ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ

♦

СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

♦

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

4 (314)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2017 Ж.
ИЮЛЬ – АВГУСТ 2017 г.
JULY – AUGUST 2017

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

Б а с р е д а к т о р ы
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. корр.-мүшесі (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)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж. берілген **№5543-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, www:nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

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. чл.-корр. (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 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

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

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. corr. member. (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskyi 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 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

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, 2017

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

N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 4, Number 314 (2017), 32 – 40

UDC 524.47-54

A.T. Ibraimova

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan
ibraimova@aphi.kz

LUMINOSITY PROFILES IN NUMERICAL MODELS OF STAR CLUSTERS

Abstract. In this work we investigate an actual problem of computational astrophysics - the effect of evolution of density distribution with various-mass stars inside star clusters on the behaviour of observed property of these clusters - their luminosity profiles. The investigation is performed based on numerical models in which stars at initial moment are distributed in phase space according to Plummer distribution, while stellar masses follow bimodal and trimodal laws. Simulation of cluster evolution is performed with direct integration of N-body problem using open-source code based on the Hermite scheme. To analyze the results, we have developed an algorithm of finding luminosity profile given the density distribution of stars, taking into account the dependence of stellar lifetimes on their initial masses. As a result, it was found that for models of the described type, in which the initial quantities of stars of different masses are approximately equal, the luminosity profile peak in general shifts away from the center during star cluster evolution. A physical interpretation of this result is given.

Keywords: stellar dynamics, N-body problem, luminosity profile, mass segregation

УДК 524.47-54

А. Т. Ибраимова

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

ПРОФИЛИ СВЕТИМОСТИ В ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

Аннотация. В работе изучается актуальная задача вычислительной астрофизики – эффект эволюции распределения звезд разных масс внутри звездных скоплений на изменение наблюдаемой характеристики этих скоплений, а именно их профиль светимости. Исследование проводится на основе численных моделей, в которых звезды в начальный момент распределены в фазовом пространстве согласно модели Пламмера, а распределение по массе является двух- или трехмодальным. Моделирование эволюции производится прямым численным интегрированием задачи многих тел, с использованием открытого кода на основе метода Хермита. Для анализа результатов разработан алгоритм нахождения профиля светимости по заданному распределению плотности скопления, с учетом зависимости времени жизни звезд от их начальной массы. В результате найдено, что для моделей указанного типа, в которых начальное количество звезд разных масс примерно одинаково, пик профиля светимости смещается, в общем случае, в течение эволюции в сторону от центра. Дана физическая интерпретация полученного результата.

Ключевые слова: звездная динамика, задача многих тел, профиль светимости, сегрегация масс.

Введение

Профиль светимости – одна из основных наблюдаемых характеристик звездных скоплений [1]. Однако при проведении численного моделирования звездных скоплений имеют дело в основном с профилями распределения плотности. Вообще говоря, эти два профиля описывают совершенно

разные вещи. Профиль плотности задает распределение массы в трехмерном пространстве, тогда как профиль светимости определяет распределение поверхностной яркости как проекцию на двумерную небесную сферу. В этой работе мы изучим вопрос о связи между этими двумя типами профилей, с учетом различных типов звезд и конечного времени их жизни.

Если модельный кластер состоит из звезд одной и той же массы m, то эволюция профиля светимости будет обусловлена лишь динамической эволюцией самого кластера, по крайней мере в течение времени, равному жизни звезды массы m. Однако в реальных звездных системах звезды имеют различные массы, и в этом случае эволюция профиля светимости будет обусловлена также и другим фактором – временем жизни отдельных популяций звезд. Тяжелые звезды ярче легких, но и время их жизни меньше, поэтому с течением времени профиль светимости будет меняться за счет двух факторов – перераспределения массы и угасанием самых тяжелых (и поэтому самых ярких звезд). В этой работе мы определим, как оба эти фактора, действуя одновременно, влияют на профиль светимости звездных кластеров.

Сегрегация массы в течение эволюции звездных скоплений является не до конца изученным вопросом [2, 3]. Тем не менее, хорошо известно, что в кластерах с неоднородной (в смысле массы) популяцией звезд в течение характерного динамического времени происходит перераспределение массы – самые тяжелые звезды оседают ближе к центру системы, а популяция легких звезд распределяется до больших расстояний (см., например, [4]). Поскольку яркость звезды пропорциональна ее массе, то отсюда следовало бы, что профиль светимости кластеров должен резко возрастать к центру. Однако это имеет место лишь для самых молодых кластеров, в которых большинство звезд еще не закончили свой жизненный цикл. Со временем тяжелые звезды вблизи центра скопления пройдут через фазу сверхновых и оставят после себя остатки в виде черных дыр или нейтронных звезд, имеющих фактически нулевую светимость в оптическом диапазоне. Поэтому и светимость вблизи центра кластера будет со временем падать, несмотря на то, что отношение светимость/масса там изменяется несильно. С другой стороны, во внешних областях кластера находятся в основном легкие и долгоживущие звезды, поэтому светимость в этих областях будет меняться со временем менее выражено.

Численная модель

Обычно в численных экспериментах по эволюции звездных кластеров в качестве начальной функции распределения масс берется распределение Крупы [5], которое достаточно оптимально отражает наблюдаемые распределения звезд по массам во многих реальных скоплениях. Это распределение характеризуется тем, что самых массивных звезд в нем на порядки меньше, чем самых легких. В итоге, в численной модели самых массивных звезд оказывается всего несколько штук, и они почти не играют никакой роли в плане исследования профиля светимости всего скопления. Поэтому мы принимаем более простые распределения звезд – двух- и трехмодальные, т.е. когда вся популяция звезд делится на два или три типа по массе. При этом принимаем, что вклад по количеству звезд от суб-популяций одинаков – иными словами, если распределение двухмодально, то половина звезд имеет одну массу, а другая половина – другую. Аналогично, если распределение трехмодально, то треть звезд имеет одну массу, другая треть – вторую массу, и оставшаяся треть – третью массу. Такое упрощение является оправданным, поскольку за исключением хвоста самых массивных звезд, оно в первом приближении описывает распределение Крупы. Мы также будем варьировать массовый диапазон распределения, т.е. разницу между самыми тяжелыми и самыми легкими звездами.

Для компьютерного моделирования эволюции звездных кластеров мы использовали открытый код phiGRAPE+GPU [6]. Расчёты проводились на компьютерном мини-кластере Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова. Кластер снабжен GPGPU-модулями Nvidia Tesla C1060, которые используются кодом phiGRAPE+GPU для ускорения просчета гравитационного взаимодействия. Построение и анализ моделей проводились на основе безразмерных систем единиц N-body units (NBU), которая разработана специально для применения в области вычислительной астрофизики [7].

