SPACE awareness

NAVIGACE STARÝCH CIVILIZACÍ VE STŘEDOZEMNÍM MOŘI I VE VZDÁLENĚJŠÍCH VODÁCH

NEJSTARŠÍ METODY ASTRONOMICKÉ NAVIGACE MOŘEPLAVCŮ EVROPSKÉHO DÁVNOVĚKU

Markus Nielbock, Haus der Astronomie



www.space-awareness.org

Téma podle vzdělávacího plánu
coordinate systems, celestial navigation

Velká vědecká myšlenka
Earth is a very small part of the universe

Klíčová slova
navigation, astronomy, ancient history, Bronze Age, geography, stars, Polaris, North Star, latitude, meridian, pole height, circumpolar, celestial navigation, Mediterranean

Věková skupina
14 - 19

Stupeň vzdělávání
Middle School, Secondary School

Čas
1h30

Velikost skupiny
Group

Dohled z důvodu bezpečnosti
Unsupervised

Cena
Low (< ~5 EUR)

Místo
Indoors (small, e.g. classroom)

Základní dovednosti
Asking questions, Developing and using models, Planning and carrying out investigations, Analysing and interpreting data, Using mathematics and computational thinking, Communicating information

Typ vzdělávací aktivity
Full enquiry

STRUČNÝ POPIS

Studenti se seznámí s metodami navigace a s mořeplavbou v dávnověku, např. v době bronzové. Prostřednictvím dvou aktivit se dozvědí, jak se dají na základě každodenních zdánlivých pohybů hvězd určit světové strany a stanovit kurz ke známým cílům ve Středozemním moři.

CÍLE

V průběhu této aktivity se studenti dozvědí, že:

- astronomická navigace se začala používat již před mnoha stoletími,
- světové strany se dají určit nejen podle Polárky, ale i jinými metodami podle polohy dalších hvězd,
- staří mořeplavci se na otevřeném moři dokázali úspěšně orientovat podle hvězd a souhvězdí.

VÝUKOVÉ CÍLE

Studenti budou umět:

- popsat metody určování světových stran na základě pozorování oblohy,
- vyjmenovat nejvýraznější souhvězdí,
- vysvětlit, co jsou to cirkumpolární hvězdy a souhvězdí,
- provádět výpočty v tabulce programu Excel,

- vysvětlit, proč bylo pro staré civilizace důležité zdokonalit metody navigace.

HODNOCENÍ

Podle otázek uvedených v popisu aktivity by měl učitel studenty dovést k tomu, aby si uvědomili, že lze z polohy a zdánlivého pohybu nebeských těles vyvodit orientaci světových stran.

Než se studenti zapojí do aktivity 1, měli by si pozorně prohlédnout poskytnutou mapu. Se zapamatováním souhvězdí jim může pomoci návštěva planetária. Vyzvěte studenty, aby vyjmenovali souhvězdí, která již znají.

Zeptejte se jich (viz Otázky a odpovědi v popisu aktivity), kde lze spatřit Polárku při pozorování ze severního pólu Země a z rovníku. Potom se jich zeptejte, jak se tato poloha mění, přesouváme-li se mezi těmito dvěma zeměpisnými šířkami. Když studenti tento aspekt pochopí, seznamte je s rotací

a zdánlivým pohybem hvězd. Ukažte jim obrázek s fotografickou stopou hvězd a zeptejte se jich, čím je tento jev způsoben. Zeptejte se jich, které hvězdy nebo souhvězdí při pozorování z výše uvedených různých míst zůstávají nad obzorem (horizontem). Jedná se o takzvané cirkumpolární hvězdy a souhvězdí.

Vysvětlete, jak se při aktivitě 2 bude pracovat s tabulkou v Excelu. Vyzvěte studenty, aby srovnali své výsledky pro různé zeměpisné šířky.

Diskutujte se studenty, co všechno mohlo v dávných dobách motivovat člověka k mořeplavbě.

Aktivita 3 je volitelná a může posloužit jako shrnutí, při kterém se posoudí, čemu všemu studenti porozuměli.

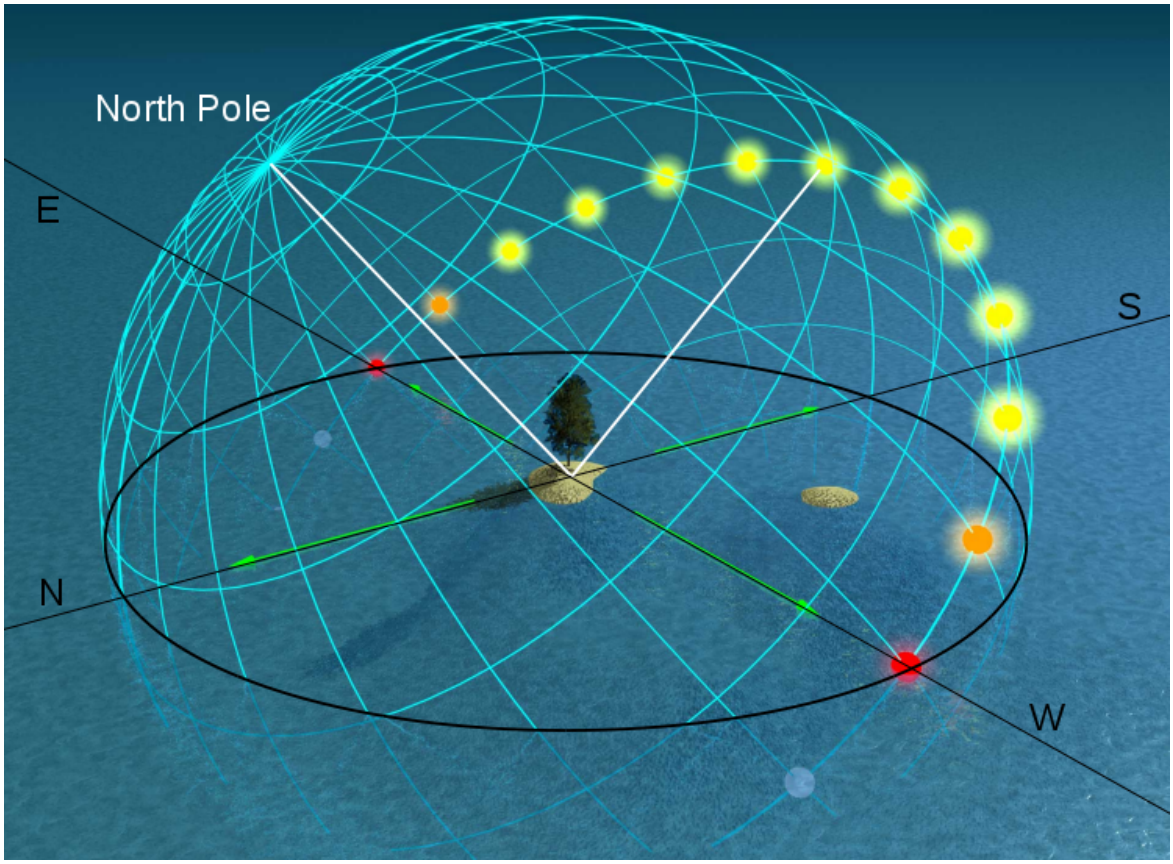
POMŮCKY

V seznamu je uvedeno, co všechno potřebuje každý jednotlivý student. Učitel může rozhodnout, že studenti budou pracovat ve dvojicích.

- Pracovní listy
- Kružítko
- Tužka
- Pravítko
- Kalkulačka
- Úhloměr
- Počítač s nainstalovaným programem MS Excel
- Tabulka programu Excel: „AncientMediterranean_BrightStars_EUSPACE-AWE_Navigation.xlsx“

INFORMACE O TÉMATU

Světové strany



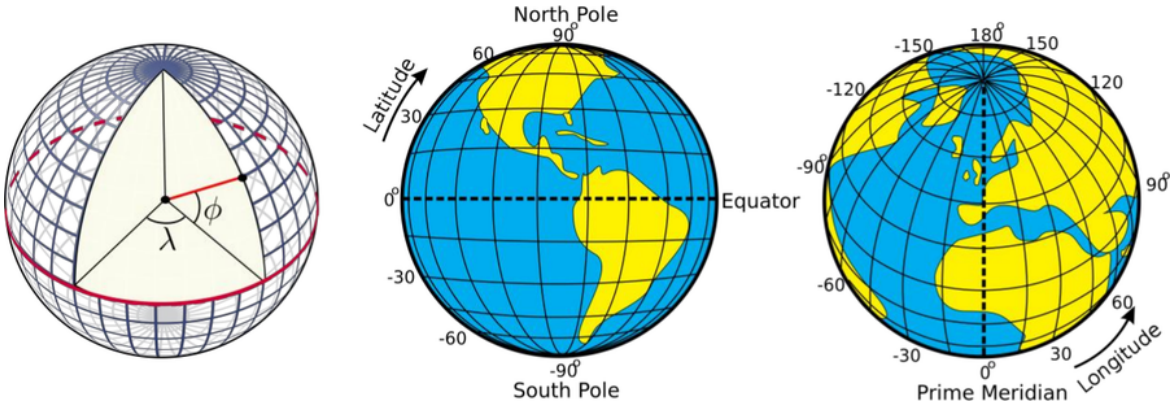
Obr. 1: Zdánlivý denní pohyb Slunce na severní polokouli při rovnodennosti. Když Slunce vystoupí do maximální výšky nad obzorem, nachází se na jižní části nebe. Na jižní polokouli Slunce nad obzorem kulminuje v severní části nebe (Autoři: Tau'olunga, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-50.jpg, „Equinox-50", obzorníkovou soustavu souřadnic a popisky přidal Markus Nielbock, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode).

Světové strany jsou určeny astronomickými jevy, jako je denní a roční zdánlivý pohyb Slunce a zdánlivý pohyb hvězd. V prehistorickém a raně historickém období měla samozřejmě obloha jiný význam než dnes. To odráží mnoho mýtů, které se vyprávějí po celém světě. Z toho můžeme usuzovat, že člověk dění na nebi bedlivě sledoval. Přitom bylo snadné vysledovat cykly, z nichž tyto děje vyplývají, a pozorovat viditelné jevy.

