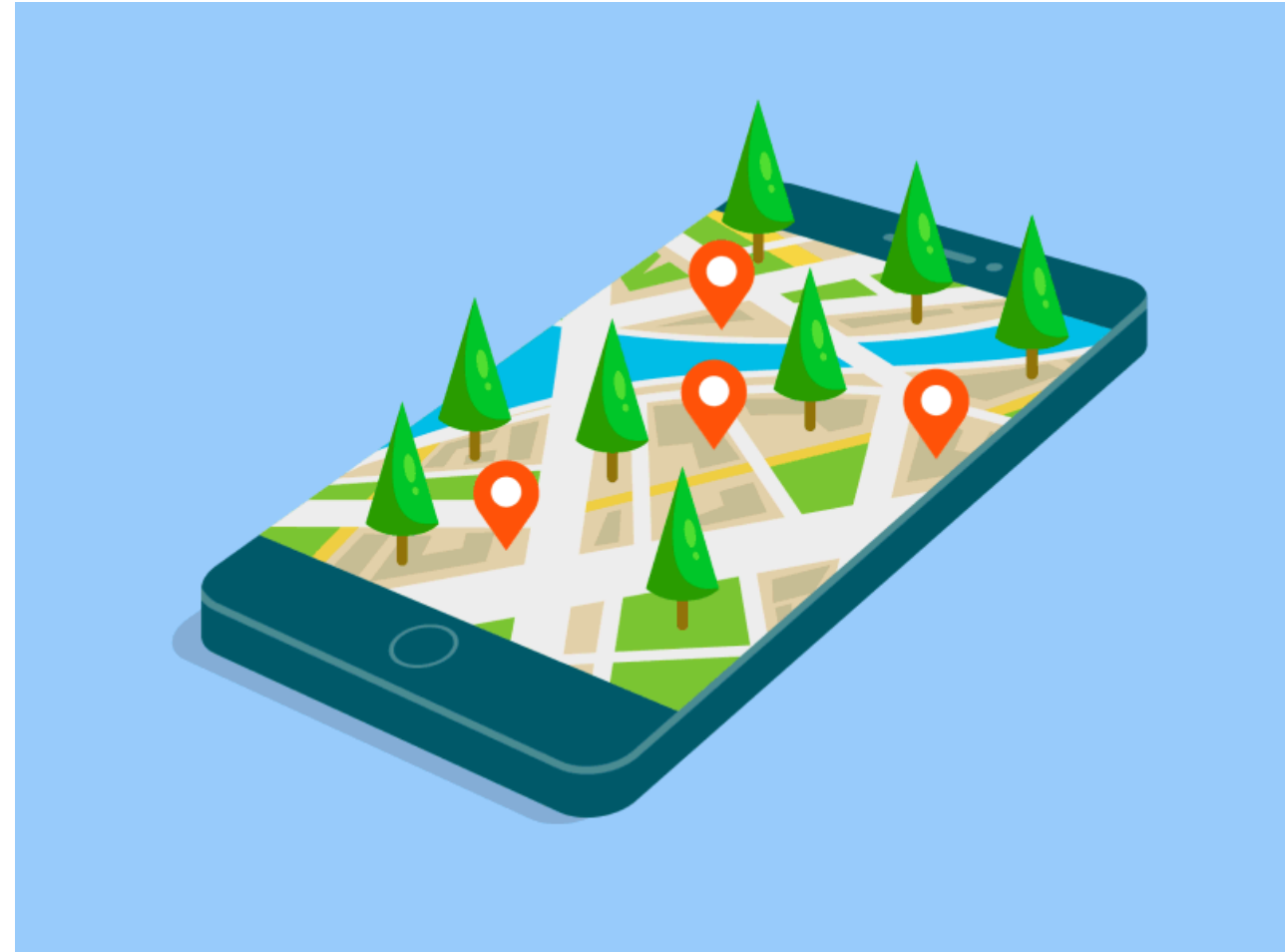


GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY (GNSS)

PREDNÁŠKA 1

Lokalizácia a navigácia

- Pokiaľ siahajú počiatky lokalizácie?
- Pokiaľ siahajú počiatky navigácie?



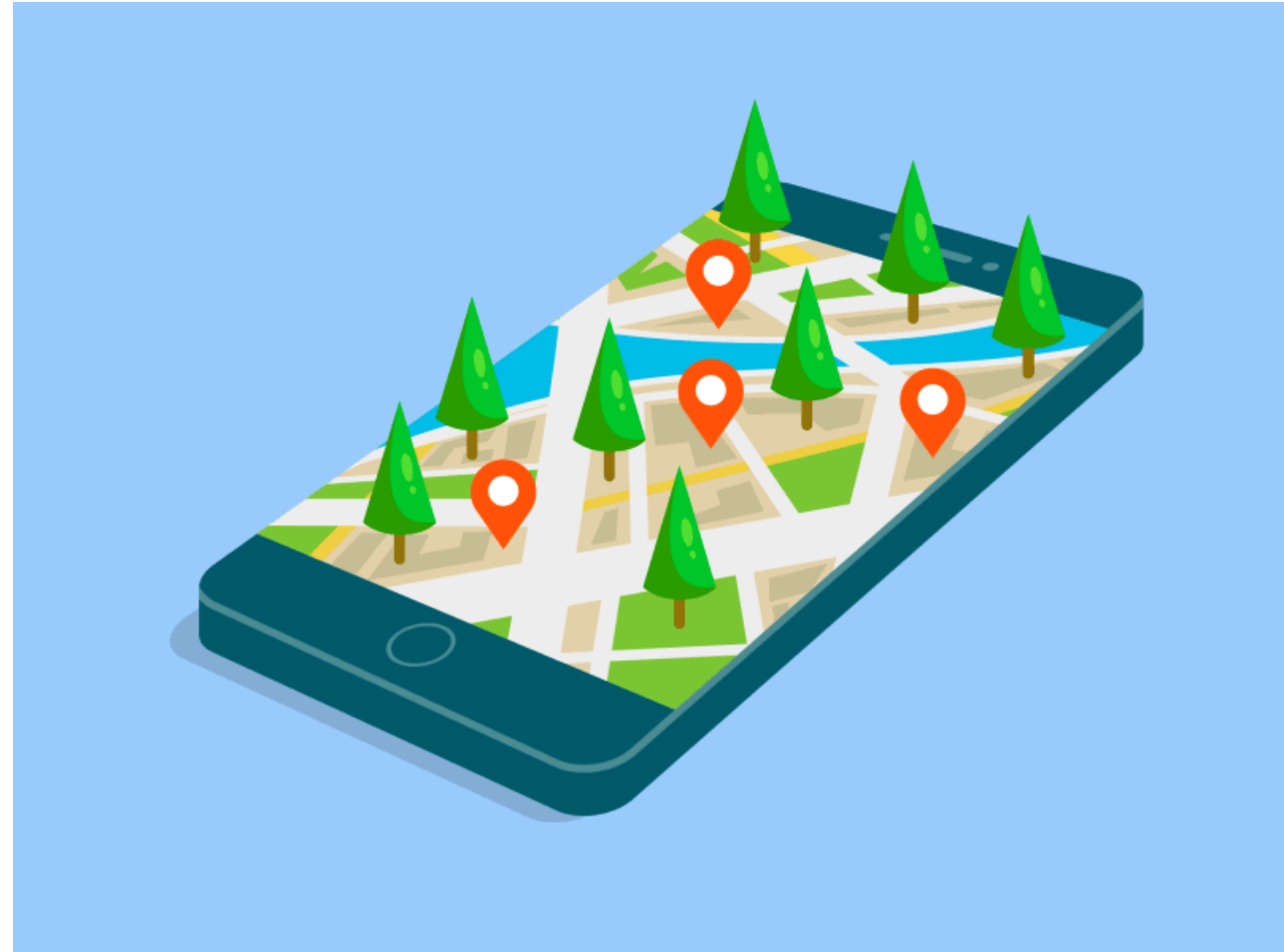
Lokalizácia a navigácia

„Princípy lokalizácie a navigácie sú stále rovnaké, menia sa len prostriedky“

- od počiatkov späté s človekom
a jeho cestovateľskými aktivitami

KDE SA TO NACHÁDZAM?

AKO SA TAM DOSTANEM?



Lokalizácia a navigácia

„Princípy lokalizácie a navigácie sú stále rovnaké, menia sa len prostriedky“

- od počiatkov späté s človekom a jeho cestovateľskými aktivitami
- Používanie orientačných bodov
 - koncept pretrval - len používame sofistikovanejšie metódy nachádzania a označovania orientačných bodov
- Vzdialenosť - *čas trvania cesty*



KDE SA TO NACHÁDZAM?

Lokalizácia a navigácia

„Princípy lokalizácie a navigácie sú stále rovnaké, menia sa len prostriedky“

- od počiatkov späté s človekom a jeho cestovateľskými aktivitami
- Používanie orientačných bodov
 - koncept pretrval - len používame sofistikovanejšie metódy nachádzania a označovania orientačných bodov
- Vzdialenosť - *čas trvania cesty*

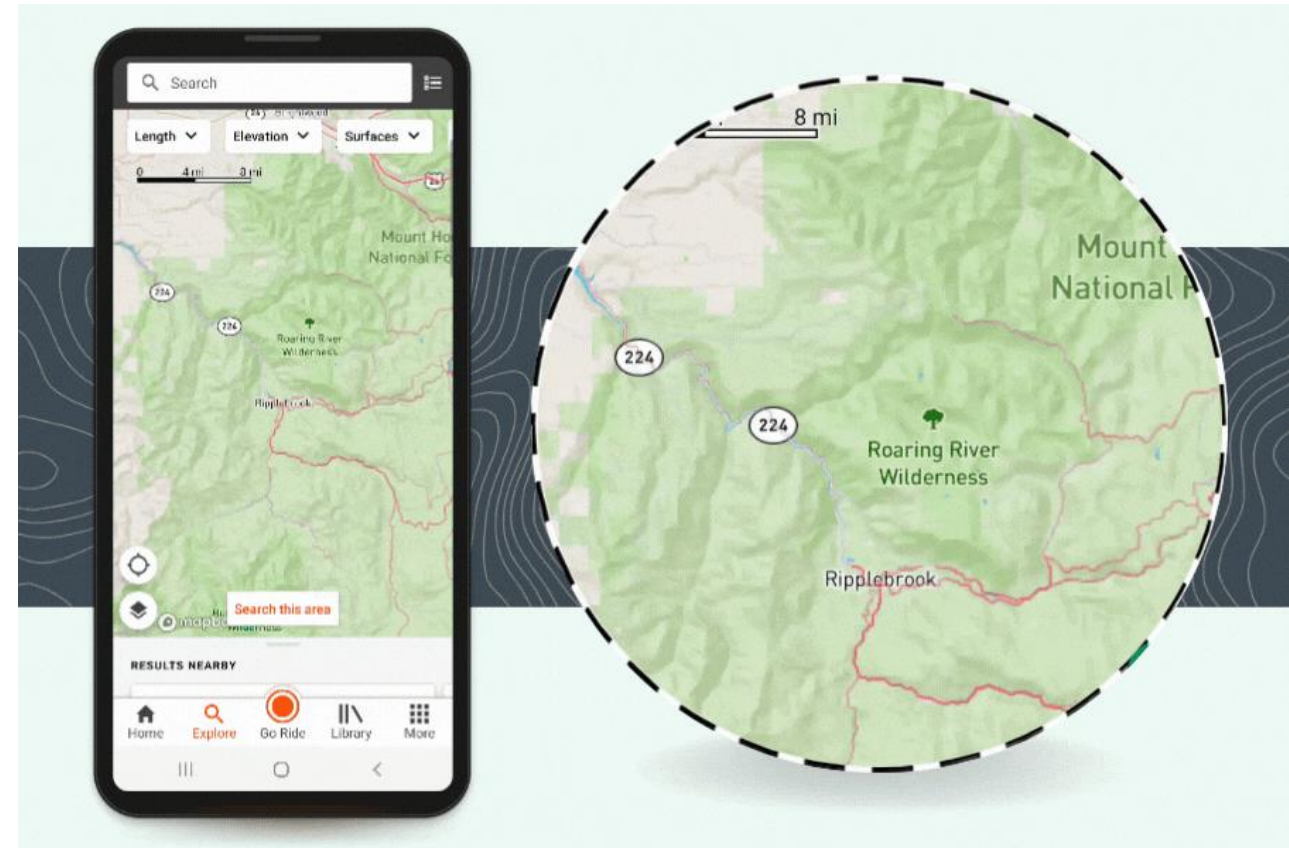
MEDIEVAL TRAVEL TIME INDEX			
Transports	Pace Kilometers per hour	Situations	Multipliers
- BIPED -			
Walking	4	Stocked & Supplied	0.8
Fast Walking	6	2+ horses hauling	1.2
Forced March	9	Spare horse	1.6
Running	15	Unmaintained road	0.5 - 0.9
- HORSE -			
Walking	7	Paved Road	1.2
Trotting	14	Cross Country	0.5
Galloping	25	Natural Trail	0.7
Racing	60	Hills & Mountains	0.3 - 0.5
- ELSE -			
Wagon (oxen, etc)	4	Unknown Area	0.8
Camel - Walking	7	Known Area	1.2
Camel - Running	24		
Elephant - Walking	10		
Elephant - Running	34		

KDE SA TO NACHÁDZAM?

