

МАРИН КАТАЛИНИЋ

ЈЕДНА РИЈЕТКА СНИМКА
АЛФА-РАСПАДАЊА
У ТОРИЈЕВУ НИЗУ

(Примљено 1 јула 1949 год.)

МАРИН КАТАЛИНИЋ

ЈЕДНА РИЈЕТКА СНИМКА АЛФА-РАСПАДАЊА У ТОРИЈЕВУ НИЗУ

(С 1 таблом)

Натопимо ли осјетљиви слој фотографске плоче специјалне врсти (за истраживање корпускуларних зрака) врло разријеђеном растопином соли једног радиоактивног елемента, па је чувамо у мраку неколико дана и онда развијемо, опажамо под микроскопом у њезину слоју стазе алфа честица као појединачне трагове или као вишекраке „звјезде“. То је позната метода истраживања, која по тачности заостаје за методом магле, али квалитативно има према њој неке предности. Ако се у времену од натапања до развијања плоче један атом радиоактивног елемента више пута распадне, стазе алфа зрака из њега и из његових алфа-сљедника излазе из исте тачке и чине звјезду.

Узмимо случај, да је осјетљиви слој био натопљен разријеђеном растопином једне торијеве соли. Како од радиоторија до ThD има 5 елемената, који избацују алфа честице, очекивати је, да ће се појавити звјезде са највише 5 тракова. То могу бити 5-краке звјезде с једним дугачким траком, који представља стазу алфа честице из ThC' , или — нешто рјеђе — 5-краке звјезде без дугачког трака, ако је посљедња фаза распадања ишла огранком $\text{ThC} — \text{ThC}''$. Таквих звјезда заиста и налазимо, и ако не баш често¹⁾. Највише опажамо звјезда са 3 и са 4 трака.

Узмемо ли у обзир цијели торијев низ, могла би се очекивати и по која 6-крака звјезда. Да би таква звјезда настала, треба да један торијев атом у оно неколико дана од натапања до развијања пређе у MsTh_1 , овај у MsTh_2 , па у RdTh , и да овај радиоторијев атом доврши цијели споме-

¹⁾ Н. пр.: Н. J. Taylor a. V. D. Dabholkar, *Proc. Indian. Acad. Sc. (A)* 3, 265, 1936.

нути процес распадања до ThD. С једне стране због спорог радиоактивног распадања самог торија, с друге стране због прилично дугог половичног времена, које има MsTh₁ (6,7 година), такав је догађај у тако кратком временском размаку врло мало вјероватан.

Пред неколико година нашао сам — између неколико стотина прегледаних звијезда — једну такву 6-краку звијезду код истраживања плоча натопљених растопином торијева нитрата²⁾. Према томе, она предочује алфа распадање једног торијева атома све до распадања његова посљедњег алфа-сљедника ThC'. Та је звијезда приказана у сл. 1 (табла I) у повећању $872 \times$ (првобитно повећање: $800 \times$). Присутност другачке алфа-стазе, која припада елементу ThC', искључује алфа огранак ThC — ThC''. Ова звијезда показује још и ту особитост, да је алфа честица из ThC' морала бити алфа честица с аномалним досегом у уздуху $R_0 = 9,27 \text{ cm}^3$. Осим разлота, који долазе ниже, за ово говоре и резултати успоређивања дужине ове алфа-стазе са дужинама алфа-стаза ThC' у неким снимкама 5-краких звијезда, снимљених уз исто повећање, гдје је таква стаза била добро хоризонтална.

Употребљене су Афгине K-плоче с дебелином слоја 40 μ . Плоча је купана 30 минута у 2%-ној растопини торијева нитрата, па је након 4 дана развијена. — У плочама K не виде се трагови стаза бета честица.

