

Рис. 2. Пучок атомов Cs в неоднородном магнитном поле  $H_1$ : 1 — сечение пучка (атомы летят в направлении, перпендикулярном плоскости рис.); 2 — силовые линии поля; 3 — полюсные наконечники.

убывает, а для двух почти не зависит от поля. При этом семь пучков отклоняются в сторону более сильного поля (к  $N$ ), семь — в сторону уменьшения поля (к  $S$ ), а два пучка с энергией  $\delta_1$  и  $\delta_2$  летят, почти не отклоняясь, и попадают в поле  $H_2$ . Поле  $H_2$  направляет (фокусирует) на детектор только атомы с энергией, соответствующей одному из пары уровней  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ , отклоняя в сторону атомы с энергией, соответствующей другому уровню. В промежутке между полями  $H_1$  и  $H_2$  атомы пролетают через объёмный резонатор, в котором возбуждаются эл.-магн. колебания с частотой, отвечающей переходам  $\delta_2 \leftrightarrow \delta_1$ . Если под влиянием эл.-магн. поля атом Cs с энергией  $\delta_1$  перейдёт в состояние  $\delta_2$  или атом с энергией  $\delta_2$  в состояние  $\delta_1$ , то поле  $H_2$  направит их от детектора, ток детектора уменьшится на величину, пропорц. числу атомов, совершивших переход (возможна и др. настройка системы, когда резонансу соответствует максимум тока детектора). В Ц. э. ч. используются переходы атома Cs между магн. подуровнями. Переходы такого типа не могут наблюдаться вне постоянного однородного магн. поля  $H$ , причём частота переходов зависит от напряжённости поля  $H$ .

Число атомов, совершающих переход в единицу времени под действием поля, максимально, если частота действующего на атом эл.-магн. поля точно совпадает с частотой перехода. По мере несовпадения (расстройки) этих частот число атомов, совершающих вынужденные переходы, уменьшается. Поэтому плавно меняя частоту эл.-магн. поля и откладывая по горизонтали частоту  $\omega$ , а по вертикали изменение тока детектора  $I$ , получим контур спектральной линии, соответствующий переходам  $\delta_1 \rightarrow \delta_2$ ,  $\delta_2 \rightarrow \delta_1$  (рис. 3, а).

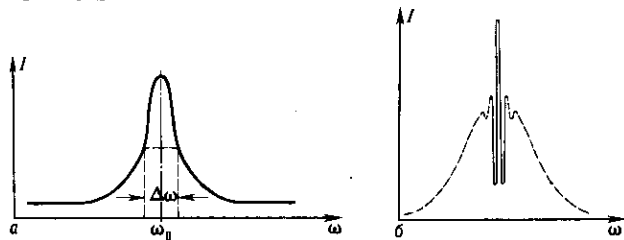


Рис. 3. Форма спектральной линии: а — неискажённой; б — наблюдаемой в случае П-образного резонатора.

Частота  $\omega$ , соответствующая вершине спектральной линии, является опорной точкой (репером) на шкале частот, а соответствующий ей период колебаний принят равным  $1/9\,192\,631\,777,0$  с. Точность определения  $\omega_0$  порядка неск. % (в лучшем случае — доли %) от ширины линии  $\Delta\omega$ . Точность тем выше, чем уже спектральная линия. Отсюда стремление устранить или ослабить все причины, приводящие к уширению используемых спектральных линий. В Ц. э. ч. уширение линии обусловлено временем взаимодействия атомов с эл.-магн. полем резонатора; чем меньше время, тем шире линия (см. Неопределённостей соотношения, Ширина спектральной линии). Время взаимодействия совпадает со временем пролёта атома через резонатор; оно пропорц. длине резонатора и обратно пропорц. скорости атомов. Уменьшать скорость атомов, понижая темп-ру, невозможно, т. к. при этом падает интенсивность пучка. Длина резонатора также не может быть сделана очень большой из-за рассеяния

атомов и вследствие того что пучок должен находиться в однородном (по величине и направлению) поле  $H$ , что в большом объёме затруднительно.

