číselně pak obdržíme

$$20934 - 9 . 82 = 20196,$$
$$201 - 9 . 96 = - 663,$$

což jest 17 dělitelno.

Hodnoty činitele μ jsou však dost veliké, takže určování jich značně počítání zdržuje, pročež jest prvý způsob rychlejší a pohodlnější než tento.

Hvězda Algol.

Napsal Dr. **Arnošt Dittrich** v Třeboni.

Jméno a astrologický význam. Původně jmenovala se ras el gul, jak ji nazval tatarský kníže Ulugh-Beigh, který má veliké zásluhy o astronomii. Označení to značí hlava netvora, čím se poukazuje na hlavu Medusy. Hvězda je totiž z jasnějších v souhvězdí Persea, pročež se také označuje jako „beta Persei“. Jméno Ulugh-Beighovo převzali Arabové porušivše je na Algol. Předrážka al jest arabský člen, známý ze slov algebra, alkohol, almagest a j., je to arabské der, die, das, jenže byl jeden člen pro všechny rody jako v angličtině „the“. Vlastním jménem arabským jest tedy doplněk gol, čím se označuje zlověstná, člověku na duši i na těle ubližující bytost. Odtud pochází astrologický vztah hvězdy Algol ke zlému. Když na příklad theatinský mnich Hieronymus Vitalis psal své pohnutlivé nářky nad tehdejším neblahým stavem království neapolského, připsal vše to neštěstí stálici Algol, jež následkem praecesse bodu jarního vrcholila v zenitu Neapole, takže hvězda jednou za den sesílala světlo své na Neapol svisle dolů. Světlo hvězdy Algol považovalo se pak z dobrého důvodu za něco jiného než světlo jiných stálic. Algol klesne občas na jasnosti dosti značně; o těchto minimech jasnosti věděl na východě lid od pradávna. Žádný arabský vojevůdce by se nebyl odvážil bitvy, když Algol byl v minimu. Astrologové považovali je za zlé znamení.

Velikost a vzdálenost hvězdy. Algol není ze skrovného počtu nejjasnějších hvězd, jež se nazývají hvězdami prvé velikosti neb třídy. Náleží k hvězdám velikosti druhé a to ještě k slabším. Chýlí se již o 3 desetiny hvězdné třídy k dalším hvězdám, k třídě třetí. Jest tedy hvězdná třída Algolu za normálních okolností dána číslem 2·3.

Množství světla, jež vydává hvězda velikosti m, jest

$$S = 2{\cdot}512^{-m}. \tag{1}$$

Jednotkou světelného množství jest ono množství, jež by nám posílala stálice velikosti nullté. Takovou hvězdou jest přibližně Vega, která má velikost 0·1.

Pomocí vzorce*) (1) lze množství světla, jež nám posílá Algol, porovnati s množstvím, jež nám posílá Vega. Ale na vztahu Algolu k této stálici nám nezáleží. Logické jest, abychom hvězdu porovnávali s naší hvězdou, s domácí hvězdou naší planetární soustavy, se sluncem. Slunce jest pak hvězdou, jejíž třída

$$m = -26{\cdot}5.$$

Nyní napíšeme, kolik světla nám dle rovnice (1) posílá slunce a kolik Algol, porovnáme ty dvě rovnice divisí a vypočteme podíl pomocí logarithmů:

$$S_{\odot} = 2{\cdot}512^{26{\cdot}5}$$

$$S_{*} = 2{\cdot}512^{-2{\cdot}3}$$

$$\frac{S_{\odot}}{S_{*}} = 2{\cdot}512^{28{\cdot}8}$$

$$log \frac{S_{\odot}}{S_{*}} = 28{\cdot}8 \,.\, 0{\cdot}4 = 11{\cdot}52 = 2{\cdot}52 + 9$$

$$\frac{S_{\odot}}{S_{*}} = 331 \,.\, 10^{9}. \tag{2}$$

Z rovnice té čteme, že slunce posílá nám

331 miliard-krát

více světla než hvězda Algol.

Toto obrovské číslo jest pro svou velikost neprůhledné. Nemůžeme vůbec uznati, že by bylo vhodně voleným, když chceme porovnati Algol se sluncem. Porovnali jsme množství

*) Stran odůvodnění vzorce viz: Jeništa, Fysika II., v oddílu o astrofysice odstavec nadepsaný »Stálice«.

světla od Slunce, jež je blízko u země, s množstvím světla hvězdy, jež je od nás daleko. Kdyby slunce bylo od nás 2, 3, 4, . . . -kráte dál, posílalo by nám 4, 9, 16, . . . -krát méně světla. Vypočítejme si, kolik světla by nám posílalo, kdyby stálo v prostoru vedle hvězdy Algol?

Řekněme prozatím obecně, že Algol jest od nás x-krát dál než slunce. Pak by nám slunce ze vzdálenosti, v níž jest Algol, posílalo množství světla x^2-krát menší, než jest množství $S_\odot$, které ve skutečnosti dostáváme. Je tedy ono množství

$$S = \frac{S_\odot}{x^2}.$$

Násobíme-li tuto rovnici relací (2), zkrátí se $S_\odot$ a obdržíme

$$\frac{S}{S_*} = \frac{331.10^9}{x^2}. \tag{3}$$

Má se tedy množství světla S, které by nám slunce posílalo ze vzdálenosti rovné vzdálenosti Algolu, k množství, jež nám tato hvězda skutečně posílá, jako 331 miliard ku čtverci čísla x; toto číslo udává, kolikrát jest Algol dál od země než slunce.

