

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

5 (309)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2016 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2016 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2016**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

ҚР ҰҒА ХАБАРЛАРЫ. ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ

Бас редакторы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошкаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

ИЗВЕСТИЯ НАН РК. СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
[www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz](http://www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz)

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

**NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN. SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS**

E d i t o r i n c h i e f

doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 309 (2016), 55 – 63

UDC 524.5

L.I. Shestakova, B.I. Demchenko

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan
shest1952@mail.ru

THE ACTION OF RADIATION PRESSURE ON THE DYNAMICS OF ATOMS AND IONS IN DEBRIS DISKS OF A-TYPE STARS

Abstract. The results of calculations of radiation pressure on atoms and ions, formed after the disintegration of dust and larger bodies in the disk of star β -Pictoris, are presented. It is concluded that the circumstellar medium enriched by elements, weakly susceptible to light pressure in a neutral state, and/or after the first ionization. Among them there are elements with high abundance of space: N, O, C, Na, P, S, K. Moreover, the elements: F, Cl, Se, Br, I, Ir, Hg and a noble gas atoms remain in the disk.

Interstellar medium can be enriched primarily by ions Al, which are strongly influenced by the radiation pressure in the neutral state and in the first and second stages of ionization. The interstellar medium is also enriched by elements exposed to strong radiation pressure in a neutral state, and after the first ionization: Be, Mg, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Sr, Ba. Lithium among the neutral atoms is exposed to the maximum pressure of the radiation that exceeds the gravitational force at 1000 times. The hydrogen atoms also can leave the star system under the action of radiation pressure, in the case of separation of the atoms from the parent bodies outside the hydrogen ionization zone.

Keywords: β -Pictoris, debris disk, circumstellar disk, dust grains, orbital evolution, dust sublimation.

УДК 524.5

Л.И. Шестакова, Б.И. Демченко

Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова, Алматы, Казахстан

ДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ДИНАМИКУ АТОМОВ И ИОНОВ В ОСКОЛОЧНЫХ ДИСКАХ ЗВЕЗД КЛАССА А

Аннотация. Представлены результаты расчетов радиационного давления на атомы и ионы в диске звезды типа β -Pictoris, образовавшиеся после распада пыли и более крупных тел. Сделан вывод, что околозвездная среда обогащается элементами, слабо подверженными световому давлению в нейтральном состоянии и/или после первой ионизации. Среди них имеются элементы с достаточно высоким космическим обилием: N, O, C, Na, P, S, K. Кроме того, элементы: F, Cl, Se, Br, I, Ir, Hg и атомы благородных газов остаются в диске.

Межзвездная среда может обогащаться в первую очередь ионами Al, которые подвержены сильному влиянию светового давления в нейтральном состоянии и в первой и второй стадиях ионизации. Межзвездная среда также обогащается элементами, подверженными сильному радиационному давлению в нейтральном состоянии и после 1-й ионизации: Be, Mg, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Sr, Ba. Литий среди нейтральных атомов подвержен максимальному давлению излучения, которое превышает силу тяготения в 1000 раз. Атомы

водорода также могут покинуть звездную систему под действием радиационного давления, в случае отделения атомов от родительских тел за пределами зоны ионизации водорода.

Ключевые слова: β -Pictoris, осколочный диск, околозвездный диск, пылевые частицы, орбитальная эволюция, сублимация пыли.

Введение. В середине 80-х годов после первых наблюдений в инфракрасном диапазоне с помощью миссии IRAS [1,2] были обнаружены избытки эмиссии на длинах волн 12, 25 и 100 мкм около ближайших звезд: Веги, Фомальгаута и β Pictoris [2,3]. Избытки инфракрасного излучения свидетельствуют о наличии пылевых дисков, которые впоследствии были названы осколочными дисками, окружающими эти звезды. Оказалось, что среди звезд с осколочными дисками около 50% - молодые звезды класса А и 25% - А-звезды, заканчивающие свою жизнь на главной последовательности [4]. Это обусловлено двумя обстоятельствами:

Во-первых, благодаря короткому времени жизни (в среднем около 850 миллионов лет) в сравнении с солнцеподобными звездами или М-карликами, они могли сохранить первоначальный диск.

Во-вторых, А-звезды обычно ярче звезд других классов, диски около которых невозможно обнаружить.

Звезда класса AV5 - β Pictoris (HR 2020) является прототипом звезд класса А с переменной околозвездной компонентой. Протопланетный диск около β Pictoris имеет сходные черты с Солнечной системой [5]. Испарившийся и ионизованный газ планетезималей, наблюдаемый вблизи звезды, имеет обычное солнечное химическое обилие. Различия в процессах, происходящих в пылевых дисках около Солнца и звезды класса А (β Pictoris) определяются различиями в возрасте и классе звезды. Большая часть гранул около β Pictoris может немного отличаться по составу от типичного для Солнечной системы межпланетного и кометного материала. Содержание углерода меньше, чем в стандартном составе хондритов и углеродосодержащих метеороидов. Особенно светлым выглядит состав гранул около β Pictoris в сравнении с темной кометной пылью Солнечной системы.

Роль радиационного давления, действующего на пыль, проявляется в околозвездном диске β Pictoris сильнее, чем в Солнечной системе. Появляется возможность лавинообразного потока коллизионных осколков субмикронных размеров и их фрагментов наружу сквозь диск. Недостаток углерода в составе частиц также может быть обусловлен сильным световым давлением, поскольку углеродосодержащие частицы сильнее подвержены этому эффекту, за счет чего может происходить некоторая «сепарация» состава частиц световым давлением. Особенно сильно световое давление проявляется на нейтральных атомах.

Рассмотрение влияния светового давления на нейтральные атомы в Солнечной системе [6,7] позволило сделать вывод, что для некоторых из них давление радиации превосходит действие гравитации, и эти атомы могут быть ускорены световым давлением до различных скоростей и проявлять свое присутствие в составе солнечного ветра [8].

В 1990 году нами был сделан прогноз интенсивности резонансного свечения некоторых атомов и ионов, оказавшихся около Солнца в результате распада комет, метеорных потоков и испарения зодиакальной пыли [7]. Были выбраны наиболее перспективные для оптических наблюдений атомы и ионы. Расчеты динамики первых ионов кальция показали, что под действием светового давления они могут разогнаться до скоростей 300- 400 км/сек [9]. В результате поисков резонансного свечения иона кальция в линиях H и K CaII около Солнца во время полного солнечного затмения 26.02.1998 была обнаружена обширная область свечения в интервале расстояний от 3.5 до 18 солнечных радиусов к западу от Солнца [10,11]. Наблюдаемые лучевые скорости ионов CaII достигали величин до 300 км/сек. Очевидно, что наблюдаемые скорости намного превосходят кеплеровские. Происхождение таких высоких скоростей легко объясняется влиянием светового давления в резонансных линиях.

