

Vizuální pozorování proměnných hvězd



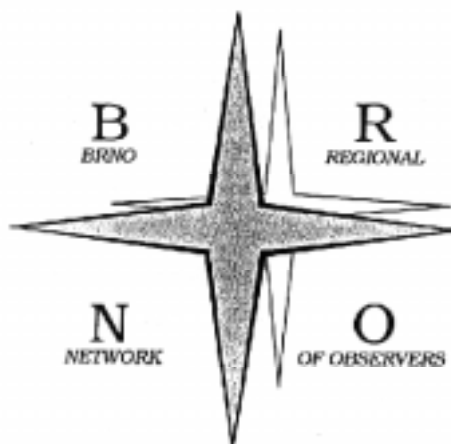
- malá příručka pro začátečníky -

B.R.N.O. - sekce pozorovatelů proměnných hvězd České Astronomické Společnosti
MEDÚZA - skupina pozorovatelů fyzických proměnných hvězd při B.R.N.O.



Obsah

Úvod	2
Odhadní stupeň	2
Vizuální odhad	2
Hvězdná velikost	3
Čas	4
Specifika pozorování (a jeho zpracovávání) zákrytových dvojhvězd	4
Čeho se vyvarovat !	5
Příloha - тренаžёр	7



Texty napsal: **Luboš Brát**, 1998

Snímky pro TRENAŽÉR poskytl: **Ing. Jan Šafář**, 1998

Sazba: **Luboš Brát**, 1998



1) Úvod

Pokud se o někom řekne, že *vizuálně pozoruje proměnné hvězdy*, znamená to, že se dotyčný dívá na oblohu - může jen očima nebo si pomáhá dalekohledem - a porovnává, jak jasná se mu jeví proměnná hvězda vzhledem k okolním hvězdám (s konstantní jasností). Zda je slabší, stejně jasná nebo jasnější než určitá srovnávací hvězda. Výstupem této činnosti je tzv. *vizuální odhad*, ze kterého lze vypočítat (viz. dále) hvězdnou velikost proměnné v magnitudách.

A jak pořídít takový odhad jasnost si ukážeme právě v této příručce.



2) Odhadní stupeň

To, jak jasná se jeví vizuálnímu pozorovateli proměnná hvězda vzhledem ke srovnávací hvězdě, popisuje tzv. *odhadní stupeň*. Podle toho, jak velký je tento rozdíl, používáme odhadní stupně 0, 1, 2, 3 a 4.

To, který odhadní stupeň pozorovatel použije, závisí pouze na něm a určuje ho doslova "od oka". Zde jsou definice, které pomáhají pozorovateli určit odhadní stupeň.

AS	Definiční popis rozdílu slabostí srovnávaných hvězd	zápis
0	Hvězda <i>A</i> se jeví stejně slabá jako hvězda <i>B</i> nebo se chvílemi zdá střídavě nepatrně slabší a nepatrně jasnější než hvězda <i>B</i> .	A0B
1	Při bedlivém pozorování se hvězda <i>A</i> jeví častěji jasnější než stejně jasná jako hvězda <i>B</i> , jen vyjimečně se jeví hvězda <i>B</i> jasnější než hvězda <i>A</i> .	A1B
2	Hvězda <i>A</i> se jeví takřka vždy o málo jasnější než hvězda <i>B</i> . Jen zřídka se zdá, že se jejich slabosti rovnají.	A2B
3	Hvězda <i>A</i> se na první pohled jeví jasnější než hvězda <i>B</i> .	A3B
4	Hvězda <i>A</i> je výrazně jasnější než hvězda <i>B</i> .	A4B

tabulka 1



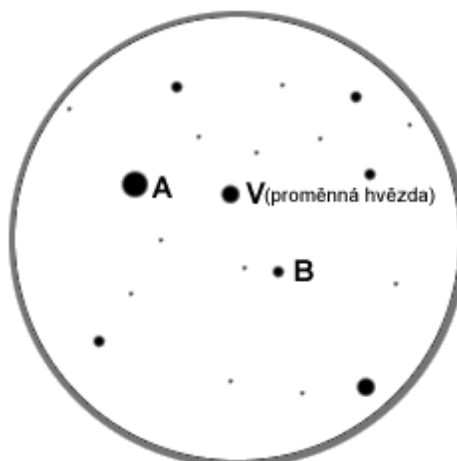
3) Vizuální odhad

Abychom mohli přesně stanovit, jakou hvězdnou velikost má proměnná hvězda v daném časovém okamžiku, musíme srovnat jasnost proměnné se *dvěmi srovnávacími hvězdami* - s jednou jasnější a s jednou slabší než je proměnná. Označíme-li si symbolicky proměnnou hvězdu **V**, a jasnější srovnávací hvězdu **A** a slabší **B**, může vypadat odhad jasnosti třeba takto:

