

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

ФЕВРАЛЬ, 1979

ВЫПУСК 1

УДК 524.5+524.3/4—32+524.6

К ВОПРОСУ О КИНЕМАТИКЕ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

М. Н. КИОСА, Г. С. ХРОМОВ

Поступила 15 июня 1978

Пересмотрена 5 сентября 1978

Рассмотрен классический метод определения компонент движения Солнца относительно центроида системы планетарных туманностей с известными лучевыми скоростями. Показано, что метод устойчив по отношению к случайным ошибкам лучевых скоростей. Низкая точность в определении координат аэкса и скорости движения Солнца объясняется недостаточно большим числом объектов с измеренными лучевыми скоростями. Наиболее надежными кинематическими характеристиками для планетарных туманностей являются величины $\langle |V_z'| \rangle$ и τ_z .

Показано, что планетарные туманности плохо подчиняются закону дифференциального галактического вращения с круговыми орбитами. Это объясняется вытянутостью их галактических орбит.

Рассмотрен метод определения статистического параллакса планетарных туманностей. Показано, что наиболее надежным является параллакс, рассчитанный по τ -компонентам собственных движений. Признаков разделения галактических планетарных туманностей на подсистемы с различными кинематическими свойствами не обнаружено.

Введение. Кинематические свойства объектов того или иного класса интересны по меньшей мере с двух точек зрения. Прежде всего, с их помощью можно уточнить принадлежность изучаемых объектов к той или иной галактической подсистеме. Во-вторых, кинематические данные необходимы для вывода статистического параллакса, с помощью которого, в свою очередь, можно осуществить калибровку «астрофизических» шкал расстояний.

Как это отметил в свое время В. А. Амбарцумян, в космогоническом смысле пространственно-кинематические характеристики галактических объектов значительно надежнее астрофизических характеристик, ибо шкала времени их изменения существенно длиннее.

Методы изучения кинематики галактических объектов развиты в классических работах первой трети нашего столетия и, в своих основных чертах, мало изменились. Однако применение ЭВМ позволяет глубже исследовать вопрос о надежности получаемых с их помощью результатов. В настоящей работе это будет сделано на примере планетарных туманностей.

Об определении апекса и скорости движения Солнца по лучевым скоростям планетарных туманностей. Эмпирической основой для изучения кинематики галактических объектов являются их лучевые скорости и собственные движения. Данные о лучевых скоростях сравнительно доступнее и точнее, поэтому именно они чаще всего используются для определения координат апекса движения Солнца. Кроме того, с их помощью можно получить и скорость этого движения.

В каталоге [1] собраны лучевые скорости 348 планетарных туманностей. Для большинства из них имеется по одному измерению; для меньшего числа есть две и более независимых оценок. Это позволяет составить представление об абсолютной точности лучевых скоростей.

Сравнение результатов разных авторов показывает, что вероятная относительная погрешность одного измерения лучевой скорости планетарных туманностей составляет $\pm 38\%$; относительная погрешность двух измерений равна $\pm 27\%$. Очевидно, что ошибки носят случайный характер и что характерная точность существующих данных о лучевых скоростях планетарных туманностей — невелика.

Возможно, что этот вывод относится только к лучевым скоростям планетарных туманностей и обусловлен сложной формой их спектральных линий, запутанной внутренней структурой этих объектов. Кроме того, скорость расширения туманностей, определяемая по линиям разных ионов, оказывается различной. Наложение обоих эффектов вполне может дать ошибки в измерении лучевой скорости порядка 10—20 км/сек. Это обстоятельство следует помнить, оперируя лучевыми скоростями планетарных туманностей.

Процедура определения координат апекса и скорости движения Солнца по лучевым скоростям объектов некоторой группы — общеизвестна (см., например, учебники [2, 3]). Она сводится к решению методом наименьших квадратов системы уравнений вида

$$X \cos l \cos b + Y \sin l \cos b + Z \sin b + V_r = V_r, \quad (1)$$

где X , Y , Z — компоненты относительной скорости Солнца по осям прямоугольной системы галактических координат. При решении предполагается, что $\sum V_r = 0$ и минимизируется величина $\sum (V_r)^2$.