Lokalizácia a navigácia

„Princípy lokalizácie a navigácie sú stále rovnaké, menia sa len prostriedky“

- objavovanie nových zemí
- rozvoj obchodných ciest
- spojenie s ľuďmi na celom svete
- podpora globálnej ekonomiky
– presná navigácia lodí, lietadiel...



AKO SA TAM DOSTANEM?

VYMEDZENIE DÔLEŽITÝCH POJMOV

- **Lokalizácia** je proces **určenia polohy** určitého bodu/objektu v priestore.
- **Navigácia** je proces **určovania optimálnej cesty a smeru** k danému cieľu.
- **Rádiolokalizácia** je proces **určenia polohy** určitého objektu v priestore s využitím **elektromagnetických (rádiových) vln**.
- **Rádionavigácia** je proces **určovania optimálnej cesty a smeru** k danému cieľu s využitím **elektromagnetických (rádiových) vln**.



Lokalizáciou je myslené určovanie jednoznačnej polohy v priestore. Navigáciou je označované umenie dostať sa z jedného miesta na druhé po vytýčenej trase.

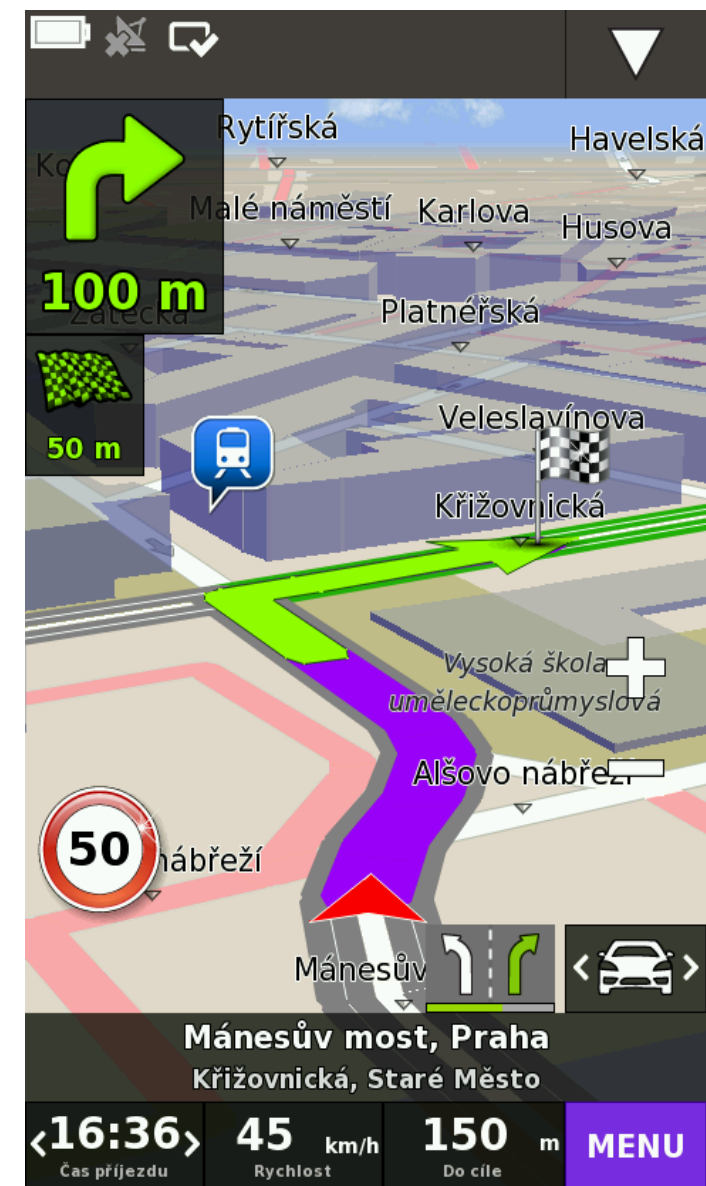


NAVIGÁCIA vs. LOKALIZÁCIA

➤ Kým pre lokalizáciu je spravidla hlavným kritériom dosiahnutie požadovanej **polohovej presnosti lokalizácie**, v prípade navigácie existujú dve kritéria:

➤ **Kritéria navigácie:**

- **polohová presnosť** lokalizácie v priebehu navigácie
- **čas** potrebný pre určenie aktuálnej polohy





OD PRAVEKU K MOREPLAVCOM - OD MOREPLAVCOV KU GNSS

NAVIGATION

before GPS

Stars were the first tools used for navigation. Sailors would use stars to steer a steady course.



Maps and Compasses were used to navigate as early as the 11th century.



Sextants would measure the angle of a celestial object such as the sun and the horizon which gives the object's altitude.



Chronometers were time keeping devices for sea. They could measure longitude with the use of a sextant and Greenwich Hour Angle, celestial position of the sun.



Radar navigation involves transmitting an electromagnetic signal at a target and using the reflected echo to calculate distance. This method has been used extensively to track aircraft and marine vehicles.



Navigácia pred vynálezom GNSS

- Pre prvých moreplavcov nastal už cca 3 500 rokov p.n.l. problém s **navigáciou na mori**
- Navigácia podľa orientačných bodov na pobreží
- *Plavba na otvorenom mori vyžadovala nové metódy navigácie*
- Klasická navigácia - *magnetická buzola* - do 17. st.
- Navigácia výpočtom - do druhej polovice 17. st.
- Astronomická navigácia - od 18. storočia

➤ Navigácia výpočtom

- Navigátor určuje **aktuálnu polohu** lode podrobným záznamom o jej pohybe
- Východiskový bod je obvykle **posledná poloha lode** (napr. pomocou orientačných bodov na pobreží)
- Od východiskového bodu sú do mapy priebežne zakresľované **smery** a **prejdené vzdialenosti** - **navigačná línia**



Vypočítané, navrhnuté a realizované námorné trasy moreplavcov v Indickom oceáne (9.-14. stor.).

➤ Navigácia výpočtom

Základné princípy navigácie výpočtom:

- Aktuálna poloha je vypočítaná na základe:

1. poslednej známej polohy
2. smeru
3. rýchlosti
4. času



- Je základnou metódou navigácie.
- Je dostatočne „jednoduchá“ a „nenáročná“.



NAVIGÁCIA a PRVÉ NÁMORNÉ MAPY

- **Portolán** - námorná *navigačná* mapa talianskeho pôvodu, ktorá zobrazuje hlavneorské pobrežie a prístavy.
- Vznik - prelom 13. a 14. st.

Ukážky najstarších portolánových máp:



Katalánsky atlas, ktorý zobrazuje Európu a severnú Afriku (1375).



1.



2.



3.



4.

1. Mapa Európy, Piri Reis, 1521 – 1525

2. Mapa západnej Európy a Afriky, Pedro Reinel, 1504

3. Čierne more, Diego Homem, 1559.

4. Škandinávia, Carta marina, Olaus Magnus, 1539.

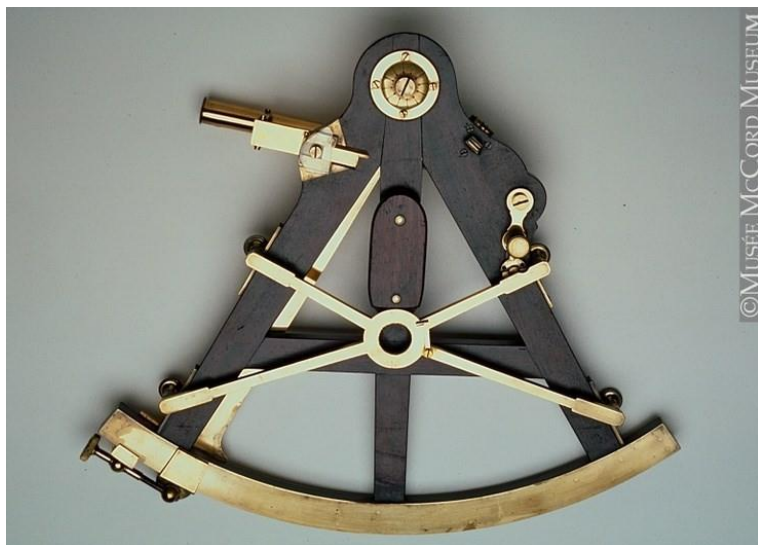


- Za otca „morskej“ kartografie sa považuje flámsky kartograf a matematik **Gerhard Mercator**, ktorý v roku **1538** zhotovil túto **mapu sveta (Pacifický oceán)**
- **Neuveriteľne presné obrysy amerického kontinentu (západné pobrežie)**

➤ Astronomická navigácia

- Orientačné body sú hviezdy, Slnko a Mesiac
 - Nebeské telesá „menia“ svoju polohu
 - Bez spoľahlivých hodín je možné stanoviť iba zemepisnú šírku pozorovateľa!
-
- ***Do 18. stor. okrajová metóda navigácie:***
 1. **náročné pomôcky** (astronomický almanach – 17. st., sextant - 1759, chronometer - 1737)
 2. **metóda pre vzdelaných**





Sextant po prvýkrát
skonštruoval
John Bird v r. 1759.



← **Sextant** je merací prístroj určený na meranie uhla elevácie (zenitového uhla) nebeského objektu nad horizontom alebo uhla medzi zámermi dvoch bodov, resp. objektov.

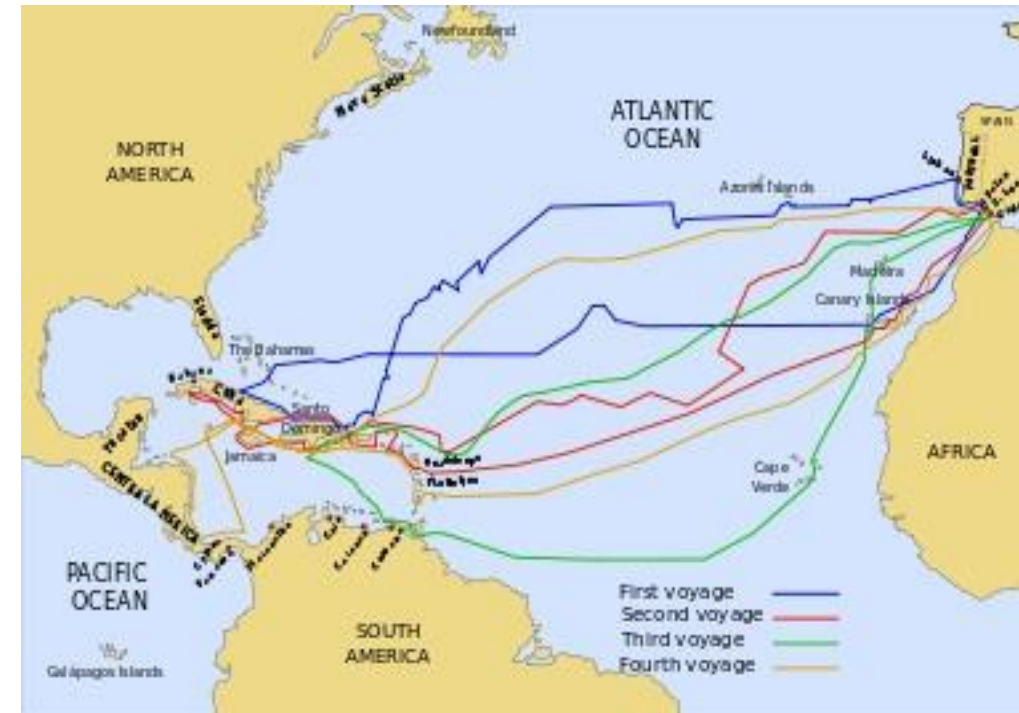
➤ **Klasická navigácia na mori pomocou magnetického kompasu a navigácia výpočtom**
stačili na prevratné historické zaoceánske plavby a objavy „**nových svetov**“



Krištof Kolumbus - janovský moreplavec v španielskych službách, ktorý (znovu) objavil Ameriku pre Európu dneška v roku 1492.

Navigácia magnetickou buzolou a výpočtom: Objavenie Ameriky 1492; prvý ostrov: San Salvador (Bahamy), druhý ostrov: Haiti (Antily).

