

# Slnčný kameň Vikingov

<https://pro-vladimir.livejournal.com/190578.html>



Asi si pamätáte, ako sme [diskutovali o tom](#), kto sú Vikingovia - fakty a mylné predstavy. Tu v ságach o severských Vikingoch sú odkazy na záhadný a magický „slnčný kameň“, pomocou ktorého mohli námorníci určiť polohu slnka. V rozprávkach svätého Olafa, kráľa Vikingov, sa spolu s ďalšími magickými predmetmi spomínajú aj niektoré záhadné kryštály, takže o možnosti existencie týchto kameňov sa dlho pochybovalo.

Odvážni vikingskí námorníci nepoznali magnetický kompas (ktorý je navyše v cirkumpolárnych oblastiach zbytočný), ale zároveň sa perfektne orientovali na mori, plavili sa do Grónska a Severnej Ameriky. V jednej zo starodávnych islandských ság (koniec 9. - začiatok 10. storočia) je opísaná epizóda vikingskej plavby v oblačnom počasí, keď nebolo možné sa orientovať podľa Slnka:

*„Počasie bolo oblačné a búrlivé ... Kráľ sa rozhladol a nenašiel kúsok modrej oblohy. Potom vzal slnečný kameň, zdvihol si ho k očiam a uvidel, kam Slnko vysiela svoj lúč cez kameň“.*

Už v roku 1967 dánsky archeológ Thorkild Ramskou predložil vysvetlenie týchto legend. Naznačil, že staroveké texty hovorili o **priehľadných mineráloch, ktoré polarizujú svetlo** prechádzajúce nimi.

Polarizačný filter zameraný na zamračenú oblohu vám umožňuje určiť, kde na oblohe je polarizácia svetla maximálna a kde minimálna, a odtiaľto môžete pochopiť, kde je Slnko. **Samotné slnečné svetlo nie je polarizované, ale mraky ho polarizujú.** Táto metóda navigácie bola objavená až v dvadsiatom storočí a v polárnom letectve sa používala až do príchodu rádiového kompasu a satelitnej navigácie, ale možno ju Vikingovia poznali už pred tisíc rokmi. Mimochodom, **včely ho používajú v zamračené dni, pretože ich oči vnímajú polarizované svetlo.**

V rokoch 1969 a 1982 vyšli Ramskoeho knihy o slnečnom kameni a slnečnej navigácii Vikingov (ilustrácie zo stránky nordskip.com).

Pretože tok svetla z oblohy je tiež polarizovaný podľa [modelu Rayleighovej oblohy](#), mohli námorníci pozerat' cez skalu hore a pomaly ju otáčať rôznymi smermi.

Zhoda a nezhoda polarizačných rovín pre svetlo rozptýlené atmosférou a pre kryštál by bola vyjadrená v podobe stmavenia a objasnenia oblohy, keď sa kameň a pozorovateľ otočia. Séria takýchto postupných „meraní“ by pomohla s určitou slušnou presnosťou zistiť, kde je Slnko.

Odborníci navrhli niekoľkých kandidátov na úlohu slnečného kameňa - [islandský spar](#) (priehľadná verzia kalcitu), ako aj turmalín a iolit. Je ťažké povedať, aký druh minerálu Vikingovia používali, všetky tieto kamene im boli k dispozícii.

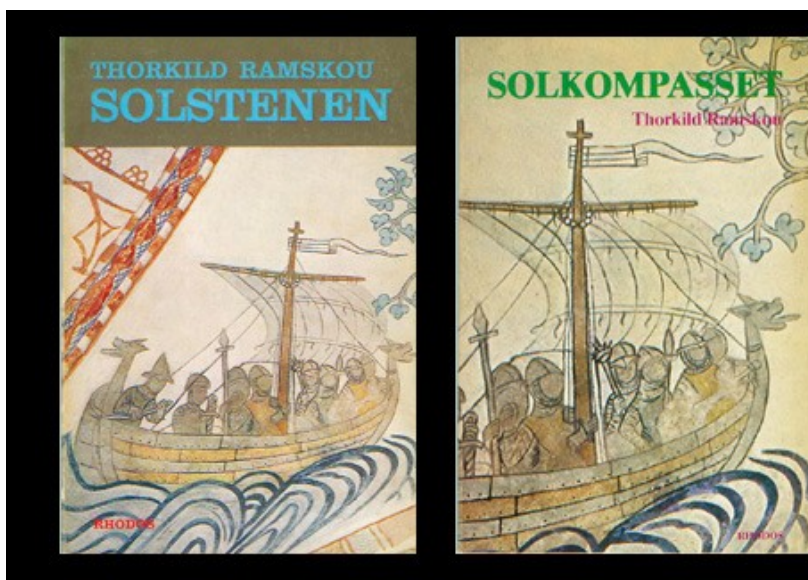
Islandský spar (vľavo) a iolite (vpravo, natáčané z oboch strán na demonštráciu silného pleochroizmu) majú potrebné vlastnosti, aby sa mohli naučiť navigovať po skrytom Slnku. Je pravda, že doteraz nikto neuskutočnil presvedčivý experiment so samotnými kameňmi v nekonečnom mori, aby konečne potvrdil nádhernú verziu dômyselnej navigácie medzi starými Škandinávcami.