A 4 V 2 B

To znamená, že srovnávací hvězda **A** je mnohem jasnější než proměnná, která je středně jasnější než srovnávací hvězda **B**. Jasnější srovnávací hvězda se píše vždy doleva od proměnné a slabší doprava. To, kolik činí rozdíl jasností mezi danými hvězdami, tedy kolik je mezi nimi odhadních stupňů, se píše mezi symboly hvězd.

Například si ukažme situaci na obrázku 1. Srovnávací hvězda **A** je očividně jasnější než proměnná hvězda a srovnávací hvězda **B** je slabší než proměnná hvězda.



obr. 1

Odhad by v tomto případě zněl asi $A3V4B$. Ještě nesmíme zapomenout zaznamenat si čas, kdy jsme pozorovali - např 19:14 UT (světový čas).

Na tomto místě by bylo dobré se také zmínit o další metodě, jak určit relativní slabost proměnné hvězdy vůči srovnávacím hvězdám. V tabulce 1 jsou popsány definice odhadních stupňů 0 až 4, čili je zde popsán jakýsi absolutní vjem lidského oka. V praxi se však ukazuje, že lidské oko (respektive mozek) lépe dokáže rozpoznat poměr jasností než jejich rozdíl. Proto se na každý odhad můžete dívat jako na záznam poměru jasností a ne rozdílů a rovněž ho tak můžete pořídit. Situace na obrázku 1 lze rovněž popsat následujícím způsobem.

Jestliže "vzdálenost" mezi A a V je 3, jaká potom je "vzdálenost" mezi V a B? Pokud se nám bude zdát větší, musí to logicky být číslo větší než 3, tedy 4. Pokud se pozorovateli bude rozdíl mezi V a B jevit menší než rozdíl mezi A a V, musí být odhadní stupeň menší než 3.

Rozdíl oproti první metodě tedy spočívá v tom, že při určování poměrů se díváme na všechny tři sledované hvězdy a popisujeme jejich vzájemné rozdíly v jasnosti, kdežto v první metodě pořizujeme nejprve jeden odhad - se hvězdou A - a potom až nezávisle určíme odhad se hvězdou B.

Nejdeálnější se ukazuje být kombinace obou metod. *Nejprve tedy určíme počet odhadních stupňů mezi proměnnou hvězdou a jednou srovnávací hvězdou a potom se až snažíme dotvořit odhad metodou poměrů.*



4) Hvězdná velikost

Nyní se dostáváme ke klíčové otázce. Provedeme-li odhad jasnosti mezi srovnávacími hvězdami A a B, a napíšeme odhad ve tvaru: $A3V4B$, *jaká bude výsledná hvězdná velikost proměnné?* K tomu, abychom mohli určit hvězdnou velikost proměnné hvězdy, potřebujeme znát hodnoty hvězdných velikostí srovnávacích hvězd v magnitudách. Výpočet se provádí podle vztahu pro *lineární interpolaci*. Pro obecný odhad $XpVqY$ vypadá vzorec takto:

$$V = \frac{Y - X}{p + q} \cdot p + X$$

kde V je jasnost proměnné hvězdy v magnitudách, Y je hvězdná velikost slabší srovnávací hvězdy, X je stejný údaj pro jasnější srovnávací hvězdu, p je počet odhadních stupňů mezi jasnější srovnávačkou a proměnnou a q je stejný údaj pro slabší srovnávací hvězdu.

Pro odhad $A3V4B$ a hodnoty například $A=2,0$ mag, $B=2,7$ mag bude výsledná hvězdná velikost proměnné 2,3 mag. Je přitom jasné, že je-li p nebo q rovno nule, bude výsledná hvězdná velikost proměnné rovna přesně hvězdné velikosti srovnávací hvězdě, neboť se nám na obloze zdají stejně jasné.

Odhadujeme-li s více srovnávacími hvězdami než se dvěma, vypočítáme nejprve jednotlivé odhady a výsledná hvězdná velikost proměnné bude rovna aritmetickému průměru všech dílčích hodnot.



