

## Ф

**ФАЗЫ ЛУНЫ** - различные виды Луны, обусловленные циклически изменяющимися положениями Луны относительно Солнца и Земли. Четыре фазы Луны имеют разные названия: вид полного освещенного диска – полнолуние; вид половины освещенного диска – первая и последняя четверти Луны; полная невидимость на небесной сфере – новолуние. Полный цикл изменений вида Луны составляет  $\approx 29,5^d$  (см. *Месяц синодический*).

Ильгиз А. Хасанов

**ФЕНОМЕН** (от греч. *phainomenon* - являющееся) - 1) необычное явление, редкий факт;

2) философское понятие, означающее явление, постигаемое в чувственном опыте. Согласно И. Канту, Ф. - всё, что может быть предметом возможного опыта. Феномен в феноменологии Э. Гуссерля – непосредственно данное в сознании как содержание интенционального акта.

Ильгиз А. Хасанов

**ФИЗИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ** – равномерная длительность механических движений закрытых консервативных динамических систем и соравномерных им материальных процессов.

**I. Закон сохранения энергии и равномерность (однородность) физического времени.** Равномерность механических движений закрытых консервативных динамических систем обусловлена тем, что благодаря закрытости (т.е. отсутствию обмена веществ с окружающей средой) и консервативности (т.е. отсутствию превращения механической энергии в другие ее виды) энергия движения или, иначе, механическая энергия, остается неизменной (в идеале). Таким образом, *в основе равномерности физического времени лежит закон сохранения механической энергии в закрытых консервативных динамических системах.*

Однако в современной физике общепринята точка зрения, согласно которой закон сохранения энергии является следствием однородности (или, что то же, равномерности) времени. В ходе дискуссии по проблеме взаимосвязи и соотношения свойств симметрии пространства и времени и основных законов сохранения механики, состоявшейся среди отечественных философов в 60-70-е годы, отстаивались и иные точки зрения. Так, например, Н.Ф. Овчинников и Ю.Б. Румер обосновывали мнение, согласно которому не законы сохранения следуют из симметрии пространства и времени, а, наоборот, законы сохранения обуславливают свойства симметрии пространства и времени<sup>1</sup>. Ряд авторов, исходя из общеприятых философских соображений, доказывали, что поскольку пространство, время и движение суть основные однородные атрибуты материи, то «формы симметрии и соответствующие им законы сохранения в рамках существующей между ними связи» следует рассматривать «не в плане причинно-следственных отношений, а как однопорядковые, но

---

<sup>1</sup> Н.Ф. Овчинников. Законы сохранения в физике и причинная обусловленность явлений природы // Проблема причинности в современной физике. - М., 1960, с. 177; Ю.Б. Румер, Н.Ф. Овчинников. Пространство-время, энергия-импульс в структуре физической теории // Вопросы философии, 1968, 4, с. 82-92; Ю.Б. Румер. Принципы сохранения и свойства пространства и времени // Пространство, время, движение. - М.: Наука, 1971, с. 107-125.

различные стороны единой закономерности материального мира»<sup>2</sup>. Аналогичную точку зрения отстаивали В.С. Готт, А.Ф. Перетурин, А.Н. Шатохин А.Н. и др.<sup>3</sup>.

Распространенность представления о том, что закон сохранения энергии обусловлен однородностью времени, объясняется прежде всего идущей со времен становления классической физики традицией выводить законы сохранения из общих аксиом движения. Эта традиция, как отмечают Ю.Б. Румер и Н.Ф. Овчинников<sup>4</sup>, была связана с тем, что основными понятиями классической механики первоначально были пространство, время и масса, а понятия импульс, момент импульса и энергия появились позднее и на протяжении длительного времени не воспринимались как фундаментальные понятия механики. Соответственно и математический аппарат классической механики строился таким образом, что закономерности движения выводились из фундаментальных свойств пространства и времени. Лишь постепенно, в ходе дискуссий о мере движения и сохранении количества движения появляется введенное Г. Лейбницем понятие “энергия” как некоторая сохраняющаяся “живая сила”<sup>5</sup>, в противовес ньютоновским и декартовским представлениям о мере движения и его сохранении<sup>6</sup>.

