

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

August Seydler

O průběhu Venuše před sluncem. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 4 (1875), No. 1, 31--40

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121790>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1875

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

O průběhu Venuše před sluncem

dne 8. prosince 1874.

Napsal

Dr. Aug. Seydler. *)

Velkolepá vědecká práce má býti provedena v letošním roce: *Rusko, Německo, Francie, Anglie, Sev. Amerika* i jiné země vypravují četné a bohatě nadané expedice na různá místa *východní Asie, Indického a Tichého moře*. Úlohou výprav těch jest pozorování úkazu zdánlivě velmi nepatrného, aui ne pět hodin trvajícího a sice *průběhu Venuše před sluncem*; obyčejné zatmění slunce poskytuje mnohem zajímavější pohled nežli zjev, jenž bude 8. prosince t. r. předmětem napjaté pozornosti četných pozorovatelů.

A co uvidí účastníci některé takové výpravy, ku př. do *Yokohamy* (u *Yeddo* v Japonsku)? V 11 h. 0 m. 42 s. dop. objeví se na východním kraji slunce tmavý vrub, který se promění k 11 h. 27 m. 42 s. v malou okrouhlou skvrnu as 40" průměru. (obr. 4.). Skvrna ta bude v šikmém směru postupovati, okolo 3 h. 22 m. dotkne se (uvnitř) západního kraje slunce, promění se pak opět ve vrub, který zmizí okolo 3 h. 49 m. 42 s. Tafo malá okrouhlá deska pohybující se zdánlivě na povrchu slunce — toť oběžnice Venuše.

Úkaz o sobě sotva se komu bude zdáti dosti důležitým, aby se jím odůvodnil ten velký náklad hmotný, ten čas a ta práce, které se jeho pozorování věnují. Avšak jiný zisk kyne vědě z oněch podniků: jest totiž pozorování přechodu Venuše

*) Při sestavení tohoto přehledu použil jsem mimo četná pojednání v časopisech roztroušená hlavně těchto spisů:

Edm. Dubois: Les passages de Vénus sur le disque solaire etc. 1873. Recueil de mémoires, rapports et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le soleil. (Tome XLI des mémoires de l'Académie des sciences) 1874.

Dr. *F. Schorr*: Der Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe etc. 1873.

B. Деллен: О прохождении Венеры через диск солнца. 1870.

(také alespoň jest posud mínění velké většiny astronomů) nej-
spolehlivějším a nejpřesnějším prostředkem *k určení vzdálenosti
slunce od země.*

A jestliže by snad kdo pochyboval o důležitosti této otázky,
tomu třeba toliko připomenouti, že jest vzdálenost slunce od
země základní mírou v astronomii: jak dalece tato míra jest
známa a přesně stanovena, tak dalece budou známy rozměry
celé sluneční soustavy, velikost slunce a oběžnic, jich hutnost,
vzdálenost nejbližších stálic atd.

Jest tedy určení oné vzdálenosti jakoby přesné změřením
základnice, ku které se všeliké další vyměřování soustavy svě-
tové vztahuje.

Budiž mi nyní dovoleno, ukázati cestou jednoduchou, kterak
úkaz zdánlivě tak různorodý může sloužiti k řešení úkolu právě
naznačeného.

I. O vzdálenosti slunce od země.

Vzdálenost předmětu A nám nepřístupného, od stanoviska
 B můžeme, neznáme-li jeho rozměry, určití *cestou geometrickou*
jen tak, že si vytkneme druhé ještě stanovisko C a že pak
rozřešíme trojúhelník ABC , obyčejné měřením *základnice* BC
a úhlu B a C .

Nejstarší pokus, stanoviti vzdálenost slunce A od země B ,
spočívá na tomto principu. *Aristarch* ze *Samu* (r. 280 př. Kr.)
pozoroval totiž vzdálenost v úhlu měsíce C od slunce v tom
okamženi, kdy právě nastala první čtvrt, t. j. kdy rozhraní mezi
světlou a temnou částí měsíce se proměnilo z křivky vyduté
v přímku a určil tento úhel ABC na 87° . Úhel BCA jest
v první čtvrti patrně úhel pravý; a vzdálenost BC měsíce od
země určena již dříve měřením jeho parallaxy (kterýž pojem
ihned bude vysvětlen). Z těchto dát určil *Aristarch* vzdálenost
slunce od země na 20 vzdáleností měsíce či na 1120 poloměřů
země — výsledek to zcela nesprávný, pro onen věk však dosti
důležitý, jelikož razil první dráhu správnějším názorům o roz-
měrech soustavy světové.