В Таблице 1 приведен список использованных в данной работе моделей. Во всех случаях число частиц $N = 16384$. В качестве начального пространственного распределения плотности во

всех моделях использовался сферически-симметричный профиль Пламмера [6]. Модели отличались типом начального распределения звезд по массам и массовым диапазоном, при этом распределение звезд по массам вводилось стохастически, то есть без какой-либо корреляции с положением звезды в кластере. Первая модель с унимодальным распределением – эталонная. Все модели просчитывались до 500 NBU, что для используемого числа частиц соответствует времени, немного большему времени релаксации системы t_{rx} (t_{rx} – характерное время релаксации системы, определяемое числом частиц и временем пересечения частицей всей системы [9]).

Таблица 1 - Исследовавшиеся численные модели

Модель	Тип распределения звезд по массам	Значения масс (NBU)	Массовый диапазон $\Delta m_{\max}$, (NBU)
1	Унимодальное	$m = 6.10 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0$
2	Бимодальное	$m_1 = 5.49 \cdot 10^{-5}, m_2 = 6.71 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0.1$
3	Бимодальное	$m_1 = 3.05 \cdot 10^{-5}, m_2 = 7.93 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0.4$
4	Бимодальное	$m_1 = 1.22 \cdot 10^{-5}, m_2 = 9.76 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0.78$
5	Трехмодальное	$m_1 = 5.49 \cdot 10^{-5}, m_2 = 6.22 \cdot 10^{-5}, m_3 = 6.71 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0.1$
6	Трехмодальное	$m_1 = 1.22 \cdot 10^{-5}, m_2 = 5.49 \cdot 10^{-5}, m_3 = 9.76 \cdot 10^{-5}$	$\Delta m_{\max} = 0.78$
7	Трехмодальное	$m_1 = 1.03 \cdot 10^{-6}, m_2 = 5.49 \cdot 10^{-5}, m_3 = 5.06 \cdot 10^{-4}$	$\Delta m_{\max} = 0.9$

Для вычисления светимости звезд по их заданным массам мы используем следующие известные феноменологические соотношения [10, 11]:

$$\begin{aligned}
&\frac{L}{L_{sol}} = 0.23\left(\frac{M}{M_{sol}}\right)^{2.3} && \text{при} \quad M < 0.43 M_{sol} \\
&\frac{L}{L_{sol}} = \left(\frac{M}{M_{sol}}\right)^{4} && \text{при} \quad 0.43 M_{sol} < M < 2 M_{sol} \\
&\frac{L}{L_{sol}} = 1.5\left(\frac{M}{M_{sol}}\right)^{3.5} && \text{при} \quad 2 M_{sol} < M < 20 M_{sol} \\
&\frac{L}{L_{sol}} = 3200\frac{M}{M_{sol}} && \text{при} \quad M > 20 M_{sol}
\end{aligned} \tag{1}$$

Для вычисления времени жизни звезды по ее начальной массе мы также используем стандартное соотношение для звезд главной последовательности:

$$\frac{t}{t_{sol}} \sim \left(\frac{M}{M_{sol}}\right)^{-2.5} \tag{2}$$

Построение профиля светимости для модельных звездных скоплений производилось по следующему алгоритму. Сначала находится радиус Лагранжа R_{95}, т.е. тот радиус, внутри которого находится 95% массы всего скопления (100%-ый радиус в таких расчётах не используется,

поскольку несколько звезд, улетевших далеко за пределы системы, могут испортить статистику). Затем пространственное распределение звезд проецируется на заданную плоскость (поскольку мы рассматриваем сферически-симметричные распределения, то, не ограничивая общности, мы проектируем скопление на XY - плоскость). Далее, плоское распределение разбивается в пределах от 0 до R_{95} на заданное количество концентрических колец одинаковой толщины для построения гистограммы светимости (мы использовали 80 интервалов шириной $R_{95}/80$). Внутри каждого кольца производится суммирование светимостей всех звезд, попадающих в это кольцо, в данный момент времени, согласно формулам, приведенным выше. Если для какой-то звезды время жизни меньше текущего момента в модельной эволюции (т.е. вместо этой звезды мы уже имеем нейтронную звезду или черную дыру), то ее светимость принимается равной нулю. Затем суммарная светимость в кольце нормируется на площадь кольца, и строится профиль светимости.

Результаты и обсуждение

На Рис. 1 показано кумулятивное распределение массы во всех семи моделях, на конечный момент модельной эволюции. Как и следовало ожидать, видно, что кластер “раздувается” в течение эволюции тем сильнее, чем больше массовый диапазон в начальном распределении звезд.

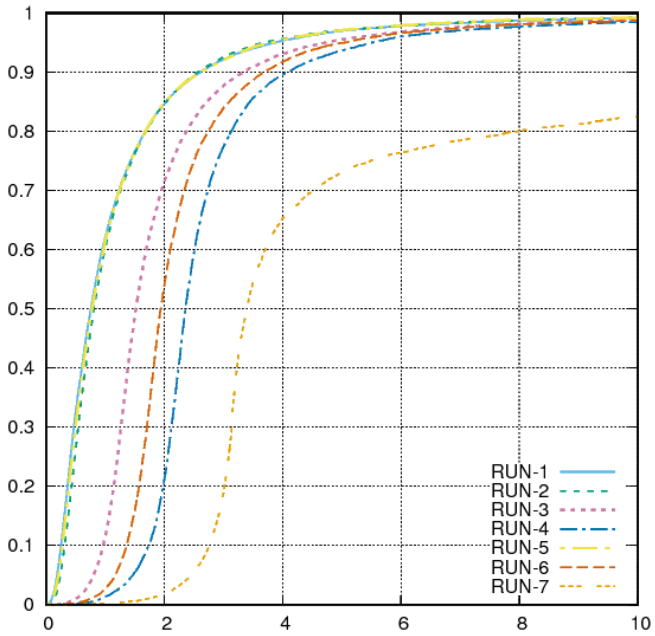

Рисунок 1 – Кумулятивное распределение массы в скоплениях на момент $t = t_{rx}$.
Расстояния (ось абсцисс) и массы (ось ординат) указаны в безразмерных единицах NBU

В Таблице 2 приведены два параметра – 95-процентный радиус Лагранжа R_{95} в начальный момент эволюции, и массовый индекс в конечный момент. Определение R_{95} здесь играет контрольную роль – как видно, его значение в начальный момент почти одинаков для всех моделей. Это свидетельствует о том, что массы звезд действительно не коррелируют с их положением в системе в заданных начальных условиях. Второй параметр – т.н. массовый индекс, просчитанный на конечный момент эволюции. Этим параметром мы определили отношение массы системы, которая вышла за первоначальное значение R_{95}, ко всей массе системы. Этот параметр определяет сразу два эффекта – насколько изменились размеры скопления в течение эволюции, и до какой степени произошла сегрегация масс внутри нее.

Для удобства в Таблице 2 приведены также массовые диапазоны из Таблицы 1 – видно, что существует корреляция между конечным массовым индексом и начальным массовым диапазоном.