Při pozorování z kteréhokoliv místa na Zemi kromě rovníkové oblasti vždy Slunce kulminuje ve stejném směru (obr. 1). Oblast mezi obratníky na 23,5° severní a jižní šířky je mimořádná v tom, že Slunce zde může v průběhu celého roku v okamžiku místního poledne dosáhnout zenitu. V noci se hvězdy otáčejí kolem světových (nebeských) pólů. Z pravěkých archeologických nálezů, např. z pohřebišť a z orientace budov, vyplývá, že před mnoha tisíciletími byly v celé řadě kultur

světové strany lidem běžně známy (viz např. McKim Malville a Putnam, 1993; Rudgeley, 2000; Schmidt-Kaler a Schlosser, 1984). Je tedy zřejmé, že se používaly k nejstarším formám navigace. Magnetický kompas byl v Evropě až do 13. stol. n. l. neznámý (Lane, 1963).

Zeměpisná šířka a délka



Obr. 2: Ilustrace vymezení zeměpisných souřadnic, tj. zeměpisné šířky a délky (autor: Peter Mercator, djexplo, CC0).

Poloha každého bodu na určité ploše je určena dvěma souřadnicemi. Povrch koule tvoří zakřivená plocha, a proto by souřadnice vymezené na ose ve směru nahoru a dolů neměly smysl. Povrch koule totiž nemá začátek ani konec. Můžeme však použít polární sférické souřadnice, které vycházejí ze středu koule, kdy je poloměr pevně daný (obr. 2). Zůstávají pak dvě úhlové souřadnice. Použijí-li se na Zemi, nazývají se zeměpisná šířka a zeměpisná délka. Osu souměrnosti určuje rotace Země. Severní pól je definován jako bod, v němž teoretická osa rotace protíná povrch koule, přičemž při pohledu na severní pól shora se Země otáčí proti směru hodinových ručiček. Protilehlým bodem je jižní pól. Rovník je definován jako hlavní kružnice nacházející se v poloviční vzdálenosti mezi oběma póly.

Zeměpisnou šířku určují hlavní kružnice rovnoběžné s rovníkem. Odpočítávají se od 0° na rovníku do ±90° na pólech. Zeměpisnou délku určují hlavní kružnice spojující oba zemské póly. Hlavní kružnice o určité zeměpisné délce, jejíž rovina prochází zenitem (nadhlavníkem), se nazývá poledník. Jedná se o linii, přes kterou Slunce zdánlivě přechází v okamžiku místního poledne. Zeměpisná délka se odečítá od základního poledníku, který prochází Greenwichem, kde se nachází anglická Královská observatoř. Odtud se počítá zeměpisná délka od 0° do ±180°.

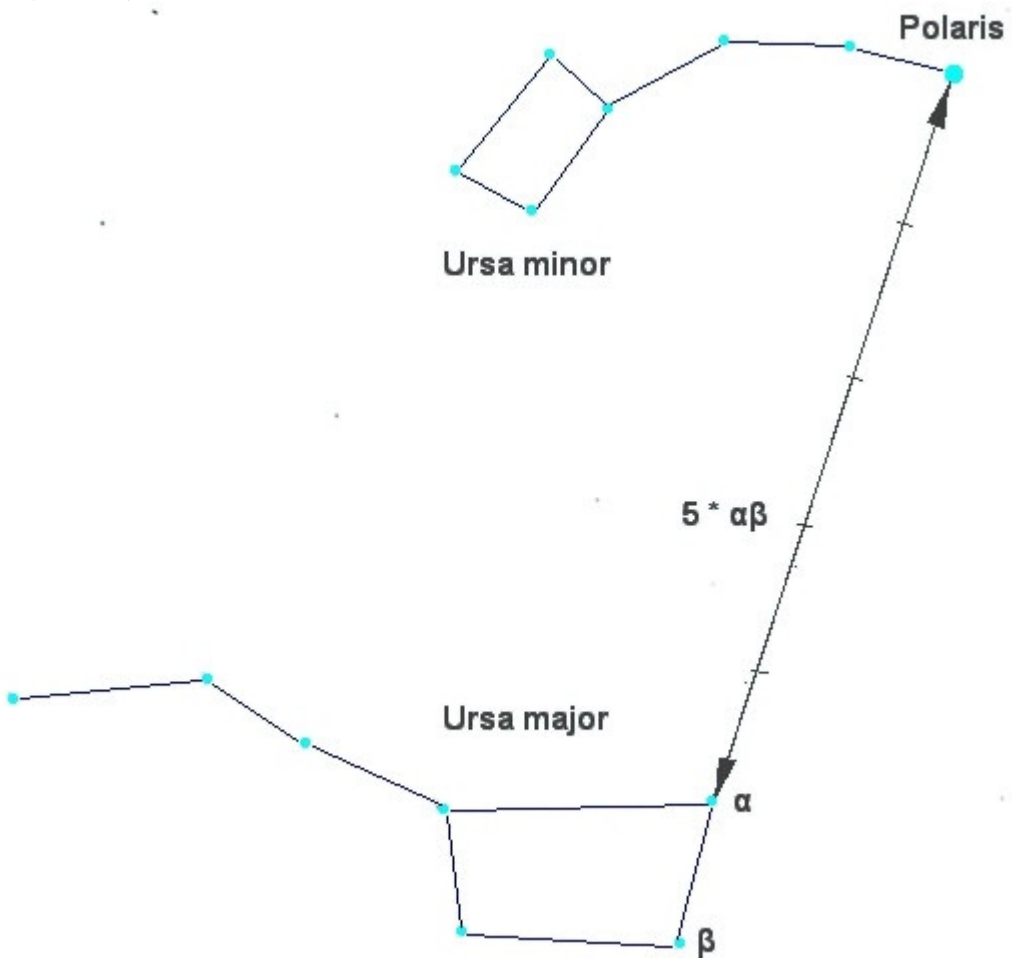
Příklad: Německý Heidelberg se nachází na 49,4° severní šířky a 8,7° východní délky.

Výška světového pólu



Obr. 3: Fotografické stopy hvězd na nebi při expozici přibližně dvě hodiny (autor: Ralph Arvesen, Stopy hvězd v Live Oak, https://www.flickr.com/photos/rarvesen/9494908143, https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode).

Když promítneme soustavu zemských souřadnic, tedy zeměpisné šířky a délky, na nebeskou sféru, získáme soustavu rovníkových souřadnic. Zemský poledník se stává světovým (nebo též nebeským) rovníkem a průmětem zemských pólů získáme světové (nebeské) póly. Kdybychom pořídili fotografii severní oblohy s dlouhou expozicí, díky fotografické stopě hvězd bychom viděli, že se všechny pohybují kolem společného bodu, severního světového pólu (obr. 3).

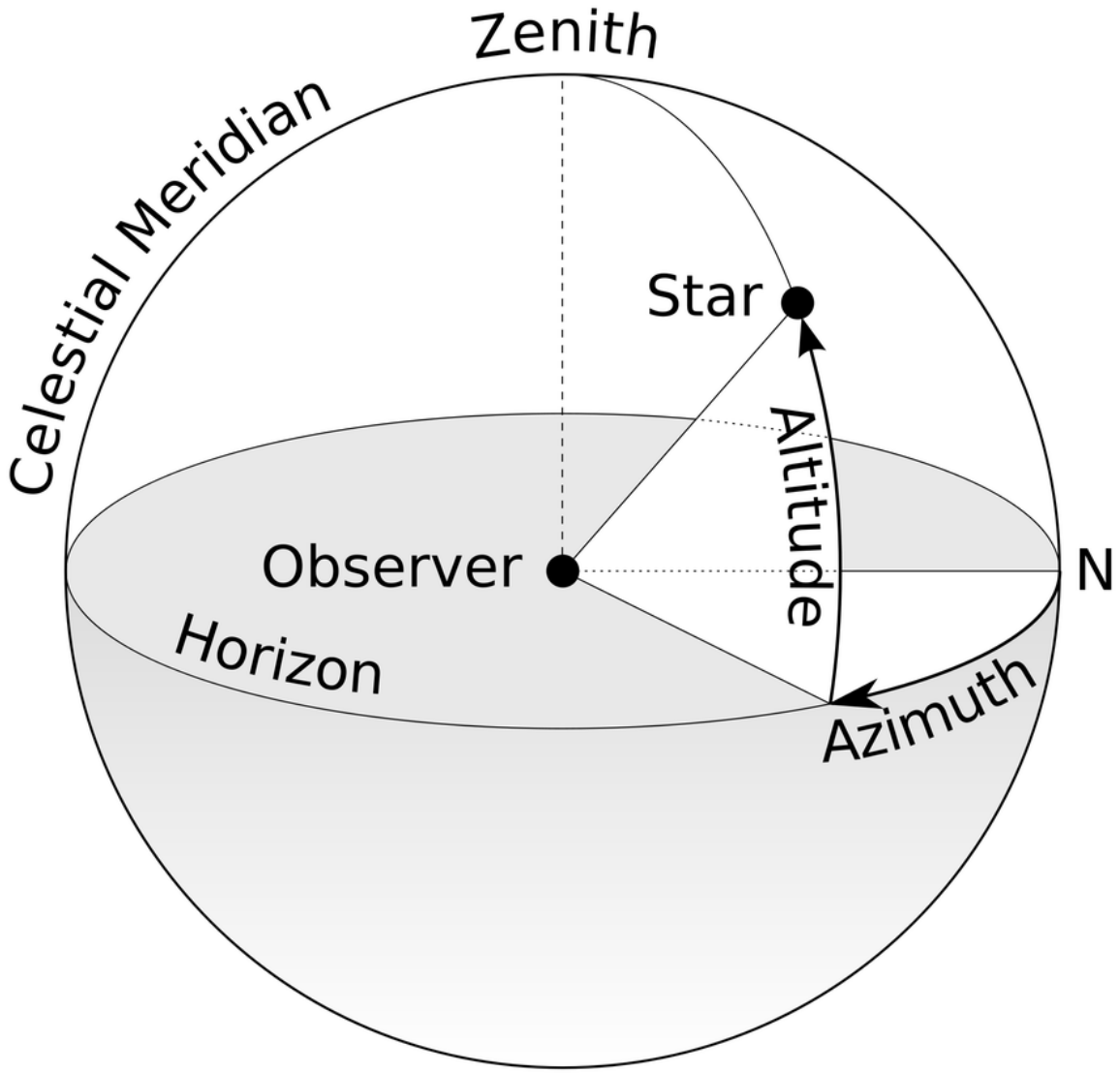


Obr. 4: Rozestavení dvou souhvězdí, Ursa Maior (Velká medvědice, Velký vůz) a Ursa Minor (Malý medvěd, Malý vůz), na severní obloze. Polárka neboli Severka, která se nachází v blízkosti severního světového pólu, je nejjasnější hvězda v souhvězdí Ursa Minor (autor: Bonč, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ursa_Major_-_Ursa_Minor_-_Polaris.jpg, "Ursa Major – Ursa Minor – Polaris", podle https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ursa_Major_and_Ursa_Minor_Constellations.jpg, barvy invertoval Markus Nielbock, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode).

