

Geodézie, geodezie, geodesie (ang. Geodesy, Surveying)

Jeden z nejstarších oborů – starší než matematika

- budování kanálů, průplavů a zavodňovacích staveb (Mezopotámie 3 - 4 tis. př.n.l.)
- vyměřování po záplavách na Nilu, výpočty ploch (před 1800 př.n.l.)

Název: *geodaisia* ($\gamma\eta\delta\alpha\iota\omega$) :

Aristoteles (4. stol.př.n.l) v knize *Metafyzika*: *geo* = země, *daisia* = dělení

Tomb of Menna, Thebes



Photo by David Goodman

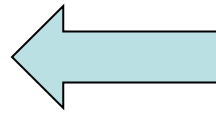
Ahmes
mathematical
papyrus



NILOMETR



Asuán



Kom Ombo



Eratosthenes (220 př.n.l.)

5 000 stadií (1 stadia \approx 180 m), $R \approx 7\,200$ km (chyba \approx 13 %)

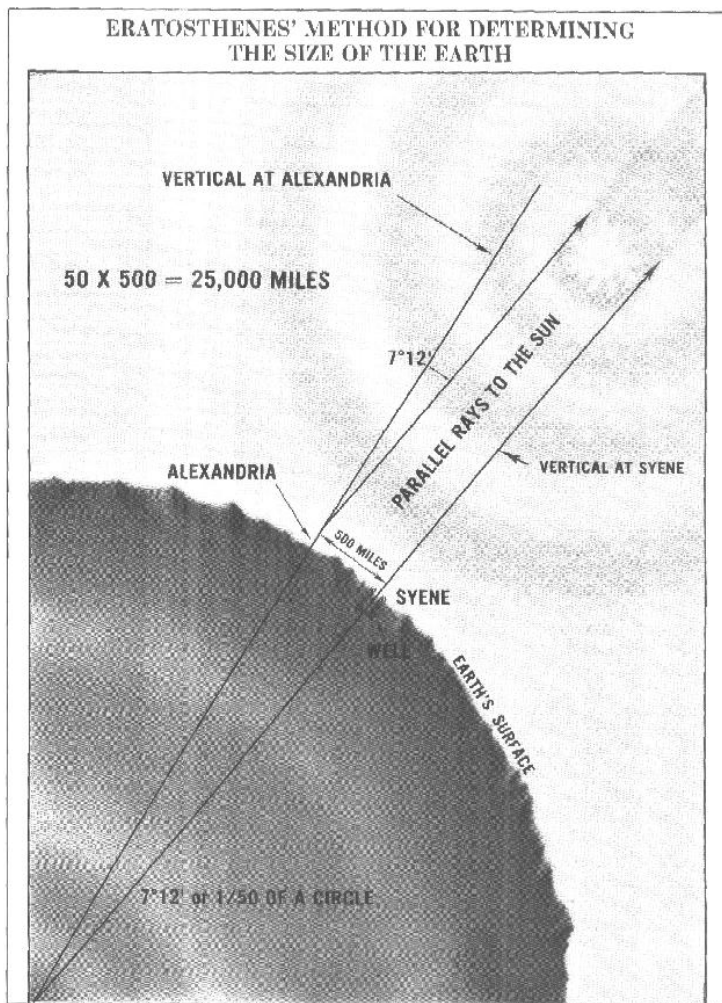
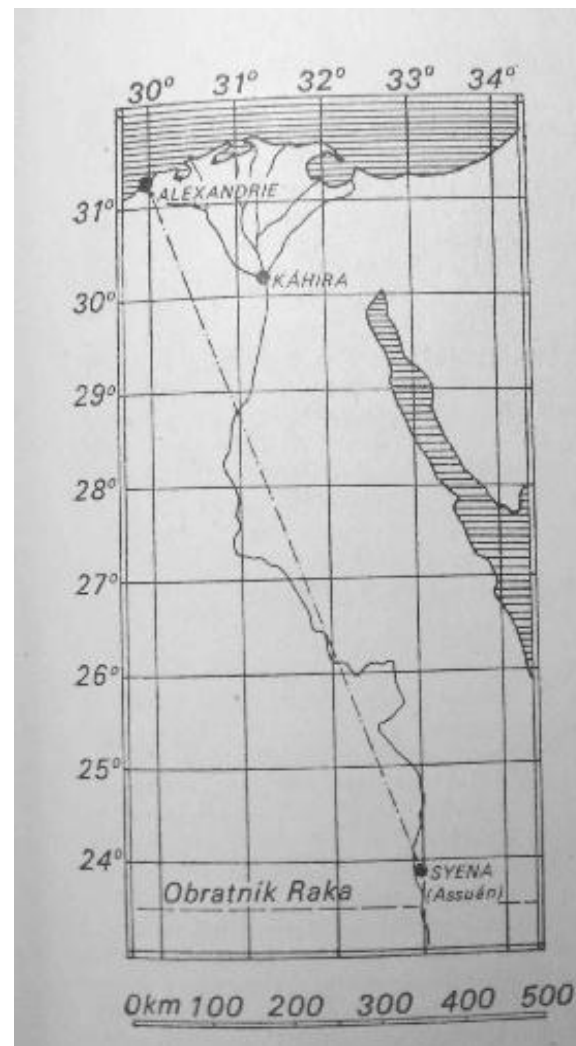


