

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 1

ИЮНЬ, 1965

ВЫПУСК 2

СПЕКТР RW ВОЗНИЧЕГО В ОБЛАСТИ $\lambda\lambda$ 3600—4800

Л. В. МИРЗОЯН, Э. С. КАЗАРЯН

Поступила 20 апреля 1965

Исследовано распределение энергии в непрерывном спектре RW Aug. Оно заметно меняется в зависимости от яркости звезды. При ослаблении яркости чувствуется вклад коротковолновой непрерывной эмиссии. Коротковолновый показатель цвета при этом синее. Начало непрерывной эмиссии скользит по спектру, перемещаясь в сторону длинных волн при усилении ее относительной интенсивности. Интенсивность непрерывного спектра и эквивалентные ширины эмиссионных линий H и K ионизованного кальция находятся в обратной связи.

В конце ноября 1962 года в период службы RW Aug, организованной рабочей группой по нестационарным звездам Комиссии по физике звезд и туманностей Астросовета АН СССР на метровом телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории с помощью объективной призмы (дисперсия $275 \text{ \AA}$ на 1 мм у H_7) были получены 18 снимков области неба около этой звезды.

В настоящей статье приводятся результаты исследования девяти спектрограмм RW Aug, полученных на пластинках Agfa Spektral Blau Rapid (табл. 1). На остальных снимках спектрограммы RW Aug непригодны для фотометрических измерений.

Спектры обработаны по их микрофотометрическим записям, полученным на саморегистрирующем микрофотометре с увеличением около 50 раз.

На рис. 1 приведены примеры записей.

На всех записях весьма интенсивны эмиссионные линии H и K ионизованного кальция. В ряде случаев достаточно отчетливо видны линии водорода, линии Fe I, Fe II, Ti II, He I и полоса G. Линии поглощения на записях обычно очень слабы и их трудно отличить от случайных флуктуаций.

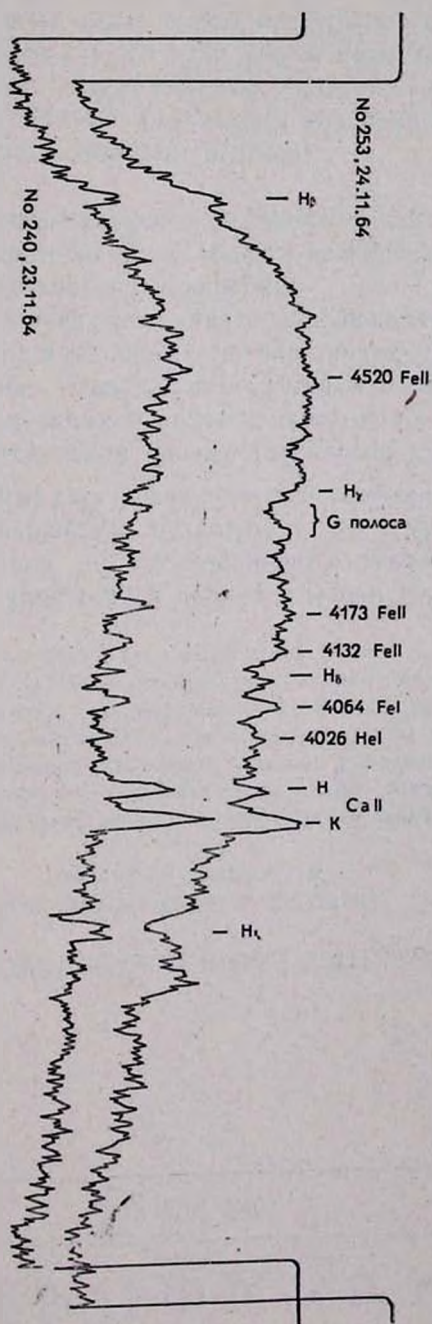


Рис. 1. Примеры записей спектра RW Aur.

Доступная для измерений область спектра RW Aug охватывает интервал λ 3600—4800.

На записях непрерывные спектры были проведены по тем длинам волн, которые по данным, относящимся к Солицу [1], наименее возмущены линиями поглощения. Интенсивности непрерывного спектра затем были определены в двадцати точках. Стандартизация спектрограмм осуществлялась с помощью отпечатков трубочного фотометра, освещенного диффузным светом.