Numerickou hodnotu čísla x musíme znáti, má-li se algebra vzorce (3) státi užitečnou. Vzdálenost stálic udává se prostřednictvím tak zvané parallaxy p. Parallaxou Algolu jest maličký zorný úhel, pod kterým bychom viděli poloměr dráhy zemské s této hvězdy. Trojúhelník Algol-slunce-země má při slunci pravý úhel. Krátké rameno tohoto úhlu míří k zemi, dlouhé míří k Algolu. V mezích pozorovacích chyb jest poměr x, jenž nás zajímá, roven poměru delšího ramene ke kratšímu. Jest pak zároveň

$$1 : x = tg\, p,$$

kde p jest parallaxa, úhel proti krátkému rameni ležící. Poněvadž úhel ten jest velmi malý (měří zlomek obloukové vteřiny), lze psáti

$$1 : x = p'' \,.\, tg\, 1''$$
$$1 : x = 4 \,.\, 848\, p\, 10^{-6},$$

kde p se vyjadřuje v obloukových vteřinách.

Dosadíme li za x^2 do rovnice (3), dostaneme relaci

$$\frac{S}{S_*} = \frac{331 \cdot 10^9}{10^{12}} 4.848^2 . p^2 .$$

V rovnici té značí $S : S_*$ poměr svítivosti slunce a Algolu. Budeme ovšem známé — slunce — považovati za míru neznámého — Algolu. Proto si vypočítáme poměr obrácený

$$\frac{S_*}{S} = \frac{0{\cdot}128}{p^2} . \tag{4}$$

Tím jsme nalezli vzorec hodící se k numerickému srovnání obou svítivostí. Ale musíme znáti parallaxu p hvězdy Algol. Stanovení tohoto maličkého úhlu jest však úkolem velice těžkým. Výsledky různých autorů mezi sebou málo souhlasí.

1. Chandler r. 1892 důvtipnou nepřímou methodou, kterou lze použíti jen u hvězdy Algol, stanovil, že parallaxa činí 0·07″. Velmi zajímavý tento způsob vyplývá z osobních zvláštností soustavy Algol, o nichž jsme ještě nemluvili.

2. Chase. Přímým měřením pomocí heliometru nalezl parallaxu 0·037″ s pravděpodobnou chybou 0·020″. Dle toho byla by parallaxa Algolu sevřená do hranice 0·057″—0·017″.

3. Taková měření byla do r. 1910 provedena čtyři. Průměr těchto hodnot jest 0·05″.

4. Flint. Měřil r. 1912 na základě pozorování meridianových. Shledal 0·130″ $\pm$ 0·31.

Dle toho jsou krajní hodnoty, mezi nimiž třeba vlastní parallaxu hledati, mezi hodnotami 0·161″ až 0·017″. Pro tuto nejistotu užijeme vzorce (4) nejlépe, když si jeho myšlenku vyjádříme tabulkou, ovšem pro onen interval, v němž očekáváme parallaxu Algolu. Omezuji se na intervall od 0·12 do 0·03. Viz tabulku I.

V druhém sloupci této tabulky nalézáme pro vedle stojící parallaxu numerickou hodnotu zlomku $S_* : S$, jenž udává, kolikrát jest hvězda Algol svítivější než slunce. Za nejskromnějšího předpokladu o vzdálenosti Algolu ($p = 0{\cdot}13''$) svítil by Algol 7·5-krát silněji než slunce. Je-li Chandlerova parallaxa 0·07″ odůvodněna, což se časem rozhodne, svítí Algol za 26 našich slunci. Parallaxe 0·05″ přísluší svítivost 51-krát silnější. Parallaxe Chase-ově, okrouhle 0·04″, přísluší, že Algol chrlí 80-krát tolik světla do prostoru než naše sluníčko.

Tabulka I.

p''	$S_*:S$	$r_*:r$	$\frac{d}{10^6 km}$	$\frac{M_*+M.}{M}$	$\frac{M_*}{M.}$	$\frac{M.}{M}$	$\frac{M_*}{M}$	$\frac{h_*}{h}$	$\frac{h.}{h}$
0·13	7·5	0·54	1·80	0·029	0·12	0·026	0·003	0·019	0·106
0·12	8·9	0·58	1·94	0·038	0·20	0·032	0·006	0·031	0·098
0·11	10·5	0·63	2·11	0·046	0·31	0·035	0·011	0·044	0·089
0·10	12·8	0·70	2·34	0·063	0·45	0·043	0·020	0·058	0·080
0·09	15·8	0·78	2·61	0·087	0·62	0·054	0·033	0·070	0·072
0·08	20·0	0·88	2·94	0·12	0·83	0·066	0·05	0·073	0·070
0·07	26·0	0·99	3·31	0·18	1·06	0·085	0·10	0·10	0·051
0·06	35·5	1·17	3·91	0·29	1·43	0·104	0·19	0·12	0·038
0·05	50·5	1·39	4·64	0·49	1·88	0·170	0·32	0·12	0·038
0·04	80·0	1·75	5·84	0·97	2·63	0·267	0·70	0·13	0·031
0·03	142·0	2·33	7·80	2·32	3·22	0·547	1·77	0·14	0·024

Prozatím vidíme, že Algol svítí 8—80-krát mocněji než naše slunce. Nejistota tohoto výsledku způsobena nejistotou parallaxy.

Vidmo a teplota. Podíváme-li se na hvězdu Algol dalekohledem, spatříme bílý kotouček. Než tento koutеček není deskou hvězdy, rovnocennou s kotoučem Marta neb Jupitera v dalekohledu. Kruhová deštička Algolu v dalekohledu jest optickým klamem. Jest to vlastně obraz otvoru dalekohledového; je tím menší, čím jest dalekohled větší a lepší. — Dalekohledem nelze tedy na hvězdě Algol nic viděti neb objeviti; dovíme se pouze, že světlo jeho jest bílé.

