Slovenská akadémia vied
Astronomický ústav

Mgr. Theodor Pribulla

Fotometrický a spektroskopický výskum kontaktnej dvojhviezdy AW UMa

Autoreferát dizertácie na získanie vedeckej hodnosti kandidáta fyzikálno-matematických vied

Vedný odbor

11–41–09 Astrofyzika

Tatranská Lomnica
August 1997

Dizertačná práca vznikla na Astronomickom ústave SAV v rámci internej vedeckej ašpirantúry a pri riešení grantového projektu SAV 1282.

Uchádzač: Mgr. Theodor Pribulla,
Astronomický ústav SAV

Školiteľ: RNDr. Drahomír Chochol, CSc.,
Astronomický ústav SAV

Oponenti: RNDr. Jiří Grygar, CSc.
RNDr. Ladislav Hric, CSc.
RNDr. Jozef Tremko, CSc.

Stanovisko k dizertácii vypracoval Astronomický ústav SAV.

Autoreferát bol rozoslaný dňa ....

Obhajoba dizertácie sa koná dňa .... o .... hod. na Astronomickom ústave SAV pred komisiou pre obhajoby kandidátskych dizertačných prác v odbore 11–40–09 astronómia a 11–41–09 astrofyzika.

S dizertáciou sa možno oboznámiť v knižnici Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici.

RNDr. Vojtech Rušin, DrSc.,
predseda komisie pre obhajoby
kandidátskych dizertačných prác
v odboroch astronómia a astrofyzika

Obsah

Úvod do problematiky

Kontaktné dvojhviezdy (sústavy typu W UMa) sú veľmi zaujímavou skupinou objektov. Skladajú sa z dvoch zložiek, ktoré vypĺňujú svoj vnútorný Rocheov povrch. Dvojhviezdy typu W UMa sú väčšinou zákrytové premenné hviezdy, keďže ich zložky sú veľmi blízko. Prenos hmoty a energie cez spoločnú obálku spôsobuje, že teploty primárnej a sekundárnej zložky sa odlišujú len nepatrne, hoci pomery hmotností sústav typu W UMa sa pohybujú od 0,075 (AW UMa) do 0,84 (OO Aql) (Rucinski, 1993). Preto hĺbka oboch miním je približne rovnaká a menšia ako u oddelených sústav. Jasnosť sústav typu W UMa sa mení kontinuálne, lebo ich zložky sa značne odlišujú od sférických telies. Vzájomné slapové pôsobenie zložiek spôsobuje, že excentricita dráh sústav typu W UMa je nulová a rotácia oboch zložiek synchrónna (Kopal, 1978). Svetelné krivky W UMa dvojhviezd sú často premenné v dôsledku okolohviezdnej hmoty, plynných prúdov, alebo oblastí na ich povrchu s rozdielnou teplotou (Mullan, 1975). Aktivita sa často vyskytuje v okolí Lagrangeovho libračného bodu L_1 a prejavuje sa emisiou mäkkého röntgenového žiarenia (Bradstreet a Guinan, 1990). Plynné prúdy v okolí sústav typu W UMa, alebo v povrchových vrstvách ovplyvňujú profily spektrálnych čiar dodatočnými absorpciami, alebo emisiami a tým ovplyvňujú aj krivku radiálnych rýchlostí. Perióda sústav typu W UMa je väčšinou kratšia ako jeden deň a je zviazaná s povrchovou teplotou (farbou) sústavy (Eggen, 1967). Často pozorujeme aj jej zmeny (skrátenia aj predĺženia nastávajú rovnako často), ktoré môžu byť vyvolané viacerými procesmi - prenosom hmoty medzi zložkami, odtokom hmoty zo sústavy, brzdením v spoločnej obálke, alebo magnetickým brzdením. Zmeny periódy môžu byť aj zdanlivé - vyvolané prítomnosťou tretieho telesa.

Na základe svetelných kriviek a kriviek radiálnych rýchlostí delíme kontaktné dvojhviezdy na typ A a typ W (Binnendijk, 1970). Kontaktné sústavy typu A majú teplejšiu primárnu (hmotnejšiu) zložku, sústavy typu W sekundárnu. Tieto dve podskupiny sa odlišujú aj aktivitou, svietivosťou, periódou atď. (pozri Duerbeck, 1984, Rucinski, 1993).

