

přímky naměřeným bodům. Střed S překreslete do obr. 3, spojte se složkou A . Přímka SA určuje spojnicí periastra a apastra (přímka apsid). Zakreslete polohu periastra P . Změřte: $SA = 13$ mm; $SP = 32$ mm. Výstřednost $e = SA/SP = 0,41$ (odpovídá přijaté hodnotě $e = 0,417$).

④ Podle druhého Keplerova zákona je plocha opsaná průvodiči za stejné časové úseky táž (tedy plošná rychlost je konstantní). Ověříme to. Pro libovolných 5 po sobě následujících pozorování určete: rozdíl pozičních úhlů $\Delta\vartheta$ (neměl by přesahovat řekněme 45°), rozdíl dat Δt (roky + zlomky roku). Plošná rychlost w je přibližně rovna: $w = (\pi \rho_1 \rho_2 / 360^\circ) \cdot (\Delta\vartheta / \Delta t)$, kde ρ_1, ρ_2 jsou vzdálenosti složek pro uvažovaná dvě pozorování (v úhlových vteřinách). Výsledky zapisujte do tabulky 2.

Tabulka 2.

Δt (roky)	$\Delta\vartheta$ ($^\circ$)	ρ_1 (")	ρ_2 (")	w
2,86	27	1,15	2,16	0,20
1,93	37	2,16	2,11	0,24
2,02	18	2,11	2,18	0,26
2,04	55	2,18	1,81	0,33
2,07	21	1,81	2,13	0,33
aritmetický průměr				0,5

⑤ K určení periody oběhu P dvojhvězdy vypočítejte plochu celé elipsy $S = \pi a^2 (1 - e^2)^{1/2}$, kde a je velká poloosa trajektorie složky B kolem A . Perioda $P = S/w$ (vychází v rocích).

$a = 3,0$ " ; $P = 51,6$ (roků) (srovnejte s přijatými hodnotami $a = 2,4$ ", $P = 45$ let).

⑥ Z třetího Keplerova zákona určete hmotnost celé dvojhvězdy: $M = a^3/P^2$. Nyní a musí být vyjádřeno v astronomických jednotkách; vzdálenost $r = 4,0$ pc, proto $a_{AU} = r \cdot a$ ".

$M = 0,65$ hmotností Slunce (srovnejte s přijatou hodnotou $M = 0,43 M_\odot$).

⑦ Zjistěte složku vlastního pohybu μ dvojhvězdy: změřte úhlovou vzdálenost složky C od dvojice AB (obr. 1), přičemž střed hmotnosti soustavy AB leží na spojnici AB , vzdálen od A asi 0,4 celkové vzdálenosti složek. Do grafu vyneste závislost úhlové vzdálenosti $C - AB$ na čase, naměřenými body proložte přímku a zjistěte hodnotu μ .

složka $\mu = 0,95$ "/rok (srovnejte s přijatou hodnotou vlastního pohybu $0,86$ "/rok).

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím článku A. Evanse: Laboratory exercises in astronomy - the orbit of a visual binary (Sky and Telescope 60, 1980, č. 3, 195-197). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

č. 3

Trajektorie vizuální dvojhvězdy

Většina hvězd tvoří dvojhvězdy. Jen část z nich, tzv. vizuální dvojhvězdy, můžeme dalekohledem rozlišit na jednotlivé hvězdy. U necelého tisíce vizuálních dvojhvězd známe na základě mnohaletých pozorování vzájemný pohyb jejich složek. Nyní budeme zkoumat soustavu nazvanou Krüger 60.

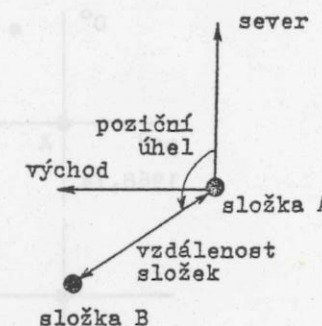
Krüger 60 je trojhvězda v souhvězdí Cefeje. Složky A a B (hvězdné velikosti 9,8 a 11,3 mag) tvoří krátkoperiodickou dvojhvězdu, nikdy nejsou od sebe dále než 3". Pár AB vykazuje velký vlastní pohyb, je to jeden z nejbližších hvězdných objektů (vzdálenost 4,0 pc). Třetí hvězda C je hvězdou pozadí (má hvězdnou velikost 11 mag), nesdílí velký vlastní pohyb páru AB a prostorově k němu nepatří. Oběžná rovina složek A a B je jen o 15° skloněna k rovině kolmé na zorný paprsek. Pro jednoduchost budeme předpokládat, že obě roviny splývají. Tento předpoklad celý problém velmi zjednodušuje.