Употребљен је кимијски чисти торијев нитрат. Старост му је могла износити 3 до 4 године. Према томе, он је морао садржавати још знатну множину првобитног RdTh, који је — због своје изотопности с торијем — код израђивања препарата био сталожен заједно с торијем. Означимо ли с N_0 почетни број атома тог RdTh, онда их је након 3 године преостало још $0,334 N_0$, а након 4 године $0,232 N_0$. К томе придолази RdTh, који се кроз то вријеме стварао из мезоторија. Овим и спорашћу распадања самог торија објашњава се чињеница, да је у плочама број појединачних кратких трагова, који би припадали торијевим алфа честицама, био размјерно мален у поредби с бројем звијезда из RdTh и његових сљедника. С друге стране, препарат је због своје релативне младости био још далеко од радиоактивне равнотеже с новим RdTh и његовим сљедницима. То и споменути, слабо познати остаци првобитног RdTh имају још неповољну страну, да отежавају просуђивање вјероватности за појаву 6-краких звијезда према фреквенцији 5-краких звијезда.

²⁾ У ствари, нађене су још двије такве звијезде. Код испитивања оне су одбачене, јер је било знакова, који су упућивали на то, да се ради о распадању двају атома RdTh или ThX, који су се случајно налазили један уз други.

³⁾ Фреквенција $33,6 : 10^6$. Cf.: Geiger—Scheel, *Handb. d. Phys.*, XXII/1, 2. изд. (Берлин, 1933), стр. 302 (St. Meyer).

Стазе алфа честица у сл. 1 означујемо редним бројевима, почињући од најкраћег трага у смјеру течања казальке на ури. Координацију појединих стаза појединим алфа елементима торијева низа изводимо на тај начин, да једну дату стазу самовољно припишемо једном елементу, па из дужине те стазе и из досега алфа зрака тог елемента у уздуху нормалног тлака и собне температуре одредимо моћ кочења фотографске емулзије у поредби с уздухом. Онда помоћу тако одређене моћи кочења прерачунавамо дужине осталих стаза на њихове еквиваленте у уздуху нормалног тлака и исте температуре. Из добивених уздушних еквивалената покушавамо да поједину алфа стазу припишемо елементу, за који је досег алфа зрака у уздуху под наведеним околностима најближи датом еквиваленту. У самој је природи ове фотографске методе — због размака међу активираним и развијеним зрнцима сребра у емулзији — да ће тако одређени уздушни еквиваленти бити потово редовито краћи од досега истих алфа зрака у ваздуху⁴), као и то, да ће они показивати знатно расипање вриједности. Извјесно расипање вриједности долази код ове методе и одатле, што емулзија има другу моћ кочења, док је влажна, него ли кад је сува. Односно, средњи досег алфа зрака у емулзији други је за оне зраке, које су излетјеле првог дана, него за оне, које су излетјеле посљедњег дана. — Како се види из сл. 1, у К-плочама средња густоћа зрна (т. ј. број развијених зрнаца сребра на дужини једног микрона, или такођер: средњи размак међу развијеним зрнцима сребра) на различитим стазама колеба у доста широким границама.

Изведени су различити покушаји координације стаза, с различитим стазама као основним стазама („нормалама“). Једино добро слагање се постизава, кад се стаза бр. 6 припише алфа честици из торија А (ThA), па се она узме као нормала за успоређивање. Томе одговара моћ кочења 2050:1. У том случају прерачунавање показује, да најдуља стаза одговара алфа честици из ThC само онда, ако се овој припише аномално велик досег у уздуху $R_0 = 9,27$ см. Резултати ове координације приказани су у табlici 1.

Микроскопско испитивање под повећањем $800 \times$ показало је са свом могућом точношћу, да исходшта свих стаза леже у истом нивоу у дубини неких 10 μ под горњом површином желатина. Да би ова чињеница била што боље истакнута и у репродукцији, звијезда је снимљена у директном повећању $800 \times$. Тим је нешто изгубљено у оштрини дијелова неких стаза, које леже више или мање положито према хоризонтали, осим стазе бр. 3, која је готово тачно хоризонтална. Кохеренција исходшта свих стаза у хоризонтал-

⁴) Види такођер: Taylor a. Dabholkar, l. c., стр. 269, таблица.