Наблюдаемые лучевые скорости V_r 348 планетарных туманностей брались из каталога [1]; в тех случаях, когда для одного и того же объекта имелось несколько оценок V_r , мы осредняли их с равными весами. Произведения тригонометрических функций галактических координат l^{II} и b^{II} также взяты из [1].

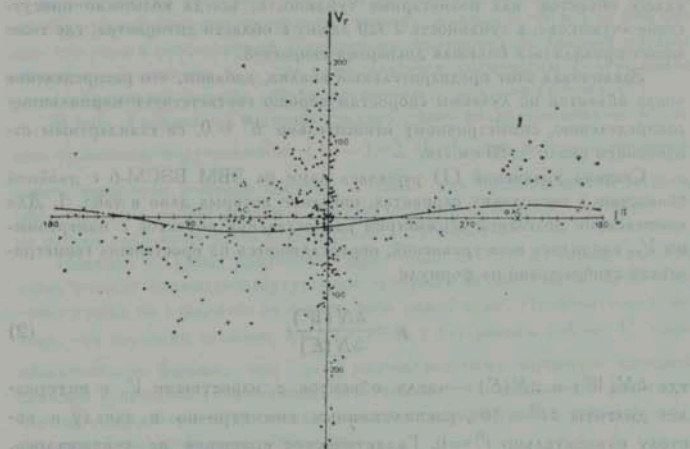


Рис. 1. Распределение наблюдаемых лучевых скоростей 348 планетарных туманностей V_r в зависимости от галактической долготы объекта l^{II} . Сплошной линией показано теоретическое распределение лучевых скоростей объектов с теми же координатами, точно соответствующее стандартному апоксу $L^{II} = 57^\circ$, $B^{II} = -22^\circ$, $V_\odot = 19.7$ км/сек.

На рис. 1 приведен график, иллюстрирующий распределение планетарных туманностей с известными V_r по галактической долготе l^{II} . Дефицит точек в области $350^\circ > l^{II} > 180^\circ$ отражает худшую изученность планетарных туманностей южного неба. В равной степени, центральное сгущение точек отражает не только реальную концентрацию туманностей в направлении на галактический центр, но и то, что в этой области неба проводились специальные обзоры лучевых скоростей рассматриваемых объектов.

Распределение точек на графике рис. 1, за пределами его центральной области, в первом приближении напоминает картину, возникающую вследствие паралактического смещения лучевых скоростей из-за движения Солнца к области долгот $l^{II} \simeq 90^\circ$. Специальный анализ показал отсутствие четкой связи между дисперсией V_r и галактической широтой b^{II} планетарных туманностей.

«Отскакивающие» точки на рис. 1 — объекты с аномально большими лучевыми скоростями вдали от направления на галактический центр — туманности Н 4—1 и J 320. Мы не склонны придавать их существованию принципиального значения. Действительно, в обоих случаях имеется по одному неподтвержденному измерению V_r . Кроме того, в столь сложном классе объектов, как планетарные туманности, всегда возможно присутствие «чужаков», а туманность J 320 лежит в области антицентра, где тоже может проявляться большая дисперсия скоростей.

Заканчивая этот предварительный анализ, добавим, что распределение числа объектов по лучевым скоростям хорошо соответствует нормальному распределению, симметричному относительно $b^{\text{II}} = 0$, со стандартным отклонением около ± 80 км/сек.

Система уравнений (1) решалась нами на ЭВМ БЭСМ-6 с двойной точностью в нескольких вариантах, описание которых дано в табл. 1. Для компенсации долготной асимметрии распределения объектов с измеренными V_r , вводились веса уравнений, определявшиеся из простейших геометрических соображений по формуле

$$p = \frac{\Delta N(W)}{\Delta N(E)}, \quad (2)$$

где $\Delta N(W)$ и $\Delta N(E)$ — числа объектов с известными V_r в интервалах долготы $\Delta l^{\text{II}} = 10^\circ$, расположенных симметрично к западу и востоку относительно $l^{\text{II}} = 0$. Галактическое вращение не учитывалось, так как исследуемые объекты распределены по всем галактическим долготам (см., например, [2]).

