

od sebe co nejdále. Poměr vzdáleností v mapách udává poměr měřítek (připište k tabulce 1).

⑤ Po redukci měřítek atlasů vypočítejte rozdíly souřadnic  $\Delta x = x_{ABred} - x_{BD}$ ,  $\Delta y = y_{ABred} - y_{BD}$  pro všechny oporné hvězdy a 61 Cyg (zapište do tabulky 1).

⑥ Poněvadž souřadnicové osy  $X$ ,  $Y$  na mapách nejsou navzájem přesně rovnoběžné, bude třeba graficky minimalizovat chybu vzniklou natočením těchto soustav. Do grafu (obr. 3) vynesete pro všechny oporné hvězdy hodnoty  $y_{BD}$  v závislosti na  $\Delta x$  a do téhož grafu i hodnoty  $x_{BD}$  v závislosti na  $\Delta y$ . Pro každou z množin bodů používejte jiné označení (kroužek, křížek). Zvolte vhodně měřítko na osách; měřítko pro  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  bude jistě větší než pro  $x$ ,  $y$ . Vynesenými body proložíte přímkou; budou zřejmě navzájem skloněné, což je důsledek natočení souřadnicových soustav.

⑦ Z grafu (obr. 3) zjistíte pro souřadnici  $y_{BD}$  hvězdy 61 Cyg odpovídající hodnotu  $\Delta x$  a od ní odečtete  $\Delta x$  uvedené v tabulce 1 pro 61 Cyg. Výsledkem je  $x$ -ová složka  $\delta_x$  vlastního pohybu 61 Cyg za 95 let, vyjádřená v milimetrech a ve škále BD. Podobně pro  $x_{BD}$  hvězdy 61 Cyg najdete  $\Delta y$  a odečtete  $\Delta y$  z tabulky 1; dostanete  $\delta_y$ .

Výsledky:

Pro  $y = 17,4$  mm je z obr. 3  $\Delta x = -2,2$  mm;  $\delta_x = 1,6$  mm.

Pro  $x = 17,5$  mm je z obr. 3  $\Delta y = 5,1$  mm;  $\delta_y = -1,5$  mm.

⑧ Zjistíte, čemu odpovídá 1 mm v úhlové míře pro mapu BD a veličiny  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  vyjádřete v úhlových vteřinách. Po vydělení 95 dostanete vlastní pohyby  $\mu_x$ ,  $\mu_y$  za rok.

Výsledky:

$1'' = 3600'' = 20,6$  mm, tedy 1 mm =  $174,8''$ .

$\delta_x = 1,6$  mm =  $279,7''$  za 95 let;  $\mu_x = 2,9''$  za rok.

$\delta_y = -1,5$  mm =  $-262,2''$  za 95 let;  $\mu_y = -2,8''$  za rok.

⑨ Celkový vlastní pohyb je  $\mu = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2}$ ; vypočítejte jej, srovnajte s hodnotou uváděnou v astronomické literatuře  $\mu = 5,2''/\text{rok}$  a diskutujte přesnost získaného výsledku.

$\mu = 4,0''$  za rok. ✓

Diskuse výsledků:

*Nepřesnost vznikla především z nepřesným měřením, ale možná také vzniklou nepřesně položenou přímkou vynešenými body v obr. 3.*

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím článku O. Gingericha: Laboratory exercises in astronomy - proper motion (Sky and Telescope 49, 1975, č. 2, 96-98). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



## ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

Č. 1

### Vlastní pohyb hvězd

Hvězda 61 Cygni je jednou z nejbližších hvězd, o čemž svědčí její velký vlastní pohyb ( $1''$  za asi 700 let). Vlastní pohyb této hvězdy byl objeven r. 1792 Giuseppem Piazzim; hvězda 61 Cyg byla též první, u níž r. 1838 Friedrich W. Bessel změřil trigonometrickou paralaxu.

