

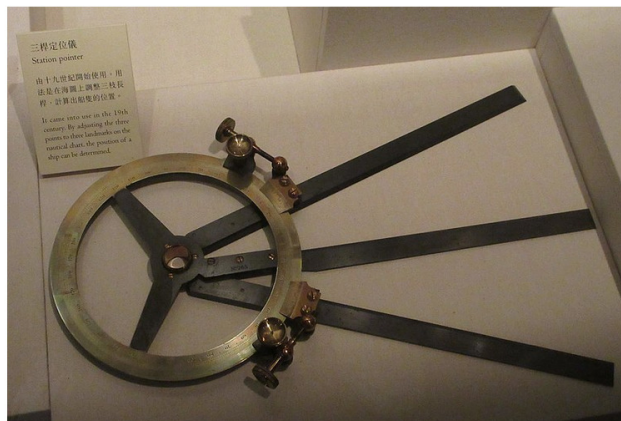
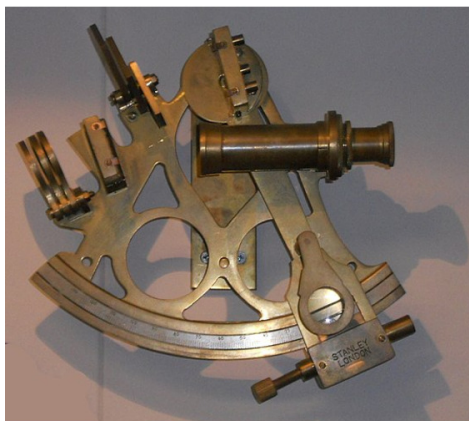
Lodní navigace

Již od 15. století byli navigátoři vybaveni mechanickými pomůckami, které jim umožňovaly změřit úhlovou vzdálenost dvou objektů (např. hvězd, Slunce a horizontu nebo význačných bodů na vzdálené pevnině). Z takových pomůcek zde zmíníme např. Jakubovu hůl, astroláb nebo námořní sextant. Jako zajímavost poznamenejme, že i přes své stáří má konkrétně sextant stále své místo jako záloha při náhlém výpadku signálu GPS a dokonce se testuje i jeho potenciální nouzová využitelnost ve vesmíru. NASA ho na Mezinárodní vesmírné stanici testovala jako možnou nouzovou pomůcku pro hluboký vesmír – astronauti zkoušeli, zda dokážou sextantem přesně měřit úhly mezi hvězdami a podle toho určit polohu lodí bez pomoci pozemních systémů. Podobně se i v moderní námořní dopravě doporučuje mít vedle GPS k dispozici klasickou astronomickou navigaci se sextantem jako pojistku pro případ rušení nebo výpadku satelitního signálu.

Z dalších navigačních mechanických pomůcek zmiňme např. trojramenný úhloměr, jehož role bude objasněna v poznámce za první úlohou.



Obrázek 1: Jakubova hůl (vlevo) a astroláb (vpravo).

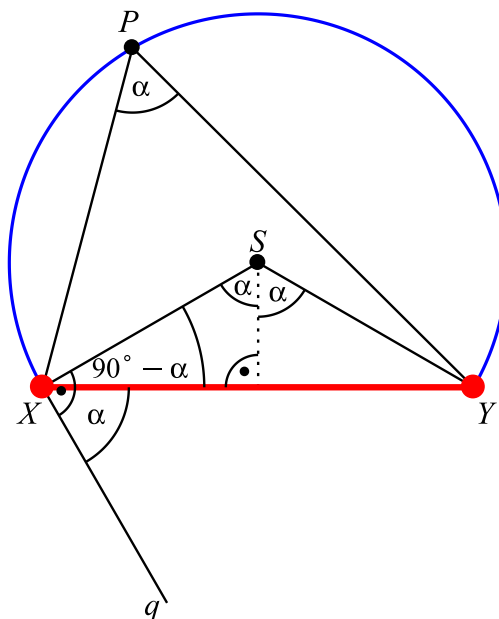


Obrázek 2: Sextant (vlevo) a trojramenný úhloměr (vpravo).

