

Е

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ – конгруэнтные интервалы длительности, связанные с теми или иными процессами класса инерциально-равномерных движений.

Для землян такими процессами являются: вращение планеты Земля вокруг собственной оси и обращение вокруг общих центров масс космических систем Солнце-Земля и Земля-Луна; колебательные движения физических маятников, кристаллических, молекулярных и атомных осцилляторов.

I. Классификация единиц физического времени.

I. 1. Единицы физического времени делятся на **естественные** и **производные**.

I. 1. 1. **Естественными единицами** физического времени являются периоды обращения космических систем «Солнце-Земля» – «год», «Земля-Луна» - «месяц» и период обращения Земли вокруг собственной оси – «сутки».

I. 1. 2. **Производными единицами** физического времени являются единицы, кратные естественным. Производная единица **час** равна $1/24$ «**суток**», **минута** – $1/60$ часа, **секунда** – $1/60$ минуты. Имеется еще редко употребляемая единица – **терция** [от лат *tertia division* – треть по порядку (после минут и секунд) деление часа], равная $1/60$ доле секунды.

Для измерения малых интервалов длительности используются единицы, составляющие десятую, сотую, тысячную и другие десятичные доли секунды. Названия этих единиц образуются присоединением к наименованию системной единицы времени «секунде» следующих приставок Международной системы единиц физических величин СИ (SI):

деци- (10^{-1}) от лат. decem – десять;

санти- (10^{-2}) от лат. centum – сто;

милли- (10^{-3}) от лат. mille - тысяча;

микро- (10^{-6}) от греч. micros – малый, маленький;

нано- (10^{-9}) от греч. nanos – карлик;

пико- (10^{-12}) от итал. piccolo – небольшой, мелкий;

фемто- (10^{-15}), от датского femten – пятнадцать (имеется в виду пятнадцатый разряд);

атто- (10^{-18}), от датского atten - восемнадцать (восемнадцатый разряд);

zepto- (10^{-21}), от лат. septum или франц. sept – семь (седьмая группа разрядов по 3);

йокто- (10^{-24}), от греч окτω – восемь (восьмая группа разрядов по 3).

На сегодняшний день быстрые и сверхбыстрые процессы микромира фиксируются и их течение изучается при помощи единиц длительности, приведенных в следующей таблице:

Название		Величина	Обозначение		Математическое наименование соответствующей десятичной доли секунды
Русское	Английское		Русское	Международное	
децисекунда	detsisekunda	10^{-1} с	дс	ds	Одна десятая доля с
сантисекунда	santisekunda	10^{-2} с	сс	cs	Одна сотая доля с
миллисекунда	millisecond	10^{-6} с	мс	ms	Одна тысячная доля с

микросекунда	microsecond	10^{-6} с	мкс	μs	Одна миллионная доля с
наносекунда	nanosecond	10^{-9} с	нс	ns	Одна миллиардная доля с
пикосекунда	ps	10^{-12} с	пс	ps	Одна триллионная доля с
фемтосекунда	femtosecond	10^{-15} с	фс	fs	Одна квадриллионная доля с
аттосекунда	attoseconds	10^{-18} с	ас	as	Одна квинтиллионная доля с
zeptосекунда	zeptosekunda	10^{-21} с	зс	zs	Одна секстиллионная доля с
йоктосекунда	yoktosekunda	10^{-24} с	ис	ys	Одна септиллионная доля с

Примечание. В соответствии с нормами Международной системы единиц SI приставки кратных и дольных единиц, степени которых не делятся на 3, за очень редкими случаями, не используются. Допускается применение их только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например, гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.). Приставки деци- и санти- применительно к «секунде» использовать не рекомендуется.

I. 2. Системная и внесистемные единицы физического времени.

Из всех единиц физического времени «секунда» включена в Международную систему единиц физических величин (SI) и называется «системной единицей физического времени». Все остальные единицы физического времени именовются «внесистемными».

II. Системная единица физического времени.

Системной единицей физического времени является **секунда** (от лат. secunda division – второе деление) – одна из семи фундаментальных единиц Международной системы единиц физических величин (SI).