Интенсивные резонансные линии являются основой для расчета действия светового давления. Световое давление максимально в случае, когда сильные резонансные линии оказываются в области максимума излучения звезды. Несомненно, что для звезд более раннего спектрального класса, таких как звезды класса А, этот эффект будет более значимым из-за их более высокой температуры и светимости.

Работа выполнена с целью выяснения влияния светового давления на изменения химического состава околозвездного диска и окружающей межзвездной среды.

Метод расчета. Сила светового давления F_L в центре резонансной линии определяется из выражения:

$$F_L = \alpha_L \frac{\pi}{c} \frac{F_\lambda \chi_L}{(r/r_\odot)^2}, \quad (1)$$

где F_λ - интенсивность излучения в среднем по диску звезды в единичном интервале длин волн в непрерывном спектре между линиями, либо заменяющая ее функция Планка; χ_L - остаточная интенсивность в центре линии в долях единицы (за единицу принимается непрерывный спектр F_λ), r/r_\odot - расстояние от центра звезды в звездных радиусах, c - скорость света; $\alpha_L = \pi e^2 \lambda^2 f_L / m_e c^2$ - коэффициент поглощения в линии согласно [12], где e и m_e - заряд и масса электрона, f_L - сила осциллятора для излучения в данной линии.

Световое давление F_{rad} на каждый атом или ион определяется суммой давлений по всем резонансным линиям L :

$$F_{rad} = \sum_L F_L. \quad (2)$$

Механизм ускорения обеспечивается суммой давлений для всех резонансных линий данного атома. Чем больше сила осциллятора атома и чем мощнее интенсивность солнечного спектра в соответствующей длине волны, тем сильнее радиационное давление.

Дальнейший сценарий поведения атома или иона зависит в основном от времени его жизни в поле излучения и отношения силы светового давления к силе притяжения: $\beta = F_{rad}/F_{grav}$. Если $\beta > 1$, элемент получает ускорение, направленное от звезды. Поскольку силы, действующие на разные элементы различны, то различны и их терминальные скорости. Это обстоятельство и может обусловить пространственное разделение элементов в процессе их удаления из системы звезды и образование облаков, обогащенных разными элементами.

Сравнение спектра звезды класса А с солнечным спектром. Основной формулой для электромагнитного излучения абсолютно черного тела является функция Планка, которую мы запишем в виде [13]:

$$B(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda \cdot T}\right) - 1}, \quad (3)$$

где λ - длина волны, T - температура в градусах К, C_1 , C_2 - первая и вторая радиационные постоянные ($C_1 = 2hc^2$, $C_2 = hc/k$, h - постоянная Планка, c - скорость света, k - постоянная Больцмана).

Значения постоянных: $C_1 = 1.19106 \cdot 10^{-16}$ Вт·м²/ср, $C_2 = 1.438786 \cdot 10^{-2}$ м·град. При таком выборе постоянных размерность $B(\lambda, T)$ представим в виде: дж/(сек · м² · мкм · ср), то есть эта функция показывает, сколько джоулей энергии излучается за 1сек с 1м² в интервале длин волн, равном 1 мкм и в телесном углу 1 стерадиан. Распределение энергии в солнечном спектре (F_λ), взятое в [13] мы привели в единую систему единиц, то есть выразили в единицах дж/(с · м² · мкм · ср) и оцифровали.

Как видно из рисунка 1, функция Планка практически совпадает с солнечным спектром на длинах волн $\lambda > 0.5$ мкм. Значительные различия возникают в области $\lambda < 0.5$ мкм из-за насыщенности реального спектра линиями поглощения разных элементов. В ультрафиолетовом

диапазоне в солнечном спектре преобладает излучение хромосферы и короны, которое сильно отличается от чернотельного. На рисунке 1 заметен характерный максимум хромосферной эмиссии водорода в линии L_{α} на $\lambda = 0.1215$ мкм. Выбор эффективной температуры $T_{\text{eff}} = 5779\text{K}$, сделанный в [13], основан на совпадении полной энергии излучения, полученной после интегрирования по длинам волн реального спектра Солнца и спектра, аппроксимированного функцией Планка.

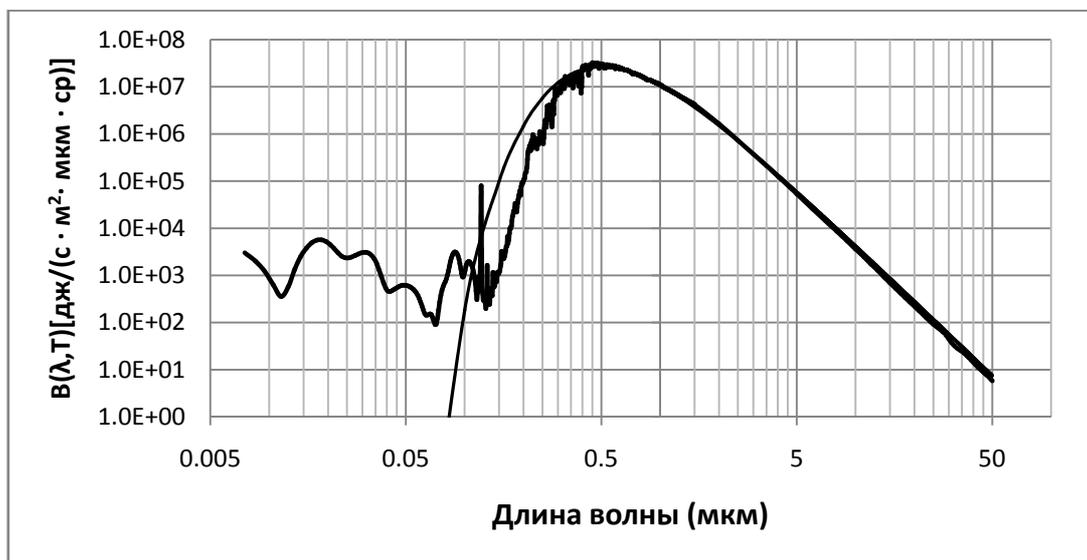


Рисунок 1 – Распределение энергии в солнечном спектре согласно [13] – жирная линия и функция Планка с $T_{\text{eff}} = 5779\text{K}$ - тонкая линия

Для расчетов светового давления на атомы и ионы в дисках звезд класса А мы выбрали звезду β Pictoris, как типичную и достаточно подробно исследованную звезду, обладающую осколочным диском. Для расчетов использованы следующие параметры β Pictoris, взятые согласно [14]: $M = 1.75 M_{\odot}$, $T_{\text{eff}} = 8200\text{K}$, $R = 1.732r_{\odot}$. Необходимые атомные данные для расчетов давления радиации в резонансных линиях атомов и ионов взяты согласно приведенным в [15].