Příčina nezdaru metody tak duchaplné spočívala v tom,
že nebylo možno přesně určití dobu, v které se nám právě
rozhraní světla na měsíci jeví co přímka (měsíc co polokruh).

Přes to platilo však měření Aristarchova ještě i samému *Tycho-novi*, tedy do konce XVI. století.

Podobně dlouhou základnicí, jako jest vzdálenost měsíce od země, není možno jinou nežli právě uvedenou nepřímou cestou si zjednat; obyčejně musíme se spokojiti s rozměry naší země.

Mysleme si, že bychom pozorovali těleso nebeské *A* současně ze středu země *B* a z některého bodu povrchu jeho *C*. Poloměr země *BC* známe; úhel *DCA* (v obr. 5.) t. zv. *vzdálenost zenithovou* předmětu *A* můžeme vždy změřiti, tudíž i doplněk k 180° , t. j. úhel *ACB*; můžeme-li tedy určití úhel *BAC*, načež byl by trojhran úplně určen a úloha naše řešena. Tento úhel *BAC*, v kterém by se nám umístěným na stanovisku *A* zjevil poloměr země *BC*, slove *parallaxa výšková* předmětu *A*.

Nazveme-li ji *p*, vzdálenost zenithovou *z*, poloměr země *r*, vzdálenost tělesa *A* od země *R*, bude patrně

$$\sin p = \frac{r}{R} \sin z. \quad (1)$$

Je-li *P* největší hodnota veličiny *p* při stálém *r* a *R* musí jí příslušetí hodnota $z = 90^\circ$ a bude pak

$$\sin P = \frac{r}{R}, \quad (2)$$

aněb

$$P = \frac{r}{R \sin 1''}. \quad (3)$$

Velichina *P* sluje *parallaxa horizontální* předmětu *A*; nalezá se v opačném poměru k vzdálenosti *R*, tak že jest v 2., 3. . . násobné vzdálenosti parallaxa 2. 3. . . krát menší.

Určování parallaxy není ovšem tak jednoduchá úloha, jak by se snad dle výkladu našeho zdálo; přede vším není možná pozorovati ze středu země. Musíme si pomoci následujícím způsobem: pozorujeme předmět *A* ze dvou míst *C* a *E* na povrchu země (obr. 6.) a určujeme vzdálenosti zenithové *DCA* a *FEA*; jich součet (po případě rozdíl) rovná se součtu známého úhlu *EBC* a neznámé parallaxy *EAC*. Tento neznámý úhel, v jakém by se nám ze stanoviska *A* jevila tětiva *EC*, můžeme tudíž určití a na základě jeho pomocí několika jednoduchých trigonometrických relací vypočítati parallaxu horizontální.

Hledáme-li touto cestou parallaxu některé stálice H , nalezneme, že se rovná nulle, t. j. že jest každá stálice tak vzdálena, že paprsky její dopadají do každého bodu (C a E) země rovnoběžně.

Mohou nám tedy stálice sloužiti za pevné body na obloze, od nichž můžeme při měření vycházeti; t. j. místo DCA a FEA měříme úhly HCA a HEA , jichž součet (po případě rozdíl, jako v našem výkresu) rovná se hledanému úhlu CAE . Tento způsob, určití polohu tělesa nebeského A jen relativně vzhledem k stálici H , má pro účel náš nesmírnou výhodu: vylučuje se tím totiž úplně vliv refrakce. Odchyłka vznikající následkem různého lomu světla v různých vrstvách vzduchu jeví se v stejné míře pro paprsek CA i CH , volíme-li jen H dosti blízko u A ; úhel ACH i AEH bude tedy všeho vlivu, přicházejícího z této příčiny prost.

