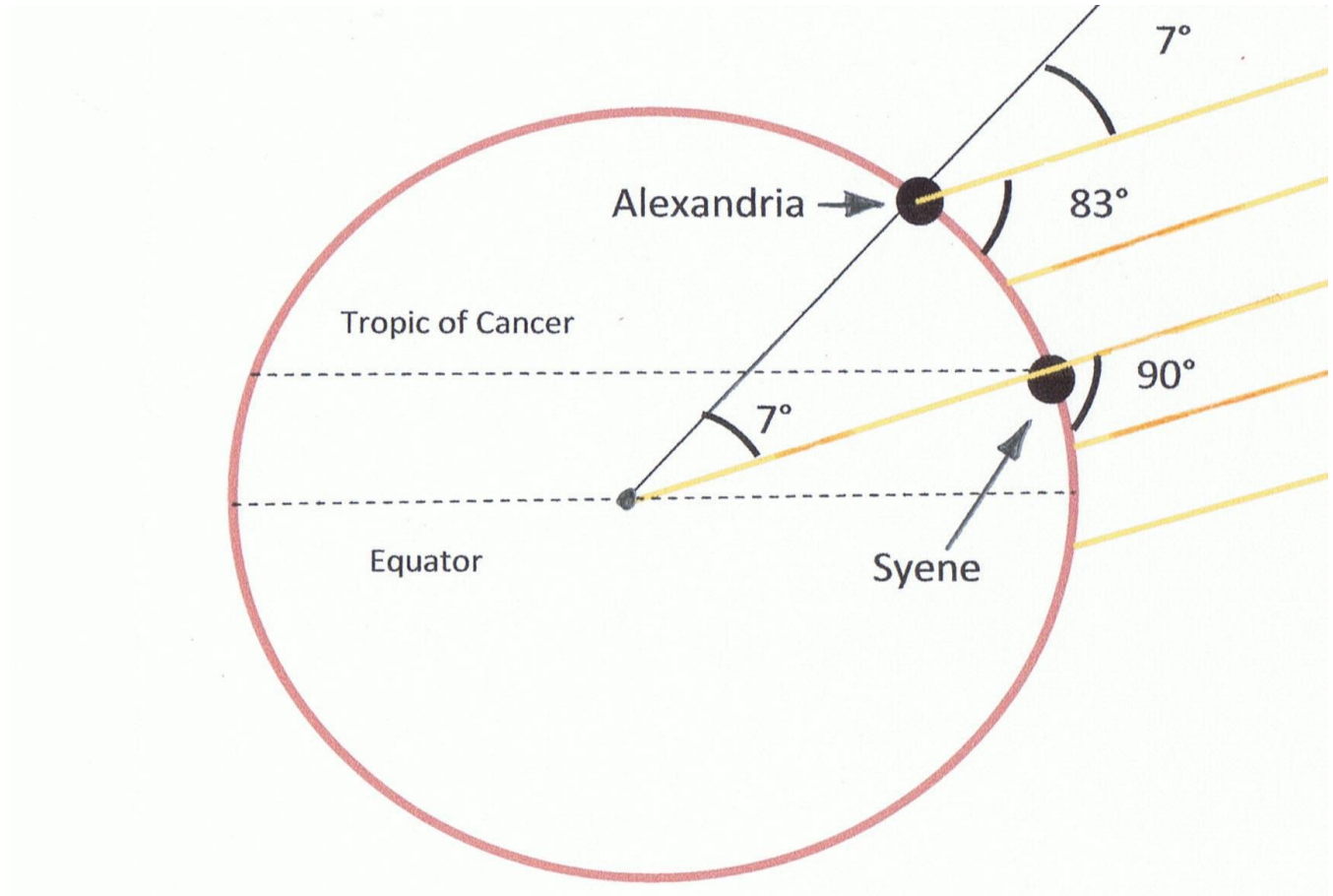


FIG. 1.4. Hecataeus's map of the world.

در اینجا به زمان اراتستنس بر می گردیم. چرا که کار وی از نقطه نظر ژئودزی جالبترین بوده است. اراتستنس حامل عنوان پرافتخار کتابدار موزه اسکندریه (مؤسسه‌ای معادل دانشگاه امروزی) بوده. وی را می توان بنیانگذار راستین ژئودزی دانست. نتیجه اندازه گیری وی از ابعاد زمین (با فرض اینکه زمین کروی است) در فصل هفتم با بعضی از نتایج مدرن (امروز) مقایسه شده است. برای تعیین شعاع کره زمین اراتستنس اختلاف عرض جغرافیائی بین دو شهر آسوان و اسکندریه را همراه با فاصله آن و شهر اندازه گیری کرد.



تلاش دیگری برای تعیین شعاع کره زمین توسط پوزیدنس (Posidonius) (۱۳۵ تا ۵۰ قبل از میلاد) صورت گرفت. وی تاثیر انکسار نور را نیز در نظر گرفت ولی امروزه مشخص شده است که کار وی در درجه دوم اهمیت

نسبت به اراتستنس بوده است. اراتستنس نظیر بعضی از اسلاف خود عقیده داشت یک اقیانوس سراسری روی کره زمین وجود دارد. هفده قرن طول کشید تا صحت این ادعا ثابت گردد. نظر اراتنسنس نسبت به سطح زمین در شکل ۵ ـ ۱ نشان داده شده است.

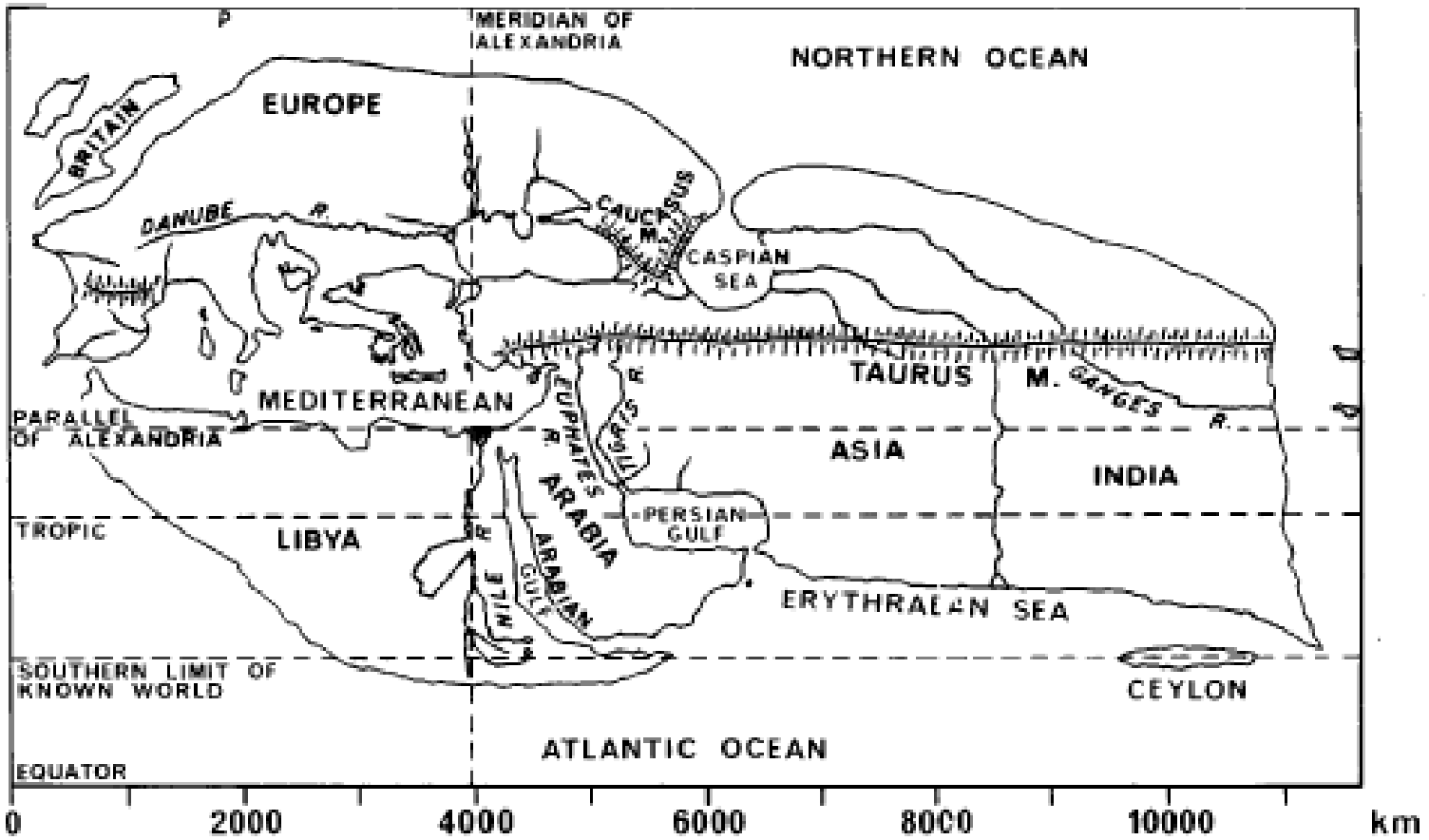


FIG. 1.5. The world according to Eratosthenes.

سال ۱۵۰ میلادی توسط پتولمی. وی نقشهٔ جدیدی از دنیا ترسیم کرد که تا چهارده قرن به قوت خود باقی بود.
این نقشه در شکل ٦ ـ ۱ نشان داده شده است.

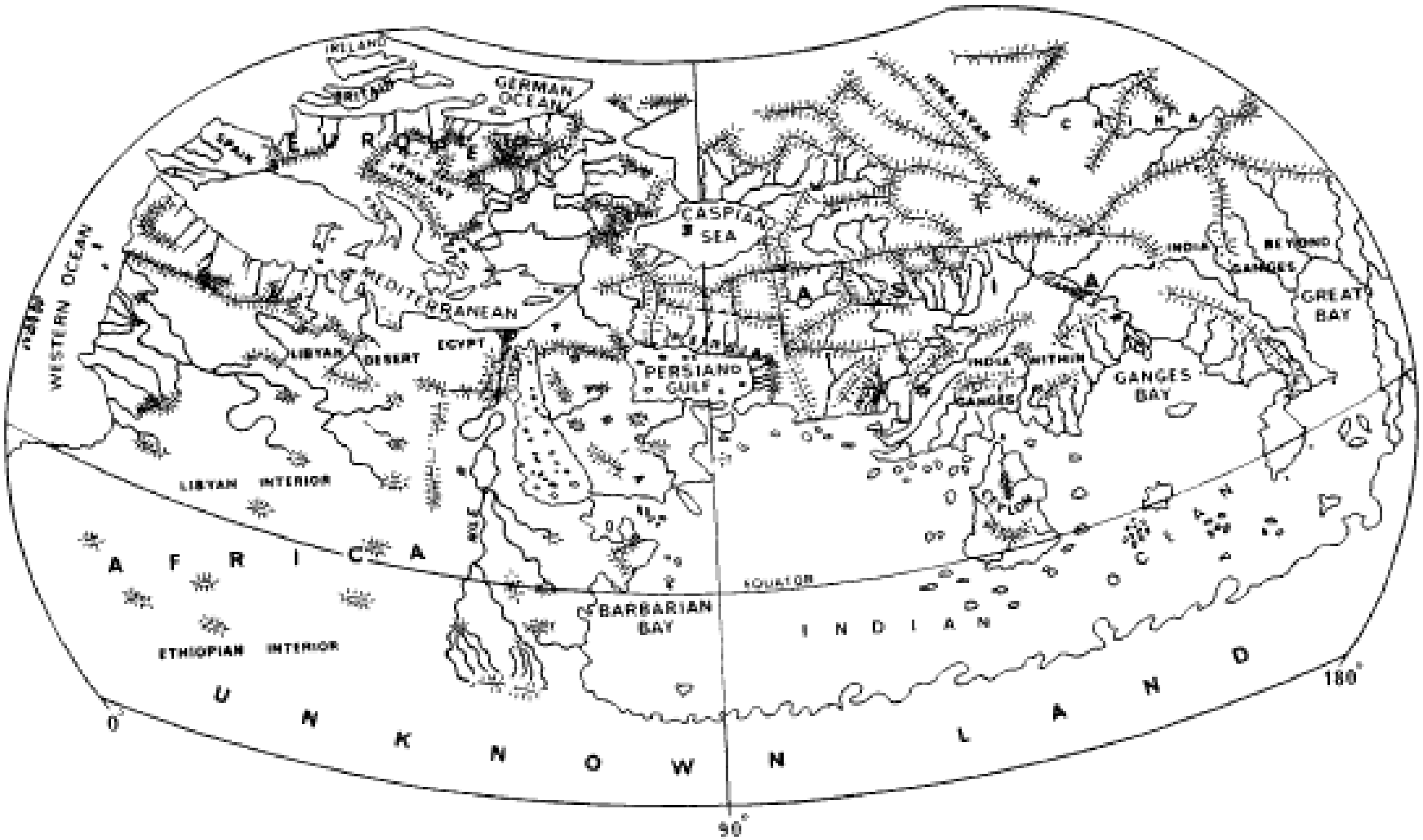


FIG. 1.6. The world according to Ptolemy.