Než máme ještě jiné pomůcky než dalekohled. Algol, bílý bod, může se válcovitou čočkou proměniti v bílou čárku. (Mysleme si ji svislou.) Pozoruje-li se tato hranolem, rozprostře se v plochu. Tento obdélník sluje vidmem či spektrem*) hvězdy. Již není

*) Slovo to znamená ve středověké latině strašidlo.

bílý; jeden ze svislých krajů jest červený, druhý, protilehlý, jest fialový. Mezi nimi vyskytují se pruhy všech barev v obvyklém duhovém pořadí: červená, žlutá, zelená, modrá a fialová.

Vidmo, vyšraffované zhruba svislými pruhy v duhových barvách, obsahuje ještě druhé rovnoběžné šraffování od jemných nepravidelně rozdělených černých čar. Tyto tak zvané „čáry vidma" stanou se později předmětem naší pozornosti. Nyní si všímáme barev.

Barvy ty nejsou ve vidmu Algolu stejně silné. Množství energie ve světle červeném jest menší než energie světla oranžového, ta je menší než energie žluti, energie zeleně jest zase větší a tak to stoupá až k jistému místu v modři, načež energie opět ubývá. Toto rozložení energie ve vidmu i polohu jejího maxima lze přístroji k účelu tomu nedávno vynalezenými měřiti. Z výsledku lze oklikou přes theorii tepla vypočítati teplotu povrchové vrstvy Algolu, oné vrstvy, jež nám posílá světlo. K. Nordmann r. 1911 uveřejnil, že teplota Algolu obnáší 13800 stupňů. Je to hodnota velmi vysoká vůči temperaturám jiných hvězd. Náleží tedy hvězda Algol k nejteplejším hvězdám, jež známe.

Právě pro tuto vysokou teplotu jest algol hvězdou bílou. Naše slunce jest hvězdou žlutou, to jest chladnější. Určí-li se z vidma slunečního teplota zářící vrstvy, vychází 5200°*C*. Toto číslo stanovili Wilsing a Scheiner r. 1909. — Z polohy maxima slunečního záření v části žlutozelené plyne teplota o něco vyšší: 5600°*C*. Pomocí rozdílu obou pro slunce sdělených čísel můžeme si zjednati úsudek o spolehlivosti těchto podivuhodných způsobů měřiti teploty. Způsoby ty jsou vzácnými ukázkami lidského důvtipu. Co jsou neuvěřitelnosti pohádek proti takovému výkonu, jako jest měření teploty na hvězdách!

Svítivost povrchová a průměr. Kdyby Algol byl hvězdou žlutou jako naše slunce a měl proto tutéž temperaturu, byla by jeho povrchová svítivost rovná povrchové svítivosti slunce. Tu by čtverečný kilometr povrchové vrstvy Algolu vysílal do prostoru stejné množství světla jako naše žluté slunce. Za těchto okolností nemůže na příklad 100-krát větší svítivost hvězdy míti jinou příčinu, než v tom, že tato má 100-krát větší povrch než slunce. Průměr hvězdy byl by pak 10-krát větší než průměr slunce.

Tak jednoduché však úvahy o hvězdě Algol nebudou. Jde o hvězdu bílou, tedy teplejší než slunce. Hvězda n-krát teplejší vysílá n^4-krát více energie do prostoru. Také zlomek této energie, jenž vnímáme jako světlo, stoupá s temperaturou. Bude tedy obecně povrchová svítivost Algolu J_* větší než povrchová svítivost slunce J. Celková svítivost slunce, dříve již označená S, bude úměrná součinu z povrchové svítivosti J a povrchu slunečního. Označíme-li poloměr slunce r, bude:

$$S = 4\pi r^2 \,.\, J.$$

To platí pro hvězdu naší planetární soustavy; a obdobně platí o hvězdě Algol, že

$$S_* = 4\pi r_*^2 \,.\, J_*,$$

kde r_* značí poloměr Algolu, J_* jeho povrchovou svítivost. Dělením dostaneme z těchto dvou vzorců rovnici

$$\frac{S_*}{S} = \frac{r_*^2}{r^2} \cdot \frac{J_*}{J},$$

z čeho

$$\frac{r_*}{r} = \sqrt{\frac{S_* : S}{J_* : J}}.$$

Pomocí tohoto vzorce a tabulky hodnot $S_* : S$ lze počítati tabulku hodnot $r_* : r$, bude-li nám znám poměr povrchových svítivostí $J_* : J$ pro Algol a slunce. Klade pak Nordmann

$$J_* : J = 26{\cdot}2.$$

Pomocí tohoto čísla počítán poměr průměrů (rovnající se poměru poloměrů) v třetím sloupci tabulky I. Vidíme v něm, že v intervallu daném nejistotou parallaxy třeba hledati poměr poloměrů v intervallu

$$0{\cdot}54 \text{ až } 2{\cdot}33.$$

Spolehlivost těchto hranic závisí na spolehlivosti Nordmannovy hodnoty pro poměr svítivostí. Tato podmíněna pak vysokou temperaturou 13800 stupňů, kterou hvězdě přičítá. Tuto temperaturu měřil též roku 1912 Hnátek ve Vídni, ale shledal 11600 stupňů. Pak by se dle zásad Nordmannových snížil poměr svítivostí asi na 19 a hranice pro poměr poloměrů by se změnila na

0·63 až 2·73.