Определенную дань традиционному решению вопроса о характере взаимосвязи свойств симметрии пространства и времени и законов сохранения классической физики отдала Эмми Нетер<sup>7</sup>, которая, доказав возможность математического вывода всех законов сохранения из свойств симметрии динамических систем<sup>8</sup>, казалось, окончательно подтвердила истинность традиционного решения рассматриваемой проблемы. Именно так были восприняты результаты исследований Э. Нётер большинством ученых в начале прошедшего столетия, и такая оценка ее знаменитой теоремы продолжает господствовать

---

2 К.К. Абасов. Законы сохранения и свойства симметрии пространства и времени // Философские аспекты проблемы времени. Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: Изд. ЛГПИ, 1980, с. 74.

3 В.С. Готт. Философские вопросы современной физики. - М.: Высшая школа, 1972; А.Ф. Перетурин, В.Г. Сидоров. Единство симметрии и асимметрии в группах преобразования Галилея и Лоренца // Материалы к симпозиуму "Философские проблемы теории относительности". - М., 1968; А.Н. Шатохин. Пространство, время и законы сохранения. - М.: Знание, 1968. - 32 с.

4 Ю.Б. Румер, Н.Ф. Овчинников. Пространство-время, энергия-импульс в структуре физической теории // Вопросы философии, 1968, 4, с. 82-92

5 Лейбниц Г.В. Избранные философские сочинения. - М., 1908, с. 145.

6 Как известно, Р. Декарт считал, что общее количество движения, с которым Бог создал мир, сохраняется неизменным при постоянном (каждое мгновение) воссоздании Богом созданного им, но неудержимо стремящегося в небытие мира. Поэтому если количество движения некоторого тела убывает, то настолько же прибывает движение другого тела. В качестве величины, характеризующей количество движения, Декарт рассматривал произведение массы на скорость (см.: / Р. Декарт. Соч. в 2 т.: Пер. с лат. и франц. Т. 2 - М.: Мысль, 1994, с. 587/). Ньютон же полагал, что само по себе количество движения убывает и для того, чтобы оно сохранялось постоянным, необходимы какие-то источники, в качестве которых он рассматривал, в частности, силы тяготения. Анализируя взгляды И. Ньютона и отметив, что у него не было ясности в истолковании закона сохранения, В.А. Фабрикант пишет: «Тем поразительнее отсутствие неточностей при изложении этих проблем в “Началах”. Мы видели, что там сказано мало, но все сказано верно» / В.А. Фабрикант. Исаак Ньютон, Иоганн Бернулли и закон сохранения количества движения // УФН, т. LXX, в. 3, 1960, с. 579/.

В отличие от Р. Декарта и И. Ньютона, Г.В. Лейбниц утверждал, что «в природе сохраняется одна и та же сумма производящей движение энергии, и она не уменьшается (ибо мы видим, что никакая сила не может быть потеряна каким-либо телом, иначе как перейдя к другому), не увеличивается (ибо никакая машина, а следовательно, и весь мир в целом не может получить приращение силы без нового внешнего импульса)...» / Г.В. Лейбниц. Соч. в 4 т. - Т. 1 - М.: Мысль, 1982, с. 118/.

7 См.: Э. Нётер. Инварианты любых дифференциальных выражений // Вариационные принципы механики. - М., 1959, с. 604-610; Э. Нетер. Инвариантные вариационные задачи // Там же, с. 611-630.

8 Подробный анализ теоремы Э. Нётер см. в работе: В.П. Визгин. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике. - М., 1972. - 240 с.