5) Čas

Okamžik, kdy jsme pozorováním určili jasnost objektu vizuálním odhadem, je stejně důležitý údaj, jako hvězdná velikost proměnné samotná. Lze jej zaokrouhlovat v závislosti na typu pozorované proměnné hvězdy.

Je jasné, že při pozorování hvězdy typu Mira či SR můžeme okamžik odhadu uvést s přesností na hodinu, někdy i menší. Periody světelných změn dosahují u takových hvězd mnoha stovek dnů a ve světelné křivce nehraje hodina sem, hodina tam, žádnou roli. Přesto se vyplatí zaznamenávat si čas s přesností na minutu. Při náhodné přítomnosti rychlých (sekundárních) změn jasnosti může nepřesně zapsaný okamžik odhadu způsobit chybu i několika desetin magnitudy.

U hvězd typů RV či DCEP apod. je nezbytné udávat čas s přesností na desítky minut. Periody světelných změn jsou řádově desítky dní, ale mohou se vyskytnout i rychleji se měnící hvězdy. Potom platí pravidlo uvedené již výše.

U zákrytových dvojhvězd, hvězd typu RR Lyr či d Sct je již nutnost udávat okamžiky pořízení odhadu s přesností na minutu, neboť změny jasnosti mohou být zřetelné i po několika minutách. Při konečném zpracování je potom nutné provádět heliocentrickou korekci (ta dosahuje až +/- 8,3 minuty).

Čas odhadu se vždy uvádí ve světovém čase - UT. Korekce na UT se ve střední Evropě provádí odečtením 1 hodiny od SEČ (středoevropský čas), respektive 2 hodin od SELČ (středoevropský letní čas). Například 23:05 (SELČ) = 22:05 (SEČ) = 21:05 (UT).

Nyní máme časový údaj odhadu ve tvaru HH:MM (sekundy není nutné udávat) - například 21:05 (UT). K dalšímu zpracování, jako je například konstrukce světelných křivek, je výhodné pracovat se záznamem času ve tvaru zlomku dne. Pozorovali jsme například v noci 7./8. dne v měsíci, přepočítáme 21:05 (UT) na 7,878 (UT). Číslo před desetinou čárkou je pořadové číslo dne v měsíci a desetinná místa dostaneme následujícím způsobem:

- 1) Převodíme údaj na hodiny a zlomky hodiny: $21 + 05/60 = 21,083$ (UT)
- 2) Převodíme údaj na dny a zlomky dne: $7 + 21,083/24 = 7,878$ (UT)

Při posílání pozorování do databáze (ať už [MEDÚZY](#), či jiné organizace) je nutné udávat ještě okamžik odhadu v Juliánském Datování - JD. Převod dnů se provádí například pomocí ročenky, kde je pro každý den v příslušném roce uvedeno i JD (v tabulce slunečních východů a západů). Převod hodiny se provádí jednoduše odečtením 0,5 dne. Je to z toho důvodu, že nový "Juliánský" den začíná v pravé poledne a ne o půlnoci, jako v našem kalendáři. Takže pokud jsme pozorovali v noci 7./8.8.1998 a odhad byl proveden ve 21:05 (UT), bude občanské datum 1998-08-07,878 (UT) a Juliánské datum 2451033,378.



6) Specifika pozorování (a jeho zpracování) zákrytových dvojhvězd

Při pozorování zákrytových dvojhvězd, které organizuje [B.R.N.O. - sekce pozorovatelů proměnných hvězd ČAS](#), většinou narážíme na fakt, že neznáme hvězdné velikosti srovnávacích hvězd a nemůžeme tedy vypočítat hvězdnou velikost proměnné.

Naštěstí nás u hvězd tohoto typu zajímá pouze okamžik minima jasnosti a absolutní změny jasnosti zjišťovat nemusíme. Pomáháme si tedy následujícím způsobem.

A) Během noci napozorujeme řadu odhadů (minimálně 9), které pokrývají časový úsek, v němž mělo dojít k poklesu jasnosti. Odhady provádíme nepravidelně v časových odstupech od 10 minut do 60 minut (záleží na délce minima). Zapisujeme vždy čas ([v UT](#)) a [odhad](#) ve tvaru ApVqB.

