

! Галоўныя вывады

1. Спектральная класіфікацыя зорак заснавана на ацэнках адноснай інтэнсіўнасці і выгляду спектральных ліній.
2. Памеры зорак прапарцыянальны адлегласцям да іх і бачным вуглавым памерам.
3. Ведаючы магутнасць выпраменьвання зоркі (свяцільнасць), тэмпературу зоркі і тэмпературу Сонца, можна вызначыць яе памер (у радыусах Сонца).
4. Тэмпература зорак вызначаецца на падставе законаў Стэфана—Больцмана і Віна.

? Кантрольныя пытанні і заданні

1. Якім чынам, выкарыстаўшы законы Стэфана—Больцмана і Віна, можна вызначыць тэмпературу зоркі?
2. Па якіх прынцыпах праводзіцца спектральная класіфікацыя зорак?
3. З якіх хімічных элементаў у асноўным складаюцца зоркі?
4. У колькі разоў адрозніваюцца свяцільнасці дзвюх зорак аднолькавага колеру, калі радыус адной з іх у 25 разоў большы?
5. Вызначце памеры зоркі Спікі (α Дзевы), калі тэмпература яе фотасферы роўна 22 400 К, а свяцільнасць у 13 400 разоў большая за свяцільнасць Сонца.
6. Вызначце свяцільнасць зоркі α Ліры, калі яе гадавы паралакс роўны 0,129", а бачная зорная велічыня складае 0^m,03.
7. Вызначце адлегласць, свяцільнасць і памеры зоркі Рэгул (α Льва), калі з назіранняў вядома, што ў яе гадавы паралакс роўны 0,040", бачная зорная велічыня 1^m,35 і тэмпература фотасферы 13 600 К.

§ 24. Падвойныя зоркі. Маса зорак

1. Тыпы падвойных зорак. Назіранні паказваюць, што многія зоркі ў Сусвеце ўтвараюць пары або з'яўляюцца членамі складаных сістэм. **Падвойнымі зоркамі** называюць пары блізка размешчаных зорак. Адрозніваюць аптычныя і фізічныя падвойныя зоркі. **Аптычныя падвойныя зоркі** (пары) складаюцца з вельмі аддаленых адна ад адной у прасторы зорак, якія выпадковым чынам праецыруюцца на нябесную сферу па прамені зроку. **Фізічныя падвойныя зоркі**

ўяўляюць сабой сістэмы блізка размешчаных у прасторы зорак, якія звязаны сіламі прыцягнення і абарачаюцца вакол агульнага цэнтра мас.

Зоркі фізічных падвойных пар часта маюць розныя колеры. Так, у Антарэса — вельмі яркай чырвонай зоркі ў сузор'і Скарпіёна — ёсць слабы блакітнаваты спадарожнік.

Першая вядомая яшчэ са старажытнасці зоркавая пара — гэта Міцар (Конь) і Алькор (Коннік). Міцар — сярэдняя зорка ручкі «каўша» сузор'я Вялікай Мядзведзіцы, бачная зорная велічыня якой $2^m,2$. На вуглавой адлегласці $12'$ ад яе знаходзіцца слабая зорка Алькор, зорная велічыня якой $4^m,0$. Зоркавая пара Міцар і Алькор — прыклад аптычнай падвойнай зоркі. У сваю чаргу, нават у школьны тэлескоп добра бачна: Міцар складаецца з дзвюх вельмі блізкіх зорак, нераспазнавальных простым вокам. Кампаненты зоркавай пары Міцар А і Міцар В знаходзяцца адзін ад аднаго на адлегласці $14''$ і маюць зорныя велічыні адпаведна $2^m,4$ і $4^m,0$. Зоркавая пара Міцар — прыклад фізічнай падвойнай зоркі.

Фізічныя падвойныя зоркі ў залежнасці ад спосабу іх назірання падзяляюцца на **візуальна-падвойныя зоркі** (іх кампаненты можна ўбачыць пры дапамозе тэлескопа ці сфатаграфаваць), **зацьменна-падвойныя зоркі** (іх кампаненты перыядычна загароджваюць адзін аднаго ад назіральніка, таму зорка змяняе бляск), **спектральна-падвойныя зоркі** (дваістасць выяўляецца ў перыядычных зрушэннях або раздваеннях ліній іх спектраў), **астрометрычна-падвойныя зоркі** (адна зорка не бачная і ўзбурае правільны рух суседняй).

Падвойныя зоркі з'яўляюцца прыватным выпадкам **кратных зорак**, якія складаюцца часам з некалькіх кампанентаў. Існуюць зоркі патройныя, чацвярныя і нават большай кратнасці. Да кратных зорак звычайна адносяць зоркі, якія маюць менш за 10 кампанентаў. Сістэмы з большай колькасцю зорак называюцца **зоркавымі скопішчамі**.

Першы спіс падвойных зорак склаў у 1803 г. англійскі астраном Уільям Гершэль. У ім было некалькі соцень аб'ектаў. На сучасны момант вядома, што прыкладна палова зорак нашай Галактыкі — падвойныя. Дваістасць і кратнасць у зорным свеце — шырока распаўсюджаная з'ява.