Vizme nyní, kterak lze této metody, určití parallaxu slunce, upotřebiti. Především vidíme, že nemůžeme výhody právě uvedené pro slunce užiti, neboť v září slunce ztrácejí se nejjasnější stálice a polohu jich nelze tudíž s polohou slunce porovnatí. Měření vzdálenosti zenithové ve dvou různých místech podléhá i při nejsprávnějších strojích chybám, jež se co do velikosti úplně vyrovnají parallaxe slunce, nejsou-li ještě značnější. Obnáší totiž tato veličina jen asi $8\ 85''$, jak nejnovějším bádáním nalezeno, tudíž asi 220tý díl průměru slunce, a jest patrnó, že měření veličiny tak nepatrné nelze provésti způsobem přímým.

Nezbývají tedy leč metody indirektní. Kdybychom na př. znali *poměr vzdálenosti* slunce a jiného bližšího tělesa nebeského, mohli bychom snadněji určití větší parallaxu tohoto tělesa a vypočítati z ní na základě onoho poměru parallaxu slunce.

Dle třetího zákona Keplerova mají se při oběžnicích čtverce dob oběhu jako třetí mocnosti jich vzdáleností od slunce; dle prvního a druhého zákona známe dráhy těchto oběžnic a můžeme tudíž pomocí jistých základních veličin, *elementů* oněch dráh, pro každou dobu určití polohu všech oběžnic i *poměr vzdáleností* jich mezi sebou a od slunce; pouze absolutní hodnoty těchto vzdáleností zůstanou neznámy. Tu pak shledáme, že některé z oběžnic se zemi dosti značně přiblíží; volíme-li vzdálenost

slunce od země na jednotku, bude nejmenší vzdálenost průměrně obnášeti: 0·61 u Merkura, 0·28 u Venuše, 0·44 u Marse.

Dráha Merkura a Venuše jest úplně uzavřena dráhou země; pročez nacházejí se oběžnice ty, jsou-li nejbliže u nás, mezi sluncem a zemí a my je tedy promítáme ve směru slunce na oblohu a jelikož se nám zároveň jeví jen od slunce odvrácená, tudíž temná polovina jejich, nemůžeme přímo je pozorovati.

Zdánlivě nelze tudíž oběžnic těch k určení parallaxy sluneční upotřebiti. Jinak jest u Marse: dráha jeho uzavírá dráhu země, Mars jest nám tudíž nejbližší, když se země nachází mezi ním a sluncem; v tom případě prochází poledníkem pozorovatelovým, či jak říkáme *vrcholí* o půlnoci, lze jej tedy velmi pohodlně pozorovati.

Methody této upotřebili r. 1751, 6. října *Lacaille* na předhoří Dobré naděje a *Wargentín* ve Stockholmu. *Lacaille* shledal, že se nachází severní kraj oběžnice 26·7" severněji než stálice λ Aquarii, *Wargentín* našel jej o 6·6" jižněji. Z Marse (*A*) byla by se tedy jevila tětíva *CE* (obr. 6.) v úhlu 33·3", a z tohoto čísla vypočítána parallaxa Marse na 24·63" a tudíž parallaxa slunce na 10·72".

Hodnota ta je proti skutečnosti o $\frac{1}{5}$ větší, tudíž vzdálenost slunce na základě jejím vypočítaná o $\frac{1}{5}$ menší; přece to však byl rozhodný pokrok v známosti naší o rozměrech soustavy sluneční, povážíme-li, že ještě Kepler udával parallaxu slunce na 60".

II. Methoda Halleyova.

Větší přesnosti nežli byli docílili právě uvedení pozorovatelé, nebylo lze očekávat od metody jimi upotřebené; jest totiž parallaxa Marse vždy ještě příliš malá, tudíž vliv možné chyby, ačkoliv při pozorování této oběžnice mnohem menší než při pozorování slunce, přec ještě dosti značný.