➔
Objavné plavby Krištofa Kolumba



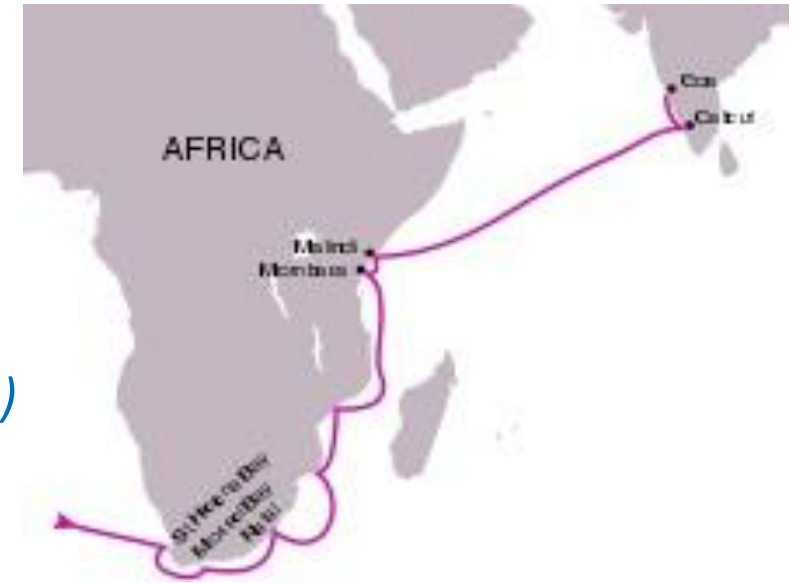
Mapa prvej plavby Vasco da Gama do Indie.

➤ Navigácia len magnetickou buzolou a výpočtom!



Vasco da Gama

- Tri cesty do Indie (1497 – 1499, 1502 – 1503 a 1524)
- položil základy k neskoršej dominancii Portugalska ako koloniálnej veľmoci.



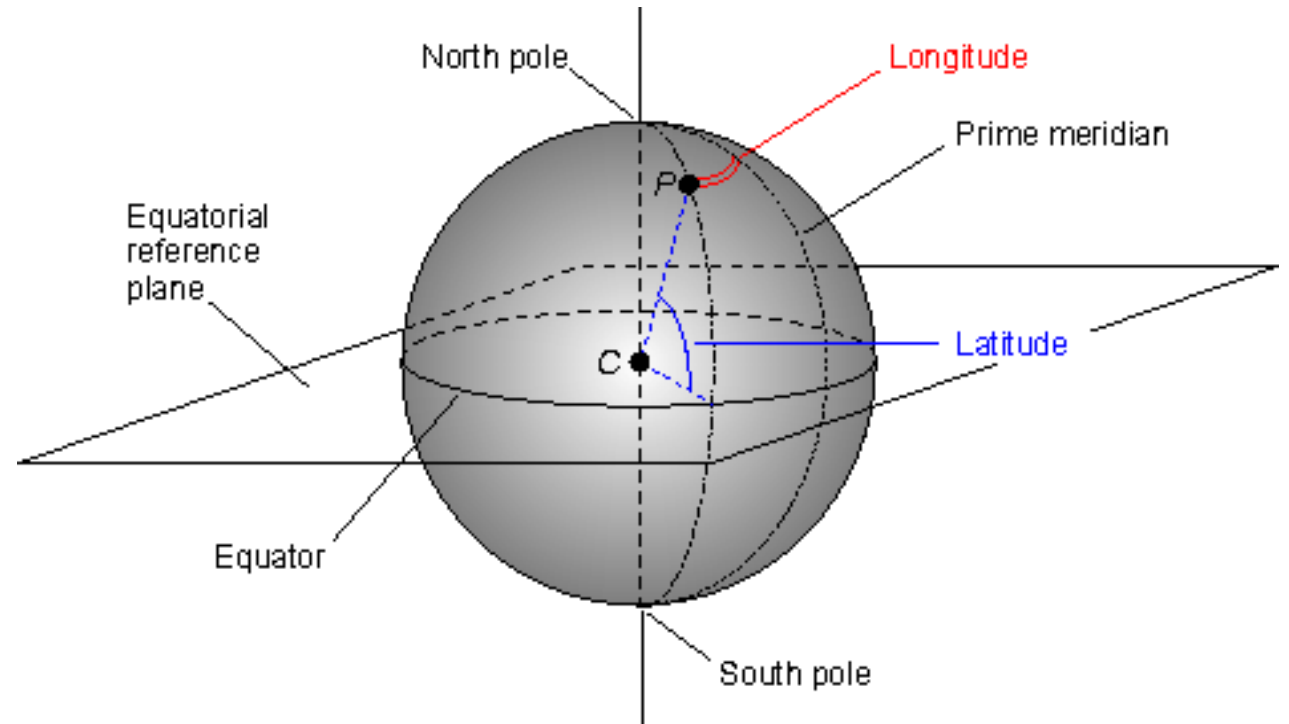
James Cook

- tri plavby okolo sveta a hlavne vydané práce výrazne posunuli znalosti o Zemi.



Plavby Jamesa Cooka: prvá – červená, druhá – zelená, tretia – modrá.



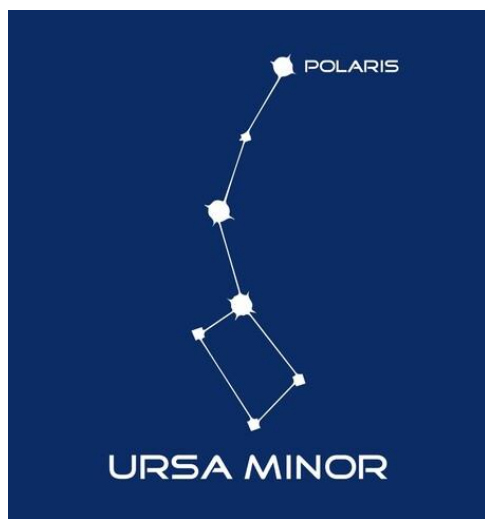


- Rýchly pohľad na 'presné' mapy sveta až do 18. storočia hovorí za všetko
- Ľudia sa snažili merať zemepisnú šírku a dĺžku dlho, s rozličným úspechom

Začiatky navigácie:

Určenie zemepisnej šírky je jednoduché a presné

- Navigácia sa spoliehala na pozíciu hviezd a slnka, smer cesty pomocou kompasu



Severka je pod uhlom 41°
...zemepisná šírka je 41°



- Sextant – meranie uhla elevácie objektu nad horizontom (Polárka, Slnko)
Určenie zemepisnej šírky



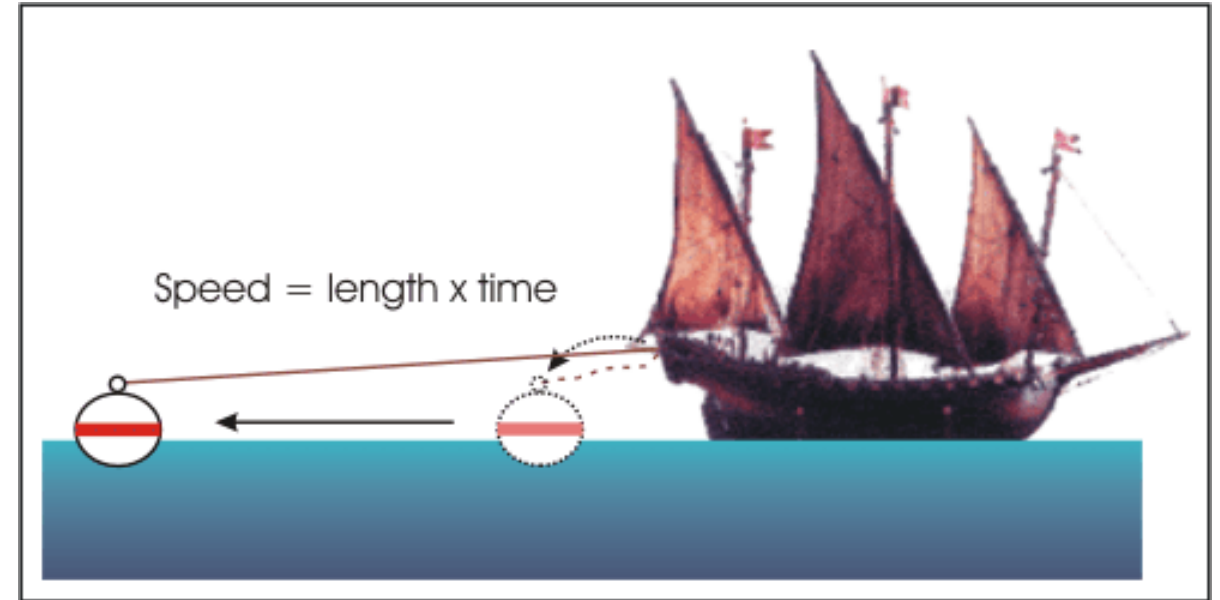
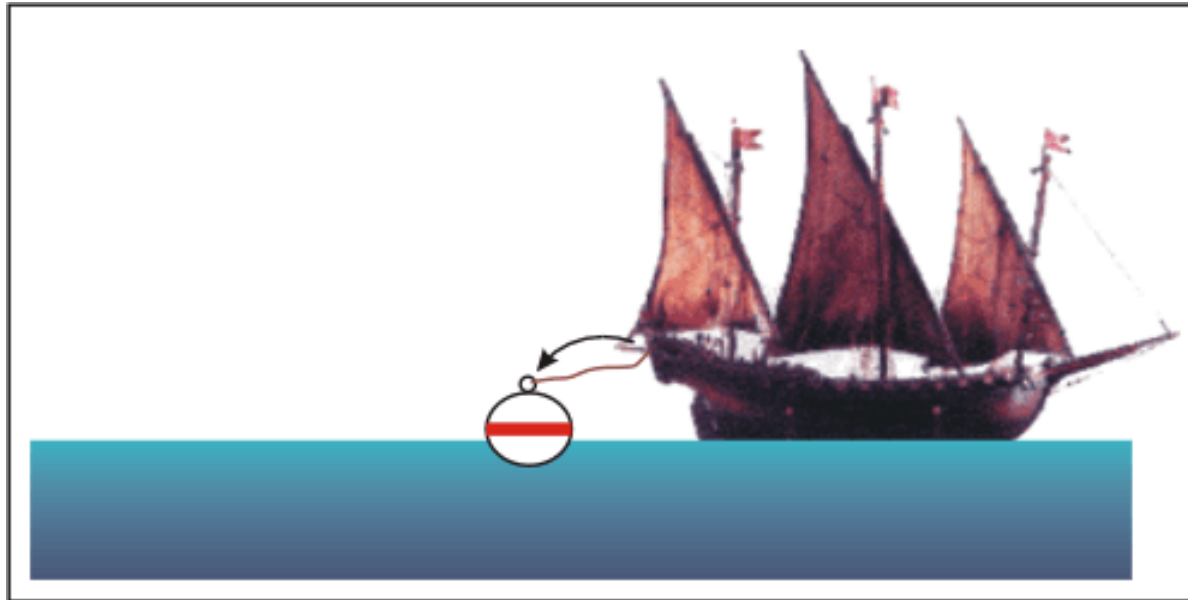
- Kompas – meranie smeru cesty



- Vzdialenosť – meraná počtom krokov (rotácií kolesa) alebo odhadom času pre cestovanie

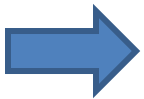
Začiatky navigácie: Určenie zemepisnej dĺžky je zložité, pretože k nej na oblohe neexistuje fixný bod

- určenie pozície v smere východ-západ výpočtom
- veľa zdrojov chýb – aj 95% presnosť napr. z New Yorku do Londýna akumulovala chybu 175 míľ na konci trasy - *seriózny* problém pre lode prichádzajúce ku skalnatým pobrežiam



Začiatky navigácie: Určenie zemepisnej dĺžky je zložité, pretože k nej na oblohe neexistuje fixný bod

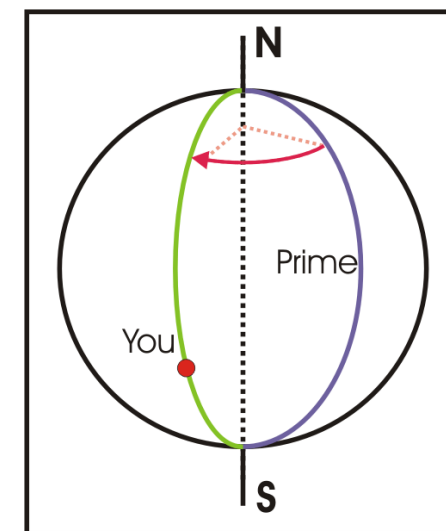
- Sextant – zemepisná šírka na mori
- Kompas - smerovanie
- Ale pokiaľ nevieme určiť, ako ďaleko východne alebo západne sa nachádzame...



Začiatky navigácie: Určenie zemepisnej dĺžky!

