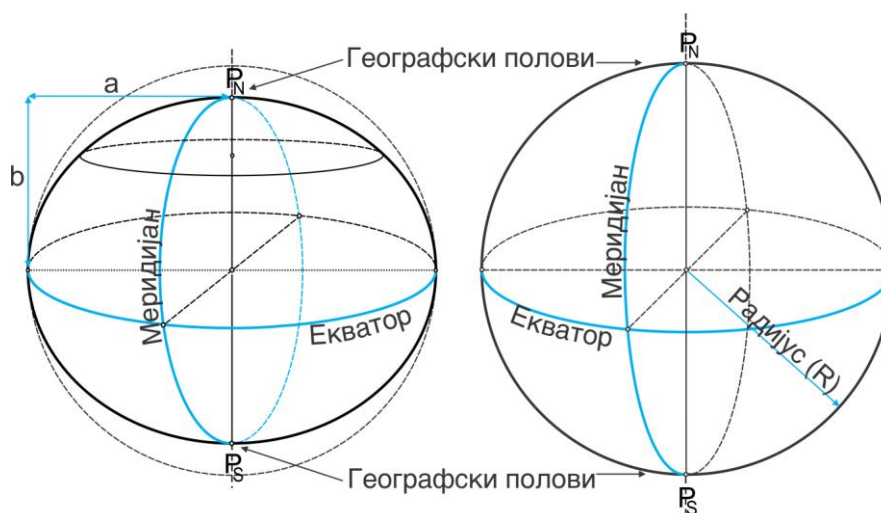


2.1. Облик и величина Земље¹

У егзактним истраживањима о Земљи постоји потреба да се стварно Земљино тело, с разноликим рељефом и неуједначеном унутрашњом грађом, геометријски идеализује – да се њена физичка површина замени математички одређеном површи. Пошто седам десетина Земљине површине отпада на океанско пространство, то замишљена уравнотежена средња површ Светског океана (без морских мена, струја, таласа) настављена кроз континенталне масиве најбоље одражава стварни облик Земље. Тело ограничено оваквом површи назива се *геоид* (Листинг, 1873). Површина геоида је једна од површи нивоа – површи нултих надморских висина. Удаљеност одређене тачке стварне Земљине површи од површи геоида назива се *надморска висина*.

Површ геоида је физички одређена. Она је у свакој тачки нормална на правац силе Земљине теже (на правац виска). Земљина кора се састоји од неколико огромних плоча нехомогене грађе, плоча које не мирују јер су својим основама уроњене у активни омотач Земљиног језгра, па је због тога распоред величине силе теже на Земљиној површи неравномеран, а површ геоида врло компликована и не може се у целини математички изразити. Зато геоид, и поред тога што најбоље одражава Земљин стварни облик, није погодан за практична рачунања.

Код сваког хомогеног еластичног тела које се обрће (ротира) око своје осе долази до одређене спљоштености дуж те осе, зависно од густине тела и брзине обртања. Због тога тело добија облик *ротационог елипсоида*, – геометријског тела које настаје обртањем елипсе око мале осе (сл. 2.1). Сплљоштеност је резултат деловања центрифугалне силе која тежи да честице тела удаљи од обртне осе. Материја планете Земље некада је била у растопљеном стању па је Земља услед ротације попримила спљоштен облик.



Слика 2.1 (лево) и слика 2.2 (десно)

¹ Поглавље из књиге: Тадић, М. (2004). *Математичка географија*. Београд: Зунс.

Да је Земља спљоштена на половима и да има облик ротационог елипсоида први је тврдио Исак Вутн 1687. године. Ако је то тако, онда раван која пролази кроз половине мора сећи Земљу по елипсама и једнаким централним угловима морају припадати лукови различите дужине, који су дужи што су географски полови ближи. То је практично и доказано непосредним геодетско-астрономским мерењима дужине лука од 1° које су извеле француске експедиције у Перуу (1735–1743) и Лапландији (1736–1737). Тако је ротациони елипсоид – *Земљин елипсоид* – прихваћен као геометријско тело које верно одражава Земљин стварни облик (сл. 2.1). Земљин елипсоид сасвим добро замењује геоид. Разлика између нивоа површи геоида и Земљиног елипсоида није велика и у најбољем случају не прелази ± 60 м. Површ Земљиног елипсоида је, за разлику од геоида, у целини математички одређена и зато погодна као основа за мерења и рачунања.