Таблица 1

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ
ОБЛАСТИ RW Aug

№ пластики	Дата (1962)	Время наблюдения (U. T.)
238	23 ноября	20 ^h 32 ^m — 20 ^h 47 ^m
239	"	21 40 — 22 00
240	"	22 11 — 22 31
253	24 "	20 55 — 21 15
257	"	23 21 — 23 41
259	25 "	00 32 — 00 52
263	26 "	20 40 — 21 00
266	"	22 21 — 22 41
267	"	22 59 — 23 19

Нашей основной задачей было исследование распределения энергии в непрерывном спектре RW Aug и возможных его изменений.

Первоначально было выведено относительное распределение энергии RW Aug по всем спектрограммам, что вполне достаточно для решения второй части задачи: исследования наблюдаемых изменений непрерывного спектра звезды.

Имея в виду, что основное излучение RW Aug исходит из главной звезды класса dG5 [2, 3], мы задались целью определить относительное распределение энергии в непрерывном спектре RW Aug по отношению к звезде класса G. В ближайших окрестностях RW Aug имеется одна такая звезда: HD 32173 (спектр G, $m_{\text{pg}} = 10.0$). Однако она значительно ярче RW Aug и ее спектры передержаны на всех снимках табл. 1.

Поэтому было вычислено относительное распределение энергии RW Aug по отношению к этой звезде путем предварительной привязки обеих этих звезд к звезде сравнения α (спектр A0, $m_{\text{pg}} = 10.02$) из работы П. И. Холопова [4], расположенной недалеко от RW Aug.

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ $100 (\Delta \lg I_{\lambda} + 0.6)$, ГДЕ $\Delta \lg I_{\lambda} = \lg I_{\lambda} (\text{RW Aur}) - \lg I_{\lambda} (\text{HD 32173})$

λ^{-1} № пластинки	2.09	2.13	2.17	2.22	2.27	2.35	2.38	2.41	2.47	2.50	2.51	2.53	2.55	2.58	2.60	2.63	2.66	2.70	2.73	2.78	V
238	9	8	13	15	11	7	5	2	4	5	7	10	15	21	22	—	—	—	—	—	10.53
239	9	10	12	16	16	11	11	10	11	14	15	18	22	24	26	28	32	33	38	47	10.54
240	13	14	18	17	14	11	8	7	9	12	13	16	18	22	23	28	33	33	40	50	10.55
253	29	36	33	36	38	39	38	37	36	35	35	37	36	38	37	39	40	44	61	64	10.31
257	24	30	30	33	33	32	32	32	29	29	30	33	33	34	34	41	41	33	42	46	10.25
259	25	30	31	34	34	33	34	31	26	25	25	26	27	30	29	31	31	30	30	30	10.22
263	19	18	21	22	21	18	18	17	14	17	18	22	25	28	29	32	33	36	37	34	10.46
266	7	9	18	20	22	17	15	11	10	9	10	12	13	16	16	26	31	32	40	40	10.47
267	11	14	20	22	21	21	18	14	9	8	10	12	14	16	18	21	29	35	40	34	10.48

Близость всех трех звезд позволила освободиться от необходимости учета атмосферной экстинкции.

Результаты вычислений в виде разностей звездных величин (RW Aug минус звезда сравнения)* приведены в табл. 2. В последнем столбце этой таблицы представлены звездные величины V в средний момент наблюдений, полученные путем интерполяции неопубликованных данных П. Ф. Чугайнова. Относительное распределение энергии в непрерывном спектре RW Aug представлено также на рис. 2, где для большей уверенности результаты измерений спектрограмм, полученных в одну ночь, усреднены.

