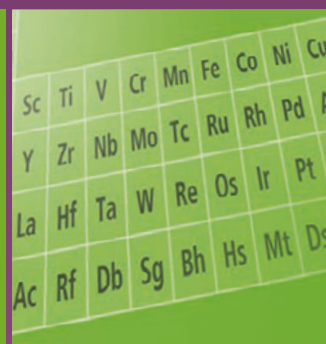


Мировой лидер
в АА, ИСП-ОЭС
и ИСП-МС



Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	A
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	
Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	

Атомная спектроскопия

Руководство по выбору подходящего метода и прибора



Содержание

Что такое атомная спектроскопия?	2
Основные области применения	2
Распространенные методы атомной спектроскопии	3
Пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия	3
Атомно-абсорбционная спектроскопия с электротермической атомизацией в графитовой кювете	3
Оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой	4
Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	5
Выбор метода анализа для решения ваших задач	6
Пределы обнаружения	6
Рабочий аналитический диапазон	6
Производительность	7
Затраты	7
Выбор системы для вашего анализа	8
PinAAcle 500 - пламенный атомно-абсорбционный спектрометр	9
PinAAcle 900 - серия атомно-абсорбционных спектрометров	9
FIMS 100/400 - проточно-инжекционные системы для анализа ртути	9
Avio 200 ИСП-ОЭС системы	9
Avio 500 ИСП-ОЭС системы	10
NexION 1000/2000 ИСП масс-спектрометры	10
Пределы обнаружения атомно-спектральных методов	11
Приложения атомно-спектральных методов в различных областях	12
Важность атомной спектроскопии в областях ее применения	13
Вспомогательное оборудование для атомной спектроскопии	14
Расходные материалы для атомной спектроскопии	15

ЧТО ТАКОЕ АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ?

Атомная спектроскопия - это метод определения элементного состава вещества по его электромагнитному или изотопному спектру. Существуют разные аналитические методы, и выбор наиболее подходящего метода является ключом к получению правильных, надежных и объективных результатов.

Для правильного выбора требуется понимание основ каждого метода, так как все они имеют свои сильные стороны и ограничения. Выбор также требует четкого понимания аналитических требований к вашей лаборатории.

Ниже вашему вниманию представлен обзор наиболее широко используемых методов и информация, необходимая для выбора метода, который наилучшим образом будет отвечать вашим требованиям и приложениям.

Основные области применения

Во многих областях науки и промышленности требуется определение различных элементов в широком круге образцов. К ключевым областям относятся следующие:

- Сельское хозяйство
- Биомониторинг
- Химия и химическая промышленность
- Окружающая среда
- Качество питания
- Геохимия и горнодобывающая промышленность
- Наноматериалы
- Атомная промышленность
- Нефтехимическая промышленность
- Фармацевтическая промышленность
- Возобновляемые источники энергии
- Полупроводниковая промышленность
- Анализ отдельных клеток

Подробности представлены на странице 12.

Распространенные методы атомной спектроскопии

Существует три широко применяемых спектрально-аналитических метода – атомно-абсорбционный, атомно-эмиссионный и масс-спектральный. Эти методы и будут находиться в центре внимания нашего обсуждения, что позволит нам подробнее рассмотреть наиболее распространенные разновидности этих методов на сегодняшний день:

- Пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия (FAAS, AAS)
- Электротермическая атомно-абсорбционная спектроскопия с графитовой кюветой (GFAAS, ЭТААС)
- Оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES, ИСП-ОЭС)
- Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS, ИСП-МС)

Пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия

Атомная абсорбция (АА) возникает тогда, когда атом, находящийся в невозбужденном (основном) состоянии поглощает энергию фотона определенной (характеристической) энергии и переходит в возбужденное состояние. Количество энергии характеристического излучения, поглощенное веществом, увеличивается с ростом числа атомов определяемого элемента, находящихся на пути светового пучка. Зависимость между количеством поглощенного излучения и концентрациями элемента в стандартах с известной концентрацией может быть использована для определения концентраций в неизвестных образцах путем измерения абсорбируемого ими излучения.

Для выполнения атомно-абсорбционного анализа требуется первичный источник характеристического излучения, источник атомов, монохроматор, выделяющий из спектра свет определенной длины волны, детектор, точно регистрирующий излучение, электроника для обработки данных и терминал или система подготовки отчетов для представления результатов (смотрите рисунок 1). Обычно в качестве характеристического источника применяется лампа полого катода (HCL) или безэлектродная газоразрядная лампа (EDL). В общем случае, для каждого элемента используется отдельная лампа, хотя в некоторых случаях возможно сочетание нескольких элементов в одной многоэлементной лампе. В прошлом, в качестве детекторов выступали фотоэлектронные умножители. Теперь в самых новейших приборах используются твердотельные полупроводниковые детекторы. Для определения ртути применяются узкоспециализированные простые в обращении атомно-абсорбционные спектрометры с проточно-инжекционными системами (Flow Injection Mercury Systems, FIMS). В этих приборах реализована высокочувствительная однолучевая оптическая схема с ртутной лампой низкого давления и ультрафиолетовым детектором, обеспечивающим наилучшие характеристики.

В любой АА системе, используемый в ней атолизатор должен переводить вещество образца в свободные атомы. Для получения свободных атомов используется тепловая энергия, чаще всего энергия воздушно-ацетиленового пламени или пламени закись азота + ацетилен. Образец вводится в пламя в виде аэрозоля при помощи системы ввода, состоящей из распылителя и распылительной камеры. Сопло горелки расположено таким образом, чтобы пучок света от лампы поглощался, проходя через пламя.

