

Таким образом, из астрономических наблюдений определяется местное время для данного меридиана. По местному звёздному времени вычисляется местное среднее солнечное время, а по нему, с учётом долготы места наблюдений от Гринвича, — Всемирное время, получаемое на данной обсерватории. Это время обозначают как UT0.

Движение полюсов Земли смещает земные меридианы, на которых ведутся наблюдения, и приводит к тому, что шкала UT0, получаемая в различных точках Земли, оказывается неодинаковой. Для получения более однородной шкалы времени, называемой UT1, в наблюдения отдельных служб времени вводятся поправки $\Delta\lambda$, за движение полюса, так что $UT1 = UT0 + \Delta\lambda$. Однако и шкалу UT1 нельзя считать достаточно точной, её искажают все виды неравномерности вращения Земли вокруг своей оси.

Неравномерности вращения Земли подразделяют на три вида.

1. *Вековое замедление вращения Земли*, изменяющее продолжительность суток примерно на 0,002 с за столетие. Эта величина настолько мала, что обычно не принимается во внимание.

2. *Сезонная (обусловленная в основном сезонной циркуляцией атмосферы) неравномерность вращения Земли*, изменяющая продолжительность суток от их среднего за год значения на величину немного меньшую $\pm 0,001$ с. Учёт сезонной неравномерности даёт новую шкалу времени $UT2 = UT1 + \Delta T_{\text{сезон}}$.

3. *Нерегулярные изменения скорости* (являющиеся результатом действия различных факторов, в частности, по-видимому, нестационарных процессов внутри Земли), из-за которых продолжительность суток изменяется на величину $\sim 10^{-3}$ с на интервале от нескольких лет до нескольких месяцев. Эти изменения не могут быть спрогнозированы заранее и почти целиком входят в UT2. Учёт флуктуации в скорости вращения Земли проводят путём сравнения теоретически вычисленных (эфемеридных) координат небесных тел с их координатами, полученными из наблюдений. Найденные поправки ΔT_e позволяют ввести шкалу эфемеридного времени $TE = UT2 + \Delta T_e$, которая является наибо-

лее равномерной астрономической шкалой времени, получаемой из наблюдений. Время, отсчитываемое по ней, называют эфемеридным. Его не следует путать с равномерным эфемеридным временем — математическим понятием, употребляемым в формулах небесной механики. Точность определения эфемеридного времени по отдельным наблюдениям из-за случайных ошибок меньше, чем точность определения UT2, поэтому поправку ΔT_e вычисляют как среднюю по большому ряду наблюдений (обычно за год или за полгода). Таким образом, точные значения TE могут быть получены лишь задним числом. Экстраполяция TE вперёд не может быть эффективной.

Если до открытия неравномерности вращения Земли основная единица времени — секунда — определялась как $1/86400$ средних солнечных суток, то с введением эфемеридного времени в качестве его единицы была принята эфемеридная секунда. В 1956 г. Международное бюро мер и весов дало следующее определение секунды: «Секунда есть $1/31556925,9747$ тропического года для 1900 г. январь 0, в 12 часов эфемеридного времени» (см. *Юлианский период*).

Изобретение атомных стандартов частоты позволило получить новую шкалу времени, независимую от вращения Земли и имеющую значительно большую точность. В качестве единицы атомного времени принята атомная секунда, определяемая как «время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующее переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133». Это определение принято в 1967 г. на XIII Генеральной конференции по мерам и весам. Атомная секунда служит одной из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). На практике Международная шкала атомного времени (TAI) реализуется путём усреднения показаний нескольких десятков атомных (цезиевых) часов служб времени различных стран. Показания всех часов анализируются и усредняются в Международном бюро времени в Париже.

Относительная погрешность современных промышленных атомных часов колеблется от $1 \cdot 10^{-14}$ до $1 \cdot 10^{-15}$, что позволя-

ет отдельным службам времени сохранять шкалу TAI с погрешностью $\sim 0,1$ мкс за год. А в некоторых специальных конструкциях атомных часов относительная погрешность составляет всего 10^{-17} .

Несколько отличная от TAI шкала используется при подаче сигналов точного времени. Эта шкала получила название Всемирного координированного времени (UTC). В основу UTC положена атомная секунда, а его отличие от TAI – в том, что, когда разность между UT1 и UTC достигает 0,9 с, часы, с которых передаются сигналы времени в системе UTC, переводятся вперёд или назад на 1 с в зависимости от знака разности UT1 – UTC. Таким образом, отклонение системы UTC от астрономической шкалы времени не может превышать 0,9 с. Коррекции часов производятся в последнюю секунду суток, обычно 31 декабря или 30 июня по рекомендации Международного бюро времени. Шкала UTC, удовлетворяющая этим условиям, была введена с 1 января 1972 г.

Шкала UTC – некоторый компромисс между атомным и астрономическим временем: она обладает высокой точностью и отражает вращение Земли. Для тех, кому знание астрономического времени необходимо оперативно и с точностью большей, чем ~ 1 с, в сигналы точного времени, передаваемые в Международной системе UTC, специальным кодом вносится информация о разности UT1 – UTC. Эту разность с точностью до 0,1 с можно получить, подсчитывая специально раздвоенные секундные сигналы времени. В системе сигналов России разность UT1 – UTC даётся с точностью до 0,02 с. С ещё большей точностью, до 0,0001 с, приводятся разности астрономической и атомных шкал времени в бюллетенях Международного бюро времени. В них содержится также информация о вращении Земли, о подачах сигналов и эталонных частот, о точности хранения и передачи времени.

Особую группу составляют системы счёта времени, устанавливаемые на территориях отдельных государств или группы государств на основании правительственных декретов или международных соглашений. К этим системам относятся поясное, декретное и летнее время.

С 1884 г. во многих странах введено поясное время. Вся поверхность Земли разделена на 24 часовых пояса с границами по меридианам, отстоящим друг от друга по долготе на 15° . Во всех пунктах пояса часы показывают одинаковое время – местное время среднего меридиана пояса. При переходе в соседний пояс стрелки переводятся на час вперёд или назад в зависимости от направления. Такая система устраняет неудобства местного времени, которое различно для всех точек земной поверхности, не лежащих на одном меридиане. В нашей стране поясное время было введено с 1 июля 1919 г.

В целях экономии электроэнергии в летние месяцы в некоторых странах весной стрелки часов переводятся на час вперёд. Это время получило название летнего времени. Осенью часы снова ставят по поясному времени. Летнее время неоднократно вводилось в СССР. Но с 16 июня 1930 г. декретом Советского правительства стрелки всех часов в стране были переведены вперёд и так оставлены. Это время, на час больше поясного, называют декретным.