Таблица 2 - Параметры численных моделей

Модель	1	2	3	4	5	6	7
$R_{95}\ (t=0)$	3.085	3.089	3.098	3.127	3.080	3.121	3.005
Массовый индекс при $t=t_{end}$	0.075	0.070	0.115	0.201	0.076	0.147	0.807
Массовый диапазон	0	0.1	0.4	0.78	0.1	0.78	0.9

Для более детального исследования сегрегации массы внутри скоплений, с учетом вклада от различных популяций звезд, мы построили дифференциальные распределения масс (гистограммы), на конечный момент эволюции, при этом были построены распределения отдельно по массовым компонентам (рис. 2). В частности, видно, что пик массы для всех компонент сдвигается от центра тем сильнее, чем больше массовый диапазон модели, при этом пики для различных компонент фактически не сдвигаются друг относительно друга. На последнем рисунке в нижнем ряду необходимо учесть масштаб расстояния – в результате большого массового диапазона, многие звезды вылетели на расстояния, на порядок большее начального размера системы.

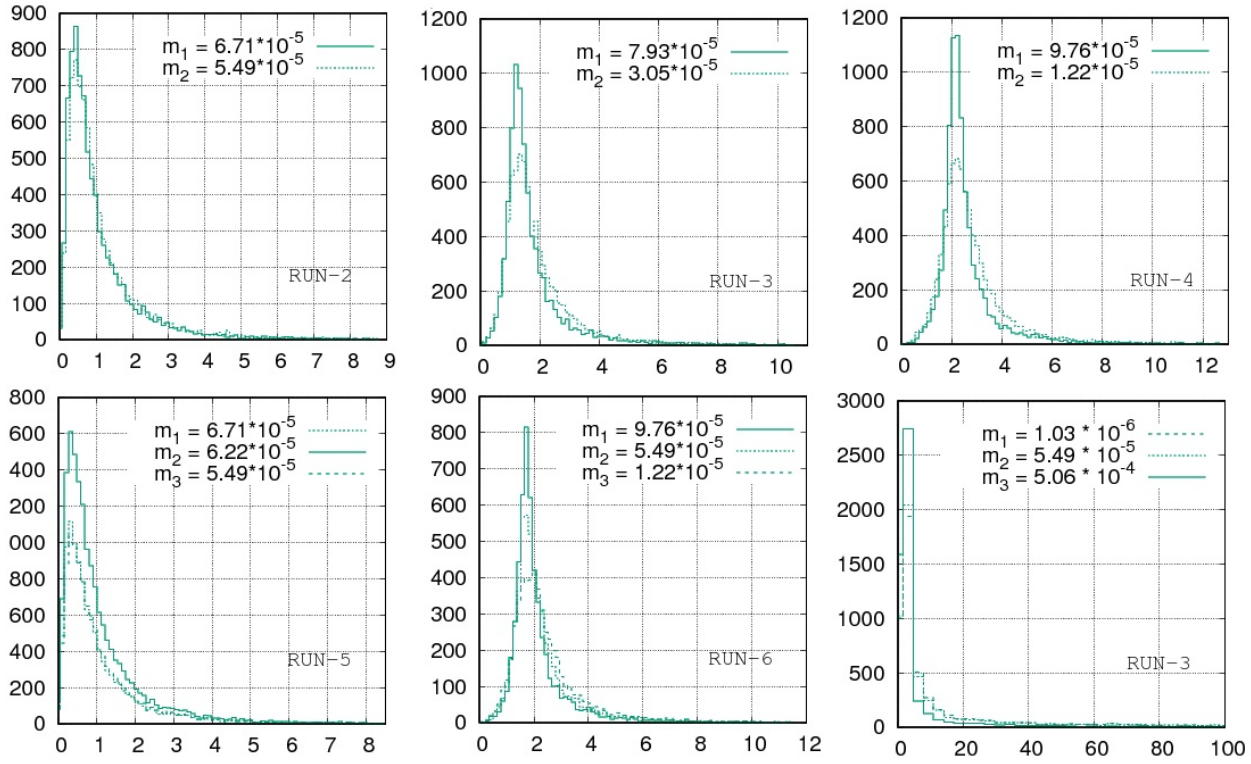

Рисунок 2 – дифференциальное распределение масс для моделей 2-7, на конечный момент эволюции. Ось абсцисс – расстояние от центра системы (в единицах NBU), по оси ординат – масса (в единицах NBU). Для каждой модели распределение показано отдельно для массовых компонент. Верхний ряд – модели с бимодальным распределением масс, нижний ряд – модели с трехмодальным распределением

Еще более подробную информацию об эволюции структуры скопления можно получить с помощью отображения радиусов Лагранжа. На Рис. 3 мы изобразили радиусы Лагранжа для следующих значений масс: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75% и 95%. Каждая кривая показывает эволюцию радиуса сферы, содержащей указанное количество массы (в процентах от общей массы скопления). Расположение моделей на рисунке такое же, как на Рис. 2. Видно, что четко наблюдается корреляция между массовым диапазоном и ростом внутренних радиусов Лагранжа. Например, в моделях 2 и 5 с наименьшим массовым диапазоном внутренние радиусы практически

не изменяются со временем, то есть массовая структура скопления не эволюционирует в областях до 75% массы. Напротив, в моделях 4 и 7 с максимальными массовыми диапазонами происходит заметное увеличение даже 1%-го радиуса Лагранжа.

