

да, пара Талькотта, шкальная пара) проводится, как правило, на одних и тех же нитях, то есть имеет индивидуальное постоянное значение λ . Если не учитывать зависимость λ от λ , то в результатах возможно появление систематических ошибок. По-видимому, эти ошибки незначительны, так как температурные влияния на микрометр и оптическую систему противоположны по знаку и частично компенсируются.

Очевидно, необходимы дополнительные исследования для оценки и возможного исключения такого рода ошибок, например, из наблюдений широких шкальных пар с помощью формулы (6). Для шкальной пары она выглядит так:

$$\Delta z = (R_0 + \Delta R_0) (L_{R_0} + M_{R_0}) [1 + (\alpha_2 - \alpha_1 + \lambda (\alpha_3 - \alpha_2)) \Delta t] \quad (7)$$

где Δz — разность зенитных расстояний компонентов пары с учетом всех редуций, R_0 — принятое значение цены оборота микрометра, ΔR_0 — поправка к принятому значению цены оборота.

Варьируя λ от наблюдения к наблюдению (т. е. наблюдая каждый раз на других нитях), можно методом наименьших квадратов определить неизвестные ΔR_0 , $\alpha_2 - \alpha_1$ и $\alpha_3 - \alpha_2$.

Автором проведена серия (70) наблюдений шкальных пар на зенит-телескопе ЗТЛ-180 Полтавской гравиметрической обсерватории. В результате получены следующие значения цены оборота микрометрического винта и температурных коэффициентов:

$$R_0 = 21.87826 \quad \alpha_2 - \alpha_1 = -0.0000016 \quad \alpha_3 - \alpha_2 = -0.0000042 \\ \pm 20 \quad \quad \quad \pm 49 \quad \quad \quad \pm 77.$$

Следует подчеркнуть, что эта серия наблюдений была пробной, количество наблюдений явно недостаточно. Средняя квадратичная ошибка одного измерения, полученная из теоретических оценок ($\sigma = 0.00017$) и та же ошибка, вычисленная по результатам серии ($s = 0.00008$), близки по значению. Принимая среднюю квадратичную ошибку одного измерения $\sigma = 0.0001$, и считая необходимой точность определения температурных коэффициентов ± 0.000001 , получаем, что необходимо провести $n = (10^{-4})^2 / (10^{-6})^2 = 10000$ наблюдений шкальных пар.

1. Басурманова Л. П. Определение температурного коэффициента и расстояний между горизонтальными штрихами стеклянной пластинки окулярного микрометра Московского зенит-телескопа // Сообщ. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга.—1964.— № 34.— С. 37—40.
2. Гуриштейн А. А. Учет влияния температуры при определении цены оборота винта окулярного микрометра зенит-телескопа ЗТЛ-180 методом широких шкальных пар // Астрон. журн.—1962.—39, № 2.— С. 345—348.
3. Гуриштейн А. А. К теории широких шкальных пар // Там же.—1963.—40, № 1.— С. 178—179.
4. Попов Н. А., Панченко Н. И., Цанова А. П. Определение некоторых инструментальных характеристик зенит-телескопа ЗТЛ-180 Полтавской обсерватории // Астрометрия и астрофизика.—1969.— Вып. 7.— С. 67—73.
5. Рыжова Л. В., Продан Ю. И. Цена оборота винта окулярного микрометра зенит-телескопа Московской обсерватории // Сообщ. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга.—1964.— № 134.— С. 33—37.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 13.09.85

УДК 521.73

Движение кометы Галлея на интервале 1759—1985 гг.

Ю. В. Батраков, Н. А. Беляев, Ю. Д. Медведев, Ю. А. Чернетенко

Получены начальные координаты и компоненты скорости кометы Галлея вместе с параметрами, характеризующими действие негравитационных сил. Вычисления орбит выполнены для двух моделей негравитационных сил: Марсдена — Секанины и импульсной. Обе орбиты близки в начальный момент и дают удовлетворительное представление нормальных мест и наблюдений. Прогноз момента прохождения через перигелий в 1986 г. для двух моделей различается на 0.021 суток.

