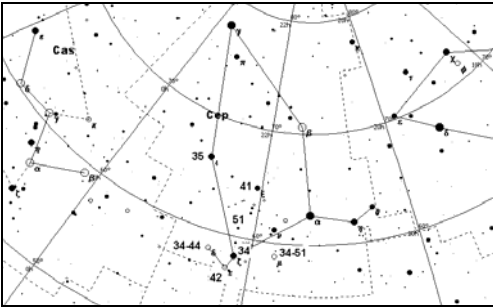


5. Jak astronomové měří a váží



praktikum

Vzdálenost cefeid

Cefeidy – pulsující proměnné hvězdy – slouží k určování vzdáleností ve vesmíru, jsou svého druhu „majáky“ rozestými v naší i cizích galaxiích. V roce 1912 totiž Henrietta S. Leavittová zjistila, že existuje výrazná závislost mezi střední jasností a periodou světelných změn u cefeid v Malém Magellanově oblaku (*Small Magellanic Cloud* – SMC): čím jsou periody delší, tím jsou cefeidy jasnější. Vzhledem k tomu, že všechny hvězdy v SMC jsou od nás prakticky stejně daleko, vyplývá z toho, že jasnější cefeidy jsou i ve skutečnosti zářivější než cefeidy méně jasné. Dalšími výzkumy se potvrdilo, že jde o obecnou vlastnost cefeid.

Naším úkolem je určit vzdálenost SMC; využijeme přitom závislosti jasnosti na periodě světelných změn cefeid.

Pracovní postup

1. V tabulce 1 jsou uvedeny periody P a hvězdné velikosti m pro 17 cefeid z SMC. Vypočítejte logaritmus periody a doplňte do tabulky. Do grafu (obr. 2) vynesete veličiny $\log P$ a m . Lineární závislost mezi oběma proměnnými by měla být patrná již na první pohled.

2. Na obr. 1 jsou zakresleny idealizované světelné křivky dalších čtyř cefeid z SMC. Z obrázku odečtete příslušné periody a hvězdné velikosti; $m_{\text{stř}}$ je střední hodnota maximální a minimální hodnoty hvězdné velikosti: $m_{\text{stř}} = (m_{\text{max}} + m_{\text{min}})/2$. Hvězdné velikosti odečítejte s přesností na desetinu magnitudy. Výsledky zapisujte do tabulky 3 a vynesete do grafu (obr. 2); tyto čtyři body označte odlišně od ostatních (prázdným kroužkem, křížkem apod.).

3. Vynesenými body na obr. 2 proložte přímkou. Dostanete tak nekalibrovanou závislost *perioda – jasnost* pro cefeidy (vzhledem k tomu, že vzdálenost všech cefeid v SMC od nás je přibližně stejná, je jasnost zároveň mírou zářivého výkonu těchto hvězd).

4. Kalibraci závislosti *perioda – jasnost* (obr. 2) provedeme tím způsobem, že do téhož grafu vyneseme absolutní hvězdné velikosti M a logaritmy period P pro 20 cefeid, jejichž vzdálenost byla určena jinak (příslušné hodnoty M a $\log P$ jsou v tabulce 2, jde o údaje uvedené R. P. Kraftem, 1961). Poznámka: povšimněte si způsobu označování proměnných hvězd, o němž byla zmínka v kapitole 1.4.

Stupnice $\log P$ zůstane stejná. Škálu M zvolte tak, aby se nově vynášené body nepřekrývaly s předchozími, protože by to znemožňovalo dostatečně přesné proložení přímkou vynesenými body. Stupnici M vynášejte na pravou svislou osu, měřítko musí zůstat stejné! Výhodné je volit posuv o celistvý počet magnitud.

Nově vynesenými body proložte přímkou.