Главным ограничением пламенного ААС метода является то, что система «распылитель + горелка» является весьма неэффективным инструментом атомизации. Лишь малая доля образца достигает пламени, и атомизированный образец при этом быстро проходит через световой путь спектрометра. При более эффективной системе пробоотбора образец следовало бы атомизировать полностью и удерживать в атомизированном состоянии в световом пути в течение длительного времени, что позволило бы улучшить чувствительность определения. Эти требования приводят нас к следующему технологическому шагу – электротермической атомизации в графитовой кювете.

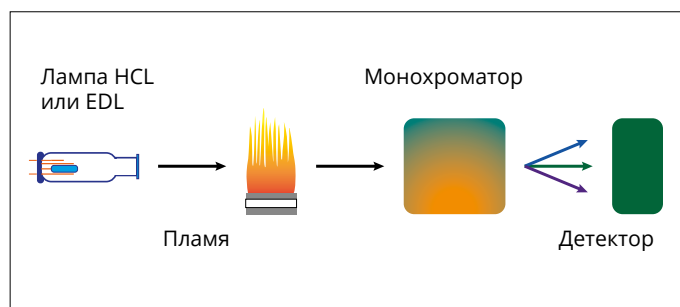


Рисунок 1. Упрощенная схема пламенной ААС системы.

Электротермическая атомно-абсорбционная спектроскопия с графитовой кюветой

В атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в графитовой кюветой (ЭТААС) образец вводится непосредственно в графитовую кювету, которая затем нагревается по определенному алгоритму, состоящему из ряда температурных ступеней для удаления растворителя, матричных компонентов и, наконец, атомизации остающегося образца. Вещество с определяемым элементом атомизируется в кювете и атомы удерживаются в ней (и в световом пути, который проходит через кювету) в течение относительно долгого времени. В результате чувствительность и пределы обнаружения существенно улучшаются по сравнению с пламенным АА анализом.

Скорость анализа в графитовой кювете ниже, чем скорость пламенного анализа и перечень элементов, которые можно определить методом ЭТААС короче. Однако повышенная чувствительность метода ЭТААС и возможность анализа очень малых объемов образцов существенно расширяют возможности атомно-абсорбционного определения.

«Методом ЭТААС можно определять свыше 40 элементов в образцах объемом порядка микролитров и пределами обнаружения, которые в 100-1000 раз ниже пределов обнаружения пламенного АА-метода.»

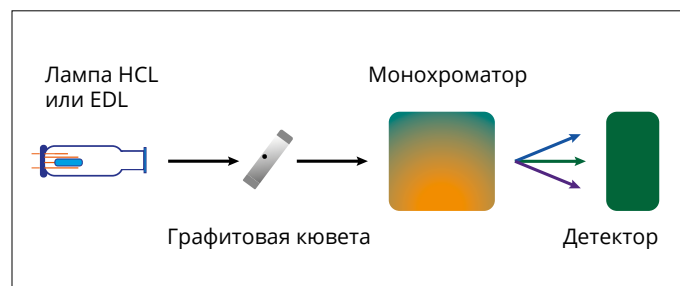


Рисунок 2. Упрощенная схема электротермической ААС системы с графитовой кюветой

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Периодическая таблица элементов. На странице 11 представлена таблица с пределами обнаружения различных атомно-спектральных методов по всем элементам.

Оптическая эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой

Индуктивно-связанная плазма (ИСП) - это плазменный разряд, возбуждаемый в токе аргона и поддерживаемый воздействием высокочастотного электромагнитного поля на ионизированный аргон. Температура плазмы может достигать 10000К, что позволяет полностью атомизировать вещество образца и уменьшить химические помехи при анализе.

Оптическая эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES, ИСП-ОЭС) - это метод измерения излучения, испускаемого элементами из пробы, вводимой в источник индуктивно-связанной плазмы. Измеренные эмиссионные сигналы затем сравниваются с сигналами, полученными для стандартов известной концентрации для последующего расчета концентраций элементов в исследуемом образце.

Разработано два способа отбора излучения от источника ИСП. В классической схеме прибора ИСП-ОЭС излучение регистрируется перпендикулярно току газов плазмы, такой способ называется радиальным обзором (рисунок 3а), при нем достигается самая высокая верхняя граница линейного диапазона измерений. Способ, при котором излучение регистрируется напрямую в центральном канале плазмы (рис. 3б), называется аксиальным (осевым) обзором, при нем достигается более низкий фон рассеянного излучения и увеличивается время экспозиции (время пролета частиц). За счет этого аксиальный обзор обеспечивает до 10 раз более низкие пределы обнаружения, по сравнению с радиальным обзором. Самые универсальные системы позволяют менять способ обзора в ходе анализа одного образца, обеспечивая наилучшие пределы обнаружения и наиболее широкий рабочий диапазон измерений.