Vývoj kontaktných dvojhviezd dodnes presne nepoznáme. Existujú dve hlavné teórie AML (angular momentum loss) a TRO (thermal relaxation oscillations) popisujúce vývoj kontaktných sústav. Podľa prvej je rozhodujúcim procesom pre vývoj dvojhviezdy strata momentu hybnosti (AML), ktorá spôsobuje postupné približovanie zložiek, zmenšovanie pomeru hmotností až nakoniec vznik rýchlorotujúcej hviezdy. Druhý možný vývojový scenár (TRO) predpokladá zachovanie momentu hybnosti. Kontakt dvoch hviezd s rozdielnými hmotnosťami vedie k osciláciam pomeru hmotností a periodickým prechodom sústavy cez polodotykové a kontaktné fázy, pričom sa mení smer prenosu hmoty medzi zložkami. O tom, ktorý proces je pre danú sústavu podstatný, rozhoduje predovšetkým pomer hmotností, fill-out parameter ako aj rýchlosť straty momentu hybnosti zo sústavy (pozri Lin, 1990). Pre pochopenie vývoja kontaktných sústav je potrebné poznať aj ich vek. Jeho určenie je však veľmi neurčité. Na základe výskytu sústav typu W UMa v otvorených aj guľových hviezdokopách sa zdá, že medzi nimi existujú staré aj mladé objekty (Rucinski, 1993).

AW UMa je kontaktnou dvojhviezdou s najmenším známym pomerom hmotností q = 0,075. Sústavu objavil a klasifikoval ako typ A Paczynski (1964). Ďalšie fotometrické pozorovania ukázali, že svetelná krivka AW UMa sa s časom mení. Niektorí pozorovatelia nezaznamenali zmeny svetelnej krivky (napr. Woodward et al., 1980), iní zistili, že sa svetelná krivka sústavy mení (Hrivnak, 1982, Bakos et al., 1991). Najväčšie zmeny svetelnej krivky zistili Derman et al. (1990) z pozorovaní v rokoch 1989 a 1990. Zmeny aktivity sústavy ukazujú aj polarimetrické pozorovania (Oschepkov, 1974, Piirola, 1975). Woodward et al. (1980) zistili, že okolo roku 1976 sa orbitálna perióda AW UMa skrátila. Na základe nerovnomerne rozložených pozorovaní však neboli schopní rozhodnúť, či ide o náhlu, alebo kontinuálnu zmenu periódy. V roku 1994 pravdepodobne došlo k ďalšiemu náhlemu skráteniu periódy (Pribulla et al., 1997). Doteraz nebol jednoznačne určený mechanizmus spôsobujúci skracovanie periódy AW UMa. Zaujímavé výsledky priniesli aj spektroskopické pozorovania. Ich spracovaním bol potvrdený fotometrický pomer hmotností (McLean, 1981), bolo zistené, že pozorované profily vodíkových čiar sú užšie ako teoretické (Rensing et al., 1985) a boli určené spektroskopické elementy sústavy. Pološírky spektrálnych čiar sa menia v dôsledku rotácie sústavy (Paczynski, 1964, Rucinski, 1992). Radiálna rýchlosť ťažiska AW UMa sa podľa doterajších určení pohybuje od -0,8 km.s^{-1} (Rensing et al., 1985) do -17 km.s^{-1} (McLean, 1981). Rozdiely v jej určeniach boli však doteraz vyrovnávané a ignorované. Rozdielne sú aj určenia poloamplitúdy zmien radiálnej rýchlosti primárnej zložky, čo spôsobuje rozdiely v hodnotách jej hmotnosti. Horný odhad hmotnosti primárnej zložky je $M_1 = 4{,}16\ M_\odot$ (McLean, 1981), dolný je $M_1 = 1{,}28\ M_\odot$ (Rucinski, 1992). Tieto rozdiely nedovoľujú jednoznačne zistiť polohu AW UMa na hlavnej postupnosti v H.-R. diagrame.

Cieľ dizertačnej práce

Hoci sa sústavou AW UMa zaoberalo viacero autorov, doteraz nebol získaný komplexný obraz tejto sústavy a model, ktorý by vysvetľoval variácie svetelnej krivky, orbitálnej periódy ako aj radiálnej rýchlosti ťažiska tejto sústavy.

Cieľom tejto dizertačnej práce bolo zistenie príčin zmien svetelnej krivky AW UMa ako aj zmien orbitálnej periódy sústavy. V práci som chcel potvrdiť, alebo vyvrátiť možnú existenciu tretieho telesa a vytvoriť pokiaľ možno jednoduchý a konzistentný model kontaktnej dvojhviezdy, prípadne trojhviezdy AW UMa. Cieľom práce bolo aj určenie a spresnenie fotometrických a spektroskopických elementov a takisto určenie základných parametrov kontaktnej dvojhviezdy.