2. Зацьменна-падвойныя зоркі. Зацьменна-падвойныя, або зацьменна-пераменныя, зоркі ўяўляюць сабой цесныя пары, што абарачаюцца з перыядам ад некалькіх гадзін да некалькіх сутак па арбітах, вялікая паўвось якіх параўнальная з самімі зоркамі. З гэтай прычыны мы не можам бачыць паасобку іх кампаненты, паколькі вуглавая адлегласць паміж зоркамі вельмі малая. Меркаваць аб дваістасці сістэмы можна толькі па перыядычных ваганнях бляску, калі па прамені зроку плоскасці арбіт зорак практычна супадаюць. У такім выпадку назіраюцца зацьменні, калі адзін з кампанентаў праходзіць наперадзе

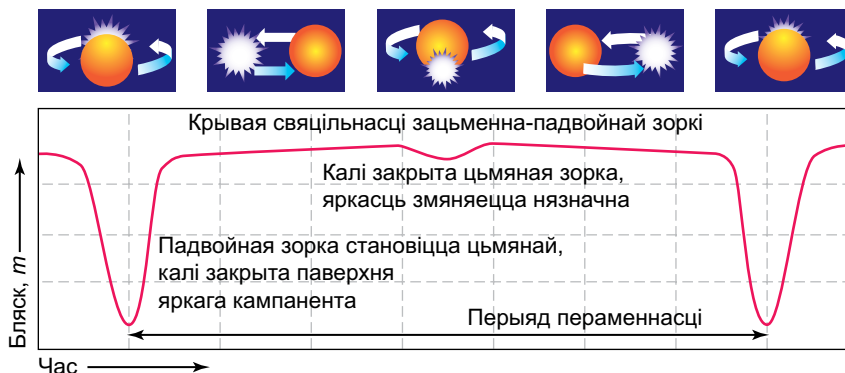


Рис. 125. Змяненне бляску зацьменна-падвойнай зоркі

ці ззаду другога. Разгледжаную сітуацыю растлумачвае рысунак 125, на якім прыведзена крывая змянення бляску m зацьменна-падвойнай зоркі, звязанага з перыядычнымі зацьменнямі аднаго кампанента другім. На графіку паказаны розныя месцазнаходжанні кампанентаў зоркі на арбіце. Рознасць зорных велічынь

у мінімуме і максімуме бляску называюць **амплітудай**, а прамежак часу паміж двума паслядоўнымі найменшымі мінімумамі — **перыядам пераменнасці**.

Тыповы прыклад зацьменна-падвойнай зоркі — зорка β Персея (Алголь), якая рэгулярна зацяняецца на 9,6 г з перыядам 2,867 сутак. Падзенне бляску ў мінімуме ў гэтай зоркі складае $2^m,3$.

Усяго вядома каля 5000 зацьменна-падвойных зорак.

3. Спектральна-падвойныя зоркі. Зоркі, дваістасць якіх устанаўліваецца толькі на падставе спектральных назіранняў, называюцца **спектральна-падвойнымі**.

Дапусцім, што назіральнік знаходзіцца ў плоскасці арбіты падвойнай сістэмы, якая складаецца з больш масіўнай і яркай зоркі A і менш яркай і масіўнай зоркі B (рис. 126). Кожны з кампанентаў A і B пры абарачэнні вакол цэнтра мас сістэмы то набліжаецца да назіральніка, то аддаляецца ад яго. З-за

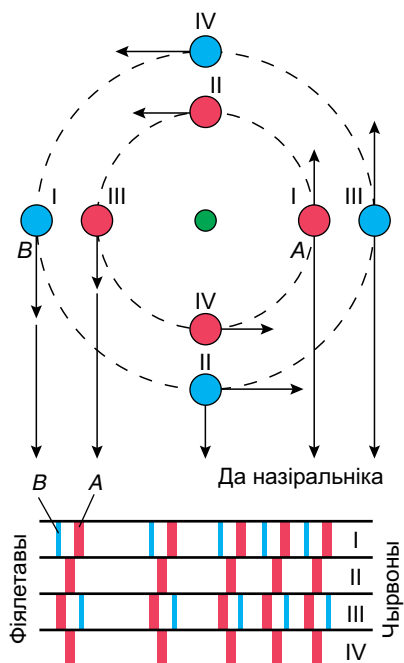


Рис. 126. Зрушэнне ліній у спектры падвойнай зоркі

эфекту Доплера ў першым выпадку лініі ў спектры зоркі зрушваюцца да фіялетавай часткі спектра, у другім — да чырвонай, прычым перыяд гэтых зрушэнняў роўны перыяду абарачэння. На рысунку рымскія лічбы абазначаюць адпаведнасць спектраў месцазнаходжанню зорак на арбітах.

Пастаяннае ўдасканаленне методыкі вызначэння зруху спектральных ліній дало магчымасць у 1995 г. выявіць у зоркі 51 Пегаса спадарожнік масай у палову масы Юпітэра.