ВРЕМЯ, ВСЕМИРНОЕ – система счёта времени, основанная на периоде вращения Земли, равном в точности 24 часам. Всемирное время (UT, Universal Time) равно среднему солнечному времени на Гринвичском меридиане. Всемирное время заменило собой в 1928 г. гринвичское среднее время (GMT, Greenwich Mean Time) во избежание путаницы с началом отсчёта суток: в GMT они начинались по астрономической традиции в полдень, а в UT сутки начинаются по гражданской традиции в полночь. В настоящее время используется три уровня всемирного времени: UT0, базирующееся непосредственно на наблюдениях; UT1, в которое включены поправки за перемещение полюсов Земли, и UT2, которое включает также поправки за изменение скорости вращения Земли. Фактически под именем UT используют Координированное всемирное время (UTC), которое опирается на ход атомных часов, но при этом согласуется (координируется) с вращением Земли.

ВРЕМЯ, ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЕ – время события, зафиксированное гипотетическим наблюдателем, находящимся в центре

Солнца. Гелиоцентрическое время в основном используется для обеспечения согласованной временной шкалы при наблюдениях переменных звёзд и других переменных объектов путём исключения влияния изменяющегося положения Земли на околосолнечной орбите.

ВРЕМЯ, ГРАЖДАНСКОЕ – устаревшее понятие, использовавшееся в ту эпоху, когда астрономы отсчитывали время от полудня, а простые граждане – от полуночи. В основе гражданского времени лежали средние солнечные сутки с началом в местную среднюю полночь. От астрономического среднего солнечного времени гражданское время отличалось началом счёта суток: в первом за начало суток принимался местный средний полдень. Гражданское время было равно среднему солнечному времени плюс 12 ч. Например, 20 ч 15 мин среднего солнечного времени 22 октября соответствовало 8 ч 15 мин гражданского времени 23 октября. Современные астрономы также отсчитывают время суток от полуночи.

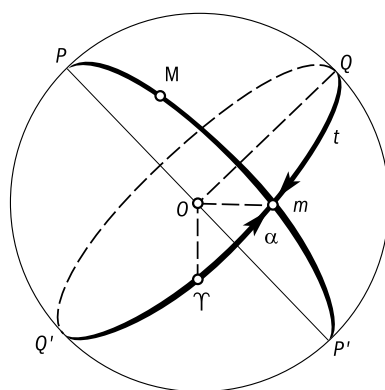
О прошлом напоминает традиция, сохранившаяся в англоязычных и многих европейских странах, указывать время «до полудня» (например, 3:15 AM) и «после полудня» (например, 8:45 PM). Эти аббревиатуры, которые до середины XX в. писали как A. M. и P. M., происходят от латинских выражений «ante meridiem» и «post meridiem», что значит «до полудня» и «после полудня». Имеется в виду полуденное пересечение Солнцем местного небесного меридиана. В англоязычных странах в быту аббревиатуру AM часто интерпретируют как «after midnight», т. е. после полуночи.

ВРЕМЯ, ДЕКРЕТНОЕ – основное, официально установленное время в данной местности. Например, в России в 2020 г. официальное время и зимой, и летом на 1 час опережает поясное время. В некоторых странах для более полного использования дневного света в летние месяцы вводится «летнее время», на 1 час опережающее «зимнее». Это делалось также в СССР и России, но с 2014 г. не практикуется. Однако введённый в 1930 г. «декретный час» сохраняется, поэтому территории, живущие по «московскому времени», видят на своих часах время UTC + 3 часа,

хотя большинство из них находится во 2-м часовом поясе (часовой зоне).

ВРЕМЯ, ДИНАМИЧЕСКОЕ (TDB, TDT) – физические шкалы времени, введённые в 1984 г. для замены эфемеридного времени как независимый аргумент в динамических теориях движения небесных тел, используемых для расчёта эфемерид. Динамическое время реализуется, например, с помощью атомных часов (см. *Время, международное атомное*). Динамическое время, как и эфемеридное, представлено равномерной временной шкалой, учитывающей, однако, взаимосвязь пространства и времени в общей теории относительности. TDB – это барицентрическое динамическое время, т. е. время в центре масс Солнечной системы. TDT – это время, которое показывали бы часы в центре Земли. Время в обеих шкалах отличается друг от друга и от эфемеридного времени всего на несколько миллисекунд. Единицей TDT служит 86 400 секунд СИ на уровне моря. Для практических целей можно считать, что $TDT = TAI + 32,184^s$.

ВРЕМЯ, ЗВЁЗДНОЕ – часовой угол точки весеннего равноденствия; равен нулю в момент её верхней кульминации. Полный оборот точки весеннего равноденствия, как и любой другой точки небесной сферы (так называемые звёздные сутки, или «24 часа звёздного времени»), происходит за 23 час 56 мин 04 с среднего солнечного времени (см. *Сутки, звёздные*). Для светила с пря-



Звёздное время: $S = \alpha + t$. Здесь M – звезда, m – её проекция на небесный экватор, α – прямое восхождение, t – часовой угол, – точка весеннего равноденствия, PQR – небесный меридиан, $PMmP'$ – круг склонения (часовой круг).

мым восхождением α справедлива формула $s = t + \alpha$, где s – звёздное время, t – часовой угол светила. Таким образом, звёздное время можно измерить по моменту кульминации светила с известным прямым восхождением.

ВРЕМЯ, ИСТИННОЕ СОЛНЕЧНОЕ – часовой угол Солнца; измеряется к западу от небесного меридиана; 15 градусов (15°) соответствуют 1 часу. Момент пересечения Солнцем меридиана называют истинным полднем. Истинное солнечное время показывают простые солнечные часы.

ВРЕМЯ, КООРДИНИРОВАННОЕ ВСЕМИРНОЕ (UTC, Coordinated Universal Time) – время, передаваемое средствами массовой коммуникации – радио, телевидением и др. UTC отличается от TAI (см. *Время, международное атомное*) на целое число секунд и поддерживается в пределах $\pm 0,90$ секунды от UT путём введения, когда это требуется, добавочной секунды (leap second) между $60^{\text{с}}$ и $0^{\text{с}}$. Обычно это делается не чаще двух раз в год – в конце июня или декабря. Координированное всемирное время объединяет преимущества равномерной шкалы атомного времени с удобством синхронизации всемирного времени с астрономическими циклами (солнечные сутки, год).

ВРЕМЯ, ЛЕТНЕЕ И ЗИМНЕЕ. В целях экономии электроэнергии в летние месяцы в некоторых странах весной стрелки часов переводятся на час вперёд. Это время получило название летнего времени (*англ. Daylight saving time, DST или Summer time*). Осенью часы снова ставят по поясному времени. Это называют переходом на зимнее время (фактически на стандартное местное время).

До 1930 г. летнее время неоднократно вводилось в РСФСР/СССР. Но с 16 июня 1930 г. декретом правительства стрелки всех часов в стране были переведены вперёд и так оставлены. Это время, на час больше поясного, получило название декретного. С 1981 г. в СССР, а затем в России неоднократно вводилось и отменялось летнее время (поверх декретного). Последний раз переходы на летнее время отменили в 2014 г.