Рассматривая табл. 1, можно сделать несколько очевидных выводов:

- компоненты галактической скорости Солнца определяются с невысокой внутренней точностью;
- придание больших весов объектам из области $360^\circ > l^{\text{II}} > 180^\circ$, как это и можно было ожидать, приближает апекс к направлению на галактический центр;
- учет центрального сгущения объектов сильно понижает скорость Солнца V_\odot и оказывает значительное влияние на галактическую широту апекса;
- исключение 12 объектов с очень большими лучевыми скоростями слабо сказывается на положении апекса, но заметно влияет на V_\odot , уменьшая ее почти вдвое;
- важные кинематические параметры — средняя величина модуля peculiarной скорости планетарных туманностей по Z -координате $\langle |V_z| \rangle$ и дисперсия этих скоростей σ_z подвержены лишь незначительным абсолютным изменениям, хотя и чувствительны к су-

существованию объектов с аномально большими скоростями в высоких галактических широтах.

Как это уже отмечалось, компоненты галактического движения Солнца определяются путем решения системы (1) методом наименьших квадратов со значительными погрешностями. Эти погрешности мало говорят, однако, об абсолютной точности получаемых в итоге величин L , B и V_{\odot} , тем более, что строго рассчитать их стандартные отклонения по средним квадратическим отклонениям $\sigma_{x, y, z}$ не представляется возможным. В этой связи целесообразно исследовать общую устойчивость решения системы (1).

В табл. 1 приведены значения средней суммы квадратов невязок условных уравнений, получаемых из (1) — $1/n \sum_n (V_i)^2$ для всех рассматривавшихся вариантов решения системы, а также для математической модели, когда каждому из 348 объектов придавалось произвольное значение V_i из набора случайных чисел с дисперсией $(83)^2$ (км/сек)².

Невязки условных уравнений, образуемых из (1), по своему физическому смыслу являются пекулярными лучевыми скоростями объектов. Поэтому сумма их квадратов не может быть равна нулю. Примечательно, однако, что значения величин $1/n \sum_n (V_i)^2$ для случайного набора V_i лишь незначительно больше, чем для рассматриваемых вариантов исходной системы уравнений. По-видимому, это означает, что компоненты движения Солнца определяются по лучевым скоростям планетарных туманностей с невысокой статистической точностью.

Исследуя устойчивость решения системы (1), мы налагали на множество V_i случайную ошибку с дисперсией $(10)^2$ (км/сек)². Результат этого эксперимента приведен в табл. 2. Очевидно, что решение весьма устойчиво к случайным ошибкам лучевых скоростей, по крайней мере до тех пор, пока средняя амплитуда вводимой ошибки не приближается к среднему значению лучевой скорости для заданного множества V_i . В пределе, при случайном наборе лучевых скоростей, величины L , B и V_{\odot} приобретают произвольные значения.

Таким образом, расчет координат апекса и скорости Солнца по лучевым скоростям планетарных туманностей слабо зависит от вероятных случайных ошибок измерений V_i . Его точность определяется всей совокупностью величин (l, b, V_i) рассматриваемого множества объектов. Очевидно, что для повышения точности необходимо иметь как можно больше объектов с измеренными или просто оцененными с невысокой точностью лучевыми скоростями. Измерения лучевых скоростей планетарных туманностей, таким образом, продолжают оставаться актуальной задачей. Аналогичные выводы, по-видимому, справедливы и для любых других галактических объектов.

Таблица 1

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ,
ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПО ИХ ЛУЧЕВЫМ СКОРОСТЯМ