по настоящее время. Некоторым авторам<sup>9</sup> кажется особенно сильным аргументом в пользу традиционных представлений то обстоятельство, что обратная теорема Нетер, как выяснилось<sup>10</sup>, в общем случае несправедлива. Этим авторам дело представляется таким образом, будто прямая теорема Нетер устанавливает реально существующее в действительности следование законов сохранения из свойств симметрии пространства и времени. Поэтому для того, чтобы в реальной действительности свойства симметрии пространства и времени следовали из законов сохранения, считают они, должна быть справедлива обратная теорема Нетер, позволяющая из законов сохранения выводить свойства симметрии динамических систем. А поскольку обратная теорема Нетер в общем случае неверна, то отсюда, с их точки зрения, следует справедливость традиционных представлений о фундаментальности свойств симметрии пространства и времени по сравнению с соответствующими законами сохранения.

Однако теорема Нетер сама по себе не устанавливает никаких отношений субординации между свойствами симметрии динамических систем и законами сохранения физических величин, характеризующих движение этих систем, и тем более не указывает на существование каких-либо причинно-следственных связей между ними<sup>11</sup>. В.С. Барашенков, обсуждая физический смысл прямой и обратной теорем Нетер, приходит к выводу, что согласно этим теоремам «каждому типу симметрии соответствует свой закон сохранения и, наоборот, каждому закону сохранения может быть сопоставлена вполне определенная симметрия. В рамках современных физических теорий нельзя установить, что является более фундаментальным - симметрия или же неразрывно связанный с ней закон сохранения»<sup>12</sup>. Здесь мы имеем чисто математическую теорему, устанавливающую только функциональные связи и дающую в руки исследователей математический аппарат, позволяющий из свойств симметрии выводить законы сохранения. Но ни функциональные связи, существующие между теми или иными свойствами исследуемых объектов, ни возможность математического вывода характеристик или параметров одних свойств из характеристик или параметров других - сами по себе не свидетельствуют о каких-либо причинно-следственных связях или отношениях субординации<sup>13</sup>. Для того, чтобы иметь возможность существующие между свойствами реальной действительности функциональные связи толковать как причинно-следственные, необходимо обратиться к самой реальной действительности и выяснить характер зависимостей, существующих между соответствующими свойствами ее объектов.

Содержательный анализ взаимосвязи однородности времени и закона сохранения энергии требует выяснения сущности того независимого физического параметра  $t$ , который под названием «время» фигурирует в физических теориях. В самой физике понятие «время», по сути дела, не определяется, а параметр  $t$  вводится операционально. Сущест-

---

9 См., например: А.М. Мостепаненко, В.М. Мостепаненко. Обратная теорема Нетер и симметрия в физике // Эвристическая роль математики в физике и космологии: Сб. науч. тр. методологических семинаров ленинградских физико-математических институтов АН СССР. - Л.: Наука, 1975, с. 78-95.

10 См.: Н.Х. Ибрагимов. Инвариантные вариационные задачи и законы сохранения (Замечания к теореме Э. Нетер) // Теоретическая и математическая физика. Т. 1, № 3, 1969, с. 350-359.

11 На это обстоятельство, полемизируя с А.М. и В.М. Мостепаненко, указывали Р.А. Аронов и В.А. Угаров (см.: Р.А. Аронов, В.А. Угаров. Пространство, время и законы сохранения // Природа, 1978 а, 10, 99-104; Р.А. Аронов, В.А. Угаров. Теорема Нетер и связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени // Философские проблемы современного естествознания (физика, математика, биология): Сб. тр. Вып. 5. - М.: Изд. МГПИ, 1978, с. 3-11).

12 В.С. Барашенков. Законы симметрии в структуре физического знания // Физическая теория (философско-методологический анализ). - М.: Наука, 1980, с. 336.

13 Как отмечает В.А. Марков, «теоремой Нетер поставлены во взаимнооднозначное соответствие свойства симметрии пространства и времени, с одной стороны, и законы сохранения, с другой. Такое соответствие означает, что каждая из сторон может рассматриваться как "следствие" другой» /В.А. Марков. Проблема сохранения в философии и естествознании // Проблема сохранения и принцип инерции: (Философский аспект). - Рига, 1970, с. 118/.