Летнее время применяется в странах Западной Европы, в Турции, Иране и некоторых странах Африки и Южной Америки.

В США, Канаде, Мексике и Австралии оно также применяется, но не во всех штатах и провинциях.

ВРЕМЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АТОМНОЕ (TAI) – непрерывная шкала времени, выводимая в Международном бюро мер и весов в Париже из анализа атомных стандартов времени многих стран. Основной единицей служит секунда СИ, а эпохой – 1 января 1958 г.

ВРЕМЯ, МЕСТНОЕ – время, измеренное на данном географическом меридиане, т. е. в пунктах с одинаковой долготой. Для всех мест на одном и том же меридиане часовой угол точки весеннего равноденствия в какой-либо момент один и тот же. Поэтому на всем географическом меридиане местное звёздное время в один и тот же момент одинаково. То же можно сказать и о положении Солнца (местное истинное солнечное время) или среднего солнца (местное среднее солнечное время). Если разность географических долгот двух мест есть $\Delta\lambda$, то в более восточном месте часовой угол любого светила будет на $\Delta\lambda$ больше, чем часовой угол того же светила в более западном месте. Поэтому разность любых местных времён на двух меридианах в один и тот же физический момент всегда равна разности долгот этих меридианов, выраженной в часовой мере, т. е. в единицах времени, в которых $360^\circ = 24$ часа: $t_1 - t_2 = \Delta\lambda$.

Непосредственно из астрономических наблюдений получается местное время того меридиана, на котором эти наблюдения произведены. Местное среднее солнечное время нулевого (Гринвичского) меридиана называют всемирным или мировым временем. Местное среднее время любого пункта на Земле всегда равно всемирному времени в этот момент плюс долгота данного пункта, выраженная в часовой мере и считаемая положительной к востоку от Гринвича.

В астрономических календарях моменты большинства явлений указывают по всемирному времени. Моменты этих явлений по местному времени легко определить по указанной выше формуле. Но следует помнить, что «местное время» (в астрономическом смысле) не совпадает с декретным временем, которое показывают обычные

часы. Это нередко приводит к ошибкам, поскольку в быту «местным временем» часто называют декретное время данной местности (зимой – зимнее, а летом – летнее), т. е. то время, которое показывают часы местных официальных учреждений.

ВРЕМЯ, ПОЯСНОЕ – время, установленное по международному соглашению в областях и странах для того, чтобы по всей планете отличие местного времени от всемирного (UTC) составляло целое число часов. Вся поверхность Земли разделена приблизительно вдоль меридианов на 24 часовых пояса. Средние меридианы часовых поясов проходят по долготам 15°, 30°, 45°... к западу от Гринвича вдоль точек земной поверхности, где среднее солнечное время соответственно на 1, 2, 3... часа отстаёт от гринвичского (т. е. всемирного, UTC). Обычно города и прилегающие к ним области живут по времени ближайшего среднего меридиана. Линии, разделяющие зоны с различным официальным временем, называются границами часовых поясов. Обычно они не следуют строго вдоль меридианов, а совпадают с административными границами. К тому же административное время не всегда отличается от гринвичского на целое число часов: порой в различии присутствуют и полчаса.

В летние месяцы в некоторых странах для более полного использования светлого

Часовые зоны в США относительно всемирного времени (UTC)

Зимнее время		Летнее время	
EST, Eastern standard time	UTC – 5	EDT, Eastern daylight time	UTC – 4
CST, Central standard time	UTC – 6	CDT, Central daylight time	UTC – 5
MST, Mountain standard time	UTC – 7	MDT, Mountain daylight time	UTC – 6
PST, Pacific standard time	UTC – 8	PDT, Pacific daylight time	UTC – 7

го времени суток вводится летнее время, опережающее на 1 час поясное время. Кроме этого, в некоторых странах (в СССР, позже – в России) в соответствии со специальным правительственным указом (декретом) стрелки часов постоянно переведены на час вперёд относительно поясного времени; это время называют декретным временем.

Московское время формируется следующим образом. Центр Москвы лежит на восточной долготе 37° 42', т. е. 12' восточнее формальной западной границы 3-го часового пояса. Однако вместе со всей западной территорией России Москва и прилегающие к ней районы отнесены ко 2-му часовому поясу. Для этого административная граница между 2-м и 3-м поясами на территории России сдвинута от параллели Москвы до Муром. Кроме этого, в России постоянно действует декретное время, добавляющее к



Часовые зоны России с отличием местного времени от московского (UTC+3)

поясному 1 час. Следовательно, московское время опережает всемирное (гринвичское) время на 3 часа.

В США от восточного побережья к западу на континентальной территории располагается 4 часовых пояса. Зимнее время считается основным (standard time); летом часы переводят на час вперед для экономии электроэнергии (daylight saving time).

ВРЕМЯ, СРЕДНЕЕ ГРИНВИЧСКОЕ (Greenwich Mean Time, GMT) — см. *Время, всемирное*.

ВРЕМЯ, СРЕДНЕЕ СОЛНЕЧНОЕ — время, измеряемое часовым углом некоторой воображаемой точки, называемой «средним солнцем» и движущейся равномерно по небесному экватору с периодом в год, причём положение среднего солнца совпадает с центром истинного Солнца в моменты осеннего и весеннего равноденствий. Среднее солнечное время — это часовая дуга среднего солнца, увеличенная на 12 часов. Когда среднее солнце пересекает на юге небесный меридиан, среднее солнечное время равно 12 часам полудни. Среднее солнечное время отличается от истинного солнечного времени из-за эллиптичности земной орбиты и её наклона к экватору. Разность между средним солнечным и истинным солнечным временами равна поправке, называемой уравнением времени, не превышающей 16 минут, вычисляемой теоретически и приводимой в астрономических календарях.

ВРЕМЯ, ЭФЕМЕРИДНОЕ (ET) — время, определённое по орбитальному движению небесных тел, в основном Луны. Эфемеридное время имеет равномерную шкалу и используется для вычисления координат планет, комет и астероидов. Оно было введено, чтобы не зависеть от неравномерных и непредсказуемых колебаний вращения Земли — основы исчисления всемирного времени (UT). Разница между UT и ET по определению равнялась нулю в начале XX в., а к концу XX в. составила около 1 минуты. В 1984 г. на смену эфемеридному времени было введено динамическое время.

ВРЕМЯ ЖИЗНИ ВОЗБУЖДЁННОГО АТОМА — средняя продолжительность пребывания атома в возбуждённом состоянии до его самопроизвольного перехода в бо-

лее низкое (обычно в основное) состояние. Время жизни является обратной величиной вероятности перехода электрона с более высокого энергетического уровня на более низкий. Значение времени жизни возбуждённого атома заключено в пределах от 10^{-8} с для обычных переходов электрона до 0,001 с и даже вплоть до 10^7 лет для переходов, приводящих к излучению запрещённых спектральных линий.

ВРЕМЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА — время, которое нужно свету, чтобы достичь Земли (свет проходит 1 а. е. за 499 секунд). Взаимное перемещение объектов Солнечной системы приводит к тому, что расстояние между ними, а значит, и время распространения света меняются. Это проявляется в различном запаздывании, с которым земной наблюдатель видит положение объектов в разные ночи. В силу небольших расстояний в Солнечной системе эффект различия во времени распространения света приводит к заметным угловым поправкам. На межзвёздных расстояниях этот угловой эффект незначителен, но если речь идёт о моменте события, например о моменте затмения в системе короткопериодической двойной звезды, фазе пульсации переменной звезды или моментах приёма сигналов пульсара, то расстояние до объекта не имеет значения, и эффект перемещения наблюдателя должен быть учтён. Это делается путём приведения момента наблюдения к барицентру Солнечной системы (фактически используется гелиоцентрическое время).

ВСЕЛЕННАЯ — весь окружающий нас мир. Астрономы и физики обычно подразумевают под этим ту его часть, которая в принципе доступна изучению естественно-научными методами. Астрономическая Вселенная, или Наблюдаемая Вселенная, или Метагалактика — это часть Вселенной, доступная наблюдениям в настоящее время или в обозримом будущем. Наиболее далёкие из наблюдаемых сейчас галактик находятся на расстояниях, превышающих 90% от расстояния, предельно доступного для любых (нейтринных, гравитационных и пр.) телескопов. К тому же наблюдаемая часть Вселенной, скорее всего, является лишь небольшой частью всей безграничной Вселенной.

ВОЗРАСТ ВСЕЛЕННОЙ — время, прошедшее от начала её расширения; по современным оценкам он составляет около 14 млрд лет. Размер видимой части Вселенной зависит от методов и объектов наблюдений, но он не может превышать расстояние, которое излучение, распространяющееся со скоростью света, проходит за время, равное возрасту Вселенной, т. е. около 14 млрд св. лет. Этот предельный размер иногда называют видимым радиусом Наблюдаемой Вселенной. Но предельно далёкие объекты мы видим в их далёком прошлом. Пока их свет шёл к нам, они удалились от нас ещё дальше. Современное вычисленное расстояние до самых далёких объектов космологии называют горизонтом Вселенной. Это расстояние составляет 48 млрд св. лет.

ВСПЫХИВАЮЩИЕ ЗВЁЗДЫ — переменные звёзды, яркость которых резко и непериодически возрастает на короткое время, как правило, на несколько минут. Амплитуда вспышки может достигать 7^m , хотя обычно не превосходит 1^m – 2^m . Начало вспышки очень резкое: блеск звезды может возрасти вдвое всего за несколько секунд. Спадание блеска происходит медленнее: у слабых вспышек за десятки секунд или минуты, у сильных — за десятки минут или часы. Среднее время между вспышками составляет от часа до суток. По своей природе эти вспышки сходны с солнечными вспышками. Большинство вспыхивающих звёзд — красные карлики спектрального класса M; их массы и светимости значительно меньше солнечных. Часто это молодые звёзды, ещё не достигшие главной последовательности. Прототипом и наиболее изученной вспыхивающей звездой служит UV Кита (UV Cet).

ВСПЫШКИ НА СОЛНЦЕ — неожиданные и кратковременные возрастания яркости небольших участков хромосферы вблизи солнечных пятен или групп пятен, вызванные резким выделением энергии магнитного поля над фотосферой. Вспышки на Солнце представляют собой самое мощное из всех проявлений солнечной активности. За несколько минут в области мощной солнечной вспышки выделяется энергия около 10^{25} Дж, что приблизительно в 100 раз превышает тепловую энергию, которую можно

было бы получить при сжигании всех разведанных на Земле запасов нефти и угля. Эта гигантская энергия, выделяющаяся на Солнце за несколько минут, соответствует средней за этот период мощности 10^{22} Вт. В отдельные моменты времени, в частности во время взрывной, или импульсной, фазы развития, мощность может быть ещё в несколько раз больше. Но при этом мощность вспышки не превышает сотых долей процента от мощности полного излучения Солнца $4 \cdot 10^{26}$ Вт. Поэтому при вспышке не происходит заметного увеличения светимости Солнца. Лишь самые большие вспышки на Солнце можно заметить в белом свете, в континууме. Обычно вспышки наблюдаются как значительное увеличение яркости участков поверхности Солнца в свете хромосферных линий, в частности в линии водорода H α , поэтому на протяжении многих лет широко использовался термин «хромосферная вспышка», который, однако, не соответствует сущности этого интереснейшего явления в атмосфере Солнца.

Основная часть энергии солнечной вспышки выделяется в виде кинетической энергии выбросов вещества, движущихся в короне и межпланетном пространстве со скоростями до 1000 км/с, энергии жёсткого электромагнитного излучения и потоков частиц, ускоренных до гигантских энергий (иногда десятки ГэВ). Радиоизлучение вспышки, в отличие от излучения спокойного Солнца, также свидетельствует о наличии ускоренных частиц и о нетепловом характере механизма вспышки.

Солнечные вспышки сильно воздействуют на ионосферу, вызывая нарушения радиосвязи, работы радионавигационных устройств и т. п. Вспышки существенно влияют на состояние околоземного космического пространства. В связи с пилотируемыми космическими полётами возникла серьёзная задача защиты космонавтов от ионизирующего излучения вспышек и необходимость прогнозирования возможной радиационной опасности. Имеются также свидетельства влияния вспышечной активности на погоду и состояние биосферы.

ВТОРИЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ — космические лучи, образовавшиеся в результа-

те взаимодействия первичных космических лучей со средой (обычно с земной атмосферой).

ВЫСОКОШИРОТНЫЕ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ОБЛАКА — газовые облака в Галактике, наблюдаемые на высоких галактических широтах и имеющие большие лучевые скорости. Большинство таких облаков движется к галактической плоскости. Их скорости вдоль луча зрения, определяемые по эффекту Доплера, достигают в отдельных случаях ~ 300 км/с (знак минус означает приближение к наблюдателю). В центральной области Галактики (до высот 2 кпк над галактической плоскостью) обнаружены также облака газа, удаляющиеся от центра Галактики со скоростями, возможно, превосходящими параболическую скорость. Типичное количество атомов водорода на луче зрения (в столбе сечением 1 см^2) составляет $\sim 10^{20} \text{ см}^{-2}$. Температура газа в них, по-видимому, не превосходит нескольких сотен кельвинов. Такие облака наблюдают как в радиолинии водорода 21 см, так и в оптических линиях водорода (H α и H β), а также в спектральных линиях поглощения ионов CII (УФ-диапазон) при наблюдениях звёзд Магеллановых Облаков на просвет через гало Галактики.