B) Protože neznáme hvězdné velikosti srovnávacích hvězd, určíme si *relativní škálu slabosti*. Nejjasnější hvězdu položíme rovnu nule ($A = 0,0$) Zjistíme, ve kterých případech jsme odhadovali mezi srovnávacími hvězdami A a B. Ve všech těchto odhadech sečteme $p + q$ a všechny součty sečteme dohromady. Vydělíme takto získané číslo počtem sečtených odhadů a získáme tak průměrný rozdíl jasností mezi srovnávacími hvězdami A a B. Tento rozdíl přičteme k hodnotě slabosti A (v našem případě je $A = 0,0$) a dostaneme slabost B. Například vyjde-li nám průměrný

rozdíl mezi A a B 8,5 odhadních stupňů, je $B = 8,5$. Takto pokračujeme u další srovnávací hvězdy až dostaneme hodnoty slabostí všech srovnávacích hvězd. Vždy přičítáme počet odhadních stupňů k předchozí srovnávací hvězdě. Počítáme-li například slabost C, spočítáme si průměrný rozdíl jasností mezi B a C a výsledek přičteme k hodnotě B. Počítáme-li srovnávací hvězdu D, spočteme rozdíl její jasnosti od C, atd.

C) Vypočítáme si hodnoty slabostí proměnné hvězdy pro všechny odhady. To provedeme přesně podle návodu popsaného [výše](#), jen místo hvězdných velikostí srovnávacích hvězd dosazujeme zjištěné slabosti.

D) Abychom zjistili přesný okamžik minima jasnosti, musíme si sestrojít světelnou křivku. Vyneseme si tedy graf, kde na ose x bude čas (v UT) a na ose y budou vypočítané relativní slabosti proměnné.

E) Máme-li sestrojenou světelnou křivku (měla by mít tvar symetrického minima), překreslíme osu x a všechny body na pauzovací papír. Ten převrátíme a přiložíme na původní graf. Překryjeme osy x na pouzovacím papíře a na podkladu. Posunujeme vzájemně oba papíry po ose x do té doby, než se minima nejlépe kryjí. Vyznačíme si časový okamžik, pro který toto platí (musí se překrývat na podkladu i na pauzovacím papíře). Tak dostaneme okamžik minima jasnosti.

F) Závěrečný krok představuje vyplnění [PROTOKOLU](#) pro pozorování zákrytových dvojhvězd a odeslání poštou do centrální databáze v Brně na Hvězdárně Mikuláše Koperníka, Kraví hora 2, 616 00, Brno k rukám RNDr. Miloslava Zejdy.

POZN.) Body B) až F) mohou být nahrazeny použitím speciálního software - [Gorgona](#) (autor Ing. M. Artim)



7) Čeho se vyvarovat!

Při vizuálním pozorování se lze dopustit mnoha chyb, které mohou zcela znehodnotit vynaložené úsilí. Některým chybám však lze předejít, bude-li o nich pozorovatel vědět a bude-li pozorovat pečlivě.

Velmi častou chybou začínajících pozorovatelů je porovnávání proměnné a srovnávací hvězdy, přičemž pozorovatel **nepřejíždí pohledem** od jedné ke druhé, ale dívá se třeba mezi obě hvězdy. V takovém případě dopadá světlo od každé hvězdy na jiné místo sítnice, které je jinak citlivé. Tímto způsobem mohou vzniknout chyby až 0,5 magnitudy. Je nutné pozorovat obě srovnávané hvězdy pod stejným úhlem!

Špatný výběr srovnávacích hvězd. Někteří začínající pozorovatelé si myslí, že když si mají vybrat "nejbližší" srovnávací hvězdy, znamená to nejbližší úhlově. To je samozřejmě mýlka. Mluví-li se o nejbližších srovnávacích hvězdách, myslí se tím používání srovnávacích hvězd, které jsou *jasnostně* nejbližší. V praxi to znamená, že pokud jsou na mapce srovnávací hvězdy A,B,C,D,E,F a G, je nejlépe používat vždy následující srovnávací hvězdu a nepřeskakovat. Nachází-li se proměnná jasnostně mezi C a D, je nutné používat právě tyto nejbližší srovnávací hvězdy a nedělat odhad mezi A a F. Tím neuvěřitelně narůstá chyba.