№	Описание варианта исходной системы уравнений (1)	$X \pm \varepsilon_X$	$Y \pm \varepsilon_Y$	$Z \pm \varepsilon_Z$	L^{II}	B^{II}	V_{\odot}	(V_z')	ε_z	$\frac{1}{n} \sum_n (V_r')^2$
		км/сек						км/сек		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	348 объектов без весов Р	-4.4 ± 5.4	26.3 ± 8.4	9.7 ± 21.8	99°	$+20^{\circ}$	28.4	6.0	$12.9 - 11.1$	$6.6 \cdot 10^3$
2	348 объектов с весами Р	2.4 ± 5.1	22.7 ± 7.4	9.8 ± 21.0	84	$+23$	24.8	—	—	$7.2 \cdot 10^3$
3	154 объекта без весов Р; исключена центральная часть $330^{\circ} < l^{\text{II}} < 30^{\circ}$	-7.1 ± 7.6	38.5 ± 5.7	23.3 ± 16.3	100	$+31$	45.4	5.6	$14.2 - 10.6$	$2.8 \cdot 10^3$
4	То же с весами Р	5.8 ± 6.5	33.6 ± 5.1	18.4 ± 16.4	80	$+28$	38.7	—	—	$3.2 \cdot 10^3$
5	142 объекта без весов Р; исключена центральная часть $330^{\circ} < l^{\text{II}} < 30^{\circ}$ и 12 объектов с $ V_r' > 100 \text{ км/сек}$	-2.9 ± 5.7	29.7 ± 4.4	15.1 ± 12.1	96	$+27$	33.4	4.7	8.3	$1.5 \cdot 10^3$
6	То же, с весами Р	7.0 ± 5.1	27.6 ± 4.1	10.6 ± 12.7	76	$+20$	30.4	4.6	8.2	$1.9 \cdot 10^3$
7	348 объектов без весов Р, с теми же координатами, но со случайным распределением V_r' со станд. откл. $\pm 83 \text{ км/сек}$	13.6 ± 9.4	0.7 ± 14.5	41.2 ± 37.9	3	$+72$	43.4	—	28.0	$2.0 \cdot 10^3$

Примечания к таблице 1

- 1 — Порядковый номер.
- 2 — Описание варианта исходной системы уравнений типа (1), использовавшейся для вычисления кинематических характеристик. Объяснение параметра P — см. в тексте.
- 3) — Компоненты движения Солнца относительно центроида системы планетарных туманностей со средними квадратическими ошибками. Направление осей прямоугольной системы: $X \rightarrow (l^{II} = 0^\circ, b^{II} = 0^\circ)$, $Y \rightarrow (l^{II} = 90^\circ, b^{II} = 0^\circ)$, $Z \rightarrow (b^{II} = 90^\circ)$.
- 4) —
- 5) —
- 6) — Соответствующие координаты апекса и скорости движения Солнца, определяемые по формулам:
- 7) — $\operatorname{tg} L = \frac{Y}{X}$; $\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$; $V_\odot = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.
- 8) —
- 9 — Средняя абсолютная пекулярная скорость планетарных туманностей по оси $Z \rightarrow (|V_z'|)$.
- 10 — Дисперсия скоростей планетарных туманностей по оси Z . Меньшее из двух значений в вариантах 1 и 3 получено после исключения высокоширотного быстрого объекта H 4-1.
- 11 — Средняя сумма квадратов невязок уравнения (1), они же — пекулярные лучевые скорости V_r' .

Таблица 2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ (1) ПО ОТНОШЕНИЮ К СЛУЧАЙНЫМ ОШИБКАМ V_r СО СТАНДАРТНЫМ ОТКЛОНЕНИЕМ ± 10 км/сек

№ варианта по табл. 1	Ошибка не введена			Ошибка введена		
	L^{II}	B^{II}	V_{\odot} (км/сек)	L^{II}	B^{II}	V_{\odot} (км/сек)
1	99	+20	28.4	98	+23	28.9
2	84	+23	24.8	83	+26	25.8
3	100	+31	45.4	99	-32	45.6
4	80	-28	38.7	79	+28	39.1
5	96	+27	33.4	93	+27	33.9
6	76	+20	30.4	74	-20	31.1

Согласно нашим расчетам, можно принять, что апекс движения Солнца относительно центроида системы планетарных туманностей лежит в эллиптической области с центром $L = 89^\circ$, $B = +25^\circ$ и полуосями $\Delta L = 12^\circ$ и $\Delta B = 6^\circ$. Скорость Солнца относительно центроида системы планетарных туманностей явно превышает ее стандартное значение 19.7 км/сек и, видимо, близка к 30 км/сек. Сводка других определений L , B и V_{\odot} по планетарным туманностям приведена в табл. 3.