Je kuriózne, že v dvadsiatom storočí sa iolit dostal do letectva ako polarizačný filter v zariadení používanom na určovanie polohy Slnka po západe slnka.

Faktom je, že za súmraku je žiara oblohy polarizovaná, a preto je možné presný smer k skrytej hviezde ľahko rozpoznať pomocou „polaroidného“ videnia. Príjem bude fungovať, aj keď Slnko už kleslo o sedem stupňov pod horizont, teda desiatky minút po západe slnka. Mimochodom, včely si túto skutočnosť dobre uvedomujú, ale vrátia sa k nim neskôr.

Všeobecne bol princíp vikingského kompasu jasný po dlhú dobu, veľkou otázkou však bolo experimentálne overenie nápadu. Vedec Gábor Horváth z univerzity v Otvose v Budapešti sa posledných pár rokov venoval experimentom a výpočtom v tomto smere.

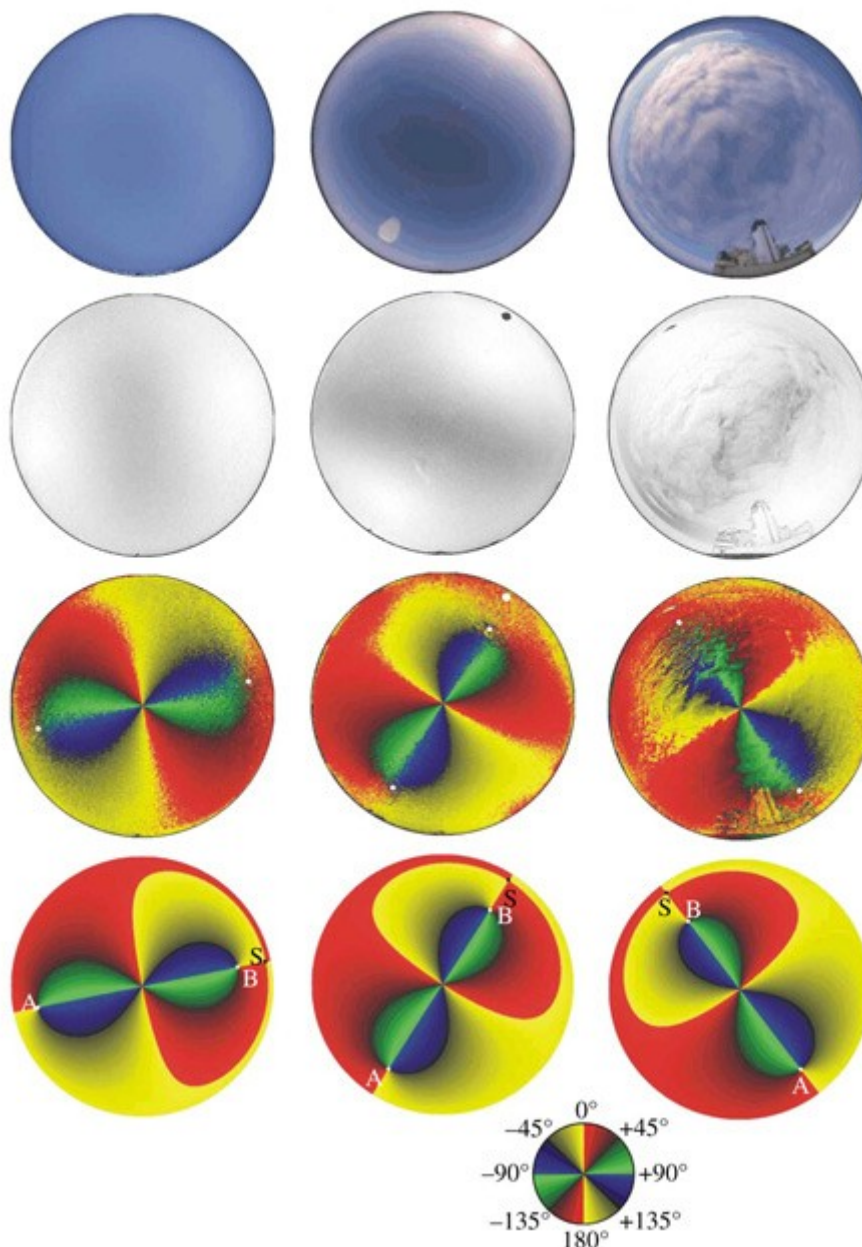
Najmä spolu s kolegami zo Španielska, Švédska, Nemecka, Fínska a Švajčiarska študoval vzorce polarizácie svetla pod zamračenou oblohou (ako aj v hmle) v Tunisku, Maďarsku, Fínsku a za polárnym kruhom.