Сводная кривая блеска RW Aug, построенная П. Н. Холоповым [4], свидетельствует о том, что блеск звезды обычно подвержен

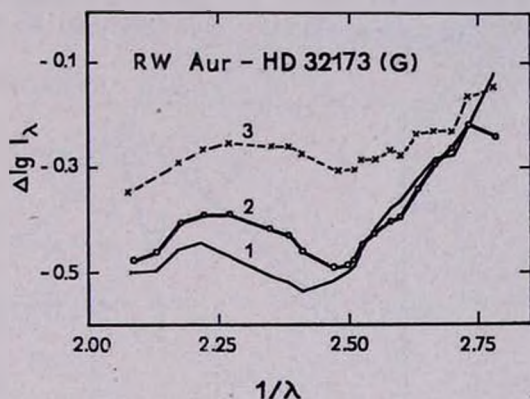


Рис. 2. Относительное распределение энергии в непрерывном спектре RW Aur, усредненное для трех ночей: 23 ноября (1), 24—25 ноября (2) и 26 ноября (3) 1962 года.

быстрым и почти непрерывным изменениям, достигающим до 0^m6 за 0^d03 . Поэтому усреднение данных за ночь фактически означает пренебрежение реальными изменениями в спектре RW Aur в течение ночи. Тем не менее можно полагать, что усредненные данные определенным образом описывают средние закономерности излучения звезды в непрерывном спектре и в линиях.

Как видно из рис. 2, в период наших наблюдений непрерывный спектр RW Aur характеризуется заметным возрастанием его относительной интенсивности к большим волновым числам, особенно значительным в случаях 1 и 3, когда интегральная яркость звезды меньше. Это очевидно указывает на присутствие значительного ко-

* Оценка $m_{pg} = 10.0$, приведенная в HD для звезды HD 32173, по-видимому, неверна, так как на всех наших снимках спектр этой звезды значительно ярче спектра звезды α .

ротковолнового избыточного излучения, так называемой непрерывной эмиссии [5, 6], в спектре RW Aug в этих случаях.

Вместе с тем сравнение трех кривых на этом рисунке показывает, что в длинноволновой части спектра между ними имеются заметные различия, по-видимому, трудно объяснимые изменениями интенсивности избыточного коротковолнового излучения. Действительно, кривая 2, соответствующая наблюдениям 24—25 ноября, характеризуется максимальной интенсивностью и указывает в длинноволновой области спектра на спектрофотометрическую температуру, приблизительно равную температуре звезды сравнения. Две другие кривые (1 и 3), соответствующие наблюдениям 23 и 26 ноября, в этой области спектра указывают на несколько более низкую спектрофотометрическую температуру. Между тем, избыточное коротковолновое излучение в последних двух случаях значительно более интенсивно, чем в первом случае.

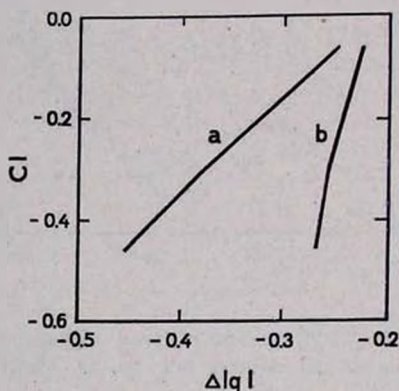


Рис. 3. Зависимость показателя цвета $CI = m(3700) - m(4400)$ от относительной яркости RW Aug для двух длин волн: а — $\lambda 4400$ и б — $\lambda 3700$. Звездные величины $m(3700)$ и $m(4400)$ — монохроматические.

Это более наглядно видно на рис. 3, где приведено графическое сравнение цвета звезды, определенного как разность монохроматических величин для длин волн $\lambda 3700$ и $\lambda 4400^*$, и интенсивности непрерывного спектра. Рис. 3 показывает, что RW Aug краснеет с возрастанием ее общей яркости.

Возможно, что это частично обусловлено влиянием излучения спутника (спектр dM0e, $m_{vis} = 11.5$ [7]), искажающего, согласно [8],

* Хотя наши измерения охватывают область $\lambda\lambda 3600-4800$, но измерения, соответствующие крайним точкам этой области, довольно неуверенны. Этим обусловлен выбор монохроматической яркости при $\lambda 3700$ с коротковолнового конца, т. е. значительно дальше от эффективной длины волны U в системе U, B, V .

распределение энергии вблизи минимума блеска звезды. Однако в целом этот факт несомненно связан с коротковолновым избыточным излучением.

Действительно, в длинноволновой области спектра RW Aur, где отсутствует это избыточное излучение, наблюдается обратная связь между ее яркостью и цветом (спектрофотометрической температурой).