До 1956 года «секунда» определялась как 1/86 400 часть средних солнечных суток. В 50-х годах с помощью кварцевых часов была выявлена неравномерность суточного вращения Земли вокруг оси, происходящая из-за сезонных перераспределений водных и воздушных масс Земли и других пока не в полной мере установленных причин. Известно, что за последнюю треть XIX в. продолжительность суток увеличилась на 0,007 с, а за первую треть XX в. уменьшилась на 0,005 с. С 1934 г. продолжительность суток увеличивается. Из-за возникшей в связи с этим неточности в определении секунды пришлось отказаться от эталона единицы времени, связанного с суточным вращением Земли. По решению Международного комитета мер и весов (1956 г.) в качестве эталона времени был принят тропический год, т. е. промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия. Но так как тропический год -величина непостоянная (продолжительность его уменьшается на полсекунды за столетие), то в качестве эталона был принят 1900 год, начинавшийся для гринвичского меридиана в полдень 1 января 1900 г.

В целях дальнейшего повышения точности воспроизведения единицы времени и частоты XII Генеральная конференция по мерам и весам и Международный комитет мер и весов в 1965 г. приняли для временного применения определение секунды, основанное на атомном эталоне частоты. В декларации Международного комитета сказано, что этот «эталон представляет собой переход между сверхтонкими уровнями $F=4$, $M=0$ и $F=3$, $M=0$ основного состояния $2_{s1/2}$ атома цезия-133, не возмущенного внешними полями, и что частоте этого перехода приписывается значение 9 192 631 770 герц». Из такого

определения эталона следует, что секунда — это интервал, в течение которого совершается 9 192 631 770 переходов между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

III. Естественные внесистемные единицы физического времени.

III. 1. Год – одна из основных исходных естественных единиц измерения физического времени, равная периоду обращения Земли вокруг Солнца. По ряду причин период обращения Земли вокруг Солнца приходится определять относительно разных ориентиров, что порождает используемые в разных целях годы разной продолжительности:

III. 1. 1. Сидерический, или Звездный (лат. sidus - звезда), Г. равен периоду возвращения Солнца в одно и то же место среди звезд. Сидерический Г. наиболее точно фиксирует полный оборот Земли вокруг Солнца, но неудобен для практического использования в повседневной жизни, поскольку смена сезонов года связана с положением Солнца относительно точек равноденствия, которые из-за прецессии смещаются навстречу Солнцу на $50''$ в год;

III. 1. 2. Аномалистический Г. равен периоду обращения Земли вокруг Солнца, определяемому по прохождению Землей точки перигелия, т.е. наиболее близкой к Солнцу точки орбиты. Из-за медленного смещения перигелия в направлении орбитального движения Земли аномалистический Г. на $4^m 43^s$ больше звездного года. Аномалистический Г. используется в небесной механике;

III. 1. 3. Дракони́ческий¹ Г. равен промежутку времени, разделяющему очередные возвращения Солнца к одному и тому же (восходящему или нисходящему) узлу орбиты Луны²; используется при расчетах солнечных и лунных затмений. Так как лунные узлы сравнительно быстро (с периодом в 18.61 года) смещаются по эклиптике, то дракони́ческий Г. самый короткий из всех других годов;

III. 1. 4. Лунный Г. равен 12 (или 13) синодическим месяцам; используется при составлении лунных календарей;

III. 1. 5. Тропический, или истинный, Г. равен периоду между последовательными возвращениями Солнца в точку весеннего равноденствия; тропический Г. меньше звездного года на $20^m 24^s$; лежит в основе солнечных календарей.

Табл. 1. Продолжительность года

Год	Продолжительность в сутках	Продолжительность в сутках, ч, мин и с	Изменение за 100 лет в сутках
Сидерический (Звездный)	365,256360	$365^D 06^C 09^M 10^C$	+0,11110-6
Аномалистический	365,259641	$365^D 06^C 13^M 53^C$	+ 3,04 ' 10 ⁻⁶
Дракони́ческий	346,620047	$346^D 14^C 52^M 51^C$	+ 32 ' 10 ⁻⁶
Лунный (в 12 мес.)	354,3670	$354^D 08^C 48^M 29^C$	- 2,4 ' 10 ⁻⁶
Тропический	365,242199	$365^D 05^C 48^M 46^C$	- 6,16 ' 10 ⁻⁶

Примечание. В специальных (астрономических и др.) документах и литературе *сутки, часы, минуты и секунды* имеют обозначения д, ч, м, с (или d, h, m, s) в верхнем индексе: $365^D 15^C 20^M 18^C$ (или $365^d 15^h 20^m 18^s$).

III. 2. Месяц – период обращения Луны вокруг Земли; в зависимости от способа фиксации так же, как и год, имеет разную продолжительность.

¹ Термин «дракони́ческий» связан с представлением древних, согласно которому Солнце и Луна во время затмения пожираются драконом.