Земљина поларна спљоштеност износи 21,274 km тако да се Земљин елипсоид мало разликује од сфере. Отуда и назив *сфероид* – појам који је у науку увео још Архимед. Зато се у многим разматрањима (географским, картографским, наутичким, астрономским) Земља посматра као савршена сфера (сл. 2.2), каква би она била да не ротира и да није изложена дејству спољних сила. Земљина лопта се сматра хомогеном, њен центар је у центру Земље, у коме се секу сви правци виска (све вертикале) из било које тачке на њеној површи. *Ротациона оса* продире површ Земљине лопте у *географским половима*. Основна кружница географских половина назива се *екватор*, а секундарне кружнице екватора су *меридијани*.

Димензије Земљиног елипсоида се одређују под претпоставком да се његов центар поклапа с центром Земље, да се његова мала оса поклапа са ротационом осом Земље и да му је запремина једнака запремини геоида. Постоји више Земљиних елипсоида чије су димензије одређене под различитим претпоставкама и различитим методама. Они се називају према именима људи који су руководили тим мерењима и рачунањима (Walbeck – 1819, Bessel – 1841, Clarke – 880, Hayford – 1900, Красовски – 1940. године). Треба напоменути да су северна и јужна полулопта Земље морфолошки несиметричне, а сви поменути аутори су гравиметријска мерења углавном вршили на северној Земљиној полулопти тако да њихови елипсоиди не одражавају у потпуности Земљин облик. За нас је важан Беселов елипсоид (1841), чија је површ била основа за геодетске и картографске радове у нашој земљи, и најновији (и најтачнији), елипсоид Светског геодетског система из 1984. године (WGS 84), чије су димензије одређене на основу сателитских мерења.

Табела 2.1. – Елементи Земљиног елипсоида

Елемент елипсоида	WGS 84 елипсоид	Беселов елипсоид
Велика полуоса	a = 6 378,137 km	6 377,397 km
Мала полуоса	b = 6 356,863 km	6 356,079 km
Разлика (a – b)	21,274 km	21,318 km
Сплљоштеност	(a – b) : a = 1 : 298,26	1 : 299,2
Обим екватора	40 075,017 km	40 070,367 km
Обим меридијана	40 008,182 km	40 003,395 km

Димензије Земљине лопте се одређују полазећи од услова да њена запремина буде једнака запремини Земљиног елипсоида.

Таб. 2.2. – Елементи Земљине лопте

Елемент	Према WGS 84 елипсоиду	Према Беселовом елипсоиду
Радијус	6 371 km	6 370 km
Обим велике кружнице	40 030 km	40 000 km
Дужина лука од 1°	111,2 km	111,1 km

У математичкој географији се Земља посматра као лопта.

2.2. Географски координатни систем

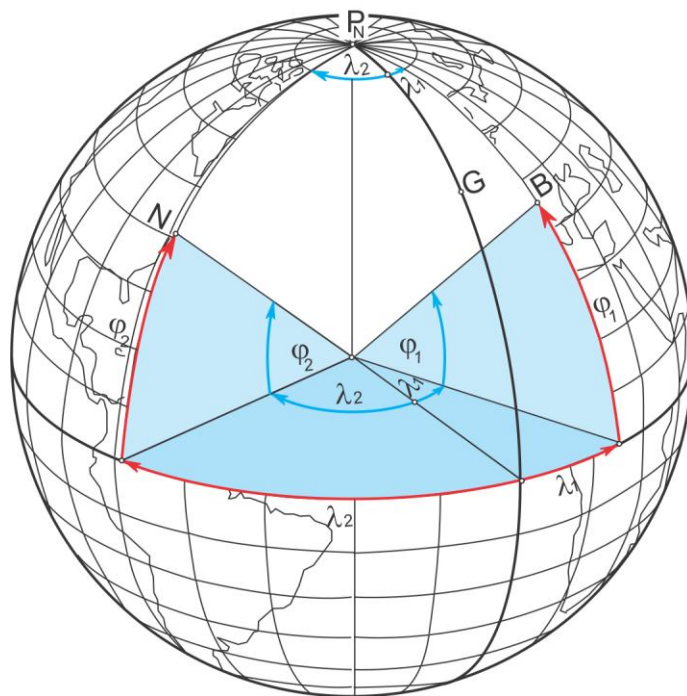
У географском координатном систему поларна оса се поклапа с ротационом осом Земље која продире Земљину површ у *географским половима*. Приближно на продужетку осе ротације Земље налази се звезда Северњача. Пол (P_N) који се налази „под“ Северњачом назива се *Северни географски пол*, а њему дијаметрално супротна тачка (P_S) – *Јужни географски пол*. Основна кружница географских полова назива се *екватор*. Екватор дели Земљину лопту на *северну* и *јужну полулопту*. Северна је она која садржи северни пол. Мале кружнице паралелне екватору називају се *паралеле*. Секундарне кружнице екватора називају се *меридијани*. По дефиницији, сви се они секу у географским половима и нормални су на екватор).