MOTION OF P/HALLEY AT THE INTERVAL 1759-1985, by Batrakov Yu. V. Belyaev N. A., Medvedev Yu. D., Chernetenko Yu. A.— The initial coordinates and velocity components of P/Halley are obtained along with the non-gravitational parameters. Orbits are computed for two models of non-gravitational forces: the Marsden-Sekanina and impulse ones. Both orbits give reasonable residuals for normal places and observations and are close one to another at initial moment. The prognosticated time of the perihelion passage in 1986 is different by 0.021 days.

После отбраковки наблюдений со значительными отклонениями из более чем 5000 наблюдений кометы Галлея на интервале 1759—1910 гг. оставлено 2985. Из них образовано 76 нормальных мест, относительно равномерно покрывающих наблюденные участки орбиты. В текущем появлении кометы (прохождение через перигелий в начале 1986 г.) за период 16.10.82 г.—1.06.85 г. собрано 120 наблюдений. Из них 100 наблюдений объединены в 10 нормальных мест. По 86 нормальным местам и 20 отдельным наблюдениям обычным методом наименьших квадратов определены две орбиты кометы Галлея, различающиеся методами учета негравитационных эффектов. В первой использована общепринятая в настоящее время модель Марсдена—Секанины [4], основанная на физической теории процессов, происходящих в кометном ядре, во второй — более простая импульсная модель, в которой негравитационные эффекты сводятся к небольшим мгновенным изменениям вектора орбитальной скорости в моменты прохождения кометы через перигелий, определяемым из наблюдений.

Обе орбиты получены численным интегрированием уравнений движения в прямоугольных координатах по методу Эверхарта II порядка. Для повышения точности использовано преобразование Энке, приводящее к уравнениям для отклонений от опорной орбиты, при этом на каждом шаге интегрирования бралась своя опорная орбита. Сравнение с результатами численного интегрирования, проведенного с удвоенным числом разрядов, показало, что точность интегрирования указанным методом составила $3 \cdot 10^{-8}$ а. е. за один оборот кометы.

Координаты больших планет от Меркурия до Нептуна включительно вычислялись по французской эфемериде VSOP-82 [2], имеющейся в фонде алгоритмов и программ ИТА АН СССР. Массы этих планет также взяты в соответствии с VSOP-82. Так как данная эфемерида не содержит сведений, относящихся к Плутону, то координаты Плутона вычислялись на основе другого источника [3]. Оттуда же взята и его масса. В уравнения движения кометы включены возмущающие ускорения, описывающие релятивистские эффекты в движении пробной частицы в сферически симметричном шварцшильдовском гравитационном поле Солнца с метрикой в изотропных координатах [1].

При улучшении первой орбиты коэффициенты условных уравнений определялись интегрированием уравнений в вариациях. Для второй орбиты применен более простой метод, в котором возмущенная орбита аппроксимировалась кусочно-непрерывной после-

Таблица 1. Координаты и компоненты скорости кометы Галлея, негравитационные параметры Марсдена—Секанины, их средние квадратичные ошибки и коэффициенты корреляции (экватор и равноденствие 1950.0, интервал наблюдений 1835—1985 гг.). Эпоха 1910, май 9.0 TDT.

$$\begin{aligned}
 x &= -0.185\ 666\ 307 \pm 1.15 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_x &= -0.027\ 163\ 764\ 66 \pm 0.14 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут} \\
 y &= -0.656\ 978\ 127 \pm 0.59 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_y &= -0.002\ 683\ 969\ 17 \pm 0.28 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут}, \\
 z &= -0.212\ 030\ 086 \pm 0.59 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_z &= -0.008\ 143\ 555\ 00 \pm 0.23 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут}, \\
 A_1 &= (+0.100 \pm 0.013) \cdot 10^{-8}, & A_2 &= (+0.015\ 427 \pm 0.000\ 012) \cdot 10^{-8}
 \end{aligned}$$

<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>V_x</i>	<i>V_y</i>	<i>V_z</i>	<i>A₁</i>	<i>A₂</i>
1	-0.05	0.36	-0.19	-0.89	-0.28	0.06	-0.08
	1	0.11	-0.84	0.39	-0.12	-0.20	0.09
		1	-0.32	-0.26	-0.31	-0.06	0.15
			1	-0.12	-0.21	-0.01	-0.18
				1	0.15	-0.55	0.26
					1	0.34	0.10
						1	0.99
							1