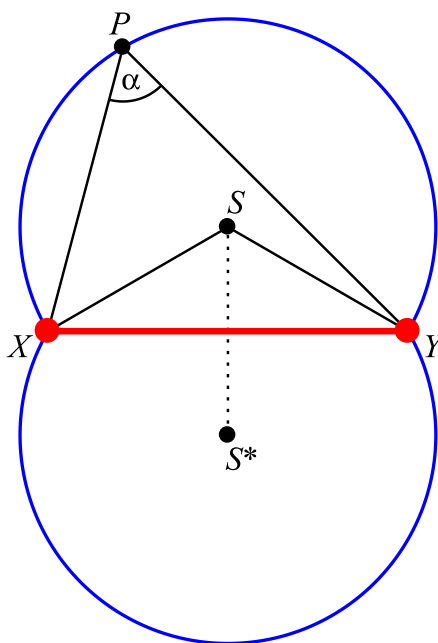
Než se pustíme do řešení úloh, raději si připomeňme, co budeme úhlovou vzdáleností rozumět. Představme si, že pozorovatel nacházející se v bodě P vidí dva objekty X a Y . Pozorovatel pak řekne, že objekty X a Y mají úhlovou vzdálenost α , pokud $|\angle XPY| = \alpha$. Tuto skutečnost budeme zapisovat jako $\theta(X, Y) = \alpha$.

Ke zdárnému vyřešení úloh rovněž potřebujeme vědět, jak vypadá množina bodů v rovině, ze kterých je danou úsečkou XY vidět pod daným úhlem α . Z věty o obvodových a středových úhlech vyplývá, že hledanou množinou bodů jsou jisté dva kruhové oblouky (každý z nich se nachází v jedné ze dvou polorovin určených hraniční přímkou XY). Této množině bodů budeme říkat ekvigonála úsečky XY příslušná danému úhlu. Raději si připomeňme, jak se sestrojí jeden ze dvou výše zmíněných oblouků (druhý je pouze symetrickým obrazem prvního podle přímky XY). Chceme-li sestrojít zmíněný oblouk, postupujeme následovně (viz obrázek 3):

- Sestrojíme polopřímku q vycházející z bodu X (mířící do opačné poloroviny, než je ta, ve které chceme oblouk konstruovat), která svírá s úsečkou XY daný úhel α .
- K polopřímce q sestrojíme kolmici v bodě X .
- Sestrojíme osu úsečky XY .
- Průsečík osy úsečky XY a dříve sestrojené kolmice k polopřímce q je střed S kružnice, na které leží hledaný oblouk.