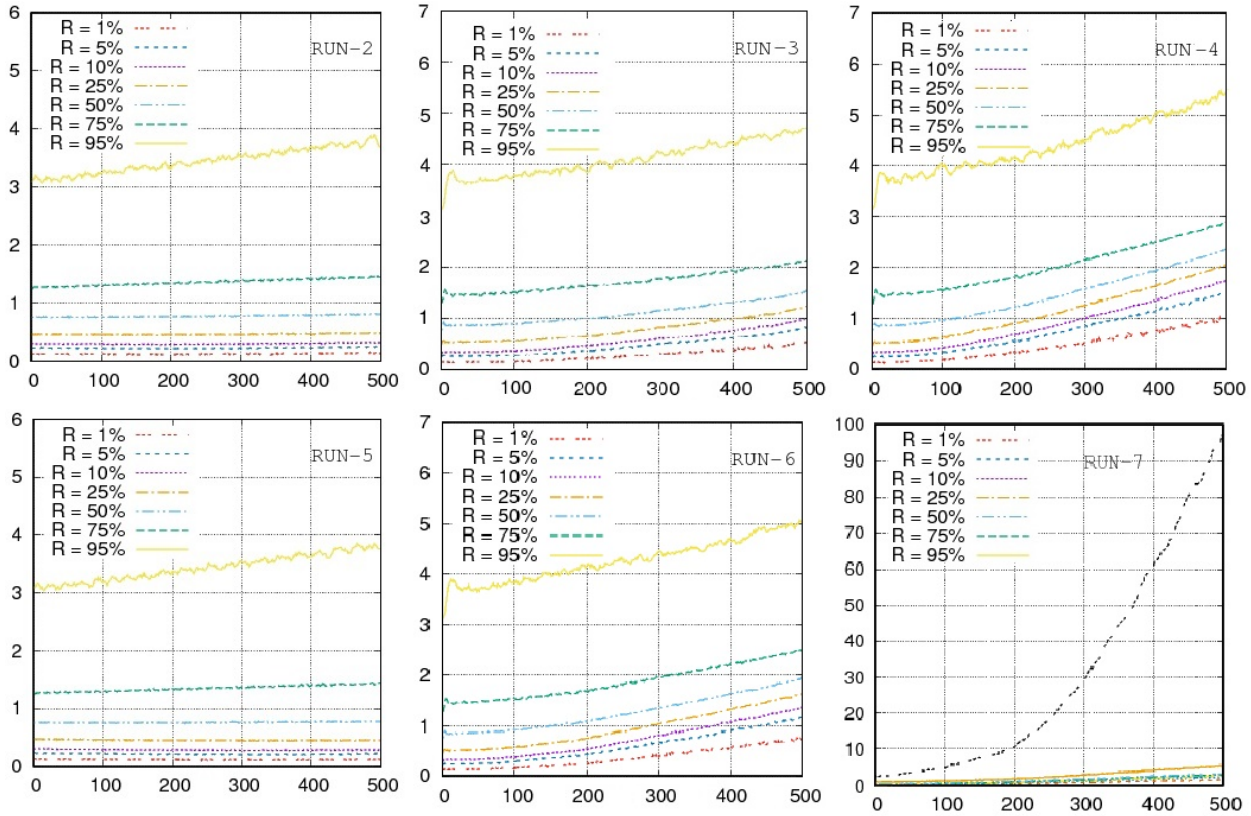

Рисунок 3 – эволюция лагранжевских радиусов в численных моделях. Ось абсцисс – время (в единицах NBU), ось ординат – радиус сферы (в единицах NBU), содержащий указанный процент массы

Теперь обратимся к вопросу о том, как вышеописанная эволюция массовой структуры скоплений сказывается на их наблюдаемой характеристике – профиле светимости. Для этого применяем алгоритм, описанный в конце предыдущего раздела. При этом заметим, что, в силу использования безразмерной NBU-системы единиц, мы можем оценить профиль светимости для каждой модели (кроме модели 1 с унимодальным распределением) в двух вариантах. В первом варианте – с прямой иерархией масс – принимается, что самая легкая масса в модели соответствует массе Солнца. В другом варианте – с инвертированной иерархией масс – принимаем, что самые тяжелые звезды в модели соответствуют массе Солнца. Зафиксировав таким образом одну из масс, в обоих случаях остальные массы определяются автоматически. Поэтому, имея 6 численных моделей, можно получить 12 профилей светимости.

В качестве эталонного профиля светимости на Рис. 4 показан случай модели 1, в которой все массы одинаковы. Как видно, в этом случае профиль светимости практически не изменился за все модельное время эволюции. (Конечно, даже если бы существовали реальные скопления с изначально одинаковыми звездами, то профиль светимости в них рано или поздно изменился бы радикальным образом, поскольку время жизни звезд конечно. В данном случае мы принимаем, что все звезды имеют массу Солнца, что соответствует времени жизни звезды в ~10 млрд лет. Это намного больше масштаба времени релаксации рассматриваемых моделей.)

Модельные профили светимости, аналогичные изображенному на Рис. 4, показаны для моделей 2-7 с прямой иерархией масс на Рис. 5, а с инвертированной иерархией – на Рис. 6. На всех указанных гистограммах количество интервалов составляет 80.

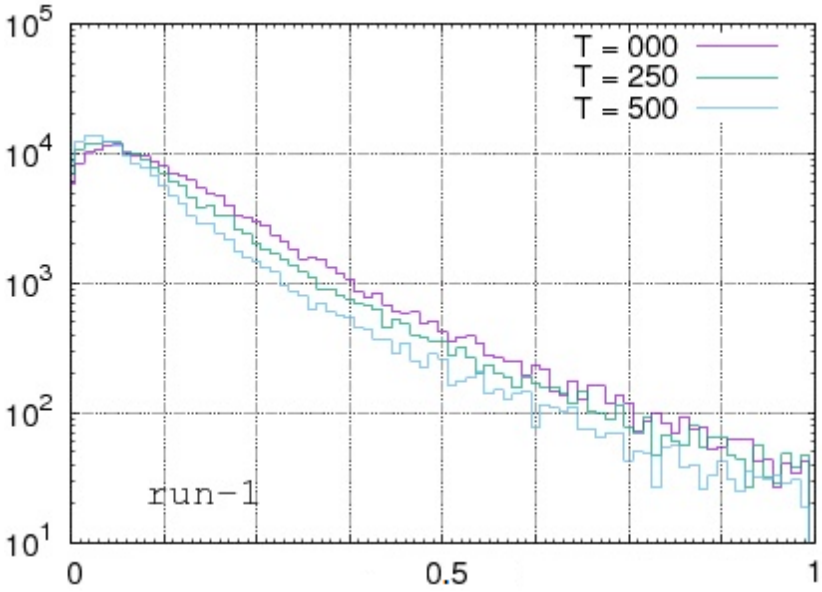

Рисунок 4 – Профиль светимости для модели 1 в три момента – начало, середина $(T = 250\ NBU)$ и конец $(T = 500\ NBU)$ модельной эволюции. Ось абсцисс – расстояние от центра системы в единицах текущего значения R_{95}, ось ординат – светимость (в единицах светимости Солнца), нормированная на площадь.