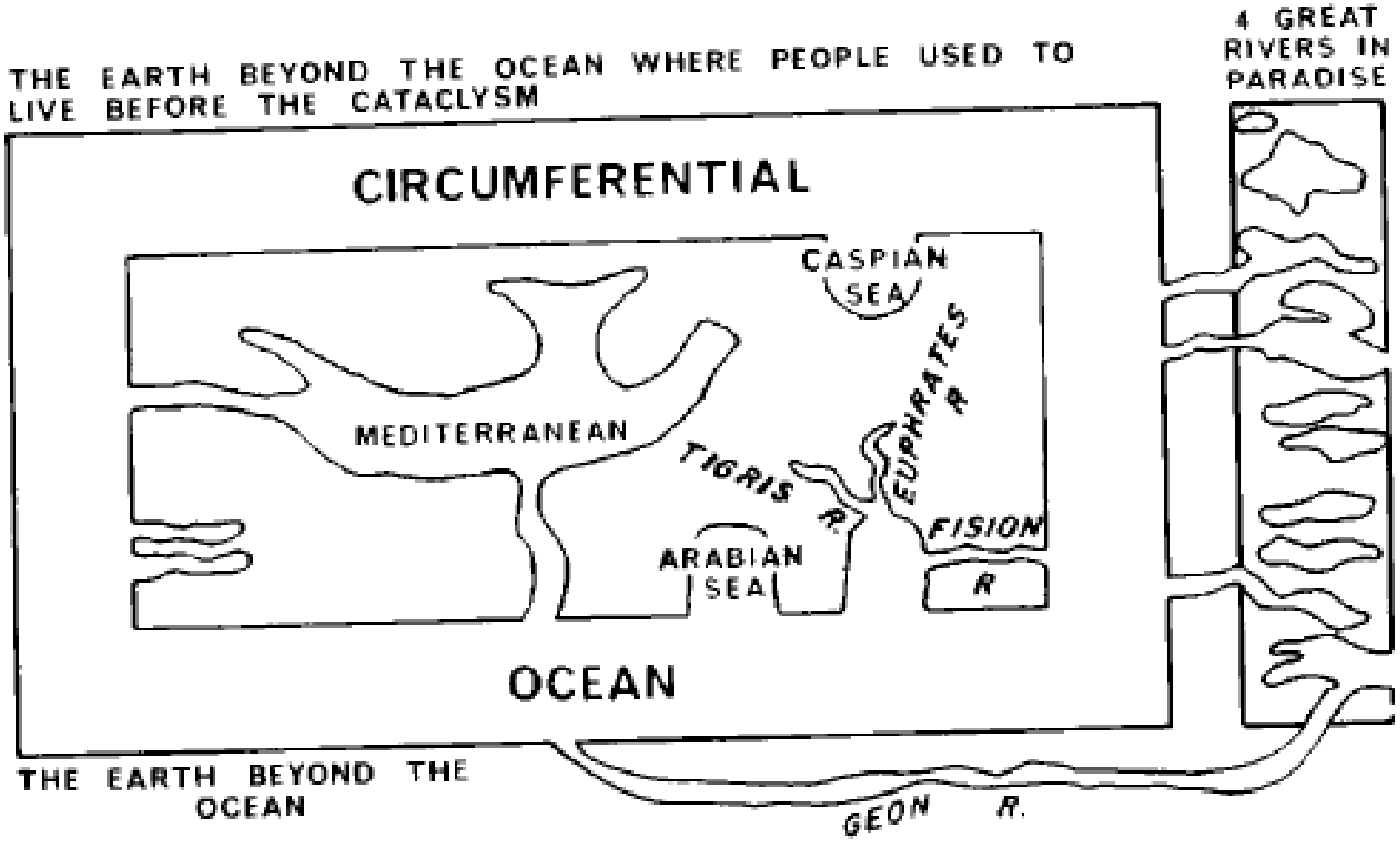


FIG. 1.7. Cosmas's vision of the world.

به طوری که در زیر مشاهده می‌شود طی قرون وسطی تعداد فرصت‌های کوتاهی که در آنها تحقیقات علمی انجام گرفته بسیار کم و ناچیز بوده است. الخوارزمی (Al-Khwarizmi) (متولد ۷۸۰ میلادی) شعاع زمین را دوباره، بعد از اوراتستنس، تعیین کرد. اندازه بدست آمده ۱/۶ برابر بزرگتر بوده و قابل مقایسه با شعاع اراتستنس نبود. الخوارزمی نقشه ای شبیه نقشه پتولمی از دنیا ترسیم کرد. وی بخاطر وارد کردن اعداد ۱ و ۲ و ...و ۹ در ریاضیات عربی موقعیت همیشگی در تاریخ دارد. منجم عربی به نام البتگنوس (۸۵۸ تا ۹۲۹ میلادی) طول سال را دقیق تر از سوسجنیس Sosignius، متعلق به ۹/۵ قرن قبل، می دانست. همین طور مرد انگلیسی Roger Bacon (۹۲۰ ـ ۱۲۱۰ میلادی) تقویم ژولیان را تغییر داده یک روز به ازای هر ۱۲۸ سال به آن اضافه کرد.

چهره جدیدی از دنیا، ملهم از کشفیات مارکوپلو (Marco Polo) (در فاصله ۹۵ ـ ۱۲۷۱)، توسط توسکانلی (Toscanelli) (۱۳۹۷ ـ ۱۴۸۲ میلادی) ارائه شد. این نقشه در شکل ۸ ـ ۱ نشان داده شده است.

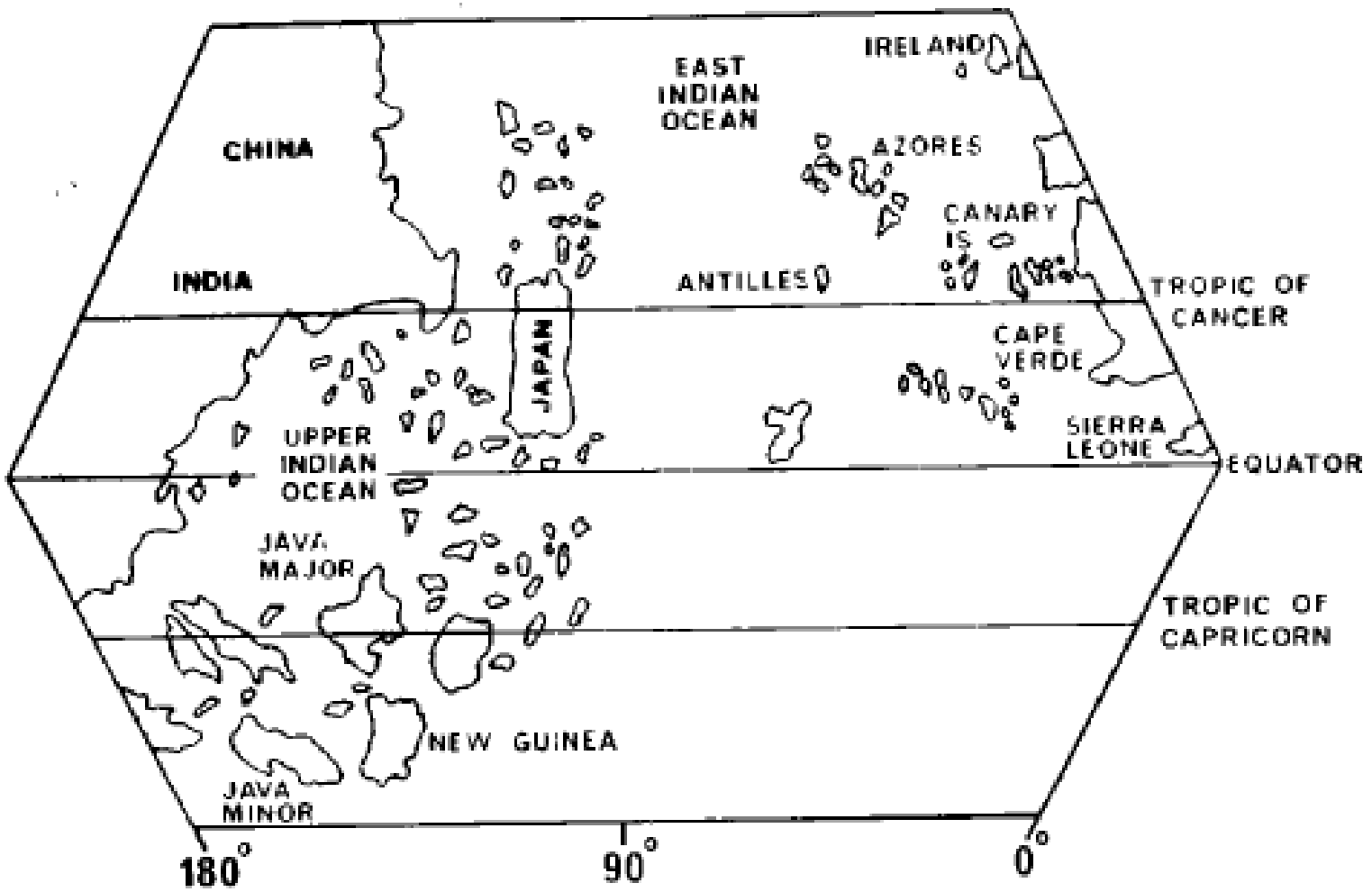


FIG. 1.8. Toscanelli's idea of the western hemisphere.

شکل ۹ ـ ۱ یکی از نقشه‌های جهان‌نمای وی را نشان می‌دهد این نقشه اصلاحات بی سابقه‌ای را در اطلاعات بشر از سطح زمین، در دوره رنسانس نسبت به گذشته خود نشان می‌دهد.

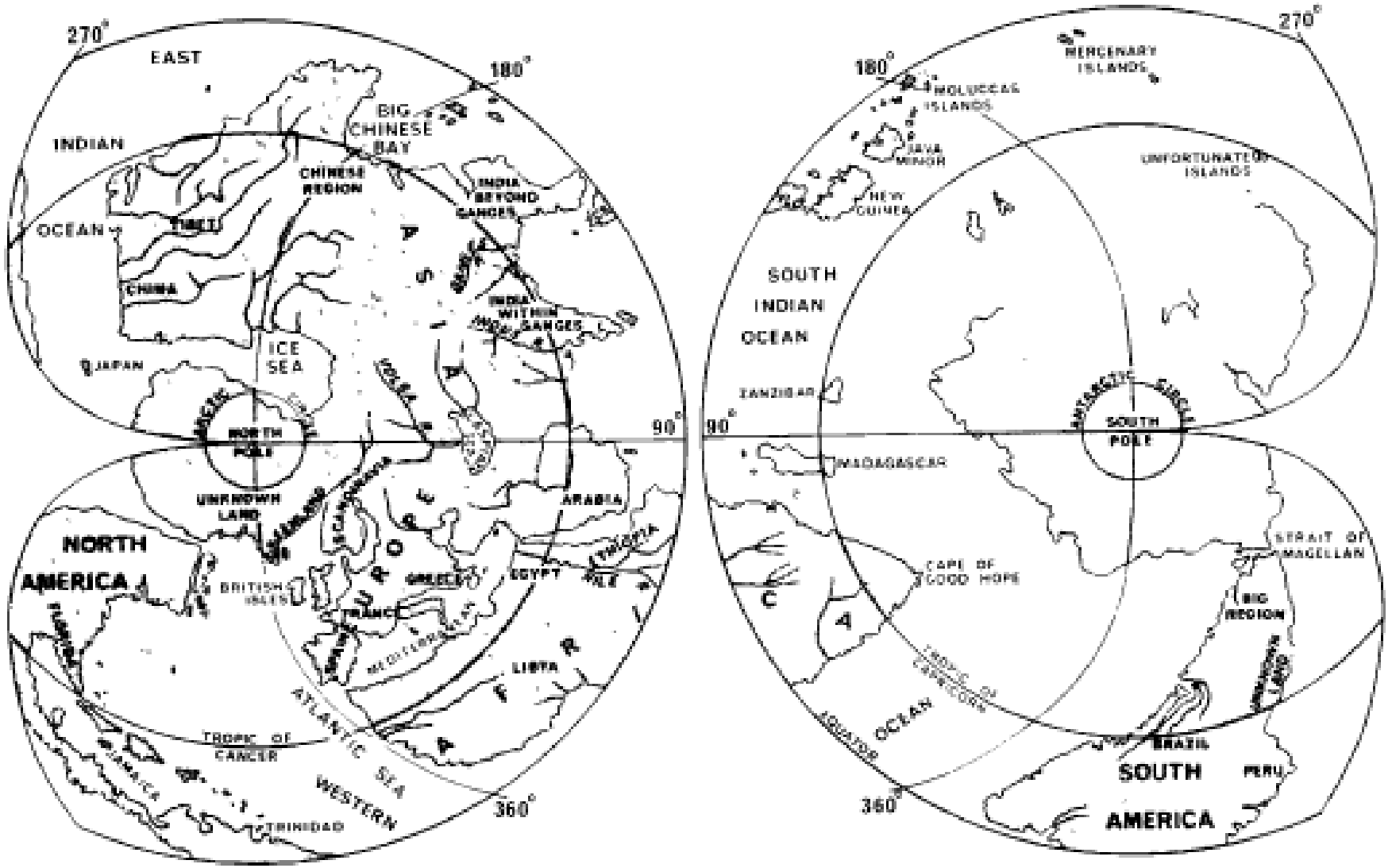


Fig. I.9. Mercator's map of the world.