"Merania sa uskutočňovali pomocou presných polarimetrov," informuje New Scientist. Teraz Horvat a jeho druhovia zhrnuli výsledky experimentov.

Stručne povedané: pôvodný (z takzvaného rozptylu prvého rádu) vzorec polarizácie na oblohe je stále detekovateľný aj pod mrakmi, aj keď je veľmi slabý a samotná oblačnosť (alebo hmlistý závoj) vytvára „šum“.

V obidvoch situáciách bola zhoda polarizačného vzoru s ideálnym (podľa modelu Rayleigh) lepšia, čím tenšia bola oblačnosť alebo hmla a tým viac medzier v nej poskytujúcich aspoň zlomok priameho slnečného žiarenia.

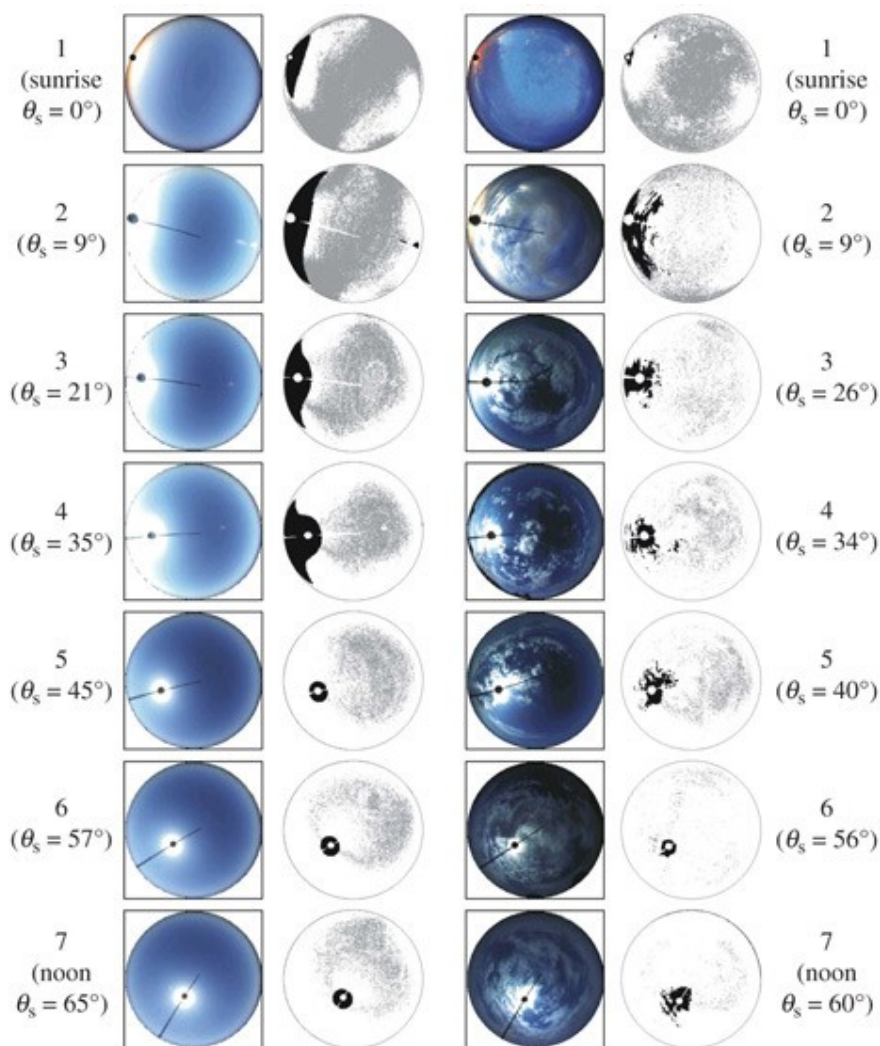


Arktická obloha (zľava doprava) v hmlistom opare, jasná a zamračená. Zhora nadol: farebný obraz „kupoly“, rozdiely v stupni lineárnej polarizácie na celej oblohe (tmavšia - viac), zmeraný polarizačný uhol a teoretický uhol vzhľadom na poludník. Posledné dva riadky ukazujú dobrú zhodu (ilustrácia Gábora Horvátha a kol. / Philosophical Transaction of the Royal Society B).