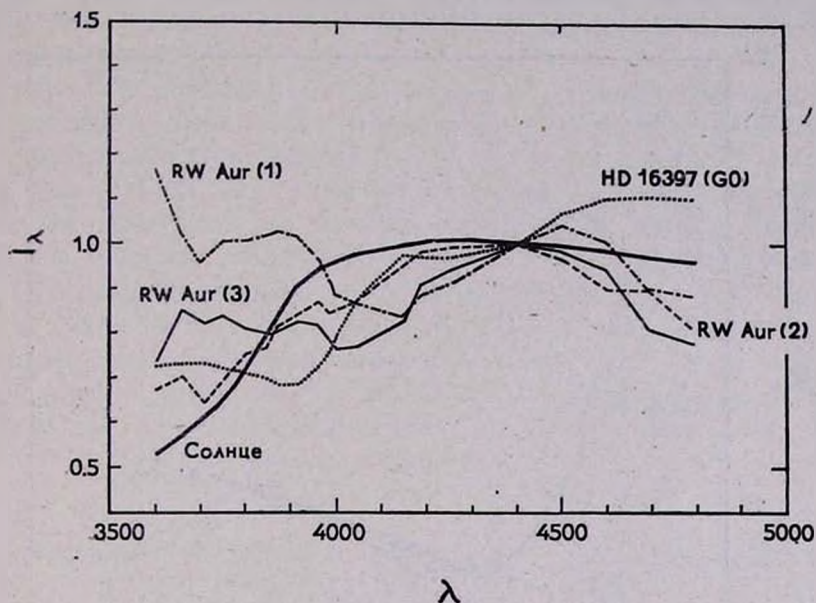


Рис. 4. Распределение энергии в непрерывном спектре RW Aur. Для сравнения представлены также распределения в случае нормальных G-звезд: Солнца [13] и HD 16397 [14]. Интенсивность непрерывного спектра при $\lambda 4400$ принята за единицу.

Согласно исследованию Дж. Хербига [8], ослабление монохроматической яркости ($\lambda 5400$) этой звезды соответствует понижению ее спектрофотометрической температуры ($\bar{\lambda} = 4250 \text{ \AA}$). Такая корреляция между температурой и цветом отмечена и П. Н. Холоповым [4], причем оказалось, что падение блеска RW Aur на 1^м в фотографических лучах соответствует возрастанию показателя цвета $m_{pg} - m_{vis}$ на 0^м6.

Этот вывод подтверждается также электрофотометрическими наблюдениями П. Ф. Чугайнова и Г. В. Зайцевой [9], согласно которым при максимуме блеска RW Aur ее показатель цвета $B - V = 0^m 53$, а в минимуме блеска $B - V = 0^m 92$, т. е. звезда краснеет с ослаблением блеска.

Поэтому обнаруженную обратную корреляцию между яркостью и цветом RW Aur (рис. 3) в коротковолновой области спектра следует приписать влиянию избыточного коротковолнового излучения — непрерывной эмиссии.

В этой области спектра RW Aur заметный вклад в общее излучение звезды вносит непрерывная эмиссия, которая приводит к обратной корреляции между ее блеском и цветом: возрастание общей