Dalším kamenem úrazu při odhadování bývá **špatná volba pozorovacího přístroje**. Mnohem hůře se odhadují velmi jasné hvězdy, než slabé body. Samozřejmě, když tu slaboučkou hvězdičku téměř nevidíme, roste chyba také. V následující tabulce uvádíme vhodné přístroje pro příslušné rozsahy jasností hvězd.

V (mag)	přístroj
0 - 4	oko
4 - 8	triedr
8 - 11	binar, přístroje s velikostí okolo 10 cm
10 - 13	15 cm - 20 cm přístroje
12 a více	další

tabulka 2

Je také důležité, aby srovnávací a proměnná hvězda byly v okamžiku odhadování **stejně daleko od středu zorného pole**, respektive od jeho okraje. Tím se odstraní zeslabování světla u okraje zorného pole.

Při pozorování zákrytových dvojhvězd se rovněž často stává, že pozorovatel nejprve udělá odhad **mezi A a B**, potom **mezi A a C** a nakonec se opět vrátí k prvnímu schématu. Takové pozorování později nelze zpracovat způsobem popsaným v kapitole 6)! Vždy odhadujte mezi stejnými hvězdami (u zákrytových dvojhvězd). Pokud už jednou přeskočíte nějakou srovnávací hvězdu, nevracejte se k ní a v dané noci už ji nepoužívejte.

Subjektivní ovlivnění. Pozorovatelé zákrytových dvojhvězd bývají často ovlivněni faktem, že vědí, jak se bude proměnná hvězda chovat a podvědomě se snaží "upravovat" a "opravovat" to co vidí na to, co by měli vidět. To je ovšem zásadní chyba, protože takové pozorování má mizivou hodnotu a často bývá špatné. Pokoušejte se zapomínat předcházející odhady a rovněž i přibližný okamžik, kdy má mít hvězda minimum. Mohlo by se vám stát, že narazíte na proměnnou hvězdu, která změnila periodu a předpověď je tedy zcela špatná. Vždy si zapisujte pouze to co skutečně vidíte a ne to, co by jste měli vidět.

Nyní jste připraveni vyzkoušet si pozorování proměnné hvězdy téměř v reálu - použijte náš pozorovací [TRENAŽÉR](#).



Oficiální server proměnných hvězd v ČR: <http://var.astro.cz>
- vše co chcete vědět o proměnných hvězdách -



PŘÍLOHA - pozorovací trenážer

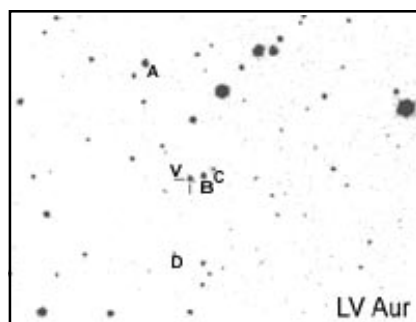
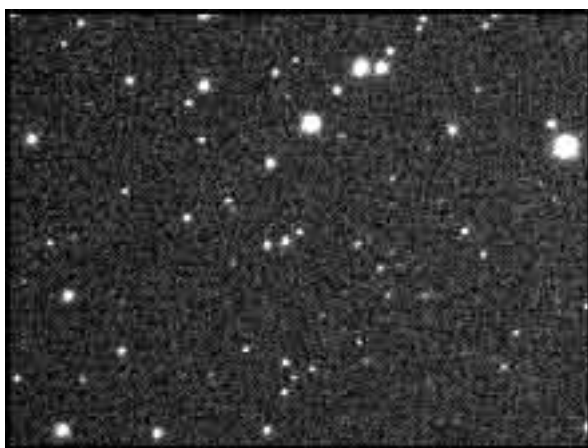
Na následující sekvenci snímků si můžete vyzkoušet vizuální pozorování zákrytové dvojhvězdy **LV Aur** (13.4 - 16.2 mag). Jedná se o CCD pozorování **Ing. Jana Šafáře** pořízené v noci **4./5. 2. 1998** na Hvězdárně M.Koperníka v Brně pomocí 40cm reflectoru s CCD kamerou ST7 bez filtru. Každá expozice trvala 60s.

Snímky jsou zpřeházené, takže není pravda, že první snímek byl první pořízený. Nebudete tudíž moci být subjektivně ovlivněni vědomím, že hvězda má nejprve klesat a poté stoupat. Zapište si vždy jen odhad a čas.