Gabor a jeho spolupracovníci tiež modelovali navigáciu na úplne zahalenej zamračenej oblohe. Ukázalo sa, že v tomto prípade je „odtlačok“ polarizácie zachovaný a teoreticky sa z neho dá vypočítať poloha Slnka. Ukázalo sa však, že stupeň polarizácie svetla je veľmi nízky.

V praxi to znamená, že Vikingovia vyzbrojení nie polarimetrami, ale slnečnými kameňmi, si pri pohľade cez kryštál ťažko všimli slabé výkyvy jasu oblohy. Navigácia pod nepretržitým zamračeným závojom, ak to bolo možné, sa ukázala byť nepresná, uzavreli vedci.

Výšetrovanie, ktoré uskutočnil Horvath, však ukázalo, že legendy o slnečnom kameni a Thorkildovo vysvetlenie jeho práce sú celkom vierohodné a vedecky podložené.



Vedci zistili, že ako pri jasnej oblohe (stúpy vľavo), tak aj pri zatahnutej oblohe (vpravo), podiel celkovej plochy oblohy, v ktorej sa polarizácia zhoduje s Rayleighom (šedou farbou), klesá ako Slnko stúpa (čierna bodka) nad horizont (uhol stúpania je uvedený v zátvorkách). Tento prieskum sa uskutočnil v Tunisku.

To mimochodom znamená, že metóda „polarizácie“ navigácie je výhodnejšia vo vysokých zemepisných šírkach, kde si Vikingovia zdokonaľovali svoje zručnosti (ilustrácie Gábor Horváth a kol. / Filozofické transakcie Kráľovskej spoločnosti B).

Mimochodom, o legendách. Horvath cituje odkaz na „polarizačnú navigáciu“ v škandinávskej ságe:

*„Počasie bolo oblačné, snežilo. Svätý Olaf, kráľ, poslal niekoho, aby sa porozhliadol, ale na oblohe nebol jasný bod. Potom požiadal Sigurda, aby mu povedal, kde je Slnko.“*

*Sigurd vzal slnečný kameň, pozrel hore na oblohu a uvidel, odkiaľ svetlo pochádza. Zistil teda polohu neviditeľného Slnka. Ukázalo sa, že Sigurd mal pravdu.“*

V súčasnosti vedci popisujú princíp navigácie polarizovaným svetlom oveľa presnejšie ako starí rozprávači. Najprv sa musel „kalibrovať“ dvojlomný kryštál (ten istý slnečný kameň). Pri pohľade cez oblohu za jasného počasia a ďaleko od slnka museli Vikingovia otočiť kameň, aby dosiahli najväčší jas. Potom mal byť smer na Slnko zobrazený na kameni.

Hneď ako sa v oblakoch objavila malá medzera, mohol na ňu navigátor namieriť kameň a otočiť ho na maximálnu jasnosť oblohy. Čiara na kameni by smerovala k Slnku. Už sme hovorili o určení súradníc dennej hviezdy bez akejkoľvek medzery.

Archeológovia z času na čas nájdu potopené vikingské lode, moderní nadšenci z nich stavajú kópie (na videu nižšie je zobrazená jedna z takýchto replík - loď Gaia), stále však nie sú odhalené všetky tajomstvá zručných námorníkov z minulosti.

Smer na geografický sever podľa polohy Slnka sa dal zistiť ľahšie. Na to mali Vikingovia špeciálne označené slnečné hodiny, na ktorých boli vyrezávaním zobrazené extrémne dráhy tieňa z gnomónu (od úsvitu do súmraku pri rovnodennosti a letnom slnovrate).

Keby bolo na oblohe Slnko, mohli by sa hodiny umiestniť určitým spôsobom (tak aby tieň padal na požadovaný pás), a hlavné smery sa dali určiť podľa značiek na disku.