Некоторые дополнительные представления о надежности определения координат апекса дает рис. 1. Сплошная линия на этом рисунке представляет собой точное решение обратной задачи вычисления лучевых скоростей заданных объектов по известным координатам стандартного апекса и скорости Солнца (см. табл. 3). Очевидно, что положение стандартного апекса также не сильно противоречит наблюдаемому долготному распределению лучевых скоростей планетарных туманностей; скорость V_{\odot} , однако, должна быть выше стандартной.

Планетарные туманности и галактическое вращение. Существование огромной дисперсии лучевых скоростей планетарных туманностей в направлении на галактический центр было справедливо интерпретировано Р. Минковским [14] как следствие вытянутости их галактических орбит. Поэтому движения планетарных туманностей, вообще говоря, не могут быть объяснены в рамках простой теории дифференциального галактического вращения.

В ходе определения компонент движения Солнца по лучевым скоростям планетарных туманностей мы получили пекулярные лучевые скорости V_r для всех исследованных объектов. Долготное распределение для нашего варианта 1 показано на рис. 2. Аналогичные картины для вариантов

Таблица 3

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗЛИЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕМАТИКИ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

Автор и ссылка	L^{II}	B^{II}	V_{\odot} (км/сек)	$\bar{\pi}''$	n	A (км/сек.кпс)	Метод
1	2	3	4	5	6	7	8
Вирц [4]	74°	+14°	31.2		96		V_r
Штрэмберг [5]	73	-12	30.2		101		V_r
Огородников [6]			37.0		92	23.8	V_r
Камм [7]	63	-16	33.8		90		V_r
Паренаго [8]	77	+6	29.3		38		V_r
				0.00079	34		р. стандартная V_{\odot}
Шонниэ [9]	88	-3	28		23		V_r
Дейч и Орлова [10]	61	+26	32.3		348		V_r
				0.00058	42		р. стандартная V_{\odot}
Пековский [11]			35.1		37	25.0	
Квдворс [12]	66	+16	25.5		131	10.0	
	51	+34			62		р. заданная V_{\odot}
Эта работа	100— -76	+20— +51	28.4— -45.4		348— -142	33	см. текст
				0.00054	51		
Стандартные величины [13]	57	+22	19.7			15.0	

Примечания к таблице.

- 1 — Автор работы и ссылка по общей библиографии.
- 2, 3 — Галактические координаты апекса.
- 4 — Скорость движения Солнца относительно центра планетарных туманностей.
- 5 — Статистический годичный параллакс в секундах дуги (среднее значение из $\bar{\pi}_+$ и $\bar{\pi}_-$).
- 6 — Число объектов, использованных при расчете.
- 7 — Постоянная галактического вращения A .
- 8 — Характеристика метода расчета кинематических величин: V_r — по лучевым скоростям, р. — по собственным движениям.

3 и 5 имеют сходный вид. Сплошной линией на рис. 2 показан примерный ход зависимости $V_r \rightarrow l$ в случае дифференциального вращения по круговым орбитам.

Очевидно, что получаемое нами долготное распределение пекулярных лучевых скоростей планетарных туманностей плохо увязывается с этой простой моделью. Сравнительно хорошее совпадение ожидаемой теорети-

ческой кривой с распределением точек на графике в области $l^{II} > 180^\circ$ имеет незначительный вес, т. к. эта область относительно бедна объектами с измеренными V_r . Поэтому использовать полученные наборы пекулярных лучевых скоростей планетарных туманностей для уточнения постоянных Оорта — нецелесообразно.