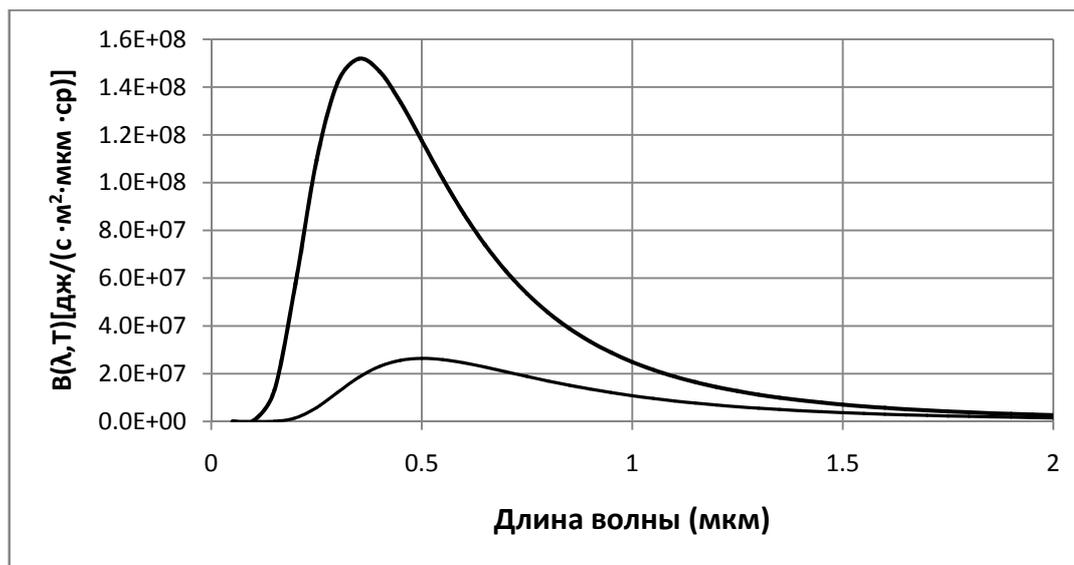


Рисунок 2 – Чернотельные спектры, рассчитанные согласно функции Планка для звезд с эффективными температурами $T_{\text{eff}} = 8200\text{K}$ (β Pictoris) и $T_{\text{eff}} = 5779\text{K}$ (Солнце по [13])

Результаты расчетов. Атомы. Результаты расчетов светового давления на атомы и ионы в диске звезды класса А (типа β Pictoris) получены в чернотельном приближении согласно (7) с использованием функции Планка.

В расчетах не учитывался фактор χ_λ – остаточная интенсивность в центре линии, поскольку планковский спектр не позволяет его учесть. Тем не менее, известно, что спектр звезды класса А имеет неглубокие линии в сравнении с солнечным спектром, за исключением линий водорода, поэтому ошибки в подобных расчетах невелики. Но даже для атомов водорода, обладающих высокими радиальными скоростями, такие расчеты можно считать точными. Оценки светового давления на некоторые атомы в системе β Pictoris выполнены в [16] и ряде других работ. Расхождения наших оценок невелики, в основном они объясняются различиями в принятых параметрах звезды и учета глубины линий.

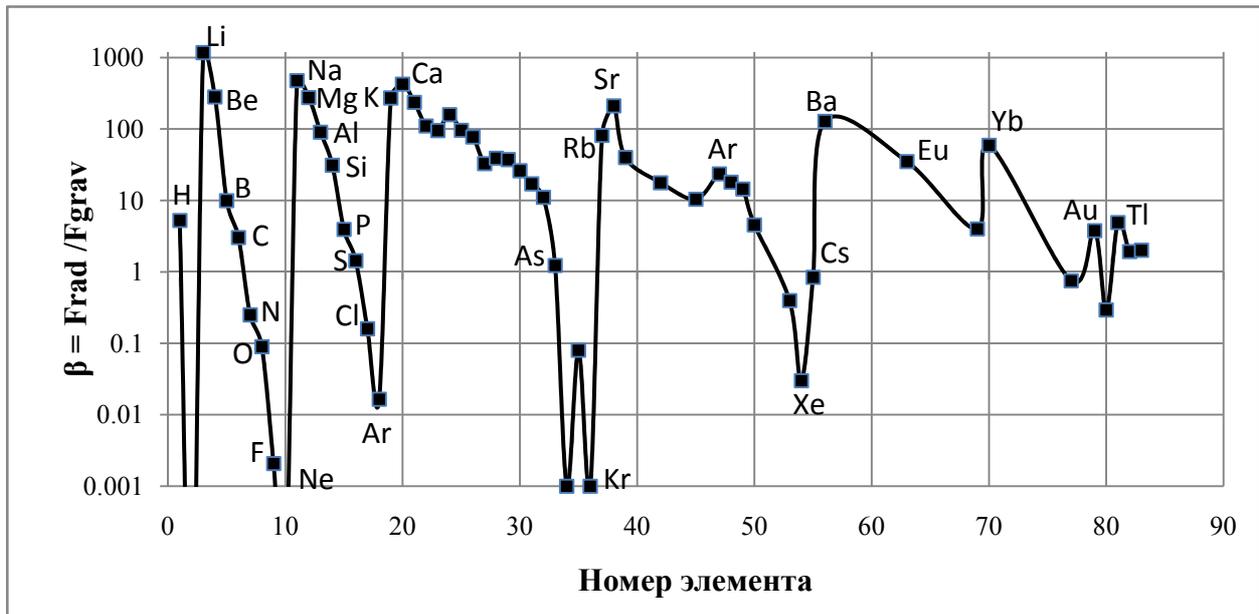


Рисунок 3 – Отношение светового давления к силе тяготения (β) для нейтральных атомов в диске звезды β Pictoris в зависимости от номера элемента, $T_{\text{eff}}=8200\text{K}$.