вующие же философские концепции времени также не могут служить достаточным основанием для содержательного анализа взаимосвязи свойства однородности времени и закона сохранения энергии. Действительно, согласно современным представлениям, «время» – это либо некоторая неопределенной природы равномерно текущая сущность, либо некоторое столь фундаментальное свойство движущейся материи, что о нем нельзя сказать ничего более определенного, кроме как указать на связь с движением материи; либо сам процесс «становления» материального мира; либо, наконец, вовсе нечто сугубо субъективное, имеющее место в человеческом или в некотором Мировом, надчеловеческом сознании. Ни в одном из этих вариантов определения времени мы не можем найти даже намека на возможность содержательного анализа, во-первых, свойства равномерности и, во-вторых, характера взаимосвязи между свойством однородности времени и законом сохранения энергии. В такой ситуации поневоле приходится придерживаться традиционно сложившихся представлений о характере взаимосвязи между свойствами симметрии пространства и времени и основными законами сохранения классической физики.

Физический смысл параметра  $t$  раскрывается в том случае, если учесть, что самоконгруэнтные единицы физического времени задаются теми или иными “равномерными” или “строго периодическими” процессами класса “инерциально-равномерных” движений. “Физическое время” при этом оказывается равномерной длительностью процессов класса “инерциально-равномерных” движений. Поскольку класс “инерциально-равномерных” движений состоит из движений закрытых консервативных динамических систем, то можно утверждать, что соравномерность монотонных и эквивалентность периодических процессов этого класса, а следовательно и равномерность физического времени, обусловлены тем, что движения закрытых консервативных систем неограниченно долго остаются неизменными в силу подчинения их закону сохранения энергии.

(Фрагмент монографии: И.А. Хасанов. Время: природа, равномерность, измерение. – М.: Прогресс-Традиция, 2001, с. 160-165).

## **II. Способы измерения и соответствующие виды физического времени.**

Существует множество шкал и видов физического времени, которые возникают, во-первых, в силу того, что период обращения Земли вокруг оси – сутки – можно определять: 1) относительно звезд; 2) относительно центра истинного, т.е. непосредственно видимого Солнца; 3) относительно среднего солнца – фиктивной точки небесной сферы, которая в течение года равномерно перемещается вдоль небесного экватора и одновременно с центром истинного Солнца проходит через точки осеннего и весеннего равноденствия. Во-вторых, для достижения все более высокой точности измерения физического времени приходится либо учитывать все выявленные во вращении Земли вокруг собственной оси нарушения критериев закрытости и консервативности, либо искать другие материальные процессы, в которых более строго сохраняются константами их энергетические характеристики. В первом случае получаются шкалы солнечного времени, выправленные за вековые и периодические отклонения Земли как динамической системы от закрытости и консервативности; во втором случае появляются шкалы времени, устанавливаемые другими материальными процессами, такими, как, например, кварцевые и атомные осцилляторы. В-третьих, разные шкалы солнечного времени возникают в результате приспособления среднего солнечного времени к различным практическим нуждам человека.

**II. 1. Звездное время** – время, выраженное в долях (часах, минутах, секундах) звездных суток, определяемых как промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями точки весеннего равноденствия  $\gamma$  на одном и том же географическом меридиане. Так как за сутки Солнце смещается по эклиптике почти на  $1^\circ$  к востоку, то кульминация Солнца (по сравнению с кульминацией точки весеннего равноденствия  $\gamma$ ) задерживается на  $3^m56,555^s$ , вследствие чего *солнечные сутки* длиннее *звездных суток* на те же  $3^m56,555^s$ . Таким образом, 24 часа звездного времени = 23 ч

56 м 4,091 с среднего солнечного времени, а 24 ч среднего солнечного времени = 24 ч 03 м 56,555 с звездного времени.

За начало звездных суток принимается момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия. В этот момент звездное время  $S = 0$  ч, а в момент нижней кульминации точки весеннего равноденствия  $S = 12$  ч. В любой другой момент звездных суток  $S = t_\gamma$ , где  $t_\gamma$  - **часовой угол** точки **весеннего равноденствия**.