<https://youtu.be/XGaohXZKqgQ>

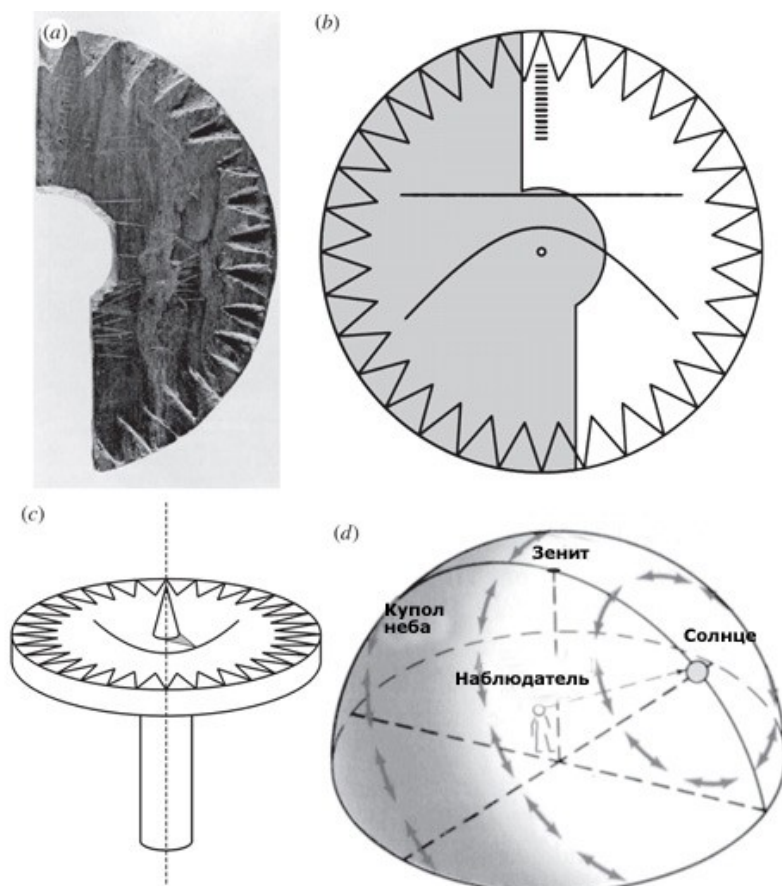


Tento kúsok slnečných hodín (a) našli archeológovia v Grónsku (chýbajúca časť je na schéme (b) označená sivou farbou; c - princíp určovania polohy tieňa, d - obraz polarizácie oblohy (šípky).

Presnosť údajov z hodiniek kompasu bola veľká, ale s pozmeňujúcim a doplňujúcim návrhom: bolo úplne správne, že sa ukazovali na sever iba od mája do augusta (iba v období plavby pre Vikingov) a iba na 61 stupňov - práve tam, kde sú najčastejšie trasa Vikingov prešla Atlantikom - medzi Škandináviou a Grónskom.

Ak je na oblohe zamračené, nevadí. Autori novej štúdie naznačujú, že po stanovení polohy Slnka na slnečnom kameni môžu vikingskí navigátori nahradiť svetidlo fakľou a navigovať v priestore pomocou tieňa na hodinách.

Odporcovia teórie „polarimetrickej navigácie“ často tvrdia, že aj za oblačného a hmlistého počasia sa dá poloha Slnka spravidla odhadnúť pomocou oka - podľa všeobecného obrazu osvetlenia, lúčov prerážajúcich

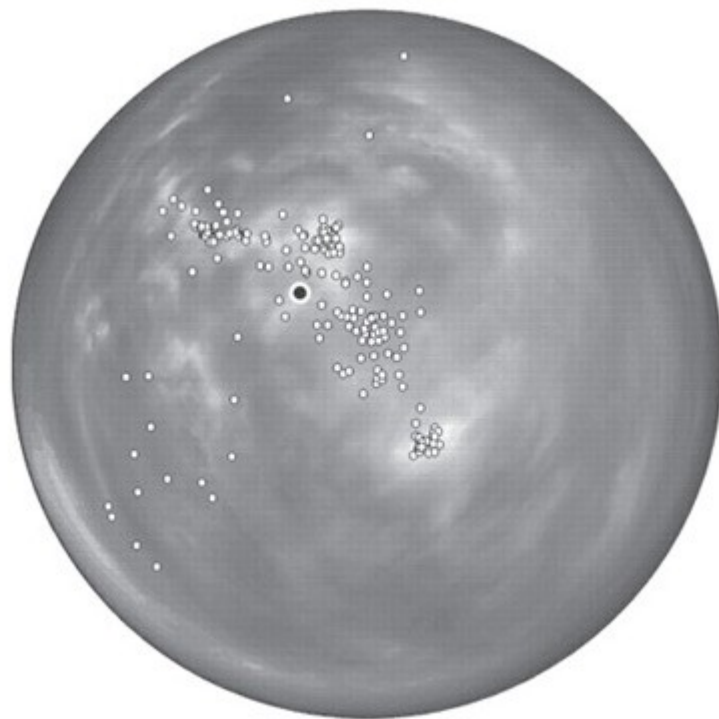


nepravidelnosti v závoji, odrazov na oblakoch. Pretože údajne Vikingovia nemuseli vymýšľať zložitú metódu so slnečným kameňom.

