

АНОМАЛІЇ ВМІСТУ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АТМОСФЕРІ α Ar-ЗОРІ HD24712

Н. Г. Михайлицька

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, 03680, Україна
(Отримано 20 вересня 2012 р.; в остаточному вигляді — 16 червня 2013 р.)

Для магнітної швидкоосцилюючої хімічно пекулярної зорі (α Ar) HD 24712 за спектрами високої роздільної здатності досліджували лінії рідкісноземельних елементів (REE) у першій і другій стадіях йонізації. Підтверджено виявлену раніше для окремих елементів цього типу аномалію вмісту REE — надлишок стосовно сонячного. Наведено результати аналізу вмісту REE в атмосфері α Ar-зорі HD 24712. У роботі використано список ліній із бази даних VALD, доповнений лініями рідкісноземельних елементів із бази даних DREAM. За лініями, чутливіми до магнітного поля, визначено параметр обертання/пульсацій $v \sin(i)$, модуль магнітного поля і його компоненти B_r та B_m .

Ключові слова: зоря, магнітне поле, профілі спектральних ліній, хімічний вміст.

PACS number(s): 97.30.Fi, 97.10.Ex, 97.10.Tk

I. ВСТУП

HD24712 (F0 V) — швидкоосцилююча хімічно пекулярна магнітна (α Ar) зоря. Швидкі осциляції блиску характерні зорям, що утворюють групу α Ar-зір (rapid oscillating stars). Це явище для зорі HD24712 виявив Куртц у 1981 р., він визначив період осциляцій блиску та амплітуду і відніс її до групи швидкоосцилюючих хімічно пекулярних α Ar-зір [1]. У 1982 р Куртц запропонував модель нахиленого пульсатора для α Ar-зір, у якій напрям осі пульсації та напрям осі магнітного поля збігаються і перебувають під деяким кутом до осі обертання [2]. Магнітне поле в першому наближенні диполь. Період обертання $P = 12^d.448$ та швидкість обертання $v \sin(i) = 7$ км/с визначено ще в роботах Престона [3], де також вказано на наявність в атмосфері зорі рідкісноземельних елементів (REE). У цій праці проаналізовано магнітне поле та визначено, що воно має дипольну структуру: поздовжня компонента магнітного поля B_l (longitudinal magnetic field) має відносно мале значення — від 0.4 до 1.5 кГс, поверхнева компонента магнітного поля B_s (surface magnetic field) має значення від 2.9 до 3.5 кГс. Конфігурацію магнітного поля та відносно мале значення поздовжньої компоненти B_l було відзначено в роботах [3–6].

В атмосферах α Ar-зір спостерігаються аномалії вмісту рідкісноземельних елементів. Причому відбувається порушення йонізаційної рівноваги: уміст елементів, що визначений за лініями в першій стадії йонізації, на (1.0–1.7) порядок перевищує вміст елементів,

що визначений за лініями у другій стадії йонізації [7]. У роботі Т. А. Рябчикової та ін. [6] проаналізовано хімічний склад α Ar-зорі з моделлю атмосфери та параметрами $T_{\text{eff}} = 7250$ К, $\log g = 4.3$, $\xi_t = 1$ км/с, визначено вміст 29 йонів; у розрахунках ураховано магнітне поле, що має дипольну структуру, модуль магнітного поля на полюсі B_p 4.4 кГс, поверхневу компоненту B_s 3.0 кГс. У цій статті також уточнено значення періоду обертання зорі $P = 12^d.461$ та параметр $v \sin(i) = 5.6 \pm 2.3$ км/с. У працях [8, 9] визначено вміст заліза, кальцію та досліджено лінії REE: установлено вміст елементів за лініями Nd III 6690.83 Å, Pr III 6706.703 Å, при розрахунках враховано магнітне поле, визначено модуль магнітного поля та його компоненти, а також параметр $v \sin(i) = 4.5$; 5 км/с. У праці [8] досліджено лінії літію та вказано верхню межу його вмісту.

Метою цієї статті є дослідити рідкісноземельні елементи за лініями в першій і другій стадіях йонізації та визначити параметри: магнітного поля, $v \sin(i)$.

II. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРИ АТМОСФЕРИ

У праці використано спектри HD24712 з високою роздільною здатністю 80000, 170000 і високим (>100) співвідношенням сигнал/шум. Ці спектри отримав у 1996 р. І. Ільїн на 2.56-му телескопі NOT (Nordic Optical Telescope) зі спектрографом SOFIN [11]. Дані про спектри наведено в табл. 1.

N	Дата	Експозиція, хв	Область Å	Телескоп
37 × 07208	12.08.97	34	6128–6171	NOT, $R = 83000$
37 × 07639	12.08.97	40	6154–6174	NOT, $R = 170000$
34 × 07639	12.08.97	40	6696–6719	NOT, $R = 170000$
34 × 07640	12.08.97	40	6696–6719	NOT, $R = 170000$
34 × 07208	27.10.96	40	6669–6715	NOT, $R = 83000$

Таблиця 1. Дані спостережень.