У наш час рознымі метадамі ў іншых зорных сістэмах дакладна выяўлена больш за 4500 планет. Яны атрымалі агульную назву — **экзапланеты**. Іх колькасць пастаянна расце, але асобую цікавасць уяўляюць землепадобныя аб'екты.

4. Астраметрычна-падвойныя зоркі. Сустрэкаюцца такія цесныя зоркавыя пары, у якіх адна з зорак ці вельмі малая па памерах, ці мае нізкую святільнасць. Такую зорку разгледзець немагчыма, але выявіць дваістасць усё ж можна. Яркі кампанент перыядычна адхіляецца ад прамалінейнай траекторыі то ў адзін, то ў другі бок (рыс. 127), быццам бы па прамой рухаецца цэнтр мас сістэмы. Такія ўзбурэнні прапарцыянальны масе спадарожніка.

Даследаванні адной з найбліжэйшых да нас зорак, вядомай пад назвай Рос 614 (яе бляск $11^m,4$ і паралакс $0,25''$), паказалі, што амплітуда адхіленняў зоркі ад напрамку, які меркаваўся, дасягае $0,36''$. Перыяд абарачэння зоркі адносна цэнтра мас роўны 16,5 года.

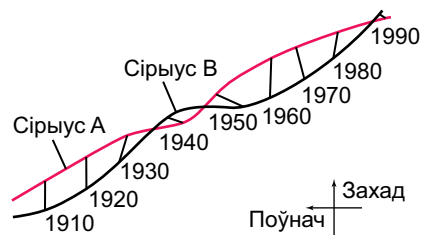
Сярод блізкіх да Сонца зорак выяўлена каля 20 астраметрычна-падвойных зорак.

5. Маса зорак. Працяглыя назіранні візуальна-падвойных зорак пераканалі астраномаў у тым, што адносны бачны рух кампанентаў адбываецца па эліпсе і задавальняе закон плошчаў. З гэтага вынікае, што ў падвойных сістэмах абарачэнні зорак адбываюцца ў адпаведнасці з законамі Кеплера і падпарадкоўваюцца закону сусветнага прыцягнення Ньютана.

У выніку назіранняў падвойных зорак атрыманы ацэнкі мас для зорак розных тыпаў. Аналіз гэтых даных прывёў да наступных вынікаў.

1. Масы зорак знаходзяцца ў межах ад $0,03$ да 60 мас Сонца. Найбольшая колькасць зорак мае ад $0,4$ да 3 мас Сонца.

2. Залежнасць, якая існуе паміж масамі зорак і іх святільнасцю, дае магчымасць ацэньваць масы адзіночных зорак па іх



Рыс. 127. Адхіленне ў руху Сірыуса, выкліканае гравітацыйным узбурэннем спадарожніка

свяцільнасцях. У інтэрвале мас $0,5M_{\odot} \leq M \leq 10M_{\odot}$ свяцільнасць зоркі прапарцыянальна чацвёртай ступені яе масы $L \approx M^4$. Пры $M > 10M_{\odot}$ паказчык ступені роўны 2, г. зн. $L \approx M^2$.

3. Маса зоркі ў момант яе фарміравання з'яўляецца найважнейшым параметрам, які вызначае далейшую эвалюцыю зоркі.

4. Радыусы зорак маюць вельмі шырокія межы, таму сярэдняя шчыльнасць зорак вагаецца ад $5 \cdot 10^{-2}$ да $3 \cdot 10^8$ кг/м³ (параўнайце з Сонцам — $1,4 \cdot 10^3$ кг/м³).



Галоўныя вывады

1. Дзве зоркі, якія адрозніваюцца ад іншых блізкасцю сваіх бачных месцазнаходжанняў, называюцца падвойнай зоркай. Падвойныя зоркі з'яўляюцца прыватным выпадкам кратных зорак.
2. Фізічныя падвойныя зоркі — сістэма дзвюх зорак, якія звязаны сіламі прыцягнення і абарачаюцца вакол агульнага цэнтра мас.
3. У залежнасці ад метаду назірання падвойныя зоркі падзяляюцца на візуальна-падвойныя, зацьменна-падвойныя, спектральна-падвойныя, астраметрычна-падвойныя.
4. Кампаненты фізічных падвойных зорак выконваюць бачны адносны рух па эліпсе ў адпаведнасці з законамi Кеплера і падпарадкоўваюцца закону сусветнага прыцягнення.
5. Вывучэнне падвойных зорак дазваляе вызначаць масы зорак.



Кантрольныя пытанні і заданні

1. Якія зоркі называюцца падвойнымі? Прывядзіце іх класіфікацыю.
2. Што такое амплітуда і перыяд пераменнасці зацьменна-падвойных зорак?
3. Дайце тлумачэнне: чаму адбываецца зрушэнне ліній у спектрах спектральна-падвойных зорак?

§ 25. Эвалюцыя зорак

1. Дыяграма «спектр—свяцільнасць». Існуе залежнасць паміж асноўнымі фізічнымі характарыстыкамі зорак. На аснове назіранняў вызначаюцца спектральныя класы зорак, а па вядомай адлегласці — абсалютныя зорныя велічыні, або свяцільнасці зорак.