Mnohem větší výhody by poskytovalo pozorování Venuše, kdyby bylo lze pozorovati ji v nejmenší vzdálenosti od země. Jak již podotknuto, zdá se to býti nemožným, avšak v jistém případě tomu tak není. *Kepler* byl první, který vypracovav první tabulky planetární dle soustavy Koperníkovy, *tabulky rudolfínské*, ukázal na základě jich, že se nám Merkur a Venuše

někdy při pohybu svém mezi sluncem a zemí, objevují na desce sluneční co tmavé skvrny postupující od východu na západ; on zároveň předpověděl takový přechod Venuše na rok 1631 a 1761. První přechod nebyl pozorován, ač si dal *Gassendi* všemožnou práci, Venuši před sluncem spatřiti; za to pozorovali též úkaz r. 1639 *Horrox* a *Grabtree*, neupotřebili však jeho k ničemu jinému než k změření průměru Venuše.

Teprv *Edm. Halley* (1656—1742) pojal duchaplnou myšlénku, upotřebiti onoho úkazu k přesnému určení vzdálenosti slunce. V následujícím vyloženo jest jádro jeho metody, kterou doufal docíliti pro parallaxu slunce hodnoty až na $\frac{1}{500}$ správné.

Proložme středem země Z , slunce S a Venuše V rovinu (obr. 7.), která protíná zemi v kruhu CAB a slunce v kruhu $EHFG$. Kdykoli jest astronomická šířka Venuše v čas dolejší konjunkce menší než poloměr slunce, tedy úhel VZS menší než asi $31'$, promítne se část dráhy Venuše V_1VV_4 na desku slunečnou. Budiž průmět ten ze stanoviska A , které má v jistém okamžiku slunce v nadhlavníku, oblouk a_1aa_4 . Opišme dále největší kruh na zemi BC , příslušící k bodu A co pólu. Kruh ten omezuje onu část země BAC , v které jest přechod Venuše a sice právě jeho *fase* či *doba* V viditelný. Jakožto zvlášť důležité dlužno zde vytknouti následující *fase*: zevnější vstup V_1 (obr. 4.) kraje Venuše v kraj slunce, vnitřní vstup V_2 , střed celého úkazu V , vnitřní vystoupení V_3 , zevnější vystoupení V_4 . Mysleme si prozatím, že by se země otáčela kolem své osy teprv za rok, t. j. že by bod A měl slunce ustavičně v zenithu; pak uvidí pozorovatel ze stanoviska A dráhu Venuše V_1VV_4 promítnutou na desku sluneční oblouk a_1aa_4 právě tak, jako by byl umístěn ve středu země; jiný pozorovatel, který se nachází v téže rovině procházející středy L , S a A , umístěný však o 90 stupně dále v bodu B , o celý poloměr země nad středem Z , viděl by dráhu Venuše co oblouk b_1bb_4 pod obloukem a_1aa_4 , tedy v případě sev. šířky Venuše (znamená-li S_p sev. pol země) delší než oblouk a_1aa_4 t. j. Venuše by pro pozorovatele v B *dříve* v kraj slunce vstoupila, a *později* jej opustila, než pro pozorovatele v A . Vzdálenost obou oblouků ab není však nic jiného než *rozdíl parallax Venuše a slunce*.

Oblouk ten byl by totiž jen tenkrát parallaxou Venuše samé, kdyby se promítal na oblohu, t. j. do nekonečna; avšak základní plocha, na kterou promítáme, t. j. deska sluneční, spatřuje se z bodu B též o něco níže, totiž o vlastní svou parallaxu. (Vedeme-li pomocnou přímkou Ab , jest $\sphericalangle VAb = BVA - BbA$).

Kterak možno však měřiti vzdálenost oblouků ab na povrchu slunce, který vyjma některé nahodilé skvrny, mimo to ještě pohyblivé, neposkytuje žádných pevných bodů, na jichž základě by se měření oněch oblouků provésti dalo? K tomu účelu navrhuje právě Halley měření doby, po kterou Venuše pozorována z různých stanic mešká před deskou sluneční, k čemuž ovšem dostačí na každé stanici určení okamžiku vstupu a vystoupení; rozdíl obou dá nám hledanou dobu. Poněvadž známe do podrobná pohyb oběžnic, můžeme s velkou zevrubností udati rychlost, s jakou se pohybují Venuše i země v dráhách svých, tudíž i rozdíl obou rychlostí, t. zv. *relativní rychlost* Venuše, s kterouž se pohybuje před deskou sluneční. Známe-li tedy dobu, po kterou Venuše mešká před sluncem, i rychlost její, můžeme snadno vypočítati délku její dráhy před sluncem, t. j. délku tětivy, kterou opisuje na desce sluneční jednou ze stanoviska A , jednou ze stanoviska B .