Причина увеличения силы светового давления для быстролетающих атомов объясняется доплеровским смещением по длине волны. Чем больше будет соответствующее радиальной скорости доплеровское смещение, тем сильнее световое давление, которое достигнет максимума, когда скорость атома будет достаточно велика, чтобы по доплеровскому смещению длина волны поглощаемого атомом света вышла из ядра линии на уровень непрерывного спектра звезды. Строго говоря, результаты наших расчетов соответствуют световому давлению, действующему на быстролетающие атомы и ионы, линии поглощения которых из-за доплеровского смещения сместились по длине волны на уровень непрерывного спектра.

Как видно из рисунка 3, легче всего поддаются действию светового давления атомы щелочной группы, такие как Li, Na, K, Rb. Они имеют на внешней оболочке один электрон и мощные резонансные дублеты с длиной волны $\lambda > 0.5$ мкм, которые находятся на спаде спектра с длинноволновой стороны от максимума (рисунок 2). Однако, такой процесс ускорения для атомов щелочной группы длится недолго, поскольку они имеют низкий потенциал первой ионизации и быстро ионизируются ультрафиолетовым излучением звезды.

Начиная с кальция, атомы второй группы, такие как Ca, Sr, Ba, имеющие 2 электрона на внешней оболочке, становятся более подверженными световому давлению, чем щелочные металлы и далее по убыванию (рис. 3) располагаются атомы элементов последующих групп таблицы

Менделеева. Минимальным световым давлением обладают атомы благородных газов: Ne, Ar, Kr, Xe.

Интересно отметить, что кроме выделенных «активных» в смысле светового давления столбцов таблицы Менделеева, обнаружилось еще и «активные» строки: IV-й, начинающийся с K и V-й, начинающийся с Rb. Интересен также VI-й ряд, начинающийся с Cs, содержащий редкоземельные металлы лантаноиды. Те из них, для которых известны силы осцилляторов (Nd, Eu, Yb) показывают высокие β для атомов и первых ионов.

Несмотря на отсутствие данных о силах осцилляторов для VII - ряда таблицы Менделеева, по аналогии с лантаноидами можно ожидать такого же поведения у группы актиноидов, содержащих радиоактивные элементы, Th, U и т.д.

Основной вывод, который можно сделать из рассмотрения динамического поведения нейтральных атомов, состоит в том, что большинство их них, особенно это касается атомов с высоким космическим обилием, существенно подвергаются световому давлению, то есть имеют $\beta > 1$.

Результаты расчетов. Ионы. Атомы 2-го столбца таблицы Менделеева, имеющие на внешней оболочке по 2 электрона, такие, как Be, Mg, Ca, Sr, Ba после 1-й ионизации становятся лидерами по силе светового давления (рисунок 4). При этом они имеют гораздо лучшие перспективы в смысле «выживания» в звездном диске около звезды, поскольку у них достаточно большое время жизни, чтобы ускориться до больших скоростей.

Эти атомы имеют сильные резонансные линии вблизи максимума излучения звезды в нейтральном состоянии, кроме того после первой ионизации, они становятся ионами, подобными атому Li и у них появляются еще более мощные резонансные дублеты, смещенные в УФ сторону, но также находящиеся вблизи максимума излучения звезды. Таким образом, ускорение этих атомов продолжается после 1-й ионизации и они могут успеть ускориться до больших скоростей прежде, чем перейдут на следующий уровень ионизации.

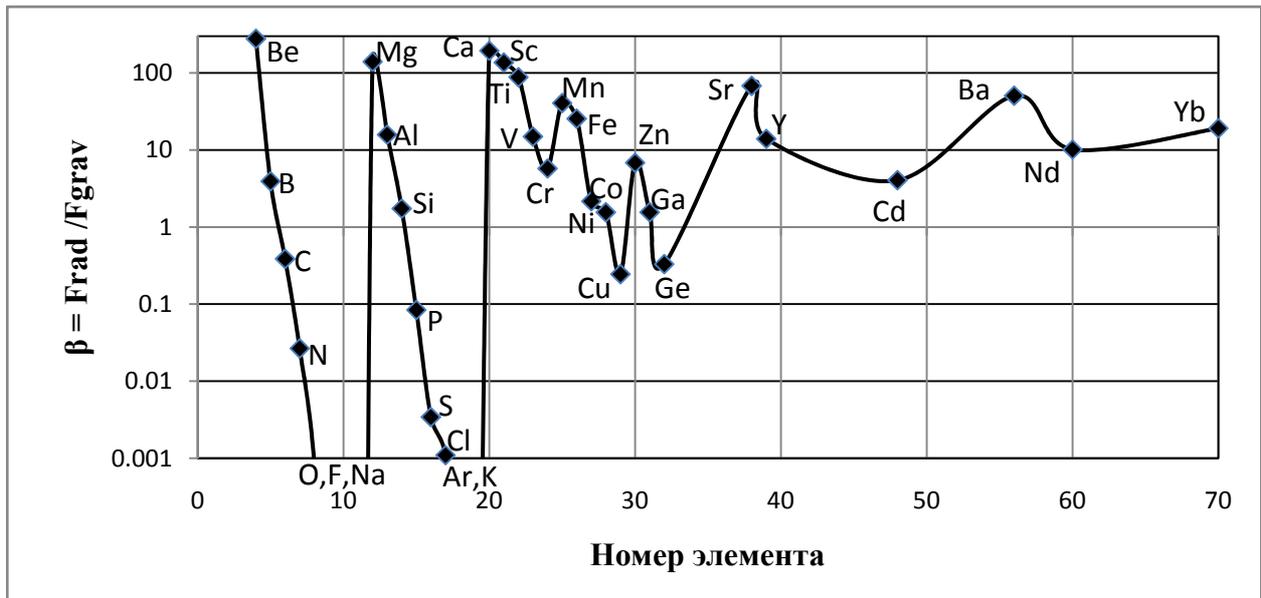


Рисунок 4 – Отношение светового давления к силе тяготения (β) для ионов первой степени ионизации в диске звезды Pictoris в зависимости от номера элемента