. عدد اراتستنس برای شعاع کره زمین سرانجام پس از سفر ماژلان مورد تائید و قبول واقع شد.

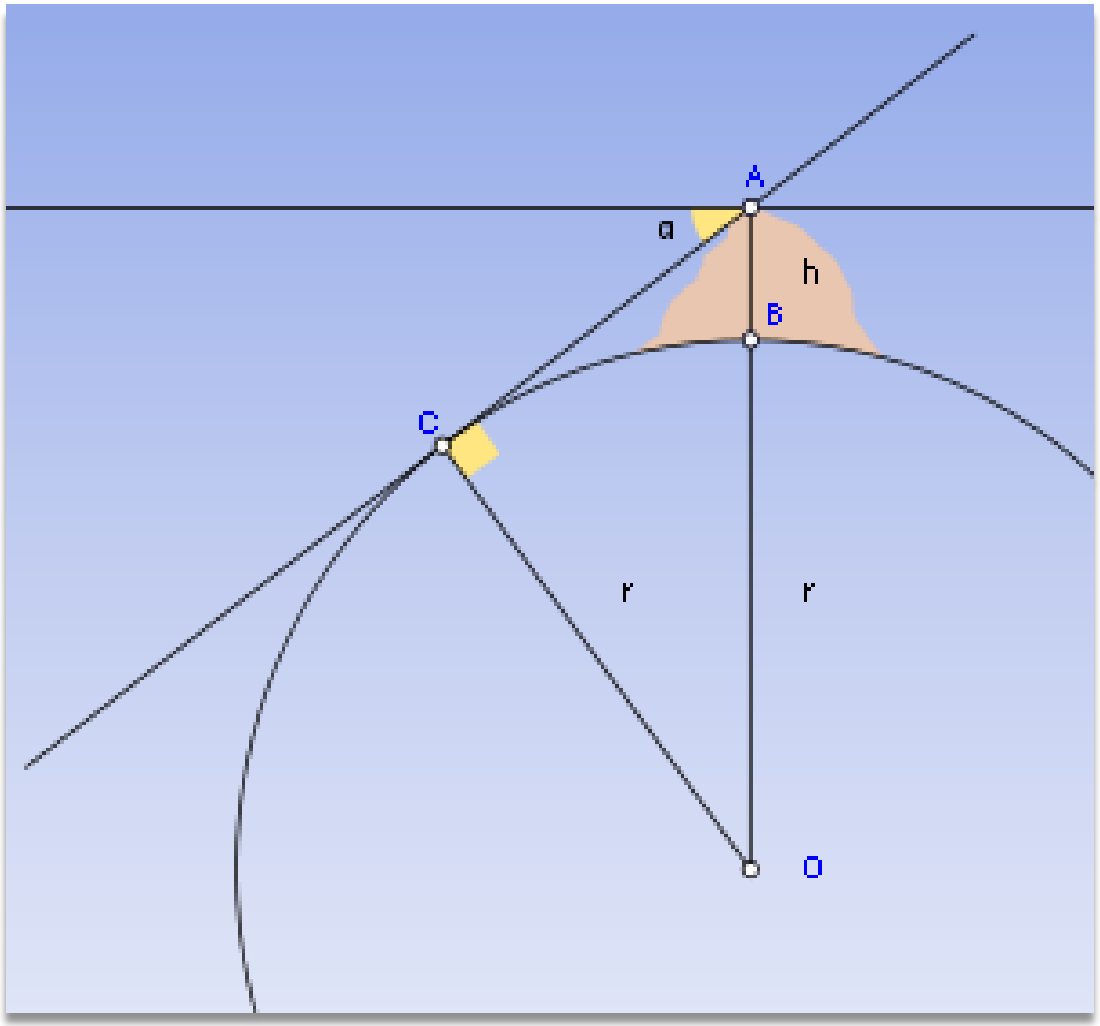
. عادات کهنه از بین رفت و نقشه‌هائی نظیر شکل ۱۰ ـ ۱ در اواسط قرن شانزدهم به زیر چاپ رفت.

FIG. 1.10. Apianus's map of the world.

Birouni‘s Experiment

ابو ریحان بیرونی

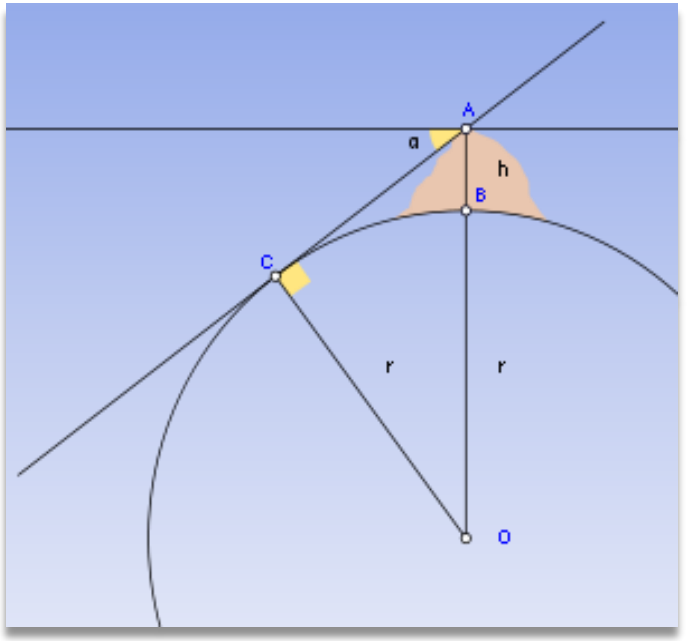
$$h = \frac{d \tan\theta_1 \tan\theta_2}{\tan\theta_2 - \tan\theta_1}$$



Birouni‘s Experiment

$$R = \frac{h\cos\theta}{1-\cos\theta}$$

where
R = Earth radius
h = height of mountain
θ = dip angle



History (10)

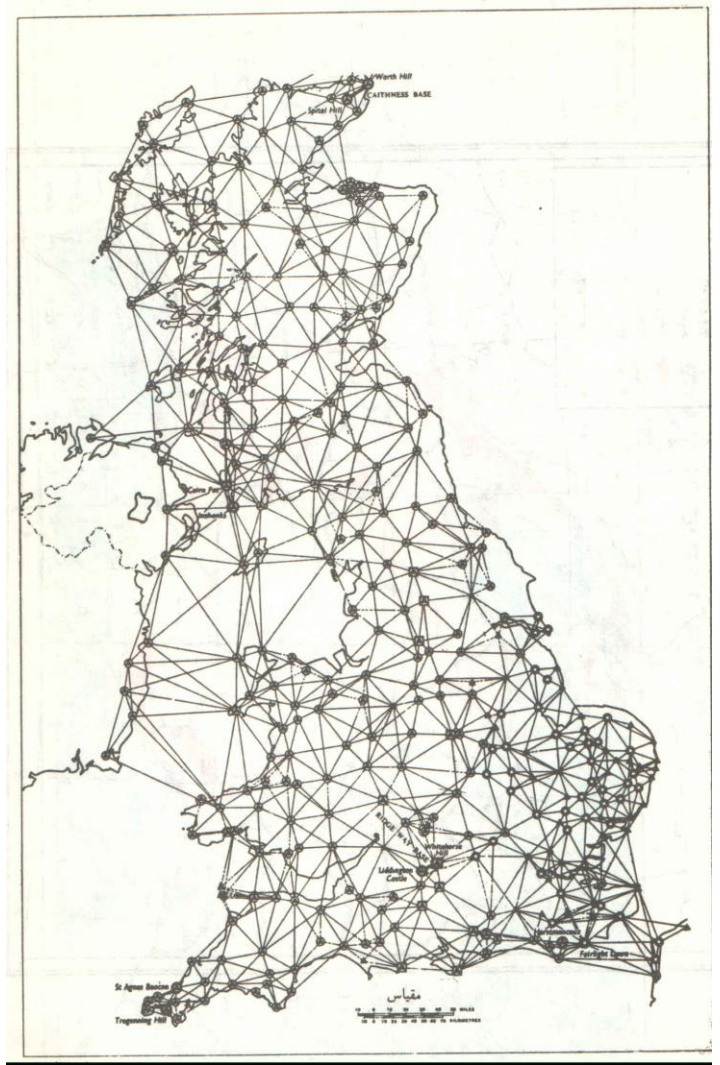
Modern Geodesy:

- Satellite Altimetery
- Satellite positioning
- Satellite gravimetery

Modern definition: Geometry+Physics+Dynamics

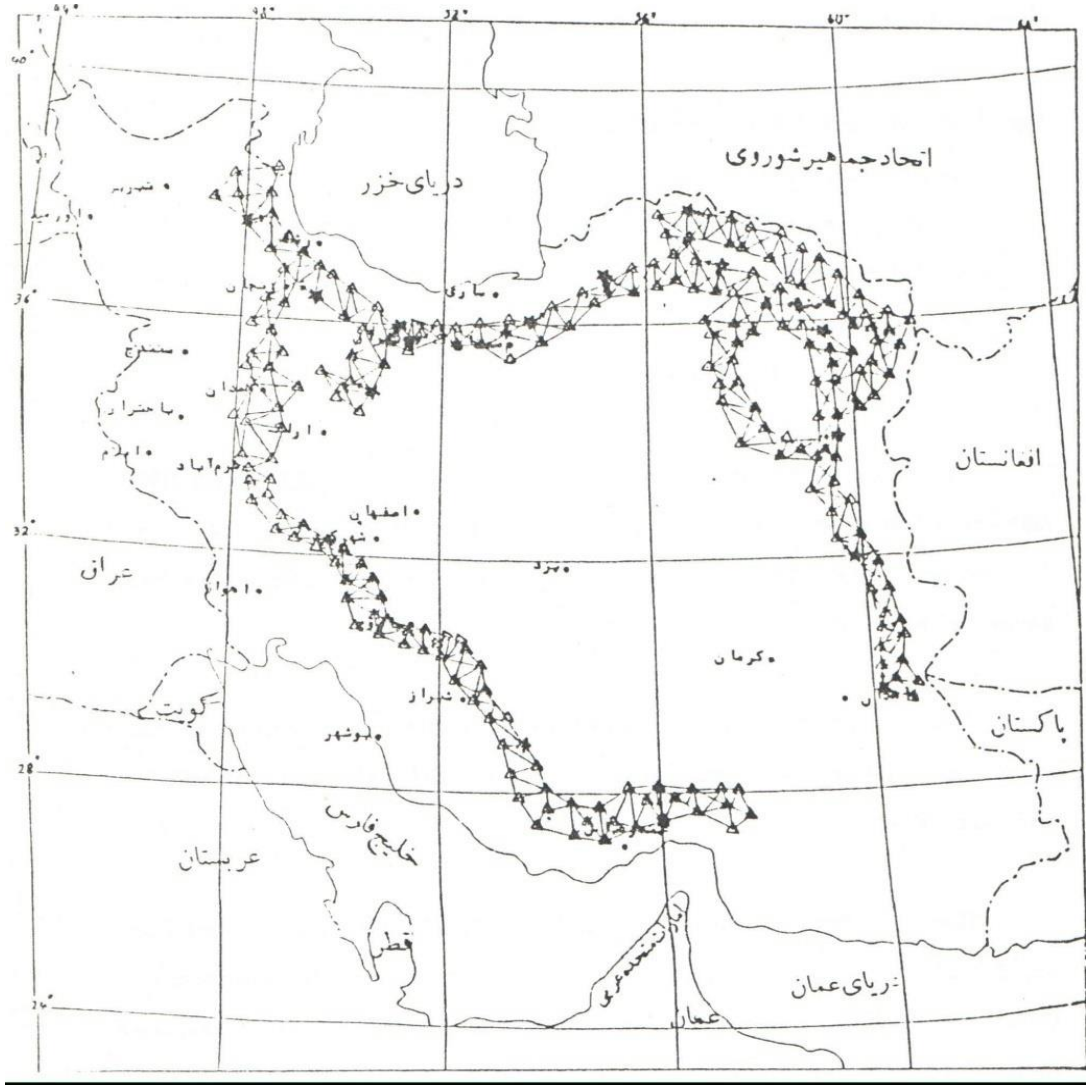
Applications: Mapping+engineering projects+ cadastre+hydrography +Geophysics+Oceanography+ Atmosphere+Space