Розрахунки вмістів елементів та визначення параметрів магнітного поля проведено з використанням моделі Я. В. Павленко з параметрами $T_{\text{eff}} = 7250 \text{ K}$, $\lg(g) = 4.3$, $\xi_t = 1 \text{ km/s}$, аналогічно, як у роботі [6]. Вибір моделі обґрунтований попередніми розрахунками вмісту заліза, які показали достатню відповідність результатів, отриманих в [6] та інших. Розрахунки виконано з урахуванням впливу магнітного поля на формування профілів спектральних ліній поглинання за допомогою програми С. А. Хана SynthM [10].

Детальний аналіз виконано шляхом суміщення синтетичних спектрів зі спостереженими.

III. ПАРАМЕТРИ АТОМНИХ ЛІНІЙ

Для побудови синтетичних спектрів використано списки ліній із бази даних спектральних ліній атомів VALD [12], а також список ліній REE з бази даних DREAM [13], тому що HD24712 має надлишок рідкісноземельних елементів. Дані бази даних DREAM, доповнені значеннями термів та факторами Ланде зі списку даних NIST [14], що необхідні для розрахунків магнітного розщеплення спектральних ліній: квантові числа, терми, фактори Ланде (якщо вони там наводились).

Якщо факторів Ланде (g) в даних NIST не було, то їх розраховували [15].

$$g = 1 + [J(J + 1) + S(S + 1) - L(L + 1)]/J(J + 1),$$

де J, S, L — квантові числа. Уточнені дані ліній Nd III 6145.0677 Å, Nd III 6690.8302 Å взято з роботи [16], а для лінії Pr III 6692.2467 Å — з роботи [17].

IV. МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗОРІ

У програмі розрахунку синтетичного спектра С. А. Хана SynthM для оцінки магнітного поля використано спрощену модель магнітного поля, що характеризується радіальним B_r , меридіональним B_m (довготним $B_l = 0$) компонентами поля [10]. Необхідно лише дібрати таку модель поля, щоб синтетичний та спостережений спектри збіглися.

Магнітне поле має пряму дію на формування профілю спектральних ліній. Залежно від чутливості лінії до модуля напруженості магнітного поля та до значень компонент магнітного поля (B_r, B_m), можна отримати різні профілі однієї лінії. Через складний ефект Зеемана спектральні лінії поглинання виявляються розщепленими на ряд компонент із різною поляризацією π -компоненти та σ -компоненти. При спостереженнях уздовж ліній магнітного поля π -компоненти відсутні, при спостереженнях поперек магнітного поля сума інтенсивностей усіх π -компонент дорівнює сумі інтенсивностей усіх σ -компонент.

Абсолютна величина розщеплення визначається модулем напруженості магнітного поля B та фактором Ланде g :

$$\Delta\lambda = (M_{j1}g_1 - M_{j2}g_2)eB\lambda^2/4\pi mc^2,$$

де B — напруженість магнітного поля $B = (B_x^2 + B_y^2 + B_z^2)^{1/2}$; g_1, g_2 і M_{j1}, M_{j2} — відповідно фактори Ланде та магнітні квантові числа для верхнього й нижнього рівнів, а $M_j = -J, E, +J$. Якщо $\Delta M_j = 0$, то утворюються π -компоненти, якщо $\Delta M_j = \pm 1$, то утворюються дві групи σ -компонент [15].

Магнітне поле та параметр $v \sin(i)$ визначено одночасно за чутливими лініями Ca I 6717.68 Å. На рис. 1 (в) показана чутливість лінії до параметра $v \sin(i)$ (докладніше визначення $v \sin(i)$ розглянуто в розділі V).

Лінія Ca I дуже чутлива до модуля магнітного поля B та компонент B_r/B_m . На рис. 1 (а) зображено розраховані профілі лінії Ca I для трьох варіантів: $B = 2.46 \text{ kG}$, $B = 4.46 \text{ kG}$, $B = 6.46 \text{ kG}$ ($v \sin(i) = 5 \text{ km/s}$). На рис. 1 (б) показано розраховані профілі лінії Ca I для двох варіантів: $B_r = 4.46 \text{ kG}$, $B_m = 0 \text{ kG}$; $B_r = 1.5 \text{ kG}$, $B_m = 4.2 \text{ kG}$ ($v \sin(i) = 5 \text{ km/s}$). Найкраще відповідає спостереженому спектру значення $B = 4.46 \text{ kG}$, $B_r = 1.5 \text{ kG}$, $B_m = 4.2 \text{ kG}$ ($v \sin(i) = 5 \text{ km/s}$). Аналогічно модуль магнітного поля B та його компоненти B_r/B_m оцінено за лініями Fe I 6137.6917 Å, а за лініями Nd III 6145.0677 Å, Fe I 6677.9870 Å, Nd III 6690.8302 Å — тільки модуль магнітного поля (лінії мало чутливі до B_r/B_m). Результати визначень $B, B_r/B_m$ наведено в табл. 2.