Na severní polokouli se v blízkosti světového pólu nachází středně jasná hvězda zvaná Polárka nebo též Severka. Jedná se o nejjasnější hvězdu souhvězdí Malého medvěda, latinsky Ursa Minor (obr. 4). V naší éře se Polárka nachází méně než jeden stupeň od světového pólu. Avšak před 1 000 lety byla od pólu vzdálena 8°. Proto nám dnes může posloužit jako ukazatel světového pólu. U jižního světového pólu se žádná podobná hvězda pozorovatelná prostým okem nenachází. K jeho určení se musí použít jiné metody.

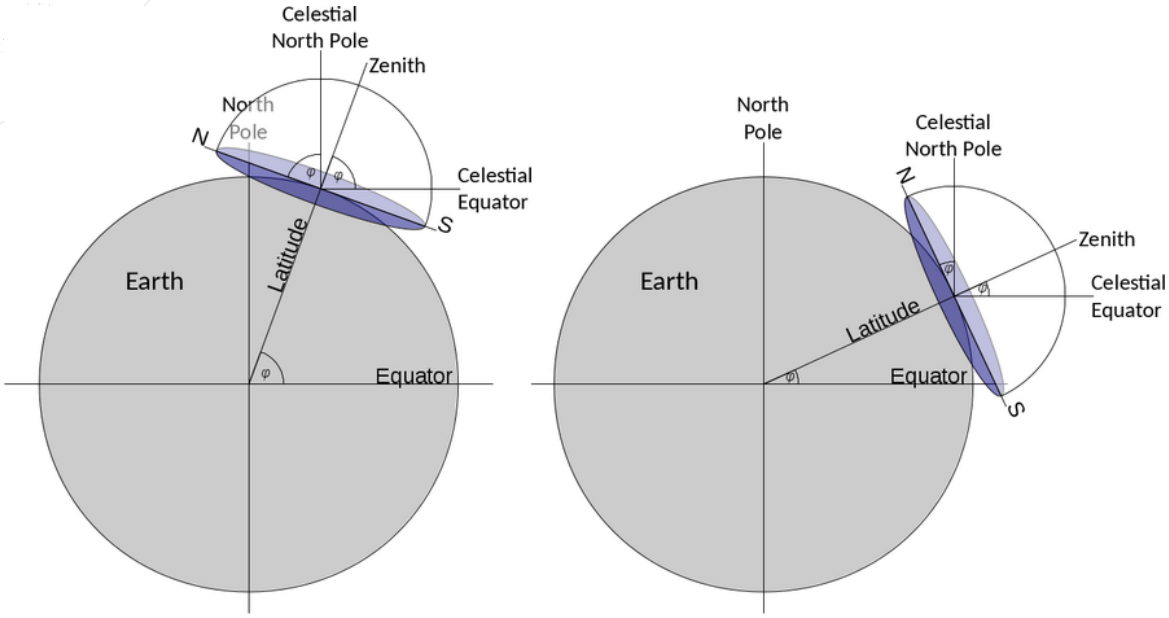
Kdybychom stáli přesně na severním pólu Země, Polárka by byla vždy přímo nad námi. Je možné říci, že její výška je (téměř) 90°. Odtud můžeme pokračovat k takzvané obzorníkové soustavě souřadnic (obr. 5). Jde o přirozený referenční systém, který používáme každý den. Tato soustava souřadnic je promítnuta na rovinu, jejíž okraj představuje obzor, a je odvozena od nás, pozorovatelů. Oblohu si představujeme jako polokouli, která se nachází nad námi. Úhel mezi objektem na obloze a obzorem vyjadřuje takzvanou výšku. Směr v rovině je určen jako úhel od 0°

do 360° a označuje se jako azimut. Obvykle se počítá ve směru hodinových ručiček od severu. V navigaci se tento úhel také nazývá kurz. Poledník je pak spojnice severního a jižního pólu, která jde po obzoru a prochází zenitem.



Obr. 5: Znázornění obzorníkové soustavy souřadnic. Souřadnice jsou určeny azimutem a výškou a jsou odvozeny od pohledu pozorovatele (autor: TWCarlson, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Azimuth-Altitude_schematic.svg, „Azimuth-Altitude schematic“, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode).

Při pozorování z jakéhokoliv jiného místa na Zemi je zdánlivá výška světového pólu nebo Polárky menší než 90°. Při pohledu z rovníku se drží při obzoru, tj. jejich výška je 0°. Přímý vztah mezi zeměpisnou šířkou (severní pól = 90°, rovník = 0°) a výškou Polárky není náhodný. Na obr. 6 jsou zachyceny všechny tři popsané soustavy souřadnic. Pro daného pozorovatele na kterékoli zeměpisné šířce na Zemi se místní obzorníková soustava souřadnic dotýká zemské sférické polární soustavy souřadnic v jediném bodě dotyku. Z náčrtu je zřejmé, že výška severního světového pólu se rovná severní zeměpisné šířce pozorovatele na Zemi.

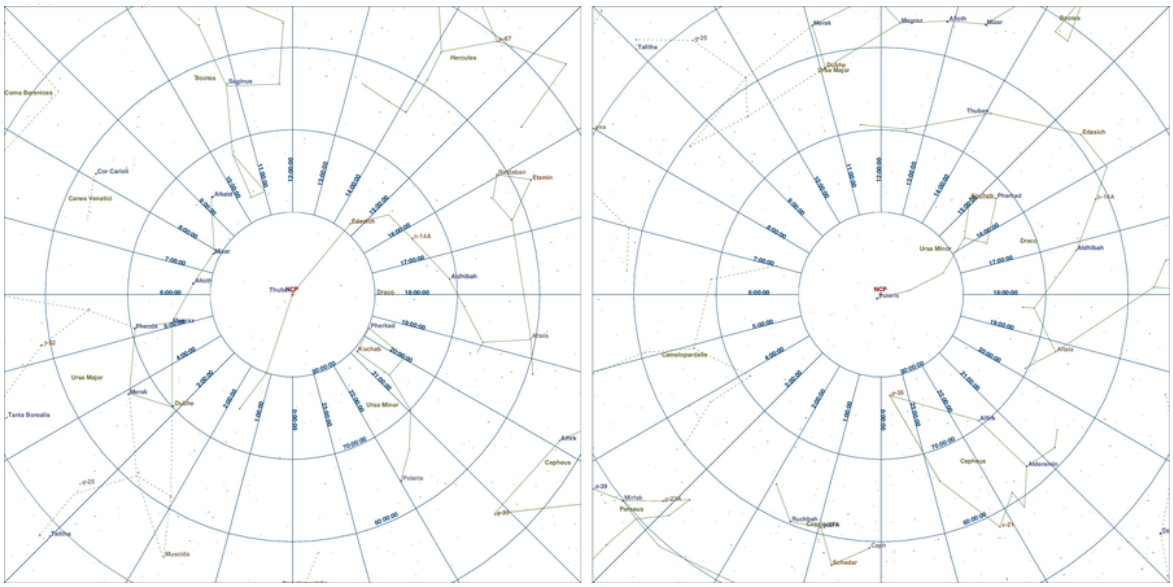


Obr. 6: Zkombinujeme-li všechny tři soustavy souřadnic (soustavu zemskou sférickou, soustavu rovníkových souřadnic a soustavu místní obzorníkovou), je zřejmé, že zeměpisná šířka pozorovatele je rovna výšce světového pólu (autor: M. Nielbock, vlastní dílo).

Z toho můžeme vyvodit, že změříme-li výšku Polárky, můžeme s přiměřenou mírou přesnosti určit naši zeměpisnou šířku na Zemi.

Cirkumpolární hvězdy a souhvězdí

V dávnověku, např. v době bronzové, Polárka k určování severu sloužit nemohla. Z důvodu precese zemské osy se v době 3 500 let př. n. l. nacházela přibližně 30° od severního světového pólu. Vhodnějším ukazatelem severu byla hvězda Thuban (α Draconis), neboť byla od světového pólu vzdálena méně než 4°. Byla však výrazně méně jasná než Polárka a možná ani nebyla vždy viditelná prostým okem.



Obr. 7: Hvězdné mapy okolí severního světového pólu pro rok 2750 př. n. l. a rok 2016 n. l. (vlastní dílo, s využitím XEphem verze 3.7.6 vytvořil Elwood C. Downey, distribuce Clear Sky Institute Inc., Solon, Iowa, USA, http://www.xephem.com).

Když se podíváme na noční oblohu, zjistíme, že hvězdy, které jsou do určité vzdálenosti od světových pólů, nikdy nezapadají. Označují se jako cirkumpolární (viz obr. 3). Mořeplavci byli v určování světového pólu natolik zběhlí, že jim stačilo pozorovat několik málo hvězd v jeho blízkosti. Stejná metoda se dá využít i k určení jižního světového pólu.

Když se námořníci plaví ze severu na jih, zjistí, že s měnící se výškou světového pólu se mění i okruh cirkumpolárních hvězd. Proto když mořeplavci vidí, že táž hvězda nebo souhvězdí vrcholí – tj. přechází přes poledník – na stejné výšce, zůstávají na stejné zeměpisné šířce. Vzdělanci ve starém Řecku byli s principem zeměpisné šířky na kulaté Zemi obeznámeni, běžní námořníci jej ale nejspíš neznali. Jim stačilo uvědomit si souvislost mezi výškou hvězd a kurzem, v němž se plavili. Staří mořeplavci znali noční oblohu velmi dobře. Pokud jde o zeměpisnou šířku, svou polohu určovali pomocí vzájemného umístění souhvězdí.