Výsledky dizertačnej práce

Dizertačná práca využíva zväčša vlastnú UBV fotometriu získanú 0,6 m ďalekohľadmi v Starej Lesnej a na Skalnatom Plese získanú v rokoch 1995 – 1997. Hlavným materiálom pre spektroskopickú analýzu je 20 fotografických spektier získaných školiteľom 2 m ďalekohľadom v Ondřejove v roku 1992. Okrem týchto pozorovaní som analyzoval všeky dostupné dáta z literatúry ako aj pozorovania získané prostredníctvom medzinárodnej počítačovej siete INTERNET.

V súlade s doterajším výskumom sú tieto pozorovacie výsledky:

1. Dlhodobé variácie svetelnej krivky na škálach niekoľkých dní až mesiacov. Z fázovej závislosti rozptylu všetkých pozorovaní som potvrdil zistenie Bakosa et al. (1991), že najväčšie rozdiely, medzi svetelnými krivkami sú v okolí miním.

2. Fázová závislosť pološírky čiar určená z mojich dát je v súlade so závislosťou zistenou Paczynskim (1964). Pološírka čiar je najväčšia v okolí maxím.

3. Syntetické profily čiar sú širšie ako pozorované. Rovnaký výsledok dostali Anderson et al. (1983) a Mochnacki a Doughty (1972).

Spracovaním pozorovaní som zistil tieto nové pozorovacie výsledky:

1. Systematický posun okamihu sekundárneho minima vo filtri U voči okamihu minima vo filtroch B a V. Priemerný posun minima vo filtri U je 0,0011±0,0002 dňa. Minimum nastáva vo filtroch B a V takmer súčasne.

2. Svetelná krivka sústavy bola v období pozorovaní (1995 - 1997) bez krátkodobých variácií jasnosti na časovej škále niekoľkých minút vo všetkých troch filtroch.

3. Rozptyl svetelnej krivky v okolí maxima I (fáza 0,25) je väčší ako v okolí maxima II (fáza 0,75).

4. Sekundárne maximum je slabšie ako primárne asi o $0{,}01^m$ vo filtri U a o $0{,}003^m$ vo filtri B.

5. Asymetrie svetelnej krivky narastajú od filtra V k filtru U.

6. Zistenie zjasnenia v sekundárnom minime, ktoré mení svoju polohu (vyskytuje sa medzi fázami 0,47 - 0,52) aj amplitúdu (Pribulla a Chochol, 1996). Zjasnenie, ktoré sa mi podarilo identifikovať len počas šiestich nocí, je približne rovnako výrazné vo V, B aj U filtri.

7. Na začiatku roku 1994 došlo buďto k druhému prudkému skráteniu orbitálnej periódy AW UMa, alebo sa perióda v priebehu 35 rokov mení kontinuálne (Pribulla et al., 1997).

8. Oneskorenie sekundárnych miním v zrovnaní s primárnymi je 69 ± 26 s, čo nie je vyvolané vnútorným light-time efektom.

9. Zistenie poklesu ekvivalentnej šírky vodíkových čiar pred primárnym minimom (fáza 0,9) a nárastu ekvivalentnej šírky vo fázach po primárnom minime.

10. Ekvivalentné šírky aj pološírky čiar sú väčšie v prvej polovici orbitálnej periódy (fázy 0,00 - 0,50), ako v druhej (fázy 0,50 - 1,00).