Точку весеннего равноденствия невозможно наблюдать. Поэтому для вычисления звездного времени определяется **часовой угол** звезды  $t^*$ , для которой известно **прямое восхождение**  $\alpha$ ; тогда  $S = \alpha + t^*$ .

В момент верхней кульминации звезды, когда  $t^* = 0$ , звездное время  $S = \alpha$ ; в момент нижней кульминации звезды  $t^* = 12$  и  $S = \alpha + 12$  (если  $\alpha$  меньше 12) и  $S = \alpha - 12$  (если  $\alpha$  больше 12).

На любую дату звездное время можно рассчитать по приближенной формуле  $s_0 = 6^h 40^m + 2D$ , где  $D$  - дата, выраженная в месяцах и их долях, которую затем переводят в часы и минуты. Еще проще (и приближеннее) запомнить, что 1 января  $s_0 \approx 6^h 40^m$  и каждые полмесяца звездное время увеличивается на  $1^h$ . Эти несложные правила позволяют определить видимость *созвездий* в любом *месяце*.

**II. 2. 1. Истинное солнечное время** ( $T_0$ ) – время, выраженное в долях (часах, минутах, секундах) истинных солнечных суток, равных интервалу длительности между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями видимого центра Солнца на одном и том же географическом меридиане.

За начало истинных солнечных суток принимается момент нижней кульминации центра Солнца (истинная полночь), когда считается  $T_0 = 0$  ч. В момент верхней кульминации (истинный полдень)  $T_0 = 12$  ч. В любое другое время суток истинное солнечное время  $T_0 = 12 + t_0$ , где  $t_0$  - **часовой угол** центра Солнца.

Но в силу того, что Земля, кроме вращения вокруг своей оси, движется по эллиптической орбите вокруг Солнца с циклически изменяющейся на протяжении года скоростью, а также из-за наклона оси Земли по отношению к эклиптике, продолжительность истинных солнечных суток в течение года циклически изменяется. Неравномерность продолжительности истинных солнечных суток устраняется в системе **среднего солнечного времени**.

**II. 2. 2. Среднее солнечное время** ( $T_{cp}$ ) – система измерения времени, при которой длительность суток, называемых средними солнечными сутками, определяется как интервал времени между двумя смежными верхними (или нижними) кульминациями воображаемой точки, равномерно движущейся по эклиптике с запада на восток и проходящей через точку весеннего равноденствия одновременно с Солнцем.

За начало средних солнечных суток принимается момент нижней кульминации среднего солнца, и при этом считается, что  $T_{cp} = 0$  ч. В момент верхней кульминации среднего солнца (в средний полдень) среднее солнечное время  $T_{cp} = 12$  ч, а в любой другой момент суток  $T_{cp} = 12 \text{ ч} + t_{cp}$ , где  $t_{cp}$  - **часовой угол** среднего солнца.

**II. 2. 3. Уравнение времени** – разность между средним и истинным солнечным време-



нем в один и тот же момент времени, равная разности часовых углов среднего и истинного солнца, т.е.

$$\eta = T_{cp} - T_0 = t_{cp} - t_0.$$

Уравнение времени может быть вычислено теоретически для любого момента времени. Обычно оно публикуется в астрономических ежегодниках и календарях для средней полуночи на нулевом Гринвичском меридиане. Нередко У. в. определяется как разность истинного и среднего солнечного времени. В этом случае оно имеет противоположный знак, что необходимо учитывать при использовании справочников.

График У. в. имеет сложную форму, обусловленную тем, что он складывается из двух волн приблизительно синусоидальной формы и почти равной амплитуды. Одна из этих волн имеет годичный период и вызвана неравномерностью движения Земли по эллиптической орбите вокруг Солнца, другая имеет полугодовой период и вызвана наклоном эклиптики к экватору. Четыре раза в году, а именно около 16 апреля, 14 июня, 1 сентября и 25 декабря, У. в. равно нулю и четыре раза достигает по абсолютной величине наибольшего значения: около 12 февраля + 14,3 мин, 15 мая = 3,8 мин, 27 июля +6,4 мин и 4 ноября = 16,4 мин.