Jelikož známe i zdánlivý poloměr slunce (v míře obloukové, vyjádřený tudíž minutami a sekundami), můžeme snadno vypočítati vzdálenost obou tětív od středu slunce v téže míře a tudíž i rozdíl obou vzdáleností, čili oblouk $ab = m$.

Máme tedy k vypočítání parallaxy slunce (Π) a Venuše (p) následující data, značí-li n poměr obou parallax (asi 0·28)

$$p - \Pi = m$$

$$\frac{\Pi}{p} = n,$$

a tudíž

$$\Pi = \frac{mn}{1-n}, \quad p = \frac{m}{1-n}.$$

Základní myšlénka metody Halleyovy, pojata zcela abstraktně a v největší jednoduchosti jest tedy následující. Místo co bychom pozorovali přímo parallaxu Venuše (p) neb rozdíl obou parallax ($p - \Pi$), pozorujeme čas vstoupení a vystoupení

Venuše z různých stanic A a B ; chyba, jaké se dopustíme při určení tohoto času, bude v přímém poměru k chybě parallaxy slunce. Příklad to nejlépe objasní: v Imperatorskoj Gavani (na vých. břehu Sibirie) uplyne mezi prvním a druhým dotknutím vnitřním (vstoupením a vystoupením) nejvíce času, totiž 3 h. 57·4 m., na ostrově Kerguelen nejméně, totiž 3 h. 25·7 m.: rozdíl obou dob: 31·7 m. jest jaksi *mírou* rozdílu parallax $p - \Pi$, neboť čím větší onen rozdíl, tím větší bude také vypočítaný na základě jeho oblouk $ab = p - \Pi$. Dopustíme-li se při veškerém pozorování na obou místech takových chyb, že ona veličina: 31·7 m. = 1902 s. může býti vskutku o 10 s. větší neb menší,

tož bude chyba v parallaxe sluneční P též jen $\frac{10}{1902} = \frac{1}{190}$

celé veličiny. Čas můžeme však měřiti vždy s takou přesností, že chyba celých 10 s. jest již pravdě nepodobná; z čehož vysvítá, s jakou přesností můžeme i parallaxu slunce vypočítati. Výhoda Halleyovy metody leží tedy v tom, že se v ní měří malá veličina obnášející málo sekund prostorových ($p - P$) velkou veličinou obsahující přes tisíc sekund časových.

V skutečnosti nemají se však věci tak příznivě, jak by se zdálo dle toho, co právě bylo řečeno; některé okolnosti, o nichž jsme pro větší jednoduchost výkladu pomlčeli, mají za následek jak větší složitost počtu jinak velmi průzračného, tak i menší přesnost ve výsledcích. Největší vliv má v ohledu tom otáčení se země kolem své osy. Nejen že následkem toho nutno provésti četné výpočty, jimiž se skutečné pozorování redukuje na takové, jež bychom byli provedli ze stanoviska úplně nepohyblivého, nýbrž, což váží nejvíce, četné stanice pozorují buď jen začátek buď jen konec celého úkazu a pozorování ta nejsou nám, dle metody Halleyovy, k nižádnému prospěchu. Je-li na př. (obr. 7.) S_p sev. pol a děje-li se otáčení země ve směru $C'C$, spatří pozorovatel umístěný v B fasi $V = b$ při západu slunce, všechny další fase úkazu zůstanou mu neviditelnými.

Za tou příčinou nastává astronomům, chtějí-li upotřebiti metody Halleyovy, dvojitá úloha; změnit, předně tuto metodu tak, by se jí mohlo upotřebiti i tam, kde se pozorují jen některé fase celého úkazu, a vyhledati za druhé ony stanice na

povrchu země, na nichž lze získati, v každém zvláštním případě, co možná nejlepších dat.