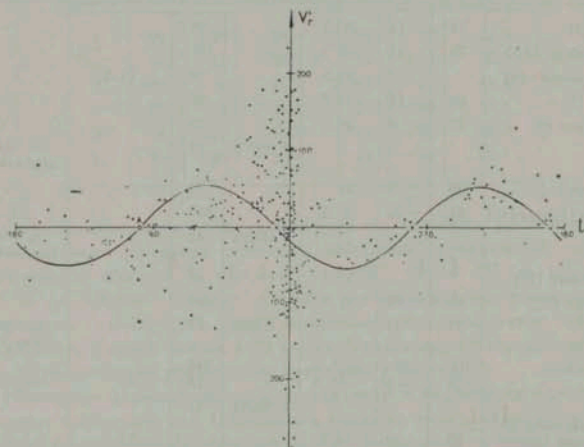


Рис. 2. Распределение пекулярных лучевых скоростей 348 планетарных туманностей V_r , согласно варианту 1 из табл. 1, в зависимости от галактической долготы l^{II} . Сплошной линией показано теоретическое распределение $V_r \div l^{II}$, соответствующее простой модели дифференциального галактического вращения с круговыми орбитами для группы объектов, близких к галактической плоскости $V_r = \bar{r} A \sin 2(l-L)$ при $L^{II} = 99^\circ$, $B^{II} = +20^\circ$ и $V_\odot = 28,4$ км/сек.

Применяя к долготному распределению (рис. 2) известную формулу для дифференциального галактического вращения

$$V_r = A_r \sin 2(l - L), \quad (3)$$

получаем, что $A = 54/\bar{r}$ (км/сек · кпс). Это соотношение, в принципе, может использоваться для калибровки шкал расстояний до планетарных туманностей по заданной величине A , хотя надежность подобной привязки проблематична. При $A = 15$ км/сек · кпс, $\bar{r} = 3,6$ кпс.

Примечательно, что, несмотря на значительную дисперсию пекулярных лучевых скоростей, на рис. 2 отсутствуют объекты с $V_r > 300$ км/сек

и, тем более, со скоростями, превышающими скорость освобождения для окрестностей Солнца.

О вычислении статистического параллакса планетарных туманностей по их собственным движениям. Собственные движения планетарных туманностей — объектов сравнительно удаленных, известны хуже, чем их лучевые скорости. В последней, весьма обстоятельной работе на эту тему [12] собраны собственные движения 62 планетарных туманностей — в основном из числа ярких, наиболее изученных объектов. При этом для 41 туманности ошибки измеренных собственных движений по одной из координат превосходят сами значения этих движений.

Зная собственные движения некоторой группы объектов и задавшись независимо определенной скоростью Солнца V_{\odot} , мы можем определить положение апекса и статистический параллакс этой группы. На практике предпочитают пользоваться координатами апекса и скорости Солнца, найденными по лучевым скоростям объектов данной группы.

Методика расчета статистического параллакса подробно изложена, например, в [2]. Сводка существующих определений статистического параллакса планетарных туманностей дана в табл. 3. Видно, что, несмотря на малые абсолютные значения, различные определения статистических параллаксов близки друг к другу. По-видимому, это происходит вследствие использования одного и того же набора собственных движений.

Мы рассчитали статистические параллаксы $\bar{\pi}_l$ и $\bar{\pi}_b$ для 51 планетарной туманности из табл. 2 в работе [12]. Абсолютные собственные движения этих объектов взяты из той же работы и, по-видимому, могут считаться наиболее надежными. Координаты апекса и скорости движения Солнца соответствовали варианту 1 из нашей табл. 1. Результаты расчета приведены ниже; они достаточно близки к результатам других авторов:

$$\bar{\pi}_l = (5.54 \pm 0.13) \cdot 10^{-4},$$

$$\bar{\pi}_b = (5.19 \pm 0.57) \cdot 10^{-4},$$

$$\bar{\pi} = (5.36 \pm 0.17) \cdot 10^{-4}.$$

Для проверки устойчивости определения статистического параллакса к положению апекса, мы повторили расчет при координатах $L = 133^\circ$ и $B = +11^\circ$. Соответствующие значения $\bar{\pi}_l = 2.5 \cdot 10^{-4}$ и $\bar{\pi}_b = 4.7 \cdot 10^{-4}$ хотя и ощутимо отличаются от полученных ранее, но все же сохраняют правильный порядок величины.

Как известно, величина $\bar{\pi}_z$ прямо зависит от скорости Солнца и связана с ней соотношением $\bar{\pi}_z \sim V_{\odot}^{-1}$. Зависимость $\bar{\pi}_z$ от V_{\odot} сложнее, однако контрольные расчеты показали, что в нашей задаче уменьшение V_{\odot} в 3 раза увеличивает $\bar{\pi}_z$ лишь примерно на 2%. Следовательно, статистический параллакс, определенный по z -компонентам собственных движений, более устойчив к принятым кинематическим характеристикам Солнца.