Gabor sa rozhodol skontrolovať aj tento predpoklad. Na viacerých miestach sveta natočil mnoho úplných panorám dennej oblohy s rôznym stupňom oblačnosti, ako aj večernej oblohy za súmraku (blízko morského horizontu). Potom sa tieto obrázky ukázali skupine dobrovoľníkov - na monitore v tmavej miestnosti. Boli požiadaní, aby myšou označili polohu Slnka.

*Jeden z rámcikov použitých pri teste očnej navigácie. Pokusy subjektov sú znázornené malými bielymi bodkami, veľká čierna bodka s bielym okrajom označuje podľa pozorovateľov „priemernú“ pozíciu svietidla.*

Vedci porovnali výber predmetov so skutočnou polohou svietidla a zistili, že **s rastúcou hustotou oblakov sa výrazne zvyšuje priemerný nesúlad medzi zdanlivou a skutočnou polohou Slnka**, takže Vikingovia môžu na orientáciu potrebovať ďalšiu technológiu určenia svetových strán.



A k tomuto argumentu stojí za to pridať ešte jeden. Mnoho druhov hmyzu je citlivých na lineárnu polarizáciu svetla a využíva túto výhodu na navigáciu (niektorí kôrovci dokonca rozpoznávajú aj kruhovo polarizované svetlo). Je nepravdepodobné, že by evolúcia vyvinula takýto mechanizmus, ak by bolo možné polohu Slnka na oblohe vždy vidieť pomocou bežného videnia.

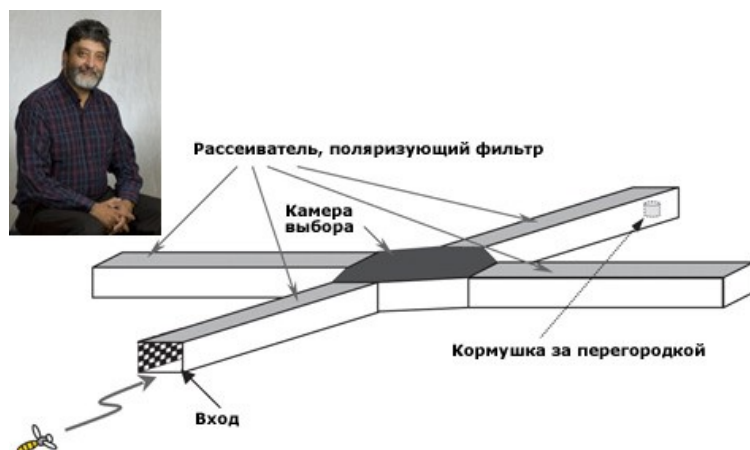
Biológovia vedia, že **včely sa pomocou polarizovaného svetla orientujú v priestore - pozerajú sa na medzery v oblakoch**. Mimochodom, Horvath si tiež pripomína tento príklad, keď hovorí o predpokladoch neobvyklej navigácie medzi Vikingmi.

Existuje dokonca druh včiel (*Magalopta genalis* z čeľade halictids), ktorých zástupcovia lietajú do práce hodinu pred východom slnka (a stihnú sa pred ním vrátiť domov) a potom po západe slnka. Tieto včely sú vedené za súmraku polarizačným vzorom na oblohe. Je tvorený Slnkom, ktoré sa práve chystá vyjsť alebo nedávno zapadlo.

Mandyam Srinivasan z University of Queensland a kolegovia z iných austrálskych univerzít, ako aj zo Švédska a Švajčiarska uskutočnili to, čo Srinivashan nazýva „definitívnym dôkazom“, že teória polarizovaného svetla je správna.

Vedci vybudovali jednoduchý labyrint z dvojice pretínajúcich sa chodieb. Výsledkom bol jeden vstup a tri možné východy. Chodby boli osvetlené polarizovaným svetlom, ktoré zostupovalo zo stropu, ktorý napodobňoval oblohu. Svetlo by mohlo byť polarizované pozdĺž osi chodby alebo kolmo na ňu.

*Schéma skúseností zo Srinivashanu (vložka). Poloha žľabu sa zmenila v sérii experimentov, aby priama, pravá a ľavá cesta mohli byť správne.*



Biológovia vyškolili 40 včiel, ktoré leteli do bludiska na určenie polarizácie vo vstupnej chodbe a na križovatke si vybrali chodbu s rovnakou polarizáciou (ďalšie dve cesty boli osvetlené svetlom iného „smeru“). Na konci svojej vernej cesty mal hmyz cukor.