Classic Geodetic Networks (England, ~1800)

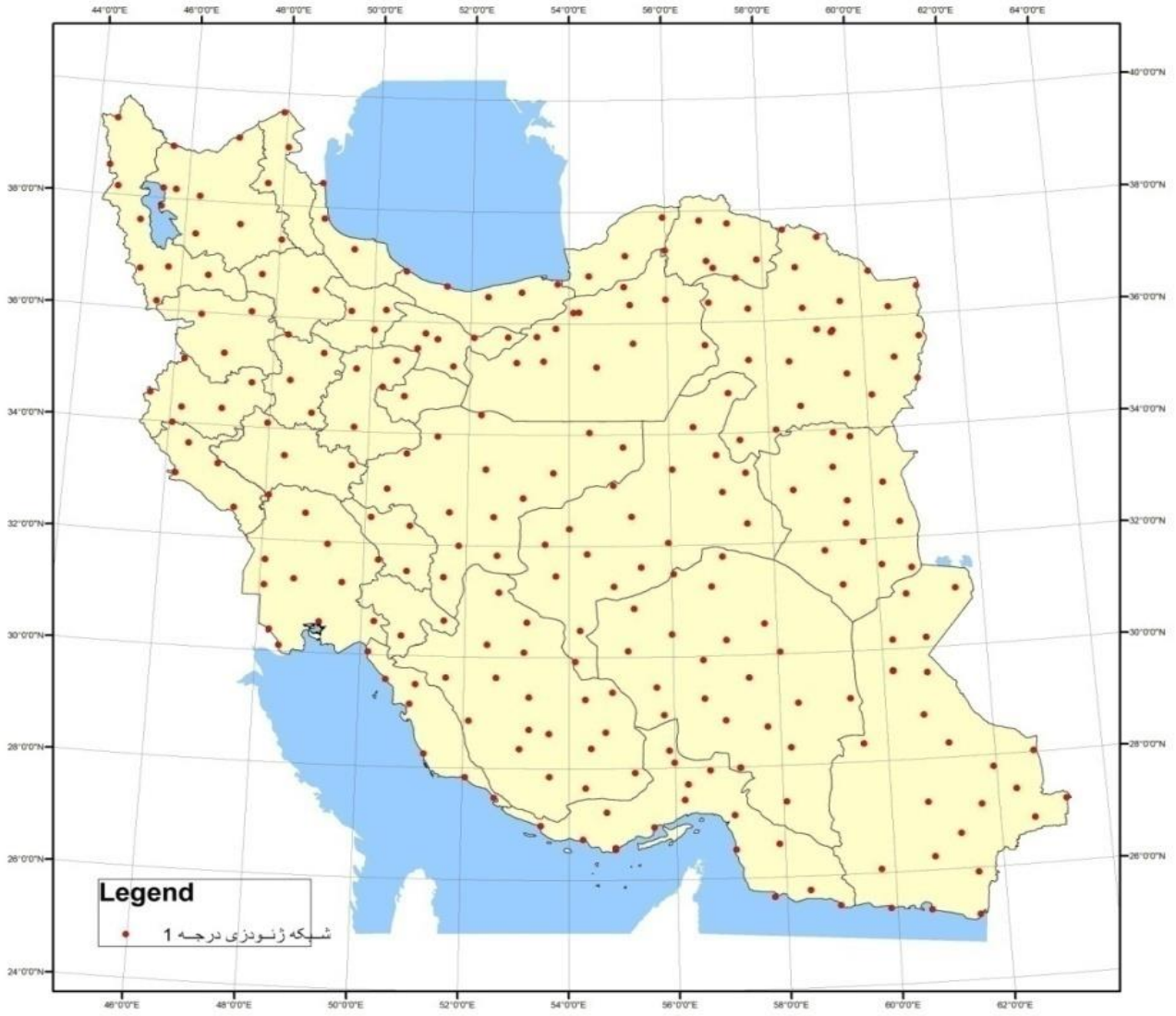


Classic Geodetic Networks (Iran, 1960)

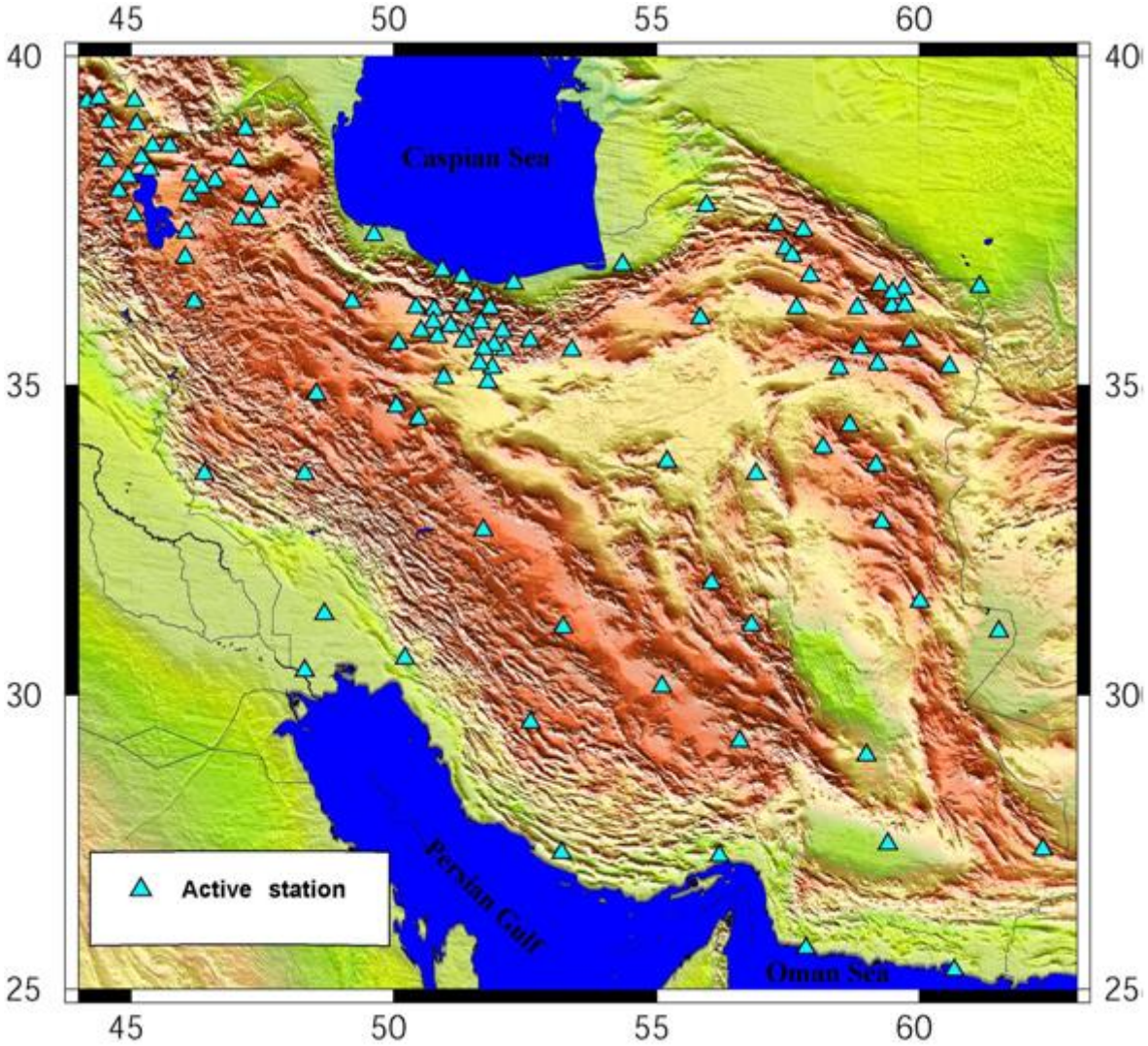
Classic Geodetic Networks (Iran, 1980)



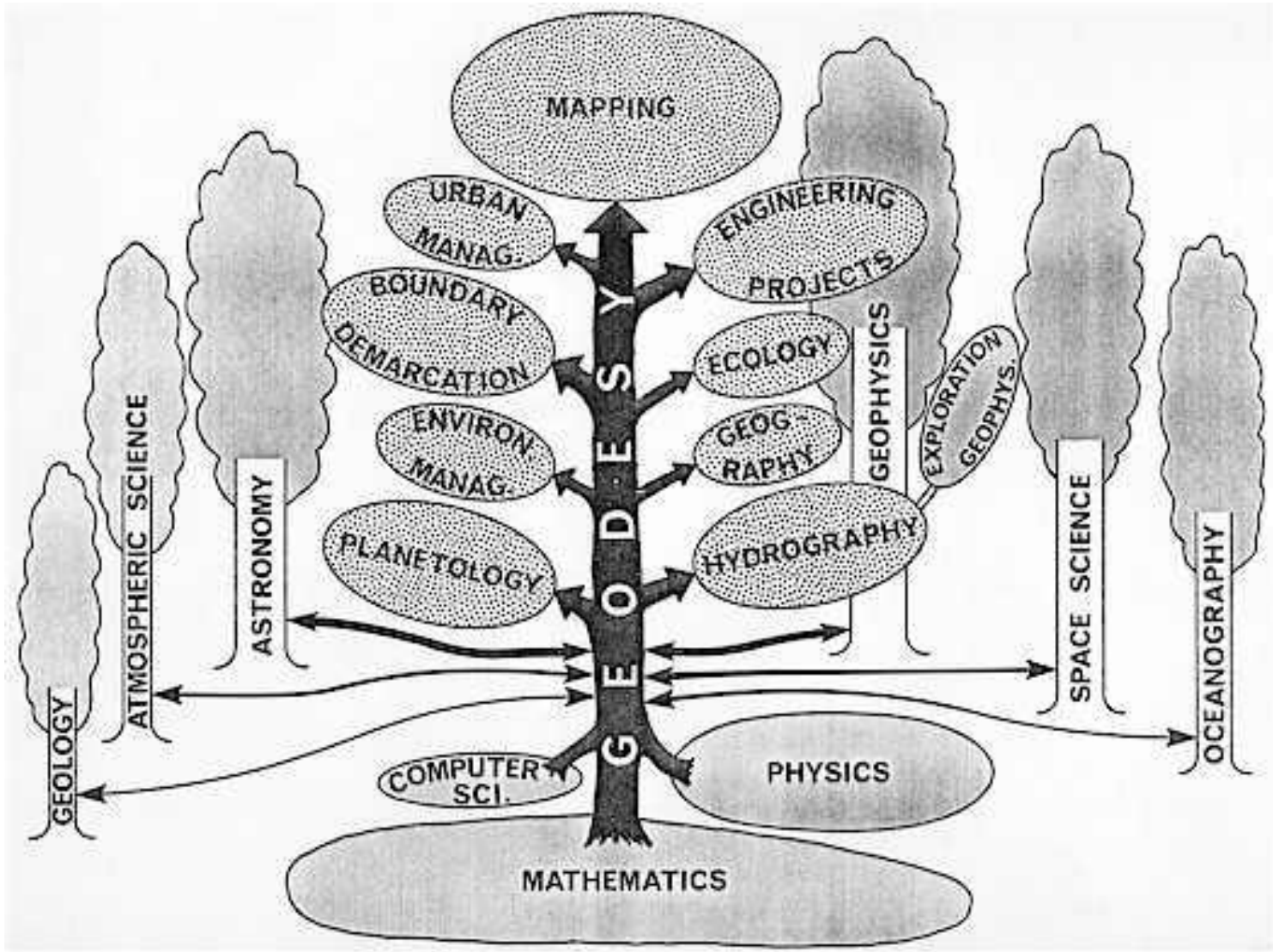
Satellite Geodetic Networks (Iran, 1368)