22. Október 1707 – chybou výpočtu posádky Admirála Sira Clowdisley Shovela viedla k smrti 2 000 námorníkov

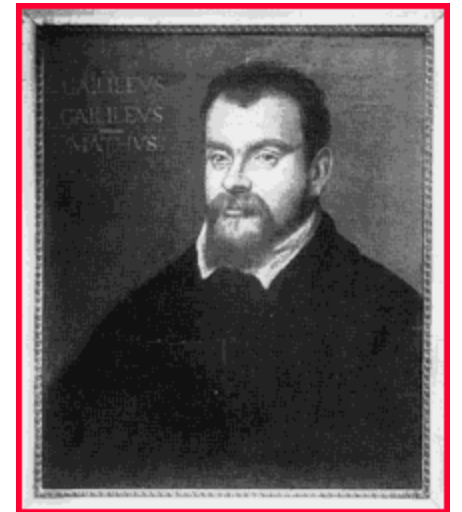
- 1717 – kráľovná Anna určila výhru 20,000 £ tomu, kto určí zem. dĺžku s presnosťou na $\frac{1}{2}$ stupňa (cca 30 míľ).
- Takmer všetky prístupy sa zamerali na 4. element navigácie ... ČAS



Greenwich – lokálny poludník
1 hodina = rozdiel 15° zem. dĺžky
Chyba 1 sekundy = 68 míľ = 109 km)!

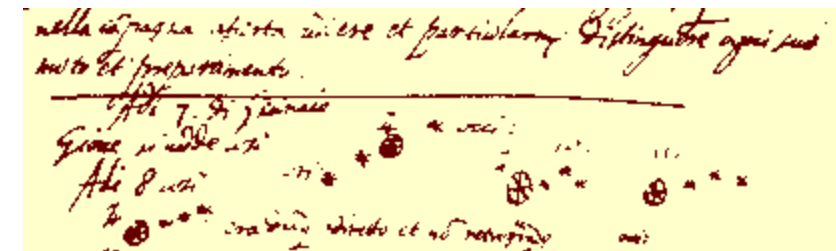
Určenie času na základe mesiacov Jupitera

4 (Galileove) mesiace Jupitera majú presný cyklus obehu – určenie času



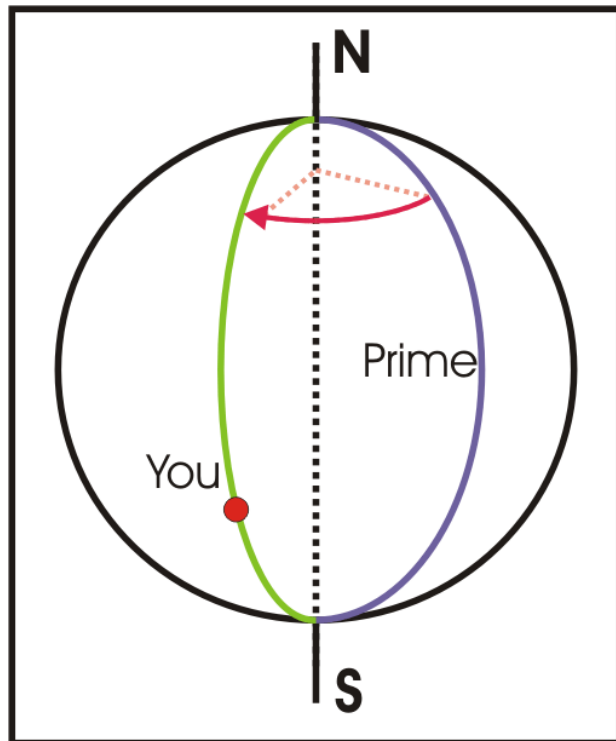
Galileo Galilei, 1564-1642

- Podmienka: Jupiter viditeľný v noci!

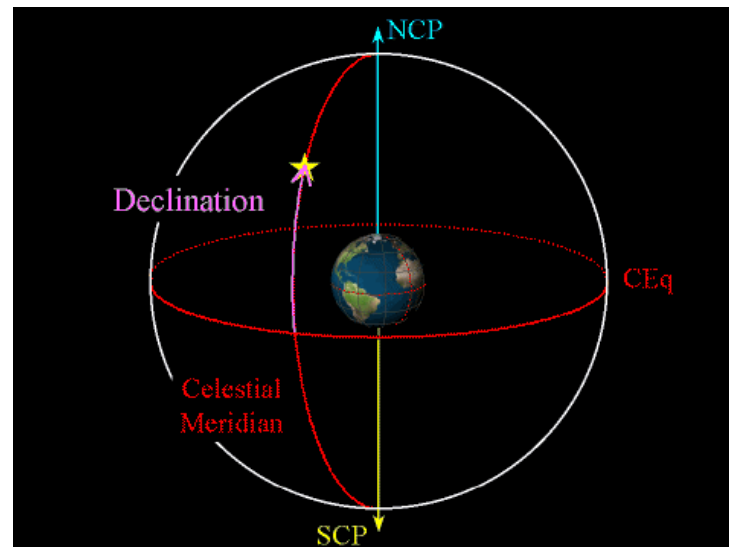


Ako súvisia čas a zemepisná dĺžka?

- Poludník – kružnica medzi severným a južným pólom a užívateľovou polohou
- Každá hviezda dosiahne jeden poludník len raz za deň – rozdiel medzi časom, kedy hviezda pretne stanovený nultý a lokálny poludník – **zemepisná dĺžka**



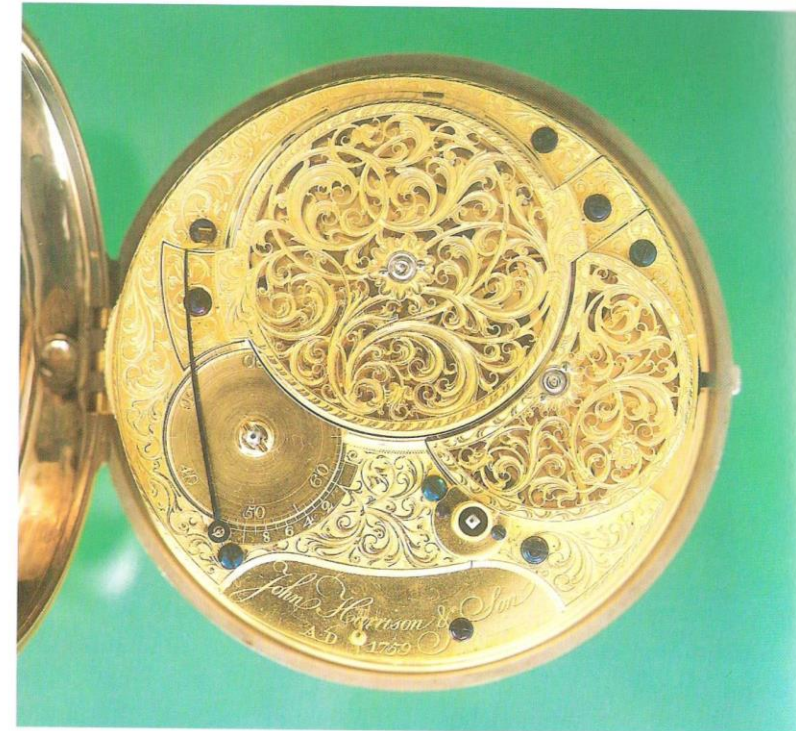
- Nultý poludník – prechádza cez dohodnutý nulový bod



- Greenwich

Presné hodiny Johna Harrisona - 1761

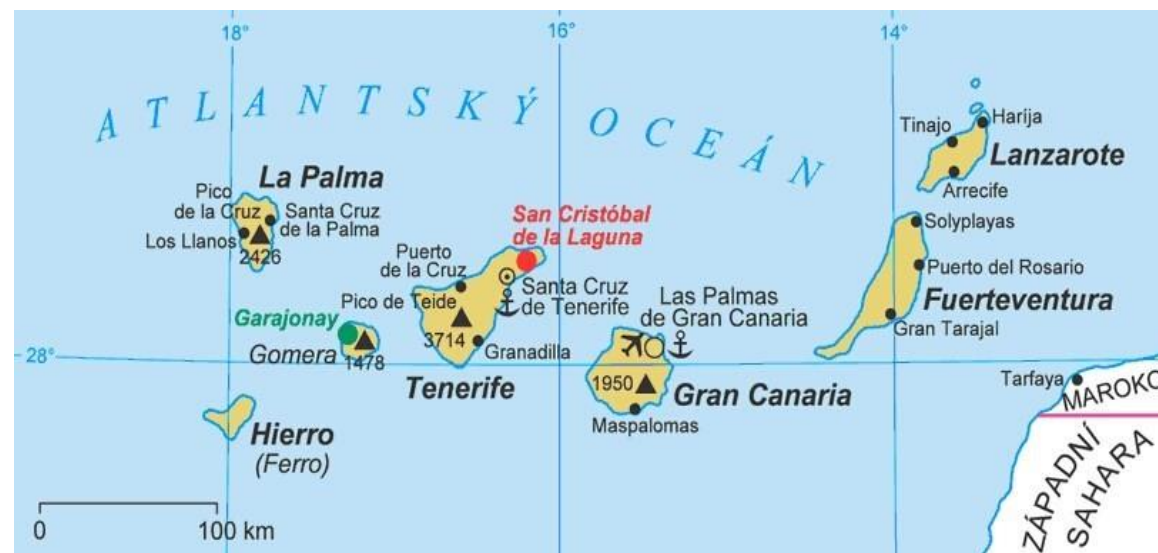
- **Chronometer - veľmi presné prenosné hodiny – prenosný časový štandard**
- umožňuje navigátorovi použiť časový rozdiel medzi miestnym časom pre loď a časom na nultom poludníku a určiť tak zemepisnú dĺžku, kde sa loď nachádza
- Priemerná denná variácia chodu chronometra je $\pm 0,1$ s
- **Námorný chronometer** bol podstatnou zložkou prístrojovej *navigačnej výbavy*, 250 rokov v námorníctve a neskôr aj v leteckej navigácii
- V druhej polovici 20. storočia ho vytlačilo používanie *družicovej (satelitnej) navigácie*



PREHĽAD HISTÓRIE NÁMORNEJ LOKALIZÁCIE a NAVIGÁCIE (nultý poludník)

➤ Z histórie nultého poludníka

- **Nultých poludníkov bolo v minulosti niekoľko.**
- *V r. 1634 -1884 - ferrský meridián (Kanárske ostrovy)*



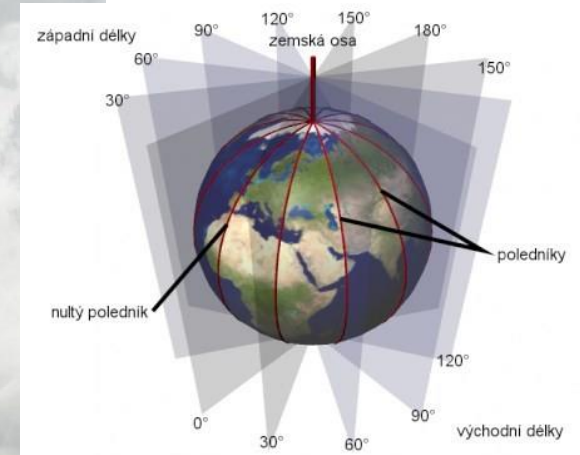
➤ Greenwich v Mekke?

- Moslimskí učitelia sú presvedčení, že **nultý poludník** by mal prechádzať **Mekkou** – ich svätým miestom.
- V Mekke sa postavili **najväčšie hodiny na svete**, čo mnohí moslimovia považujú za dostatočný dôvod na to, aby sa nultý poludník presťahoval z Londýna do arabského sveta.



PREHĽAD HISTÓRIE NÁMORNEJ LOKALIZÁCIE a NAVIGÁCIE (nultý poludník)

- **Royal Observatory, Greenwich** (Kráľovské observatórium, Greenwich)
- $(0^{\circ}0,0'; +51^{\circ}28,6'; 47 \text{ m})$
- založené r. 1675 v Greenwichi pri Londýne a podľa medzinárodnej dohody z r. **1884** ním prechádzal **nultý poludník**.
- Pre zlé pozorovacie podmienky observatórium r. 1957 preložili do zámku Herstmonceux pri Hailshame v Sussexe $(+0^{\circ}20,3'; +50^{\circ}52,3'; 32 \text{ m})$



PREHĽAD HISTÓRIE NÁMORNEJ LOKALIZÁCIE a NAVIGÁCIE (nultý poludník)



Turistická atrakcia

- Pocit, ktorý sem turistov láka je potešenie z predstavy, že jednou nohou môžete stáť na západnej pologuli a tou druhou na východnej pologuli.



Pokrok v navigácii: GNSS

Chronometer Harrisona pomohol lodiam a bežnej navigácii,
ale vynález nebol určený pre masy



Budovanie univerzálneho GNSS

- jednoduché určenie času
- kalibrovateľnosť hodín kdekoľvek
- údaje aj pri oblačnosti

How GPS Locates You



With the distance to the first satellite, you only know you could be anywhere on a sphere of that radius from the satellite.