Pracovní postup:

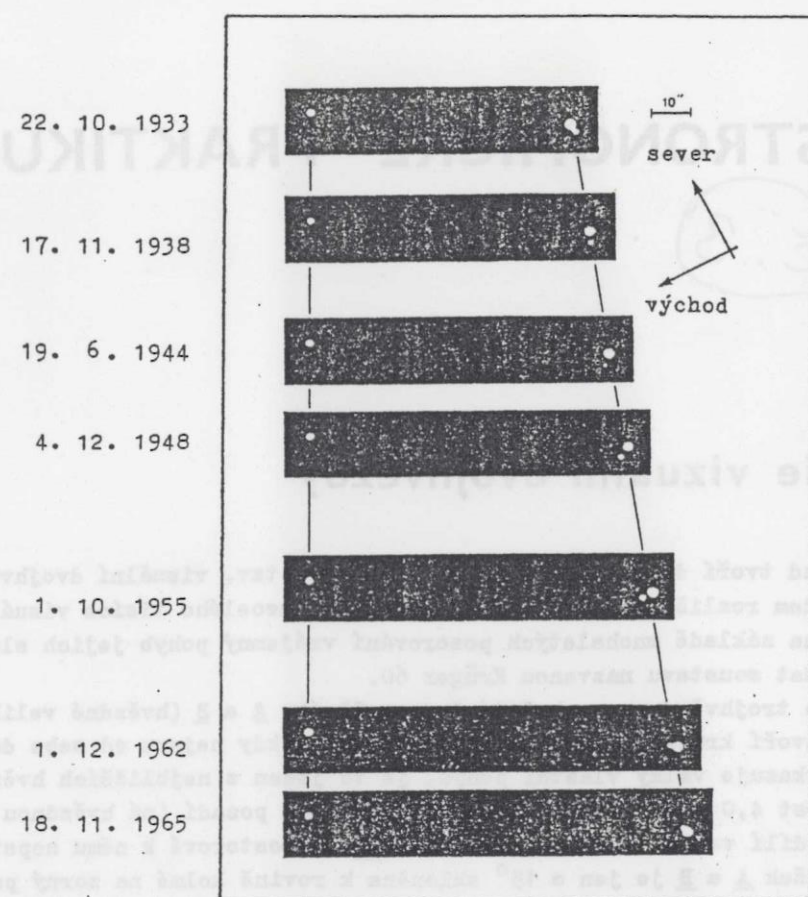
① Na obr. 1 a 2 jsou uvedena fotografická a vizuální pozorování dvojhvězdy Krüger 60. Pro každé pozorování změřte vzdálenost složek A a B (s přesností na desetiny mm) a poziční úhel (s přesností na stupně) - viz náčrtek vpravo. Měření запиšte do tabulky 1, vzdálenost složek převedte pomocí uvedeného měřítka na úhlové vteřiny. U fotografických pozorování (obr. 1) zvolte vhodný postup při měření pozičního úhlu, neboť směr k severu je vůči rámečku poněkud natočen.

② Vykreslete relativní trajektorii složky B kolem složky A (obr. 3); měřítko: 1" = 15 mm. Dvanáct bodů vnesených do grafu tvoří elipsu, v jednom ohnisku elipsy leží složka A .

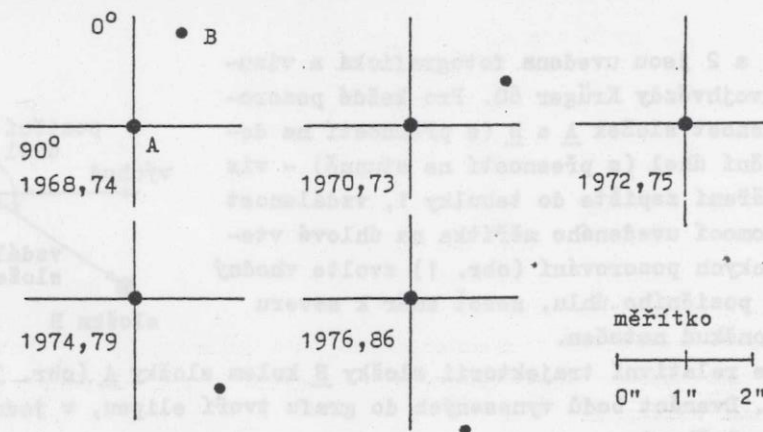
③ Střed elipsy S určete takto: z měření v tabulce 1 vypočítejte průměrnou úhlovou vzdálenost složek A a B : $\rho = 2,5$ ". Na pauzovací papír vykreslete kružnici o středu S a poloměru ρ (ρ převedte na milimetry podle měřítka obr. 3, tj. 1" = 15 mm). Pauzovací papír přiložte na obr. 3 tak, aby se kružnice co nejlépe