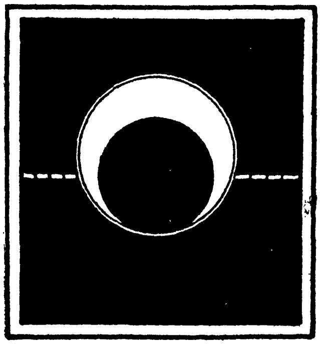
Má tedy změna temperatury o 2200 stupňů jen skrovný vliv na pošinutí těchto hranic. — Vůbec jest Nordmannovo (a Harkányiovo) srovnání velikosti hvězd se sluncem velikou vymožeností. Arci jsou myšlenky ty nové a neměly ještě dosti času, aby se užíváním osvědčily.

Změny jasnosti a její příčiny. Že hvězda Algol občas svítí o mnoho slaběji, než jak svítívá zpravidla, věděl na východě lid odedávna. Pro učený svět západu byl úkaz ten objeven teprve r. 1669 Montanarim. Zpravidla jest Algol hvězdou jež má velikost 2·3. Ale občas klesne náhle na velikost 3·5. Vrátí se však brzo zase k obvyklé své jasnosti.

Byl to první takový objev, byl isolován, nebylo jej s čím srovnati a není proto nic divného v tom, že si vrstevníci Montanariho s objevem jeho nevěděli rady. Diviti se však musíme, že astronomové přes sto let o nález onen nedbali, až rolník(!) jakýsi upozornil na rythmickou pravidelnost změn. Rolník ten jest Jan Jiří Palizch — jak se sám psal — „venkovan z Prolitz u Drážďan, rolí otcovských vzdělavatel velepilný, astronom, fysik a botanik výtečný, v žádném skoro vědění cizinec, samouk, poctivec bezúhonný, v životě filosof". Tak čteme na obraze tohoto zajímavého muže, jenž na příklad první spatřil zase se navrátivší kometu Halleyovu v štědrovečerní noci r. 1758.

Že změny ve svítivosti Algolu jsou periodické, objevil Palič r. 1782. Z téhož roku jest první pokus o vysvětlení světelných změn, jež podal Goodricke. Změny Algolu jsou periodické. Slovo „periodos" znamená kolběh, cestu okolo. Snad cit pro filologický obsah tohoto slova vedl G. k myšlence, že kol stálice Algol krouží temná družice, která nám občas hvězdu částečně zakryje. Viz obr. 1.

Hypothesa Goodrickeova znamenitě vysvětlovala pravidelnost světelných změn. Přes to zůstala zase po celé století nepovšimnutá. Důvodem toho mohlo býti, že Goodricke nemohl v prospěch svého nápadu uvésti skutečně nic jiného, než že temnou družici potřebuje, aby pochopil pozorované změny. Proti tomu mohl kdokoliv namítnouti: mně stačí myšlenka, že Algol se točí a že má na povrchu velikou černou skvrnu.



Obr. 1.

Skvrna ta byla by nepromĕnlivá co do tvaru. Lze snadno vypočítati, jakou část kotouče hvězdného by musila zakrýti, aby svítivost Algolu klesla o 1·2 hvězdné třídy. Jak již dříve sděleno, jest úhrnná svítivost zpravidla

$$S_* = 2{\cdot}512^{-2{\cdot}3}.$$

Úhrnná svítivost zatemnělé hvězdy jest

$$s_* = 2{\cdot}512^{-3{\cdot}5}.$$

Kolikrát tato svítivost jest menší než svítivost normální, dovíme se utvořivše podíl

$$s_* : S_* = 2{\cdot}512^{-1{\cdot}2} = 0{\cdot}33.$$

Poněvadž pak si skvrnu myslíme naprosto černou, jest tento zlomek zároveň poměrem mezi zbývající, nezakrytou částí hvězdného kotouče a kotoučem celým. Odečtením tohoto poměru od jednotky obdržíme poměr skvrny k hvězdě: $\frac{2}{3}$.

Reciproká hodnota tohoto zlomku praví, že skvrna by musila býti 1·5-krát menší než deska Algolu.

Kdo si změny ve svítivosti Algolu vykládá pomocí skvrny, musí předpokládati, že tato kryje $\frac{2}{3}$ kotouče hvězdy a že celá hvězda se skvrnou otočí se okolo své osy za 68·8 hodiny. Neboť to jest perioda, ob kterou se svítivost Algolu vrací do původního stavu.

Kdo si změny ve svítivosti Algolu vykládá oběhem družice, jež jest menší než hvězda sama, může si mysliti, že kotouč družice promítá se celý na desku hvězdy. Pak musí kotouč družice býti tak veliký jako dříve kotouč skvrny. Zakrývá-li však družice $^2/_3$ z kotouče svítícího, mají se poloměry družice r, a r_* poloměr hvězdy k sobě jako odmocnina ze 2 ku odmocnině ze 3, tak že

$$\frac{r_\cdot}{r_*} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}.$$

Zvolíme li poloměr Algolu za míru, za jednotku obdržíme vypočtením zlomku, že

$$\frac{r_\cdot}{r_*} = 0{\cdot}81.$$

Tím jsme informováni o vzájemné velikosti obou hvězd, arci jen v tom případě, že družice v minimu opravdu celá se promítá na svítící desku.