Figure 1



Definice

F.R.Helmert (1880) – Geodézie je věda, která se zabývá měřením a mapováním zemského povrchu,

Terminologický slovník (1988), - od roku 2005 elektronicky (přes 2600 termínů)

<http://www.vugtk.cz/slovník/index.php>

české výklady termínů a cizojazyčné ekvivalenty v pořadí:

GB – angličtina, F – francouzština, D – němčina, RU – ruština, SK – slovenština.

Geodezie – přírodní věda, jedna z věd o Zemi, která pomocí geometrických a fyzikálních metod získává o Zemi údaje metrického a fyzikálního charakteru; je to současně technický obor, zjišťující geometrické údaje pro tvorbu map a pro potřeby jiných oborů.

Kartografie – 1: vědní a technický obor zabývající se zobrazováním Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí, objektů a jevů na nich a jejich vztahů ve formě kartografických děl

2: soubor činností při zpracování a využívání kartografických děl.

Zeměměřictví – souhrn geodetických, fotogrammetrických a kartografických činností včetně technických činností v katastru nemovitostí.

Rozdělení geodézie

- **Globální geodézie** – určování tvaru a rozměrů Země (geometrické parametry) a jejího vnějšího tíhového pole (fyzikální parametry) a jejich změn. Zabývá se též vztahem Země k ostatním tělesům v kosmu (Vyšší geodézie, Fyzikální geodézie, Gravimetrie, Geodetická astronomie a kosmická geodézie, Družicová geodézie, Geodynamika, Geofyzika a geodynamika aj.).
- **Regionální geodézie** – vytváří geodetické a geofyzikální základy pro potřeby jednotlivých států, skupiny států či kontinentů. K tomu účelu se budují geodetické sítě (polohové, výškové, tíhové a prostorové geodetické základy). (Geodézie, Vyšší geodézie, Vyrovnávací počet, Geodetické sítě, Družicová geodézie aj.).

• **Technická (praktická, lokální) geodézie** – řeší teoretické a praktické problémy pro nejrůznější obory a činnosti:

- sběr a zpracování dat pro tvorbu map a kartografických produktů, tvorba a provoz informačních systémů (Mapování, Fotogrammetrie, Dálkový průzkum Země, Kartografie, DMT, Počítačová grafika, Databáze, Informatika, GIS aj.),
- činnosti při projektování a realizaci staveb (Inženýrská geodézie, Důlní měřictví, Stavební a průmyslová geodézie, Dopravní stavby, Vodní stavby, Pozemní stavby aj.),
- budování, správa a údržba katastru nemovitostí (Katastr nemovitostí, Právní vztahy k nemovitostem, Pozemkové úpravy, Oceňování nemovitostí aj.),
- vytváření podkladů a zaměřování aktuálního stavu pro další obory lidské činnosti a pro provoz jejich systémů (např. ochrana přírody, navigace, hydrografie, územní plánování, ekologie, energetika, doprava, meteorologie, aj.).

Z parametrického hlediska dělíme geodézii na jednorozměrnou **1D** (výška, tíže), dvojrozměrnou **2D** (poloha), trojrozměrnou **3D** (prostorovou), případně **4D** (+ čas, kinematika, dynamika).

Země jako vesmírné těleso

Slunce – centrální těleso sluneční soustavy

- střední poloměr 696 000 km,
- hmotnost $1,98892 \cdot 10^{30}$ kg (98,87% hmotnosti sluneční soustavy).

Země – v pořadí od Slunce třetí planeta sluneční soustavy

- střední vzdálenost od Slunce 149,6 miliónů km (8,32 min),
- doba oběhu Země kolem slunce 1 rok,
- střední poloměr Země 6 371 km,
- hmotnost Země (včetně atmosféry) $5,97370 \cdot 10^{24}$ kg = 1/333 000 hmotnosti Slunce,
- Země rotuje kolem vlastní osy 1 x 24 hod,
- sklon rovníku vůči ekliptice $23,4^\circ$.