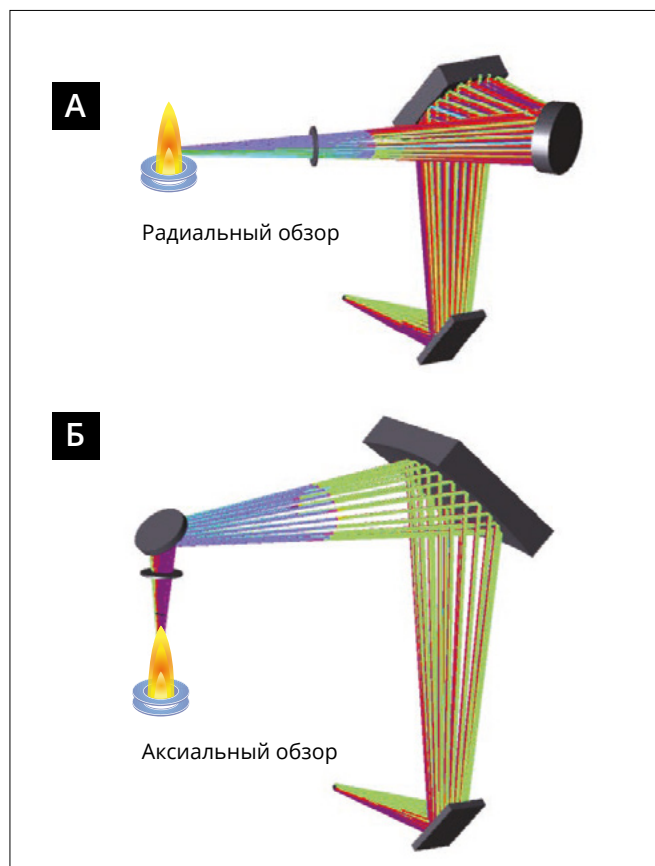


Рисунок 3. (а) Радиальный обзор плазмы с вертикальным профилем светового пучка, попадающего во входную щель спектрометра. (б) Аксиальный обзор плазмы с торцевым профилем светового пучка, попадающего во входную щель спектрометра.

Используемая в ИСП-ОЭС системах оптическая схема содержит спектрометр, который используется для разделения индивидуальных спектральных линий и фокусировки требуемых линий на детекторе (рисунок 4). В более старых схемах ИСП-ОЭС систем «прямого чтения» для регистрации предопределенных линий использовалась линейка фотоэлектронных умножителей. Это ограничивало число определяемых элементов, так как положение умножителей обычно фиксировалось при создании прибора. Системы последовательного типа могут регистрировать любую линию в спектре, сфокусировав ее на единственный детектор. Тем не менее, это позволяет регистрировать только один элемент в один промежуток времени и может сильно увеличивать время анализа.

В самых современных ИСП-ОЭС системах применяются твердотельные полупроводниковые детекторы (CCD – устройство связывания заряда), которые обеспечивают высокую гибкость приборов и устраняют необходимость использования большого количества фотоэлектронных детекторов.

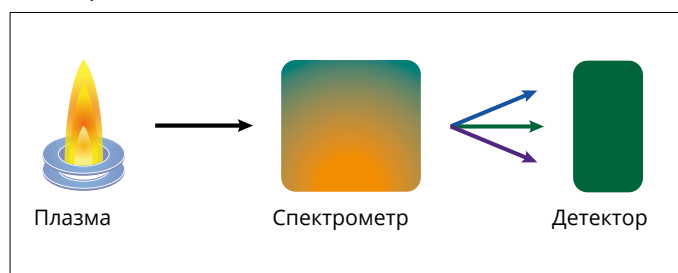


Рисунок 4. Упрощенная схема ИСП-ОЭС системы.

Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

В масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) источник ИСП используется для получения однозаряженных ионов из атомов образца, которые затем направляются в масс-спектрометр и разделяются по соотношению массы к заряду. Ионы с определенным отношением массы к заряду далее направляются к детектору, который регистрирует их количество (рисунок 5). В классических приборах из-за простоты, стабильности и скорости используется квадрупольный масс-спектрометр. Из-за сходства в способе ввода образца и в методах обработки данных, работа на ИСП-МС системе очень похожа на работу на ИСП-ОЭС системе.



Рисунок 5. Упрощенная схема ИСП-МС системы с универсальной ячейкой УСТ.

Метод ИСП-МС сочетает возможности многоэлементного анализа плазменных методов и исключительные пределы обнаружения, которые намного лучше пределов метода ЭТААС. Это один из немногих методов анализа, позволяющий определять в веществе изотопные концентрации и изотопные соотношения. При использовании в объединении с хроматографическим методом разделения (ВЭЖХ или ГХ) ИСП-МС позволяет выполнять количественные определения химических и ионных форм элементов, а не только общие концентрации.

Так как вещество образца непосредственно контактирует с детектором, есть некоторые ограничения на концентрацию матрицы в анализируемом образце. Обычно для ИСП-МС анализа содержание сухого остатка в исследуемых растворах не должно превышать 0,2% для долговременной работы и максимальной стабильности измерений. Между горелкой ИСП и масс-анализатором находятся несколько узлов, такие как конусный интерфейс и ионная оптика, которые нужно периодически очищать для поддержания приемлемых рабочих характеристик прибора. Кроме того, стоимость обслуживания выше в сравнении с ИСП-ОЭС системами.

Последние исследования в области ИСП-МС привели к появлению новых технологий для повышения надежности и стабильности ИСП-МС. Системы с ортогональными ионными линзами увеличивают способность ИСП-МС обрабатывать более высокие общие концентрации растворенных веществ и значительно улучшают долгосрочную стабильность для растворов с высоким содержанием матрицы. Контроль помех стал еще проще благодаря использованию запатентованной технологии универсальной ячейки УСТ, позволяющей работать как в столкновительном режиме (с использованием KED), так и реакционном режиме (DRC) на одном приборе, что позволяет аналитику выбирать наиболее подходящую методику для своих образцов.