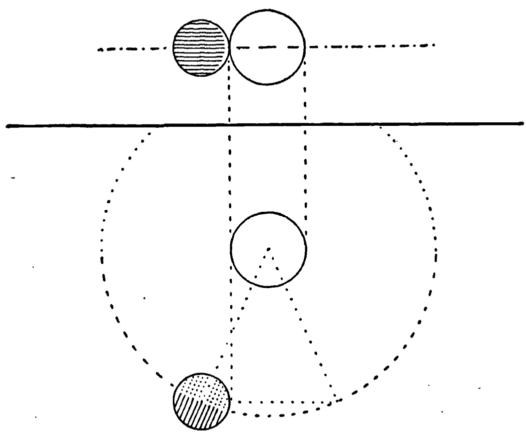
Podobný zjednodušující předpoklad lze učiniti o poloze dráhy družice. Nejjednodušší by bylo, kdyby dráha ta vůči spojnici Algolu se zemí neměla vůbec žádného sklonu. Slunce a s ním celá naše planetární soustava zapadla by pak do roviny dráhy družice. Ze země jevil by se pak pohyb družice jako kmitání na přímce, jež jde středem kotouče Algolu. Jde-li na cestě s jedné polohy krajní do druhé družice přes kotouč, nastane minimum. Při návratu projde za kotoučem, tak že nyní Algol zakryje černou družici.

Obecně krouží družice kol hlavní hvězdy v dráze eliptické. Budeme však předpokládati, že se u hvězdy Algol jedná o čistou dráhu kruhovou. Je to zase nejjednodušší možnost, která k povšechné orientaci o soustavě stačí. Spojíme-li tento předpoklad s předchozím o sklonu dráhy, pohybuje se kotouč družice na prodlouženém průměru Algolu pohybem harmonickým. To jest nárys pohybu; viz horní část obrazce (2). K němu náleží půdorys soustavy Algol, na němž kruhová dráha zobrazí se skutečně kruhem; viz spodní část obrazce (2).

Na nárysu vidíme, že zatmění začíná, když družice dotýká se hlavní hvězdy s jedné strany, což se stane, je-li střed její ve vzdálenosti

$$r. + r_*$$

od středu kotouče svítící hvězdy. Zatmění končí dotykem kotoučů na druhé straně ve stejné vzdálenosti. Těmto dvěma krajním polohám v nárysu přísluší dvě polohy v půdorysu, jež ve



Obr. 2.

spojení se středem Algolu určují trojúhelník. Za ramena má vzdálenost obou hvězd d, za základnu má součet průměrů obou hvězd

$$2\,(r. + r_*).$$

Úhel středový, ležící proti této základně, lze vypočítati. Úhel, o který se družice otočila kol hlavní hvězdy, jest úměrný uplynulému času. Je to důsledkem druhého zákona Keplerova o ploše průvodičem planety opsané. Středový úhel x, jenž nás zajímá, byl opsán za 33000 vteřin, za dobu zatmění. Kol dokola, to jest o úhel 360°, otočí se družice kol hvězdy hlavní za 247734 vteřin, za periodu zatmění. Poněvadž dráha jest kruhová, jest dle druhého zákona Keplerova

$$x : 360 = 33000 : 247734,$$

z čeho okrouhle

$$x = 48^0.$$

Uvažme nyní, že v trojúhelníku rovnoramenném, jímž se zabýváme, jest

$$r. + r_* = d \sin \frac{x}{2}.$$

Dosadíme-li sem za „*sin* 24°“ jeho hodnotu

$$0{\cdot}407,$$

vidíme, že

$$r. + r_* = 0{\cdot}407\, d.$$

Jako dříve budeme i nyní považovati poloměr Algolu r_* za míru, za jednotku. V této míře jest

$$r. = 0{\cdot}81$$

tak, že dle horní relace

$$1{\cdot}81 = 0{\cdot}407\, d,$$

z čeho konečně

$$d = 4{\cdot}44.$$

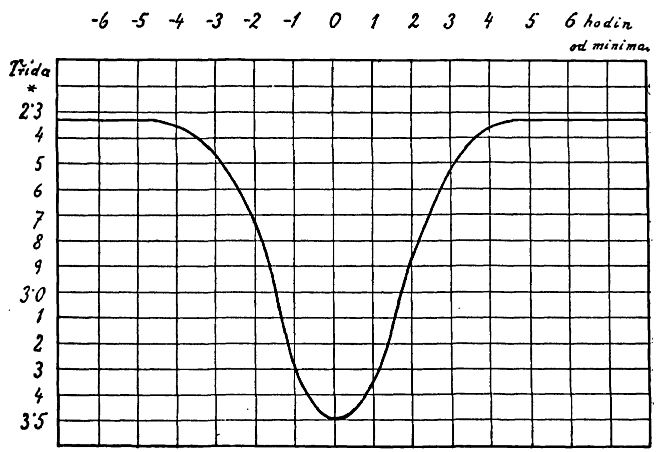
Tím jsme zhruba orientováni o vzhledu soustavy Algol. Jde nyní o to, jak dalece jsou tato čísla spolehlivá. Na tom závisí cena obr. 2. pomocí nich pořízeného.

Mezi předpoklady této malé početní úvahy bylo řečeno, že družice táhne přes střed kotouče svítící hvězdy. Shledali jsme, že průměr družice jest o 19% menší než průměr hlavní hvězdy. Kdyby taková hvězda táhla přes svítící kotouč po přímce, jež jde středem jeho, trvalo by minimum hvězdy Algol tak dlouho, jako přechod od vnitřního dotyku obou kotoučů na jedné straně až k vnitřnímu dotyku na druhé straně. Po tento čas stála by hvězdná velikost Algolu na hodnotě 3·5. Prohlédněme si nyní obrazec (3.), na němž zobrazen časový průběh hvězdné velikosti v minimu. Předpoklad náš žádá, aby spodní část křivky byla vodorovnou přímkou. Ve skutečnosti jest minimum jen chvilkou mezi sestupem a vzestupem jasnosti. Je bodovité, nemá trvání. Proto lze, od něho vycházeje, čítati hodiny, jak na naší figuře provedeno.