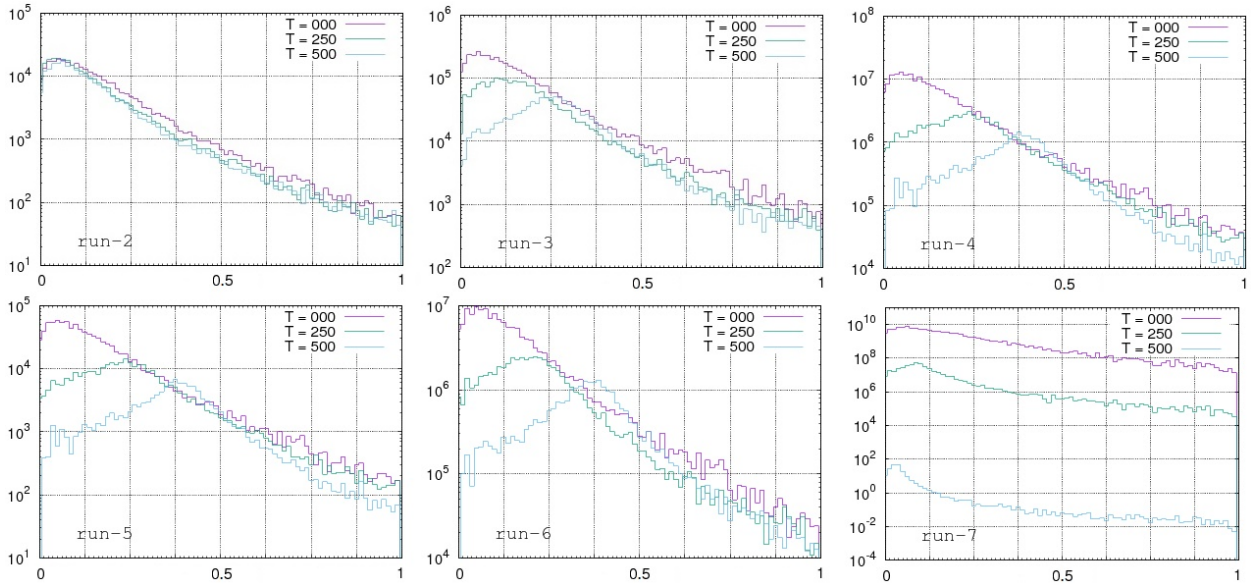

Рисунок 5 – Профили светимости для моделей 2-7 с прямой иерархией масс.
Обозначения и системы единиц те же, что и на Рис. 4

Как можно сразу же заметить, отличие между формами соответствующих кривых на рисунках 5 и 6 малы – профили отличаются фактически только абсолютным значением, при этом светимость выше в случаях с прямой иерархией масс. Заметное исключение составляет модель 7, с тремя типами масс и большим массовым диапазоном. Для этой модели большое отличие видно и для формы конечного профиля – в случае прямой иерархии пик профиля сильно упал к концу модельной эволюции, тогда как для случая инвертированной иерархии пик снизился незначительно. Это обусловлено тем, что в случае инвертированной иерархии большинство звезд имеют массу меньше массы Солнца и, соответственно, живут дольше. Для прямой иерархии –

наоборот, большинство звезд имеют массу больше массы Солнца, живут меньше, и, как следствие, к концу модельной эволюции самые тяжелые звезды уже превратились в черные дыры и нейтронные звезды. Это и привело к общему опусканию профиля светимости.

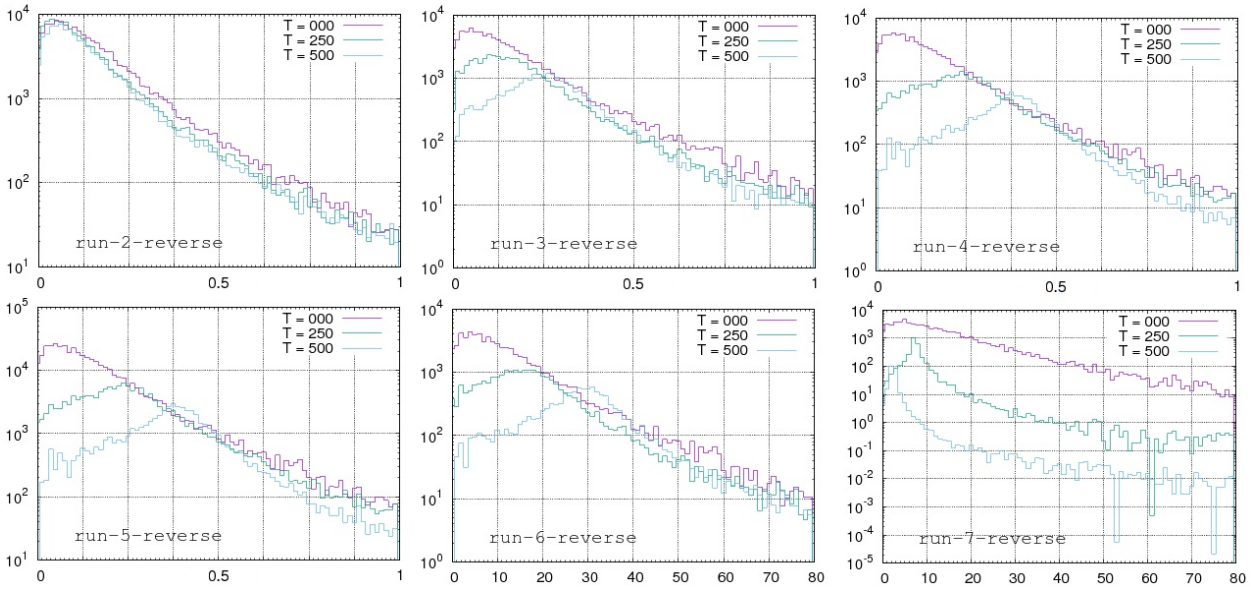

Рисунок 6 – Профили светимости для моделей 2-7 с инвертированной иерархией масс. Обозначения и системы единиц те же, что и на Рис. 4

Другая нетипичная характеристика модели 7 (как с прямой, так и с инвертированной иерархией масс) – пик профиля светимости сначала удаляется от центра, а затем возвращается к нему в течение эволюции, тогда как в других моделях пик удаляется от центра монотонно. Дальнейшее подробное исследование этой модели объяснило этот факт особой комбинацией распределения популяций звезд с минимальной и средней массой.

Интересным результатом оказалось также и то, что эволюция профиля светимости зависит не только от начального диапазона масс, но и количества типов масс внутри этого диапазона. Из Рис. 5 и 6 видно, что эволюция профиля светимости в моделях 2 и 5 отличается коренным образом, несмотря на то, что массовый диапазон в этих моделях одинаков.

Заключение

В целом, из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Во-первых, мы разработали (в первом приближении) алгоритм, позволяющий по текущему распределению звезд внутри модельного звездного скопления получить наблюдаемую характеристику этого скопления в виде профиля светимости, что важно с точки зрения сопоставления численных и наблюдательных результатов. Для этого необходимо для конкретных случаев соответственным образом согласовывать системы единиц, поскольку, например, для наблюдаемых профилей светимости расстояние по оси абсцисс будет выражено в угловых единицах. Во-вторых, для скоплений, заданных по модели Пламмера и имеющих простые двух- и трехмодальные распределения звезд по массе, мы получили, что в общем случае пик профиля светимости смещается в течение эволюции от центра скопления. Такой результат подтверждается и простыми физическими соображениями. Тяжелые звезды в результате действия динамического трения на фоне легких звезд оседают к центру, передавая кинетическую энергию легким звездам, которые, в свою очередь, распределяются по расстоянию дальше от центра. В то же время, тяжелые звезды живут меньше легких, поэтому с течением эволюции светимость в центральной области падает. С другой стороны, менее массивные звезды продолжают светить, но они распределены по большему объему и потому дают небольшой вклад в светимость. В результате, для распределений, имеющих достаточно большой массовый диапазон с примерно равными количествами звезд разной массы, профиль светимости со временем опускается как в центре, так и на периферии, что могут сделает скопления, рожденные с указанными начальными условиями, трудно наблюдаемыми.