Таблица 2. Координаты и компоненты скорости кометы Галлея, импульсные изменения перигелийной скорости *, их средние квадратичные ошибки и коэффициенты корреляции (экватор и равноденствие 1950.0, интервал наблюдений 1759—1985 гг.). Эпоха 1910. 9.0 май TDT.

$$\begin{aligned}
 x &= -0.185\ 666\ 667 \pm 0.96 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_x &= -0.027\ 163\ 815\ 52 \pm 0.14 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут.}, \\
 y &= -0.656\ 976\ 860 \pm 0.61 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_y &= -0.002\ 684\ 039\ 80 \pm 0.28 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут.}, \\
 z &= -0.212\ 031\ 729 \pm 0.56 \cdot 10^{-6} \text{ а. е.}, & V_z &= -0.008\ 143\ 527\ 64 \pm 0.25 \cdot 10^{-7} \text{ а. е./сут.}
 \end{aligned}$$

Момент приложения импульса (TDT)	$\Delta v_{ir} \cdot 10^{+11}$ (а. е./сут)	$\Delta v_{iT} \cdot 10^{+11}$ (а. е./сут)
1. 1835 нояб. 16.4390	15512 ± 2023	2616.9 ± 0.7
2. 1910 апр. 20.1778	15512 ± 2023	2377.7 ± 27.8

<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>V_x</i>	<i>V_y</i>	<i>V_z</i>	ΔV_{1r}	ΔV_{1T}	ΔV_{2T}
1	-0.10	0.22	-0.10	-0.73	-0.18	0.00	0.00	-0.06
	1	0.09	-0.85	0.22	-0.00	-0.22	0.22	-0.18
		1	-0.18	-0.12	-0.38	-0.03	0.03	0.05
			1	-0.11	-0.37	0.05	-0.04	0.06
				1	0.04	0.50	-0.51	0.48
					1	0.08	-0.08	0.02
						1	-1.00	0.91
							1	-0.90
								1.

* Даны компоненты импульсного изменения перигелийной скорости по радиусу-вектору (Δv_{ir}) и по трансверсали (Δv_{iT}). Δv_{iT} определялось при условии ее совпадения с Δv_{1r} .

довательностью невозмущенных дуг, удовлетворяющих условию оскуляции в начале каждой дуги, и на участках аппроксимации коэффициенты условных уравнений вычисляли по формулам невозмущенного движения. Полученные результаты представлены в табл. 1, 2. Отметим, что импульсы перигелийной скорости определены в проекциях на радиус-вектор и трансверсаль. Составляющие импульсов по нормали к орбите положены равными нулю, так как из нормальных уравнений они не могли быть определены. Точно так же, в целях сохранения обусловленности нормальных уравнений на допустимом уровне, импульсы по радиусу-вектору в появлениях 1835, 1910 гг. считались одинаковыми.

Первая орбита представляет нормальные места с ошибкой единицы веса $\sigma = 1.65''$, вторая, — с $\sigma = 2.52''$ на интервале 1759—1985 гг. и $\sigma = 1.60''$ на интервале 1835—1985 гг.

Первая из орбит дает момент прохождения через перигелий в текущем появлении $T = 1986$ февр. 09.44631 TDT, вторая — $T = 1986$ февр. 09.46721 TDT. Расхождение между этими значениями составляет 0.021 сут. По-видимому, результаты вычисления орбиты зависят от выбора модели влияния негравитационных сил и числа определяемых негравитационных параметров.

1. Брумберг В. А. Релятивистская небесная механика.— М.: Наука, 1972.—382 с.
2. Bretagnon P. Theorie du mouvement de l'ensemble des planetes. Solution VSOP-82 // Astron. and Astrophys.—1982.—114, N 2.— P. 278—288.
3. Eckert W. J., Brouwer D., Clemence G. M. Coordinates of the five outer planets, 1953.—2060 // Astron. Pap.—1951.—12.— P. 1—327.
4. Marsden B., Sekanina Z., Yeomans D. Comets and nongravitational forces. V. // Astron. J.—1973.—78, N 2.— P. 211—216.

Ин-т теорет. астрономии АН СССР,
Ленинград

Поступила в редакцию
18.09.85