- **GPS (USA) – 31 satelitov**
 - **GLONASS (Rusko) – 24 satelitov**
 - **Galileo (EÚ) – 14 satelitov**
 - **BeiDou (Čína) – 22 satelitov**
- Uľahčujú navigáciu a určenie priestorovej (3D) polohy na zemskom povrchu
- Sú posledným krokom k vyriešeniu otázok, ktoré ľudí trápili od nepamäti - Kde sa to nachádzam? Ako sa tam dostanem?



Koľko satelitov/družíc sa nachádza v súčasnosti na obežnej dráhe pre účely navigácie a lokalizácie?

A) 50

B) 100

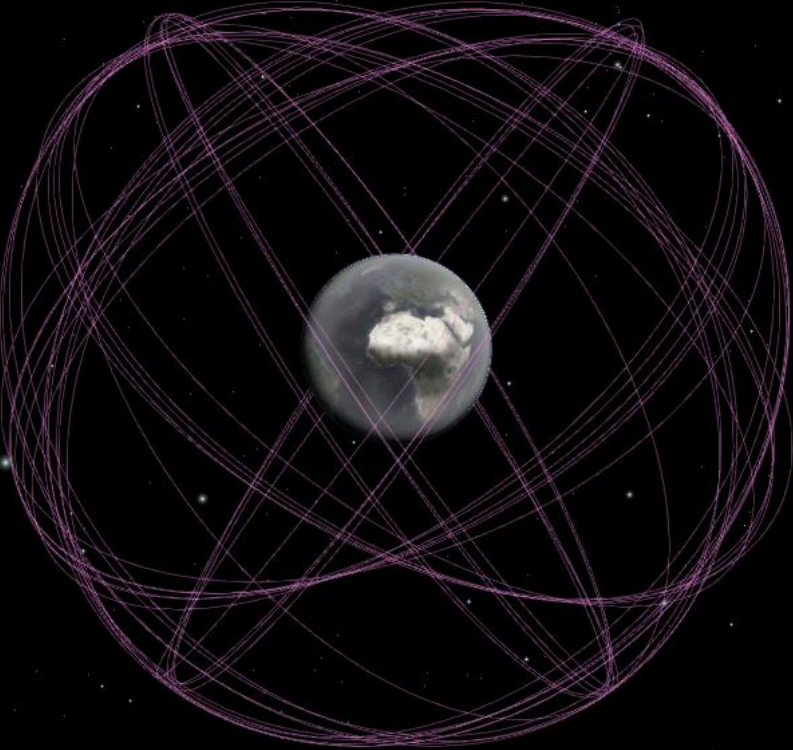
C) viac ako 100

SatelliteXplorer

SEARCHABOUT

+

-



Why do we need satellites?

Did you ever get your location on your phone or set the navigation system in the car to guide you to a destination? Then you've definitely used satellites.

Localization via satellite navigation systems is widely used in almost all industries: transportation, emergency response, farming, banking, military, science. These satellites determine the location, velocity, and current time of small electronic devices (like the ones in our smart phones).

Discover global navigation satellite systems

GPS

- the United States' Global Positioning System, originally Navstar GPS, was launched in 1973, by the U.S. Department of Defence.

GLONASS

- the Russian space based satellite navigation system. Its development began in 1976.

BeiDou

- the Chinese global navigation system. The first system was launched in 2000.

Galileo

- created by the European Union through the European Space Agency. It went live in 2016.

<https://geoxc-apps.bd.esri.com/space/satellite-explorer/>

Koľko satelitov/družíc sa nachádza v súčasnosti na obežnej dráhe pre účely navigácie a lokalizácie?

A) 50

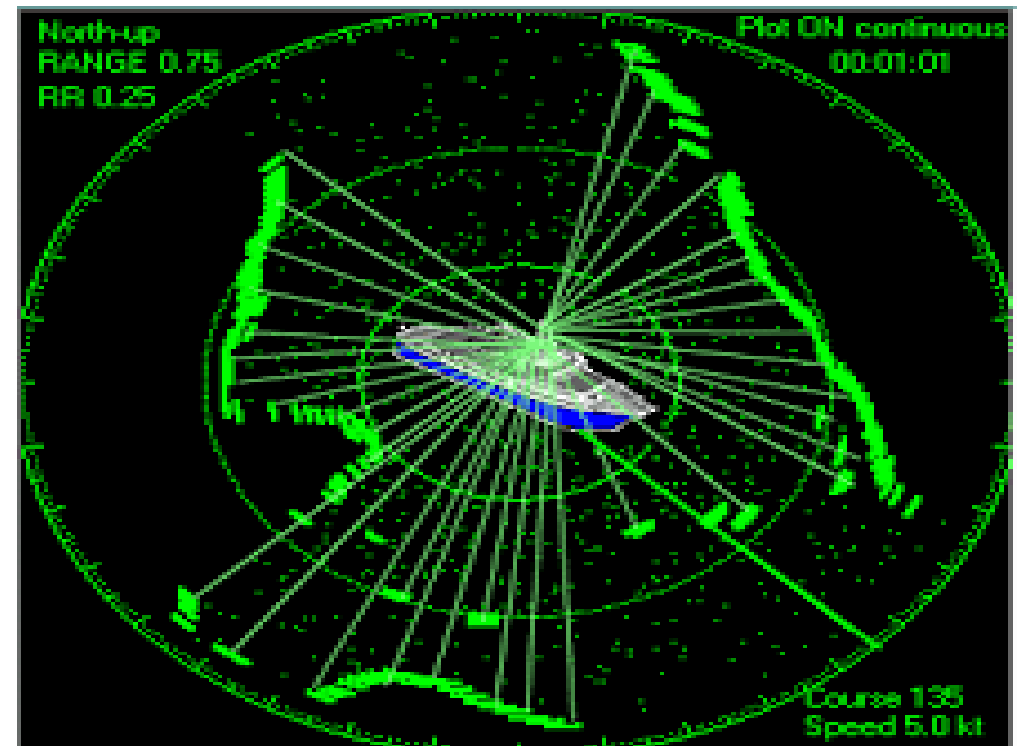
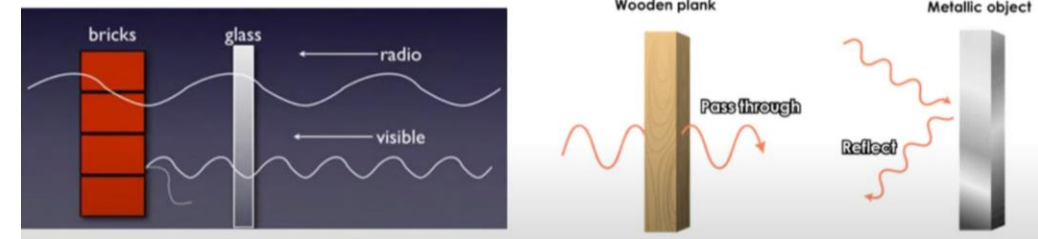
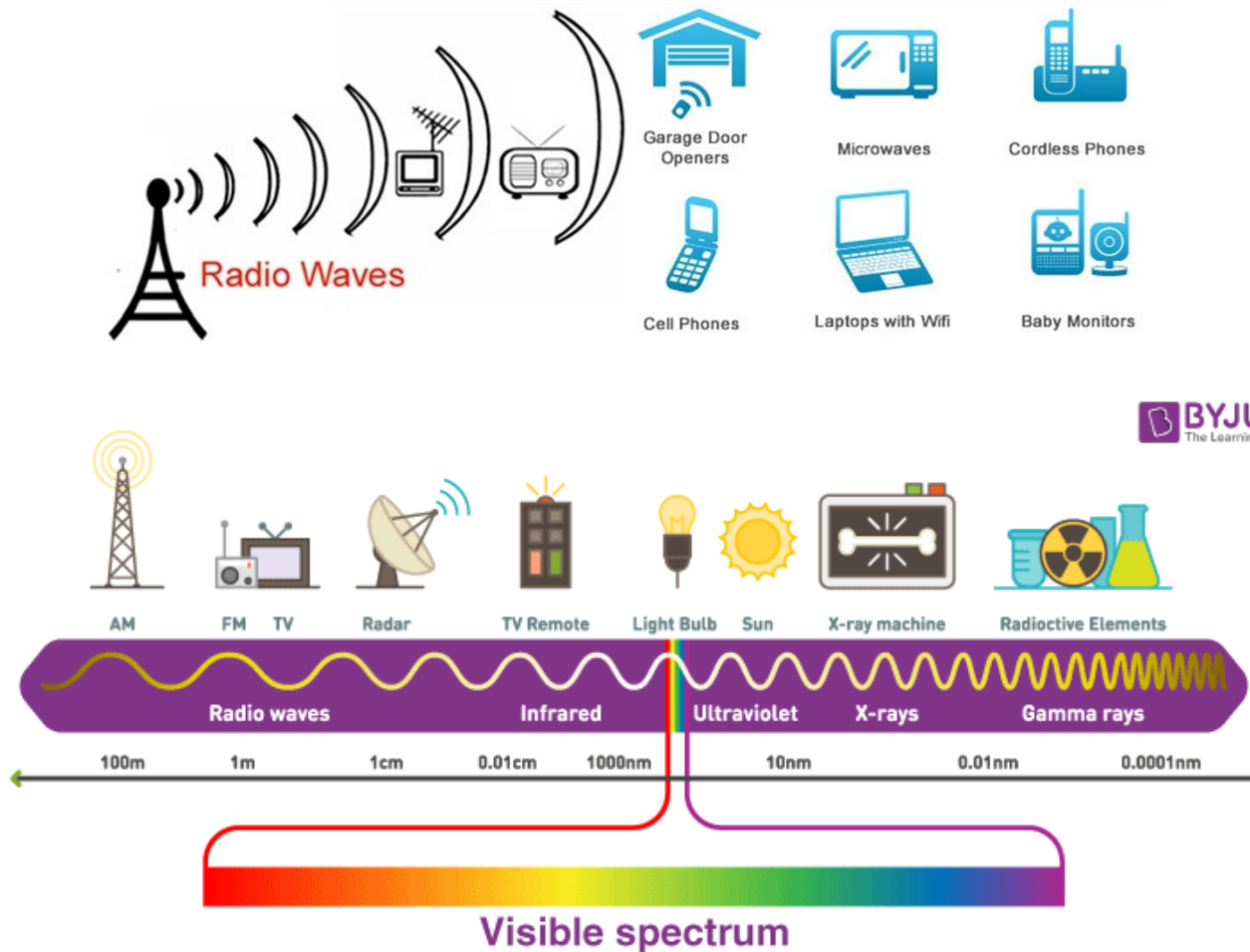
B) 100

C) viac ako 100

GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY (GNSS)

PREDNÁŠKA 2

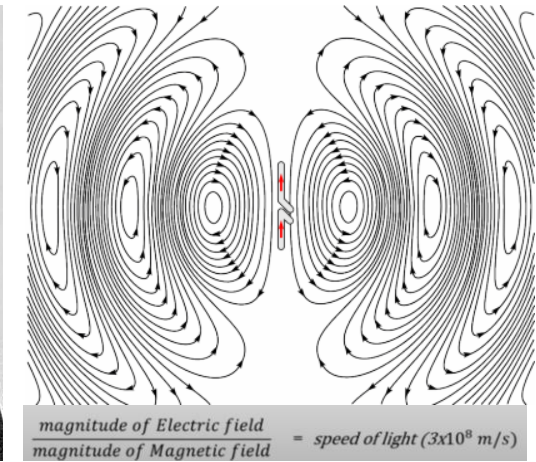
ZÁKLADNÉ PRINCÍPY RÁDIOVEJ NAVIGÁCIE a LOKALIZÁCIE



- **Rádiová navigácia a lokalizácia je založená na detekcii rádiových vln**
- **objav rádiových vln** v r. **1887** Heinrichom Hertzom
- V r. **1904** nemecké námorné lode **začínajú používať rádiové vlny** ako doplnkový systém k vtedajším **navigačným systémom (dosah 3 km)**