Работа выполнена в рамках проекта № 0073-10/ПЦФ-15-МОН.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Bastian N., Schweizer, F., Goudfrooij P., Larsen S. S., Kissler-Patig M. Luminosity profiles and sizes of massive star clusters in NGC 7252. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 431(2), 2013. P. 1252-1263

[2] Küpper A. H. W. et al. "Mass segregation and fractal substructure in young massive clusters - I. The McLuster code and method calibration". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 417(3), 2011. P. 2300–2317.

[3] Krumholz M. R. "The Big Problems in Star Formation: the Star Formation Rate, Stellar Clustering, and the Initial Mass Function". *Physics Reports*, Vol. 539, P. 49–134.

[4] Parker R.J., Goodwin, S.P., Wright N.J., Meyer M.R., Quanz S.P. Mass segregation in star clusters is not energy equipartition. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Vol. 459, 2016. P. L119-L123

[5] Kroupa P. On the variation of the initial mass function. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 322, 2001. 231p.

[6] Harfst S., Gualandris A., Merritt D., Spurzem R., Portegies Zwart S.F., Berczik P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, Vol. 12, 2007. P. 357-377

[7] Aarseth S.J. Graviational N-body Simulations: Tools and Algorithms. *Cambridge University Press*, Cambridge. 2003.

[8] Plummer H.C. On the problem of distribution in globular star clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 71, 1911. P. 460-470

[9] Binney J., Tremaine S. *Galactic Dynamics*. Princeton University Press, Princeton. 2008.

[10]Duric N. *Advanced astrophysics.* Cambridge University Press, 2004. 19 p.

[11]Salaris M., Cassisi S., *Evolution of stars and stellar populations.* John Wiley & Sons. 2005. P. 138–140.

REFERENCES

[1] Bastian N., Schweizer, F., Goudfrooij P., Larsen S. S., Kissler-Patig M. Luminosity profiles and sizes of massive star clusters in NGC 7252. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 431(2), 2013. P. 1252-1263

[2] Küpper A. H. W. et al. "Mass segregation and fractal substructure in young massive clusters - I. The McLuster code and method calibration". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 417(3), 2011. P. 2300–2317.

[3] Krumholz M. R. "The Big Problems in Star Formation: the Star Formation Rate, Stellar Clustering, and the Initial Mass Function". *Physics Reports*, Vol. 539, P. 49–134.

[4] Parker R.J., Goodwin, S.P., Wright N.J., Meyer M.R., Quanz S.P. Mass segregation in star clusters is not energy equipartition. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Vol. 459, 2016. P. L119-L123

[5] Kroupa P. On the variation of the initial mass function. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 322, 2001. 231p.

[6] Harfst S., Gualandris A., Merritt D., Spurzem R., Portegies Zwart S.F., Berczik P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, Vol. 12, 2007. P. 357-377

[7] Aarseth S.J. Graviational N-body Simulations: Tools and Algorithms. *Cambridge University Press*, Cambridge. 2003.

[8] Plummer H.C. On the problem of distribution in globular star clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 71, 1911. P. 460-470

[9] Binney J., Tremaine S. *Galactic Dynamics*. Princeton University Press, Princeton. 2008.

[10]Duric N. *Advanced astrophysics.* Cambridge University Press, 2004. 19 p.

[11]Salaris M., Cassisi S., *Evolution of stars and stellar populations.* John Wiley & Sons. 2005. P. 138–140.

ӘОЖ: 524.47-54

А.Т. Ибраимова

В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты, Алматы қ., Қазақстан

ЖҰЛДЫЗДЫ ШОҒЫРЛАРДЫҢ САНДЫҚ ҮЛГІЛЕРІНДЕГІ ЖАРҚЫРАҒЫШТЫЛЫҚ КЕСКІНІ

Аннотация. Аталған жұмыста есептеуіш астрофизиканың өзекті мәселесі – жұлдызды шоғырлардағы әртүрлі массадағы жұлдыздар таралу эволюциясының осы шоғырлардың бақыланатын сипаттамаларының, яғни олардың жарқырағыштық кескіні өзгерісіне әсері зерттелген. Зерттеу сандық үлгілеу негізінде жүргізілді, атап айтсақ, Пламмер үлгісіне сәйкес жұлдыздар бастапқы мезетте фазалық кеңістікте таралған, ал масса таралуы екі немесе үш модальды болып табылады. Эволюцияны үлгілеу Хермит әдісіне негізделген ашық кодты пайдалана отырып көп дене есебін тікелей сандық интегралдау арқылы жүзеге асырылады. Нәтижелерді талдау үшін шоғырдың берілген таралу тығыздығы бойынша жарқырағыштылық кескінін табу үшін жұлдыздардың бастапқы массаларының өмір сүру уақытына тәуелділігін еске ала отырып алгоритм жасалды. Нәтижесінде аталған типтегі үлгілер үшін, яғни массалары әртүрлі жұлдыздар саны шамамен бірдей, жалпы айтқанда, жарқырағыштылық кескін шыңы эволюция барысында ортасынан шетке қарай жылжиды. Алынған нәтижеге физикалық түсіндірме берілген.

Түйін сөздер: жұлдызды динамика, көп денелер есебі, жарқырағыштылық кескіні, массаларды сегрега-циялау.

МАЗМҰНЫ

Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Калыкулова А.О. Электр тізбегінің сыртқы кедергісінде бөлінетін қуатты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру..... 5

Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П. Гиперболалық тектес дербес туындылы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін бейлокал есеп туралы…….....… 11

Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Калыкулова А.О. Компьютерлік зертханалық жұмыстарды орындау үшін бірмәнді емес есептер мен берілгендері түгел емес есептерді құрастыру……..…… 19

Аспан механикасының, жұлдыздар жүйесінің жене ядролык астрофизика мәселелері

Дубовиченко С.Б, Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р., Радиациялық ^{3}He^{4}He басып алу астрофизикалық S-факторы..... 25

Ибраимова А.Т. Жұлдызды шоғырлардың сандық үлгілеріндегі жарқырағыштылық кескіні..... 32

Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В., NGC 5548 Айнымалы сейферт ғаламы..... 41

Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б., KAZSAT-2 және KAZSAT-3 Қазақстандық байланыс серіктері үшін әлеуетті қауіпті геотұрақты серіктер 50

Акниязов Ч.Б. Ғарыштық қоқыс бұлтындағы объекттердің соқтығысу ықтималдылығын анықтауды болжауға арналған қысқа және ұзақ мерзімді әдіс……..…….. 57

Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б., Қазақстандағы ассы-түрген обсерваториясының жаңа оптикалық кешені 66

Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., 2016 жылы Тянь-шань және ассы-түрген обсерваторияларында геостационар серіктерді бақылау нәтижелері..... 74

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А., PC 12 және M1-46 планеталық тұмандықтардың спектрлік зерттеулері..... 81

Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я. Жас жұлдыздарда X-ray эмиссиялар құрылуының негізгі механизмдері 90

Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я. Хебигтің AeBe қос жұлдыздарынан X-ray эмиссияларды бақылау 96

Павлова Л.А. Жас жұлдыздар қабаттарындағы айнымалылықтың құрылымдарын және механизмдерін зерттеу.....102