Выбор метода анализа для решения ваших задач

Перед организаторами лабораторий стоит вопрос, какой из доступных спектральных методов наилучшим образом соответствует аналитическим задачам. По возможностям методы дополняют друг друга, и не всегда очевидно, какое решение будет оптимальным для определенных целей.

Выбор метода требует подробного рассмотрения ряда важных критериев, включая следующие:

- Пределы обнаружения
- Рабочий аналитический диапазон
- Производительность
- Качество результатов
- Затраты
- Аналитические помехи
- Простота эксплуатации
- Доступность проверенных методик

Чтобы помочь вам определиться с выбором некоторые критерии будут рассмотрены далее применительно к методам ААС, ЭТААС, ИСП-ОЭС и ИСП-МС. Говоря простым языком, ваш выбор может быть определен ответами на четыре вопроса, представленные в следующей таблице 1:

Пределы обнаружения

Пределы обнаружения, достигаемые для отдельных элементов, важны для эффективности того или иного метода в решении аналитической задачи. Без адекватных пределов обнаружения для проведения анализа могут потребоваться длительные и трудоемкие процедуры предварительного концентрирования.

На рисунке 6 представлены характерные диапазоны пределов обнаружения основных спектральных методов анализа. Полный список пределов обнаружения по каждому элементу методами ААС, ЭТААС, ИСП-ОЭС (в радиальном и аксиальном режиме) и ИСП-МС представлен в таблице на странице 11.

Рабочий аналитический диапазон

Рабочий аналитический диапазон определяется как диапазон концентраций, в котором возможно получение количественных результатов без необходимости повторно калибровать систему. Выбирая метод с рабочим аналитическим диапазоном (и пределами обнаружения) на основании ожидаемых концентраций элемента вы сокращаете анализ, так как образцы с различными уровнями концентраций анализируются вместе. Широкий рабочий аналитический диапазон позволяет упростить требования к пробоподготовке, уменьшая риск возможных ошибок.

Таблица 1. Выбор метода атомной спектроскопии

	ААС	ЭТААС	ИСП-ОЭС	ИСП-МС
Какое количество элементов?				
Один	■			
Несколько		■		
Много			■	■
Какие уровни концентрации?				
Многие мкг/л (ppm)	■		■	■
Доли мкг/л (ppb)		■	■	■
Доли мкг/л..пг/л (ppt)				■
Доли пг/л (ppq)				■
Какое количество образцов?				
Очень немного	■	■		
Немного	■	■	■	■
Много			■	■
Какой объем образца?				
> 5 мл	■	■	■	■
< 1-2 мл		■		■

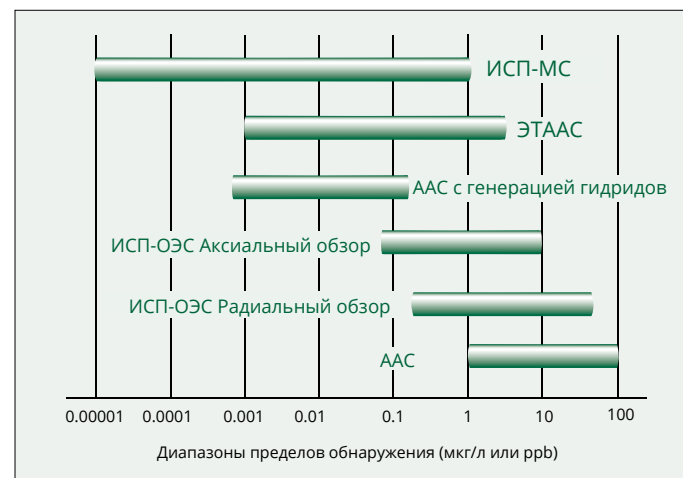


Рисунок 6. Характерные диапазоны пределов обнаружения для основных атомно-спектральных методов.

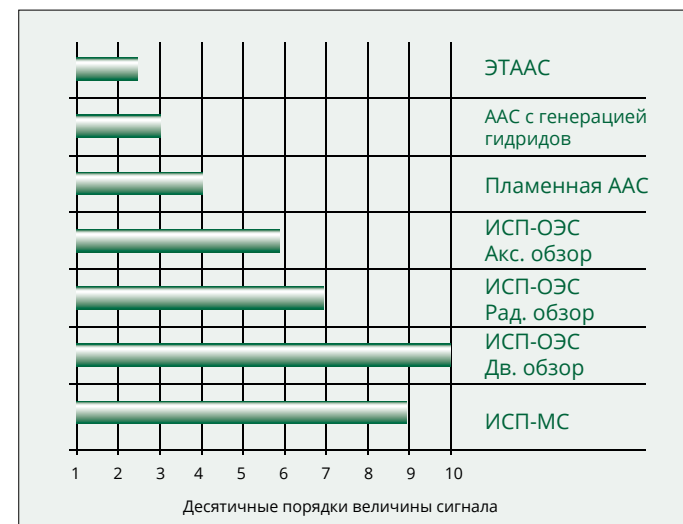


Рисунок 7. Характерные рабочие аналитические диапазоны для основных атомно-спектральных методов.