Heinrich Rudolf Hertz



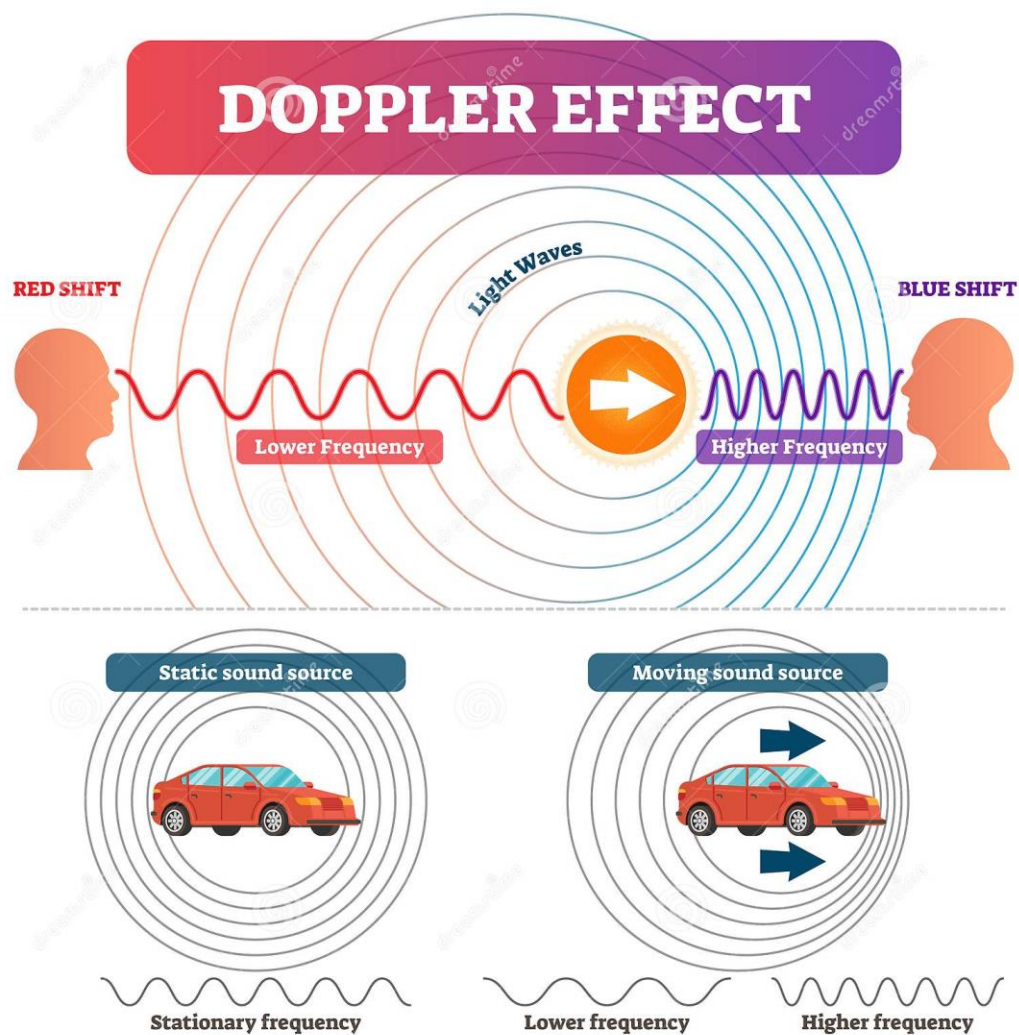
Cestujúce elektromagnetické vlny

- Merané fyzikálne veličiny:
 - **absolútna doba šírenia** rádiovej vlny (zdroj – detektor)
 - **rozdiel doby šírenia** aspoň troch rôznych rádiových vln
 - **smer príchodu** rádiových vln zo známych vysielateľov
 - príp. sa využíva meranie založené na **Dopplerovom jave**

(zmena vlnovej dĺžky (a teda frekvencie) elektromagnetických alebo akustických vln vyvolaná relatívnym pohybom zdroja a pozorovateľa)



Christian Johann Doppler



➤ zmena vlnovej dĺžky (a teda frekvencie) elektromagnetických alebo akustických vĺn vyvolaná relatívnym pohybom zdroja a pozorovateľa

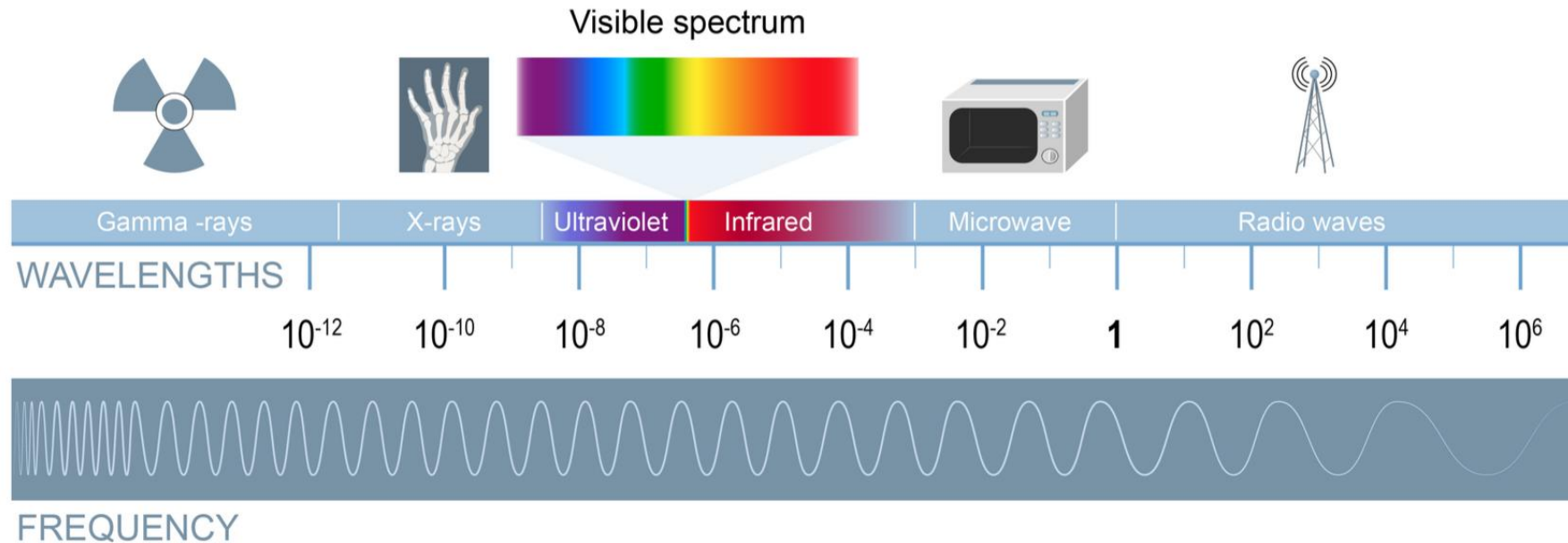
1) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 2.4 GHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

$$\lambda = c/f$$



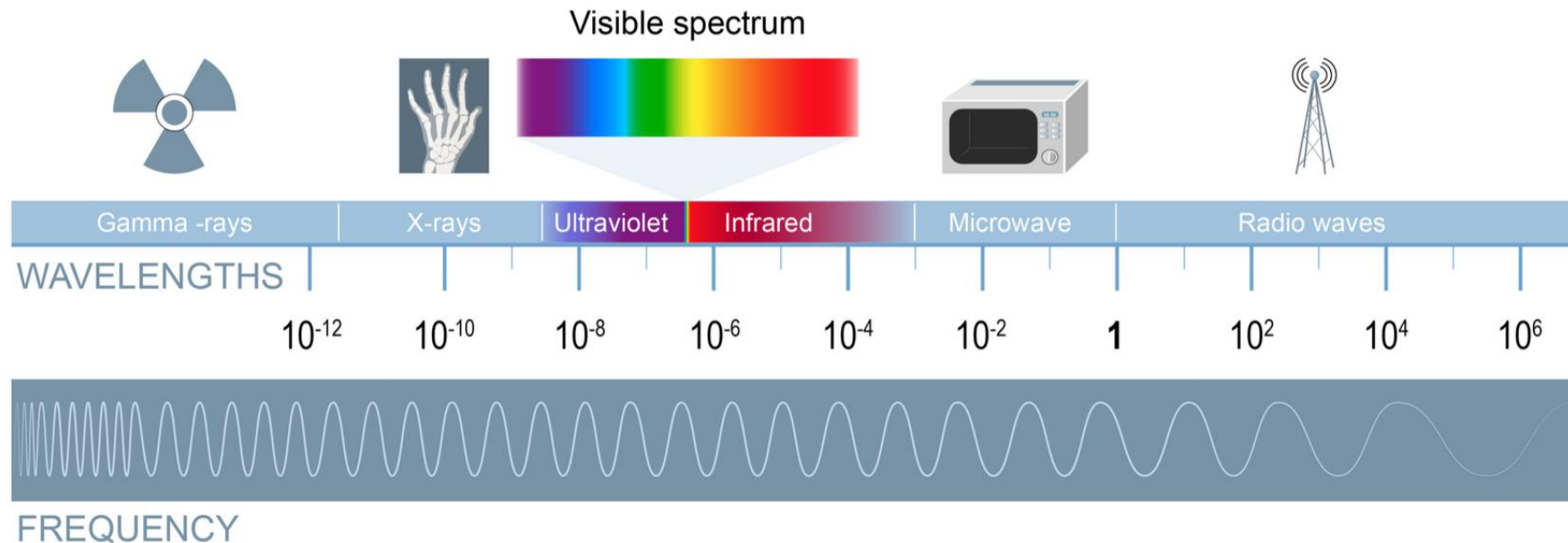
1) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 2.4 GHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m.s}^{-1}$).

$$\lambda = c/f = 299\,792\,458\text{ m.s}^{-1}/2\,400\,000\,000\text{ Hz}$$



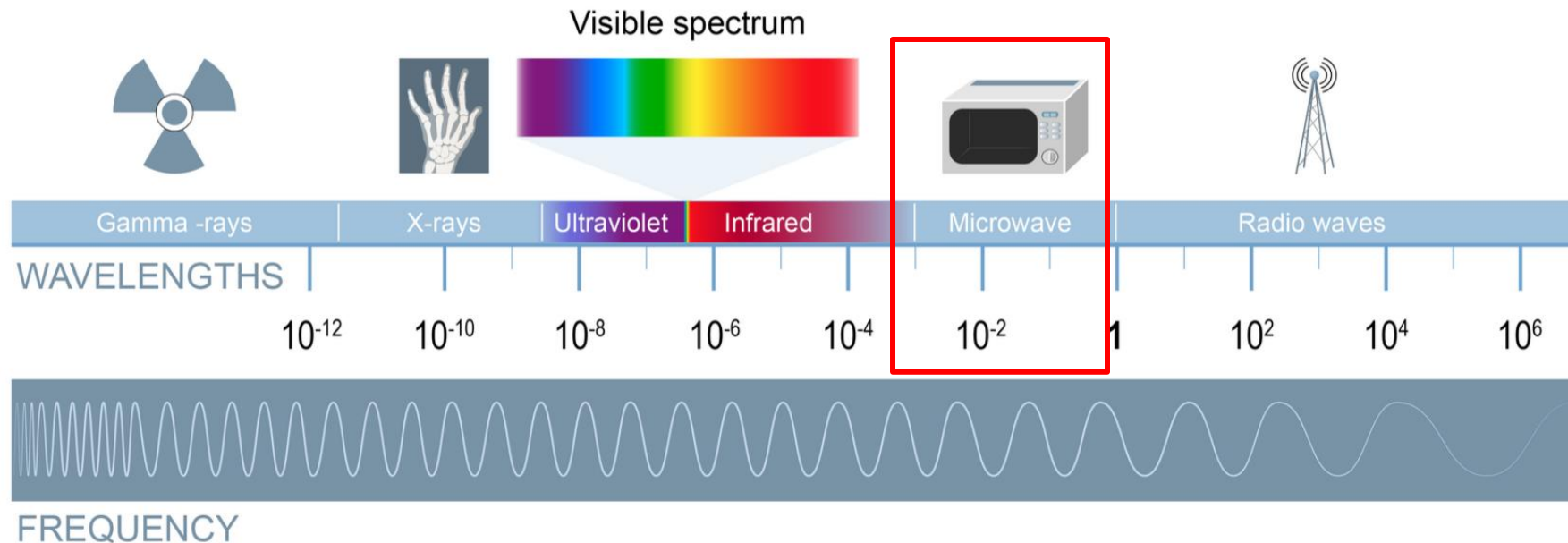
1) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 2.4 GHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