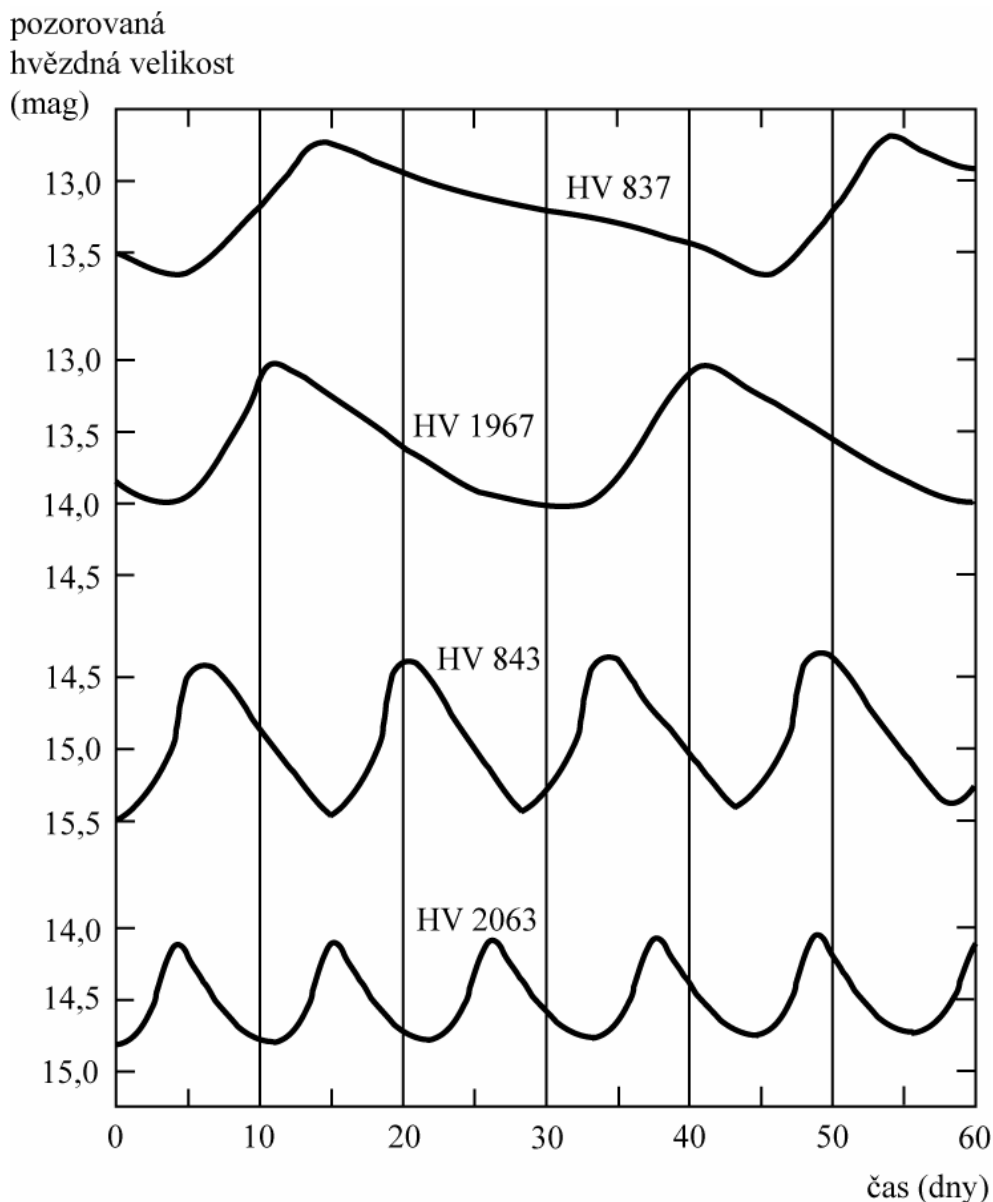
5. Jak astronomové měří a váží

5. Z obr. 2 určete vertikální rozdíl ($m - M$) mezi oběma přímkami (vzhledem k poněkud různým sklonům obou přímek odečtěte rozdíl na několika místech a zprůměrujte). Vezměte v úvahu i rozdíl škál m a M . Modul vzdálenosti ($m - M$), který takto získáte, umožní vypočítat vzdálenost r , neboť