Měsíc – přirozený satelit Země

- střední vzdálenost od Země 384,4 tisíc km (1,28 s)
- střední poloměr 1 737,5 km,
- hmotnost $734,8 \cdot 10^{20}$ kg = 1/81 hmotnosti Země.

Gravitační účinek Slunce na povrchu země je asi 46% gravitačního účinku Měsíce. Podle postavení vůči Zemi se jejich gravitační účinky sčítají nebo částečně eliminují. Společný gravitační účinek obou těles tvoří asi 0,0005% gravitačního účinku Země.

Vliv gravitačního pole Země

Zemské těleso o hmotnosti M vytváří nad svým povrchem gravitační pole. V každém bodě působí na jiná tělesa o hmotnosti m **gravitační** (přitažlivá) **síla** f .
Newtonův gravitační zákon (1687):

$$f = G \frac{M m}{l^2}, \quad G - \text{gravitační konstanta, } G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

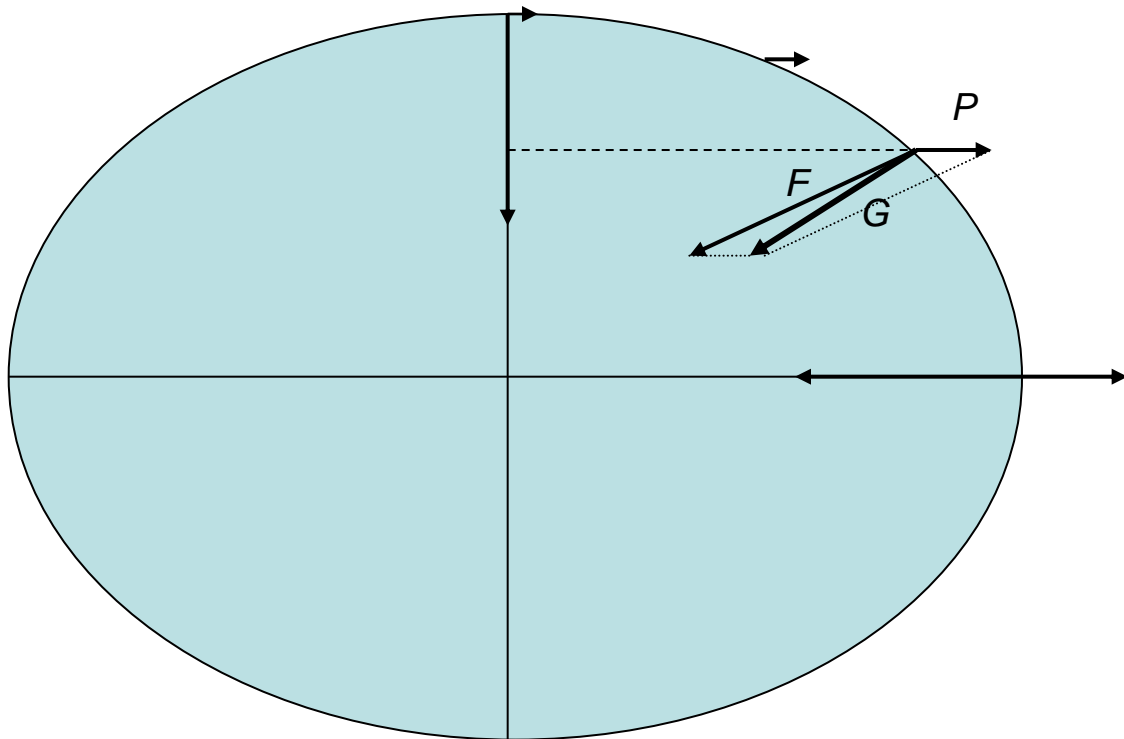
GM je geocentrická gravitační konstanta, $GM = 3\,986\,005 \cdot 10^8 \text{ m}^3 \text{s}^{-2}$,
 l je vzdálenost od těžiště Země.