Производительность

Производительность определяется как число образцов, которые могут быть проанализированы или как число элементов, которые могут быть определены за единицу времени. Анализ вблизи пределов обнаружения или в тех случаях, когда требуется наилучшая точность, в большинстве методов занимает больше времени, нежели менее требовательные измерения. В случаях, где эти ограничения не ставятся, производительность анализа обуславливается числом определяемых в образце элементов и выбором самого аналитического метода.

- Пламенная атомная абсорбция – обеспечивает относительно высокую производительность при анализе большого количества образцов на ограниченное число элементов. На определение одного элемента обычно требуется всего лишь от 3 до 10 секунд. Несмотря на то, что, как правило, пламенный АА рассматривается как одноэлементный метод, он также иногда используется и для многоэлементного анализа.

- Электротермическая атомная абсорбция с графитовой кюветой – высокочувствительный метод, который обеспечивает низкие пределы обнаружения для многих элементов. Как и пламенный АА анализ, ЭТААС по существу является одноэлементным методом. Так как перед атомизацией образец нужно нагревать по определенной температурной программе для удаления растворителя и матрицы, метод ЭТААС имеет сравнительно низкую производительность. При анализе в графитовой кювете определение одного элемента в одном образце обычно занимает 2-3 минуты.

- ИСП-ОЭС – первый из многоэлементных методов анализа с исключительно высокой производительностью. Методом ИСП-ОЭС обычно можно определить более 73 элементов в минуту в одном образце. Тем не менее, когда необходимо определить только несколько элементов, ИСП ограничивается временем, необходимым для уравнивания плазмы с каждым новым образцом, - обычно на это уходит около 15-30 секунд.

- ИСП-МС также представляет собой многоэлементный метод анализа с теми же преимуществами и ограничениями, что и для ИСП-ОЭС. Методом ИСП-МС обычно можно определить более 73 элементов в минуту в одном образце, производительность зависит от таких факторов, как уровни концентраций и необходимая точность. Хотя метод ИСП-МС имеет широкий рабочий диапазон, верхняя граница линейного диапазона определяемых концентраций обычно располагается ниже таковой метода ИСП-ОЭС, вследствие чего может потребоваться разбавление некоторых образцов.

Затраты

Поскольку приборы для одноэлементного атомно-спектрального анализа (ПААС, ЭТААС) представляют собой менее сложные системы, обычно они стоят меньше приборов для многоэлементного анализа (ИСП-ОЭС и ИСП-МС). Между приборами, предназначенными для одного и того же вида анализа, также может быть существенная разница в стоимости в зависимости от конфигурации. Приборы, обладающие лишь основными функциями обычно менее дороги, чем более универсальные системы, которые зачастую предлагают и более высокий уровень автоматизации. На рисунке 8 представлено сравнение ценовых диапазонов для приборов основных атомно-спектральных методов.

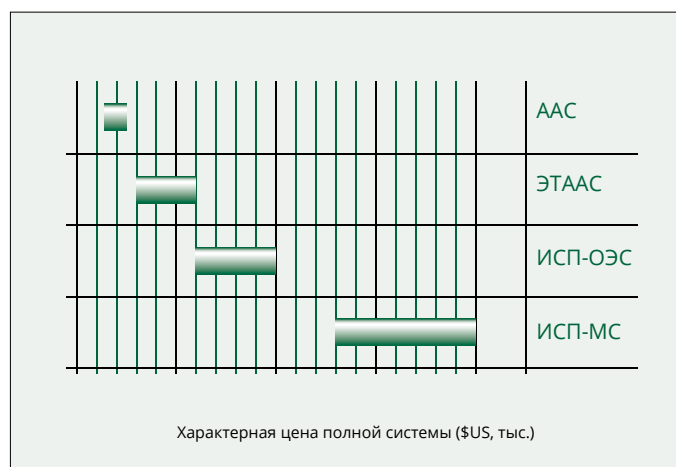


Рисунок 8. Характерные относительные диапазоны цен на атомно-спектральные системы.

Выбор системы для вашего анализа

Метод анализа	Преимущества	Ограничения	Приложения	Системы
ААС Пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия	- Очень прост в использовании - Широко распространен - Доступна обширная информация по приложениям - Относительно недорог	- Низкая чувствительность - Одноэлементный анализ - Невозможность автономной работы без оператора (горючий газ)	Идеален для лабораторий, анализирующих большое количество образцов на ограниченное число элементов; для определения основных компонентов и высоких концентраций элементов.	
ЭТААС Электро-термическая атомно-абсорбционная спектроскопия с графитовой кюветой	- Исключительные пределы обнаружения - Хорошо проработанные приложения - Возможна автономная работа без оператора	- Ограниченный рабочий аналитический диапазон - Производительность несколько ниже, чем у других методов	Идеален для лабораторий, определяющих ограниченное число элементов с высокими требованиями к пределам обнаружения.	
ИСП-ОЭС Оптическая эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой	- Наилучший многоэлементный спектральный метод в целом - Высокая производительность - Очень широкий аналитический диапазон - Хорошо разработанные приложения - Возможна автономная работа без оператора - Простота использования	Более высокие начальные вложения	Идеален для лабораторий, определяющих множество элементов при умеренном и высоком потоке образцов для анализа.	
ИСП-МС Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	- Исключительные возможности по многоэлементному анализу - Возможность изотопного анализа - Хорошо разработанные методы компенсации наложений - Быстро растущий объем информации по приложениям - Пределы обнаружения на уровне или лучше метода ЭТААС с гораздо более высокой производительностью - Возможна автономная работа без оператора	- Самые высокие начальные вложения - Разработка методик более сложна по сравнению с другими методами - Ограничение по валовому солевому составу растворов	Идеален для лабораторий, определяющих множество элементов при высоком потоке образцов; требующих прибор, способный определять низкие и ультранизкие концентрации элементов.	