$$m - M = 5 \log r - 5.$$

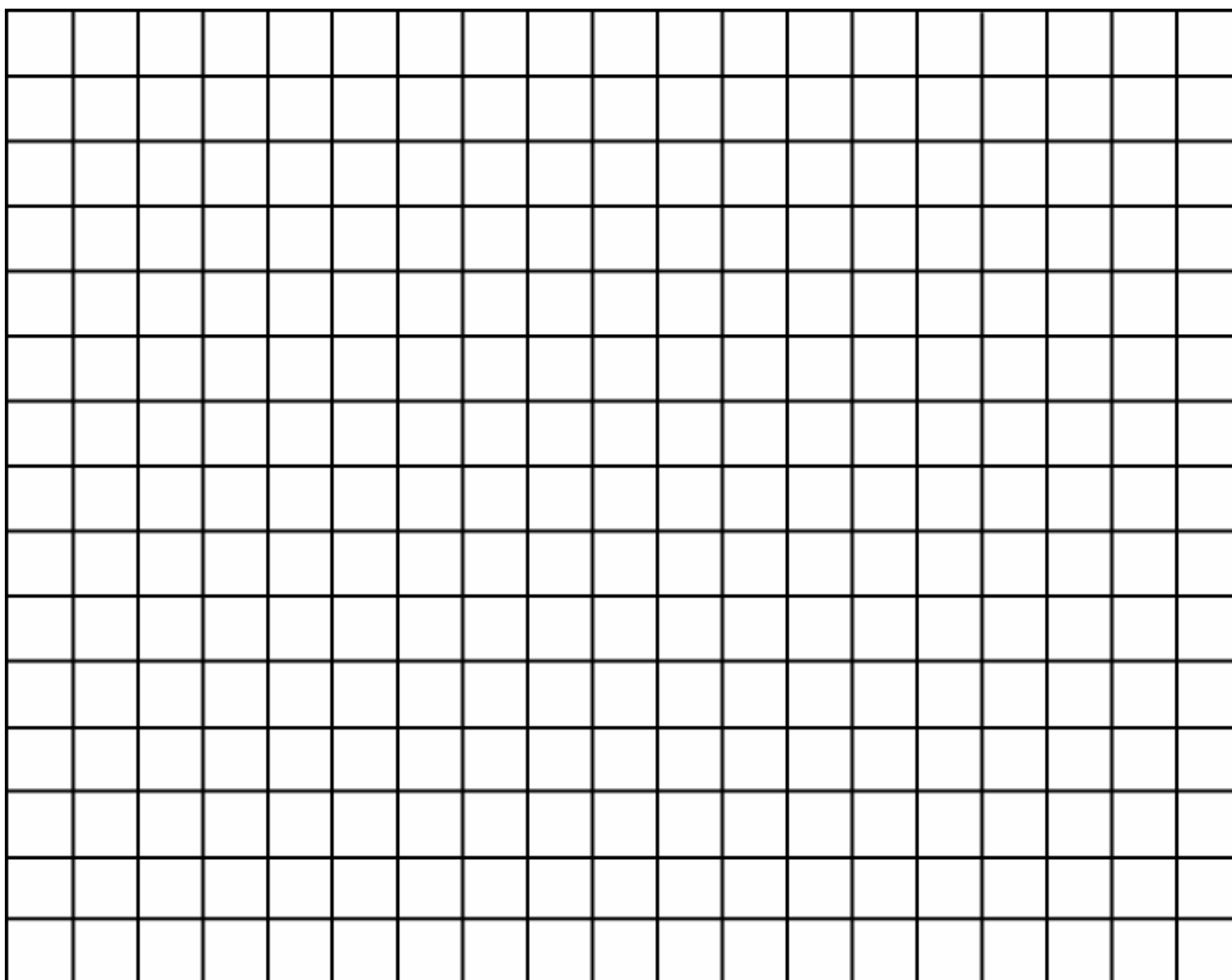
Praktikum bylo připraveno s použitím článku J. M. Pasachoffa a R. W. Goebela: *Laboratory Exercises in Astronomy – Cepheid Variables and the Cosmic Distance Scale* (Sky and Telescope 57, 1979, č. 3, 241-244).

Vstupní data, výsledky:



Obr. 1. Idealizované světelné křivky čtyř cefeid v SMC, získané H. C. Arpem. Písmena HV označují, že jde o proměnnou hvězdu objevenou na Harvardově observatoři.

5. Jak astronomové měří a váží



Obr. 2.

5. Jak astronomové měří a váží

Tabulka 1

<i>Hvězda</i>	<i>m (mag)</i>	<i>P (dny)</i>	<i>log P</i>
HV 2019	16,8	1,62	
HV 2035	16,7	2,00	
HV 844	16,3	2,24	
HV 2046	16,0	2,57	
HV 1809	16,1	2,82	
HV 1987	16,0	3,16	
HV 1825	15,6	4,27	
HV 1903	15,6	5,13	
HV 1945	15,2	6,46	
HV 2060	14,3	10,2	
HV 1873	14,7	12,9	
HV 1954	13,8	16,6	
HV 847	13,8	27,5	
HV 840	13,4	33,1	
HV 1182	13,6	39,8	
HV 1837	13,1	42,7	
HV 1877	13,1	50,1	

Tabulka 2

<i>Hvězda</i>	<i>log P</i>	<i>M (mag)</i>	<i>Hvězda</i>	<i>log P</i>	<i>M (mag)</i>
SU Cas	0,29	-1,7	U Sgr	0,83	-3,5
EV Sct	0,49	-2,4	η Aql	0,86	-3,5
SS Sct	0,56	-2,4	RX Cam	0,90	-3,7
SU Cyg	0,58	-2,8	DL Cas	0,90	-3,7
Y Lac	0,64	-2,8	S Nor	0,99	-3,7
FF Aql	0,65	-3,1	Z Lac	1,04	-4,1
CF Cas	0,69	-3,4	RW Cas	1,17	-4,5
V350 Sgr	0,71	-3,0	Y Oph	1,23	-5,3
CV Mon	0,73	-3,0	T Mon	1,34	-5,6
RR Lac	0,81	-3,4	SV Vul	1,65	-6,4

5. Jak astronomové měří a váží

Tabulka 3

<i>Hvězda</i>	m_{\max}	m_{\min}	$m_{\text{stř}}$	P (dny)	$\log P$
HV 837					
HV 1967					
HV 843					
HV 2063					

rozdíl škál m a M : _____

průměrná vzdálenost obou přímek v obr. 2: _____

modul vzdálenosti ($m - M$) = _____

vzdálenost r = _____