Naše orientační úvaha nevystihuje tedy skutečný stav soustavy Algol. Ale třeba jen malé změny a obtíž právě nadhozená zmizí. Mysleme si, že družice má sklon dráhy vůči zornici, ale jen co nejmenší, jenž by právě stačil požadavkům křivky zatmění z obr. (3.). Pak přechází černý kotouč přes svítící tak, že nastane vnitřní dotyk jen jednou. Tečna tohoto místa jest rovnoběžná s onou tětivou, po níž se střed černého kotouče pohybuje přes hvězdu.

Na tomto základě byla soustava Algol několikráte propočítána. Sdílím výsledky.

I Pickering. Asi sto let po Goodrickeovi, jenž r. 1782 nadhodil myšlenku černé družice. propočítal soustavu Algol americký astronom Pickering Poloměr svítící hvězdy klade roveň 1;



Obr. 3.

pak měří poloměr černé družice 0·764. Dráhu považuje za dokonalý kruh skloněný o 87·1°. Poloměr její rovná se 4·7. Čísla ta jsou počítána na základě pečlivých měření změn světlosti, jež v létech 1859—1870 konal Schönfeld.

II. Bruns. Propočítal soustavu znova r. 1881. Poněvadž však dle počtů jeho vzdálenost povrchů obou koulí obnášela jen 0·605 ze vzdálenosti středů jejich, vyslovil pochybnosti o tom, zda soustavy hvězd tak blízkých vůbec jsou možny. Výklad změn světlosti rotací a temnou skvrnou zdál se mu stejně pravděpodobným.

III. Harting. Je-li dráha družice čistě kruhová, musí ubývání a přibývání světla trvati stejně dlouho. Ale tomu tak není;

světlo ubývá 5·8 hodiny a přibývá 4·5 hodiny. Z toho soudil, že družice šinoucí se před kotouč svítící hvězdy jest nám od ústředního tělesa dále, než když černý kotouč svítící opouští. To žádá zákon Kepplerův o stálosti ploch průvodičem opsaných. Zjev ten lze tedy vysvětliti eliptickou drahou družice. Harting udává výstřednost její rovnu 0·1679. Sklon dráhy shledává 86·0. Poloměry svítící hvězdy, temné družice a dráhy mají se k sobě jako

$$1 : 0{\cdot}7687 : 4{\cdot}477.$$

Celkem považoval Harting (r. 1889) myšlenku družice za pravděnepodobnou. Pochyboval o stabilnosti takové soustavy. Považoval ji za vratkou, asi jako tužku na špičce balansující. Již zde připomínám, že později se ukázal opak ve dvojím směru. Soustava je stálá a má dráhu skoro kruhovou.

Barva a svítivost družice. Není nikterak nutno, aby tak zvaná temná družice byla opravdu černou, to jest nesvítivou koulí, jako jsou na příklad planety. Přesnost, jíž lze pozorovati změny svítivosti má své hranice, stanovené výkonností lidského oka. Z nejistoty té lze souditi, že družice vysílá nejvýše $^1/_{80}$ ze světla hlavní hvězdy. Příliš daleko od tohoto odhadu se však vzdalovati nesmíme. Kdyby družice svítila silněji, znamenali bychom asi uprostřed mezi dvěma minimy slabší vedlejší minimum, způsobené zakrytím (svítící) družice hlavní hvězdou. Ale o mnoho slaběji než 80-krát družice také svítiti nemůže. Plassmann zjistil, že takové vedlejší minimum velmi nepatrné opravdu existuje. Je právě na hranici výkonnosti našich očí, na oné hranici, pomocí které bylo odhadnuto, že družice svítí asi 80-krát slaběji než Algol sám.

Objevení vedlejšího minima jest velmi závažným důvodem ve prospěch výkladu zatmění hvězdy Algol družicí kol ní kroužící. Podařilo se, poněvadž družice ještě svítí, poněvadž jest sama také hvězdou, není planetou. Máme pak ještě jiná pozorování, jež vedou k určitějším představám o hvězdě-družici. R. 1908 uveřejnil H. Osthoff, že dle jeho vlastních pozorování Algol mění nejen jasnost, ale také barvu. Souběžně s klesáním svítivosti stává se hvězda žlutější a žlutější. Obvyklá barva Algolu dána jest číslem 1·9. V minimu jest barva označena číslem 3·6.

Toto číselné označení barev opírá se o následující skálu:

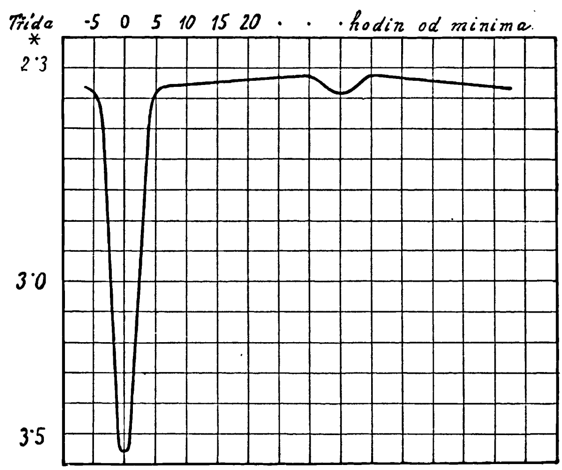
0 bílá,
1 žlutavě bílá,
2 bílá a žlutá stejným dílem,
3 bělavá žluť,
4 čistá žluť,
5 temná žluť,
6 začervenalá žluť atd.

Družice jest zajisté velmi intensivně žlutá, pokud stojí vedle bílé hlavní hvězdy, jež chrlí do prostoru 80-krát více světla než žlutá družice, zaniká žlutá barva v záplavě bílého světla. Ale když žlutá hvězda bílou z části přikryje, čím bílého světla ubude, stane se žlutý podíl světla viditelným.