$$\lambda = c/f = 0,1249\text{ m} = 12\text{ cm} = \text{mikrovlnné}$$

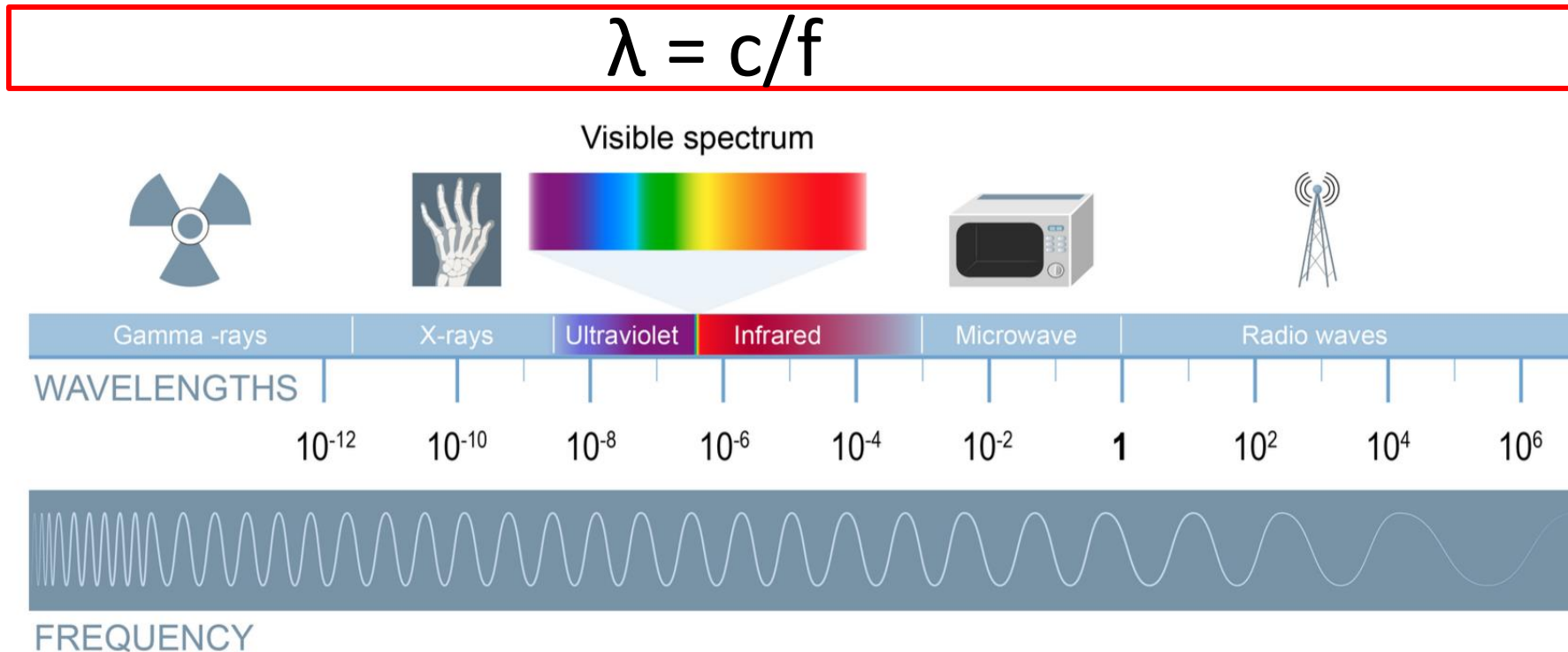


2) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 86.6 MHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).



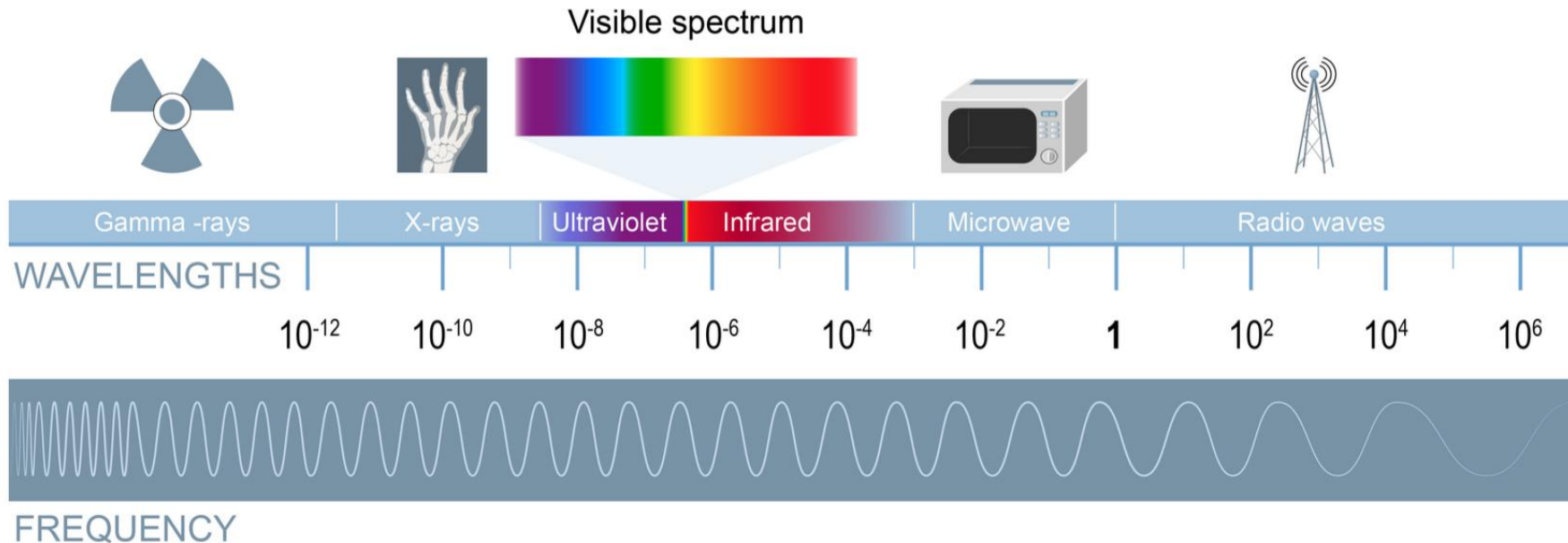
2) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 86.6 MHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

$$\lambda = c/f = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/86\,600\,000\text{ Hz}$$



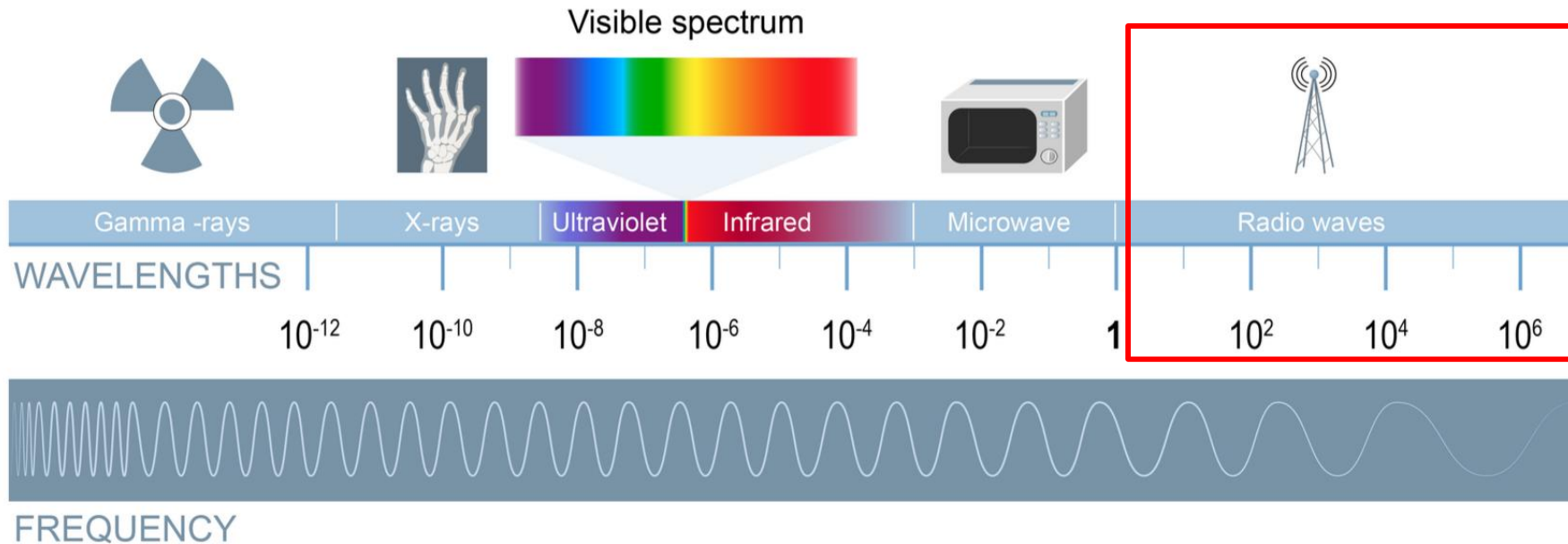
2) Aká je vlnová dĺžka žiarenia s frekvenciou 86.6 MHz?

Vlnová dĺžka je vzdialenosť, v priebehu ktorej sa tvar vlny zopakuje a meria sa v metroch, najčastejšie v nanometroch (nm, 10^{-9} m) alebo v mikrometroch (μm , 10^{-6} m).

Frekvencia definuje počet opakovaní vlny za sekundu a meria sa v hertzoch (Hz).

Rýchlosť šírenia sa EMG žiarenia vo vákuu je konštantná ($c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

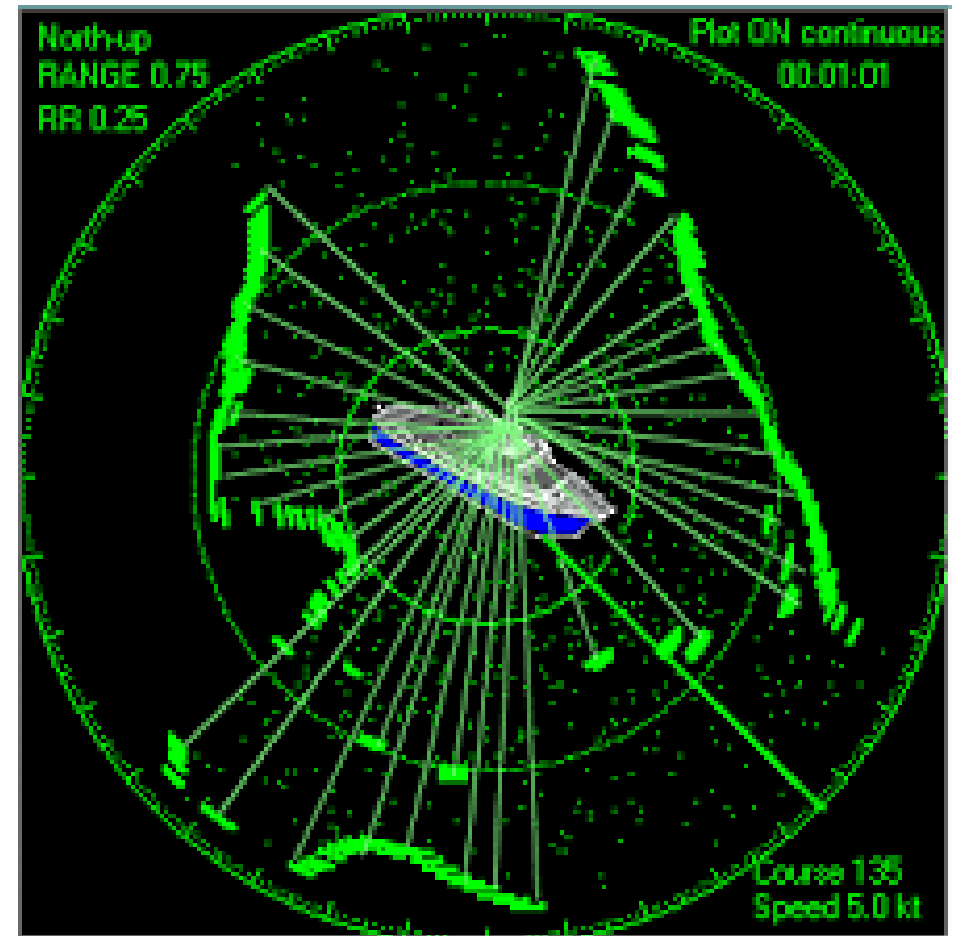
$$\lambda = c/f = 3,4618\text{ m}$$



➤ V r. 1930 bol vybudovaný *prvý rádiolokačný systém* v Nemecku s názvom **Lorenz** (navigácia lietadiel na ich pristátie v noci alebo za zlého počasia)

➤ V priebehu 2. sv. vojny sa rozvíjali radarové **RDRS** (*Radio Detection and Ranging Systems*)

➤ **Radarová technológia** sa rozšírila ako prostriedok detekcie nielen lietadiel, ale používala sa i pre detekciu polohy a navigáciu lodí a ponoriek



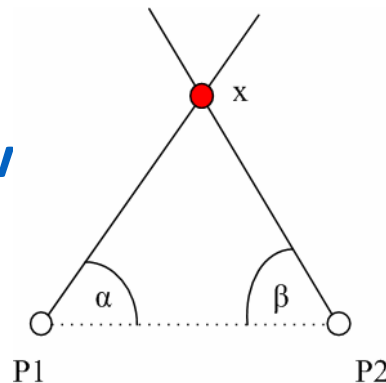
METÓDY RÁDIONAVIGÁCIE a RÁDIOLOKALIZÁCIE