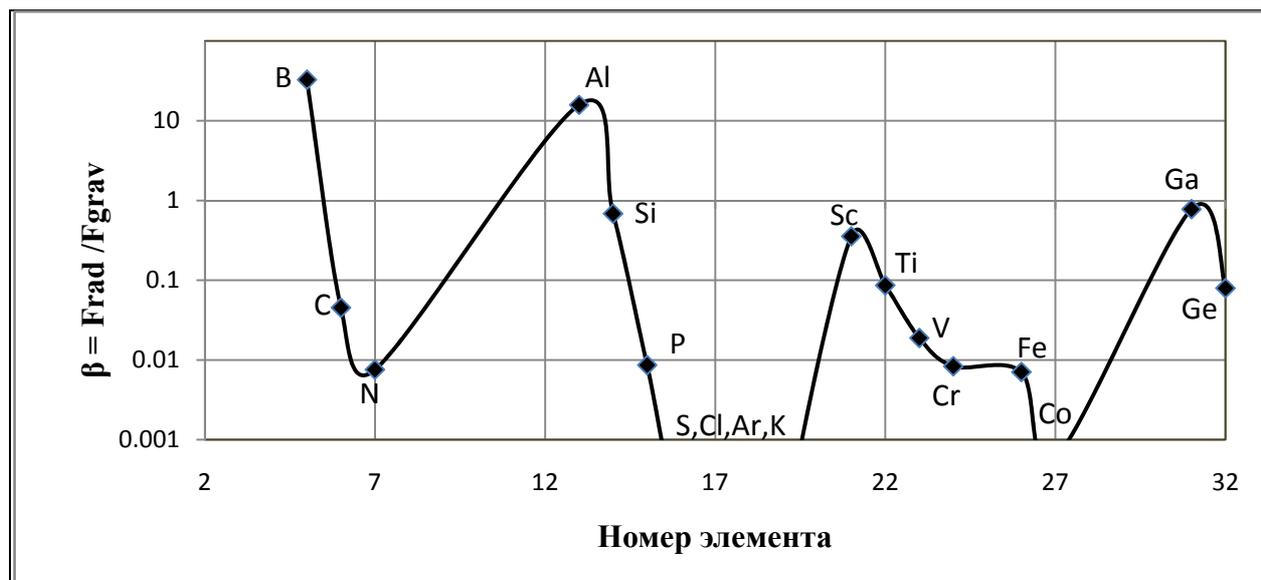


Рисунок 5 – Отношение светового давления к силе тяготения (β) для ионов первой степени ионизации в диске звезды β Pictoris в зависимости от номера элемента

После второй ионизации на первый план по силе светового давления выходят элементы 3-го столбца таблицы Менделеева типа бора (B) и алюминия (Al) (рис. 5), а при дальнейшей ионизации световое давление превышает силу тяготения только для ионов кремния (SiIV).

Обсуждение результатов и выводы. Из рисунков 3 - 5 можно сделать вывод о том, что давление радиации в резонансных линиях может оказывать существенное влияние на химический состав как звездных атмосфер, так и межзвездной среды, а также о перераспределении вещества внутри околозвездного диска, включая планетную систему.

Эволюцию диска осколков схематично можно проследить следующим образом. Осколки диска и пыль в результате взаимных столкновений дробятся. Образующаяся пыль разделяется световым давлением на 2 основные группы: мелкая пыль, радиусами < 1 мкм [17] выметается в межпланетную среду, либо осаждается на более крупных телах, а более крупные частицы остаются в диске и, под действием эффекта торможения Пойнтинга – Робертсона, постепенно приближаются к звезде. После достижения зоны сублимации пылевые частицы испаряются и распадаются на атомы, которые подвергаются действию светового давления в резонансных линиях и ионизации ультрафиолетовым излучением звезды.

Из рисунка 3 видно, что большая часть атомов начнет ускоряться световым давлением прочь от звезды, кроме атомов благородных газов (Ne, Ar, Kr, Xe), атомов с высоким оптическим обилием – азота и кислорода (N, O) и еще ряда элементов (F, Cl, Se, Br, I, Ir, Hg). После первой ионизации (рис. 4) в дополнение к указанным элементам прекращается ускорение ионов C, Na, P, S, K. После второй ионизации ситуация меняется. Большинство элементов прекращают ускорение, направленное от звезды. Остаются сильно подверженными световому давлению B и Al и несколько элементов со световым давлением, близким к 1 (Si, Sc, Ga). При дальнейшей ионизации световое давление превышает силу тяготения только для ионов кремния (SiIV).

Таким образом, околозвездная среда обогащается элементами, слабо подверженными световому давлению в нейтральном состоянии и/или после первой ионизации. Среди них имеются элементы с достаточно высоким космическим обилием: N, O, C, Na, P, S, K. Кроме этого остаются в диске: F, Cl, Se, Br, I, Ir, Hg и атомы благородных газов.

Межзвездная среда обогащается элементами: Li, для которого $\beta \approx 1000$. даже если этот атом быстро ионизуется, то при таком ускорении он успеет приобрести высокую скорость, чтобы

покинуть систему звезды. Величина β близка к 100 для атомов Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Rb, Sr, Ba, Yb, которые тоже могут приобрести значительные скорости. После 1-й ионизации время жизни до 2-й ионизации значительно увеличивается.

Среди первых ионов величина β близка к 100 для ионов Be, Mg, Ca, Sc, Ti, Sr, Ba. Именно эти элементы имеют максимальные шансы приобрести скорость, превышающую скорость убегания от звезды. Вплотную к ним приближаются ионы, для которых β находится между 10 и 100: Al, V, Cr, Mn, Fe, Zn, Y, Nd, Yb. Если посмотреть на эти элементы в следующей стадии ионизации (рис. 5), то только 1 из них – Al имеет $\beta > 10$. Близкую величину β во 2-й стадии ионизации имеет только элемент В.

Таким образом, межзвездная среда может обогащаться в первую очередь ионами Al, которые подвержены сильному влиянию светового давления во всех трех состояниях: АII, АIII, АIII, включая их изотопы. Далее следуют элементы, с высоким световым давлением в двух состояниях: Be, Mg, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Sr, Ba. Следует выделить атом Li, для которого $\beta \approx 1000$, а также атом водорода, который при $\beta > 1$ имеет возможность значительно долей покинуть систему горячей звезды и обогатить межзвездную среду.