Vlivem rotace Země působí na tělesa rotující se Zemí též **odstředivá síla**
(na jednotku hmotnosti)

$$p = \omega^2 \rho, \quad \omega \text{ je střední rychlost rotace Země, } \omega = 7\,292\,115 \cdot 10^{-11} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

ρ je poloměr rotace (poloměr rovnoběžky)

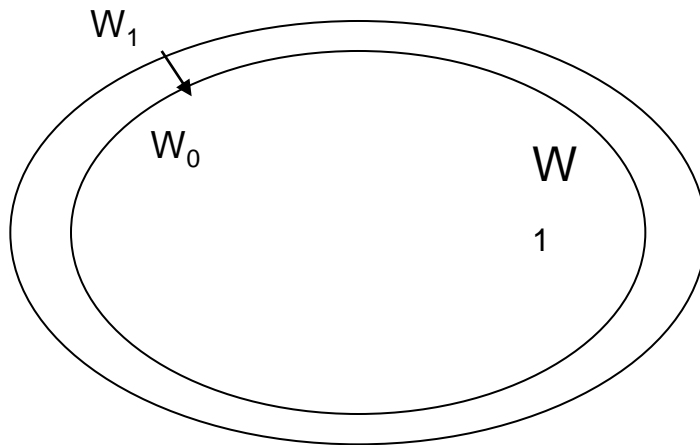
Obě síly působí společně jako **síla tíže** (vektorový součet)



Gravitační pole lze charakterizovat jejich potenciály

- potenciál síly přitažlivé V ,
- potenciál síly odstředivé V' .
- potenciál síly tíže $W = V + V'$

Změna potenciálu je maximální ve směru vektoru tíhového zrychlení a nulová ve směru kolmém.



$$g \cdot dh = dW = W_0 - W_1$$

$$g_e = 9,7803267715 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$g_p = 9,8321863685 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Plochy konstantního potenciálu se nazývají ekvipotenciální plochy, nebo lépe **hladinové plochy**. Kolmice k těmto plochám jsou **tížnice**. Tíhové zrychlení je tedy závislé na zeměpisné šířce a nadmořské výšce.

Rozeznáváme **skutečné tíhové pole** a **normální** (teoretické) **tíhové pole**.

Jedna z hladinových ploch skutečného tíhového pole, která se dobře přimyká střední hladině světových moří a oceánů se nazývá **geoid**.

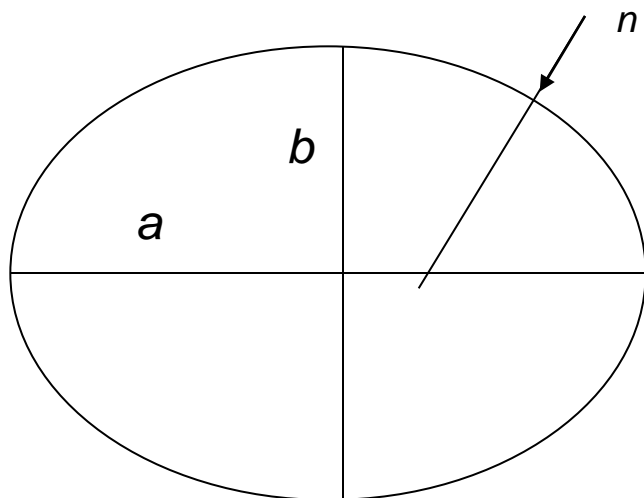
Je to nepravidelná uzavřená plocha, kterou můžeme zjednodušeně považovat teoreticky za počáteční plochu výškových systémů.



Odchytky od elipsoidu
-120 m do + 60 m.

V ČR kolem + 45 m

Rotační elipsoid – základní matematická plocha pro geodetické výpočty.
 Vznikne rotací elipsy kolem kratší osy.



a – je velká poloosa,
 b – malá poloosa,
 f – zploštění, $f = (a-b)/a$

Proměnlivá křivost
 Nejkratší spojnicí geodetická čára

Referenční elipsoid

elipsoid	rok	Velká poloosa a	Zploštění f	Malá poloosa b	Délka meridiánového kvadrantu	Délka rovníku
		[m]		[m]	[m]	[m]
Bessel	1851	6 377 395,155 0	1/299,152 812 853	6 356 078,962 9	10 000 855,766	40070355,536
Krasovský	1940	6 378 245	1/298,3	6 356 863,018 8	10 002 137,498	40075695,270
GRS'80	1980	6 378 137	1/298,257 222 101	6 356 752,314 14	10 001 965,729	40075016,686
WGS-84	1984	6 378 137	1/298,257 223 563	6 356 752,314 25	10 001 965,729	40075016,686

Referenční koule

Matematická plocha vhodná jako náhradní Země (zeměkoule). Na rozdíl od elipsoidu má konstantní křivost.

Nejkratší spojnici je **ortodroma** – hlavní kružnice.