Высокоширотные и высокоскоростные облака не представляют единой популяции объектов. Например, Магелланов Поток, протяжённое облако межгалактического газа, пересекающее в виде длинной прерывистой дуги небо Южного полушария, возник, вероятно, в результате приливного воздействия Галактики на Магеллановы Облака. Внегалактическую природу имеют и некоторые огромные — от многих десятков до сотен килопарсеков — облака, наблюдаемые в линии 21 см рядом с более далёкими соседними галактиками. Другие высокоскоростные облака, возможно, являются наиболее внешними частями спиральных рукавов нашей галактики. Они видны на высоких галактических широтах из-за искривления внешних частей диска Галактики. Некоторая часть облаков, возможно, когда-то была выброшена из центра Галактики при происходивших там $\sim 10^7$ – 10^8 лет назад активных процессах. По крайней мере высоко-

широтные и высокоскоростные облака в области галактического центра, скорее всего, связаны именно с его активностью.

ВЫРОЖДЕННЫЕ ЗВЁЗДЫ — звёзды, в которых гравитации противостоит давление вырожденного газа; к ним относятся белые карлики и нейтронные звезды.

ВЫРОЖДЕННЫЙ ГАЗ — газ из элементарных частиц с полуцелым спином (так называемый ферми-газ, т. е. состоящий из фермионов — электронов, нейтронов, протонов, нейтрино...), имеющий столь низкую температуру или столь высокую концентрацию частиц, что его физические свойства определяются квантово-механическим взаимодействием частиц.

Согласно принципу запрета Паули, частицы с полуцелым спином могут заполнять фазовое пространство (шестимерное пространство координат и импульсов) строго определённым образом: в каждом квантовом состоянии может находиться одновременно не более одной частицы данного сорта, т. е. в одной элементарной «ячейке» фазового пространства может размещаться не больше двух частиц с противоположно направленными спинами. Если в одной ячейке координатного подпространства скапливается много частиц (т. е. плотность газа высока), эти частицы «вынуждены» заполнять множество ячеек в подпространстве импульсов, начиная с малых значений импульса и далее всё выше. Таким образом, в плотном газе все уровни энергии — от нижнего до весьма высокого — оказываются заполненными, поэтому многие частицы имеют большой импульс.

Характерное свойство вырожденного газа — зависимость давления только от плотности и крайне слабая зависимость от температуры. Состояние вырождения газа наступает, когда кинетическая энергия хаотического движения частиц (фактически температура) мала или плотность достаточно велика, так что соседние частицы начинают «чувствовать» друг друга и на первый план выходит их квантовомеханическое взаимодействие. В астрофизике такая ситуация возникает в белых карликах и нейтронных звёздах. В белых карликах вырождены электроны, в нейтрон-

ных звёздах – нейтроны. В обычных земных телах также встречается вырождение – так, электроны проводимости в металлах при комнатной температуре вырождены. Этим объясняется, в частности, высокая теплопроводность металлов.

Для астрофизики наиболее интересны вырожденные ферми-газы: электронный вырожденный газ и вырожденный газ нейтронов. Именно градиент давления вырожденного газа электронов уравнивает силу тяжести в белых карликах. В нейтронных звёздах эту роль играет градиент давления вырожденного газа нейтронов. Вырожденный нерелятивистский газ нейтронов при той же концентрации имеет давление в $m_n/m_e \approx 1839$ раз меньше, чем вырожденный газ электронов. Но в нейтронных звёздах концентрация нейтронов значительно выше концентрации электронов.

Г

ГАЛАКТИКА (с заглавной буквы) – гигантская звёздная система, в состав которой входит и наша Солнечная система. Нашу звёздную систему, объединяющую окружающие нас звезды, называют «Галактикой» (с большой буквы), или «нашей галактикой», или «галактикой Млечный Путь»; последнее название (Milky Way) принято в англоязычной научно-популярной литературе.

Всего в Галактике порядка 300 млрд звёзд, большая часть которых образует диск, вращающийся вокруг центра масс Галактики. Это все звёзды, видимые на небе невооружённым глазом или в небольшой телескоп, а также большая масса межзвёздного газа, пыли и тёмной материи неизвестной пока природы. Звёздный диск – наиболее яркая структурная часть Галактики; он виден невооружённым глазом как светлая полоса Млечного Пути (именно поэтому иногда Галактику называют «Млечный Путь»).

В диске Галактики выявлены области повышенной концентрации вещества – спиральные рукава. Поэтому наша Галактика относится к типу спиральных систем средней массы. Весьма вероятно, что в центральной части галактического диска суще-

ствует вытянутое уплотнение – бар. Поэтому морфологический тип Галактики обычно определяется как SBc или SBbc.

Динамический центр Галактики – наиболее плотная её часть – находится на расстоянии около 25 тыс. св. лет (8 кпк) от нас в направлении созвездия Стрелец. Солнце обращается вокруг галактического центра со скоростью около 220 км/с по орбите, заключённой в пределах диска Галактики. Период орбитального обращения Солнца (галактический год) – около 220 млн лет. В самом центре Галактики находится плотное звёздное скопление – ядро, в середине которого, по-видимому, расположена чёрная дыра массой около 4 млн M_\odot .

Диск Галактики окружён обширным гало, содержащим некоторое количество звёзд и шаровых звёздных скоплений, но в основном состоящим из тёмной материи. Размер видимого тела Галактики около 100 тыс. св. лет, или 30 кпк. Но определённую границу Галактики указать трудно. Движение наиболее далёких звёзд, шаровых скоплений и карликовых галактик-спутников указывает, что тёмное гало Галактики тянется не менее чем на 100 кпк от её центра. Масса всех видов вещества Галактики до расстояния в 50 кпк от центра составляет $7 \cdot 10^{11} M_\odot$, а до расстояния 100 кпк приблизительно $(10\text{--}15) \cdot 10^{11} M_\odot$.

ГАЛАКТИКИ – гигантские гравитационно связанные системы из звёзд, планет, остатков звёздной эволюции, газово-пылевой облачной среды, заполняющей пространство между звёздами, а также вещества неизвестной пока природы, проявляющего себя только посредством гравитации («тёмная материя»). Галактики бывают спиральные, как ближайшая к нам крупная галактика в созвездии Андромеда (M31), или пересечённые спиральные, как NGC 5850. Бывают также галактики эллиптической формы (M87), неправильной формы (Большое и Малое Магеллановы Облака) и некоторые другие (см. *Классификация галактик*). Массы галактик лежат в интервале от 10^7 до $10^{12} M_\odot$; размеры – от 1 до 100 килопарсеков. Слово «галактика» происходит от греч. *galaktikós* – млечный, молочный, поскольку так называли в древности Млечный Путь.

ГАЛАКТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ — система небесных координат, в которой за основную плоскость взят большой круг небесной сферы, называемый галактическим экватором и проходящий вдоль центральной линии Млечного Пути. Плоскость этого круга обычно называют «плоскостью Галактики». Поскольку Солнце располагается вблизи центральной плоскости галактического звёздного диска (представленного на небе Млечным Путём), плоскость галактического экватора действительно близка к экваториальной плоскости Галактики. Галактическая система координат используется в работах по звёздной астрономии и галактической динамике, поскольку в силу высокой симметрии Галактики именно в этой системе координат наиболее просто выглядят математические выражения, описывающие распределение в пространстве и движение звёзд и межзвёздного вещества.

В галактической системе координат положение точки на небесной сфере определяется галактической широтой (b) и галактической долготой (l), которые измеряются в угловых градусах. Галактическая широта отсчитывается от галактического экватора, со знаком плюс в сторону северного полюса Галактики и со знаком минус — в сторону южного полюса. Галактическая долгота отсчитывается вдоль галактического экватора, от направления на центр Галактики в сторону возрастания прямых восхождений.

В астрономических системах координат началом отсчёта «долгот» традиционно служит точка пересечения базовых плоскостей, которую всегда можно восстановить, наблюдая за движением светил. В экваториальной и эклиптической системах координат это точка весеннего равноденствия, в которой пересекаются небесный экватор и эклиптика. От неё отсчитываются и прямое восхождение, и эклиптическая долгота. Этот же принцип первоначально использовали при введении галактической системы координат. Галактический экватор пересекается с небесным экватором под углом около 63° . Точка их пересечения, в которой лежит восходящий узел Млечного Пути, была принята за начало отсчёта галактической долготы. Экваториальные координаты

этой точки: $\alpha = 18^h 40^m$ и $\delta = 0^\circ$ для эпохи равноденствия 1900,0.

Однако с развитием в 1950-е гг. радиоастрономии выяснилось, что на галактическом экваторе имеется естественная выделенная точка — направление на центр Галактики, с которой можно связать систему галактических координат, и из-за высокой симметрии Галактики пользоваться ею станет значительно удобнее. Поэтому в 1958 г. по решению МАС в галактическую систему координат были внесены изменения. Важнейшее из них состоит в том, что начало отсчёта галактической долготы передвинули примерно на 33° , совместив его с направлением на центр Галактики (каким оно тогда представлялось). Во избежание путаницы координаты в старой системе решено было обозначать l^I и b^I , а в новой — l^{II} и b^{II} . Так поступали до 1970 г., когда специалисты по исследованию Галактики решили, что новая система координат стала привычной и впредь можно не добавлять индекс «II» к буквам l и b , считая, что эти символы относятся только к новой (второй) системе. К сожалению, не все астрономы и особенно астрофизики оказались готовы к этому решению: ещё и 40 лет спустя встречались досадные ошибки, вызванные путаницей между системами галактических координат.

В момент введения современной (новой, второй) системы галактических координат в 1959 г. базовой координатной системой в астрономии была экваториальная система для эпохи равноденствия 1950,0. Поэтому систему галактических координат определили так: северный галактический полюс имеет экваториальные координаты $\alpha = 12^h 49^m$ и $\delta = +27,4^\circ$ (B1950), то есть лежит в созвездии Волосы Вероники. Южный полюс лежит в созвездии Скульптор. Нулевой круг галактической долготы проходит вблизи направления на центр Галактики таким образом, что северный полюс мира имеет галактическую долготу 123° (рост галактической долготы идёт в направлении роста прямого восхождения).

Сейчас в астрономии широко используется эпоха равноденствия J2000, которую впредь решено оставить неизмен-

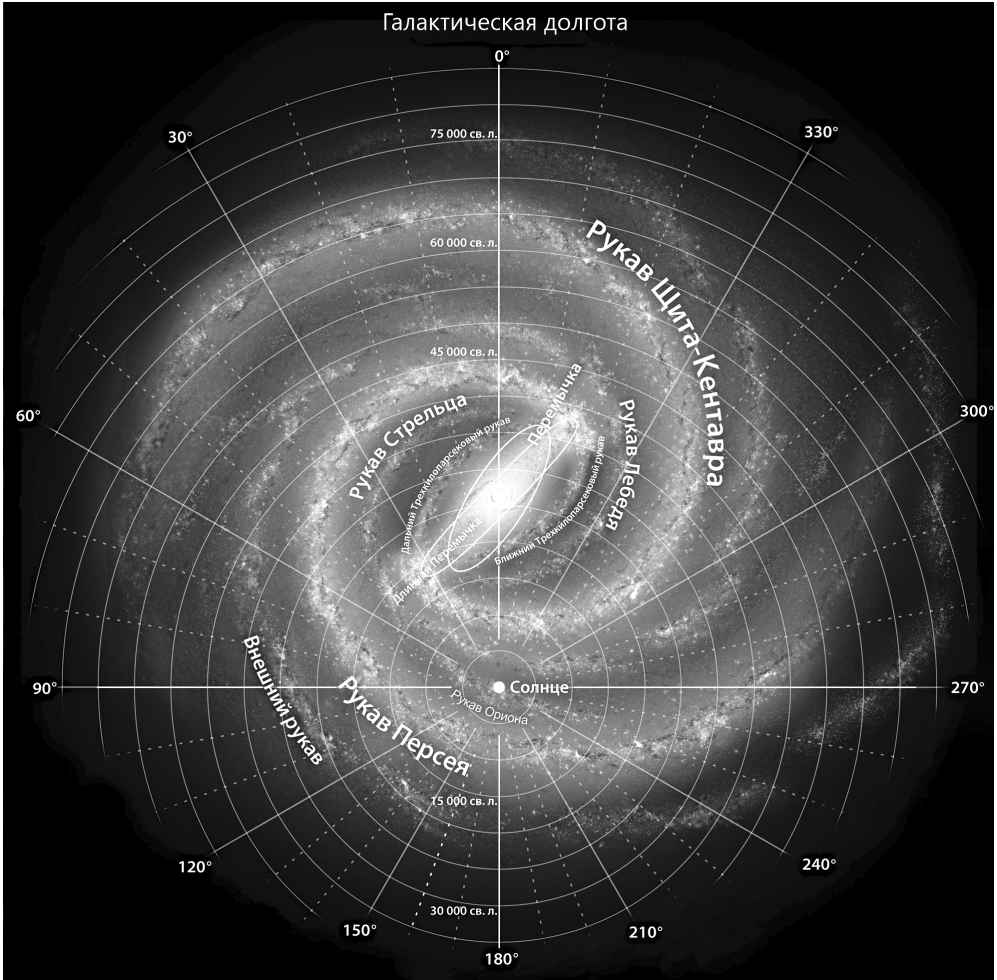
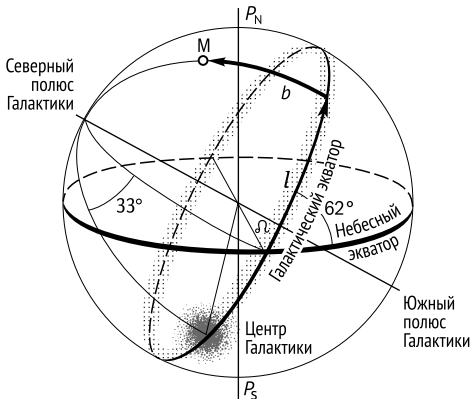