Naším úkolem bude určit velikost vlastního pohybu hvězdy 61 Cyg. Použijeme k tomu dva hvězdné atlasy: Bonner Durchmusterung (zkráceně BD, autor Friedrich W. A. Argelander) a Atlas Borealis (zkráceně AB, autor Antonín Bečvář). Souřadnice hvězd prvního z nich byly vztaženy k roku 1855, druhého k roku 1950, takže časový rozdíl mezi nimi dosahuje téměř století. Abychom nemuseli brát v úvahu změny souřadnic způsobené precesí, budeme polohu hvězdy 61 Cyg měřit vzhledem ke slabým okolním hvězdám, o nichž předpokládáme, že jejich vlastní pohyby jsou zanedbatelně malé.

Pracovní postup:

① Na mapách z atlasů BD a AB (obr. 1 a 2) vyberte v okolí 61 Cyg šest oporných hvězd (samozřejmě v obou mapách tytéž) a označte je čísly 1 až 6. Vzhledem k nim budete měřit polohu hvězdy 61 Cyg. Oporné hvězdy by měly obklopotvat 61 Cyg ze všech stran.

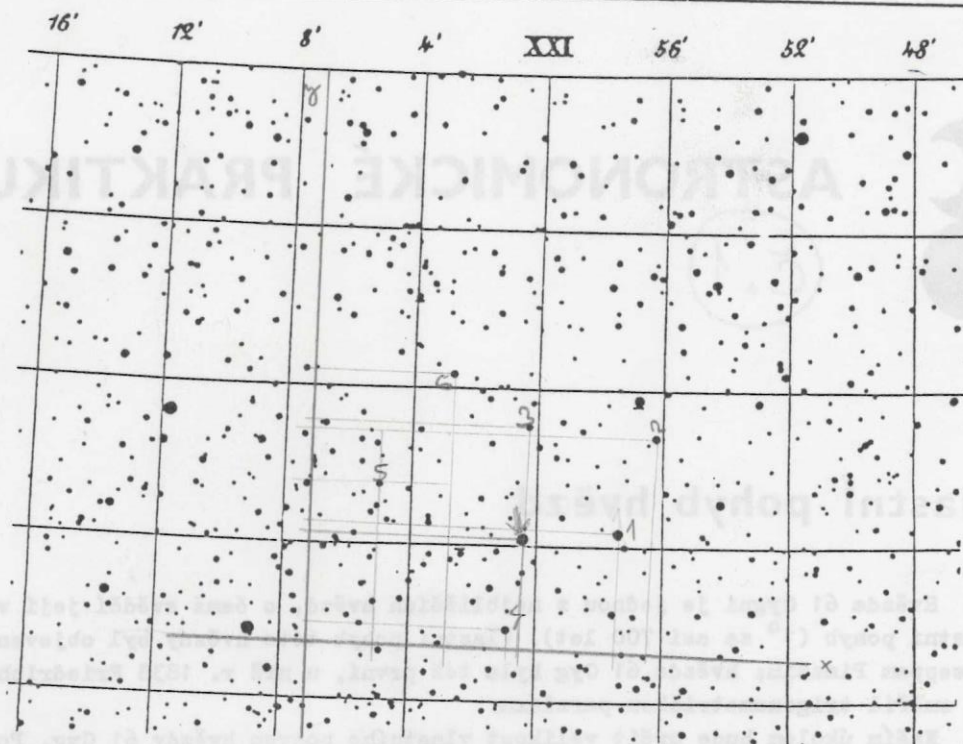
② Tužkou nakreslete do obou map pravoúhlou souřadnicovou soustavu (osy  $X$ ,  $Y$ ) tak, aby všechny měřené hvězdy ležely ve stejném kvadrantu a osy  $X$ ,  $Y$  byly pokud možno ve směru východ-západ a sever-jih. Jistěže se nepodaří zakreslit osy na obou mapách navzájem přesně rovnoběžné; tento nedostatek později odstraníme (viz bod 6).