Терещенко В.М., «Жұлдыздардың спектрофотометриялық каталогы» O-B-жұлдыздар үшін бақыланатын және есептелген жұлдыздар шамасын және түстерінің көрсеткіштерін салыстыру.....110

Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В. WD1145+017 ақ ергежей маңындағы планетоидтардың транзиттік өтуі және олардың термиялық эволюциясы..... 117

Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В. WD1145 + 017 ақ ергежейдің жарқырау қисығының талдауы..... 123

Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В. SDSS 1507 + 52 катаклизмалық айнымаланың фотометрлік зерттеулері..... 129

Терещенко В.М., Фотометрлік мәліметтер бойынша энергияның спектрлік таралуының абсолютизациясы..... 136

Шестакова Л.И., Демченко Б.И., Соңғы спектрлік кластардағы жұлдыздар жанында сублимациялану процесінде шаң-тозаңды бөлшектердің орбиталық эволюциясы..... 143

Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы 1-метрлік телескобқа арналған фотометрлік жүйені стандарттау..... 155

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Жеделдетілген протондар қуатына корональ шығарулардың соққы толқынының әсері..... 162

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., 2004-2016 жылдары Юпитердің солтүстік және оңтүстік жартышарларында аммиактың жұту жолында асимметрияны зерттеу..... 170

Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А. Юпитердің галилейлік серіктеріндегі өзара бірігулерді және тұтылуды зерттеу (халықаралық бағдарлама PHEMU-15). 179

Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П., Юпитер: көпжылдық бақылаулар бойынша бес негізгі ендік белдіктерінде молекулалық жұтудың вариациясы.....185

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г. 2016 жылы экватор бойында және юпитердің орталық меридианында аммиак және метанның жұту вариациясы. 8 Жұту жолағы үшін салыстырмалы талдау..... 192

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г. Юпитер дискісі бойынша аммиакты және метанды жұтудың кеңістікті-уақыттық вариациясы параметрлерінің корреляциялық өзара байланысы және олардың күн қарқындылығы индексімен байланысы ..... .204

Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В. Атмосфералық экстинцияның лездік мәндері және ауысуы коэффициенттері..... 209

* * *

Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш. Коэффициенті айнымалы,бірінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленгенКоши есебін спектрәлді таралым әдісі арқылы шешу.....215

Құдайберген А.Д., Байгісова Қ.Б., Жетпісбаев Қ.У., Алжамбекова Г.Т., Сәрсембаева Б.Д. Наноқұрылымдардың ЖТАӨ қасиеттеріне әсері..... 223

Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И. Коэффициенттері тұрақты екінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Кошилік есебін шешудің операторлық әдісі туралы..... 230

Жақып-тегі К.Б. Гуктың заңы анизотроптық денелердің серпілімдік теориясында……. 241

Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Кыдырбекова Ж.Б. MATLAB бағдарламалық пакетін қолданып «Тікбұрыш екі диэлектрик жазықтық ішінде орналасқан ұзын, зарядталған өткізгіштен құралған жүйенің электр өрісін модельдеу» атты зертханалаық жұмысты орындауды ұйымдастыру …. 252

Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Тоқжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р. Айнымалы тоқ тізбегіндегі индуктивті катушканың реактивті кедергісінің тоқ жиілігіне тәуелдігін зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастыру..... 259

Нысанбаева С.Қ., Тұрлыбекова Г.Қ., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К, Мырзашева Ф.Т. Акустикалық интерферометрде конденсирленген орталардағы ультрадыбыстық жұтылу коэффициентін зерттеу.....266

Сәрәәтәр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К. Модульдік оқыту технологиясын математика сабағында қолдану..... 274

СОДЕРЖАНИЕ

Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О. Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию мощности выделяемой на внешней нагрузке электрической цепи..... 5

Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П. О Нелокальной задаче для системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа……. 11

Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О. Конструирование неоднозначных задач и задач с недостающими данными для выполнения компьютерных лабораторных работ ….. 19

Проблемы небесной механики, динамики звездных систем и ядерной астрофизики

Дубовиченко С.Б, Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р., Астрофизический S-фактор радиационного $^{3}He^{4}He$ захвата. 25

Ибраимова А.Т., Профили светимости в численных моделях звездных скоплений..... 32

Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В., Переменность сейфертовской галактики NGC 5548..... 41

Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б., Геостационарные спутники, потенциально опасные для Казахстанских спутников связи KAZSAT-2 и KAZSAT-3..... 50

Акниязов Ч.Б., Коротко-временной и долговременной подход для прогноза определения вероятности столкновения объектов в облаке космического мусора..... 57

Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б., Новый оптический комплекс на обсерватории Ассы-Тургень в Казахстане..... 66

Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Результаты наблюдений геостационарных спутников в Тянь-Шанской и Ассы-Тургенской обсерваториях в 2016 году..... 74

Исследование звезд и туманностей

Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А., Спектральные исследования планетарных туманностей PC 12 и M1-46..... 81

Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я., Основные механизмы формирования X-ray эмиссии в молодых звездах..... 90

Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я., Наблюдения X-ray эмиссии от двойных звезд AeBe Хербига..... 96

Павлова Л.А., Исследование структуры и механизмов переменности в оболочках молодых звезд..... 102

Терещенко В.М., Сравнение наблюдаемых и вычисленных звезхдных величин и показателей цвета для O-B-звезд «Спектрофотометрического каталога звезд»..... 110

Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В., Транзитные прохождения планетоидов около белого карлика WD1145+017 и их термическая эволюция..... 117

Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В., Анализ кривой блеска белого карлика WD1145+017..... 123

Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В. Фотометрические исследования катаклизмической переменной SDSS 1507 + 52 129

Терещенко В.М., Абсолютизация спектрального распределения энергии звезд по фотометрическим данным..... 136

Шестакова Л.И., Демченко Б.И., Орбитальная эволюция пылевых частиц в процессе сублимации около звезд поздних спектральных классов..... 143

Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО..... 155

Физика Солнца и тел солнечной системы

Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Влияние ударной волны корональных выбросов на энергию ускоренных протонов… 162

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Исследование асимметрии в ходе поглощения аммиака в северном и южном полушариях Юпитера в 2004-2016 годах..... 170

Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А., Наблюдения взаимных соединений и затмений галилеевых спутников Юпитера (Международная программа PHEMU-15)..... 179

Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П., Юпитер: вариации молекулярного поглощения в пяти основных широтных поясах по многолетним наблюдениям..... 185

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г. Вариации поглощения аммиака и метана вдоль экватора и центрального меридиана юпитера в 2016 году. Сравнительный анализ для 8 полос поглощения…… 192

Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г., Корреляционные взаимосвязи параметров пространственно-временных вариаций аммиачного и метанового поглощения по диску Юпитера и их связь с индексом солнечной активности..... 204

Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В., Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции..... 209

* * *

Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш. Решение сингулярно возмущенной задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка с переменным коэффициентом, методом отклоняющегося аргумента..... 215