С помощью У. в. можно найти среднее местное солнечное время, если известно истинное солнечное время, определенное, например, с помощью солнечных часов; при этом используется формула  $T_{cp} = T_0 + h$ , где  $T_{cp}$  - среднее солнечное время,  $T_0$  - истинное солнечное время,  $h = \text{У. в.}$

**II. 2. 4. Местное время** - среднее солнечное время в каждом пункте Земли, зависящее от *долготы* этого пункта. Чем он восточнее, тем больше местное время (каждые 15° долготы дают разницу в 1<sup>ч</sup>).

**II. 2. 5. Поясное время** – среднее солнечное время основного меридиана того часового пояса, на территории которого находится данный населенный пункт.

По международному соглашению вся территория поверхности Земли разделена на 24 часовых пояса. За нулевой принят часовой пояс нулевого (Гринвичского) меридиана. Часы, поставленные по поясному времени, во всех часовых поясах показывают одно и то же количество секунд и минут, но отличаются на целое число часов.

Поясное время некоторых часовых поясов имеют особые названия. Так, *время нулевого пояса* называется **западно-европейским**, *время 1-го пояса* – **среднеевропейским**, *2-го пояса* – **восточно-европейским**.

В США времена 16, 17, 18, 19 и 20 часовых поясов называются соответственно **тихоокеанским, горным, центральным, восточным и атлантическим**.

Поясное время стало применяться во многих странах с 1884 года. В нашей стране поясное время было введено с 1 июля 1919 года.

**II. 2. 6. Гражданское время** - [civil time] – среднее солнечное время, отсчитываемое от полуночи.

**II. 2. 7. Декретное время** - **поясное время** плюс один час. В отличие от *летнего времени*, такое превышение постоянно в течение года. Введено постановлением СНК СССР от 16 июня 1930 с целью более рационального использования светлой части суток и перераспределения электроэнергии между бытовым и производственным потреблением (отменено в феврале 1991 г.). В Российской Федерации вновь принято в октябре 1991 г. Таким образом, поясное время в России отличается от **всемирного времени** на номер часового пояса (в часах) плюс один час (в летний период дополнительно еще час).

Д. в. 2-го часового пояса, в котором расположена Москва, на 3 ч опережающее всемирное время, называется **московским временем**.

**II. 2. 8. Летнее время.** – В целях экономии и более рационального использования электроэнергии в течение суток в некоторых странах весной стрелки часов переводятся на один час вперед. Время, отмеряемое таким образом, называется **летним временем**. Осенью стрелки часов возвращаются на 1 час назад.

**II. 3. Всемирное время** [Universal Time – **UT**] – мировое время, среднее солнечное время начального (нулевого) меридиана, проходящего через место, в котором располагалась Гринвичская обсерватория (в Лондоне). В. в. отсчитывается от полуночи и имеет три шкалы **UT0**, **UT1** и **UT2**, которые различаются тем, какие процессы, влияющие на шкалу Всемирного времени, учитываются:

**UT0** – шкала Всемирного времени, получаемая непосредственно из астрономических наблюдений. **UT0** не универсально, поскольку зависит от положения обсерватории на земной поверхности;

**UT1** – шкала Всемирного времени, в которой учтены поправки, связанные с изменениями долготы обсерваторий вследствие движения полюсов;

**UT2** – шкала Всемирного времени, в которой учтены также сезонные вариации в скорости вращения Земли. Соответствующие поправки вычисляются на основании исследований, выполненных в предыдущие годы. Поэтому **UT2** называют предварительным или квазиравномерным. Эта шкала представляет собой наиболее возможное приближение к равномерной шкале времени, которое можно получить из наблюдений суточного движения звезд.