Volba poloměru koule je závislá na účelu:

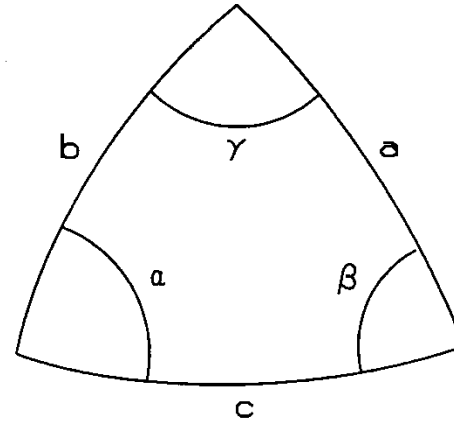
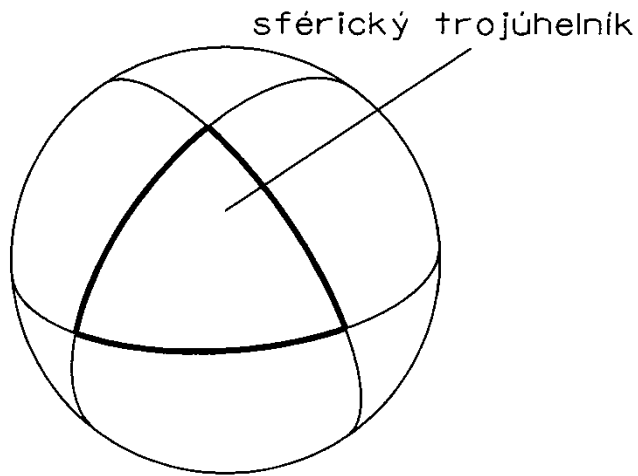
- stejný objem jako elipsoid,
- stejný povrch jako elipsoid,
- nejlépe se přimyká vybranému území,
- nejlépe se přimyká vybrané křivce aj.

Nahrazujeme-li celou Zemi $R = 6\,371$ km.

Referenční rovina – rovina kartografického zobrazení, rozvinutelná plocha do roviny:

- rovina
- válec
- kužel

Koule



Sférický exces (nadbytek)

$$\varepsilon = \alpha + \beta + \gamma - 180^\circ$$

$$\varepsilon = \frac{P}{R^2}$$

s	1 km	2 km	5 km	10 km	20 km	50 km	100 km
ε	0,002''	0,009''	0,05''	0,2''	0,9''	5,5''	21,9''

International Union of Geodesy and Geophysics

(založena 28.7.1919, 1. shromáždění – květen, 1922, Řím)

Belgium, Canada, France, Italy, Japan, Portugal, the United Kingdom, and the United States.

Sekce: Geodesy, Seismology, Meteorology, Magnetism and Terrestrial Electricity, Physical Oceanography, and Volcanology.

IUGG tvoří v současnosti 8 asociací:

International Association of Cryospheric Sciences ([IACS](#)) 2007

International Association of Geodesy ([IAG](#)) 1864

International Association of Geomagnetism and Aeronomy ([IAGA](#)) 1922

International Association of Hydrological Sciences ([IAHS](#)) 1922

International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences ([IAMAS](#)) 1922

International Association for the Physical Sciences of the Oceans ([IAPSO](#)) 1922

International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior ([IASPEI](#)) 1899

International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior ([IAVCEI](#)) 1922

– mezinárodní nevládní vědecká organizace,

– nyní 65 zemí.

– jedna z 30 mezinárodních vědeckých organizací a 116 národních vědeckých organizací ICSU (International Council for Science) např. IGU, ISPRS nebo AV

International Association of Geodesy ([IAG](#))

1862 – The Central European Arc Measurement (The Mitteleuropäische Gradmessung), první mezinárodní vědecká organizace

1867 – the Europäische Gradmessung (European Arc Measurement)

1886 – the Internationale Erdmessung (International Association of Geodesy)

1922 – zakládající člen

Commission 1: Reference Frames

Commission 2: Gravity Field

Commission 3: Geodynamics and Earth Rotation

Commission 4: Positioning and Applications

Inter-commission Committee on Theory

Global Geodetic Observing System (GGOS)

15 International Scientific Services [International Gravimetric Bureau](#), [Time Section of the International Bureau of Weights and Measures](#), [International Altimetry Service](#), [IAG Bibliographic Service](#), [International Center for Earth Tides](#), [ICGEM \(International Centre for Global Earth Models\)](#), [International DEM Service](#), [International Doris Service](#), [International Earth Rotation and Reference Systems Service](#), [International Geoid Service](#), [International Gravity Field Service](#), [International GNSS Service](#), [International Laser Ranging Service](#), [International VLBI Service](#), [Permanent Service for Mean Sea Level](#))