(→ strana 4)



Obr. 1. Oběžný a vlastní pohyb vizuální dvojhvězdy Krüger 60; jde o fotografická pozorování z let 1933 - 1965 (podle P. van de Kampa: Principles of Astrometry, 1967)

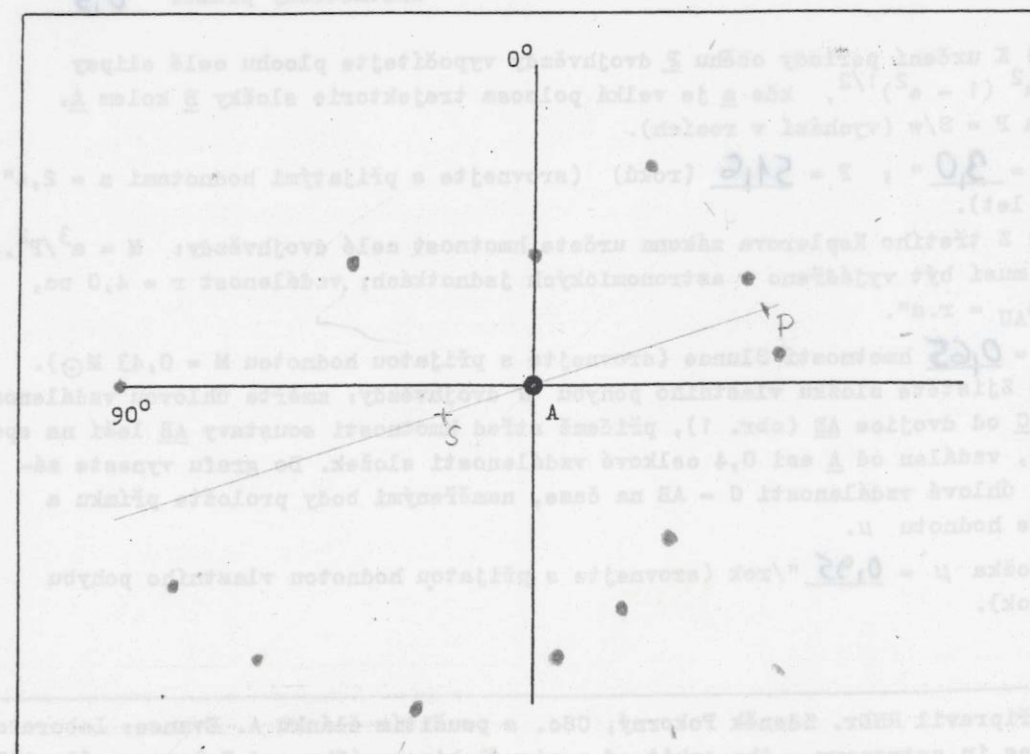


Obr. 2. Vizuální pozorování dvojhvězdy Krüger 60 z let 1968 - 1978, kdy pro malou úhlovou vzdálenost složek nebylo možné použít fotografické metody (pozorování Ch. Worleye).