тој равнини испитана је на готовим снимкама у накнадном повећању на $2400 \times$. Интерполирајући правце стаза по средини што више зрнаца, показује се, да стазе бр. 1 (Th), 2 (RdTh) и 5 (ThX) имају заједничко исходиште, које је удаљено 0,3 до 0,4 μ од заједничког исходишта осталих трију стаза. Овај се помак исходишта не да објаснити одбојним помацима атома код емисије првих трију алфа честица, јер је исходиште посљедњих трију алфа стаза помакнуто готово насупрот смјеру, којим би требао бити одбачен атом првим одбојним ударцима. Зато се тај помак има објаснити дифузијом атома уз претпоставку, да је између емисије алфа честице из RdX и емисије алфа честице из торона протекао одуљи временски размак. Обзиром на довољно дуго половично вријеме, које има ThX, такав је временски размак вјеројатан. Петерокраке звијезде у снимкама Taylor a и Dabholkara показују битно веће дивергенције (3—4 μ) међу исходиштима појединих стаза, па и они нагињу тумачењу ове разлике дифузијом атома⁵⁾.

Стаза бр. 1 силази стрмо у дубину под кутом $\theta \sim 50^\circ$. У микроскопу она се наставља у дубини са још 1 до 2 зрнаца; од ових се у репродукцији слабо назире контуре првог зрнаца. Уз горњу претпоставку, тј. уз идентифицирање стазе бр. 6 са стазом алфа честице из ThA као нормале, права дужина стазе бр. 1 добро одговара досегу R_{18} торијеве алфа зраке.

Ако дужину стазе бр. 3 (25,8 μ) рачунамо до краја агломерата зрнаца, којим она завршава, онда њезин еквивалент излази нешто предугим према досегу R_{18} за торонову алфа честицу. Сматрамо ли у том агломерату посљедње зрнце, које и онако лежи изван опћег правца стазе, паразитом, онда се уздушни еквивалент преостале дужине стазе (25,0 μ) добро слаже са R_{18} за торон.

Ознаке у вертикалним ступцима таблице 1 имају ова значења: λ = дужина стазе алфа честице у фотографској емулзији (пројекција на хоризонталу) у микронима; L = израчунани еквивалент у уздуху нормалног тлака и температуре 18°C ; R_{18} = досег алфа честица у уздуху нормалног тлака и температуре 18°C ; T = половично вријеме. Досези R_{18} изведени су из досега R_0 према новијим Mayer-овим подацима⁶⁾. Редни број стазе дефиниран је као горе.

Кад се узме у обзир, да моћ кочења емулзије понешто расте с енергијом честице⁷⁾, па кад се λ за стазу бр. 4 по-

⁵⁾ Taylor a. Dabholkar, l. c., стр. 270—271.

⁶⁾ St. Meyer, l. c. 3), стр. 302, 310, таблица 13.

⁷⁾ D. H. Webb, Phys. Rev. (2) 74, 511, 1948; Успехи физич. наук 38, 77, 1949.

Таблица 1.

Моћ кочења: 2050 : 1

Редни број	λ (μ)	L (cm)	Напомена	Координа- ција елементу	R_{18} (cm)	T
1	$> 7,1$	$> 1,46$	силази под кутом $\Theta \sim 50^\circ$ $\frac{L}{\cos \Theta} > 2,3 \text{ cm}$	<i>Th</i>	2,66	$1,8 \cdot 10^{10} \text{ a.}$
2	18,8	3,86		<i>RdTh</i>	4,06	1,90 a.
5	18,3	3,77		<i>ThX</i>	4,42	3,64 d.
3	25,8 (25,0)	5,32 (5,15)		<i>Tn</i> (<i>Th Em</i>)	5,12	54,5 sec
6	27,9	5,75	„нормала“	<i>ThA</i>	5,75	0,14 sec
4	46,7	9,61	аномални досег	<i>ThC'</i>	9,88	$\sim 10^{-9} \text{ sec}$

множи с тако повећаном моћи кочења, онда се уздушни еквивалент те стазе са $L = 9,83 \text{ cm}$ још боље приближава аномалном досегу R_{18} за *ThC'*.