Всемирное время **UT2** остается достаточно равномерным на протяжении года или нескольких лет, но через несколько десятилетий равномерность его нарушается из-за вековых и нерегулярных изменений скорости вращения Земли. Поэтому **UT2** неприменимо для построения теории движения планет и их спутников. В уравнениях движения небесных тел используется независимая от вращения Земли шкала эфемеридного времени **ЕТ**.

До 1880 г. ни в одной стране не было единого времени и во всем мире пользовались местным временем. 2 августа 1880 г. английским парламентом было введено обязательное для всей территории Англии Гринвичское Среднее Время (**GMT**), позднее переименованное в Универсальное время (Universal Time – **UT**). Потребность в едином времени появилась в Англии в связи с развитием железнодорожного сообщения и необходимостью согласовывать расписание движения поездов на разных станциях. В 1883 г. Гринвичское время было одобрено США, а 1 ноября 1884 г. на Международной конференции по меридианам, состоявшейся в Вашингтоне, было одобрено всемирное использование **GMT** и для согласования Гринвичского Среднего Времени с местными временами было установлено деление всего Земного шара на 24 часовых пояса, в каждом из которых время отличается от соседнего ровно на 1 час (см. «**Поясное время**»).

**II. 4. Международное атомное время** [Temps Atomique International] – введенная в 1967 г. в бюро мер и весов (**BIMP** – Bureau International des Poids et Mesures) основанная на цезиевом ( $\text{Cs}^{133}$ ) эталоне Секунда атомного времени — интервал, в течение которого совершается 9 192 631 770 переходов между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. Данное число переходов взято для максимального соответствия атомной секунды секунде среднего солнечного времени.

Показания хранимых в **BIMP** эталонных атомных часов постоянно сверяются с показаниями около двухсот атомных часов, находящихся в национальных лабораториях государств на всех континентах. Это гарантирует сохранение атомного времени даже в случае каких-либо глобальных катастроф.

**II. 5. Универсальное координированное время** [**UTC**]<sup>14</sup> (**Всемирное или мировое время**) – Международное атомное время, к которому по мере необходимости добавляется «прыгающая секунда» (leap second), для того чтобы его отличие от Гринвичско-

---

<sup>14</sup> **UTC** – компромиссная аббревиатура между английским **CUT** (Coordinated Universal Time) и французским **TUC** (Temps Universel Coordonné).

го Среднего Времени (Greenwich Mean Time – GMT) не превышало 0,9 сек. Необходимость такой корректировки Международного атомного времени возникает в связи с тем, что солнечные сутки постепенно удлиняются и с 1900 года увеличились на 0,002 атомные секунды.

**II. 6. Эфемеридное время [ET - Ephemeris Time]** – равномерная шкала времени, соответствующая фундаментальным законам динамики И. Ньютона. Шкала Э в задается орбитальным движением Земли. Основная единица измерения Э. в. – тропический год в фундаментальную эпоху 1900, т.е. промежуток времени между последовательными прохождениями центра истинного Солнца через среднюю точку весеннего равноденствия в эпоху 1900 г. Эфемеридная секунда равна  $1/31556925,9747$  части тропического года для начальной эпохи.

Э. в. как независимая переменная дифференциальных уравнений движения тел Солнечной системы, решаемых методами небесной механики, служит аргументом гравитационных теорий движения этих тел и вычисленных на их основе эфемерид<sup>15</sup> (с чем связано и само название "Э. в.").

Э. в. было введено в 1950 решением Парижской международной конференции по фундаментальным астрономическим постоянным.

**II. 7. Динамическое время [DT – Dynamical Time]** – две шкалы обновленного эфемеридного времени, которыми в 1986 г. было заменено эфемеридное время ET, а именно:

**II. 7. 1. Топоцентрическое (или земное) динамическое время [TDT – Terrestrial Dynamical Time]**, равное по масштабу ET, отнесенное к центру масс Земли и служащее независимым аргументом видимых геоцентрических эфемерид, в том числе при определении эфемерид искусственных спутников Земли (ИСЗ);

**II. 7. 2. Барицентрическое динамическое время [TDB – Barycentric Dynamical Time]** – динамическое время, учитывающее движение центра масс Солнца вокруг центра масс всей Солнечной системы (барицентра Солнечной системы). Барицентрическое динамическое время отнесено к барицентру<sup>16</sup> Солнечной системы и является аргументом дифференциальных уравнений всех гравитационных теорий движения тел Солнечной системы в Ньютонском приближении.