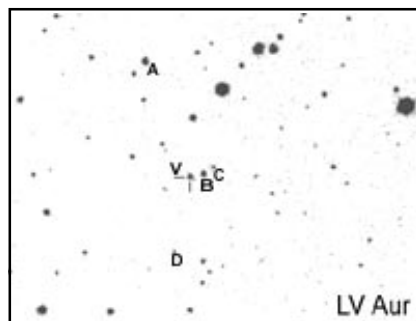
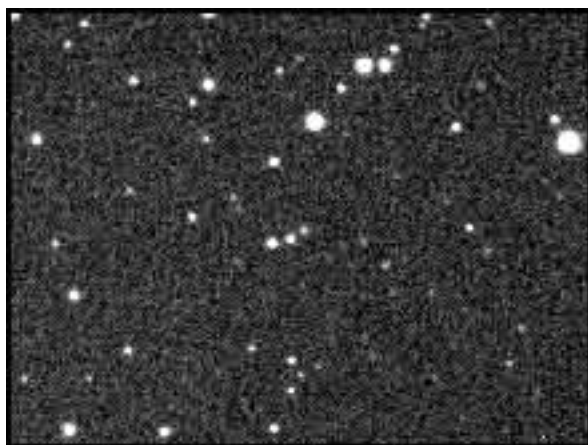
START

datum: 4./5. 2. 1998

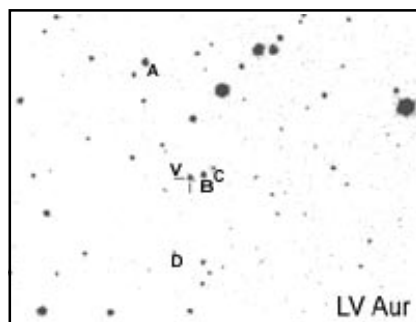
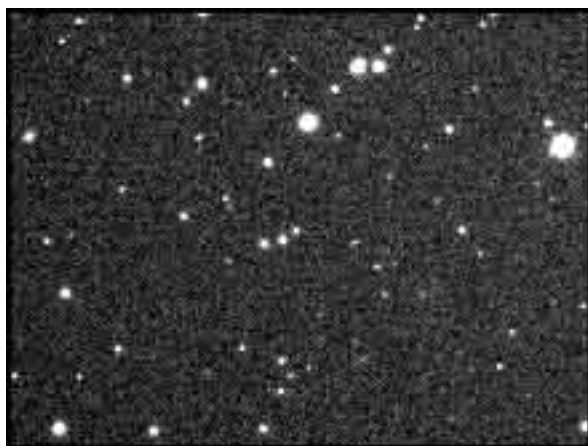
20 01 UT