Для Nd III 6690.8302 Å визначено модуль магнітного поля $B = 3.5 \text{ kG}$, а в попередній роботі $B = 3.1 \text{ kG}$ [9] (за спектрами зорі, отриманими в 1996 р. з $R = 80000$, ESO). Магнітне поле, визначене за лініями Fe I 6137.6917 Å, Nd III 6145.0677 Å, Fe I 6677.9870 Å, Nd III 6690.8302 Å, у межах похибки узгоджується з літературними даними.

Складники магнітного поля B_r/B_m , оцінені за лініями Fe I 6137.6917 Å, Ca I 6717.681 Å, узгоджуються з дипольною моделлю зорі, згідно з якою поздовжня компонента має відносно мале значення від 400 Гс до 1500 Гс, поверхнева компонента магнітного поля — від 2900 до 3500 кГс, для лінії Ca I 6717.681 Å визначене значення перевищує літературні дані [3–6], що, можливо, свідчить про неоднорідність магнітного поля на поверхні зорі.

Елемент λ , Å	$v \sin i$	$ B $ кГс	B_r кГс	B_m кГс
Fe I 6137.6917	—	4.0	1.5	3.7
Nd III 6145.0677	—	4.0		
Fe I 6677.9870	—	4.0		
Nd III 6690.8302	4.5	3.5		
Ca I 6717.6810	5	4.46	1.5	4.2

Таблиця 2. Дані проаналізованих елементів для оцінки магнітного поля.