Различие **TDB** и **TDT** состоит в периодических вариациях масштаба с амплитудой 0,00166 с.

**II. 8. Календарное время** – вид физического времени, основной единицей измерения которого является *год*, представляющий собой интервал длительности, близкий по величине к периоду обращения Земли вокруг Солнца. Другими естественными единицами календарного времени являются лунный *месяц* – интервал длительности, по продолжительности близкий к периоду обращения Луны вокруг Земли, и *сутки*, с большей или меньшей степенью точности равные периоду обращения Земли вокруг собственной оси. В

---

<sup>15</sup> **Эфемериды** (от греч. *ephemeris*, род. падеж *ephemeridos* – книжка для ежедневных записей, дневник), таблицы, сборники таблиц, содержащие значения переменных астрономических величин, предвычисленные для ряда последовательных моментов **времени**. Чаше употребляются Э., содержащие координаты звезд, планет, комет, искусственных спутников Земли и других небесных тел, используемые при наблюдениях этих небесных объектов. Специальные Э. содержат также сведения о скорости движения небесного тела, о его блеске, а также другую информацию, необходимую для организации наблюдений. Э. вычисляются на основе математических теорий движения небесных тел.

<sup>16</sup> **Барицентр** (от греч. *Barys* – тяжелый + лат. *centrum* от греч. *kentron* – острие (циркуля), средоточие) – центр масс физического тела сложной формы, а также двух или большего количества тел.



отличие от соответствующих астрономических единиц, календарные год и месяц содержат целые числа суток, календарные сутки – целое число часов.

Поскольку отмеряемый целыми числами дней и месяцев год оказывается не равным периоду полного оборота Земли вокруг Солнца, то при формировании практически используемых календарей приходится либо мириться с тем, что начало каждого нового года смещается относительно времен года, либо компенсировать это смещение тем или иным способом, например, вводя раз в четыре года дополнительный день.

**II. 9. Пульсарное время** – возможный в будущем эталон точного физического времени, связанный с периодами обращения пульсаров – небесных тел, вращающихся с очень большой скоростью.

Кандидатом на роль пульсарных часов может являться открытый в 1982 г миллисекундный пульсар с массой, предположительно равной массе Солнца, и радиусом около 10 км. Этот пульсар вращается со скоростью 642 оборотов в секунду.

Высокая стабильность вращения пульсара связана, видимо, с тем, что благодаря большой концентрации массы и высокой скорости вращения пульсар не обладает способностью обмениваться со средой веществом и поддерживать процессы превращения механической энергии в другие виды энергии. Пульсар – это закрытая консервативная динамическая система, в которой критерии закрытости и консервативности соблюдаются с высокой степенью точности.

Лит.: **Жаров В.Е.** Сферическая астрономия. – М., 2002.

**Хасанов И.А.** Время: природа, равномерность, измерение. – М.: Прогресс-традиция, 2001. – 304 с. // [http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/khasanov\\_vremya/khasanov\\_vremya.htm](http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/khasanov_vremya/khasanov_vremya.htm)

**Хасанов И.А.** Феномен времени. Часть I. Объективное время. – М., 1998. – 228 с. // [http://www.chronos.msu.ru/Public/khasanov\\_phenomen\\_vremeni.html](http://www.chronos.msu.ru/Public/khasanov_phenomen_vremeni.html)

**Хасанов И.А.** Физическое время. – М., 1999. – 49 с. // [http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/khasanov\\_fizicheskoye.pdf](http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/khasanov_fizicheskoye.pdf)

**Ильгиз А. Хасанов**