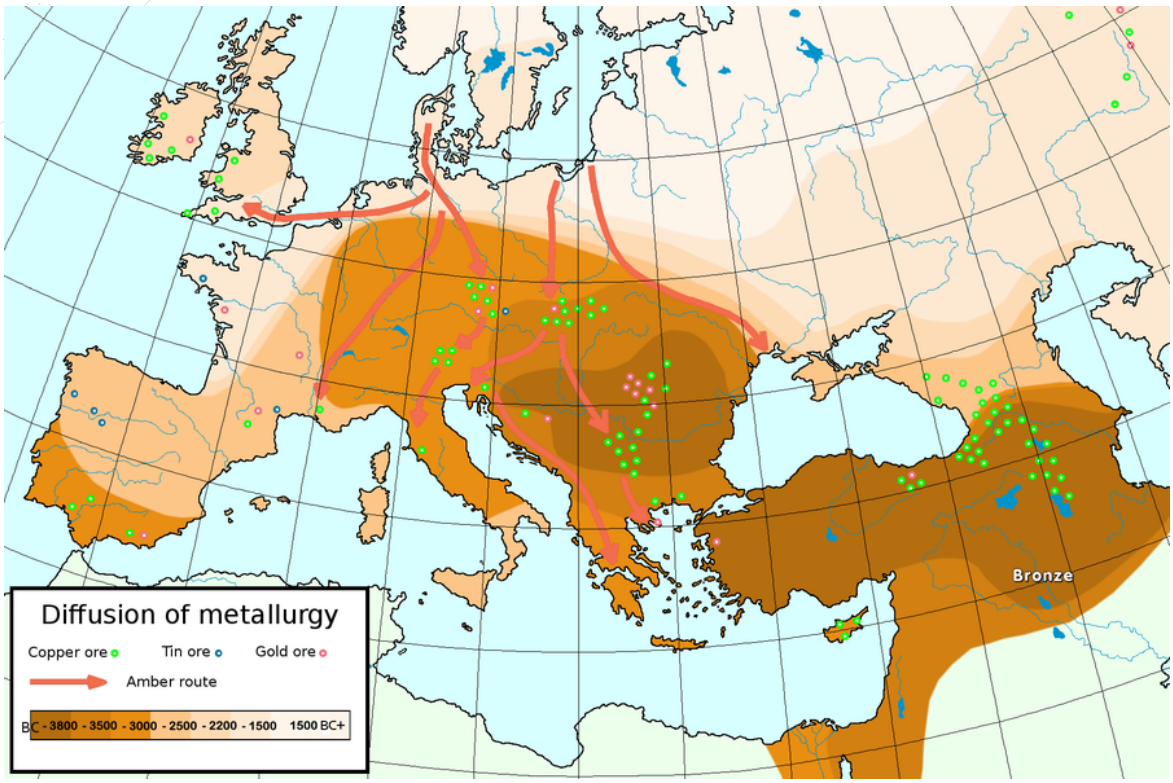
Počátky mořeplavby a navigace ve Středozemním moři

Navigace podle nebeských těles je dovednost, které se využívalo dlouho předtím, než se na Zemi objevil člověk. Dnes známe řadu živočichů, kteří se orientují podle denní nebo noční oblohy. Včely a motýli druhu monarcha stěhovavý se orientují podle Slunce (Sauman et al., 2005), stejně tak jako špačci (Kramer, 1952). Ještě pozoruhodnější je schopnost ptáků (Emlen, 1970; Lockley, 1967; Sauer, 1958) a tuleňů (Mauck, Gläser, Schlosser a Dehnhardt, 2008), kteří v noci rozpoznávají polohu hvězd a určují podle nich svůj kurz. Avšak v moderní civilizaci, kde jsou města intenzivně osvětlena, hrozí nebezpečí záměny silných světel s nebeskými tělesy. Například můry udržují směr podle Měsíce, když si jej však spletou s pouliční lampou, létají kolem lampy až do úplného vyčerpání (Stevenson, 2008). Proto světelné znečištění představuje pro mnoho druhů živočichů vážné nebezpečí. Rozsah tohoto problému je znázorněn na obr. 8.



Obr. 8: Noční pohled na Iberský poloostrov z Mezinárodní kosmické stanice (autor: Snímek je použit s laskavým svolením NASA, oddělení vědy o Zemi a dálkového průzkumu Země, unikátní číslo Mission-Roll-Frame ISS040-E-081320 (26. července 2014), http://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS040&roll=E&frame=081320).

Jedněmi z prvních lidí, kteří se plavili po otevřeném moři, byli původní obyvatelé Austrálie přibližně před 50 000 lety (Hiscock, 2013). Nejstarší záznamy o mořeplavbě ve Středozemním moři pocházejí z doby 7 000 let př. n. l. (Hertel, 1990). Mořeplavci se tehdy pohybovali na člunech a malých lodích poháněných pádly. Lodní trasy vedly výhradně v blízkosti pobřeží a k nalezení cesty do cílového přístavu pomáhaly významné orientační body na pevnině. K tomu, aby se mořeplavci dostali do větších vzdáleností, byl nezbytný pohonný mechanismus nezávislý na síle lidských svalů. Proto patří plachty k nejdůležitějším objevům v lidských dějinách – svým významem je srovnatelný s vynálezem kola. Přibližně v polovině 4. tisíciletí př. n. l. se egyptské lodě plavily do východní části Středozemního moře (Bohn, 2011) a vznikly díky nim obchodní trasy vedoucí do fénického Byblosu, biblického Kanaánu, tedy do dnešního Libanonu. Přibližně tehdy začala doba bronzová. V době bronzové byl významným artiklem cín a zásoby cínu ve střední a západní Evropě podnítily rozsáhlou obchodní aktivitu (Penhallurick, 1986). Dopravu na velké vzdálenosti ve Středozemním moři i ve vzdálenějších částech světa zajišťovaly lodi.



Obr. 9: Mapa rozšíření hutnictví. Naleziště cínu v době bronzové byla soustředěna především na evropském pobřeží Atlantského oceánu (autor: uživatel Hamelin de Guettelet, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metallurgical_diffusion.png, volné dílo).

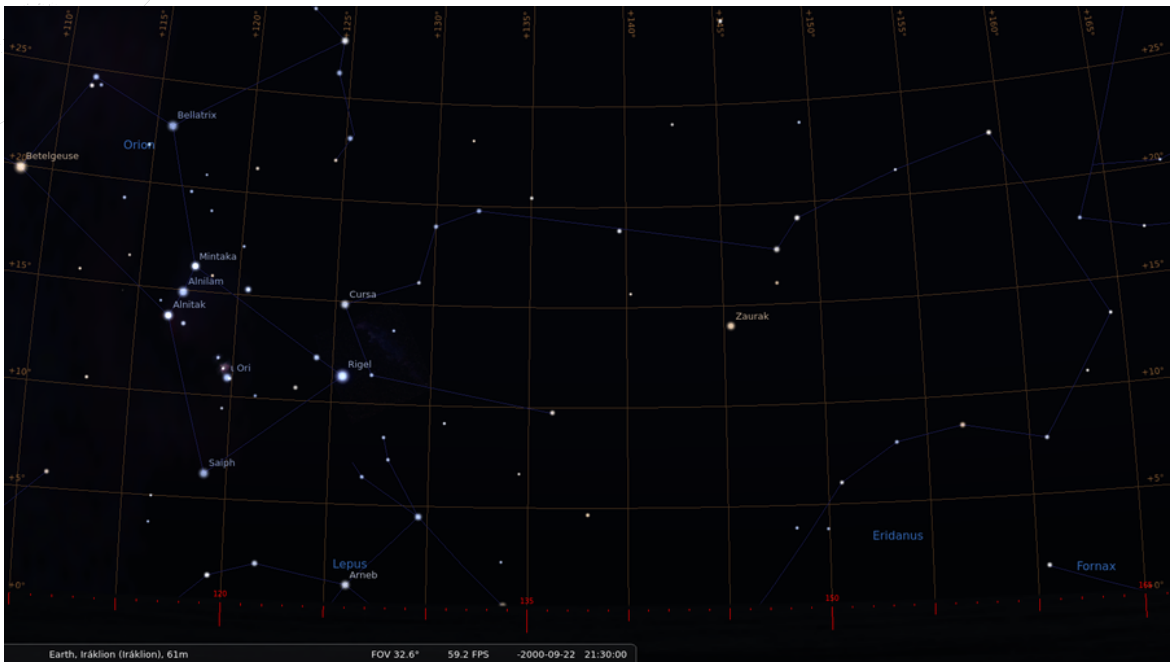
Mořeplavci záhy přišli na to, že nebeská tělesa, především hvězdy, se dají využít k udržování kurzu lodi. O těchto dovednostech se zmiňuje nejstarší literatura jako například Homérova Odyssea, o níž se předpokládá, že pochází z 8. století př. n. l. Původní prameny však pravděpodobně pocházejí již z doby bronzové, kdy byli zvláště vlivní Mínojci z ostrova Kréta. Žili v období 3 650 až 1 450 př. n. l. v severní části Středozemí a plavili se po Egejském moři. Jelikož řada jejich sakrálních staveb byla orientována podle světových stran a braly v úvahu astronomické jevy jako východ Slunce nebo rovnodennost (Henriksson a Blomberg, 2008, 2009), můžeme se domnívat, že tyto znalosti využívali i k navigaci (Blomberg a Henriksson, 1999). Mínojci se plavili na ostrov Théra a do Egypta, kam jim cesta po otevřeném moři mohla trvat několik dní.



Obr. 10: Mapa Kréty s vyznačenými místy mínojské civilizace na počátku 2. tisíciletí př. n. l. (autor: Eric Gaba (Sting), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crete_integrated_map-en.svg, červené popisky Markus Nielbock, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode).

Řecký básník Arátos zveřejnil přibližně v roce 275 př. n. l. (Aratus, Callimachus a Lycophron, 1921) epickou skladbu Fainomena, v níž podrobně popisuje polohu souhvězdí a pořadí, v němž vycházejí a zapadají. Tyto informace měly zcela zásadní význam pro každého mořeplavce, který chtěl udržet správný kurz. Jednoduše nasměroval loď určitým směrem a díky souhvězdím, která se objevovala před přídí, směr mohl udržet. Až na odchylku, která se pomalým tempem mění v průběhu 26 tisíc let v důsledku precese zemské osy, zůstává v průběhu roku azimut určité hvězdy při východu a západu konstantní. Je zajímavé, že polohy udávané Arátosem neodpovídaly polohám pozdní doby bronzové a rané doby železné, zato odpovídaly éře mínojské civilizace (Blomberg a Henriksson, 1999) z doby přibližně o 2 000 let dříve.