² **Узлы орбит планет и Луны** - точки пересечения орбит с эклиптикой. При прохождении восходящего узла своей орбиты небесное тело переходит в северное полушарие небесной сферы, при прохождении нисходящего узла – в южное. Узлы орбит в астрономии обычно обозначаются символом созвездия Льва, соответственно в прямом и перевернутом изображениях

III. 2. 1. Синодический, или лунный, М. - период смены лунных фаз; служит основанием лунных и лунно-солнечных календарей;

III. 2. 2. Сидерический, или звёздный, М. – промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны в одно и то же место небесной сферы относительно звёзд. Вследствие неравенства лунного движения (т. е. отклонений от движения по законам Кеплера) продолжительность С. м. непостоянна и может изменяться на несколько часов;

III. 2. 3. Тропический М. - период возвращения Луны к одной и той же долготе;

III. 2. 4. Аномалистический М. – промежуток времени между последовательными прохождениями Луны через перигей;

III. 2. 5. Драконический М. – промежуток времени между последовательными прохождениями Луны через один и тот же узел её орбиты; имеет значение в теории затмений).

Табл. 1. Продолжительность месяца

Месяц	Продолжительность	
	в средних солнечных сутках	в сут, ч, мин, сек среднего солнечного времени
Синодический	29,530588	29 сут 12 ч 44 мин 3 сек
Сидерический	27,321661	27 сут 7 ч 43 мин 12 сек
Тропический	27,321582	27 сут 7 ч 43 мин 4 сек
Аномалистический	27,554550	27 сут 13 ч 18 мин 33 сек
Драконический	27,212220	27 сут 5 ч 5 мин 36 сек

III. 3. Сутки – 1) одна из основных естественных единиц физического времени, равная периоду оборота Земли вокруг оси. Различают звёздные С., равные периоду обращения Земли, отсчитываемому относительно точки весеннего равноденствия, и солнечные С. равные периоду обращения Земли относительно Солнца.

Звёздные С. равны промежутку времени между двумя верхними кульминациями точки весеннего равноденствия. В зависимости от того, имеется ли в виду истинная точка весеннего равноденствия, смещающаяся вдоль эклиптики вследствие прецессии и нутации, или средняя, смещающаяся только вследствие прецессии, звездное время называется истинным или средним.

Из-за прецессионного движения точки весеннего равноденствия средние звёздные С. на 0,0084 сек короче действительного периода обращения Земли. Продолжительность истинных звёздных С. непостоянна и непрерывно изменяется вследствие нутации. Звёздные С. не согласуются с чередованием дня и ночи. Поэтому в обиходе приняты солнечные С., равные промежутку времени между двумя последовательными верхними или нижними кульминациями Солнца. В силу эллиптичности земной орбиты и наклона эклиптики к экватору промежуток времени между двумя кульминациями реального (истинного) Солнца (т.е. продолжительность истинных солнечных С.), непостоянен и в течение года меняется от 24 ч 3 мин 36 сек (в середине сентября) до 24 ч 4 мин 27 сек (в конце декабря) звёздного времени. Для устранения такой неравномерности пользуются средней продолжительностью солнечных С. за год, называемой средними солнечными С. и равной 24 ч 3 мин 56,55536 сек звёздного времени. За начало средних солнечных С. принимается средняя полночь, то есть момент нижней кульминации воображаемой точки небесной сферы, называемой средним Солнцем. Звёздные С., так же, как и средние солнечные С., подразделяются на часы, минуты и секунды. Между ними существует соотношение: 1 единица (сутки, минута или секунда) звёздного времени равна 0,9972696 соответствующей единицы среднего солнечного времени.

2) – единица календарного времени, содержащая целое число часов.

IV. Производные внесистемные единицы физического времени.

IV. 1. Час - единица физического времени, равная $1/24$ суток; обозначение: русское ч, международное h; $1 \text{ ч} = 1/24 \text{ суток}$; содержит $60 \text{ мин} = 3600 \text{ с}$.

IV. 2. Минута (от лат minutus – маленький, мелкий) – единица физического времени, равная $1/60$ часа. Обозначения: русское мин, международное min. $1 \text{ мин} = 60 \text{ сек} = 1/60 \text{ ч} = 1/1440 \text{ суток}$.

Примечание. В астрономической литературе обозначения часа, минуты и секунды (рус. ч, м, с, латинские h, m, s) указываются в верхних регистрах, например: $15^h 06^m 25^s$ или $15^c 06^m 25^c$.

См.: «Измерение времени»; «Физическое время».

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

Справочное руководство по небесной механике и астродинамике, под ред. Г. Н. Дубошина, М., 1971.

Ильгиз А. Хасанов, Раиф И. Хасанов