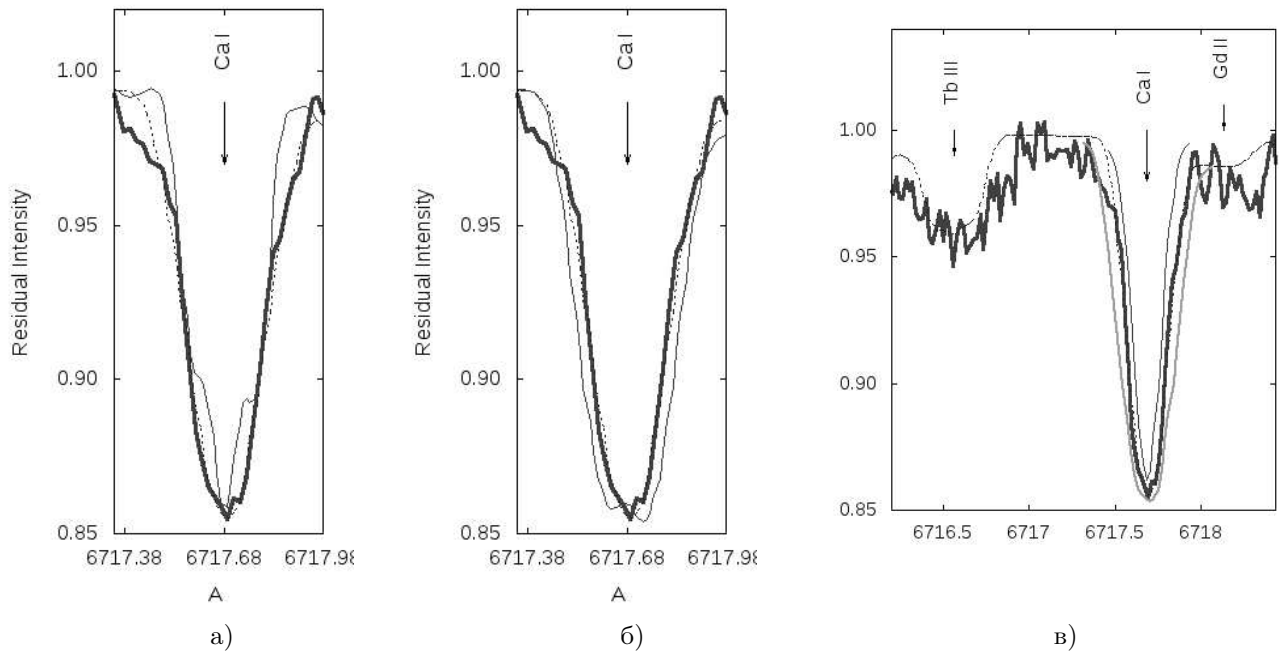


Рис. 1. Спостережений та синтетичні профілі лінії CaI 6717.68 Å. а) для параметра $v \sin(i) = 5$ км/с, і модуля напруженості магнітного поля $B = 2.46$ кГс — суцільна тонка лінія; $B = 4.46$ кГс, ($B_r = 1.5$ кГс; $B_m = 4.2$ кГс) — пунктирна лінія; $B = 6.46$ кГс — суцільна сіра лінія; б) для параметра $v \sin(i) = 5$ км/с та компонент магнітного поля $B_r = 1.5$ кГс; $B_m = 4.2$ кГс — пунктирна лінія; $B_r = 4.46$ кГс; $B_m = 0$ кГс — суцільна тонка лінія; в) для $v \sin(i) = 0$ км/с ($B_r = 1.5$; $B_m = 4.2$) — суцільна тонка лінія; $v \sin(i) = 5$ км/с ($B_r = 1.5$; $B_m = 4.2$) — пунктирна лінія.

V. ПАРАМЕТР ОБЕРТАННЯ $v \sin(i)$

Для γ Ar-зорі HD24712 розширення спектральних ліній унаслідок обертання та розширення в результаті пульсацій, є результатом доплерівських зміщень і модулюються параметром обертання $v \sin(i)$ [1, 2]. Оскільки зоря має відомий період обертання, то параметр $v \sin(i)$ описує обертання та пульсації.

Спектральна лінія поглинання Ca I 6717.68 Å під впливом магнітного поля ($B_r = 1.5$ кГс; $B_m = 4.2$ кГс) розщеплюється частково на три компоненти, а розширення компонент характеризує обертання та пульсації зорі ($v \sin(i)$). На рис. 1 (в) показано чутливість лінії Ca I до параметра $v \sin(i)$. Оптимального суміщення спостереженого та синтетичного спектрів досягнуто для значення $v \sin(i) = 5$ км/с. За лінією Nd III 6690.83 Å аналогічно визначено параметр $v \sin(i) = 4.5$ км/с. Такий результат підтвердив попередній, докладніше розглянутий за лінією Nd III 6690.83 Å в роботі [9] за спектрами зорі, отримали в 1996 р. з $R = 80000$ (ESO). Результати визначень $v \sin(i)$ наведено в табл. 2.

VI. СИНТЕТИЧНІ СПЕКТРИ

Докладний аналіз спектра γ Ar-зорі HD24712 проведено для однієї фази. Спектри γ Ar-зорі HD24712 складні. На формування профілів спектральних ліній поглинання має значний вплив модуль магнітного поля (B), а для чутливих ліній — і його компоненти

(B_r/B_m). При розрахунках синтетичних спектрів ураховано магнітне поле. Більшість розрахунків виконано з модулем магнітного поля $B = 4$ кГс, $B_r = 1.5$ кГс; $B_m = 3.7$ кГс, для деяких спектральних ліній і бленд магнітне поле і його компоненти визначено індивідуально. Розширення спектральних ліній унаслідок мікротурбулентності враховано з величиною $\xi_t = 1$ км/с [6], розширення внаслідок обертання та пульсацій було описано параметром $v \sin(i) = 5$ км/с, визначеним у цій роботі. Магнітне поле розширює спектральні лінії, що більше значення модуля магнітного поля то сильніше розширюється спектральна лінія, тому індивідуальне урахування магнітного поля і його компонент дає точніші значення вмісту.

У роботі докладно досліджено ділянки спектра із сильними лініями рідкісноземельних елементів. При розрахунках враховано слабкі лінії. На ділянці спектра 6136–6147 Å приймалось магнітне поле $B_r = 1.5$ кГс, $B_m = 3.7$ кГс (рис. 2). Ділянці спектра 6159.7–6163 Å краще відповідало значення $B_r = 1.5$ кГс, $B_m = 4.2$ кГс (рис. 3). Для бленди, що має складний профіль, показано окремо розраховані лінії Pr II 6161.179 Å, Pr III 6161.194 Å, Ca I 6161.297 Å, Nd II 6161.500 Å. На ділянці спектра 6163–6172 Å приймалось магнітне поле $B_r = 1.5$ кГс, $B_m = 3.9$ кГс. Спостережений профіль бленди Ca I 6166.439 Å, Nd II 6166.642 Å описується при значенні модуля напруженості магнітного поля $B = 4.5$ кГс, а Nd II 6170.480 Å, Fe I 6170.507 Å — $B = 3.5$ кГс (рис. 4). На ділянці спектра 6677.5–6692.5 Å приймалось значення модуля магнітного поля $B = 4$ кГс. Спостережений профіль бленди Tb III 6687.698 Å, Sm II 6687.797 Å та лінії Pr III 6692.246 Å

добре описується при значенні $B = 4.5$ кГс, а лінії Nd III 6690.830 Å — $B = 3.5$ кГс.