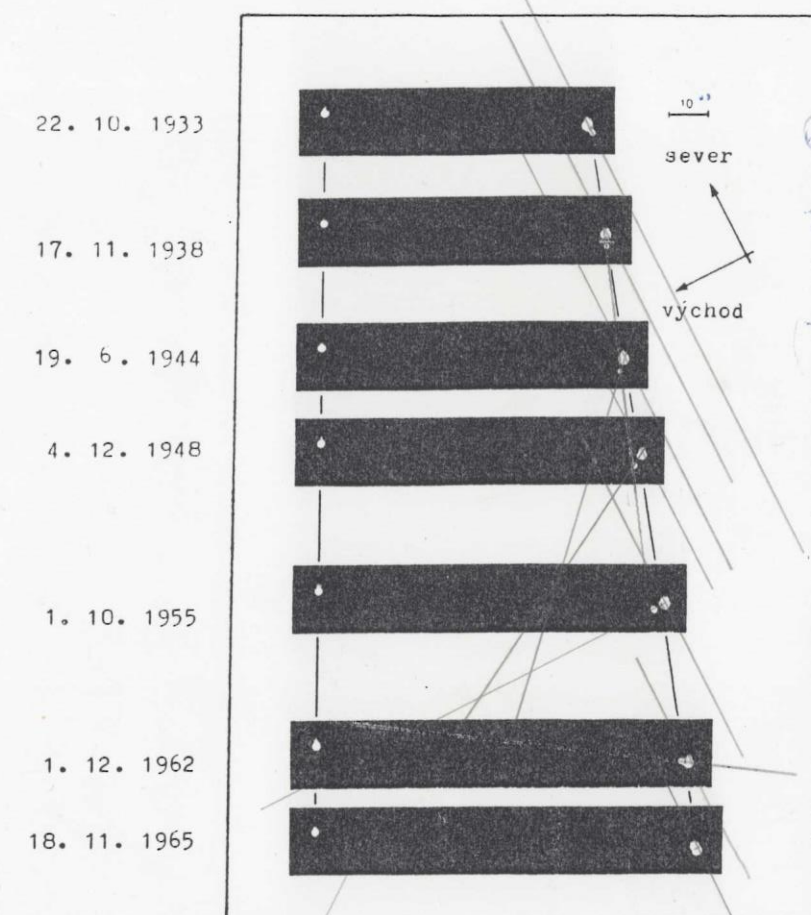
Tabulka 1.

Datum	Vzdálenost složek A-B		Poziciční úhel ($^{\circ}$)	Vzdálenost složky C	
	mm	úhl. vteř.		mm	úhl. vteř.
22.10.1933 = 1933,81	1,3	2,45	185	35,2	67,69
17.11.1938 = 1938,88	1,6	3,07	160	37,4	71,92
19. 6.1944 = 1944,47	1,8	3,46	136	39,6	76,15
4.12.1948 = 1948,93	1,9	3,65	119	41,7	80,19
1.10.1955 = 1955,75	1,9	3,65	90	45,1	86,73
1.12.1962 = 1962,92	1,0	1,92	57	48,8	93,85
18.11.1965 = 1965,88	0,6	1,15	0	50,5	97,12
1968,74	19,3	2,16	333		
1970,73	18,9	2,11	296		
1972,75	19,5	2,18	278		
1974,79	16,2	1,81	223		
1976,86	19,1	2,13	202		

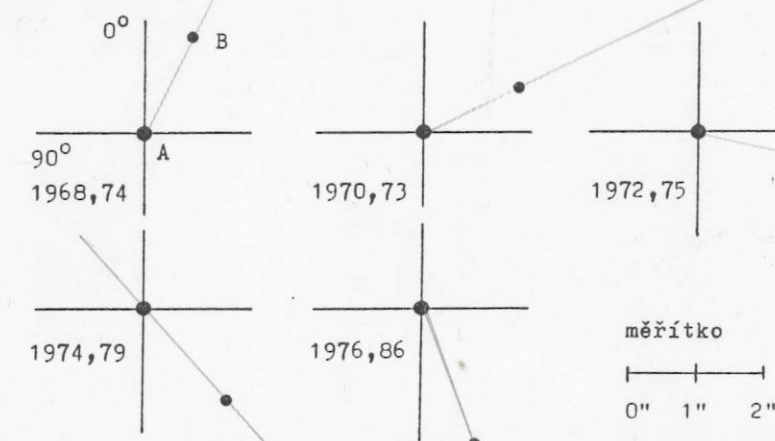
$$\vartheta = 2,5$$



Obr. 3. Relativní trajektorie dvojhvězdy Krüger 60



Obr. 1. Oběžný a vlastní pohyb vizuální dvojhvězdy Krüger 60; jde o fotografická pozorování z let 1933 - 1965 (podle P. van de Kampa: Principles of Astrometry, 1967)



Obr. 2. Vizuální pozorování dvojhvězdy Krüger 60 z let 1968 - 1978, kdy pro malou úhlovou vzdálenost složek nebylo možné použít fotografické metody (pozorování Ch. Worleye).