Схема галактической долготы на фоне двухрукавной модели Галактики

ной, «закрепив» экваториальную систему координат относительно очень далёких, «неподвижных» квазаров. Теперь это уже и не экваториальная система, поскольку она не связана более с положением земного экватора, которое постоянно меняется из-за прецессии и нутации земной оси, поэтому её новое название – «Международная небесная система отсчёта» (ICRS), а её свойства очень близки к идеальной инерциальной системе отсчёта. Положение галактической системы координат должно оставаться в ней практически неизменным. Северный галактический полюс имеет координаты $\alpha = 12^{\text{h}} 51^{\text{m}} 26,282^{\text{s}} = 192,859508^{\circ}$ и $\delta = +27^{\circ} 07' 42,01'' = +27,128336^{\circ}$ (J2000). Северный полюс мира имеет галактическую

долготу $122,932^{\circ}$. Точка на небе, у которой галактические широта и долгота равны нулю, имеет координаты $17^{\text{h}} 45^{\text{m}} 37,224^{\text{s}}$ и $-28^{\circ} 56' 10,23''$ (J2000); в десятичных долях градуса это $266,405100^{\circ}$ и $-28,936175^{\circ}$. Это направление немного не совпадает с направлением на компактный радиоисточник Стрелец А* (Sagittarius A*), который ныне считается физическим центром Галактики. Его координаты составляют $17^{\text{h}} 45^{\text{m}} 40,04^{\text{s}}$ и $-29^{\circ} 00' 28,1''$ (J2000), что соответствует галактической долготе $359^{\circ} 56' 39,5''$ и галактической широте $-0^{\circ} 02' 46,3''$.

Следует иметь в виду, что в некоторых астрономических проектах галактическая система координат определяется немного иначе. Например, при обработке результа-



Галактическая система координат: b – галактическая широта, l – галактическая долгота

тов проекта ГИПАРКОС для северного галактического полюса были приняты координаты $\alpha = 192,85948^\circ$ и $\delta = +27,12825^\circ$. Возможно, именно это определение в конце концов утвердится как основное.

ГАЛАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР – центральная область Галактики радиусом ≈ 1 кпк с отличиями от её остальных частей характеристиками. Галактический центр находится в направлении созвездия Стрелец (Sagittarius) на расстоянии ≈ 8 кпк от Солнца. Наличие межзвёздной пыли в галактической плоскости препятствует оптическим, ультрафиолетовым и мягким рентгеновским наблюдениям галактического центра (поглощение света в этом направлении превышает 27^m), но практически не мешает наблюдениям в ИК-, радио-, жёсткой рентгеновской и γ -областях спектра. Все имеющиеся данные о центральной части Галактики получены путём интерпретации линейчатого и непрерывного излучения диффузной среды – газа и пыли – в ИК- и радиодиапазонах. Звёздное население в центре Галактики доступно наблюдениям с большой неполнотой: в основном регистрируется излучение красных гигантов. Но косвенные данные указывают, что в пределах 1 кпк в звёздах сосредоточено более 99% массы этой области (остальное вещество – газ с ничтожной примесью пыли и, возможно, сверхмассивная чёрная дыра в самом центре Галактики).

Распределение массы (M) в галактическом центре исследуют по скорости (v) движения газовых облаков вокруг этого центра.

Круговую скорость $v_{кр} = \sqrt{GM/R}$ определяют по смещению или ширине спектральных линий нейтрального водорода (21 см), рекомбинационных радиолиний возбуждённого водорода, линий поглощения молекул OH, CO, H_2CO и др.

Из того факта, что $v_{кр}$ облаков газа почти не зависит от R (и равна $\approx 200 \pm 50$ км/с), следует, что полная пространственная плотность вещества звёзд, газа и пыли в галактическом центре $r \sim R^{-2}$. Поверхности постоянной пространственной плотности звёзд в этой области имеют форму вытянутого эллипсоида с отношением осей 1:1:2. Это так называемый галактический бар. Кроме распределения пространственной плотности, о звёздном населении галактического центра известно мало. Вызывает удивление существование в этой области, даже в самой центральной её части радиусом ~ 1 пк, значительного количества молодых звёзд (спектральных классов O, B и типа Вольфа – Райе): звёздообразование в этой области чрезвычайно затруднено из-за действия мощных приливных сил, однако есть указания на то, что время от времени, с характерным промежутком 500 млн лет, здесь происходят вспышки звёздообразования.

Распределение диффузной среды в этой области носит сложный характер. В ней имеется вращающийся диск из молекулярного и атомарного водорода радиусом около 600 пк, масса газа в нём $\approx 2 \cdot 10^7 M_\odot$, в том числе нейтрального атомарного водорода $\approx 4 \cdot 10^6 M_\odot$ (остальной газ находится в форме плотных облаков молекулярного водорода H_2). Ось вращения центрального газового диска наклонена на несколько градусов по отношению к оси вращения Галактики.

Область галактического центра радиусом 150 пк заполнена ионизованным водородом (область III) с массой газа $\approx 1,4 \cdot 10^6 M_\odot$, температурой 5000 К и средней концентрацией частиц ~ 10 см $^{-3}$. Здесь видны отдельные дискретные источники теплового излучения с радиусами ~ 10 пк, электронной концентрацией ~ 100 электрон/см 3 и массой 10^3 – $10^4 M_\odot$. Ионизация газа в центре Галактики связана с высоким темпом звёздообразования и с большим количеством молодых горячих звёзд. В области радиусом

50 пк там находится около 100 звёзд спектрального класса O-BV. Поток ИК-излучения от галактического центра в значительной степени связан с излучением пыли, нагретой горячими O-звёздами и красными гигантами и сверхгигантами.

Среди источников радиоизлучения в центральной области Галактики выделяются три: Стрелец А Западный (Sgr A West), Стрелец А Восточный (Sgr A East) и Стрелец В2 (Sgr B2). Последние два являются молекулярными облаками с массами $\sim 10^6 M_{\odot}$, радиусами 20 пк и расстоянием от центра Галактики ≈ 100 –200 пк. В них расположены мощные очаги звёздообразования. Движение газовых облаков в районе центра Галактики носит сложный характер: наблюдается не только круговой, но и радиальный компонент скорости, направленный преимущественно от центра.