Осредняя величины $\bar{\pi}_z$, полученные в этой работе и в [8, 10, 12], находим вероятное значение статистического параллакса планетарных туманностей с измеренными собственными движениями

$$\bar{\pi} = \langle \bar{\pi}_z \rangle = 0.00068 \pm 0.00022,$$

где $\langle \bar{\pi}_z \rangle$ — средняя величина параллакса, взвешенная числом объектов, использованных для ее определения в перечисленных работах.

О существовании кинематических подсистем в системе галактических планетарных туманностей. На первый взгляд, долготное распределение лучевых скоростей планетарных туманностей (рис. 1, 2) говорит о существовании двух кинематических подсистем объектов: туманностей, группирующихся в направлении на галактический центр и имеющих вытянутые орбиты, и туманностей, равномернее распределенных по долготе и подчиняющихся закону дифференциального галактического вращения.

Вопрос о реальности такого подразделения довольно сложен. Планетарные туманности и их ядра — быстро эволюционирующие объекты. Поэтому надежда проследить возможные различия подсистем по физическим характеристикам входящих в них объектов представляется нереальной.

Из числа кинематических характеристик, как это следует из предыдущего, только средняя абсолютная пекулярная скорость по оси Z — $\langle |V_z'| \rangle$ и дисперсия этих скоростей σ_z определяются достаточно надежно.

В табл. 4 приведены эти параметры, полученные нами для планетарных туманностей, группирующихся в направлении на галактический центр, и в других долготах. Очевидно, что в пределах точности три выделенных в табл. 4 группы туманностей не показывают явных кинематических различий. Одновременно можно видеть, насколько сильно влияют на оценки $\langle |V_z'| \rangle$ и σ_z высокоскоростные объекты на больших галактических широтах, подобные Н 4—1.

В работах Грейга [15, 16] было заявлено о существовании двух подклассов планетарных туманностей, имеющих различные морфологические, физические и кинематические характеристики. Уместно заметить, что клас-

сификация, предложенная в [15], является чисто описательной и не имеет в своей основе четкого физического смысла. Вводимые в ней морфологические признаки объектов сильно подвержены влиянию наблюдательной селекции, а физические — влиянию эволюционных эффектов.

Таблица 4

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДГРУПП
ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ (СОГЛАСНО
ВАРИАНТУ 1, ТАБЛ. 1)

Подгруппа	Число объектов	$\langle V_z \rangle$	$\pm z_z$
		км/сек	
Все планетарные туманности с известными V_z	348	6.0	12.9–11.1
Объекты в направлении на галактический центр $330^\circ < l^{II} < 30^\circ$	193	6.6	15.5
Та же группа без объекта Н 4–1	192	6.0	9.5
Объекты в интервалах долгот:			
$33^\circ < l^{II} < 180^\circ$	53	5.2	10.2
$180^\circ < l^{II} < 330^\circ$	101	5.4	9.5

Наш анализ показал, что туманности класса В по Грейгу отличаются от других объектов по той же классификации значительно меньшей средней галактической широтой. Действительно, распределение объектов Грейга по галактической широте b^{II} таково:

$$-45 \text{ туманностей класса В: } \langle b^{II} \rangle = -2.1 \pm 8.8,$$

$$-69 \text{ туманностей всех прочих классов: } \langle b^{II} \rangle = +1.2 \pm 15.6.$$

Следовательно, туманности класса В, в среднем, расположены на относительно больших расстояниях, моложе и ярче. Это помогает понять существование некоторых спектральных особенностей этих объектов, отмеченных Грейгом.

Сравнивать кинематические характеристики произвольно выбранных объектов с различным пространственным распределением не имеет смысла. Упомянем лишь о том, что сделанный в работе [16] вывод о преимущественном сосредоточении туманностей класса В в спиральных ветвях не получает подтверждения (см. [12]).

Заключение. Итак, мы рассмотрели методы изучения кинематики планетарных туманностей по их лучевым скоростям и собственным движениям.