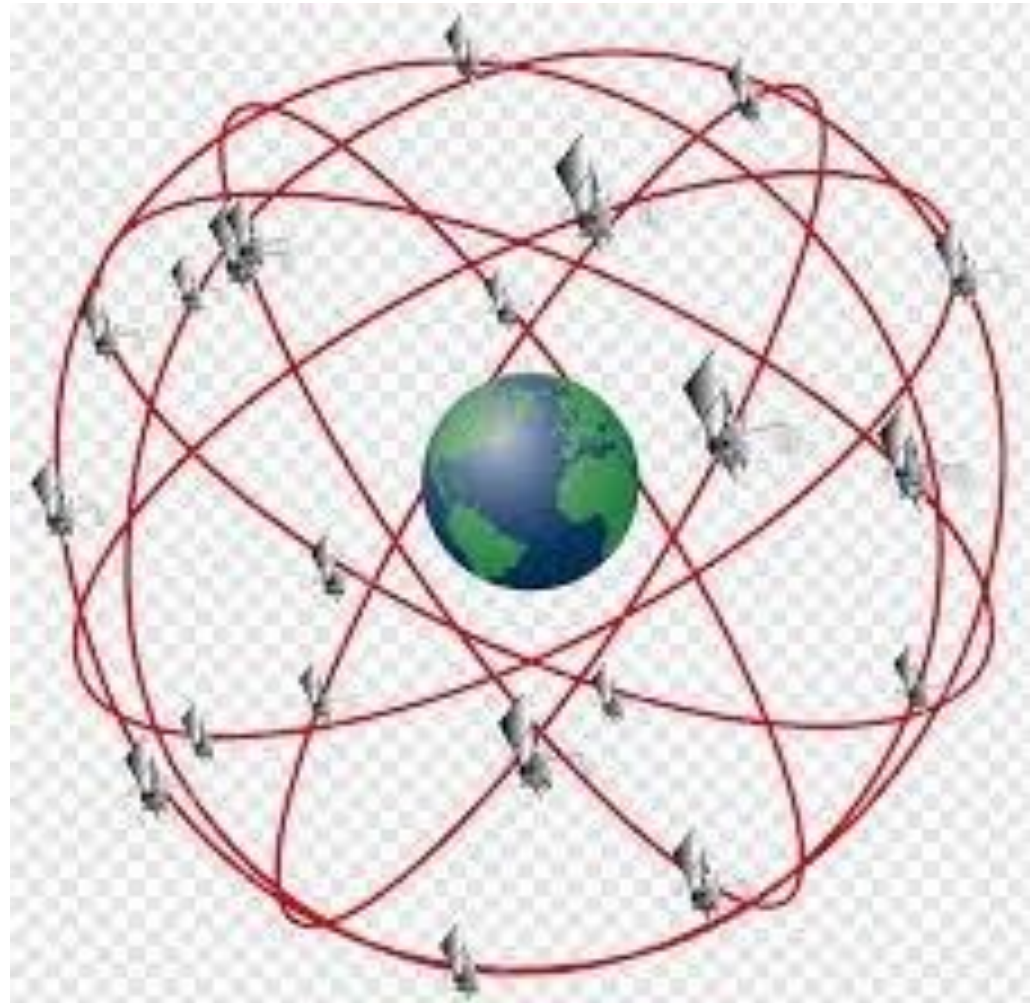


Permanent GPS Network (Iran, 1385)



Geodesy and other disciplines





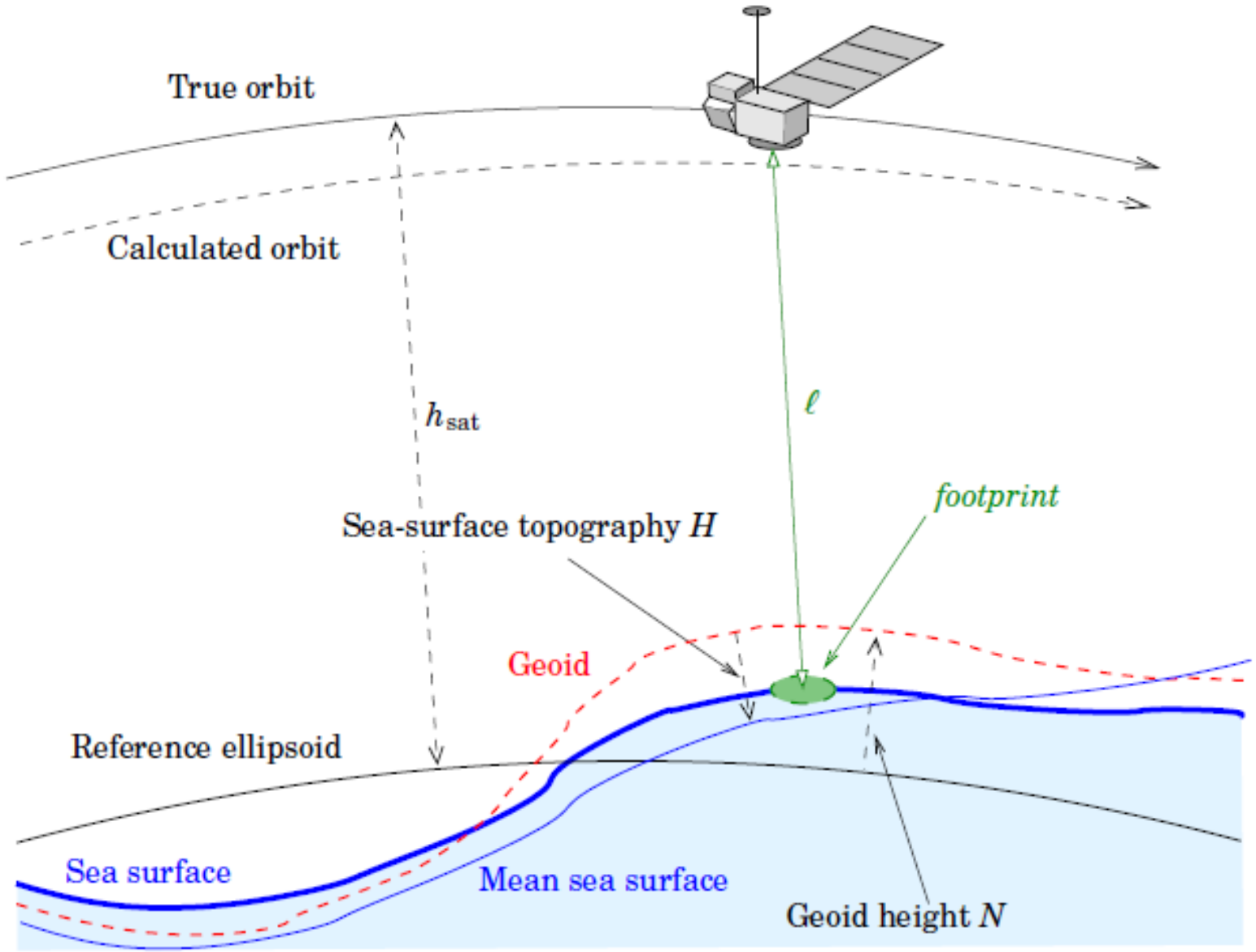


Figure 12.2. Satellite altimetry as a measurement method; concepts.

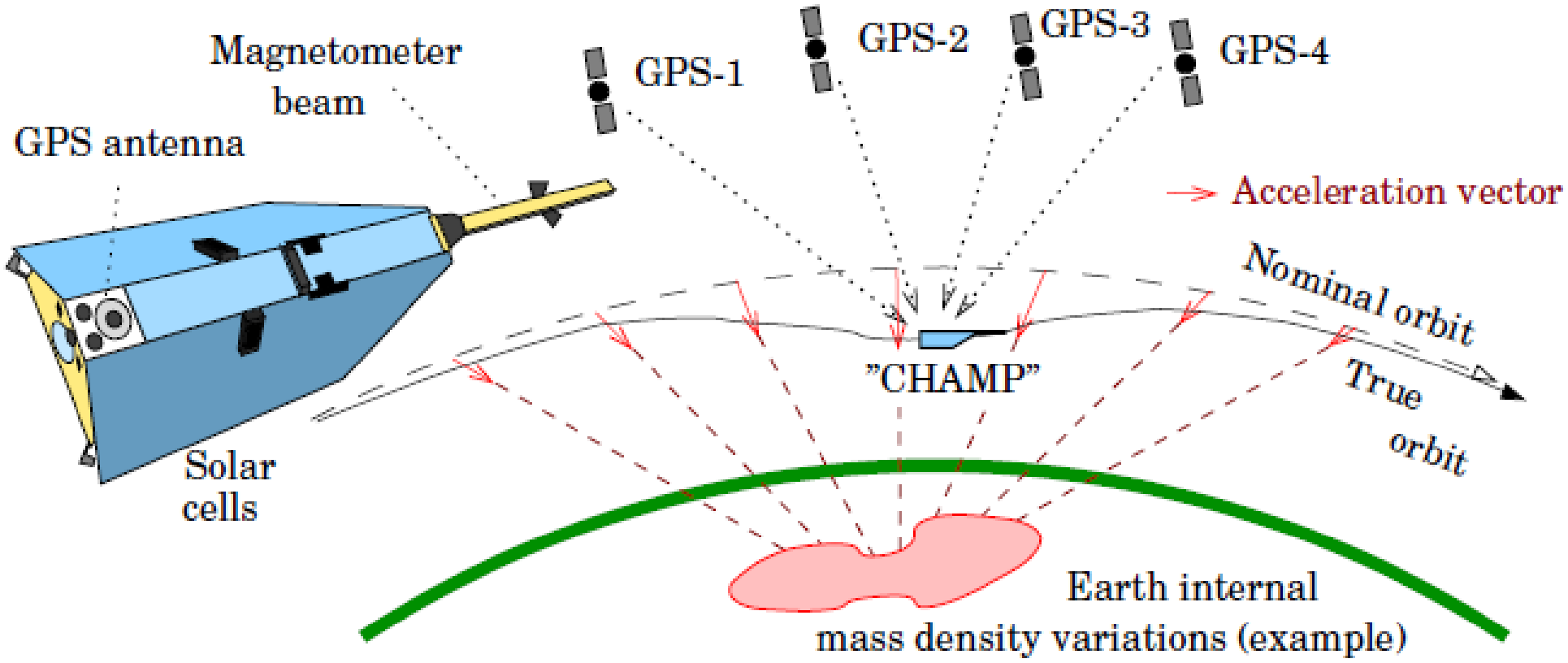


Figure 12.11. Determining the Earth's gravity field from GPS orbital tracking of a low flying satellite.