У табл. 3 наведено значення вмісту розглянутих у роботі елементів Si I, Ca, Fe, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Lu і кількість використаних ліній. Для порів-

няння подано також визначення Т. А. Рябчикової [6, 7]. В останньому стовпчику наведено сонячний вміст. У цій роботі також використані оцінки вмісту за лініями Ce II 6706.05 Å, Pr III 6706.70 Å, Ca II 6102.72 Å, Fe II 6149.26 Å з попередньої праці [8] табл. 3.

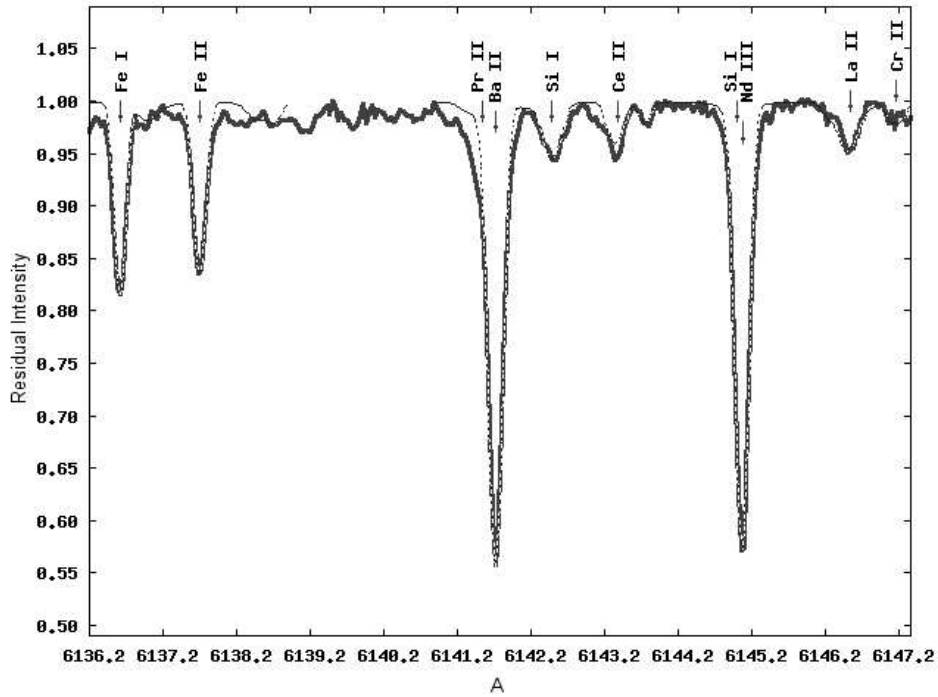


Рис. 2. Суцільна жирна лінія — спостережений спектр; пунктирна лінія — синтетичний спектр ($B_r = 1.5$; $B_m = 3.7$).

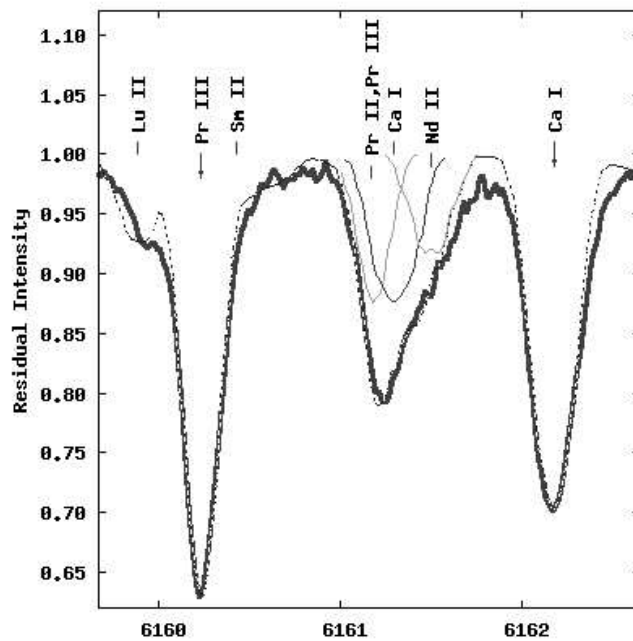


Рис. 3. Суцільна жирна лінія — спостережений спектр; пунктирна лінія — синтетичний спектр ($B_r = 1.5$; $B_m = 4.2$); суцільна тонка лінія — окремо розраховані лінії Pr II 6161.179 Å і Pr III 6161.194 Å; Ca I 6161.297 Å; Nd II 6161.50 Å.