Источник Sgr A West совпадает с динамическим центром Галактики и имеет размер ~ 10 пк. Эту область принято называть ядром Галактики. В ядре обнаружены точечные источники, отождествлённые по наблюдению линии поглощения молекулы CO с красными гигантами, а также отдельные плотные газовые конденсации размером $\sim 0,1$ пк. Динамика газа в этой области изучалась по наблюдениям линии Ne II (12,8 мкм), которые показали, что с приближением к центру скорость движения газовых облаков возрастает: если на расстоянии 2 пк от центра она составляет 150 км/с, то на расстоянии 0,4 пк – уже 300 км/с. Большинство исследователей полагают, что это связано с наличием в центре Галактики сверхмассивной ($4 \cdot 10^6 M_{\odot}$) чёрной дыры, но при этом удивляет низкая активность ядра Галактики, плохо совместимая с присутствием там чёрной дыры. Например, рентгеновская светимость ядра в диапазоне 2–10 кэВ не превышает 10^{29} Вт, тогда как не очень активное ядро Туманности Андромеды, по-видимому, имеет рентгеновскую светимость $\sim 10^{31}$ Вт, а активные ядра сейфертовских галактик – $\sim 10^{35}$ – 10^{38} Вт.

В Sgr A West обнаружено «ядрышко» размером около $0,01''$, генерирующее мощное нетепловое радиоизлучение в сантиметровом диапазоне длин волн. В его центре мето-

дами межконтинентальной радиоинтерферометрии на волне 3,8 см зарегистрировано ещё более яркое пятно, дающее четверть всего излучения. Его размер ничтожно мал – менее $0,001''$ (менее 10 а. е.). Причём найдена лишь верхняя граница размера ядрышка, в действительности оно может быть значительно меньше. Светимость ядрышка в радиодиапазоне $\sim 10^{26}$ Вт, а его яркостная температура $\sim 10^{10}$ К. При этом светимость единицы объёма излучающей области почти не уступает объёмной светимости квазаров.

ГАЛАКТИЧЕСКИЙ ЭКВАТОР – большой круг небесной сферы, проходящий вдоль Млечного Пути и равноотстоящий от галактических полюсов.

ГАЛИЛЕЕВЫ СПУТНИКИ ЮПИТЕРА – четыре крупнейших спутника Юпитера (Ио, Европа, Ганимед и Каллисто), открытые Галилео Галилеем в г. Падуя между декабрём 1609 г. и январём 1610 г. с помощью первого созданного им телескопа. Формальными датами открытия Ганимеда и Каллисто считают 7 января, а Ио и Европы – 8 января 1610 г. Сначала Галилей намеревался назвать их «Cosmica Sidera» (Звёзды Козимо) в честь великого герцога Тосканского Козимо II Медичи (1590–1621), но затем решил назвать их «Medicea Sidera» (Звёзды Медичи) в честь братьев Медичи – Козимо, Франческо, Карло и Лоренцо. В 1610 г. Козимо II пригласил Галилея вернуться во Флоренцию, предоставив ему почётное и хорошо оплачиваемое место своего советника и личного представителя. Галилей также руководил обучением детей герцогской четы.

Современные названия спутников – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто – предложил в 1614 г. немецкий астроном Симон Мариус (1573–1624) в своей книге «Mundus Jovialis» (Мир Юпитера). Эти имена он выбрал в честь мифических возлюбленных Зевса/Юпитера. Вероятно, Мариус открыл эти спутники сам, но немного позже Галилея. Некоторые учёные XVII в. предлагали для спутников Юпитера иные названия, но они не получили признания. В астрономической практике последующих столетий для Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто использовались обозначения «Юпитер I», «Юпитер II», «Юпитер III» и «Юпитер IV»; ими же пользовался в своих за-



Галилеевы спутники Юпитера и Луна
в едином масштабе

писях и сам Галилей (но не опубликовал их). Предложенные Мариусом названия стали популярными только с середины XX в.

Своими размерами галилеевы спутники Юпитера похожи на Луну. И так же, как Луна, они обращаются вокруг Юпитера синхронно с вращением вокруг своей оси, постоянно демонстрируя Юпитеру лишь одно из своих полушарий. Причиной этого, как и в системе Земля – Луна, служит гравитационное приливное влияние массивной планеты на свои спутники. Между орбитальными периодами Ио, Европы и Ганимеда наблюдается резонанс с отношениями 1:2:4. С удалением от Юпитера монотонно изменяется средняя плотность спутников, уменьшаясь от Ио ($3,53 \text{ г/см}^3$) к Каллисто ($1,83 \text{ г/см}^3$).

ГАММА-АСТРОНОМИЯ – область астрономии, в которой природа космических объектов исследуется по их излучению в диапазоне энергии выше нескольких сотен килоэлектронвольт (кэВ). Источниками космического γ -излучения обычно служат взрывы сверхновых звёзд, аннигиляция вещества и антивещества, рождение чёрных дыр, аккреция газа на нейтронные звёзды и процесс радиоактивного распада атомных ядер, которые, например, в изобилии рождаются при взрывах сверхновых.

Детекторами γ -лучей, как правило, служат сцинтилляторы (в которых вещество поглощает γ -кванты, испуская оптические фотоны) либо искровые камеры (в которых высоким напряжением вызывает искровые пробы в тех местах, где γ -квант взаимодействует с заполняющим камеру газом).

Кроме космических, существуют и наземные γ -телескопы, регистрирующие наиболее жёсткое излучение, с энергией квантов больше нескольких десятков ГэВ. Это так называемые черенковские телескопы, фиксирующие вспышку света в атмосфере Земли при попадании в неё высокоэнергичного γ -кванта. Идея этого метода состоит в следующем. Гамма-квант сверхвысокой энергии, проходя через земную атмосферу и взаимодействуя с атомами воздуха, рождает ливень элементарных частиц. Каждая заряженная частица этого ливня, двигаясь с околосветовой скоростью (которая выше скорости распространения света в атмосфере), вызывает черенковское свечение. Поток оптических фотонов распространяется в том же направлении, что и породивший его γ -квант. Остаётся только зарегистрировать этот свет.

ГАММА-ВСПЛЕСКИ – кратковременные вспышки космического γ -излучения, регулярно фиксируемые орбитальными обсерваториями уже несколько десятилетий и до недавних пор остававшиеся не отождествленными с какими-либо космическими объектами. Первый γ -всплеск зарегистрировали 2 июля 1967 г. американские военные спутники серии «Vela», следившие за соблюдением международного договора от 1963 г. о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Одновременная регистрация несколькими спутниками показала, что этот и последующие γ -всплески не вызваны ядерными взрывами на Земле. Но где именно расположены их источники, долгие годы оставалось загадкой. Основная трудность в том, что γ -детекторы имеют очень низкое угловое разрешение, т. е. крайне неточно указывают направление на источник. До 1973 г. о γ -всплесках не сообщали в открытой печати. Спутники фиксировали по несколько всплесков в год. Учёным сообщили о них, когда окончательно стало ясно, что всплески не вызваны искусственными взрывами, а имеют космическое происхождение. По мере роста чувствительности детекторов спутники стали фиксировать до нескольких вспышек в сутки. Их обозначают как GRB (Gamma-Ray Burst);