Obrázek 3: Popis konstrukce jednoho oblouku ekvigonály



Obrázek 4: Ekvigonála usečky XY příslušná úhlu α

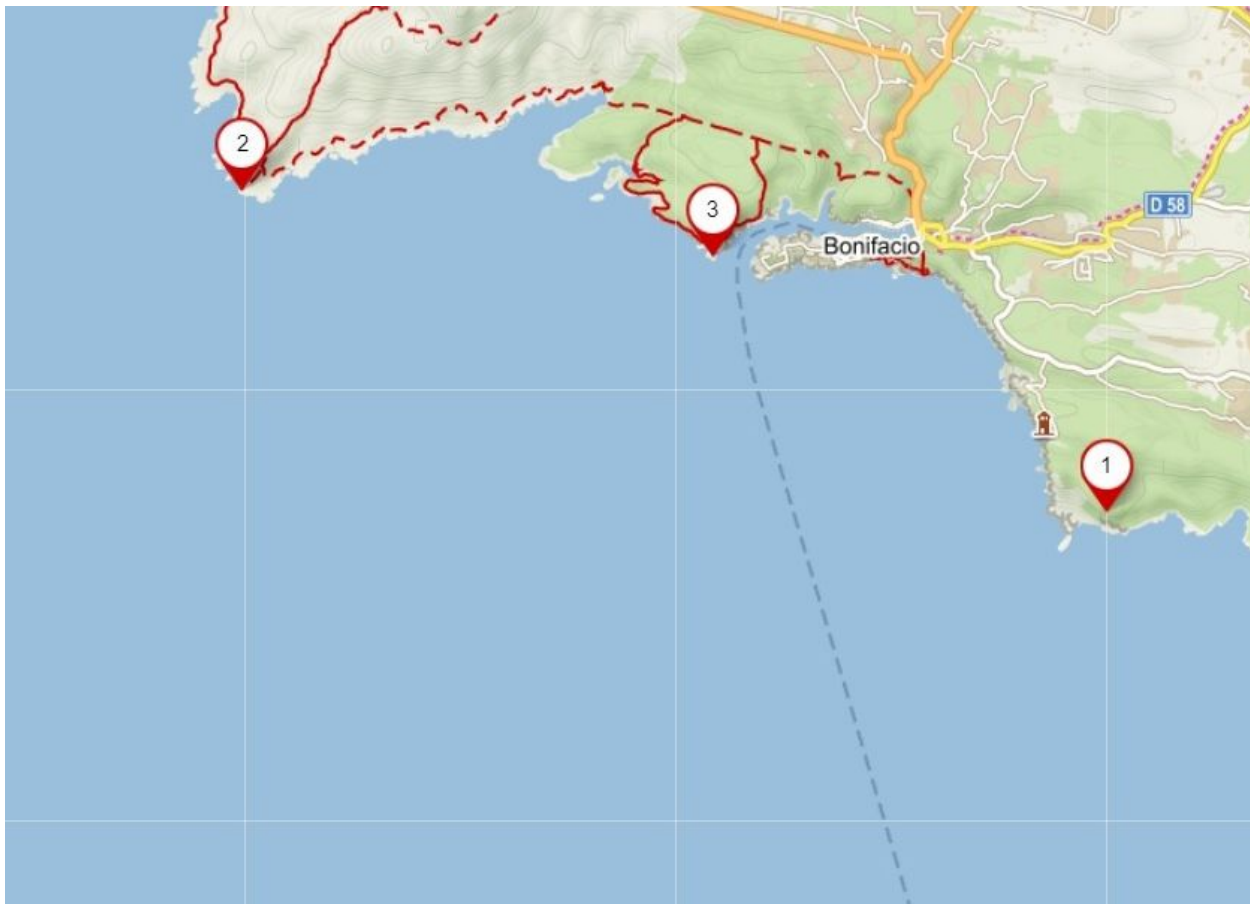
Z jakéhokoliv bodu P , který leží na ekvigonále (s výjimkou bodů X a Y), je úsečka XY vidět pod daným úhlem α , tzn. $|\angle XPY| = \alpha$ (viz obrázek 4).

Results matter!

Úloha 1. Na mapě jsou vyznačeny polohy tří majáků blízko města Bonifacio na Korsice. Tyto majáky jsou označeny čísly 1, 2 a 3. Kapitán lodi na moři změřil dvě úhlové vzdálenosti θ dvojice majáků následovně:

- $\theta(2, 3) = 52^\circ$
- $\theta(1, 3) = 35^\circ$

Sestrojte na mapě bod označující polohu lodi v čase měření. Předpokládejme, že měření proběhla rychle za sebou, abychom mohli změnu polohy lodi zanedbat. Rovněž budeme zanedbávat i zakřivení Země.