Kolem roku 1 200 př. n. l. se stali dominantní civilizací ve Středozemí Féničané. Budovali kolonie na jižním a západním pobřeží Středozemního moře, ale i jinde. Jednou z nich byla kolonie Gades (dnes Cádiz) nedaleko od Gibraltarského průlivu, v níž se obchodovalo se zbožím a zdroji ze severní Evropy (Cunliffe, 2003; Hertel, 1990). Je zdokumentováno, že se Féničané při několika plavbách po Atlantském oceánu dostali do Británie a dokonce i několik set kilometrů na jih podél afrického pobřeží (Johnson a Nurminen, 2009).



Obr. 11: Noční obloha při plavbě z Kréty do Alexandrie dne 22. září 2 000 př. n. l. ve 21:30 světového času (autor: vlastní dílo, vytvořeno pomocí svobodného programu Stellarium s licencí GNU GPL, podle Blomberg a Henriksson (1999), obr. 9).

Řecký historik Hérodotos (cca 484–420 př. n. l.) referuje o expedici Féničanů financované egyptským faraónem Nekem II. (610–595 př. n. l.), na kterou vypluli z Rudého moře, obepluli Afriku a vrátili se do Egypta Středozemním mořem (Bohn, 2011; Hertel, 1990; Johnson a Nurminen, 2009). Námořníci podle všeho udávali, že Slunce bylo občas na severu (Cunliffe, 2003), což se dá očekávat po překročení rovníku směrem na jih. Toto všechno svědčí o mimořádných navigačních dovednostech. Poté, co pravlast Féničanů v roce 539 př. n. l. dobyli Peršané, vliv Féničanů upadal, znovu si jej však získali potomci z jejich kolonií, Kartaginci.



Obr. 12: Obchodní trasy Féničanů v Evropě v době bronzové (autor: DooFi, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PhoenicianTrade_EN.svg, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode).

Pýtheás

Velmi pozoruhodnou a dobře zdokumentovanou velkou plavbu popsali antičtí autoři a učenci jako Strabón, Plinius nebo Diodórus Sicilský. Jedná se o výpravu, kterou absolvoval Pýtheás (cca 380–310 př. n. l.), řecký astronom, geograf a objevitel z Massalie, který někdy kolem roku 320 př. n. l. podle všeho opustil Středozemí, putoval podél západního pobřeží Evropy a dostal se na sever až na Britské souostroví a za polární kruh. Možná se dostal až na Island nebo Faerské ostrovy, které tehdy označil jako Thule (Baker a Baker, 1997; Cunliffe, 2003; Hergt, 1893).

Massalia či Massilia, jak se tehdy nazývala dnešní Marseille, byla založena fókajskými Řeky přibližně v roce 600 př. n. l. a záhy se z ní vyvinula jedna z největších a nejbohatších řeckých výsep v západní části Středozemního moře se silnými obchodními vazbami na keltské kmeny, které tehdy ovládaly velkou část Evropy (Cunliffe, 2003). Pýtheás žil v pozdní době bronzové, kdy vzkvétal obchod se severní Evropou. Řečtí zeměpisci o této části světa věděli jen to, že v ní žijí barbaři, kteří těží cínovou rudu a dodávají cenný jantar, jenž byl v té době velice žádaným artiklem v celém Středozemí. Možná se Pýtheás rozhodl prozkoumat tyto břehy z čiré zvědavosti.



Obr. 13: Socha Pýthea z Massalie, která byla vztyčena na počest jeho úspěchů před Burzovním

palácem (Palais de la Bourse) v Marseille (autor: Rvalette, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pythéas.jpg, „Pythéas“, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode).

Jeho plavba byla významným milníkem, protože Pýtheás byl vědec a znamenitý pozorovatel. Pomocí tzv. gnómonu, tedy obdoby slunečních hodin, při své plavbě určoval aktuální zeměpisnou šířku a měřil čas (Nansen, 1911). Také si povšiml, že v létě svítí Slunce ve vyšších zeměpisných šířkách déle.

Kromě toho byl prvním člověkem, který si povšiml vztahu mezi slapovými jevy, které ve Středozemním moři téměř nejsou patrné, a měsíčními fázemi (Roller, 2006).



Obr. 14: Plavba Pýthea z Massalie podle Cunliffea (2003) (autor: ESA/Cunliffe, http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2005/09/The_journey_of_Pytheas, http://www.esa.int/spaceinimages/ESA_Multimedia/Copyright_Notice_Images).

PODROBNÝ POPIS AKTIVITY

Úvod

Doporučujeme, aby aktivita byla zasazena do širších souvislostí mořeplavby, např. zeměpisných, historických, literárních apod.

Tip: Tuto aktivitu je možné zkombinovat s jinými formami osvojování znalostí, jako je např. ústní prezentace na téma historie, literatury či geografie se zaměřením na problematiku navigace. Prostor se tak připraví interaktivnějším způsobem, než kdyby učitel pouze shrnul fakta.

Studentům je možné promítnout kvalitní dokumentární filmy na téma námořních objevitelských cest. V rámci úvodu do astronomické navigace obecně a do tématu prvních mořeplavců nechte studenty zhlédnout následující videa. Poslední z nich je ve francouzštině. Video tak může být ve škole promítnuto v rámci hodin francouzštiny. Případně přibližte studentům Pýtheův příběh podle

stručného shrnutí v podkladových materiálech. S hodinami historie můžete látku propojit četbou knihy B. Cunliffea The Extraordinary Voyage of Pytheas the Greek (Pozoruhodná plavba Řeka Pýthea).

Episode 2: Celestial Navigation (2. epizoda: Astronomická navigace; stopáž: 4:39)

https://www.youtube.com/watch?v=DoOuSo9qEll

How did early Sailors navigate the Oceans? | The Curious Engineer (Jak se první námořníci orientovali v oceánech? | Zvídavý inženýr; stopáž: 6:20)

https://www.youtube.com/watch?v=4DlNhbkPiYY

World Explorers in 10 Minutes (Objevitelé cizích krajů v 10 minutách; stopáž: 9:59)

https://www.youtube.com/watch?v=iUkOfzhvMMs

Once upon a time… The Explorers - The first navigators (Byli jednou jedni… Objevitelé – První mořeplavci; stopáž: 23:13)

https://www.youtube.com/watch?v=KuryXLnHsEY

Pythéas, un Massaliote méconnu (Pýtheás, nedoceněný rodák z Massalie; francouzsky; stopáž: 9:57)

https://www.youtube.com/watch?v=knBNHbbu-ao

Zeptejte se studentů, zda vědí, jak dlouho se člověk na lodích plaví přes oceány. Nabízí se možnost poukázat na migraci druhu Homo sapiens na ostrovy a izolované kontinenty, jako je Austrálie.

Možné odpovědi:

S jistotou víme, že se lodě používají k plavbám na velké vzdálenosti od roku 3000 př. n. l. či ještě déle. První australští usedlíci však podle všeho přišli na to, jak se plavit přes oceán, již kolem roku 50 000 př. n. l.

Zeptejte se studentů, co dobrého mohly přinášet námořní objevitelské cesty. Možná někdo bude znát historické kultury nebo národy, které platily za slavné mořeplavce. Učitel může studentům pomoci tím způsobem, že uvede několik příkladů národů, jež se plavily po moři, např. z oblasti Středozemního moře.

Možné odpovědi:

Hledání nových zdrojů a potravin, obchod, touha objevovat nové, zvědavost.

Zeptejte se studentů, jakým způsobem se každý den orientují při cestě do školy. Co jim pomáhá k tomu, aby nezabloudili? Až přijde řeč na orientační body (budovy, semafory, autobusové zastávky apod.), zeptejte se studentů, jak se mořeplavci orientovali na moři. Na úsvitu dějin

volili kurz podle jasně viditelných orientačních bodů. Z tohoto důvodu se však museli držet v blízkosti pobřeží. Situace se zlepšila díky majákům. Magnetický kompas byl vynalezen relativně pozdě, přibližně v 11. století našeho letopočtu, a v Evropě se začal využívat až ve 13. století. Co ale mohlo posloužit jako orientační bod na otevřeném moři? Studenti možná uvedou nebeská tělesa jako Slunce, Měsíc a hvězdy.

Další doporučené otázky, vhodné zejména poté, co studenti zhlédnou úvodní videa

Otázka: Kdo byl Pýtheás?

Odpověď: Pýtheás byl starý řecký vědec a objevitel.

Otázka: Kdy a kde žil?

Odpověď: Žil ve 4. století př. n. l. v pozdní době bronzové v Massalii, v dnešní Marseille.

Otázka: Kam vedla jeho cesta?

Odpověď: Pýtheás putoval na sever podél atlantického pobřeží Evropy do Británie a pravděpodobně na polární kruh a na Island.

Otázka: Co při této cestě pozoroval a co objevil?

Odpověď: Byl to první Řek, který cestoval daleko na sever. Povšiml si, že délka bílého dne závisí na zeměpisné šířce. Také to byl první člověk, který našel spojitost mezi slapovými jevy a fázemi Měsíce.

Aktivita 1: Cirkumpolární souhvězdí a hvězdy

Potřebný materiál:

- Pracovní listy
- Kružítko
- Tužka
- Pravítko
- Kalkulačka

Jestliže na světových pólech nebyla žádná jasná hvězda, dávní mořeplavci určovali světové póly pozorováním několika cirkumpolárních hvězd. Tito mořeplavci byli natolik zkušení, že uměli určit sever na základě vzájemného postavení takovýchto hvězd a na základě kružnic, které kolem pólu opisují.

Kromě toho z cirkumpolárních souhvězdí a hvězd vyvozovali, na jaké se nacházejí zeměpisné šířce. Nikdy nevycházejí a nezapadají – jsou vždy nad obzorem. Zatímco dnes můžeme jednoduše změřit výšku Polárky nad obzorem, staří mořeplavci ji viděli ve vzdálenosti mnoha stupňů od severního světového pólu. Na jižní polokouli však žádný podobný ukazatel v podobě hvězdy není. A tak místo měření výšky Polárky pozorovali hvězdy a souhvězdí, které byly v průběhu pohybu po zdánlivé dráze kolem světového pólu i při své nejnižší poloze na obloze (při tzv. dolní kulminaci) stále viditelné nad obzorem.