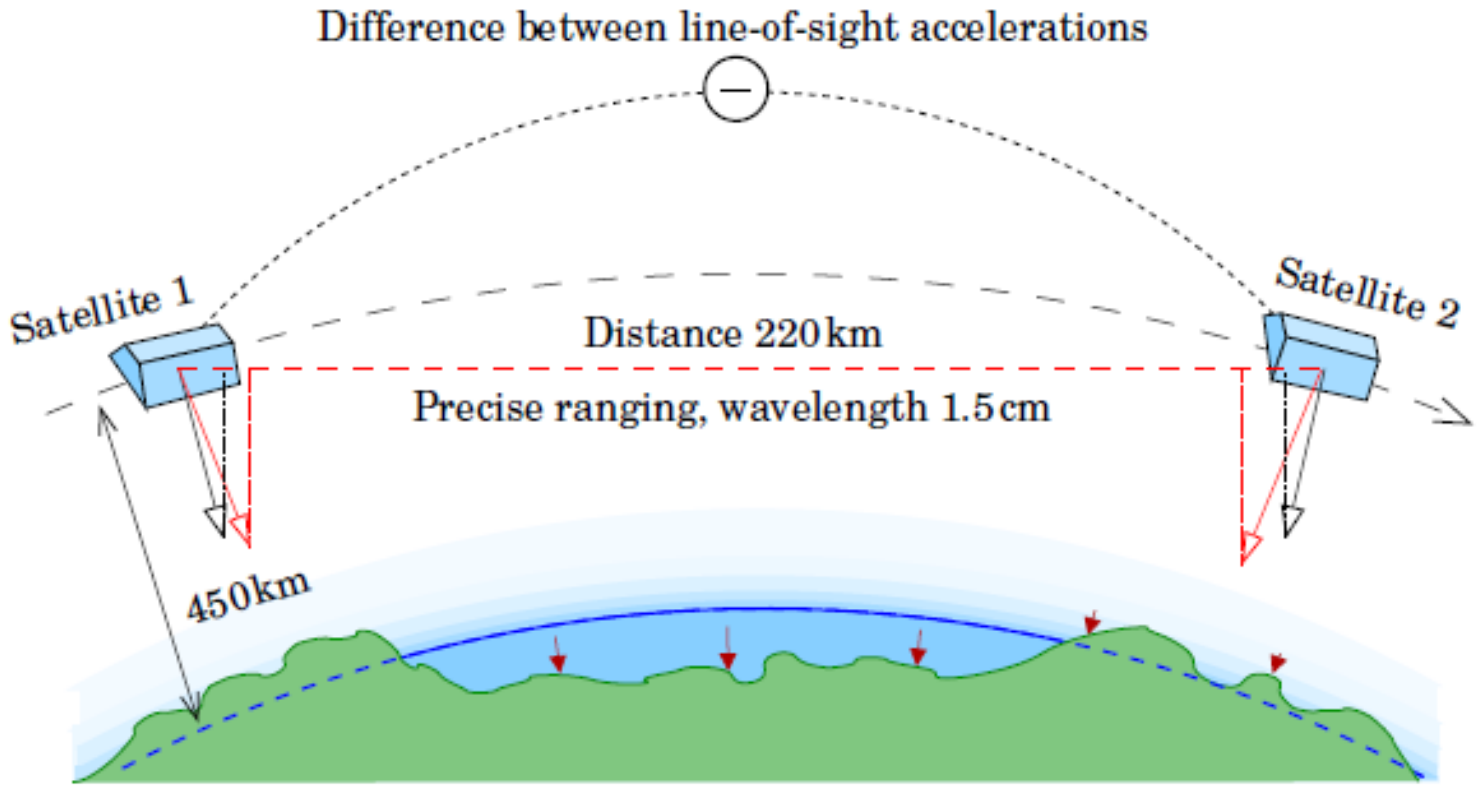


Figure 12.12. The principle of the GRACE satellites: measuring the minute variations in time of the gravity field using SST (satellite-to-satellite tracking). The changes are due to mass shifts in the "blue film" – the atmosphere and hydrosphere – and expressed as variations in "total sea-floor pressure" (↓).

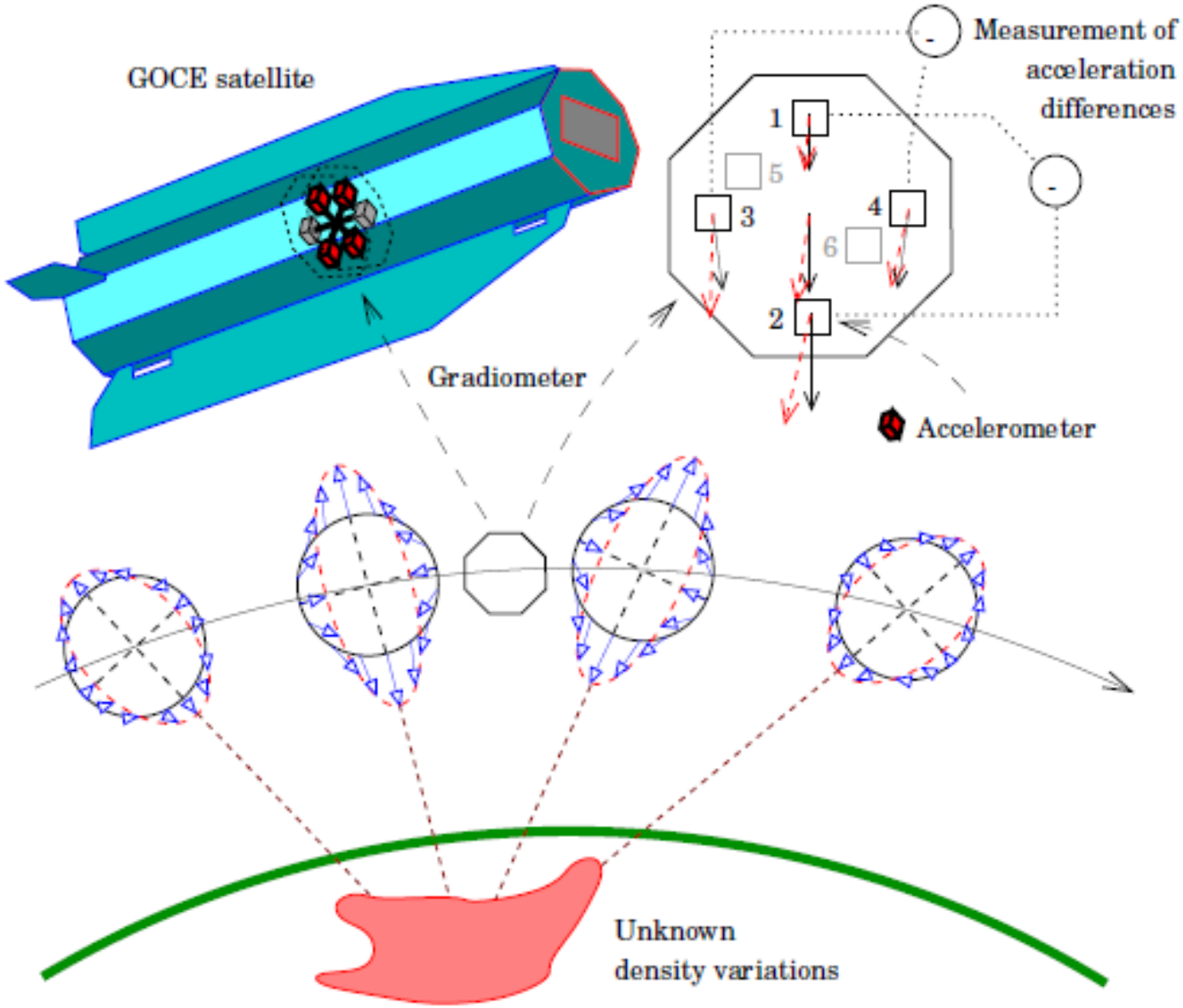
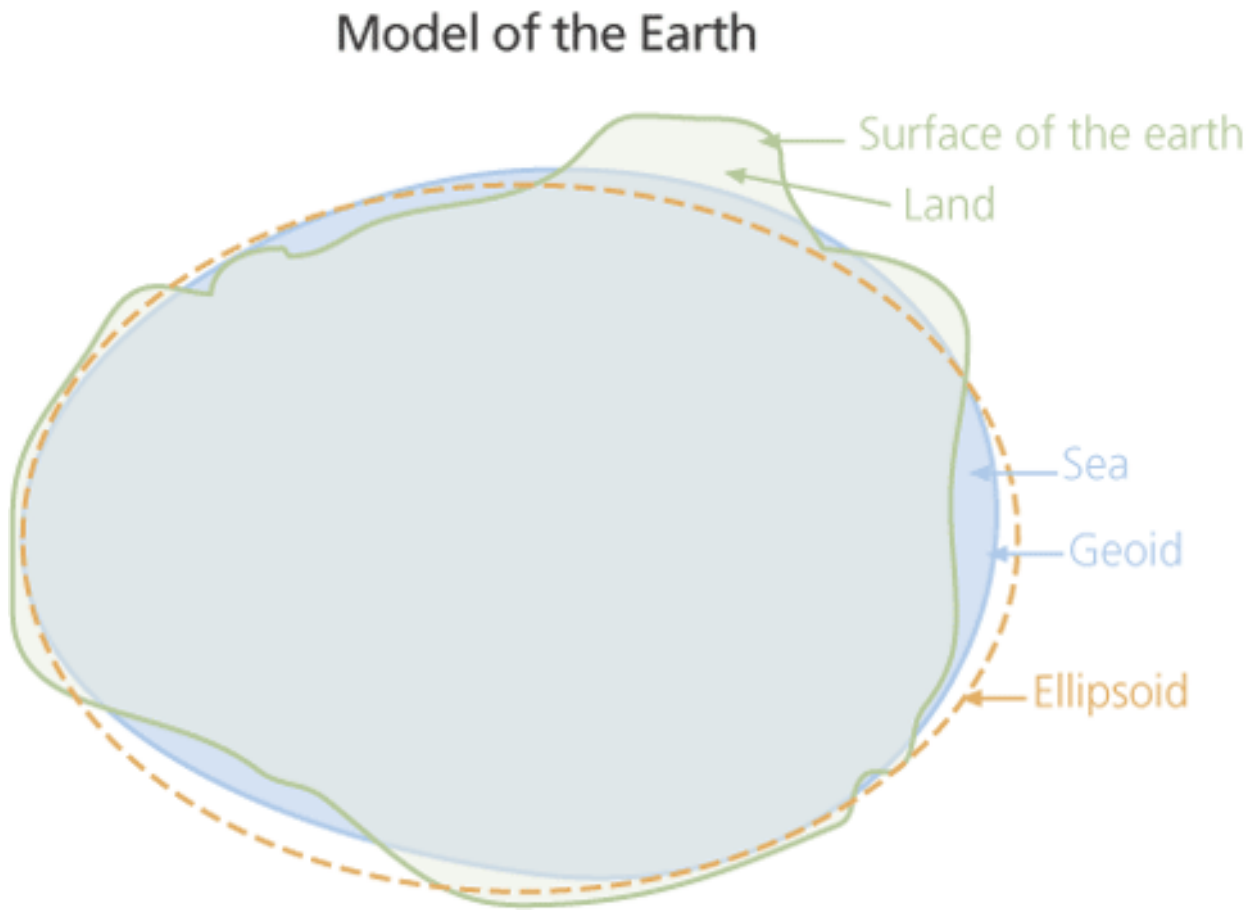


Figure 12.13. Determining the Earth's gravity field with the gravitational gradiometer on the GOCE satellite.

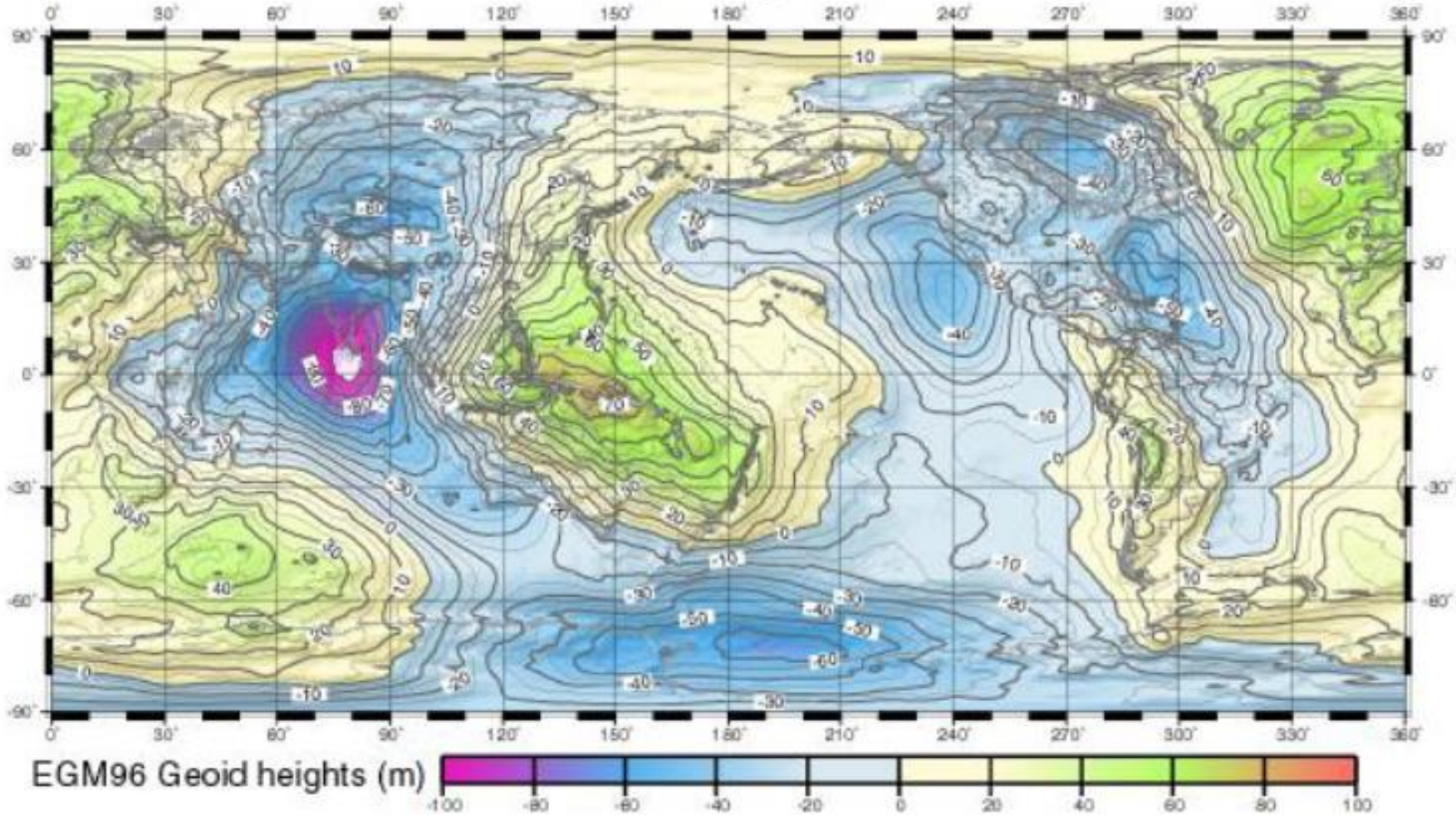
«شکل زمین»