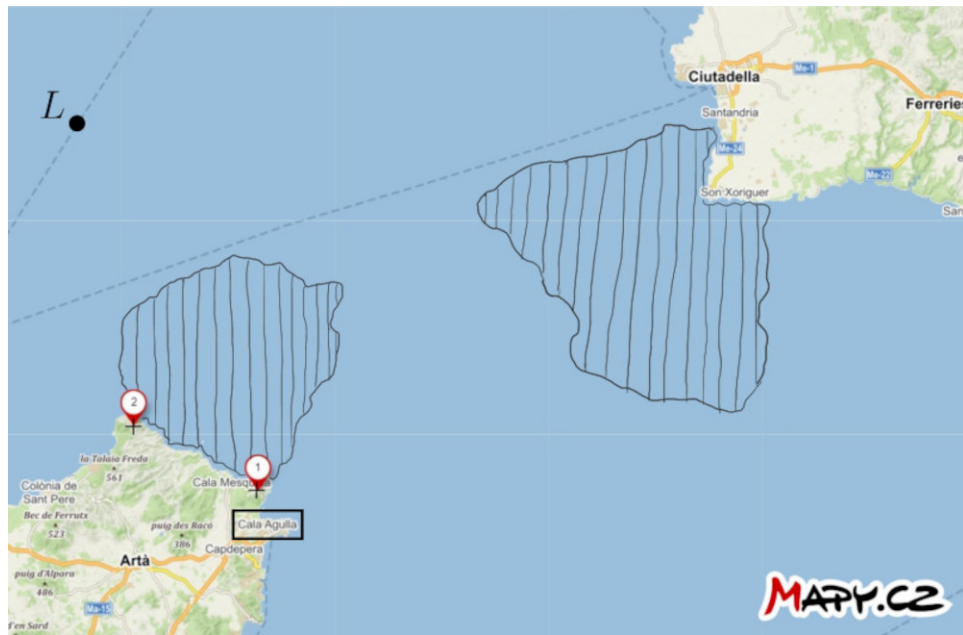


Obrázek 5: Obrázek k zadání úlohy 1

Poznámka. Pomůcka, která navigátory zbavila nutnosti konstrukce, je již zmíněný trojramenný úhloměr, jehož tři ramena se nastavila na mapě tak, aby procházela třemi polohami význačných bodů a svírala úhly o naměřených velikostech. Průsečík ramen pak určil polohu lodi na mapě.

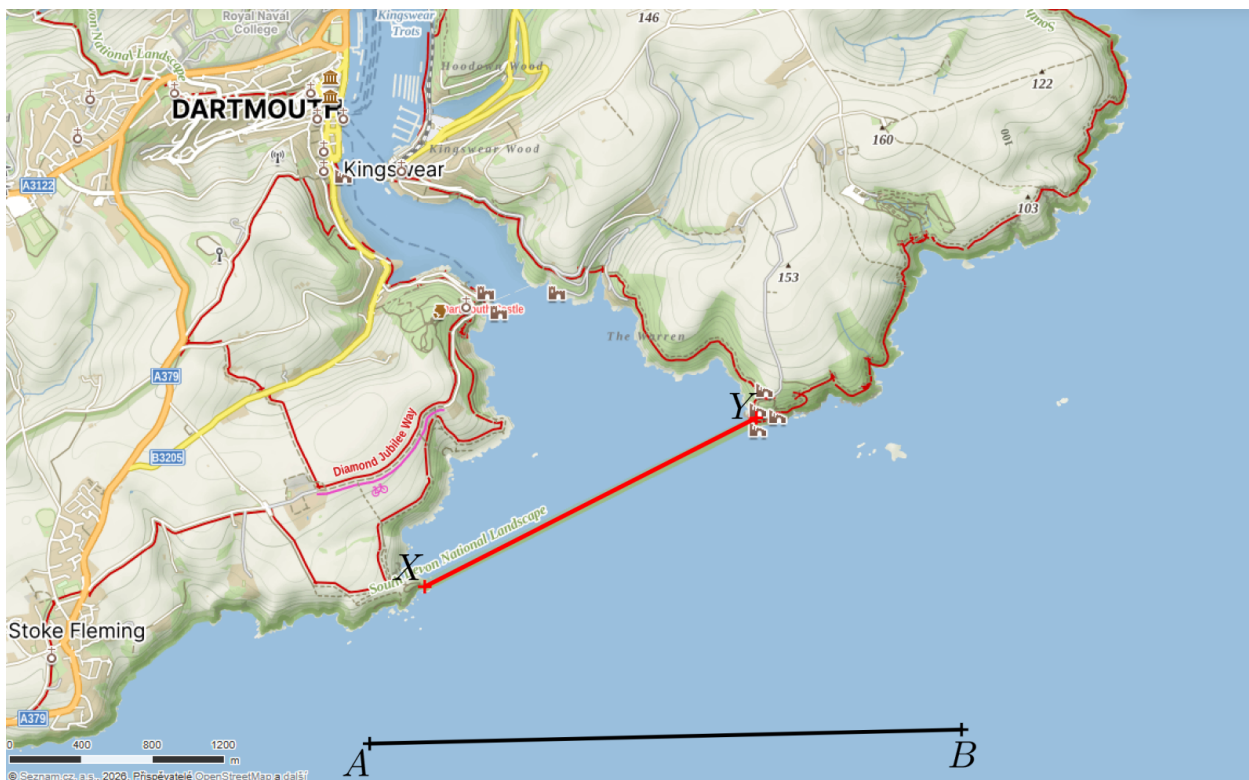
Results matter!