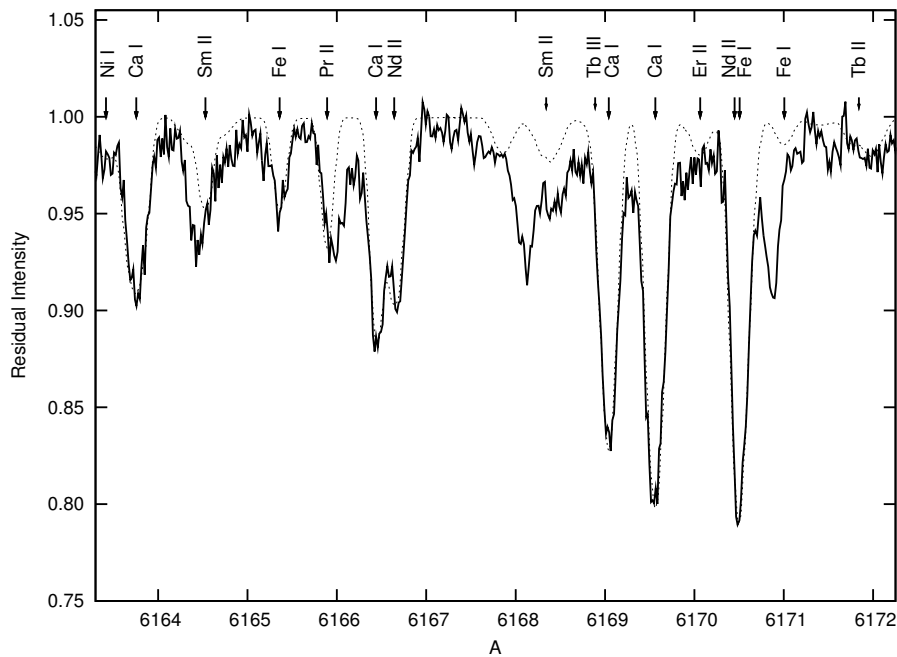


Рис. 4. Суцільна жирна лінія — спостережений спектр; пунктирна лінія — синтетичний спектр ($B_r = 1.5$; $B_m = 3.9$), (CaI 6166.439Å, NdII 6166.642Å — $B = 4.5$ кГс; NdII 6170.480Å, FeII 6170.507Å — $B = 3.5$ кГс).

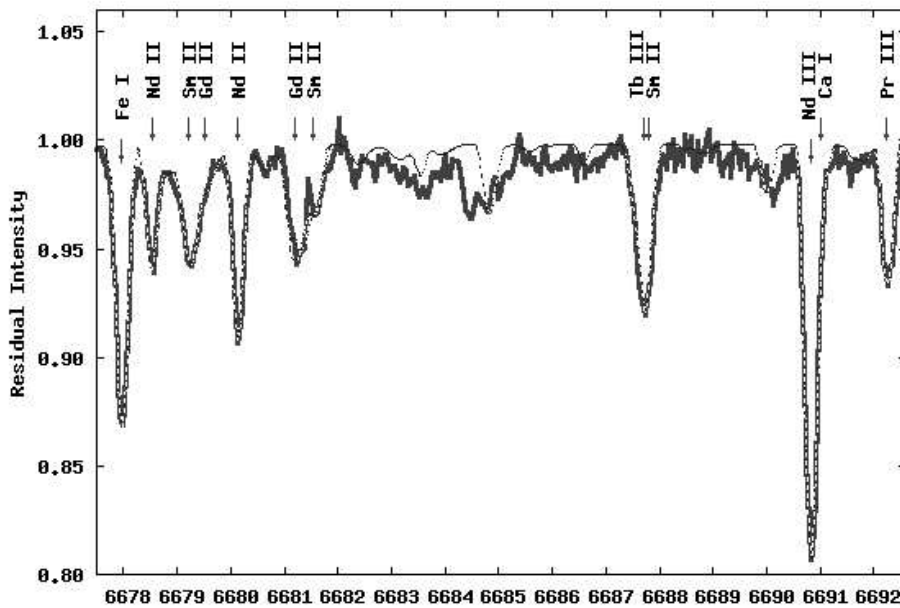


Рис. 5. Суцільна жирна лінія — спостережений спектр; пунктирна лінія — синтетичний спектр ($B_r = 1.5$; $B_m = 3.7$), (NdIII 6690.830Å — $B = 3.5$ кГс; TbIII 6687.698Å, SmII 6687.797Å — $B = 4.5$ кГс; PrIII 6692.246Å — $B = 3.4$).

VII. РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ

Хімічно пекулярна зоря HD 24712 має надлишок рідкісноземельних елементів. Багато ліній бледовані лініями REE. Точність визначення хімічного складу насамперед залежить від повноти врахування всіх ліній, що входять у бленди. При розрахунках також враховані слабкі лінії, що бледнують основні лінії. У

цій статті досліджено вміст рідкісноземельних елементів за лініями в першій стадії йонізації La, Ce, Sm, Gd, Lu. Причому вміст Pr, Nd, Tb розглянуто за лініями в першій та другій стадіях йонізації.

