

# Атомный эталон времени

Презентацию подготовила  
Свидригайлова Нина,  
Ученица 11 класса.

# Когда изобрели атомные часы?

В 1945 году профессор физики Колумбийского университета Исидор Раби предложил часы, которые можно сделать на основе техники, разработанной в 1930-х годах. Она называлась атомный пучок магнитного резонанса. К 1949 году Национальное бюро стандартов объявило о создании первых в мире атомных часов на основе молекулы аммиака, колебания которой и считывались, а к 1952 году — создала первые в мире атомные часы на основе атомов цезия, NBS-1.

В 1955 году Национальная физическая лаборатория в Англии построила первые часы на основе пучка цезия в качестве источника калибровки. В течение следующего десятилетия создавались более совершенные часы. В 1967 году в ходе 13 Генеральной конференции по мерам и весам была определена СИ секунды на основе вибраций в атоме цезия. В мировой системе хронометража не было точнее определения, чем это. NBS-4, самые стабильные в мире цезиевые часы, были завершены в 1968 году и использовались до 1990 года.

В 1999 году NBS, переименованная в NIST, начала работать с часами NIST-F1, точность которых допускала погрешность на одну секунду в 20 миллионов лет.

# Какие типы атомных часов мы знаем?

Сегодня существуют различные типы атомных часов, однако построены они на одних и тех же принципах. Основное различие связано с элементом и средствами обнаружения изменений уровня энергии. Среди разных типов атомных часов существуют следующие:

- ▶ *Цезиевые атомные часы, использующие пучки атомов цезия. Часы разделяют атомы цезия с разными энергетическими уровнями магнитным полем.*
- ▶ *Водородные атомные часы поддерживают атомы водорода на нужном энергетическом уровне в контейнере, стены которого сделаны из специального материала, поэтому атомы не теряют высокоэнергетическое состояние слишком быстро.*
- ▶ *Рубидиевые атомные часы, самые простые и компактные из всех, используют стеклянную ячейку с рубидиевыми газом.*

Самые точные атомные часы сегодняшнего дня используют атом цезия и обычное магнитное поле с детекторами. Кроме того, атомы цезия сдерживаются лазерными лучами, что уменьшает небольшие изменения частоты из-за эффекта Доплера.

# Как работают атомные часы на основе цезия?

У атомов есть характерная частота колебаний. Знакомый вам пример частоты — это оранжевое свечение натрия в поваренной соли, если ее бросить в огонь. У атома есть много разных частот, некоторые в радиодиапазоне, некоторые в диапазоне видимого спектра, а некоторые между этими двумя. Цезий-133 чаще всего выбирают для атомных часов.

Чтобы вызвать резонанс атомов цезия в атомных часах, нужно точно измерить один из переходов или резонансную частоту. Обычно это делается путем блокировки кварцевого генератора в основном микроволновом резонансе атома цезия. Этот сигнал находится в микроволновом диапазоне радиочастотного спектра и обладает той же частотой, что и сигналы спутников прямого вещания. Инженеры знают, как создать оборудование для этой области спектра, в мельчайших подробностях.

Чтобы создать часы, цезий сначала нагревают так, что атомы выпариваются и проходят через трубу с высоким вакуумом. Сначала они проходят через магнитное поле, которое выбирает атомы с нужным энергетическим состоянием; потом они проходят через интенсивное микроволновое поле. Частота микроволновой энергии скачет туда-сюда в узком диапазоне частот, так что в определенный момент она достигает частоты 9 192 631 770 герц (Гц, или циклов в секунду). Диапазон микроволнового генератора уже близок к этой частоте, поскольку ее производит точный кварцевый генератор. Когда атом цезия получает микроволновую энергию нужной частоты, он меняет свое энергетическое состояние.

В конце трубки другое магнитное поле отделяет атомы, которые изменили свое энергетическое состояние, если микроволновое поле было нужной частоты. Детектор в конце трубки дает выходной сигнал, пропорциональный количеству атомов цезия, которые в него попадают, и достигает пика, когда микроволновая частота достаточно верна. Этот пиковый сигнал нужен для корректировки, чтобы привести кварцевый генератор, а значит и микроволновое поле к нужной частоте. Эта заблокированная частота затем делится на 9 192 631 770, чтобы дать знакомый всем один импульс в секунду, нужный реальному миру.

# Радиоактивны ли атомные часы?

Атомные часы показывают время лучше любых других часов. Они показывают время лучше, чем вращение Земли и движение звезд. Без атомных часов GPS-навигация была бы невозможной, Интернет не был бы синхронизирован, а положение планет не было бы известно с достаточной точностью для космических зондов и аппаратов.

Атомные часы не радиоактивны. Они не полагаются на атомный распад. Более того, у них есть пружина, как и у обычных часов. Самое большое отличие стандартных часов от атомных в том, что колебания в атомных часах происходят в ядре атома между окружающими его электронами. Эти колебания сложно назвать параллелью балансовому колесу в заводных часах, однако оба типа колебания можно использовать для отслеживания уходящего времени. Частота колебаний внутри атома определяется массой ядра, гравитацией и электростатической «пружиной» между положительным зарядом ядра и облаком электронов вокруг него.