Традиционный способ определения компонент солнечного движения относительно центроида системы планетарных туманностей по их лучевым скоростям весьма устойчив по отношению к случайным ошибкам измерения скоростей. Точность определения координат апекса и скорости движения Солнца, пока невысокая, задается совокупностью используемых при расчете координат и скоростей объектов. Ее повышение требует знания лучевых скоростей значительно большего числа туманностей.

Сейчас можно считать, что апекс движения Солнца относительно центроида системы планетарных туманностей соответствует стандартному, либо несколько сдвинут от него к востоку. Скорость Солнца определено выше стандартной и близка к 30 км/сек.

Наиболее надежной кинематической характеристикой — во всяком случае для планетарных туманностей — являются среднее абсолютное значение Z -компоненты пекулярных лучевых скоростей $\langle |V_z| \rangle$ и их дисперсия σ_z .

Пекулярные лучевые скорости планетарных туманностей плохо соответствуют модели дифференциального галактического вращения с круговыми орбитами, что является следствием сильной вытянутости галактических орбит планетарных туманностей. Использовать кинематические свойства этих объектов для уточнения этой модели — нецелесообразно.

Статистический параллакс планетарных туманностей, определяемый по их собственным движениям, весьма мал, но получается достаточно надежно. Стандартный метод расчета статистического параллакса устойчив по отношению к ошибкам в положении апекса. Наиболее надежные данные, слабо зависящие также от принятого значения Солнца, получаются по Z -компонентам собственных движений.

Кинематические данные не показывают четких различий между планетарными туманностями, группирующимися вокруг направления на галактический центр, и прочими объектами того же класса. Вывод о существовании подобных различий у туманностей разных классов по Грейгу не является обоснованным.

Приемы и результаты проведенного анализа надежности классических методов определения кинематических характеристик системы планетарных туманностей полезны с точки зрения исследования кинематики галактических объектов других типов.

Астрономический совет
АН СССР

ON THE PROBLEM OF KINEMATICS OF THE GALACTIC PLANETARY NEBULAE

M. N. KIOSSA, G. S. KHROMOV

The classic method of determination of the components of solar motion in respect to the centroid of the galactic planetary nebulae with the known radial velocities is considered. The method is shown to be stable in respect to the random errors in the radial velocities of the objects. The low precision of coordinates of the apex and solar velocity is due to the insufficient number of the objects with the measured radial velocities. The most reliable kinematic characteristics for the planetary nebulae are $\langle |V'_z| \rangle$ and σ_z .

The galactic movements of the planetary nebulae are badly compatible with the differential galactic rotation along the circular orbits. This can be explained with the pronounced ellipticity of their galactic orbits.

The method of the determination of the statistical parallax of the planetary nebulae is discussed. It is shown, that the parallax from the z -components of the proper motions is one the most reliable. Any indications on the different kinematical subsystems within the bulk of the galactic planetary nebulae are absent.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Perek, L. Kohoutek, Catalogue of galactic planetary nebulae, Prague, 1967.
2. П. П. Паренато, Курс звездной астрономии, ГИТТЛ, М., 1954.
3. В. Зонн, К. Рудницкий, Звездная астрономия, ИЛ, М., 1959.
4. C. Wirtz, Astron. Nachr., 215, 149, 1922.
5. G. Stromberg, Ap. J., 61, 371, 1935.
6. К. Ф. Огородников, Цирк. ГАО, 21, 15, 1937.
7. W. Samt, M. N., 99, 71, 1939.
8. П. П. Паренато, Астрон. ж., 23, 65, 1946.
9. M. Choptinet, J. Observatoires, 49, 2, 1963.
10. А. Н. Дейч, О. Н. Орлова, Изв. ГАО, № 187, 4, 1971.
11. Ю. П. Псковский, Астрон. ж., 36, 305, 1959.
12. K. M. Sudworth, A. J., 79, 1384, 1974.
13. К. У. Аллен, Астрофизические величины, Мир, М., 1977.
14. R. Minkowski, Galactic structure, Chicago Univ. Press, 1965, p. 321.
15. W. Greig, Astron. Astrophys., 10, 161, 1971.
16. W. Greig, Astron. Astrophys., 18, 70, 1972.