První všeobecnou úlohu řešil akademik francouzský *de l'Isle* r. 1751; nelze však řešení to jakož i řešení úlohy druhé vyloužit cestou tak jednoduchou, jak se to stalo při metodě Halleyově; ponechávám tudíž obojí výklad až k mathematickému rozboru celé otázky té a obmezím se zde jen na to ukázati, kterak se můžeme pomocí globu orientovati o nejdůležitějších momentech celého úkazu.

Jak již uvedeno, jsou nejdůležitější doby úkazu *vstoupení, střed a vystoupení*. Na základě tabulí astronomických nyní již velmi dokonalých můžeme s velkou zvrubností udati jednotlivé doby celého zjevu pro střed země, tudíž i udati, které místo na zemi má pro ony doby slunce v zenithu, t. j. vidí určitou fazi úkazu právě tak jako ze středu země. Budtež $A_1 A_2 A A_3 A_4$ tato místa pro faze $V_1 V_2 V V_3 V_4$ (obr. 4.). Opíšeme-li největší kruh náležející k bodu A_1 co polu, stanoví nám kruh ten ona místa, jež uvidí začátek úkazu; jiný kruh náležející k bodu A_4 omezí ona místa, jež uvidí konec úkazu. Povrch země rozdělí se tím způsobem na čtyry díly; jeden díl uvidí celý úkaz, druhý jen začátek, třetí jen konec, pro čtvrtý bude celý úkaz neviditelný.

Pro nastávající přechod Venuše (8. prosince t. r.) jsou souřadnice bodů $A_1 A A_4$ následující

	A_1	A	A_4
již. š.	22° 48' 5'	22° 49' 0'	22° 49' 5'
vých. d. (Paříž) . . .	148° 28'	114° 16'	80° 3'

Z polohy bodů $A_1 A_4$ patrno, že bude viditelný:

1. pouze vstup na sektoru obsahujícím Kamčatku a četné ostrovy Tichého oceánu;
2. celý úkaz v Číně, ve vých. Indii, na ostrovech Sundaiských, na Madagaskaru, na všech ostrovech Indického oceánu, v Novém Holandsku a Novém Zeelandsku;
3. pouze vystoupení v záp. Asii, v jihových. Rusku, v Turecku, ve vých. Haliči, v nejjihnější části Italie, v Africe vyjma severozáp. část;
4. neviditelný bude celý úkaz v Evropě vyjma země prvé uvedené, v severo-západní Africe, na Atlantickém oceánu, v Americe.

Oba kruhy protínají se ve dvou bodech (v obr. 7. byl by bod D jedním z nich, kdyby kruh BC náležel k bodu A_1 místo k A , $B'C'$ pak k bodu A_4 co polu), jež leží na rozhraní všech sektorů. V těchto bodech vidí pozorovatel začátek úkazu právě při východu slunce a konec při západu, aneb naopak; odchýlí-li se však ve směru některého z oněch sektorů, vidí již jen začátek neb jen konec aneb celý úkaz aneb nevidí docela ničeho.

Pro letošní rok leží body ty, jeden v Sibíři severně od jezera Baikalského, druhý u ostrovů Shetlandských jižně od Ameriky.

(Pokračování.)

O řadách součtových vůbec a číslech obrazcových zvlášť.

Napsal

Dr. F. J. Studnička.

Ú v o d.

Jak jde na jevo z historického přehledu, který byl položen na první místo sešitu tohoto, zanášeli se již od nejstarších dob rozliční počtářové s řadami čísel zvláštními vlastnostmi vynikajících a zejména škola pythagorská vyznamenala se nemálo svou dovedností na tomto poli matematickém.

A od té doby stala se tak zvaná *čísla obrazcová* neb *figurovaná* předmětem rozmanitých úvah i theoretických i praktických, ač důležitost těchto badání v rozličných dobách rozličně byla posuzována a ceněna.

Nelze sice upřít, že prováděno bylo v oboru tomto mnoho hříček neplodných, ale nesmí též žádný tohoto předmětu znalec tvrdit, že by zbytečným bylo všeliké uvažování zajímavých vlastností, kterými se čísla obrazcová honosí. A byť i neměla ani atomistika míti nějakého užitku z výzkumů sem připada-