③ V obou mapách změřte souřadnice  $x$ ,  $y$  hvězdy 61 Cyg, šesti oporných a opět 61 Cyg. Měřte s přesností na desetiny milimetru a výsledky zapisujte do tabulky 1. Měření pro 61 Cyg zprůměrujte a dále používejte tuto průměrnou hodnotu. Při oměřování dbejte na to, aby nedošlo k záměně hvězd (výsledky měření je třeba zkontrolovat)!

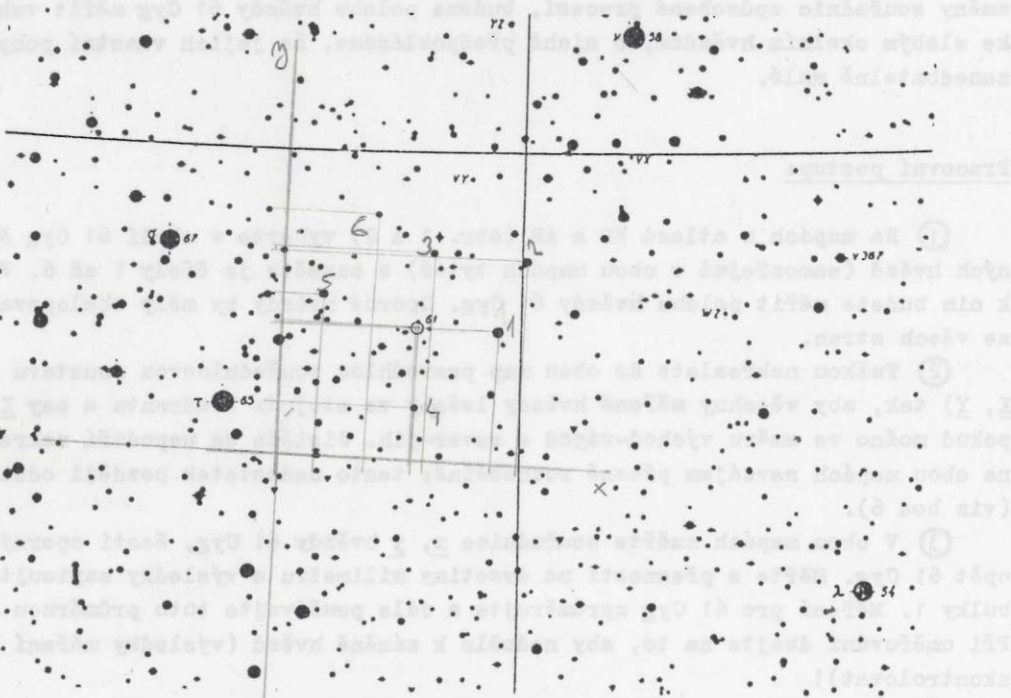
④ Atlasy AB a BD mají navzájem různé měřítko a proto je třeba redukovat AB do měřítka BD. Změřte na obou mapách vzdálenosti několika dvojic hvězd, jež jsou

(→ strana 4)