Žlutou hvězdou jest na příklad naše slunce, jež proto vysílá do prostoru ze čtverečního *km* asi tak 26-krát méně světla, než bílá hvězda Algol. Povrchová svítivost družice bude zajisté blízká této hodnotě. Ale to vše vztahuje se na tu stranu družice, jež jest od Algolu odvrácena. Na přivrácené straně mohla by družice býti svítivější, neboť Algol je o několik tisíc stupňů teplejší a může proto svým zářením temperaturu přivrácené strany zvyšovati.

Relativní rozměry a svítivosti soustavy Algol. Když družice sama jest žlutou hvězdou, jsou čísla starších autorů v předchozím sdělená jen prvním přiblížením ku pravdě. Dosavadními způsoby pozorování bychom se však vůbec o mnoho víc dověděti nemohli. R. 1911 vynalezl však Američan Joel Stebbins k pozorování měnlivých hvězd umělé jakési elektrické oko, jehož čočkou jest objektiv dalekohledu. Užil důvtipně vlastnosti selenu, vzácného prvku, jenž jest příbuzný síře. Prvek ten byv osvětlen, mění svůj odpor vůči procházejícímu elektrickému proudu. Buňky selenové upravené tak, aby se osvětlením měnil jejich elektrický odpor co nejvíce, prodávají se k účelům vědeckým. Na takovou buňku soustředí se velikou (dalekohledovou) čočkou světlo hvězdy. Tato buňka jest totiž sítnicí umělého oka. Obdobou nervu zrakového jsou dva isolované dráty, jež spojují buňku se zrcadlovým galvanometrem d'Arsonvalovým. Ten jest mozkem elektrického oka. Větší neb menší osvětlení selenové buňky prozrazuje se v něm větším neb menším otočením pohyblivého zrcátka. *)

Sítnice lidského oka jest nejcitlivější pro barvu žlutozelenou a barvy sousední. Buňka selenová reaguje hlavně na paprsky červené. Elektrické oko Stebbinsovo dívá se tedy do prostoru ven jakoby červeným sklem. Ale jest neskonale citlivější než oko lidské. Během 10 vteřin pozná jasnost hvězdy. Pak sice potřebuje asi jednu minutu k zotavení — musí si jaksi odpo-



Obr. 4.

činouti — ale to nevadí. Dostaneme přece ob minutu průměrnou jasnost hvězdy během 10 vteřin.

Když Stebbins obrátil své elektrické oko na hvězdu Algol, potvrdil citlivým tímto přístrojem, že družice jest sama také ještě žhavá. Objevil pak, že na straně k Algolu přivrácené jest svítivější než na straně odvrácené. Vše to plyne z časového průběhu jasnosti Algolu mezi dvěma sousedními minimy, jenž naznačen na obrazci (4). Citlivý přístroj Stebbinsův prozrazuje, že i v tomto čase se svítivost soustavy mění, ač velmi málo. Od

*) Přístroje ty zde blíže nepopisuji; zpráva o nich jest v „Živě“ r. 1911, str. 158

odkrytí hlavní hvězdy počínaje, stoupá jasnost pomaloučku a skoro rovnoměrně, až družice vsune se za Algol. Tu klesá svítivost zase prudčeji, ale nehluboko. Stoupá hned zase stejným způsobem, když družice za Algolem opět se vysunuje. Pak klesá svítivost znova a zas tak pomaloučku a skoro rovnoměrně, až se deska družice zevně dotkne desky Algolu. Potom nastane srázné a hluboké hlavní poklesnutí, dávno již známé a probádané.

Nejzajímavější na křivce Stebbinsově jest do té doby úplně neznámá změna svítivosti mezi hlavním a vedlejším minimem. Nejvíce světla dostáváme v tomto čase přechodním, když desky obou hvězd zevně se dotýkají tak, že nám svítí deska družice k Algolu přivrácená. Nejméně světla dostaneme v čase mezi oběma minimy, když kotouče obou hvězd zevně se dotýkají tak, že se díváme na polokouli družice od hlavní hvězdy odvrácenou. Ještě o maličko hloub klesne svítivost, když družice vsune se za Algol, tedy v čas vedlejšího minima.

Vše to lze vysvětliti „měnami“ družice, jež jsou obdobou měn či fasí Luny, družice naší planety, Země. Jen že i temnější strana družice ještě sama svítí. Příčinou tohoto zjevu může býti vysoká teplota hvězdy Algol, jež zajisté přivrácenou stranu družice silně hřeje.

Dle Stebbinse jest bílá hvězda Algol sama o sobě velikosti 2·2. Ukazuje-li nám družice polokouli od Algolu odvrácenou, tedy temnější, jest hvězdná velikost její 5·2. Svítivější polokoule sama o sobě byla by pro nás hvězdou velikosti 4·6. Kdyby družice stála sama v prostoru, byla by hvězdou slabou sice, ale přece jednou z těch několika tisíc, jež vidíme neozbrojeným okem.