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА ПО ПРОЕКТУ ГРАНТОВОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ № 0075/ГФ4 КОМИТЕТА НАУКИ МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Smith B.A. and Terrile R.J. A circumstellar disk around Beta Pictoris // *Science*. 1984. V.226. P.1421-1424.
- [2] Aumann H.H. et al. Discovery of a shell around Alpha Lyrae // *Astrophys.J. Letters*. 1984. V.278. P.L23-27.
- [3] Backman D.E., Paresce F. eds. Mainsequence stars with circumstellar solid material // *The Vega phenomenon*. 1993. P.1253-1304.
- [4] Trilling et al. Debris Disks around Sun-like Stars // *Ap.J.* 2008. V.674. P.1086.
- [5] Artymowicz P. BETA PICTORIS: An Early Solar System? // *Annu.Rev.Earth Planet Sci.* 1997.V.25. P.175-219.
- [6] Шестакова Л.И. О механизме пространственного разделения атомов и ионов световым давлением // *Известия НАН РК. Серия физ.-мат.* 2005. №4. С. 82-86.
- [7] Шестакова Л.И. Существует ли область резонансного свечения атомов и ионов вокруг Солнца? // *Письма в Астрон. Журн.* 1990. Т. 16. № 6. С. 550-559. Shestakova L.I. Is there a region of resonance emission by atoms and ions around the sun? // *Sov. Astron. Lett.* 1990. V. 16. P. 236-240.
- [8] Shestakova L.I. Solar Radiation Pressure as a Mechanism of Acceleration of Atoms and First Ions with Low Ionization Potentials// *Solar System Research*. - 2015. - V.49. – P.139 – 145.
- [9] Shestakova L.I. Cometary-Meteoritic Gas in the Solar Corona: The Dynamic of Ca Ions // *Solar System Research*. 2004. V.38. № 1. P.76-84.
- [10] Гуляев Р.А., Щеглов П.В. Эмиссионные образования в F-короне // *ДАН России*. 1999. Т. 366. № 2. - С.199-201.
- [11] Гуляев Р.А., Щеглов П.В. Интерферометрические наблюдения S-короны // *Изв.АН (Россия), Серия физическая*. 1999. Т.63. №11. -С.2186-2190.
- [12] Аллен К.У. Астрофизические величины // Москва. Мир, 1977. 446 С.
- [13] Макарова Е.А., Харитонов А.В., Казачевская Т.В. Поток солнечного излучения. М., “Наука”, 1991, 401 с.
- [14] Kervella P., Thévenin F., Morel P., Provost J., Berthomieu G., S’egransan D., Queloz D., Bord’e P., Di Folco E., Forveille T. VINCI/VLTI observations of Main Sequence Stars, A. K. Dupree and A. O. Benz, Eds. // *Stars as Suns: Activity, Evolution, and Planets*, IAU Symposium. – 2004. - V. 219. - P.80-84.
- [15] Verner D.A, Barthel P.D. and Tytler D. Atomic data for absorption lines from the ground level at wavelengths grater than 228Å // *Kapteyn Institute Preprint*. 1994. №142. - 69 P.
- [16] Brandeker, A. . Liseau, R.; Olofsson, G.; Fridlund, M. The spatial structure of the β Pictoris gas disk // *Astron. Astrophys.* 2004. V. 413. - P. 681.
- [17] Шестакова Л.И., Демченко Б.И., Байнакатова Г.М. Поведение околозвездной пыли вблизи звезды типа β Pictoris // *Известия НАН РК, Серия физ. –мат.* –2012.– Т.3. –С.46-52.

REFERENCES

- [1] Smith B.A. and Terrile R.J. *Science*, **1984**, 226, 1421-1424.
- [2] Aumann H.H. et al. *Astrophys.J. Letters*, **1984**, 278, L23-27.
- [3] Backman D.E., Paresce F. eds. *The Vega phenomenon*, **1993**, 1253-1304.
- [4] Trilling et al. *Ap.J.*, **2008**, 674, 1086.
- [5] Artymowicz P. *Annu.Rev.Earth Planet Sci.*, **1997**, 25, 175-219.
- [6] Shestakova L.I. *Izvestiya NAN RK. Serija fiz.-mat.*, **2005**, №4, 82-86. (In Russian).
- [7] Shestakova L.I. *Sov. Astron. Lett.*, **1990**, 16, 236-240.

- [8] Shestakova L.I. *Solar System Research*, **2015**, 49, 139–145.
- [9] Shestakova L.I. *Solar System Research*, **2004**, 38, № 1, 76-84.
- [10] Gulyaev R.A., Shcheglov P.V. *DAN Rossii*, **1999**, 366, №2, 199-201. (In Russian).
- [11] Gulyaev R.A., Shcheglov P.V. *Izvestiya RAN, Seriya fiz.-mat*, **1999**, 63, №11, 2186-2190. (In Russian).
- [12] Allen C.W. *Astrophysical quantities*. Moscow. Mir.: **1977**, 446.
- [13] Makarova E.A., Kharitonov A.V. Kazachevskaja T.V. *Potok solnechnogo izlucheniya*. **1991**, Moscow, Nauka, 401 (in Russian).
- [14] Kervella P., Th'evenin F., Morel P., Provost J., Berthomieu G., S'egransan D., Queloz D., Bord'e P., Di Folco E., Forveille T. *Stars as Suns: Activity, Evolution, and Planets*, A. K. Dupree and A. O. Benz, Eds. *IAU Symposium*. **2004**, 219, 80-84.
- [15] Verner D.A., Barthel P.D., Tytler D. *Kapteyn Institute Preprint*. **1994**. №142, 69.
- [16] Brandeker A., Liseau R., Olofsson G., Fridlund M. *Astron. Astrophys.* **2004**, 413, 681.
- [17] Shestakova L.I., Demchenko B.I., Bainakatova G.M. *Izvestiya NAN RK. Seriya fiz.-mat.* **2012**, №3, 46-52. (In Russian).