Празеодим. Уміст елемента за лініями в другій стадії йонізації визначено за 6160.23 Å, 6161.19 Å, 6192.25 Å, 6706.70 Å. Уміст елемента за лініями в першій стадії йонізації визначено наближено за двома слабкими

лініями 6161.18 Å, 6165.89 Å.

Неодим. Уміст елемента за лініями в другій стадії йонізованого оцінено за лініями 6690.83 Å, 6141.07 Å. Лінії 6161.50 Å, 6166.64 Å, 6170. Å, 6678.524 Å, 6680.14 Å були використані для оцінки вмісту в першій стадії йонізації Nd.

Тербій. Уміст елемента за лініями Tb II 6171.840 Å, Tb III 6687.698 Å, Tb III 6716.566 Å визначено наближено, тому що лінії слабкі.

Уміст елементів Sm, Gd визначено за лініями в першій стадії йонізації. Наближений уміст елементів La, Ce, Lu визначено за слабкими лініями в першій стадії йонізації.

В атмосфері зорі спостерігаються аномалії вмісту рідкісноземельних елементів, зокрема надлишок вмісту REE на 2-3 dex відносно Сонця. Причому вміст елементів за лініями Pr III, Nd III, Tb III перевищує вміст за лініями Pr II, Nd II, Tb II на 2 dex, 1.36 dex, 1.30 dex відповідно. Такий результат не можна пояснити ніякими помилками стандартного аналізу хімічного складу, окрім гіпотези про сильне відхилення від йонізаційної рівноваги в атмосфері α Ar-зорі HD

24712. Такий результат підтверджує аномалії вмісту REE в атмосфері зорі [6, 7]. Наявність аномально сильних ліній REE є ознакою спектрів хімічно пекулярних α Ar-зірок. В атмосферах α Ar, як правило, домінують рідкісноземельні елементи у другій стадії йонізації [6, 7, 16]. (Це явище пояснено в роботах [6, 7] значним збільшенням умісту елементів у найвищих шарах атмосфери).

Для порівняння в роботі розглянуто вміст елемента Fe в нейтральній та першій стадії йонізації. Помічено незначні відхилення результатів умісту за лініями Fe I, Fe II (табл. 3). Для елемента Fe спостерігається йонізаційна рівновага, а вміст близький до вмісту атмосфери Сонця.

Для зорі HD24712 вміст хімічних елементів узгоджується з даними роботи [6], за винятком Ba II та Gd II. У цій праці використано спектральний матеріал з вищою роздільною здатністю, але вміст барію визначено лише за однією спектральною лінією (рис. 2), уміст гадолінію — лише за двома слабкими спектральними лініями (рис. 5).

	$\text{Lg}(N/N_{\text{tot}})$	n	Інші оцінки: min. Bl max., Bl(n) [6]	Sun $\text{Lg}(N/N_{\text{tot}})$
Si I	-4.65	1	-4.43 (1)	-4.49
Ca I	-5.82 ± 0.21	8	-5.69 (1)	-5.68
Fe I	-4.78 ± 0.28	4	-4.77, -4.88 (8)	-4.56
Fe II	-4.78 ± 0.04	2	-4.80, -5.11 (5)	-4.56
Ba II	-9.63	1	-9.12, -8.98(1)	-9.91
Pr II	≈ -9.7	2	-9.70 [7]	-11.33
Pr III	-7.72 ± 0.25	4	-8.04 [7]	-11.33
Nd II	-8.43 ± 0.32	5	-8.56 [7]	-10.54
Nd III	-7.07 ± 0.12	2	-7.10 [7]	-10.54
Sm II	-9.10 ± 0.15	2	-9.50, -9.00 (4)	-11.04
Gd II	-8.24 ± 0.11	2	-9.11, -8.70 (5)	-10.92
Tb II	≈ -9.1	1	—	-12.14
Tb III	≈ -7.8	1	—	-12.14
Lu II	≈ -9.40	1	—	-10.82

Таблиця 3. Уміст елементів в атмосфері зорі.

VIII. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

У праці досліджено аномалії вмісту рідкісноземельних елементів (REE) атмосфери швидкоосцилюючої хімічнопекулярної магнітної зорі HD24712. Оцінено вміст елементів La, Ce, Sm, Gd, Lu за лініями в першій стадії йонізації. Для елементів Pr, Nd, Tb дано оцінку вмісту за лініями в першій та другій стадіях йонізації.

Визначено, що надлишок умісту REE — 2–3 dex (відносно Сонця). Причому вміст REE, визначений за лініями в другій стадії йонізації, перевищує вміст за лініями в першій стадії йонізації, що свідчить про си-

льне відхилення від йонізаційної рівноваги в атмосфері α Ar-зорі HD 24712. Для елемента Fe, розглянутого в роботі за лініями в нейтральній та першій стадіях йонізації, спостерігається йонізаційна рівновага, а вміст близький до сонячного. Результати цієї роботи узгоджуються з результатами інших досліджень [6, 7]. Наша робота підтверджує аномалії вмісту REE в атмосфері α Ar-зорі HD24712.