Стазе, које су овдје приписане алфа честицама из торона и из *ThA*, одлазе у дијаметрално супротним смјеровима. Могло би се радити о чистој случајности; али исти појав дијаметралности запажен је у још три снимке 5-краких звијезда и у једној снимци 4-краке звијезде, и то опет на стазама, које по дужини долазе одмах после дужине стазе алфа честице из *ThC'*, а дужином се мало разликују између себе. По томе се чини, као да се не ради увијек о чистој случајности. Онда би требало тражити објашњење овог појава, гдје он није случајан, у карактеристици, да се ради о двама алфа-елементима, који слиједе један за другим, без посредства бета-елемента, а к томе други од њих је елемент с врло кратким половициним временом. Чини се, да би се основа за тумачење могла наћи у претпоставци, да је у овим случајевима алфа честица из ново настале језгре *ThA* излетјела непосредно иза алфа честице из торона, док се ново настала језгра још налазила у узбуђеном стању прије емисије гама

кванта. Можда се ради о временском размаку 10^{-20} до 10^{-21} сек, док је торонова алфа честица још била у домаћају језгре, тако да су обје алфа честице и остатак језгре још чиниле механички и електрички везани сустав. Даља претпоставка овом крулно приближном рачуну јест, да алфа честица постигне своју пуну почетну брзину, како ову обично дефинирамо и како она улази у Geiger ову формулу о досегу, истом кад је она изашла изван бедема потенцијала.

Скопље, у јуну 1949.

Физички институт

МАРИН КАТАЛИНИЧ

РЕДКИИ СНИМОК АЛФА РАСПАДА В СЕМЕЙСТВЕ ТОРИА

(Резюме)

Автор дискутирует по поводу одной исключительно редкой звезды альфа-распада в семействе тория. Звезда обнаружена в светочувствительном эмульсионном слое одной К-пластинки Agfa, которая была промыта 30 минут в весьма разведенном растворе нитрата тория, а затем, после 3-х дней проявлена и закреплена.

Это шестиконечная звезда, показывающая и краткий путь альфа-частицы из тория, и длинный альфа-частицы из ThC' (фиг. 1, табл. 1, увеличен $800 \times 1,09 \times$). Анализ снимка при увеличении $2.400 \times$ показывает, что это действительно шестиконечная звезда, а не, может быть суперпозиция двух звезд, ибо расстояния исходных мест отдельных следов выражены в 0,3 до 0,4 μ ; а это легко объясняется тем, что первоначальный атом тория в это время диффундировал. Следовательно, звезда показывает постепенный альфа-распад от Th до ThD.

Все пути, кроме наиболее короткого, достаточно горизонтальны; наиболее короткий путь спускается к горизонтальной под углом около 50° . Анализ принадлежности следов отдельным элементам семейства тория производился таким образом, что один след произвольно приписывался одному элементу, а затем при помощи следующей из этого вычисленной способности торможения эмульсии вычислялись воздушные эквиваленты остальных путей. Пути обозначались порядковыми числами начиная от наиболее короткого следа по направлению движения часовой стрелки. Лучшее схождение вычисленных воздушных эквивалентов с пробегом R_{18} для отдельных элементов получается если путь № 6 приписется альфа-частице из ThA. Но в таком случае воздушный эквивалент следа № 4 соответствует альфа-частице с аномальным пробегом ($R_{18} = 9,88$ см.), которую весьма редко отсылает ($33,6 : 10^6$) ThC'. В этом состоит другая исключительная характеристика этой звезды.

Главные данные содержатся в таблице 1. Обозначения в этой таблице следующие: λ = длина следа в эмульсии в микронах, L = воздушный эквивалент в см для тормозной способности 2050:1, R_{18} = пробег альфа-частицы в см в воздухе нормального давления и температуры 18°C ;

T = период распада элемента. Воздушний еквивалент L для пути № 4 еще лучше соответствует (9,83 см) аномальному пробегу R_{1s} для ThC' если принять во внимание повышение тормозной способности эмульсии вместе с повышением энергии по отношению к (7).

Автор берет в дискуссию и то обстоятельство что пути NN 3 и 6 диаметрально противоположны, а вместе с тем принадлежат альфа-путям двух элементов которые следуют непосредственно один за другим, а другой элемент (ThA) обладает весьма коротким периодом распада. Ввиду того что это явление обнаружено еще и на трех пятиконечных и на одной четырехконечной звезде, которое всегда относилось к следам одинаковых относительных длин, автор считает это явление неслучайным. Автор ставит гипотезу выражающую что альфа-частица из ThA вылетела непосредственно за альфа-частицей из торона, во временном расстоянии порядка величин од 10^{20} до 10^{21} сек в то время как ядро и обе альфа-частицы в движении еще представляли единую систему связанную и механически и электрически.