11. Pokles radiálnej rýchlosti primárnej zložky voči krivke radiálnych rýchlostí vo fáze 0,168.

12. Radiálna rýchlosť ťažiska AW UMa kolíše od -1 $km.s^{-1}$ do -25 $km.s^{-1}$.

13. Aktivita sústavy AW UMa sa s časom mení. Maximá aktivity sa opakujú s periódou okolo 388 dní a 17,4 roka.

Pozorované zmeny periódy, zmeny radiálnej rýchlosti ťažiska a zmeny aktivity sa dajú najlepšie vysvetliť štvorhviezdnym modelom AW UMa. Kontaktná dvojhviezda sústavy AW UMa obieha okolo spoločného ťažiska s tretím telesom na dráhe s orbitálnou periódou 398 dní, ktorého hmotnosť (pre rovnaký sklon dráhy ako má kontaktná dvojhviezda) je M_3 = 0,93 ± 0,10 $M_\odot$. Svietivosť tohto telesa (ak ide o hviezdu HP) je približne 0,08 svietivosti primárnej zložky AW UMa (ak $L \approx M^{3,45}$), čo čiastočne vysvetľuje tretie svetlo zistené riešením strednej svetelnej krivky. Keďže excentricita dráhy tohto telesa je pomerne malá e = 0,178 ± 0,056, toto teleso pravdepodobne vzniklo spolu s AW UMa z jedného protostelárneho oblaku hmoty. Okolo ťažiska týchto troch telies obieha štvrté teleso na excentrickej dráhe (e_4 = 0,6) s periódou P_4 = 16,85 roka. Hmotnosť tohto telesa závisí od sklonu jeho dráhy voči dráhe trojhviezdy. Posledný prechod periastrom tohto štvrtého telesa nastal v júni 1988. Je zaujímavé, že v rokoch 1989 a 1990 boli zaznamenané najväčšie zmeny svetelnej krivky (Derman et al., 1990). Aktivita kontaktnej dvojhviezdy, vyvolaná slapovým pôsobením, závisí od vzájomnej polohy telies sústavy AW UMa. Najsilnejšia je keď kontaktná dvojhviezda v blízkosti periastra štvrtého telesa leží na priamke prechádzajúcej tretím a štvrtým telesom. Tieto pozície však vďaka excentricite dráh tretieho a štvrtého telesa nie sú presne periodické. Zmeny periódy ako aj variácie v (O–C) diagrame je taktiež možné vysvetliť týmto modelom. Perióda AW UMa sa mení kontinuálne odtokom z L_2. Odklony od parabolického trendu sú spôsobené light-time efektom vyvolaným štvrtým telesom. Zvyšné variácie sú vyvolané tretím telesom na dráhe 398 dní ako aj asymetriami svetelnej krivky.

Ďalším dôležitým mechanizmom na vysvetlenie pozorovacích faktov je odtok hmoty z Lagrangeovho libračného bodu L_2. Prúd hmoty je vďaka Coriolisovej sile po opustení L_2 stáčaný tak, že vo fázach po primárnom maxime sa premieta na sústavu. Jeho hustota sa postupne znižuje (Shu et al., 1979). Pozorovateľ na Zemi vidí ako sa vo fáze 0,168 k nemu približujú najhustejšie časti plynného prúdu. To spôsobí pokles radiálnych rýchlostí vo fázach po primárnom minime. Hmota unikajúca z L_2 okrem toho spôsobí nárast ekvivalentnej šírky čiar absorbciou svetla AW UMa. Vo fázach pred primárnym minimom sa tento prúd hmoty nepremieta na sústavu, preto je viditeľný v emisii. Svojou emisiou znižuje ekvivalentnú šírku čiar vo fázach pred primárnym minimom. Vo fázach 0,0 až 0,5 vidíme najhustejšie časti tohto prúdu v absorpcii, pričom stáčanie sa prúdu spôsobuje to, že vidíme časti so značne rozdielnymi radiálnymi rýchlosťami, čo zvyšuje aj pološírku čiar v týchto fázach. Plynný prúd, pohybujúci sa po špirále von zo sústavy, je dobre viditeľný aj vo fázach pred sekundárnym minimom, čo pravdepodobne spôsobuje ich oneskorenie voči primárnym minimám. Niektoré pozorované fakty možno vysvetliť časovou premennosťou prúdu hmoty z L_2. Plynný prúd je najlepšie viditeľný počas a po primárnom minime, čo spôsobuje dlhodobé rozdiely svetelných kriviek v týchto fázach. Zmeny rýchlosti odtoku hmoty z L_2 môžu byť vyvolané aj zmenami fill-out parametra. Na základe analýzy fotoelektrických pozorovaní Bakosa et al. (1991) sa ukazuje, že v čase, keď pozorujeme hlbokú svetelnú krivku je väčší fill-out parameter a teda aj väčší odtok hmoty z L_2 a väčšie variácie svetelnej krivky. V čase bez odtoku hmoty sú variácie svetelnej krivky veľmi malé. Odtok hmoty z L_2 vysvetľuje aj pozorované skracovanie periódy AW UMa.