Кудайберген А.Д., Байгисова К.Б., Жетписбаев К.У., Алджамбекова Г.Т., Сарсембаева Б.Д. Влияние наноструктуры на свойства ВТСП 223

Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И. Решение сингулярно возмущенной задачи Коши, для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, операторным методом..... 230

Джакупов К.Б. Закон Гука в теории упругости анизотропных тел 241

Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Кыдырбекова Ж.Б. Организация выполнения лабораторной работы «Моделирование электрического поля системы, состоящей из диэлектрического угольника и длинного заряженного проводника» с использованием пакета программ MATLAB……. 252

Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Токжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р. Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию зависимости реактивного сопротивления катушки индуктивности от частоты переменного тока..... 259

Нысанбаева С.К., Турлыбекова Г.К., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К, Мырзашева Ф.Т. Исследование коэффициента ультразвукового поглощения в конденсированных средах на акустическом интерферометре…..... 266

Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К. Технология модульного обучения на уроках математики..... 274

CONTENTS

Saidullayeva N.S., Kabylbekov K.A., Pazylova D.T., Tagaev N.S., Kalikulova A.O. Organization of computer lab work to study the power of an electrical circuit oozed on an exterior loading..... 5

Assanova A.T., Ashirbaev H.A., Sabalakhova A.P. On the nonlocal problem for a system of the partial integro-differential equations of hyperbolic type……..... 11

Saidullayeva N.S., Kabylbekov K.A., Pazylova D.T., Ashirbaev Kh.A., Kalikulova A.O. Designing the ambiguous tasks and tasks with missing data for performance of computer laboratory works……. 19

Problems of celestial mechanics, dynamics of stellar systems and nuclear astrophysics

Dubovichenko S. B., Burkova N.A., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Tkachenko A.S., Beisenov B.U., Mukaeva A.R. Astrophysical S-factor for the radiative $^3He^4He$ capture..... 25

Ibraimova A.T. Luminosity profiles in numerical models of star clusters..... 32

Gaisina V., Denissyuk E., Valiullin R., Kusakin A., Shomshekova S., Reva I. Variability of Seyfert galaxy NGC 5548..... 41

Demchenko B. I., Komarov A. A., Serebryansky A. V., Voropaev V. A., Usoltseva L A., Akniyazov C. B. Geostationary satellites, potentially dangerous for Kazakhstan communication satellites KAZSAT-2 AND KAZSAT-3..... 50

Akniyazov C. B. Short- and long- term approach collision probability of the objects in space debris cloud…….. 57

Serebryanskiy A., Krugov M., Valiullin R., Komarov A., Demchenko B., Usoltseva L., Akniyazov Ch. The new optical complex at assy-turgen observatory in Kazakhstan..... 66

Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A.V., Usoltseva L. A. Results of observations of geostationary satellites at Tien Shan and Assy- Turgen astronomical observatory in 2016 74

The study of stars and nebulae

Kondratyeva L., Rspaev F., Krugov M. Spectral study of the planetary nebulae PC 12 and M1-46..... 81

Pavlova L.A., Vil'koviskij E.Ya. The main formation mechanisms of X-Ray emission of the young stars..... 90

Pavlova L.A., Vilkoviskij E.Ya. Observations of X-ray emission from binaries herbig AeBe stars..... 96

Pavlova L.A. Investigating of the structure and mechanisms variability in envelopes of young stars..... 102

Tereschenko V. M. The comparison of the observed and calculated magnitudes and color-indexes for O-B-stars of "Spectrophometrical catalogue of stars"……. 110

Shestakova L.I., Рева И.В., Кусакин А.В. Transit passages of planetoids near white dwarf WD1145 + 017 and their thermal evolution..... 117

Serebryanskiy A.V., Shestakova L.I., Reva I.V. Analysis of light curves of the white DWARF …….…… 123

Aimanova G. K., Serebryanskiy A. V., Reva I.V. Photometric studies of the cataclysmic variable SDSS 1507 + 52….....129

Tereschenko V. M. The absolutization of spectral energy distribution of stars on spectral and photometric data …….. 136

Shestakova L.I., Demchenko B.I. Orbital evolution of dust particles in the sublimation process around stars of late spectral classes 143

Shomshekova S. A., Reva I. V., Kondratyeva L.N. Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope on TShAO..... 155

Physics of the Sun and solar system bodies

Minasyants G.S., Minasyants T.M. Effect of the shock wave of coronal ejection on the energy of accelerated protons..... 162

Vdovichenko V.D., Kirienko G.A. Ammonia absorption asymmetry along the latitudes of the northern and southern hemispheres of Jupiter from 2004-2016 observations 170

Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfel V.G., Filippov V.A. The observations of the Jipiter galilean satellites mutual occultations and eclipses (PHEMU-15 international program)..... 179

Tejfel V.G., Karimov A.M., Lysenko P.G., Filippov V.A., Kharitonova G.A., Khozhenetz A.P. Jupiter: variations of the molecular absorption at five main latitudinal belts from longtime observations..... 185

Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G. The variations of ammonia and methane absorption along the jovian equator and central meridian in 2016. Comparative analysis of the eight absorption bands.....192

Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G. Mutual correlations of the parameters of the methane and ammonia absorption spatial-temporal variations over jovian disk and their connections with the solar activity index 204

Serebryanskiy A., Usoltseva L., Komarov A., Reva I. The trasformation coefficients and instantaneous values of atmospheric extinction..... 209

* * *

Akylbaev M.I., Besbayev G.A., ShaldanbaevA.Sh. Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the first order with a variable coefficient, by the method of a deviating argument..... 215

Kudaibergen A.D., Baigisova K.B., Zhetpisbayev K.U., Aldzhambekova G.T., Sarsembayeva B.D. Effect of nanostructures on HTSC properties 223

Besbayev G.A., ShaldanbayevA.Sh., Akylbayev M.I. Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the second order with constant coefficients, by the operator method..... 230

Jakupov K.B. Hook's law in the theory of elasticity of anisotropic bodies……..... 241

Kabylbekov K. A., Ashirbaev H.A., Abdrahmanova H. K., Dzhumagalieva A.I., Kydybekova Zh.B. Managing the implementation of laboratory work "Simulation of the electric field of a system consisting of dielectric triangles and long conductor charged" with using MATLAB software package ……..…….. 252

Kabylbekov K.A., Saidahmetov P.A., Omashova G.Sh., Tokzhigitova A.A., Abdikerova Zh.R. The organization of performance of computer laboratory operation on examination of dependence of condensance of inductance coils from frequency of the alternating current……..…… 259

Nysanbaeva S.K., Turlybekova G.K., Maylina Kh.R., Manabaev N.K., Omarov T.K, Myrzacheva F.T. Research of the ultrasonic absorption coefficient in condensed states on acoustic interferometer…….. 266

Sereeter G., Dyusembina Zh.K. Using modular technology at math lesson..... 274

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

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

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

Подписано в печать 27.07.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
17,8 п.л. Тираж 300. Заказ 4.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19