MARIN KATALINIĆ

ON A RARE PHOTOGRAPH OF THE ALPHA DECAY IN THE THORIUM SERIES

(Excerpt)

The author discusses an exceptional star of the alpha decay in the thorium series. The star was found in the sensitive layer of an Agfa K-plate, which was previously bathed for 30 minutes in a very dilute solution of thorium nitrate and after 3 days was developed and fixed.

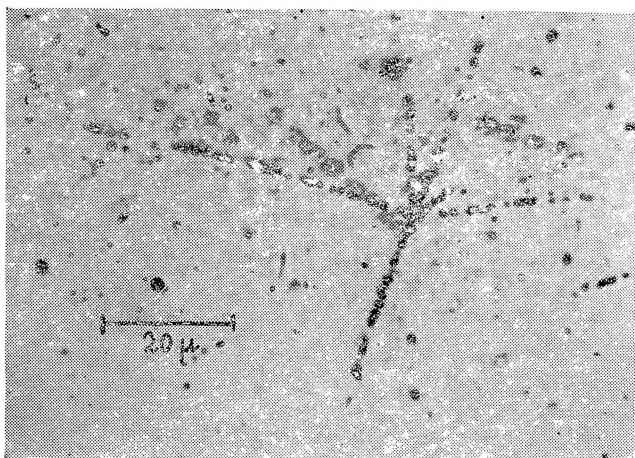
It is a six-prong star exhibiting both the short track belonging to the alpha particle of thorium and also the long one belonging to that of ThC' (Fig. 1, Plate I; magnification $\times 800 \times 1,09$). An analysis of the picture in a magnification $\times 2400$ showed, that it exhibits actually a true 6-prong star, not perhaps a casual superposition, the starting-points of the single tracks differing one from another for at most 0,3 to 0,4 μ ; this slight difference may easily be ascribed to a diffusion of the initial thorium atom in the meantime. Therefore, the star represents the successive alpha decay from Th to ThD.

All tracks are more or less horizontal, the shortest track excepted, dipping in an angle about 50° . The attempts to ascribe single tracks to the individual alpha members of the thorium series were made in the following way. First a single track was arbitrarily ascribed to a member, and the stopping power of the emulsion and the air equivalents of the other tracks were calculated. Then the air equivalents were compared with the alpha ranges R_{1s} belonging to the various members of the series. The tracks are in the sequel denoted by ordinal numbers clock-wise, beginning from the shortest track. The best and the most consistent results were obtained by ascribing the track № 6 to the alpha particle from ThA. But then, the air equivalent of the longest track, № 4, corresponds to the alpha particle with the anomalous range ($R_{1s} = 9,88$ cm.) emitted very rarely ($33,6 \cdot 10^6$) from ThC'. Herein subsists another exceptional character of this star.

The important data are given in table 1. The annotations there used denote: λ = the length of the track in the emulsion in μ ; L = the corres-

ponding air equivalent in cms. for the stopping power 2050:1; R_{18} = the range of the alpha particle in cms. air at 760 mm. Hg and 18° C; T = the half-value period. The air equivalent of the track № 4 corresponds still better (9.83 cm.) to the anomalous range of the alpha particle of ThC' by taking into account the increase of the stopping power with the energy of the alpha particle (7).

At last the author discusses the circumstance, that the tracks Nos. 3 and 6 lie diametrically opposite to one another, with regard to the facts, that they belong to two alpha elements following immediately one after another and that the second element (ThA) is very short lived. The same observation having been made on some 5-prong and 4-prong stars and concerning the tracks of the same relative lengths, the hypothesis is put forward, that in this case the alpha particle from ThA was ejected immediately after that from Th, in a time interval of the order 10^{-20} to 10^{-21} sec., while the two issuing alpha particles and the remaining excited nucleus still constituted a mechanically and electrically coupled system. — Of course, this hypothesis does not exclude the possibility of a pure fortuitousness for some cases of diametrically opposite tracks.



Сл. 1. Повећање $800 \times 1,09 \times$