4 základné metódy rádiolokácie a rádionavigácie

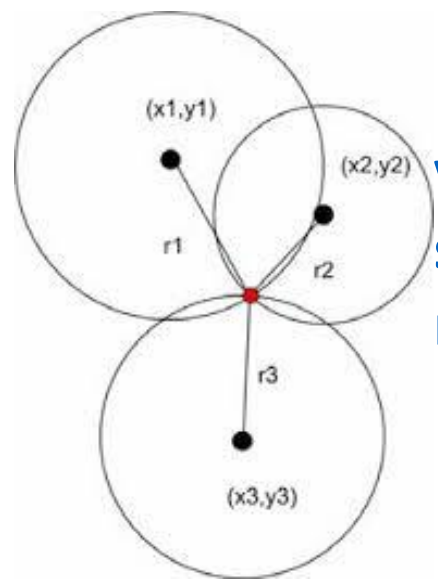
- **Multilaterácia** - rozdiel časového oneskorenia signálov dvoch vysielačov a prijímača (*LORAN-C*)

- **Trilaterácia** - vzdialenosť troch vysielačov a prijímača (*GPS, GLONASS, ...*)

- **Triangulácia** - meranie uhlov



- **Dopplerovské merania** - vychádza z princípu Dopplerovho posunu (*TRANSIT*)

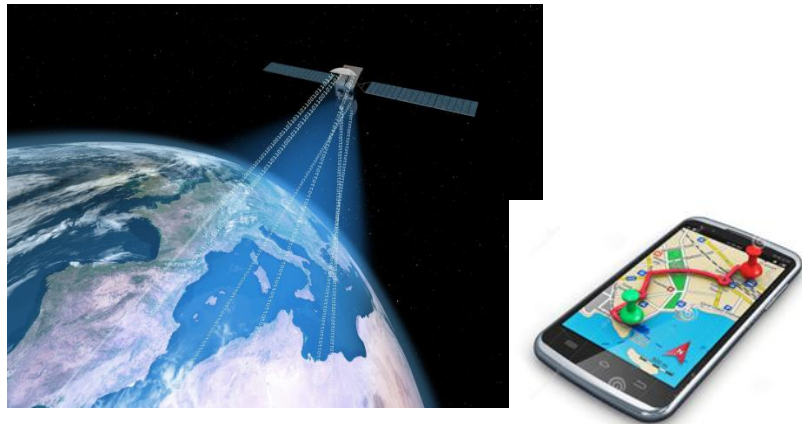


➤ **Trilaterácia*** je určenie polohy objektu (prijímača) využívajúca znalosť **absolútnej doby oneskorenia** šírenia signálov medzi vysielateľom a prijímačom, prepočítanou na vzdialenosť (*rádiový ekvivalent meraní dĺžok*).

➤ **Kódované rádiové meranie v rovine** vyžaduje **tri vysielateľe**, ku ktorým sú zmerané vzdialenosti

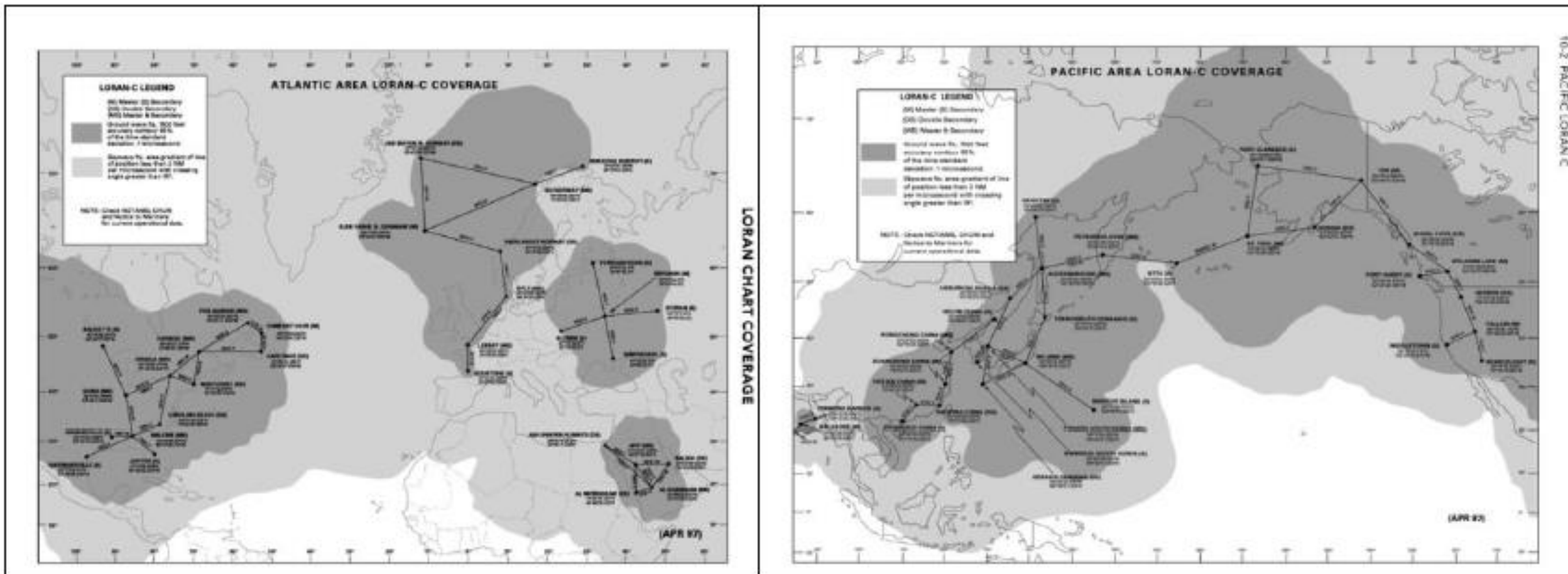


- Počas 2. svet. vojny v r. 1940 až 1943 začali USA budovať svoj *pozemný rádionavigačný systém* s názvom **LORAN** (z angl. *L*Ong *R*Ang*e* *N*avigation).
- Princíp merania, ktorý sa používal v systéme **LORAN (LORAN-C*)**, je *multilaterácia*
- **LORAN** dovoľoval užívateľovi určovať svoju polohu a rýchlosť v dosahu až 1 200 míľ (1 930 km) od staníc reťazca (*L-C určenie polohy s chybou 185-463 m)



C-6430/ARN-78 Loran C Aircraft Control Box.

- Systém **LORAN** postupne prešiel modernizáciou a bol využívaný USA, Kanadou, Japonskom a mnohými štátmi Európy
- Systém úzko spolupracoval s ruským systémom **Čajka (Chayka)**
- Prevádzka systému LORAN-C bola ukončená **8. 2. 2010** v 20:00 UTC.



Pokrytie atlantickej a pacifickej oblasti signálmi systému LORAN-C.

HISTÓRIA KOZMICKEJ RÁDIOVEJ NAVIGÁCIE a LOKALIZÁCIE

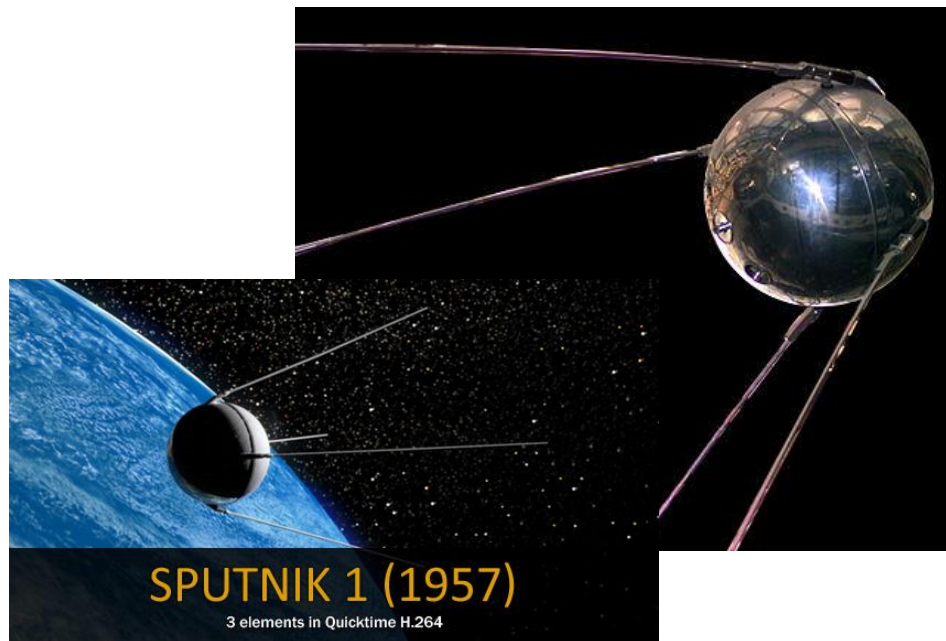


HISTÓRIA KOZMICKEJ RÁDIOVEJ NAVIGÁCIE a LOKALIZÁCIE



PRVÝ BOL SPUTNIK 1

- r. 1957 prvá umelá družica Zeme **Sputnik 1** (ZSSR) vo vesmíre
- Vysielala signály
- Boli známe parametre jej obežnej dráhy



1957 – Sputnik 1

Sputnik 1 bola prvá umelá družica Zeme (satelit).

Na obežnú dráhu satelit vyniesla **4. októbra 1957** nosná raketa R-7 konštruktéra **Sergeja Korol'ova**, ktorá štartovala o 19:28 UTC z kozmodrómu **Bajkonur**. Satelit bol aktívny do **8. januára 1958**.

Priemer mal 58 cm a hmotnosť 83 kg. Na satelite bol umiestnený vysielateľ, ktorý v pásmach 20,005 a 40,002 MHz vysielal pípavý signál sa stal symbolom začiatku kozmickej éry.

- Po vynájdení umelých družíc Zeme (satelitov) sa začalo uvažovať, či by sa nedali pomocou nich vyvinúť presnejšie navigačné systémy.

BAJKONUR

Kozmodróm Bajkonur (rus. Космодром Байконур) je hlavný ruský kozmodróm, používaný od začiatku kozmickej éry. Jeho stred sa nachádza v bode so zemepisnými súradnicami $46^{\circ}00'$ s. š. a $63^{\circ}40'$ v. d.

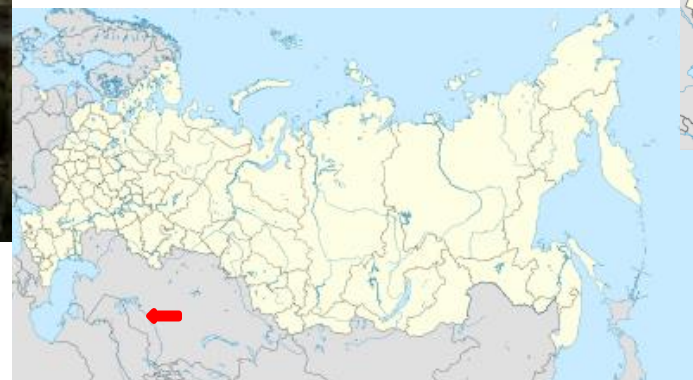


Štartovací komplex pre rakety Sojuz.



Bajkonur mesto

Bajkonur na brehu rieky Syrdarja v Kazachstane.



PRVÉ VEDECKÉ VÝSKUMY v SATELITNEJ (DRUŽICOVEJ) NAVIGÁCII a LOKALIZÁCII

➤ Výskum na Johns Hopkins University - Applied Physics Laboratory (Baltimor, Maryland, USA)

Prvé experimenty s rádiovými signálmi satelitov Sputnik:

- A. *Či je možné dopplerovským meraním signálov satelitov Sputnik, ktoré bolo realizované z niekoľkých pozemných staníc, určiť presnou polohu satelitu?*
- B. *Je možné inverzne (späťne) určiť polohu pozemnej stanice na základe niekoľkých dopplerovských pozorovaní (meraní), keď sú známe parametre obežných dráh a signály satelitov?* Myšlienka pre základ navigácie a lokalizácie na Zemi zo signálov zo satelitov, t.j. satelitnej (družicovej) navigácie a lokalizácie.



Poznámka na okraj: Princíp merania Dopplerovho javu sa využíva aj pri ultrazvukovom lekárskom vyšetrení.

Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)



➤ Éra **GNSS** začala začiatkom 70-tych rokov 20. stor. budovaním prvých GNSS systémov:

- **NAVSTAR GPS*** (USA) 1973
- **GLONASS**** (ZSSR dnes RF) 1976

➤ Na prelome tisícročia bolo začaté budovanie ďalších dvoch systémov:

- **Compass** (Čína) 2000 / predtým **BeiDou** (Čína) 1997
- **Galileo** (EÚ) 2001



Ďakujem za pozornosť

Mgr. Katarína Onáčillová