Л.И. Шестакова, Б.И. Демченко

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

А ТОБЫ ЖҰЛДЫЗДАРЫ ДИСКІЛЕРІНДЕ АТОМДАР МЕН ИОНДАР ДИНАМИКАСЫНА СЫНЫҚ ЖАРЫҚ ҚЫСЫМЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аннотация. Тозаң және аса ірі денелердің ыдырауынан кейін құрылған β -Pictoris түріндегі жұлдыздардың дискісінде атомдар мен иондарға радиациялық қысымның есептерінің нәтижелері ұсынылды. Нейтралды жағдайға және/немесе бірінші иондалудан кейін жарық қысымына әлсіз бейімделген жұлдыз маңындағы орта элементтермен молаяды деген шешім жасалды. Олардың ішінде айтарлықтай жоғары ғарыш молдығы бар элементтерде бар: N, O, C, Na, P, S, K. Сонымен қатар элементтер: F, Cl, Se, Br, I, Ir, Hg және асыл газдардың атомдары дискіде қалады.

Жұлдыз аралық орта бірінші кезекте нейтралды жағдайда және бірінші, екінші иондалу кезеңдерінде жарық қысымының күшті әсерімен бейімделген Al иондарымен молаяды. Жұлдыз аралық орта сонымен қатар нейтралды жағдайда күшті радиациялық қысымға ұшыраған және 1-ші иондалудан кейін элементтермен толықтырылады: Be, Mg, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Sr, Ba. Литий нейтралды атомдар ішінде 1000 рет арттыратын сәулеленудің максималды қысымымен бейімделген. Сутегі иондалу аймағы шегінен атомдардың аталық денеден бөлінуі кезінде сутегі атомдары радиациялық қысым әсерімен жұлдыздар жүйесінен кетуі мүмкін.

Түйін сөздер: β -Pictoris, сынық диск, жұлдыз маңындағы, тозаң бөлшектері, орбиталық даму, тозаң сублимациясы.

МАЗМҰНЫ

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

<i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , ТУС3215-906-1 айнымалы жұлдыз: бүгілген жаркылдың талдауы және жіктеуі.....	5
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , V725 Тау объектісінің спектрлік және фотометрлік бақылауларының нәтижелері.....	12
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , M1-65 планеталық тұмандықтың айнымалылығы.....	22
<i>Павлова Л.А.</i> , Жұлдыз маңындағы құрылымдардың қалыптасуына магниттік өрістердің әсері.....	29
<i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , GSC 3601-01531 және GSC 3601-01504 екі жаңа айнымалы жұлдыздар	35

Аспан механикасының және жұлдыздар жүйесінің мәселелері

<i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Астрофизикалық энергия кезінде радиациялық ${}^2\text{H}^3\text{He}$ басып алу	41
<i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Қараңғы материя есебімен ғаламдар релаксацияларының уақытын бағалау.....	50

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары дискілерінде атомдар мен иондар динамикасына бүгілген жарық қысымының әсері.....	55
<i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Күн маңындағы сублимация процессінде оливин тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы	64
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары маңындағы сублимация процессінде силикатты тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы.....	73
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күннің минимум белсенді кезіндегі иондық энергиямен Fe/O қатынасының өзгеруі. I. күнде дақтар жоқ болғанда Fe және O иондарының энергетикалық спектрлері.....	81
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күн белсенділігі минимумында иондар қуатымен Fe/O мәнінің өзгеруі. II. Циклдің минимумында ғарыш сәулелерінің аномалды компоненттерінің ролі.....	86
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонова Г.А.</i> , Сатурндағы аммиактың жұтылуы – 2009 жылы күн мен түннің теңелуі кезеңінде ендік вариациялар асимметриясы	91
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Сатурнның солтүстік жартышары - 2015 жылы метан және аммиактың жұтылуы	97
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу I. Экватор аймағы	104
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу. II. Ендік вариациялар	110
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында Юпитерде метан-аммиак жұтылуын зерттеу III. Үлкен Қызыл Дақ (ҮҚД).....	118
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Көптеген геотұрақты серіктердің кейбір сипаттамалары.....	124
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Көру шегі аз CCD-матрицада ГТС бақылауларының астрономиялық өңдеулерінің әртүрлі әдістерінің салыстырмалы талдауы.....	129
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясы бекетінде геотұрақты серіктерді бақылау жағдайы.....	135
<i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясының 1-метрлік телескобында фотометрлік жүйесін стандарттау.....	140
<i>Терещенко В.М.</i> , SSP-5A фотоэлектрлік фотометрі жұмысының сипаттамасы және ерекшеліктері.....	146
<i>Терещенко В.М., Шамро А.В.</i> , Абсолютті өлшемдер үшін спектрограф. Оптика-механикалық блоктың сызбасы және құрылымы.....	155

Теориялық зерттеулер

<i>Қалдыбекова Б.Қ., Решетова Г.В.</i> Арнайы ішектен жасалған тордың сандық нәтижелері.....	160
<i>Бакирова Э.А., Қадырбаева Ж.М.</i> Жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін сызықты көпнүктелі шеттік есептің шешілімділігі туралы.....	168
<i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> Гурса операторының Крейн кеңістігіндегі жалқылығы туралы.....	176
<i>Жұмәлі А.С., Решетова Г.В.</i> Жерасты ерітінділеудің микроскопиялық динамикасын сандық моделдеу.....	188
<i>Бақтыбаев Қ., Дәлелханқызы А., Қиқымова І., Мырзагулов А.</i> Әсерлесуші бозондар моделін уран ядросының деформацияланған изотоптарына қолдану.....	195
<i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты волтерлі есептерінің Крейннің кеңістігіндегі спектралдік таралымдары.....	203
<i>Шоманбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқындық теңдеуінің шартарапты шекаралық есебінің спектрлік қасиеттері.....	213
Қазақстанның астрономиялық ғылым 75 жыл.	224

СОДЕРЖАНИЕ

Исследование звезд и туманностей

<i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , Переменная звезда TYC3215-906-1: анализ кривой блеска классификация.....	5
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , Результаты спектральных и фотометрических наблюдений объекта V725 Тау.....	12
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , Переменность планетарной туманности M1-65	22
<i>Павлова Л.А.</i> , Влияние магнитных полей на формирование околосветных структур	29
<i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , Две новые переменные звезды GSC 3601-01531 и GSC 3601-01504... ..	35

Проблемы небесной механики и динамики звездных систем

<i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Радиационный $^2\text{H}^3\text{He}$ захват при астрофизических энергиях	41
<i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Оценка времени релаксации галактик с учетом темной материи.....	50