Преодоление этой трудности и получение узкой спектральной линии достигается применением резонатора П-образной формы (рис. 4). В этом резонаторе пучок взаи-

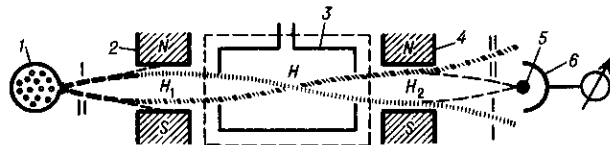


Рис. 4. Цезиевая трубка с П-образным резонатором (обозначения те же, что и на рис. 1).

модействует с эл.-магн. полем только вблизи его концов, и только в этих двух небольших областях необходима однородность и стабильность магн. поля  $H$ . В таком резонаторе спектральная линия приобретает более сложную форму (рис. 3, б), к-рая является результатом наложения двух линий, образованных пролётом частиц через каждый из концов резонатора. Ширина каждой линии велика. Эта суммарная ширина образует «пьедал» результирующей линии. Ширина же узкой линии (центр пика), определяющая точность измерений, зависит от полного времени пролёта через резонатор.

Ц. э. ч. обычно дополняют устройствами, вырабатываемыми определ. набор частот, стабильность к-рых равна стабильности стандарта, а иногда и сигналы точного времени.

Ц. э. ч. входят в состав национальных эталонов частоты и времени и обеспечивают воспроизведение длительности секунды, а следовательно, всей системы измерения частоты и времени с относит. погрешностью, меньшей чем  $10^{-14}$ . Их преимущество состоит в том, что вторичные цезиевые стандарты (серийное производство) не уступают по точности эталону. Даже малогабаритные цезиевые трубки для лаб. практики и на подвижных объектах работают с относит. погрешностью  $10^{-12}$  —  $10^{-13}$ .

Лит. см. при ст. Квантовые стандарты частоты.

М. Е. Жаботинский.

**ЦЕЗИЙ** (лат. Caesium), Cs, — хим. элемент I группы периодич. системы элементов, ат. номер 55, ат. масса 132,9054, щелочной металл. В природе представлен стабильным  $^{133}\text{Cs}$ . Конфигурация внеш. электронн. оболочки  $6s^1$ . Энергия последоват. ионизации 3,894; 25,1; 34,6 эВ. Радиус атома Cs 267 пм, радиус иона  $\text{Cs}^+$  165 пм. Значение электростатичности 0,7. Работа выхода электрона 1,81 эВ.

Золотисто-жёлтый металл. Обладает кубич. объёмно-центрированной решёткой с параметром  $a = 614,1$  пм.  $t_{\text{пл}} = 28,39^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}} = 670^\circ\text{C}$  (по др. данным,  $667,7^\circ\text{C}$ ). Плотн.  $1,9039$  кг/дм $^3$  (при  $20^\circ\text{C}$ ). Уд. теплоёмкость 32,7 кДж/(моль · К), уд. теплота плавл. 2,09 кДж/моль. Характеристич. темп-ра Дебая  $\theta_D = 39,2$  К. Температурный коэф. линейного расширения  $97 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$  (при  $0^\circ\text{C}$ ). Магн. восприимчивость  $\chi = +0,22 \cdot 10^{-9}$ . Уд. электрич. сопротивление 0,1830 мкОм · м (при  $0^\circ\text{C}$ ), температурный коэф. электрич. сопротивления  $6,0 \cdot 10^{-3}$  К $^{-1}$  (при  $0$  —  $18^\circ\text{C}$ ). Характеризуется низкими механич. характеристиками, модуль нормальной упругости 1,7 ГПа (при комнатной темп-ре).

Ц. проявляет степень окисления +1, обладает наивысшей среди щелочных металлов хим. активностью, хранить его можно только в запаянных вакуумированных ампулах.

Металлич. Ц. применяют в фотоэлементах и фотомножителях, в люминесцентных трубках. Соединения Ц. используют в оптике, приборах ночного видения и т. д. В продуктах ядерной реакции деления имеются значит. кол-ва разл. радионуклидов Ц., среди к-рых наиб. опасен  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30,0$  лет).

С. С. Бердонос.

**ЦЕЛЯЯ ФУНКЦИЯ** — функция, аналитическая во всей плоскости комплексного переменного (кроме, возможно,