Nechte studenty zhlédnout následující dvě videa, která ukazují fenomén cirkumpolárních hvězd a souhvězdí při pozorování ze dvou různých míst na Zemi. Zachycují simulaci zdánlivé denní rotace oblohy kolem severního světového pólu.

CircumpolarStars Heidelberg 49degN (Cirkumpolární hvězdy v Heidelbergu, 49° severní šířky; stopáž: 0:57)

https://youtu.be/uzeey9VPA48

CircumpolarStars Habana 23degN (Cirkumpolární hvězdy v Havaně, 23° severní šířky; stopáž: 0:49)

https://youtu.be/zggfQC_d7UQ

Studenti si povšimnou, že:

1. Na obloze jsou vždy hvězdy a souhvězdí, která nikdy nezapadají. Jedná se o cirkumpolární hvězdy a souhvězdí.
2. Úhel mezi světovým pólem (Polárkou) a obzorem závisí na tom, na jaké zeměpisné šířce se pozorovatel nachází. Tyto úhly jsou shodné.
3. Velikost cirkumpolární části oblohy závisí na zeměpisné šířce, na níž se pozorovatel nachází. V blízkosti pólů je větší.

Jestliže jsou studenti obeznámeni s použitím planisféry, mohou se se stejným jevem podrobněji seznámit v následujících dvou videích.

CircumPolarStars phi N20 (Cirkumpolární hvězdy na 20° severní šířky; stopáž: 0:37)

https://youtu.be/Uv-xcdqhV00

CircumPolarStars phi N45 (Cirkumpolární hvězdy na 45° severní šířky; stopáž: 0:37)

https://youtu.be/VZ6RmdzbpPw

Ukazují rotaci oblohy na zeměpisné šířce 20°, respektive 45°. Průhledná oblast představuje viditelnou část oblohy v určitém okamžiku. Čárkovaný kruh vyznačuje oblast, v níž se nacházejí cirkumpolární hvězdy a souhvězdí.

Otázky

Otázka: Čím se liší severní a jižní pól Země od ostatních míst na zeměkouli?

Odpověď: Určují osu otáčení Země.

Otázka: Jak se dá určit sever a další světové strany bez kompasu?

Odpověď: Severní světový pól ukazují nebeská tělesa jako např. Polárka.

Otázka: Proč Severka (Polárka) ukazuje sever?

Odpověď: V naší éře se Polárka nachází v blízkosti severního světového pólu.

Otázka: Kde byste na obloze našli severní/jižní světový pól, kdybyste stáli přesně na severním/jižním pólu Země?

Odpověď: V zenitu neboli nadhlavníku, tzn. přímo nad hlavou.

Otázka: Jak se tato poloha změní, když se vydáte směrem k rovníku?

Odpověď: Jeho výška bude klesat ze zenitu na obzor.

Otázka: Co jsou to cirkumpolární souhvězdí?

Odpověď: Jsou to souhvězdí, která obíhají kolem jednoho ze světových pólů a nikdy nevycházejí ani nezapadají. Jsou vždy nad obzorem.

Otázka: Která z viditelných souhvězdí by byla cirkumpolární, kdybyste stáli jednak na severním/jižním pólu Země, jednak na rovníku?

Odpověď: Celá severní, respektive jižní polokoule (na pólech). Žádné na rovníku.

Otázka: Kdyby Severka nebyla vidět, jak byste určili svou zeměpisnou šířku?

Odpověď: To, zda je ta která hvězda či souhvězdí cirkumpolární, záleží stejně jako výška Polárky na zeměpisné šířce, a proto svou polohu určíme podle hvězd, které vždy zůstávají nad obzorem.

Cvičení

Dalším úkolem je vydat se ve stopách mořeplavce, který žil před 5 000 lety. Díky popsaným dovednostem určí studenti souhvězdí, která jsou cirkumpolární při pozorování z daných míst na zeměkouli.

Níže uvedená tabulka obsahuje názvy šesti měst a jejich zeměpisné šířky. Záporné hodnoty označují zeměpisné šířky na jižní polokouli. Sedmý řádek je prázdný. Do něj studenti mohou zapsat údaje o svém městě. Z těchto údajů musí vypočítat úhlové poloměry se středem ve světovém pólu. Výpočet je jednoduchý, protože hodnota je stejná jako výška světového pólu a zeměpisná šířka: $\varphi = \varrho$

Pak zvolí mapu, která odpovídá příslušné polokouli. Studenti kružítkem nakreslí kolem daného pólu kružnice vyznačující příslušné poloměry. Souhvězdí uvnitř této kružnice jsou cirkumpolární. Do tabulky studenti zapíšou souhvězdí, která jsou plně nebo částečně viditelná z daného města.

Možná řešení jsou uvedena kurzívou. Tabulka určená pro toto cvičení je součástí pracovního listu.

City	Latitude (°)	Radius in map (cm)	Constellations
Tunis (ancient Carthage, Tunisia)	36.8		
Cape Town (South Africa)	-33.9		
Plymouth (UK)	50.4		
Wellington (New Zealand)	-41.3		
Mumbai (India)	19.0		
Grytviken (South Georgia)	-54.3		

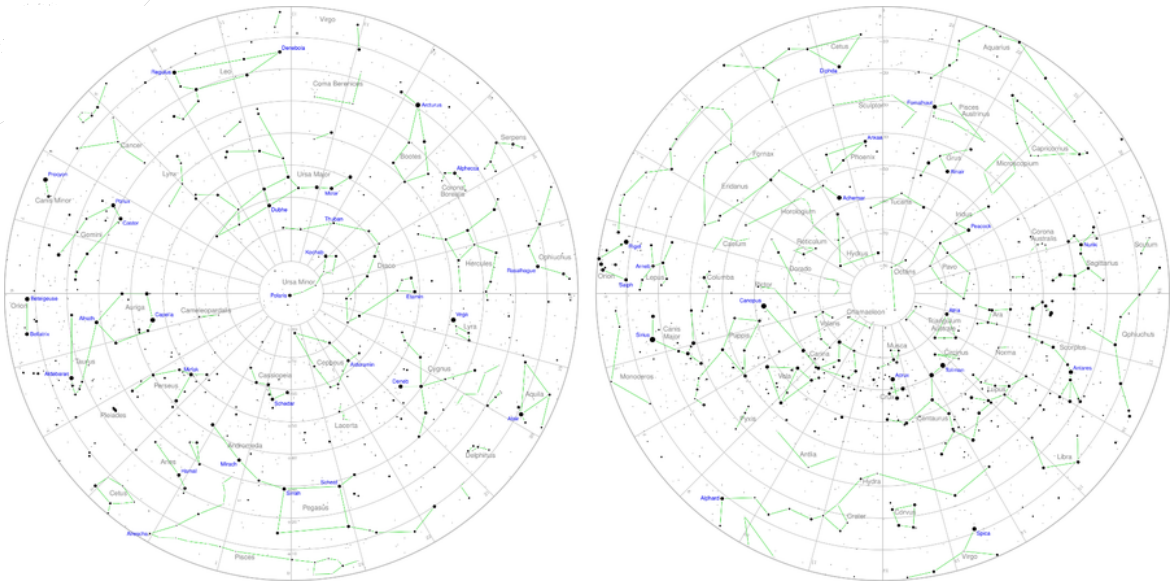
Podrobné pokyny

1. Určete měřítko mapy. Úhlové měřítko je 90° od pólů k vnějšímu kruhu, tj. k světovému rovníku.
2. Převeďte zeměpisné šířky uvedené v tabulce na poloměry v měřítku map a zapište je do tabulky.
3. U každého města:

   i. Vyberte vhodnou mapu.

   i. Kružítkem nakreslete kružnici s poloměrem určeným pro dané město.

   i. Najděte a zapište viditelná cirkumpolární souhvězdí. Je-li jich příliš mnoho, vyberte jen ta nejvýraznější.



Obr. 15: Hvězdná mapa severní a jižní polokoule (autor: Markus Nielbock, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NorthernCelestialHemisphere.png, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SouthernCelestialHemisphere.png, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode, vytvořeno pomocí PP3, http://pp3.sourceforge.net).

Diskuse

V dávných dobách se Polárka nenacházela v těsné blízkosti severního světového pólu. Vysvětlete, jaký význam měly cirkumpolární hvězdy a souhvězdí pro staré mořeplavce.