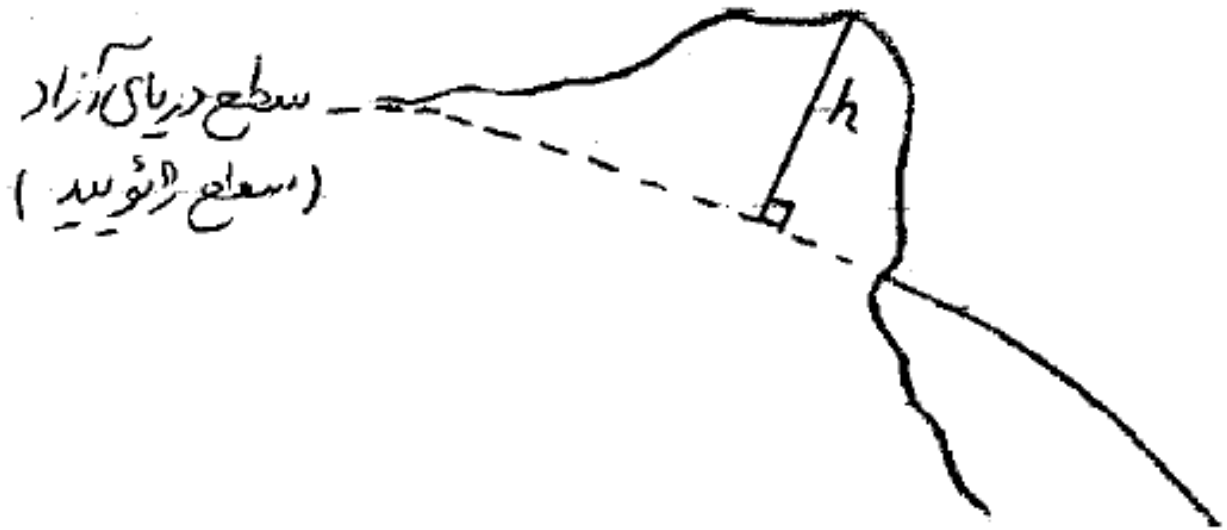
زمین یک سطح ریاضی مشخص نیست، از این رو نمی‌توان آن را یک سطح مبنا برای محاسبات و استفاده از مشاهدات جهت محاسبات ریاضی به شمار رود. البته سطح فیزیکی زمین یا قسمت‌های خاصی از آن را می‌توان با بیان ریاضی و هندسی مشخص نمود. اما این بیان ریاضی بسیار پیچیده بوده و محاسبات و روابط ریاضی بر روی آن خیلی مشکل خواهد بود.



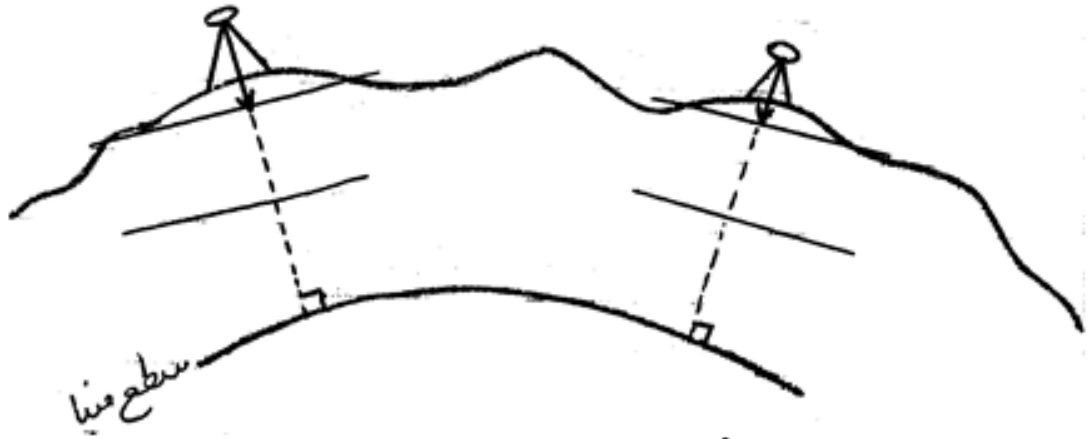
« ژئویید»

با توجه به اینکه حدود ۷۵٪ سطح کل کره‌ی زمین آب می‌باشند، اگر سطحی تقریباً منطبق بر این سطح یا سطح متوسط آبهای آزاد باشد. دراینصورت بطور تقریبی با این سطح ۷۵٪ شکل کره‌ی زمین را تخمین زد.

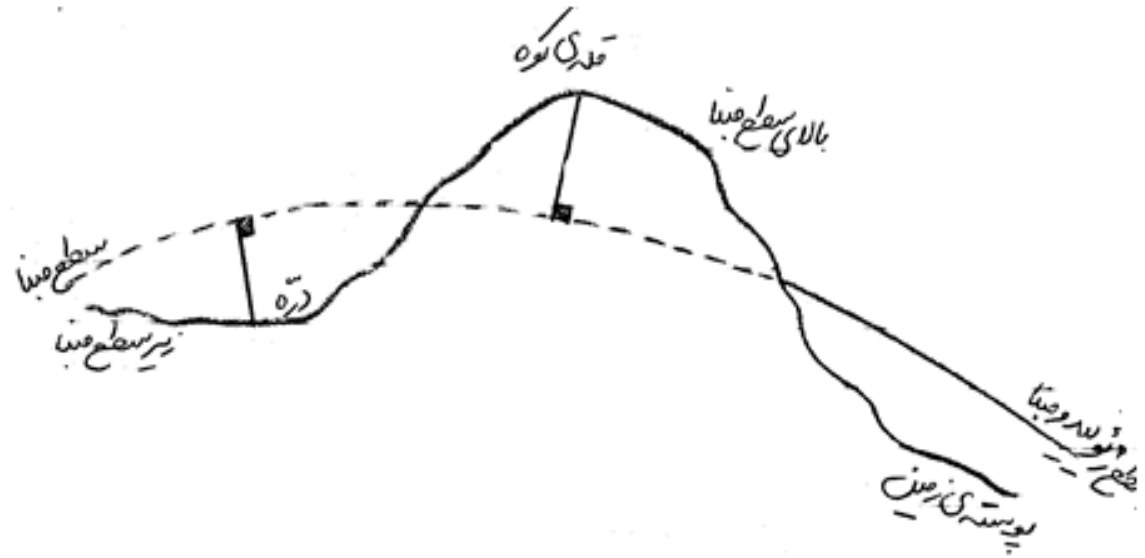




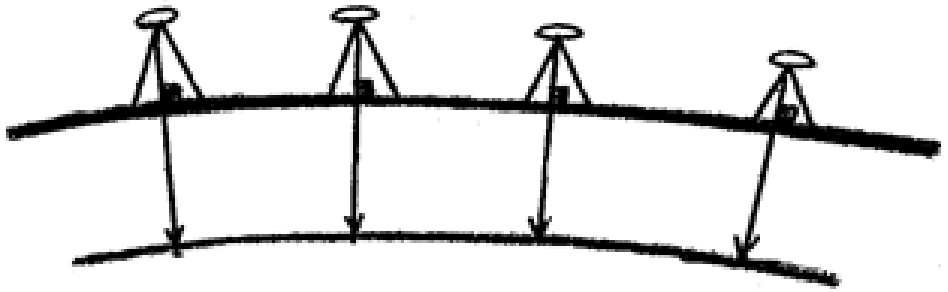
همان گونه که می‌دانید مشاهدات نقشه‌برداری با تئودولیت و دستگاه‌های دیگر مانند ترازیاب‌ها می‌بایست این دستگاه‌ها تراز گردد. یعنی محور قائم دستگاه پس از ترازکردن منطبق برامتداد نیروی ثقل در آن نقطه شود (یعنی محورقائم بر مکان). با توجه به این مطلب اندازه‌گیری و نقطه در سطحی صورت می‌گیرد که امتداد ثقل را بطور عمود قطع می‌کند. این سطوح را که در تمامی نقاط واقع بر آن به امتداد ثقل عمود باشند را در اصطلاح «سطوح تراز یا سطوح هم‌پتانسیل» می‌گویند.



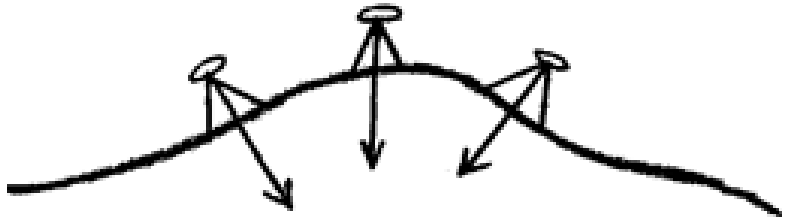
این سطوح تراز سطوحی هستند که تقریباً مشابه به پوسته‌های پیاز می‌باشند که کل زمین را در برگرفته است. بدین ترتیب بی‌نهایت سطوح هم‌پتانسیل را می‌توان در نظر بگیریم که تعدادی از آنها در بالای سطح زمین و تعدادی نیز در داخل سطح زمین و در مناطقی این سطوح در بالای سطح زمین و در زیر سطح زمین ادامه دارد.