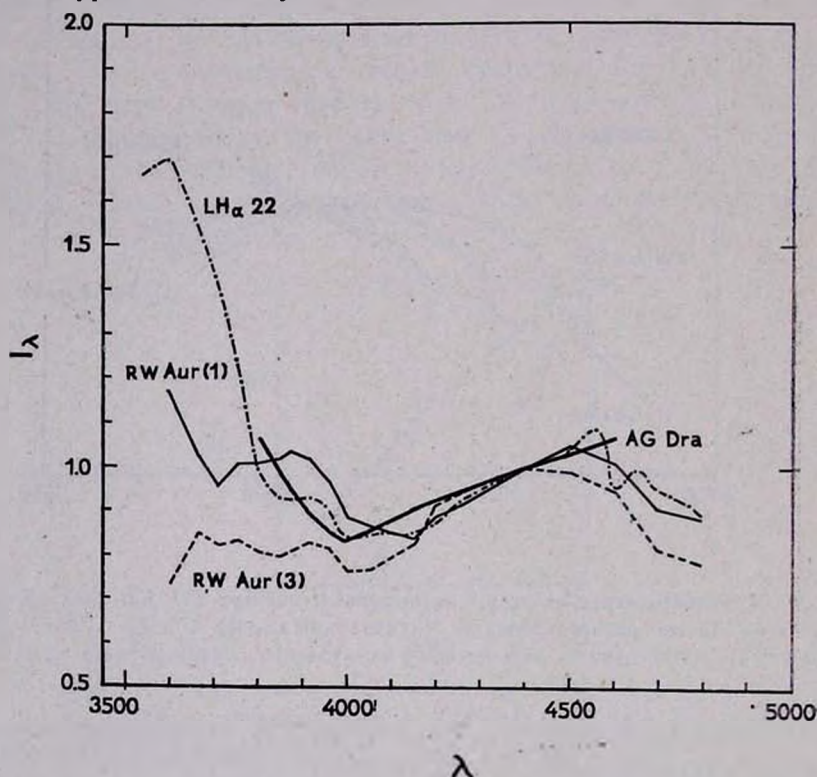


Рис. 5. Сравнение распределения энергии в непрерывном спектре RW Aur с распределением для AG Dra в период умеренной непрерывной эмиссии [12] и яркостной ультрафиолетовой звезды LH α 22 [14]. Интенсивность при λ 4400 принята за единицу.

яркости соответствует покраснению звезды и наоборот, в минимуме блеска из-за относительно сильной непрерывной эмиссии звезда голубеет.

Наблюдения RW Aur (рис. 2) подтверждают ранее полученный одним из авторов [10—12] вывод о том, что начало непрерывной эмиссии—коротковолнового избыточного излучения—скользит по спектру и при усилении его относительно нормального излучения звезды перемещается в сторону малых волновых чисел (длинных волн).

Сказанное наглядно иллюстрируется рис. 4. На нем представлено абсолютное распределение энергии в спектре RW Aur, усредненное для трех ночей наших наблюдений. Оно определено по данным А. Унзольда [13] при допущении, что распределение энергии в спектре нашей звезды сравнения HD 32173 идентично с распределением энергии в спектре Солнца. На этом рисунке для сравнения приводится также распределение энергии в спектре G0-звезды HD 16397 по данным К. Бёма [14].

Рис. 4 подтверждает также наличие в непрерывном спектре RW Aur значительного коротковолнового избыточного излучения 23 и 26 ноября 1964 года (кривые 1 и 3). На рис. 5 распределение энергии в спектре RW Aur для этих дней сравнивается с соответствующим распределением для яркоультрафиолетовой звезды LH₂ 22 [14] и AG Dra в период умеренной непрерывной эмиссии последней [12].

Изменения интенсивности непрерывной эмиссии, как известно, обычно сопровождаются изменениями спектральных линий. Для составления некоторого представления о взаимосвязи между этими изменениями в случае RW Aur были фотометрированы эмиссионные линии H и K ионизованного кальция, наиболее яркие эмиссионные линии в ее спектре. Эквивалентные ширины этих линий* в ангстрем-

Таблица 3

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ H и K Ca II В СПЕКТРЕ RW Aur

Дата, № пластинки Линия	23 ноября			24—25 ноября			26 ноября		
	238	239	240	253	257	259	263	266	267
H	8.7	7.8 8.2	8.2	2.4	2.3 2.4	2.4	3.1	6.7 4.7	4.3
K	20.4	16.5 16.1	11.3	12.6	11.0 11.9	10.0	13.7	18.6 16.3	16.7

мах представлены в табл. 3. Для каждой линии в первой строке даются эквивалентные ширины по отдельным измерениям, а во второй строке — средние за ночь.

На рис. 6 средние эквивалентные ширины — W линий H и K сопоставлены со средней относительной интенсивностью непрерывного спектра RW Aur, интерполированного к частотам этих линий для тех же периодов наблюдений. Рис. 6 свидетельствует о том, что эк-

* Для линии H не учтено небольшое влияние слияния ее с линией H₂.

вивалентные ширины линий и интенсивность непрерывного спектра RW Aur находятся в обратной связи.