Прва основна кружница географског координатног система је екватор. Док се екватор природно издваја као основна кружница, између меридијана нема разлике. (У прошлости су у улози почетног меридијана били меридијани који пролазе кроз острво Родос (у доба Хипарха), Херкулове стубове (Гибралтар), Канарска острва (у доба Птолемеја), острво Сантјаго (Капвердска острва), острво Карво (Азорска острва) и острво Феро (Канарска острва). Зато је за другу основну кружницу на Међународној конференцији у Вашингтону 1884. године изабран меридијан који пролази кроз Гринвич (Греенвицх) крај Лондона (тачније – кроз осу пасажног инструмента старе астрономске опсерваторије у том месту). Тако одабрана кружница назива се *почетни* или *гринички меридијан*. Гринички меридијан дели Земљину лопту на *источну* и *западну полулопту*.

Прва сферна координата је *географска ширина* (φ) (сл. 2.3). Географска ширина је сферна удаљеност одређене тачке од екватора или величина лука меридијана од екватора до одређене тачке. Величина географске ширине се мери у распону од 0° до $\pm 90^\circ$. Географска ширина је позитивна за тачке на северној полулопти.

Друга сферна координата је *географска дужина* (λ). Географска дужина је величина лука екватора од почетног меридијана до меридијана одређене тачке или сферни угао двougла кога чине та два меридијана (или просторни угао између њихових равни). Величина географске дужине се мери у распону од 0° до $\pm 180^\circ$. Позитивном оријентацијом се сматра смер читавања супротан смеру кретања казаљке на часовнику који је положен на Северни географски пол. Све тачке на источној Земљиној полулопти имају позитивне географске дужине.

На слици 2.3, централним угловима и њима одговарајућим луковима показане су географске координате Гринвича, Београда и Њујорка (тачке G, B и N).



Слика 2. 3. Географски координатни систем

Географске дужине се изражавају и у часовној мери. Земљина лопта се за 24 часа једном обрне око своје осе и свака тачка њене површине опише пуну кружницу, тј. 360° .

Табела 2.4. – Угаона и часовна мера географских дужина

Угаона мера	Одговарајућа часовна мера	Часовна мера	Одговарајућа угаона мера
360°	24 h	24 h	360°
15°	1 h	1 h	15°
1°	4 min		
$1'$	4 s	1 min	$15'$
$1''$	1/15 s	1 s	$15''$

Тако се географска дужина Гринвича може писати као $\lambda = 0^\circ$ или $\lambda = 0$ h, географска дужина Београда као $\lambda = 20^\circ 28'$ или $\lambda = 1$ h 21 min 52 s, а географска дужина Вујорка као $\lambda = -73^\circ 58'$ или $\lambda = -4$ h 55 min 52 s.

Неретко се северне географске ширине означавају великим словом Н (Nort), а јужне словом S (South). На исти начин слова E (East) и W (West) указују на источне и западне дужине. На пример, географске координате Пекинга су $\varphi = 39^\circ 54'$, $\lambda = 116^\circ 28'$ (или $39^\circ 54' N$, $116^\circ 28' E$), а географске координате Рио де Жанеира $\varphi = -22^\circ 54'$, $\lambda = -43^\circ 10'$ (или $22^\circ 54' S$, $43^\circ 10' W$).