سطوح هم‌پتانسیل شامل اطلاعاتی است درباره میدان ثقل زمین در مناطقی که میدان ثقل تغییراتی یکنواخت داشته باشند. در آن صورت سطوح هم‌پتانسیل هم در آن منطقه دارای سطح یکنواخت است. مثلا :

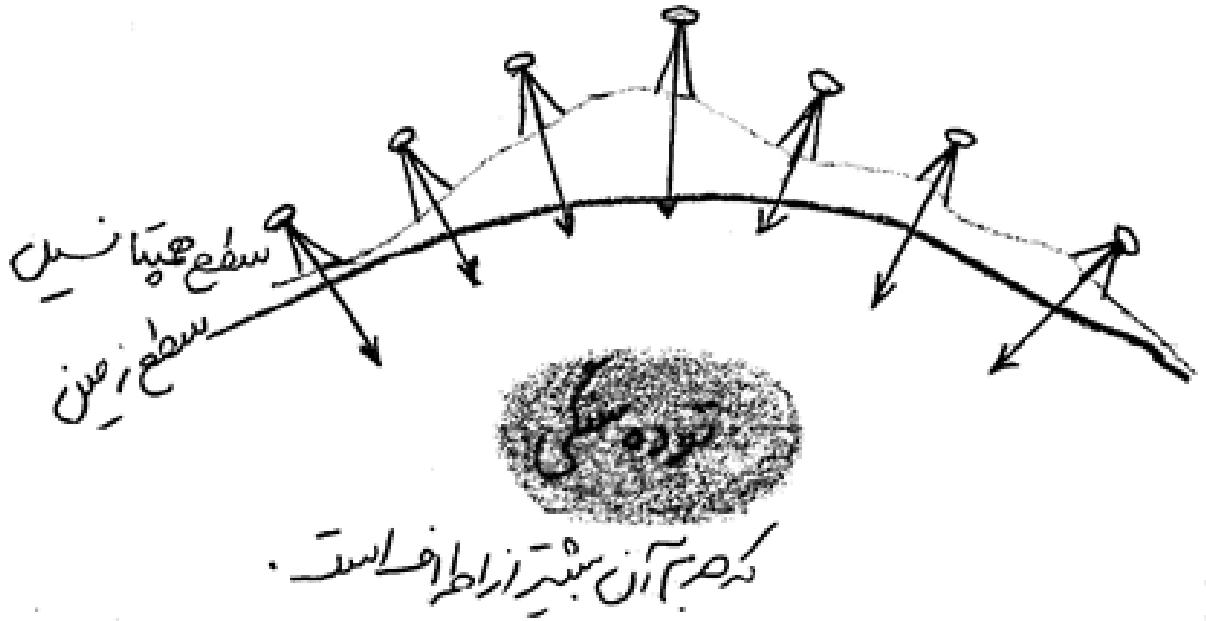


و به صورت واضح‌تر:



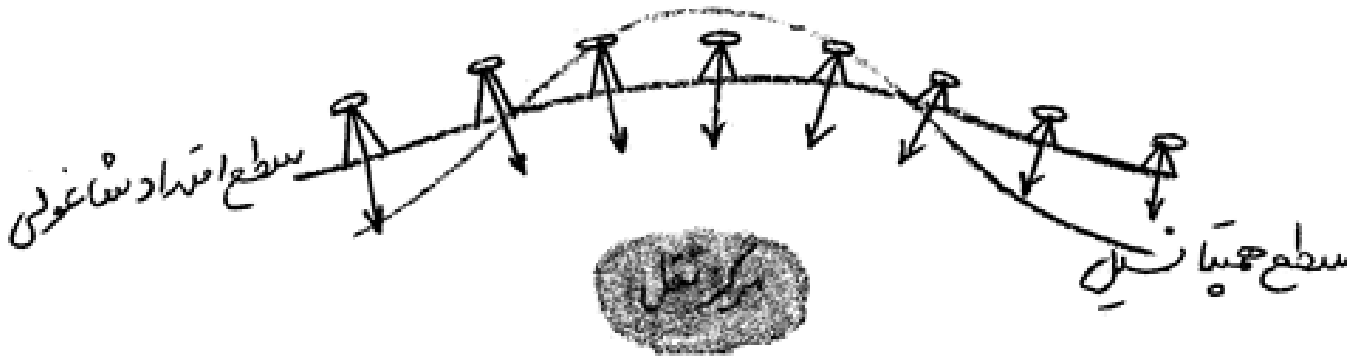
سطوح هم‌پتانسیل را در نظر بگیرید، حال اگر در زیر این سطح به فاصله‌ای نه چندان دور از ایستگاهی که دستگاهی که دستگاه نقشه‌برداری بر روی آن تراز شده باشد یک تخته سنگ بزرگ با جرم حجمی بالا وجود داشته باشد، به طوری که وزن مخصوص آن به مراتب بیشتر از وزن مخصوص مواد در اطراف آن باشد، بر اساس

قانون جاذبه‌ی نیوتن محور قائم دستگاه به سمت توده سنگ منحرف خواهد شد. یعنی در جایی که زمین صاف و هموار است و توده در زیر آن نیست، محور عمودی و صاف است ولی وقتی به توده نزدیک می‌شویم نیروی ثقل زیاد می‌شود و محور قائم تغییر می‌کند و به طرف توده می‌رود.



مثلاً اگر کوهی در سطح زمین را در نظر بگیریم امتداد ثقل به سمت کوه منحرف شده و باعث انحنا در سطح هم‌پتانسیل خواهد شد.

مثلاً اگر کوهی در سطح زمین را در نظر بگیریم امتداد ثقل به سمت کوه منحرف شده و باعث انحنا در سطح هم‌پتانسیل خواهد شد.



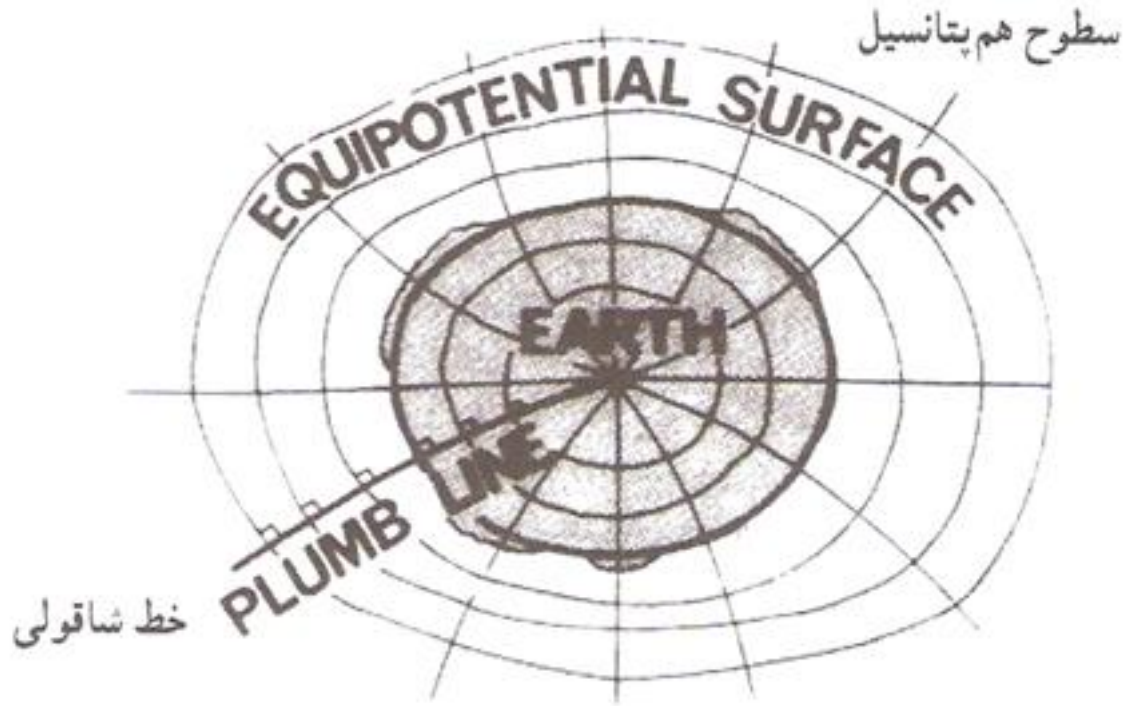
«خواص سطوح هم‌پتانسیل»

۱-سطوح هم‌پتانسیل یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

۲-سطوح هم‌پتانسیل سطوح بسته‌ای هستند. یعنی نقطه‌ای درفضا نمی‌تواند دارای دو پتانسیل در یک لحظه و زمان باشد.

۳- سطوح هم‌پتانسیل سطوح پیوسته‌ای بدون انفصال‌اند.

۴-سطوح هم‌پتانسیل سطوح نسبتاً نرمی بوده و دارای گوشه‌های تیز و تغییرات شدید نیستند.

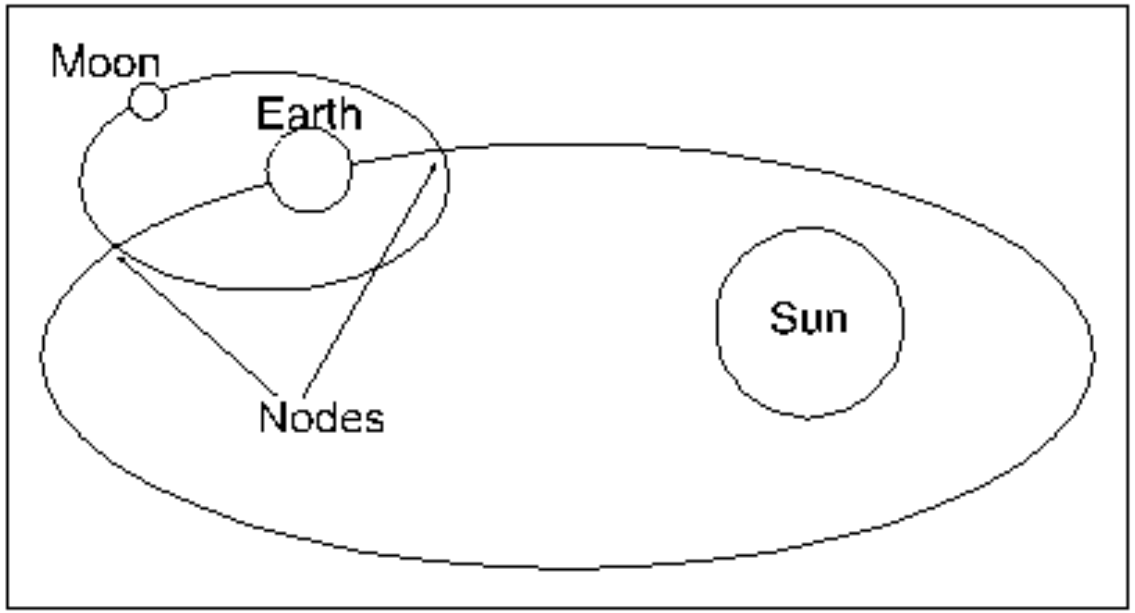


«تعریف ژئویید»

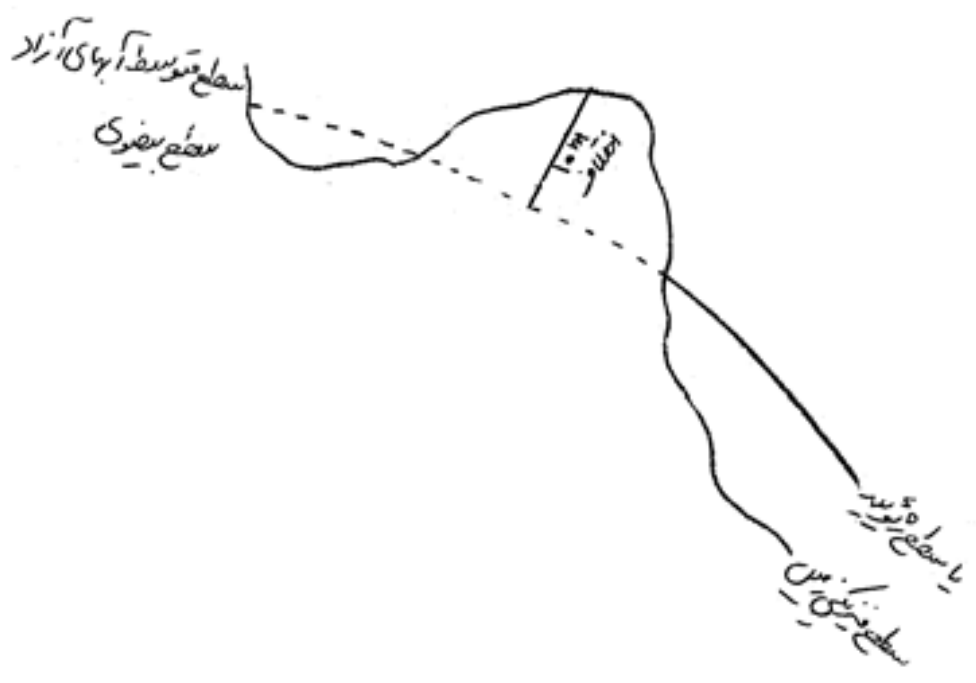
سطوح ژئویید یکی از سطوح هم‌پتانسیلی است که به بهترین وجهی بر سطح متوسط آبهای آزاد منطبق است.

«تعریف سطح متوسط»

سطح متوسط آبهای آزاد یا سطح متوسط به این صورت است که: با توجه به این که سطح آب تحت تأثیر مسائل مختلفی به ویژه جزر و مد باید هماهنگ با دوره‌های جذر و مد باشد که در حدود ۱۹ سال است.



ژئویید به صورت سطح هم‌پتانسیل تمام خواص سطوح هم‌پتانسیل را داراست. همچنین سطح بسته و پیوسته‌ای است که درزیر قاره‌ها نیز از اعماقی متناسب با ارتفاع از سطح دریاهای آزاد عبور می‌کند.یعنی:



نکته حائز اهمیت این است که ژئویید یک سطح ریاضی نیست یعنی نمی‌توان با یک فرمول که صریح باشد معادله‌ی آنرا نوشت. بلکه ژئویید یک سطح فیزیکی است که می‌توان آن را تا تقریباً حدود ۱۰m به طور متوسط با یک بیضوی دورانی تخمین زد (در مثال شکل قبل).