Физика Солнца и тел солнечной системы

<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Действие светового давления на динамику атомов и ионов в осколочных дисках звезд класса А.....	55
<i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Орбитальная эволюция пылевых частиц оливина в процессе сублимации около Солнца	64
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Орбитальная эволюция силикатных пылевых частиц в процессе сублимации около звезд класса А	73
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. I. Энергетические спектры ионов Fe и O при отсутствии пятен на Солнце.....	81
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. II. Роль аномальной компоненты космических лучей в минимуме цикла.....	86
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонова Г.А.</i> , Аммиачное поглощение на Сатурне - асимметрия широтных вариаций в период равноденствия 2009 года.....	91
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Северное полушарие Сатурна - поглощение метана и аммиака в 2015 году	97
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения по диску Юпитера в сезон видимости 2016 года I. экваториальная область.....	104
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> , Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года II. Широтные вариации.....	110
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года. III. Большое Красное Пятно (БКП)	118
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Некоторые характеристики множества геостационарных спутников.....	124
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Сравнительный анализ различных методов астрометрической обработки наблюдений ГСС на CCD-матрице с малым полем зрения.....	129
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Условия наблюдений геостационарных спутников на пункте Тянь-Шанская Астрономическая Обсерватория.....	135
<i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа Тянь-Шанской Астрономической Обсерватории.....	140
<i>Тереценок В.М.</i> , Характеристики и особенности работы фотоэлектрического фотометра SSP-5A	146
<i>Тереценок В.М., Шамро А.В.</i> , Спектрограф для абсолютных измерений. Схема и конструкция оптико-механического блока.....	152

Теоретические исследования

<i>Калдыбекова Б. К., Решетова Г. В.</i> Численные результаты специальной сетки из струн.....	160
<i>Бакирова Э.А., Кадирбаева Ж.М.</i> О разрешимости линейной многоточечной краевой задачи для нагруженных дифференциальных уравнений.....	168
<i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> О самосорядженности оператора Гурса в пространстве Крейна.....	176
<i>Жумали А.С., Решетова Г.В.</i> Численное моделирование микроскопической динамики подземного выщелачивания.....	188
<i>Бактыбаев К., Далелханкызы А., Кикымова I., Мырзабаев А.</i> Применение модели взаимодействующих бозонов в деформированных изотопах ядра урана.....	195
<i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные разложения решения вольтерровых нелокальных краевых задач волнового уравнения.....	203
<i>Шомамбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные свойства нелокальной краевой задачи волнового уравнения	213
75 лет казахстанской астрономической науке.....	224

CONTENTS

Investigation of stars and nebulae

<i>Serebryanskiy A.V., Gaynullina E.R., Khalikova A.V.</i> Variable star TYC3215-906-1: light curve analyses and classification	5
<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye., Otebay A.</i> Results of the spectral and photometric observations of the object V725 Tau	12
<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye.</i> , Variability of the planetary nebula M1-65.....	22
<i>Pavlova L.A.</i> , The influents magnetic field on the forming circumstellar structure.....	29
<i>Kokumbaeva R.I., Khruslov A.V., Kusakin A.V.</i> , GSC 3601-01531 and GSC 3601-01504, two new variable stars.....	35

Problems of celestial mechanics and dynamics of stellar systems

<i>Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burkova N.A., Tkachenko A.S.</i> , Radiative ${}^2\text{H}^3\text{He}$ capture at astrophysical energies	41
<i>Zulpykharov A. T., Konysbayev T.K., Chechin L.M.</i> The relaxation time estimation for galaxies with account of Dark matter.....	50

Physics of sun and bodies of the Solar system

<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , The action of radiation pressure on the dynamics of atoms and ions in debris disks of A-type stars.....	55
<i>Demchenko B.I., Shestakova L.I.</i> , Orbital evolution of olivine dust grain during sublimation process near the Sun.....	64
<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , Orbital evolution of silicate dust particles during sublimation near A-type stars.....	73
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. I. Energy Spectra of Fe and O Ions on the Spotless Sun	81
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. II. Role of anomalous component of the cosmic rays in a cycle minimum.....	86
<i>Tejfe V.G.I., Karimov A.M., Kharitonova G.A.</i> The ammonia absorption in Saturn – an asymmetry of latitudinal variations at the 2009 equinox.....	91
<i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfe V.G.I., Kharitonova G.A.</i> , Northern hemisphere of SATURN – the methane and ammonia absorption in 2015.....	97
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> , The study of molecular absorption over Jovian disk in season of 2016 visibility. I. Equatorial area.....	104
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. II. Latitudinal variations.....	110
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. III. Great Red Spot (GRS).....	118
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Molotov I. E., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I., Voropaev V.A.</i> Some features of geostationary satellites ensemble.....	124
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Nifontova M.V., Usoltseva L. I.</i> , Comparative analysis of several methods of astrometric processing of the GSS observations using CCD-cameras with narrow field of view.....	129
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I.</i> , Condition of observations of geostationary satellites at Tien Shan astronomical observatory.....	135
<i>Shomshenkova S. A., Reva I.V., Kondratyeva L.N., Otebay A.B.</i> , Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope of Tien-Shan Astronomical Observatory.....	140
<i>Tereschenko V. M.</i> , The characteristics and peculiarities of the photoelectrical photometer SSP-5A operation.....	146
<i>Tereschenko V. M., Shamro A. V.</i> , Spectrograph for absolute measurements. Scheme and construction of the optic-mechanic block.....	152

Theoretical studies

<i>Kaldybekova B.K., Reshetova G. V.</i> Numerical results of special grid of strings.....	160
<i>Bakirova E.A., Kadirbayeva Zh.M.</i> On a solvability of linear multipoint boundary value problem for the loaded differential equations.....	168
<i>Besbayev G. A., Kopzhasarova A.A., Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh.</i> On self-conjugation of the operator of goursat in crane space	176
<i>Zhumali A.S., Reshetova G.V.</i> Numerical modelling of microscopic dynamics of in-situ leaching.....	188
<i>Baktybaev K., Dalelkhankyzy A., Kyqymova I., Myrzabaev A.</i> Applying the model of interacting bosons in a deformed nucleus of uranium isotopes.....	195
<i>Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Abylkassymova E.A., Shaldanbayev A.SH.</i> Spectral resolutions of solution of voltaire nonlocal boundary value problems of a wave equation.....	203
<i>Shomanbayeva M. T., Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Shaldanbayev A.Sh.</i> Spectral properties of a nonlocal boundary value problem of a wave equation.....	213
75 years of Kazakhstan's astronomical science	224

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Редактор *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 25.09.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14 п.л. Тираж 300. Заказ 5.