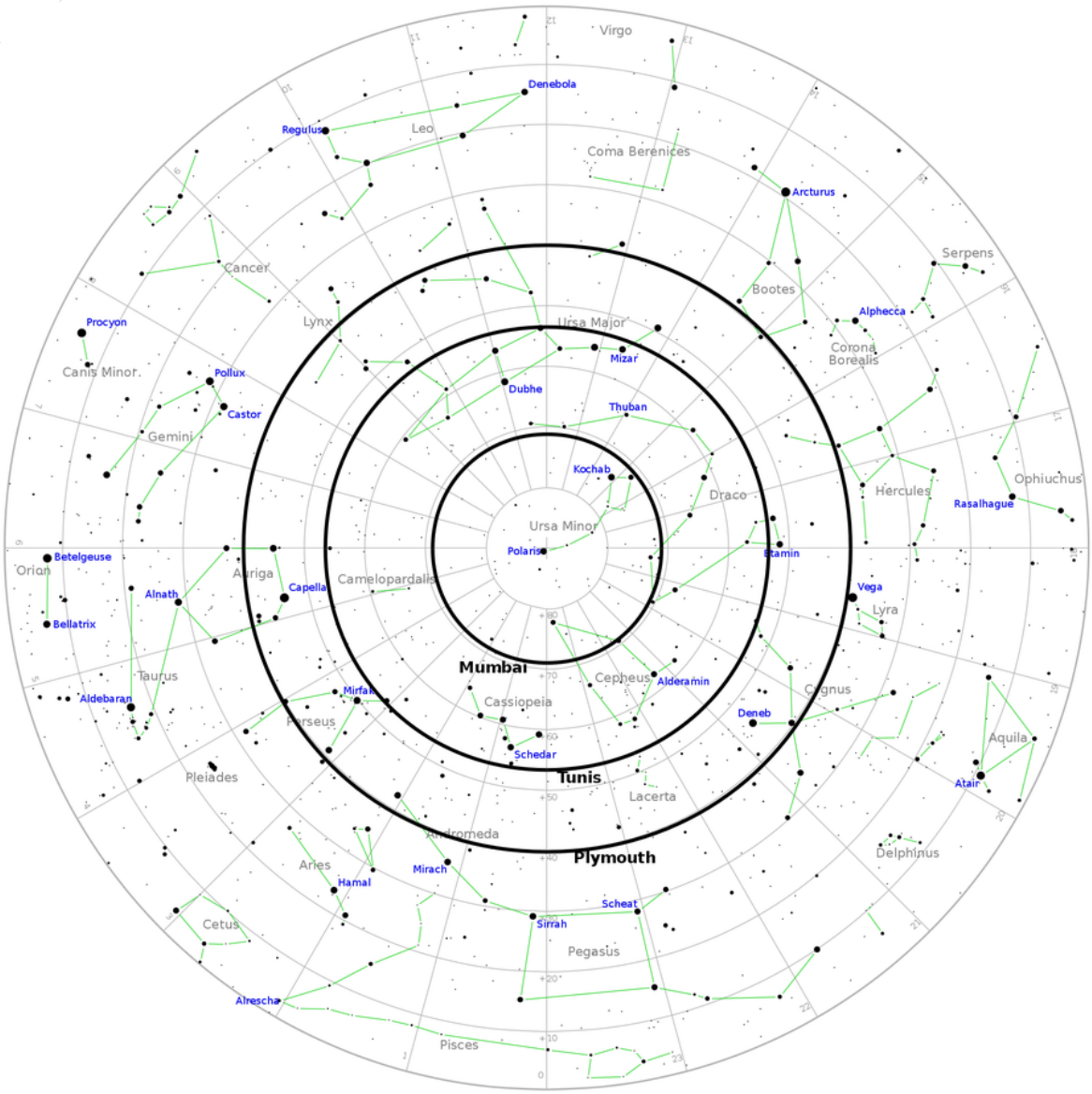
*Možná odpověď:

Představovaly vynikající nástroj k udržování stálé zeměpisné šířky a napomáhaly k tomu, aby se mořeplavci na moři neztratili.

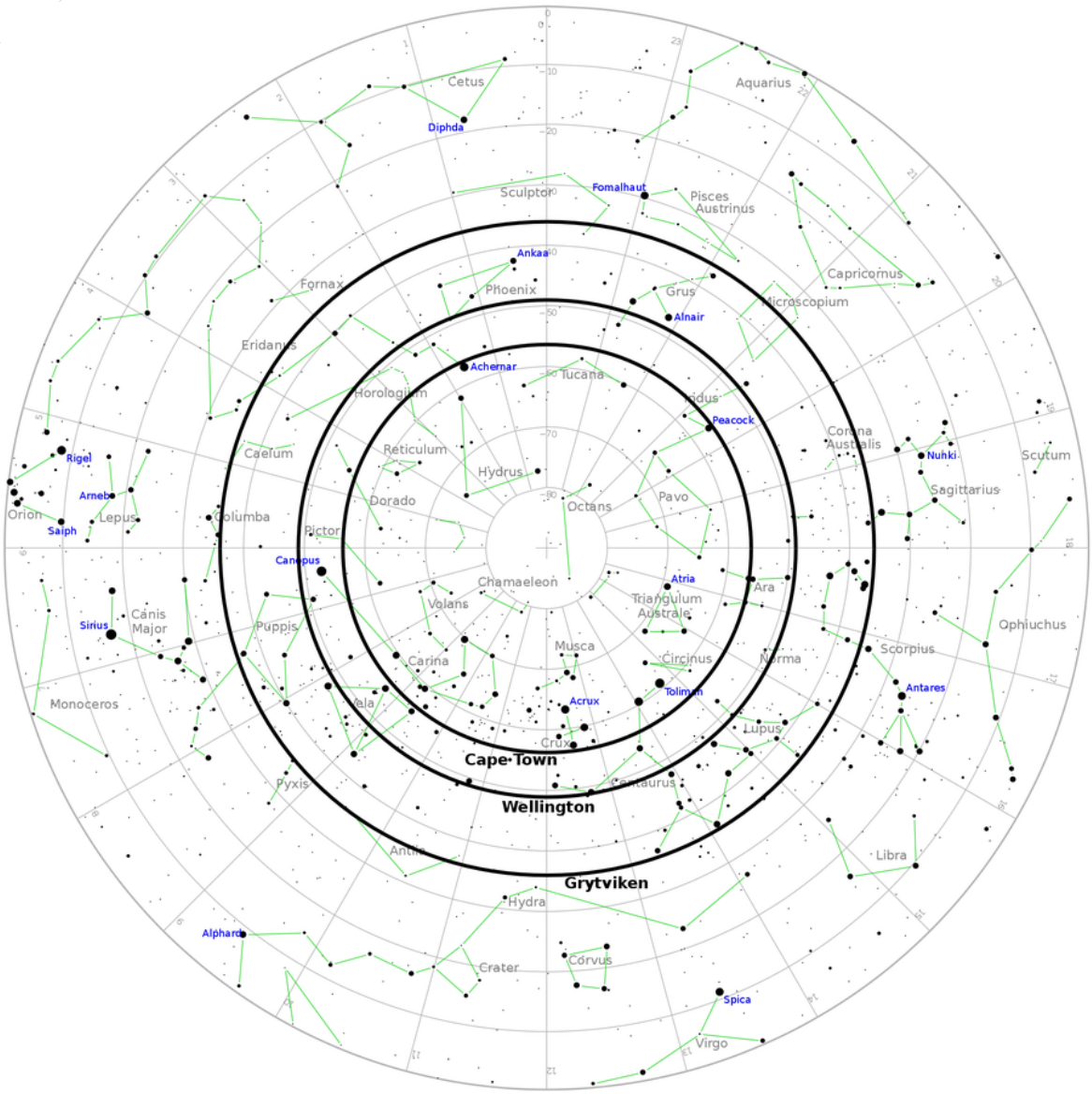
Řešení

Měřítko mapy je: 1 cm 10°

Severní obloha



Jižní obloha



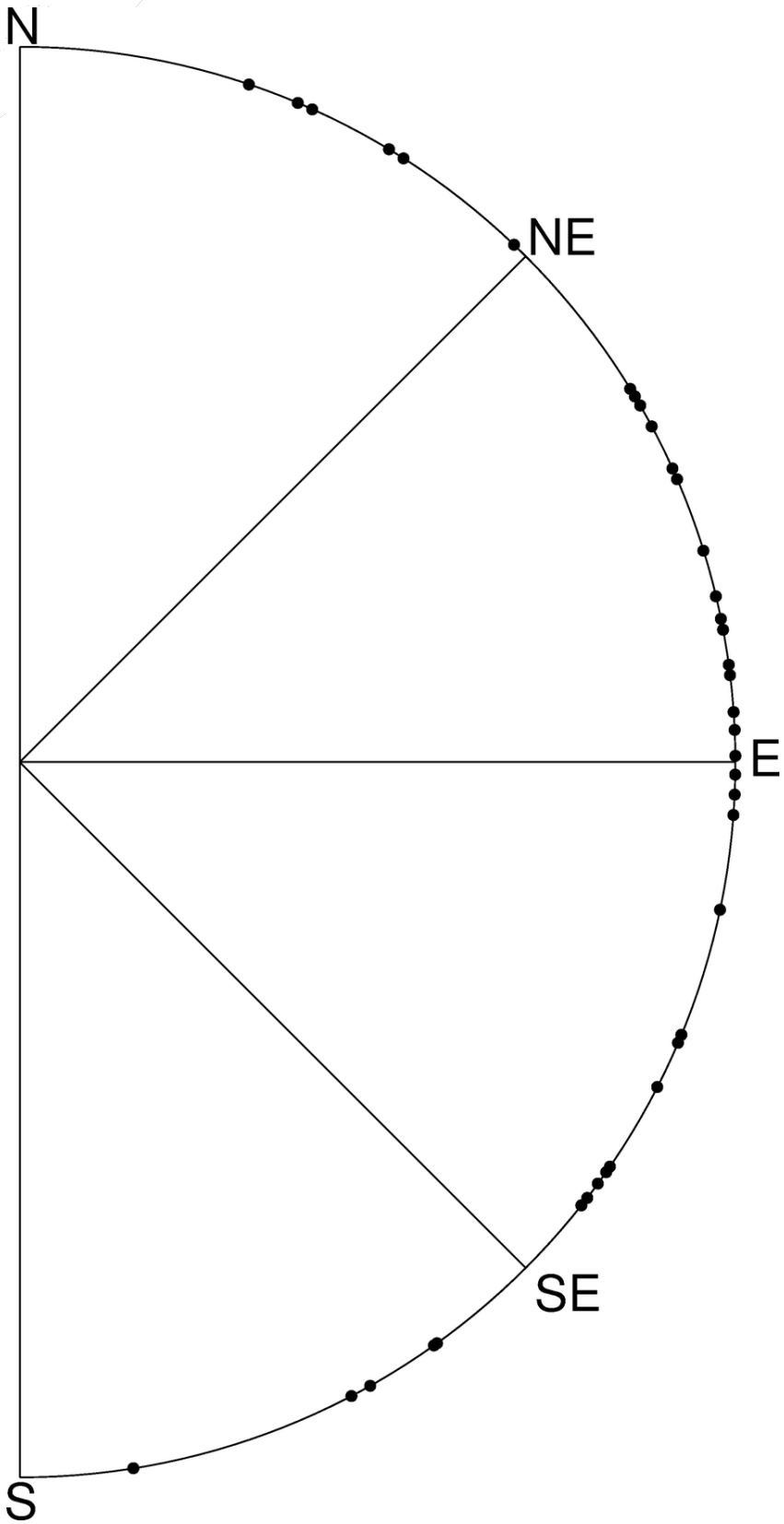
Aktivita 2: Hvězdy ukazují cestu

Potřebný materiál:

- Pracovní list
- Tužka
- Úhloměr
- Počítač s nainstalovaným programem MS Excel

- Tabulka programu MS Excel: „AncientMediterranean_BrightStars_EUSPACE-AWE_Navigation.xlsx“

Když staří mořeplavci neměli hvězdu podobnou Polárce, která by ukazovala světový pól, určovali světové strany a kurz lodi podle jiných hvězd a souhvězdí. Uvědomili si, že poloha, ve které vycházejí a zapadají na obzoru, (azimut) se během lidského života nemění. Zkušení mořeplavci znali nejjasnější hvězdy a souhvězdí z hlavy.