У статті також досліджено вміст Si I, Ca I, Fe I, Fe II, Ba II. Уперше визначено наближене значення вмісту елементів за лініями Lu II, Tb II, Tb III. Уточнено значення вмісту кальцію (8 ліній), тоді як у праці [6] ця оцінка вмісту зроблена за однією лінією.

У розрахунках ураховано магнітне розщеплення спектральних ліній згідно з ефектом Зеємана і його вплив на оцінку вмісту елементів в атмосфері roAp зорі HD 24712. За спектральними лініями Fe I 6137.6917 Å, Nd III 6145.0677 Å, Fe I 6677.987 Å, Nd II 6690.8302 Å, Ca I 6717.681 Å дано оцінку магнітного поля. Модуль магнітного поля $|B|$ змінюється в межах від 3100 Гс до 4500 Гс, що, можливо, свідчить про неоднорідність магнітного поля на поверхні зорі. Складники магнітного поля B_r/B_m , оцінені за лініями Fe I 6137.6917 Å, Ca I 6717.681 Å, узгоджуються з

дипольною моделлю зорі [3–6]. За лінією Ca I 6717.681 Å визначено параметр $v \sin(i)$, що характеризує обертання та пульсації зорі. Результат узгоджується з іншими дослідженнями [6, 8, 9] табл. 2.

Автор висловлює глибоку подяку І. Ільїну за люб'язно надані спектри, Г. У. Ковальчукові за консультацію, Я. В. Павленкові за модель атмосфери, адміністраціям баз атомних даних VALD, DREAM, NIST, доступних через Інтернет, а також С. А. Ханові за програму синтетичного спектра SynthM.

-
- [1] D. W. Kurtz, Inform. Bull. Var. Stars No. 1915, 4 (1981).
 [2] D. W. Kurtz, Mon. Not. R. Astron. Soc. **200**, 807 (1982).
 [3] G. W. Preston, Astrophys. J. **175**, 465 (1972).
 [4] S. Bagnulo, E. Landi Degl'Innocenti, M. Landolfi, J. L. Leroy, Astron. Astrophys. **295**, 459 (1995).
 [5] J. L. Leroy *et al.*, Astron. Astrophys. **301**, 797 (1995).
 [6] T. A. Rybchikova *et al.*, Astron. Astrophys. **327**, 1137 (1997).
 [7] Е. А. Рябчикова *и др.*, Астроном. журн. **78**, 444 (2001).
 [8] Н. Г. Михайлицька, Кінем. фіз. небес. тіл **23**, 148 (2007).
 [9] Н. Г. Михайлицька, Кінем. фіз. небес. тіл **26**, 41 (2010).
 [10] С. А. Хан, Кинем. физ. небес. тел **19**, 534 (2003).
 [11] I. V. Ilyin, Ph.D. Thesis (Finland, University of Oulu, 2000).
 [12] F. Kupka *et al.*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **138**, 119 (1999).
 [13] E. Biemont, P. Palmeri, P. Quinet, *D.R.E.A.M. Database on Rare Earth at Mons University*, <http://w3.umons.ac.be/~astro/dream.shtml>.
 [14] W. C. Martin, J. Reader, W. L. Wiese, in *25th meeting of the IAU, Joint Discussion 17* (Sydney, 2003), p. 13, <http://physics.nist.gov/cgi-bin/AtData>.
 [15] С. Э. Фриш, *Оптические спектры атомов* (Физматгиз, Москва, 1963).
 [16] Т. А. Рыбчикова *et al.*, Astron. Astrophys. **456**, 329 (2006).
 [17] L. Mashonkina *et al.*, Astron. Astrophys. **495**, 297 (2009).

**ANOMALOUS ABUNDANCE OF RARE-EARTH ELEMENTS
 IN THE ATMOSPHERE OF roAp-STAR HD24712**

N. G. Myhailyska

Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences, Kyiv, UA-03683, Ukraine

For the magnetic rapidly oscillating chemically peculiar star (roAp) HD 24712 on the spectra of high-resolution the lines of rare-earth elements (REE) in the first and second stages of ionization were investigated. The previously established anomaly of the abundance of REE excess relative to solar one was confirmed. The results of the study of the abundance of REE in the atmosphere of roAp-star HD 24712 are given. The list of lines from the VALD database was supplemented with lines of rare-earth elements from the DREAM database. On the lines sensitive to magnetic field the parameter of rotation/pulsation $v \sin(i)$ and the module of a magnetic field and its components B_r , B_m are defined.