Obr. 1. Část mapy č. 23 atlasu Bonner Durchmusterung



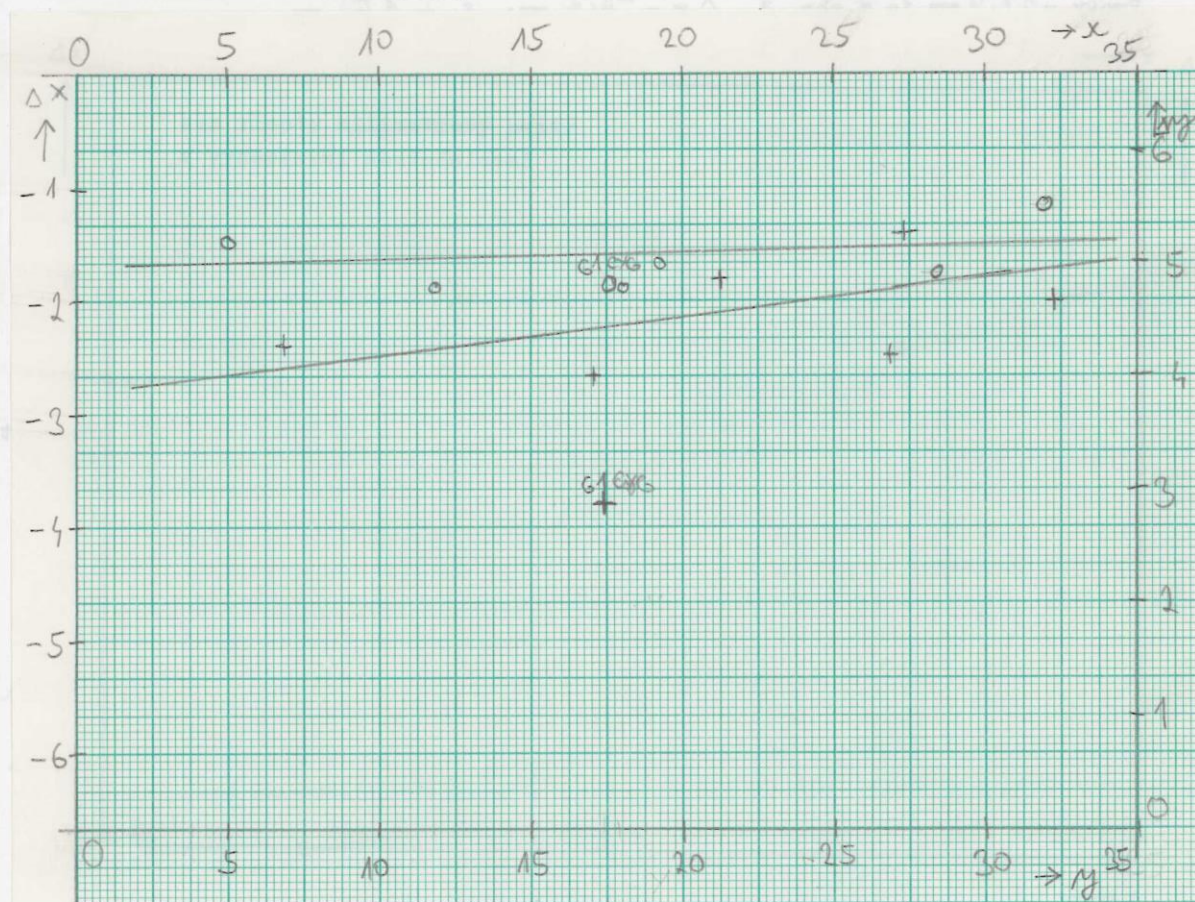
Obr. 2. Část mapy č. XI Atlasu Borealis

Tabulka 1.

Hvězda	AB		BD		AB redukované do měřítka BD		Reduk. AB - BD	
	x	y	x	y	x	y	$\Delta x$	$\Delta y$
61 Cyg	28,0	14,4	17,5	17,3	-	-	-	-
hvězda 1	40,9	16,1	28,4	17,1	31,1	12,2	-2,7	4,9
2	45,2	28,2	31,3	26,9	34,4	24,4	-2,5	5,5
3	28,3	29,4	19,3	27,3	21,5	22,3	-2,2	5,0
4	26,7	2,8	17,3	6,9	20,3	2,1	-2,4	4,8
5	8,9	21,1	5,0	21,2	6,8	16,0	-1,8	5,2
6	18,2	36,1	11,8	32,2	13,8	27,4	-2,0	4,8
61 Cyg	28,1	14,6	17,7	17,8	-	-	-	-
61 Cyg - prům.	28,1	14,5	17,6	17,6	21,4	11,0	-3,8	6,6

Vše uvedeno v milimetrech.

Poměr měřítek BD/AB = 1:0,76.



Obr. 3.