Také rozměry soustavy Algol dostal Stebbins na základě svých měření mnohem přesněji. Věděl arci bezpečně, že dráha jest skoro kruhem, že tedy pokus Hartingův o dráhu eliptickou byl omylem. Od druhého neodůvodněného předpokladu, že družice jest menší než hlavní hvězda, upustil. Ten totiž suggeruje pouze filologický obsah slova „družice“. Ve skutečnosti není logického důvodu, proč by slabá hvězda měla býti malou neb lehkou, málo hmotnou. Stebbins popisuje geometrickou a optickou stránku soustavy Algol následujícími čísly:

Poloměr Algolu, r_*	1·00
Poloměr družice, r.	$1·14 \pm 0·05$
Poloměr dráhy, t. j. vzdálenost středů, d . .	$4·77 \pm 0·05$
Sklon dráhy	$82·3^0 \pm 0·3^0$
Povrchová svítivost Algolu, J_*	1·00
Povrchová svítivost světlejší poloviny družice, J. . . .	$0·088 \pm 0·012$
Povrchová svítivost tmavší poloviny družice, i. . .	$0·050 \pm 0·010$
Doba oběhu T	68^h 816
Doba zatmění	9^h 80

Tato čísla liší se od starších údajů hlavně ve velikosti družice. Když se tato považuje za menší, vychází, že měří $^3/_4$ průměru Algolu; upustí-li se od tohoto neodůvodněného předpokladu, obdržíme, že průměr družice jest o $^1/_7$ větší než průměr hlavní hvězdy.

O čísla Stebbinsova budeme se opírati v dalších úvahách o soustavě Algol.

Poloměr dráhy v míře úhlové i absolutní. Pozorováním světelných změn nelze určiti vzdálenost družice od Algolu v *km*, ba ani v úhlové míře ji dostati nemůžeme. Třeba znáti povrchovou svítivost Algolu, musí se věděti, kolikrát čtvereční *km* Algolu vysílá víc světla než stejně veliká část povrchu slunečního. Pak dostaneme poloměr dráhy v míře úhlové. Z tohoto čísla a parallaxy obdržíme onu délku v míře délkové, v kilometrech.

Dle Stebbinse jest poloměr dráhy:

$$d = 4·77\, r_*,$$

kde r_* jest poloměr stálice Algol. Velikost tohoto poloměru, vyjádřenou poloměrem slunce, máme v třetím sloupci tabulky I. V dalším považujeme r_* za ono číslo z třetího sloupce. Horní rovnička vyjadřuje pak poloměr dráhy v poloměrech slunečních. Tento poloměr měří však

$$\frac{1·39}{2}\, 10^6\, km.$$

Proto jest poloměr dráhy družice kol hlavní hvězdy

$$d = 4{\cdot}77 \,.\, 0{\cdot}695\, r_* \,(10^6\, km).$$

Zvolíme-li si million *km* za jednotku délky, jest poloměr dán číslem

$$\frac{d}{10^6\, km} = 3{\cdot}33\; r_*,$$

kde za r_* třeba dosaditi řadu hodnot ze sloupce třetího v tabulce I. Provedeme-li to opravdu, obdržíme řadu hodnot d, příslušících různým parallaxám. Tyto hodnoty obsahuje sloupec 4. tabulky I.

Vzhledem k nejistotě parallaxy třeba očekávati, že poloměr drahy leží mezi

1·80 až 7·80

millionů *km*. Spokojíme-li se však s vyjádřením poloměru v míře úhlové, v úhlových vteřinách, dostaneme určité číslo na parallaxe nezávislé. Toto číslo lze ustanoviti pomocí kteréhokoliv čísla z tabulky na příklad pomocí hodnoty

$$d = 2{\cdot}34,$$

jež náleží k parallaxe

$$p = 0{\cdot}10''.$$

Za tím účelem nejdříve vyjádříme 2·34 millionů *km* v poloměrech dráhy zemské. Tento poloměr měří 149 millionů *km*. Proto jest

$$d = \frac{2{\cdot}34}{149} = 0{\cdot}0157$$

tak, že poloměr dráhy družice měří (zaokrouhleně) $^{16}/_{1000}$ z poloměru dráhy zemské.

Dle definice své jest parallaxa zorný úhel, pod nímž bychom s hvězdy viděli poloměr dráhy zemské. Kdyby číslo poslední náleželo k parallaxe 1″, viděli bychom se země poloměr d pod zorným úhlem 0·016″. Poněvadž však číslo naše náleží ke vzdálenosti, z níž poloměr dráhy zemské činí 0·10″, uvidíme d pod úhlem 10-krát menším, to jest v míře úhlové, jest

$$d = 0{\cdot}0016''.$$

Toto číslo jest na parallaxe nezávislé; spolehlivost jeho závisí na Nordmannově hodnotě pro povrchovou svítivost Algolu.

Důsledky III. zákona Keplerova. Vyjádříme-li vzdálenost družice od Algolu zlomkem z poloosy dráhy zemské, dobu oběhu zlomkem našeho hvězdného roku, jest zlomek

$$\frac{d^3}{T^2} = M_* + M_. \,, \tag{5}$$

což jest součet hmoty Algolu i družice. Jednotkou hmoty v tomto vyjádření jest hmota slunce: M. Poněvadž doba oběhu, daná periodou zatmění, čítá 2·87 dnů, jest

$$\frac{1}{T^2} = \left(\frac{365}{2{\cdot}87}\right)^2 = 16200.$$

Je tedy

$$M_* + M_. = 16200\, d^3,$$

kde jednotkou délky jest poloměr dráhy zemské 149 millionů *km*. Pomocí tohoto vzorce chceme počítati součet hmot soustavy Algol pro různé parallaxy užívajíce hodnot d ze čtvrtého sloupce tabulky I. Tam je však jednotkou millión *km*. Proto třeba za písmenu d v horním vzorci dosaditi zlomek

$$\frac{d}{149}$$

tak, že

$$M_* + M_. = \frac{16200}{149^3}\, d^3,$$

neb

$$M_* + M_. = 0{\cdot}0049\, d^3,$$

kde d třeba bráti ze 4. sloupce tabulky I. Dosazením obdržíme 5. sloupec této tabulky: součet hmot pro různé parallaxy, jdoucí od 0·029 do 2·32.

(Dokončení.)