Следует добавить, что инструментальные возможности исключили возможность исследования спектра за границей серии Бальмера, в области, имеющей существенное значение для вскрытия природы коротковолновой непрерывной эмиссии [12].

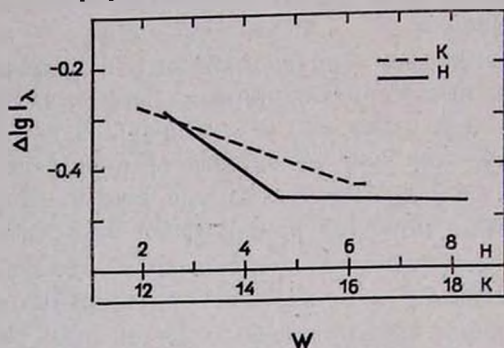


Рис. 6. Корреляция между эквивалентными ширинами эмиссионных линий H и K ионизованного кальция и относительной интенсивностью непрерывного спектра RW Aur, интерполированного к частотам этих линий.

Когда настоящая работа была завершена, мы получили статью Е. К. Харадзе и Р. А. Бартая [15] о спектрофотометрическом исследовании RW Aur на основе более богатого наблюдательного материала, охватывающего и период наших наблюдений. Сравнение наших результатов с результатами этой работы показывает качественно удовлетворительное согласие между ними как в отношении непрерывного спектра (в смысле соотношения между непрерывной эмиссией и нормальным излучением RW Aur), так и эмиссионных линий. В частности наблюдения, приведенные в [15], также указывают на увеличение показателя цвета $U - B$ при возрастании блеска звезды.

Однако имеются небольшие количественные расхождения. Например, как следует из нашего рис. 2, спектрофотометрический градиент RW Aur в длинноволновой области спектра подвержен заметным изменениям, оставаясь близким к спектрофотометрическому градиенту звезды класса G: HD 32173. Между тем согласно [15] он почти не меняется и приблизительно равен градиенту F6 звезды (см. рис. 3 этой работы).

Авторы выражают благодарность П. Ф. Чугайнову за предоставление результатов своих электрофотометрических наблюдений RW Aur до их опубликования.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE SPECTRUM OF RW AUR IN THE REGION λ . 3600—4800

L. V. MIRZOYAN, E. S. KAZARIAN

The energy distribution in the continuous spectrum of RW Aur has been studied on nine spectrograms taken in November 1962. This distribution changed conspicuously with the variations of brightness. The short wave continuous emission contribution occurred in the time of weakening of the brightness. The short wave colour index became bluer to this time. The beginning of continuous emission drifts along the spectrum to the long waves with the increasing of its relative intensity. The intensity of continuous spectrum and equivalent widths of emission lines H and K of ionized calcium were in inverse correlation.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. M. Minnaert, G. F. Mulders, J. Houtgast, Photometric Atlas of the Solar Spectrum, Amsterdam, 1940.
2. A. H. Joy, G. van Biesbroeck, Publ. A. S. P., 56, 123, 1944.
3. A. H. Joy, Ap. J., 102, 168, 1945.
4. П. Н. Холопов, Переменные звезды, 10, 390, 1955.
5. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюро. обс., 13, 1954.
6. В. А. Амбарцумян, К симпозиуму по нестационарным звездам (в Дублине), АН СССР, М., 1955.
7. A. H. Joy, R. E. Wilson, Ap. J., 109, 231, 1949.
8. G. H. Herbig, Dissertation, University of California, 1948.
9. П. Ф. Чугайнов, Г. В. Зайцева, ПЗ, 14, 148, 1962.
10. Л. В. Мирзоян, Сообщ. Бюро. обс., 19, 43, 1956.
11. Л. В. Мирзоян, Р. А. Бартая, Бюлл. Абстуман. астрофиз. обс., 25, 121, 1960.
12. Л. В. Мирзоян, ДАН СССР, 119, 666, 1958.
13. А. Унзольд, Физика звездных атмосфер, ИЛ, М., 1949, стр. 49.
14. K. H. Vöhl, Zs. f. Astrophys., 43, 245, 1957.
15. Е. К. Харадзе, Р. А. Бартая, Бюлл. Абстуман. астрофиз. обс., 30, 3, 1964.