

## **I. Часы и шкалы времени. Основные понятия**

**time-scale; échelle de temps; escala** шкала времени  
**de tempo**

Система однозначного упорядочения событий [1].

Система однозначного упорядочения событий [2].

### **Два типа шкал времени**

#### ***Динамическая шкала времени***

Для динамических шкал времени первичные данные являются результатом наблюдения динамической физической системы, описываемой математической моделью, в которую время входит как параметр, однозначно определяющий состояние наблюдаемой системы. В подобных шкалах измерение времени сводится, таким образом, к определению состояния системы, а единица времени как частичная продолжительность. Шкалы Всемирного времени UT и Эфемеридного времени ET являются динамическими и основаны, соответственно, на вращении Земли вокруг своей оси и на её движении вокруг Солнца [3].

#### ***Интегральная шкала времени***

Для интегральных шкал времени первичным является размер единицы времени – то есть интервал времени, определенный на основе физического явления. А далее шкала времени формируется на основе фиксации договорного начала отсчета и непрерывного накопления (интегрирования) единиц времени без «мертвого времени» и остановок. Существующая всемирная опорная шкала времени - Международное атомное время (TAI) - является интегральной шкалой времени. Она формируется путем накопления атомных секунд, которая, в свою очередь, определена как число периодов излучения, соответствующего заданному переходу в атоме цезия [3].

### Часы. Что это такое?

*clock; horloge; reloj*

*часы*

устройство для измерения и/или отображения времени [1]

техническое средство, предназначенное для измерения и отображения времени в известной шкале времени [2]

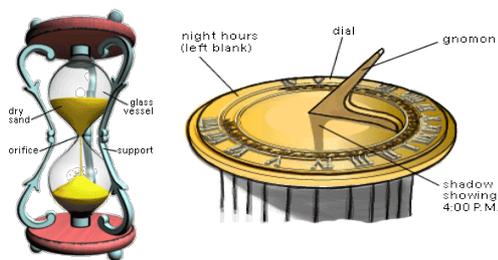
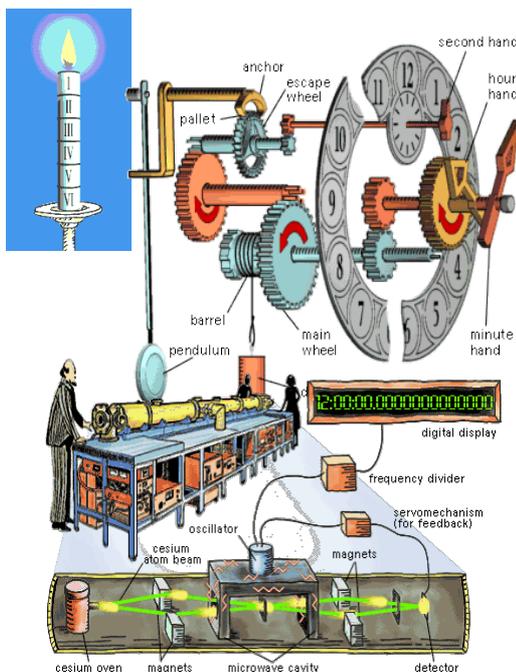
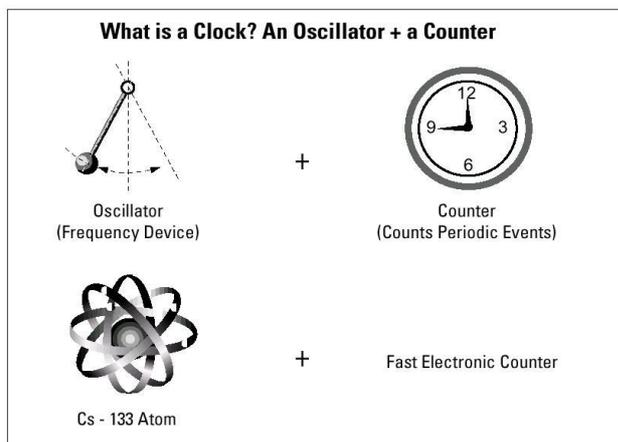


Рис. 1

## Безразмерные время и частота

Стандарт частоты имеет на выходе синусоидальный сигнал, описываемый выражением  $V(t) = [V_0 + \varepsilon(t)] \times \sin[2\pi\nu_0 t + \phi(t)]$ ,

где

$V_0$  - номинальная амплитуда сигнала,

$\varepsilon(t)$  - амплитудный шум,

$\nu_0$  - номинальная частота,

$\phi(t)$  - фазовый шум.

Для анализа стабильности частоты нас будет в первую очередь интересовать фазовый шум - член  $\phi(t)$ .

Мгновенная частота – производная общей фазы:

$$\nu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{2\pi} (2\pi\nu_0 + \frac{d\phi}{dt}).$$

Для высокоточных стандартов частоты определим относительную частоту как

$$y(t) = \frac{\Delta f}{f} = \frac{\nu(t) - \nu_0}{\nu_0} = \frac{1}{2\pi\nu_0} \times \frac{d\phi}{dt} = \frac{dx}{dt},$$

где  $x(t) = \phi(t) / (2\pi\nu_0)$ .

## Разность шкал времени и разность частот

Синусоидальное выходное напряжение генератора номинальной частоты

$\nu_0$ :

$$V(t) = V_0 \sin(2\pi\nu_0 t + \phi(t)).$$

Относительное отклонение частоты:

$$y(t) = (\nu(t) - \nu_0) / \nu_0.$$

Отклонение времени:

$$x(t) = \int_0^t y(t') dt'.$$

Отклонение времени:

$$x(t) = \phi(t) / (2\pi\nu_0);$$

$$x(t) = x_0 + y_0 t + \frac{1}{2} D t^2 + e(t).$$

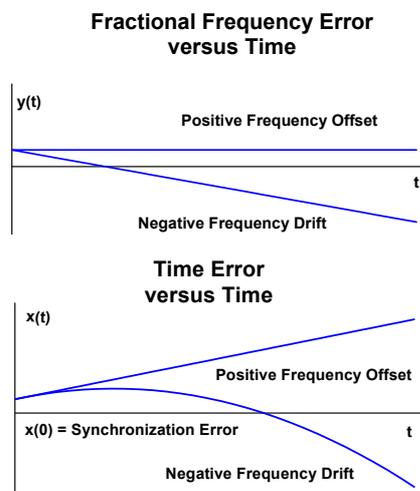


Рис. 2

### Разность шкал времени

**Разность между отсчетами двух шкал времени в один и тот же момент.**

Замечание. Для избежания путаницы со знаком должны использоваться алгебраические величины в соответствии со следующим соглашением. Пусть в момент  $T$  опорной шкалы времени  $a$  означает отсчет шкалы времени  $A$ , а  $b$  - отсчет шкалы времени  $B$ . Тогда разность шкал времени  $A - B = a - b$  в момент  $T$ . Аналогичное соглашение применяется в случае, если  $A$  и  $B$  являются часами. См. "разность показаний часов" [1].