Potom, čo subjekty vedcov pevne spojili kŕmenie so správnou polarizáciou osvetlenia, experimentátori odstránili cukor. 74 percent včiel sa naďalej vracalo späť na miesto, kde bola pochúťka.

Potom vedci zmenili polarizačné filtre, najskôr na priamy výstup namiesto správneho pravého a potom na ľavý. Väčšina včiel (56% a 51%) sledovala nové svetelné indikátory. Zvyšok bol rozdelený medzi dve nesprávne chodby.

Experiment bol usporiadaný tak, aby pruhované subjekty nemohli na orientáciu v priestore používať iné znaky - pachové značky alebo jednoduché odrazy svetla. A najjednoduchší spôsob, ako dosiahnuť cieľ (postupujte podľa pravidla „leťte na križovatku, potom odbočte doprava“), zďaleka nemusí nutne fungovať. Ukázalo sa, že to bola polarizácia lúčov, ktorá hmyzu povedala, kam majú letieť za potravou.

Skúsenosti so včelami nám, samozrejme, nič nepovedia o tajomstve starovekých námorníkov. Ale na druhej strane pripomína, že nie je nezvyčajné, že **ľudia a zvieratá zvolia pri riešení podobných problémov podobnú taktiku**. Výsledky dvoch nových štúdií sú publikované v jednom čísle Filozofických transakcií Kráľovskej spoločnosti B: „detektívi“ s Vikingmi a so včelami sa časovo zhodujú.



Nedávno hypotézu dánskeho archeológa potvrdili vedci z laboratória biologickej optiky na budapeštianskej univerzite. Uskutočnili výpravu do Arktídy a ukázali, že aj primitívny polarizátor skutočne umožňuje naznačiť smer k Slnku v hmle a v zatiahnutej oblačnosti. Metóda funguje aj v čase, keď je svetlo niekoľko stupňov pod horizontom, odtiaľ však osvetľuje oblohu.

Aký druh kameňa mohli použiť Vikingovia pri svojich plavbách? V Nórsku sa nachádzajú usadeniny minerálu cordierit, ktorého kryštál, štiepený pozdĺž určitej roviny, môže slúžiť ako polarizačný filter. Je zameraný na Slnko, skrytý mrakmi, a keď sa otáča, vykresľuje oblohu nažltlo, zatiaľ čo ďaleko od svetidla má kryštál modrastý prenos. Na Islande mohli Vikingovia navyše ťažiť islandský spar, ktorý je známy svojimi polarizačnými vlastnosťami a dodnes sa používa v optických prístrojoch. Turmalín, ktorý má tiež podobné vlastnosti, sa nachádza aj v týchto častiach.

Ktorý z týchto minerálov nazývali starí námorníci „slniečným kameňom“ bol záhadou, až kým vedci nezistili, že kryštál nájdený pred niekoľkými rokmi na mieste vraku lode na ostrove Alderney sa skutočne mohol použiť na navigáciu a je s najväčšou pravdepodobnosťou známy ako „slniečny kameň“ vikingov. Práca bola publikovaná v časopise *Proceedings of the Royal Society A* a zhrnutá spoločnosťou ScienceNow.



Kryštál našli potápači v nákladnom priestore anglickej lode, ktorá sa potopila v roku 1592 pri pobreží ostrova. Navigačné prístroje sa našli v tej istej miestnosti lode.

Chemická a fyzikálna analýza kryštálu umožnila preukázať, že ide o **typ kalcitu ( $\text{CaCO}_3$ ), ktorý sa nazýva islandský spar**. Napriek skutočnosti, že popraskaný a nepriehľadný nález sa veľmi líšil od minerálu v jeho obvyklej podobe, vedci preukázali, že všetky tieto defekty boli spôsobené pôsobením morskej vody a piesku. Za týmto účelom autori vykonali umelú simuláciu starnutia bahna vo vode, po ktorej nasledovala laboratórna analýza.

Islandský spar je známy svojou **dvojlomnou vlastnosťou**. Svetlo je v kryštáli rozdelené na dva lúče s rôznymi polarizáciami. Otáčaním kryštálu môžete nastaviť smer polarizácie svetla, ktorý umožňuje určiť smer k Slnku, aj keď je skrytý mrakmi alebo je za horizontom. To môže byť potrebné pre námorníkov ako ďalší prostriedok navigácie v miestach, kde sú pozorované magnetické anomálie. Autori práce zistili, že kryštál z Alderney umožňuje určiť smer k Slnku s chybou nepresahujúcou jeden stupeň.