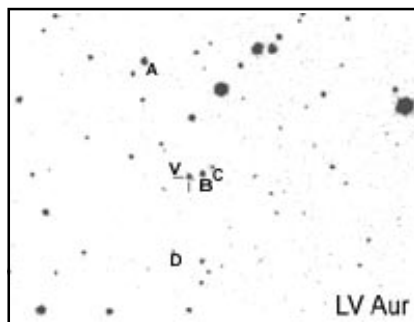
01 02 UT



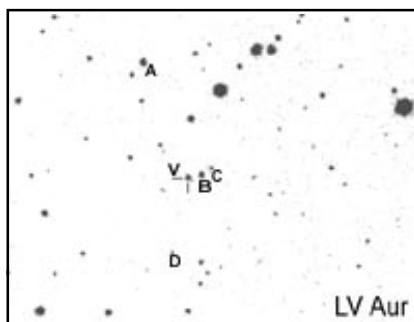
01 02 UT



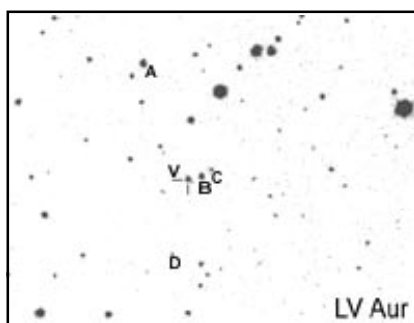
22 58 UT



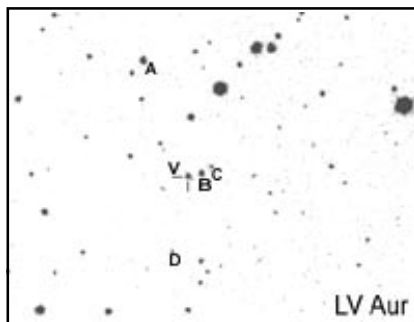
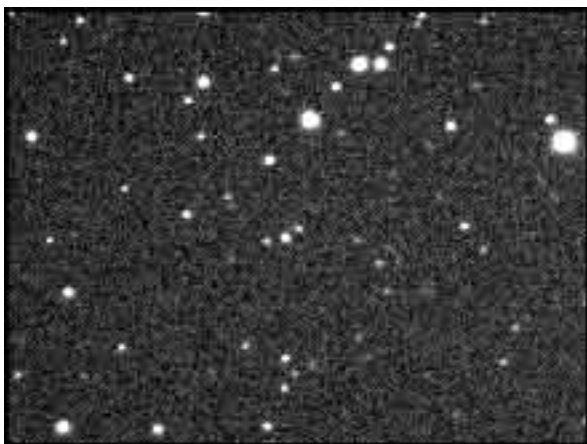
20 18 UT



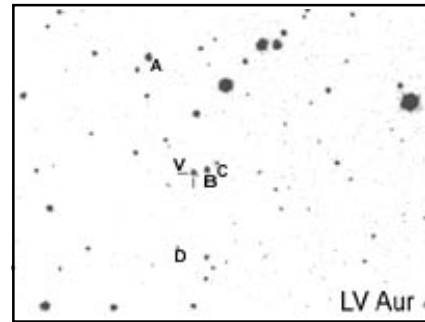
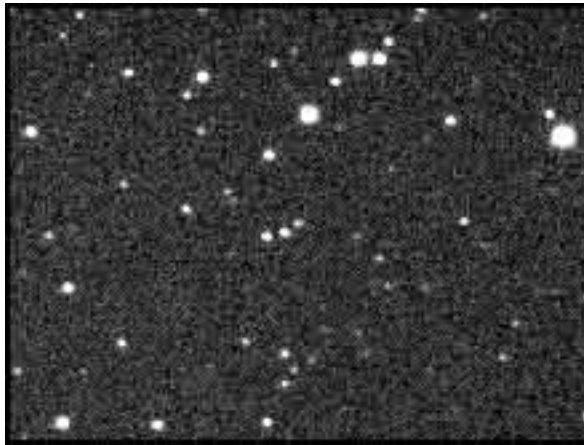
19 24 UT



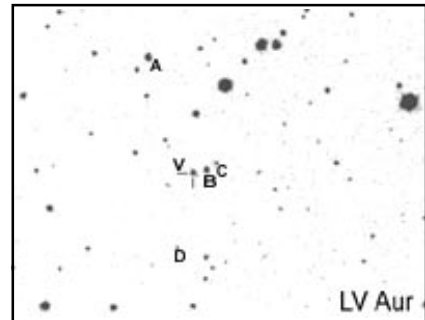
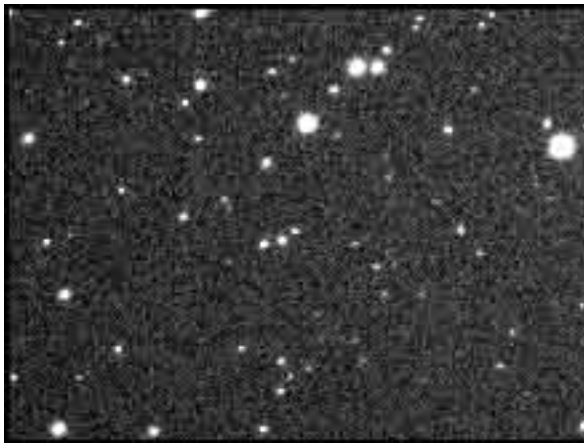
22 33 UT



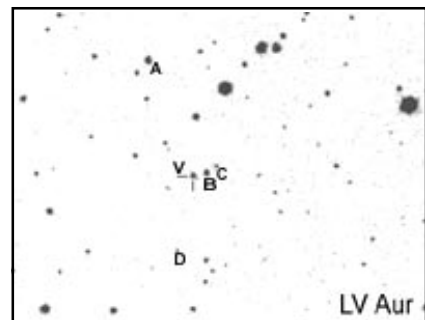
23 57 UT



19 30 UT



23 31 UT



Nyní si můžete zpracovat pozorování podle pokynů v úvodní teoretické části.
Správný výsledek, který zjistil Ing. Šafař je **Tmin= 21h 51min +/- 5min.**