После того, как вы найдете наилучшее решение для конкретно вашего приложения, ознакомьтесь с более подробной информацией о приборах.



Пламенный атомно-абсорбционный спектрометр PinAAcle 500

PinAAcle™ 500 обеспечивает превосходную износостойкость, продолжительный срок службы, снижение эксплуатационных расходов и быстрый возврат инвестиций по сравнению с аналогичным оборудованием. Кроме того, это первый в мире пламенный атомно-абсорбционный спектрометр, полностью защищенный от коррозии, предназначенный для работы в самых суровых условиях и с самыми агрессивными образцами. А благодаря интуитивно понятному и простому в использовании программному обеспечению Syngistix Touch™ вы сможете начать анализ всего за три клика.



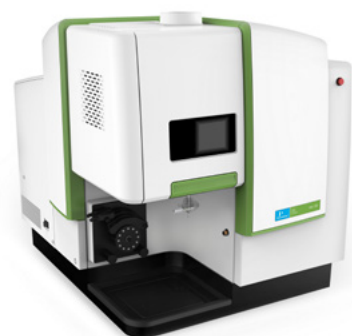
Атомно-абсорбционные спектрометры серии PinAAcle 900

Атомно-абсорбционные спектрометры серии PinAAcle™ 900 выводят характеристики АА на новый уровень. Доступные в моделях с пламенем, печью или в комбинации двух методов, приборы PinAAcle предлагают именно необходимый вам уровень производительности с наименьшей занимаемой площадью среди всех комбинированных систем пламенной и электротермической атомной абсорбции на рынке.



FIMS 100/400

FIMS - это компактные, простые в эксплуатации анализаторы ртути со встроенными проточно-инжекционными системами для метода холодного пара в атомной абсорбции. FIMS 100 включает в себя один перистальтический насос, в то время как FIMS 400 включает в себя два перистальтических насоса. Обе данных конфигурации приставки содержат высокоэффективную оптику с ртутной лампой низкого давления и солнцезащитный детектор для максимальной чувствительности.



ИСП-ОЭС системы Avio 200

Самый маленький ИСП-ОЭС спектрометр на рынке, Avio® 200 предлагает высокую производительность, эффективную работу, надежные результаты и низкую стоимость владения, обеспечивая: самое низкое потребление аргона по сравнению с любой системой ИСП-ОЭС, самый быстрый запуск, превосходную чувствительность и разрешение для всех значимых для вашего приложения элементов, а также самый широкий линейный диапазон с технологией двойного обзора.

ИСП-ОЭС системы Avio 500

Avio® 500 - это компактная система ИСП-ОЭС с двойным обзором для лабораторий с высокой загруженностью по образцам. Благодаря технологии вертикальной плазмы, прибор позволяет работать даже с самыми сложными матрицами без разбавления, обеспечивая производительность и быструю окупаемость ваших инвестиций.



ИСП-МС системы NexION 1000

NexION® 1000 - это идеальная система ИСП-МС для высокопроизводительных лабораторий, в которых проводятся рутинные, многоэлементные анализы на уровне следовых примесных содержаний, соответствующие нормативным стандартам. Прибор обеспечивает исключительную скорость, простоту эксплуатации и улучшенную эффективность лаборатории.



ИСП-МС системы NexION 2000

NexION® 2000 - это самая универсальная из систем на рынке ИСП-МС, в которой благодаря применению уникальных разработок достигаются лучшие рабочие характеристики для решения любой аналитической задачи: максимальное устранение интерференций для наилучших пределов обнаружения; высочайшая гибкость независимо от матрицы; самые низкие требования к обслуживанию для систем ИСП-МС.



Кросс-платформенное программное обеспечение Syngistix

Программное обеспечение Syngistix™, разработанное для согласованного взаимодействия с пользователем на платформах АА, ИСП-ОЭС и ИСП-МС компании PerkinElmer, отличается уникальным дизайном, который упрощает навигацию и помогает пользователю выполнять анализ - от настройки до сбора данных и представления отчетов. Гибкий и интуитивно понятный интерфейс Syngistix отражает ваш рабочий процесс с помощью задаваемой последовательности аналитических шагов слева направо. Другие преимущества включают в себя встроенные методы, опцию Enhanced Security™ для соответствия нормам строгого регулирования и модули для конкретных приложений ИСП-МС для отдельных частиц и отдельных клеток, а также автоматическую проверку методов для USP <233>.