Podľa vedcov zhromaždené údaje naznačujú, že kryštál z Alderney je „slniečným kameňom“, ktorý podľa legendy využívali na navigáciu Vikingovia. Tento nález je zatiaľ jediným dôkazom, že takéto kryštály boli použité oveľa neskôr - až do začiatku 17. storočia.



Experimentátori teoreticky vysvetlili a experimentálne demonštrovali, ako starí námorníci používali určitý minerál na navigáciu v oblačnom počasí.

Skupina vedcov z Francúzska, USA a Kanady uskutočnila sériu experimentov, z ktorých vyplýva, že legendárnym slniečným kameňom Vikingov bol islandský spar - polarizačný svetelný kryštál s dvojlomom.

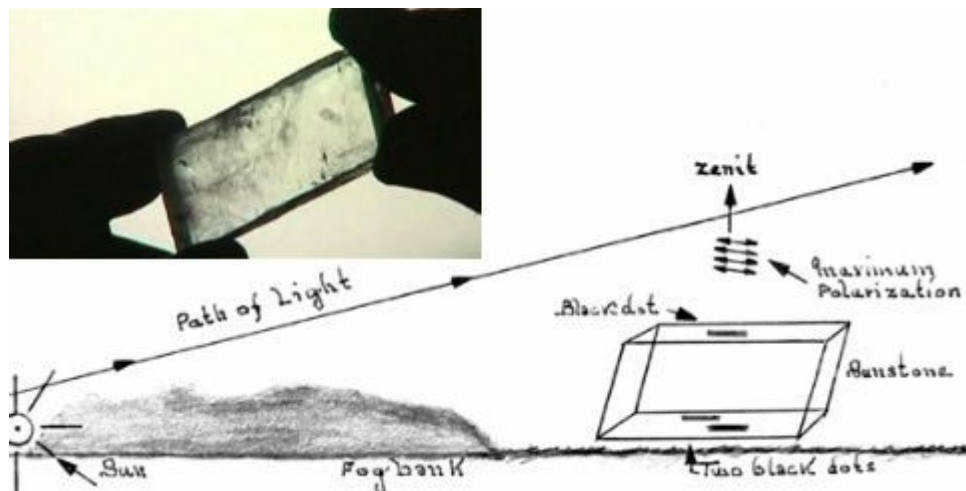
Táto myšlienka sama o sebe nie je nová, ale vedci sa pokúsili vnieť najkompletnejší vedecký základ za tohto predpokladu.

Z dávnych zdrojov je známe, že Škandinávcovia mohli určiť svoju polohu v mori aj v tých chvíľach, keď bola obloha zakrytá mrakmi a bolo ťažké určiť polohu slnka pomocou očí. Námorníci tej doby magnetický kompas nepoznali. Nakoniec sa zo zrejmých dôvodov Vikingovia ťažko spoliehali na hviezdy v letných mesiacoch a vo vysokých zemepisných šírkach (blízko polárneho kruhu).



Začiatkom roku 2011 uskutočnila ďalšia skupina odborníkov rozsiahly teoretický a praktický výskum, ktorý ukázal, že celá skupina minerálov môže vďaka svojim polarizačným vlastnostiam hrať úlohu slnečného kameňa, ktorý pomohol Vikingom pri ich cestách do Ameriky.

Na určenie svetových strán, ktoré fungovali, aj keď bolo slnko na obzore alebo dokonca mierne pod ním, potrebovali Vikingovia slnečný kameň s vopred vyznačenými značkami na hornom a dolnom okraji kryštálu, ktorý bolo potrebné umiestniť v určitom smere spôsobom.



Pozorovaním oblohy cez taký minerál a jeho otáčaním námorníci sledovali kolísanie jasů lúčov. Tieto výkyvy sú spôsobené skutočnosťou, že slnečné svetlo, aj keď je filtrované hmlou a oblakmi, si na oblohe zachováva špecifický polarizačný obrazec, na ktorý reaguje polaroidný kryštál.

Podľa BBC News experimentátori teraz zistili, že **islandský spar je nielen skvelý pre úlohu slnečného kameňa, ale umožňuje vám aj navigovať vo vesmíre s vysokou presnosťou.**

Vedci zistili, že vyrovnaním intenzity takzvaných bežných a mimoriadnych lúčov, ktoré prešli kryštálom, je možné zistiť smer na slnku s chybou niekoľkých stupňov.

Nepriamym znakom ich nevinny označujú autori štúdie príklad, ak nie z histórie Vikingov, tak aspoň z dost' dlhej minulosti. Na palube alžbetínskej lode, ktorá sa koncom 16. storočia potopila pri ostrove Alderney Island (Alderney Elizabethan Wreck), našli archeológovia kúsok islandského spar. Možno to slúžilo aj na navigačné účely.