Okrem spracovania pozorovaní a nájdenia modelu vysvetľujúceho pozorovacie fakty, som určil fotometrické elementy AW UMa. Hlavné elementy (q, i) sú v zhode s inými určeniami (Wilson a Devinney, 1973, Hrivnak, 1982). Koeficienty okrajového stmavnutia, gravitačného stmavnutia ako aj bolometrické albedo nie je možné spoľahlivo určiť. Teplota sekundárnej zložky je s týmito parametrami zviazaná a preto nadobúda rôzne hodnoty pri jednotlivých riešeniach. Svetelná krivka je tretím svetlom ovplyvnená len nepatrne.

Použitím všetkých fotoelektrických okamihov miním som analýzou (O–C) diagramu upresnil efemeridu AW UMa pre prípad, že v rokoch 1976 a 1994 došlo k skokom v perióde, ako aj pre prípad kontinuálnej zmeny periódy.

Spektroskopické elementy AW UMa ako aj hmotnosti oboch zložiek som upresnil spracovaním všetkých doterajších určení radiálnej rýchlosti primárnej zložky, po ich oprave na radiálnu rýchlosť ťažiska.

Niektoré výsledky práce, napriek detailnemu štúdiu dát, sú len predbežné. Na dôkladnejšiu analýzu zjasnenia v sekundárnom minime by boli vhodné vysokodisperzné spektrá. Ak je vysvetlenie navrhnuté v tejto práci správne, zjasnenie v sekundárnom minime by sa malo v spektre prejavovať dvoma emisiami – približujúcou a vzďaľujúcou sa čiarou. Pre overenie zmien fill-out parametra je potrebné analyzovať každú svetelnú krivku samostatne. Pri analýze krátkodobých zmien jasnosti na škálach niekoľkých minút je vždy potrebné určiť rozptyl porovnávacej hviezdy pre každé pozorovanie, aby výsledky neboli ovplyvnené pozorovacími podmienkami. Zostáva vysvetliť ešte rozdiely medzi okamihmi miním v jednotlivých filtroch a takisto fakt, že pozorované profily vodíkových čiar sú užšie ako syntetické.

Myslím si, že štvorhviezda AW UMa je veľmi dôležitou sústavou, ktorej ďalší výskum môže vo výraznej miere ovplyvniť naše predstavy o vývoji kontaktných dvojhviezd vo viacnásobných sústavách.

Základné parametre kontaktnej dvojhviezdy

Veľmi dôležitými parametrami dvojhviezdy sú perióda, sklon dráhy a pomer hmotností. V prípade, že sa perióda kontinuálne skracuje pre periódu sústavy platí:

$$P = \underset{\pm 11}{0,43873303} \quad \underset{\pm 6}{-2,22} \quad .10^{-10} \times E. \tag{1}$$

Riešeních svetelných kriviek som určil sklon dráhy i = 79° a pomer hmotností q = 0,075.

Po korekcii všetkých určení radiálnej rýchlosti na radiálnu rýchlosť ťažiska som za predpokladu fotometrického pomeru hmotností (q = 0,075) určil hmotnosti zložiek kontaktnej sústavy:

$$\mathrm{m}_1 = 2,14 \pm 0,17\mathrm{M}_\odot, \tag{2}$$

$$\mathrm{m}_2 = 0,161 \pm 0,013\mathrm{M}_\odot. \tag{3}$$

Kontaktná sústava sa v H.R. diagrame nachádza na postupnosti nulového veku (ZAMS).

Ďalším dôležitým parametrom je vzdialenosť ťažísk zložiek sústavy, t.j. veľká polos. Zo spektroskopických elementov (a_1.sin i), fotometrického pomeru hmotností a sklonu dráhy dostaneme:

$$\mathrm{a}_1 = 0,223 \pm 0,006\,\mathrm{R}_\odot, \quad \mathrm{a}_2 = 2,973 \pm 0,08\,\mathrm{R}_\odot, \quad \mathrm{a} = 3,196 \pm 0,09\,\mathrm{R}_\odot. \tag{4}$$

Ak by sme obe zložky aproximovali sférami tak, aby mali rovnaké objemy ako Rocheove laloky, dostaneme: $\overline{\mathrm{r}_1}$ = 0,6256.a = 1,999 ± 0,055 $\mathrm{R}_\odot$ a $\overline{\mathrm{r}_2}$ = 0,2230.a = 0,713±0,020 $\mathrm{R}_\odot$. Keďže stredné efektívne teploty zložiek sú:

$$\mathrm{T}_1 = 7175\mathrm{K}, \quad \mathrm{T}_2 = 6989\mathrm{K}, \tag{5}$$

pre ich svietivosti dostaneme:

$$L_1 = 9,5 \pm 0,5 L_\odot, \tag{6}$$

$$L_2 = 1,1 \pm 0,06 L_\odot. \tag{7}$$

Z efektívnej teploty a polomeru zložiek možno získať ich bolometrické magnitúdy:

$$M_{1bol} = 2,26 \pm 0,05 \tag{8}$$

$$M_{2bol} = 4,62 \pm 0,06 \tag{9}$$

$$M_{bol} = 2,14 \pm 0,05. \tag{10}$$

Zo známej vizuálnej magnitúdy $V_{max} = 6{,}84$, absolútnej vizuálnej magnitúdy $M_v = 2{,}07 \pm 0{,}05$ a E(B–V) = 0,00 (Mochnacki, 1981) dostaneme vzdialenosť AW UMa d = 90±2 pc.

Použitá literatúra

Anderson L., Stanford D., Leininger D., 1983 *Astrophys. J.* **270**, 200

Bakos G.A., Horák T.B., Tremko J., 1991 *Bull. Astron. Inst. Czechosl.* **42**, 331

Binnendijk L., 1970 *Vistas in Astronomy* **12**, 217

Bradstreet D.H., Giunan E.F., 1990 in *Active Close Binaries*, C. Ibanoğlu (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland, 467

Derman E., Demircan O., Müyesseroğlu Z., 1990 *IBVS* No. 3540

Duerbeck H.W., 1984 *Mitt. Astron. Gesselschaft* No. 62, 87

Eggen O.J., 1967 *Mem. R. Astr. Soc.* **70**, 111

Hrivnak B.J., 1982 *Astrophys. J.* **260**, 744

Kopal Z., 1978 Dynamics of close binary systems, D. Reidel

Publishing Company, Dordrecht, Holland
Lin D.C., 1977 *Mon. Not. R. astr. Soc.* **179**, 265
McLean B.J., 1981 *Mon. Not. R. astr. Soc.* **195**, 931
Mochnacki S.W., 1981 *Astrophys. J.* **245**, 650
Mochnacki S.W., Doughty N.A., 1972, *Mon. Not. R. astr. Soc.* **156**, 51
Mullan D.J., 1975 *Astrophys. J.* **198**, 563
Oshchepkov V.A., 1974 *IBVS* No. 884
Paczynski B., 1964 *Astron. J.* **69**, 124
Piirola V., 1975 *IBVS* No. 1060
Rensing M.J., Mochnacki S.W., Bolton C.T., 1985 *Astron. J.* **90**, 767
Rucinski S.M., 1992 *Astron. J.* **104**, 1968
Rucinski S.M., 1993 in *The Realm of Interacting Binary Stars*, J. Sahade et al. (eds.), Kluwer Academic Publishers, 111
Shu F.H., Lubow S.H., Anderson L., 1979 *Astrophys. J.* **229**, 223
Wilson R.E., Devinney E.J., 1973 *Astrophys. J.* **182**, 539
Woodward E.J., Koch R.H., Eisenhardt P.R., 1980 *Astron. J.* **85**, 50

Zoznam publikovaných prác uchádzača vzťahujúcich sa ku skúmanej problematike

Pribulla T., Chochol D., 1996 in *Proceedings of the conference "Contemporary problems of astronomy"* I.L. Andronov (ed.), Odessa, v tlači
Pribulla T., Chochol D., Rovithis P., Rovithis-Livaniou H., 1997 *IBVS* No. 4435

Photometric and spectroscopic investigation of the contact binary AW UMa

The main goal of this thesis was to determine basic characteristics of the components of AW UMa contact binary and find the cause of the light curve and orbital period changes. Another aim of the work was to prove or disaprove possible existence of the third body and to found simple but consistent model of the system.

The investigation presented in this work was based on a large photometric and spectroscopic material obtained partly by the author and his supervisor.

The most important results of the work are:

1. Finding that the outflow of matter from L_2 and resulting angular momentum loss is the principal cause of the long term period decrease.

2. Discovery of the systemic velocity changes and finding of the solution for the third body with the orbital period of 398 days, which explains both systemic velocity changes and the variations found in $(O–C)_2$ diagram.

3. Transitions from the quiescent to active phase of the contact system can be explained by the tidal forces exerted by the common influence of the third body and fourth body with the orbital period of 16.85 years (found from the light-time effect). This solution is supported by the pronounced variations of the light curve following the periastron passage of the fourth body.

Basic characteristics of the components of the quadrupole system AW UMa were found. Masses of the components of the contact system set AW UMa on the Zero Age Main Sequence.