Выбор системы для вашего анализа

Элемент	ААС	ААС с Hg-гидридной приставкой	ЭТААС	ИСП-ОЭС	ИСП-МС
Ag	1,5		0,005	0,6	0,00003
Al	45		0,1	1	0.00001*
As	150	0,03	0,05	1	0,0003
Au	9		0,15	1	0,00005
B	1000		20	1	0,0002
Ba	15		0,35	0,03	0,00002
Be	1,5		0,008	0,09	0,00009
Bi	30	0,03	0,05	1	0,000004
Br					0,04
C					
Ca	1,5		0,01	0,05	0.00005*
Cd	0,8		0,002	0,1	0,00006
Ce				1,5	0,00005
Cl					2
Co	9		0,15	0,2	0.000006*
Cr	3		0,004	0,2	0.00005*
Cs	15				0,00005
Cu	1,5		0,014	0,4	0.00003*
Dy	50			0,5	0,0002
Er	60			0,5	0,0001
Eu	30			0,2	0,00007
F					
Fe	5		0,06	0,1	0.0001*
Ga	75			1,5	0,00004
Gd	1800			0,9	0,0003
Ge	300			1	0.0004*
Hf	300			0,5	0,0003
Hg	300	0,006	0,6	1	0,001
Ho	60			0,4	0,00004
I					0,003
In	30			1	0,000003
Ir	900		3	1	0,00009
K	3		0,005	1	0,00004
La	3000			0,4	0,00004
Li	0,8		0,06	0,3	0,0000004
Lu	1000			0,1	0,00004
Mg	0,15		0,004	0,04	0,00001
Mn	1,5		0,005	0,1	0.00005*

Элемент	ААС	ААС с Hg-гидридной приставкой	ЭТААС	ИСП-ОЭС	ИСП-МС
Mo	45		0,03	0,5	0,00003
Na	0,3		0,005	0,5	0,00001
Nb	1500			1	0,000009
Nd	1500			2	0,0003
Ni	6		0,07	0,5	0.00006*
Os				6	0,00006
P	75000		130	4	0.6*
Pb	15		0,05	1	0.00001*
Pd	30		0,09	2	0,00008
Pr	7500			2	0,00003
Pt	60		2	1	0,00007
Rb	3		0,03	5	0,0002
Re	750			0,5	0,0003
Rh	6			5	0,00003
Ru	100		1	1	0,00002
S				10	0.5*
Sb	45	0,15	0,05	2	0,00003
Sc	30			0,1	0,001
Se	100	0,03	0,05	2	0.0003*
Si	90		1	10	0,1
Sm	3000			2	0,0002
Sn	150		0,1	2	0,00003
Sr	3		0,025	0,05	0,00002
Ta	1500			1	0,000006
Tb	900			2	0,00003
Te	30	0,03	0,1	2	0.0003*
Th				2	0,00005
Ti	75		0,35	0,4	0.00003*
Tl	15		0,1	2	0,000004
Tm	15			0,6	0,00003
U	15000			10	0,000005
V	60		0,1	0,5	0.00001*
W	1500			1	0,00002
Y	75			0,2	0,00002
Yb	8			0,1	0,0001
Zn	1,5		0,02	0,2	0.0001*
Zr	450			0,5	0,00002

Все пределы обнаружения приведены в микрограммах на литр; определялись в элементных стандартах в разбавленных водных растворах. Все расчеты пределов обнаружения основаны на 98%-ном доверительном интервале (3σ критерий).

Фактические пределы обнаружения могут варьироваться в зависимости от конфигурации системы, матриц и лабораторных условий.

Все пределы обнаружения атомно-абсорбционных методов были определены при оптимизированных для каждого индивидуального элемента параметрах анализа, включая использование EDL ламп во всех случаях, где это возможно. Анализ выполнялся на системах AA PerkinElmer.

Ртуть определялась методом анализа холодного пара, с применением анализаторов ртути FIMS-100 и FIMS-400. Предел обнаружения приставок FIAS-100 и FIAS-400 составляет 0,2 мкг/л для лампы с полым катодом и 0,05 мкг/л для EDL лампы.

Показанные пределы обнаружения гидридообразующих элементов были определены с использованием ртуть-гидридной приставки MHS-15.

Пределы обнаружения ЭТААС определены на системах AA PerkinElmer при введении 50 мкл образца в кюветы с интегрированной платформой при стабилизации температуры (режим STPF). Пределы ЭТААС определения могут быть улучшены за счет повторного введения образца в систему.

Для ИСП-ОЭС систем все пределы обнаружения были получены в условиях параллельного многоэлементного анализа в аксиальном режиме обзора на приборах с возможностью двойного обзора, с использованием циклонной распылительной камеры и концентрического распылителя.

Все измерения ИСП-МС были выполнены на ИСП-МС системах NexION с кварцевой системой ввода образца с использованием 1-секундных интервалов регистрации и не менее десяти реплик для каждого измерения. Пределы обнаружения измерялись в многоэлементных условиях в стандартном режиме, кроме случаев, обозначенных звездочкой (*). Пределы обнаружения, обозначенные звездочкой (*), были выполнены в чистом помещении с использованием реакционного режима с учетом наиболее подходящих условий для определяемого элемента.

Приложения атомно-спектральных методов в различных областях

Область	Типичное применение	Обычно применяемый метод		
		АА	ИСП-ОЭС	ИСП-МС
Сельское хозяйство	Почвы			
Биомониторинг	Биологические образцы			
Химия и химическая промышленность	Контроль качества/ контроль продукции			
Окружающая среда	Вода			
	Почва			
	Воздух			
Качество питания	Безопасность			
	Пищевая ценность			
Геохимия и горнодобывающая промышленность	Добыча и поиск месторождений			
	Исследовательская работа			
Нanomатериалы	Исследовательская работа			
Атомная промышленность	Малорадиоактивные отходы			
	Технологические воды			
Нефтехимическая промышленность	Передел нефти			
	Смазки и масла			
Фармацевтическая промышленность	Разработка лекарств			
	Контроль качества			
Возобновляемые источники энергии	Биотопливо			
	Солнечные батареи			
Полупроводниковая промышленность	Кристаллы			
	Высокочистые реактивы			
Анализ единичных клеток	Исследовательская работа			

Частота применения метода



Важность атомной спектроскопии в областях ее применения

Сельское хозяйство

Наличие микроэлементов в почве необходимо для роста растений. Атомная спектроскопия позволяет производить точный анализ почвы для подтверждения того, что концентрации металлов не достигают уровня, при котором возможно их чрезмерное накопление в продукции (животной и растительной).