Obr. 16: Azimuty vybraných vycházejících jasných hvězd na zeměpisné šířce 45° ve výšce 10° nad

obzorem (vlastní dílo).

Otázky

Otázka: Je možné určit světové strany podle jiných hvězd než podle Polárky? Mějte na paměti, že na jižním pólu žádná podobná hvězda není.

Odpověď: Ano. Když znáte hvězdy a souhvězdí, můžete se jimi nechat vést, protože se každý den vrací do stejné polohy.

Otázka: Jak můžete využít vycházející a zapadající hvězdy a souhvězdí k určování kurzu na moři?

Odpověď: Poloha na obzoru při východu a západu se nemění (až na velmi pomalu se měnící odchylku).

Otázka: Je možné vidět v průběhu roku každou noc stejné hvězdy?

Odpověď: Ne, čas východu a západu hvězd se mění. Hvězdy viditelné za zimních nocí jsou v létě nad obzorem ve dne.

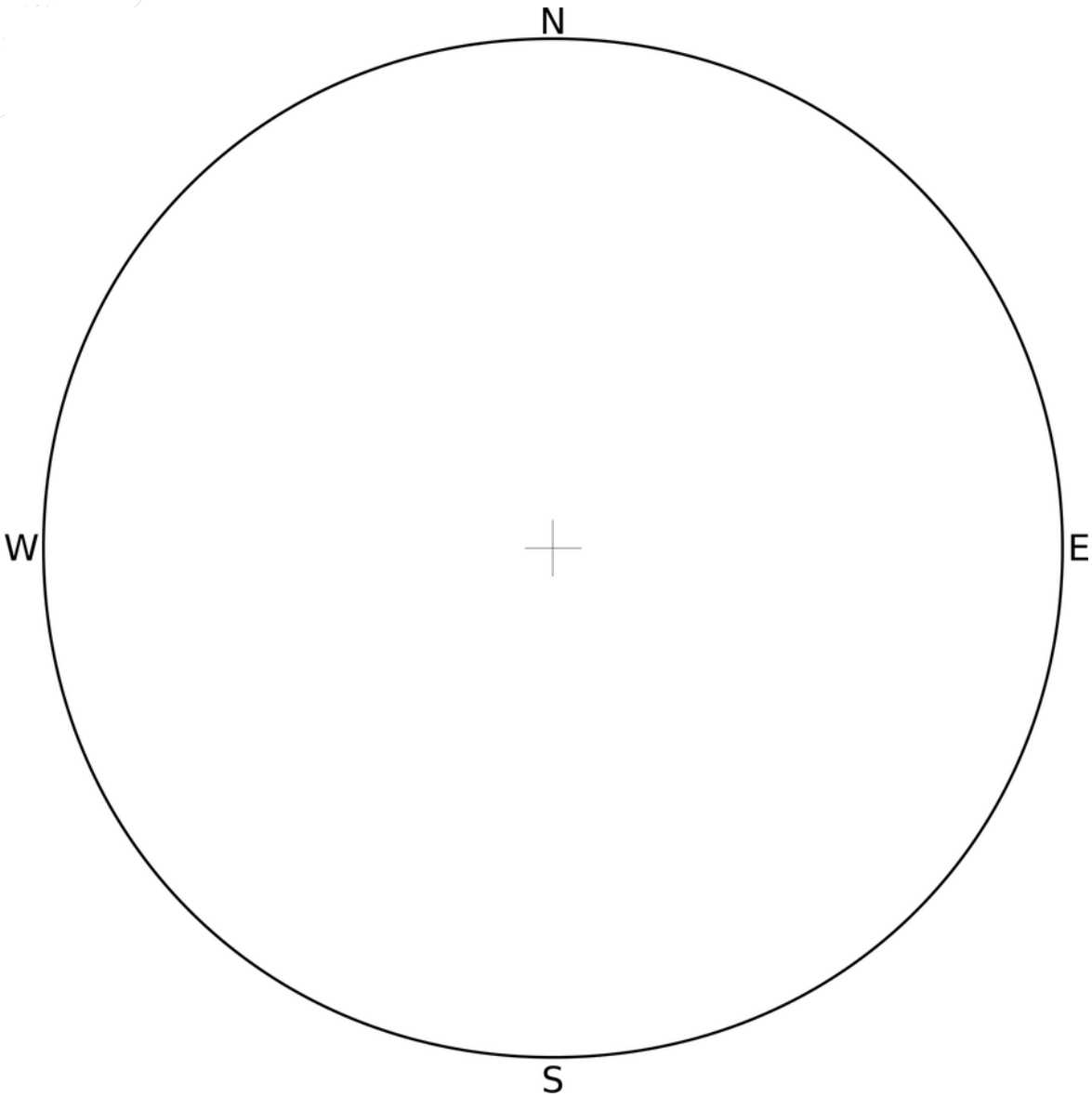
Cvičení

Studenti sestrojí hvězdný kompas podobný tomu, který je zachycen na obr. 16. Výpočty, které jsou zapotřebí k převodu nebeských souřadnic hvězd na obzorníkové souřadnice, tj. na azimut a výšku, jsou poměrně složité. Proto je v rámci této aktivity k dispozici soubor programu Excel, který tyto výpočty provede za ně. Je v něm uvedeno 57 jasných hvězd plus Plejády, což je velmi výrazná hvězdokupa.

Stačí, když studenti zadají zeměpisnou šířku své polohy a výšku hvězd do příslušné řádky v dolní části tabulky. Pokud jde o výšku, vhodná hodnota je 10°. To znamená, že studenti získají azimuty hvězd pozorovaných ve výšce 10°. Lze použít i jiné hodnoty, ale smyslem tohoto cvičení je nalezení hvězd, které právě vycházejí nebo zapadají. Azimut je úhel, který se na obzoru odpočítává od severu ve směru hodinových ručiček.

V posledních dvou sloupcích (AZ1 a AZ2) jsou zachyceny dva azimuty, jeden při východu a druhý při západu hvězdy. Je třeba upozornit, že rozložení azimutů vycházejících a zapadajících hvězd je ve vztahu k poledníku, tj. ke spojnici severu a jihu, symetrické. Buňky, v nichž je uvedeno #NA, neobsahují validní čísla. Tyto hvězdy nikdy nevycházejí ani nezapadají. Jsou buď cirkumpolární, nebo zůstávají pod obzorem.

Studenti z uvedených hodnot vytvoří hvězdný kompas, jehož šablona následuje. Použijí úhloměr a označí polohu jednotlivých hvězd na kružnici. Ke každé značce zapíší název hvězdy.



Diskuse

Jednou z metod, jak se dávní mořeplavci mohli orientovat ve Středozemním moři, bylo držet se při pobřeží. Odmyslete si nebezpečí mělkých vod a vysvětlete, proč námořníci doby bronzové potřebovali najít metody, které by jim umožnily bezpečně se plavit po otevřeném moři. Možná si budete chtít vzít k ruce mapu Středozemního moře.

Možné odpovědi:

V dávných dobách se lidé plavili na ostrovy kvůli obchodu a z dalších důvodů. Mnohé z nich nejsou z pobřeží Středozemního moře vidět. Plavby často trvaly déle než několik málo hodin. Tehdejší plavidla průměrně urazila pět námořních mil za hodinu. Zachovaly se také zprávy, které hovoří o využívání astronomické navigace.

Aktivita 3: Zkuste to sami (doplňková aktivita)

Potřebný materiál:

- Výsledky předchozích aktivit,
- Přenosná červená lampa, např. zastíněná svítilna nebo svítilna s červeným filtrem,
- Magnetický kompas, je-li k dispozici.

Nic není poučnější než využít nově nabyté poznatky a procvičit si teorii v reálných podmínkách. Proto si studenti mohou vyzkoušet výsledky z předchozích dvou aktivit v praxi pozorováním nočního nebe.

Tuto aktivitu mohou studenti provést sami doma nebo se spolužáky.

Vyberte si jasný večer a stanoviště, odkud je dobře vidět na obzor. Jakmile se setmí natolik, aby byly vidět hvězdy, vyzvěte studenty, aby si za pomoci zastíněných svítilen prohlédli své mapy se zakreslenou cirkumpolární oblastí z aktivity 1. Zastíněná svítilna, ideálně s červeným filtrem, napomáhá k tomu, aby oči zůstaly adaptované na tmu.

Když studenti určí nejjasnější hvězdy, vyzvěte je, aby použili hvězdný kompas z aktivity 2. Studenti nasměrují značky jedné nebo více hvězd na hvězdy na nebi. Vyzvěte je, aby určili sever (nebo jih, podle toho, který světový pól je vidět z vašeho stanoviště). Nacházíte-li se na severní polokouli, odpovídá poloze Severky (Polárky)? Na jižní polokouli zřejmě bude zapotřebí magnetický kompas.

Ať studenti na mapách určí souhvězdí, která vidí na nebi. Vyzvěte je, aby se podívali na sever (na jižní polokouli na jih) a pojmenovali hvězdy a souhvězdí, které jsou nízko nad obzorem. Odpovídají mapám? Je důležité, aby na mapě byla vyznačena cirkumpolární oblast pro danou zeměpisnou šířku.

Snažte se zdůraznit, že při této aktivitě studenti postupují podobně jako mořeplavci před 4000 lety.

VZDĚLÁVACÍ PLÁN

Space Awareness curricula topics (EU and South Africa)

Navigation through the ages, coordinate systems, celestial navigation

ZÁVĚR

V této lekci se studenti seznamují s metodami navigace obyvatel okolí Středozemního moře v době bronzové. Studenti zkoumají souvislost mezi historií a astronomickými znalostmi. Získají přehled o mořeplavbě ve Středozemním moři v dávných dobách a zároveň prostřednictvím aktivit zkoumají navigaci pomocí hvězd a souhvězdí a jejich každodenního zdánlivého pohybu po obloze. V průběhu aktivit se seznámí se souhvězdími a jejich rozložením na severní a jižní obloze.

Tvorba webových stránek byla financována z programu Evropské komise Horizont 2020,
grantová smlouva č. 638653