Úloha 2. Na mapě úžiny mezi ostrovy Mallorca a Menorca jsou vyznačeny dva body na pevnině (body 1 a 2) a poloha lodi L . Kromě toho se také na moři nachází dvě oblasti nebezpečných vod, ve kterých se nachází podvodní překážky (vyšrafované oblasti). Najděte způsob, jak proplout lodí nebezpečnými vodami do přístavu Cala Agulla (místo nedaleko bodu 1). Využijte toho, že kapitán lodi umí v libovolném okamžiku změřit úhlovou vzdálenost dvou řečených bodů (tj. bodů 1 a 2).



Obrázek 7: Obrázek k zadání úlohy 2

Úloha 3 – Hlídká u vstupu do přístavu. Na mapě je znázorněn vstup do přístavu Dartmouth v Anglii (viz obrázek 9). Úzký kanál, kterým musejí lodě proplout z otevřeného moře do přístavu, je vymezen dvěma body na protilehlých březích, označenými X a Y . Tento úsek XY představuje hlídání průliv, který chtějí vojáci co nejlépe sledovat. Pobřežní hlídková loď se může pohybovat pouze po přímé trase AB v moři před vstupem do přístavu. Tato trasa AB je na mapě vyznačena jako úsečka. Najděte (geometricky) na trase AB pozici T , ze které může posádka hlídkové lodi pozorovat průliv (úsečku XY) pod největším zorným úhlem.



Obrázek 9: Obrázek k zadání úlohy 3

Otázky k zamyšlení (bez počítání)

- Dnes většina lodí používá GPS. Myslíte, že má ještě smysl, aby kapitáni uměli takové geometrické strategie s úhly a mapou? Kdy by se to mohlo hodit v praxi (např. výpadek signálu, porucha zařízení)?
- V úloze 2 kapitán udržuje loď v „bezpečném pásu“ mezi dvěma oblouky. Najdete podobný princip v nějaké současné technologii – třeba v asistentech řízení aut, dronů, lyžařských tratích nebo sportovních hrách, kde je potřeba držet se v bezpečném „koridoru“?
- Představte si, že by vám někdo vzal všechny elektronické navigace a nechal vám jen papírovou mapu a možnost měřit úhly mezi dvěma viditelnými body. Jak byste využili to, co jste se naučili v tomto příkladu, při plánování cesty v neznámém terénu nebo na vodě?
- Jak se podle vás liší „navigace s obrazovkou“ (kde vidíte svou polohu jako tečku na mapě) a „navigace v hlavě“ (kde si musíte představit oblast možných poloh, průniky, bezpečné pásy)?
- V úloze 3 hledáme místo, ze kterého je hlídán úsek vidět pod největším zorným úhlem. Myslíte, že největší zorný úhel je vždy nejvýhodnější? Uveďte situaci, kdy je větší zorný úhel výhodný, a naopak příklad, kdy by byl menší zorný úhel praktičtější.

Literatura

- Vondrák J. (2013). Historie navigace – od kvadrantu k GNSS. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 58 (1), 11–20.

Results matter!

- Sextant – k čemu slouží a jak ho pořídít
- Sextant – podrobnější popis a manuál
- Nasa testing sextant as potential emergency navigation device

Zdroje obrázků

- Jakubova hůl
- Astroláb
- Sextant
- Trojramenný úhloměř

Compilation: 10. března 2026, 17:39