Биомониторинг

Приборы для точных измерений металлов в биологических матрицах имеют жизненно важное значение при оценке воздействия на человека природных и синтетических химических веществ. Определение форм нахождения элементов также приобретает все большую важность, так как это дает дополнительную информацию о молекулярном и электронном состоянии элементов.

Химия и химическая промышленность

От анализа сырья и компонентов до контроля качества и проверки конечной продукции – производители химической отрасли промышленности нуждаются в точных аналитических методах, обеспечивающих безопасность и подтверждающих характеристики их продукции.

Окружающая среда

В сфере окружающей среды для нас критично отслеживать ее загрязнение тяжелыми металлами. Правильное определение концентраций этих металлов является обязательным условием для поддержания безопасности среды в плане чистоты воздуха, вод и почв.

Качество питания

Точное определение состава продуктов питания, их загрязнения или подлинности (точное географическое место происхождения) очень важно для подтверждения качества и соответствия нормативным требованиям.

Геохимия и горнодобывающая промышленность

Множество применений, от определения возраста и до исследования драгоценных металлов, — атомная спектрометрия предлагает быстрые и точные решения для широкого круга геологических изысканий, а также неоценимые инструменты для проверки потенциала рудоносных объектов для сокращения расходов, связанных с разработкой.

Нanomатериалы

Быстрое и точное описание свойств наночастиц приобретает большое значение вместе с растущим применением нанотехнологий в производстве потребительских товаров, промышленных изделий, биотехнологической продукции и медицинских препаратов. Независимо от того, существует ли необходимость решить экологическую проблему или применить производственное решение по контролю качества в процессах синтеза или разработки, существует растущая потребность в чувствительности для проведения точной работы.

Атомная промышленность

Находясь в условиях постоянного и тщательного контроля, атомные процессы требуют отслеживания с определенной точностью содержаний разных элементов. Атомная спектрометрия широко применяется для определения низких концентраций во всем, начиная от технологических вод и заканчивая малоактивными отходами.

Нефтехимическая промышленность

От нефтепереработки до широкого спектра применений, использующих смазочные материалы и масла, во многих отраслях промышленности требуется определение концентраций примесных металлов для мониторинга и контроля процессов, особенно в материалах, которые могут привести к деградации и загрязнению промышленного оборудования.

Фармацевтическая промышленность

Поиск лекарств, их разработка и производство – эти процессы базируются на элементном анализе, начиная от проверки исходных компонентов, через стадии синтеза, и завершая контролем качества продукции, так как загрязнения способны влиять на эффективность препарата и его метаболизм.

Возобновляемые источники энергии

При постоянном развитии все более экологичных технологий и источников энергии, существует все увеличивающаяся потребность в точном элементном анализе. К этим приложениям относятся: контроль качества и проверка партий биотоплива, анализ микропримесей в солнечных элементах для обеспечения их оптимального качества.

Полупроводниковая промышленность

Определение все более низких концентраций в разнообразных материалах – быстро и доступно – стало необходимостью в условиях неуклонно усиливающейся конкуренции в полупроводниковой промышленности.

Анализ отдельных клеток

Перенос определяемых элементов внутрь клетки или наружу играет важную роль во многих биологических процессах. Система ИСП-МС NexION 2000 регистрирует сигнал, возникающий при попадании отдельных клеток в ИСП, что позволяет ученым изучать клеточное поглощение лекарств, содержащих гетероатомы, и делать выводы об эффективности препаратов.

Вспомогательное оборудование для атомной спектроскопии

PerkinElmer позволяет легко получить максимальную отдачу от ваших систем АА, ИСП-ОЭС и ИСП-МС с полным набором аксессуаров, предназначенных для оптимизации производительности, оптимизации рабочего процесса и получения более быстрых и более точных результатов.



Автодозаторы S10 и S20

Управляемый компьютером автодозатор S10 является многоцелевой системой отбора проб для АА, ИСП-ОЭС или ИСП-МС, упрощающей ввод стандартов для калибровки и образцов для анализа, расширяя возможности вашего спектрометра до возможностей полностью автоматизированной аналитической рабочей станции. В дополнение к S10, доступны и другие возможности автоматического отбора проб для удовлетворения потребностей вашего приложения.



Серия S20 - это новое поколение высокопроизводительных и надежных автодозаторов, разработанных PerkinElmer для приборов атомной спектроскопии. Серия включает две модели: S23 с тремя штативами образцов и S25 с пятью штативами образцов. Они имеют дополнительный ряд позиций для стандартов. Новые автодозаторы предназначены для удовлетворения потребностей всех типов лабораторий, благодаря своей вместительности, скорости и простоте использования.

Система микроволнового разложения проб Titan MPS

Легкая загрузка и простое использование - Titan MPS™ обеспечивает простую, безопасную и экономически эффективную микроволновую пробоподготовку, оптимизируя производительность благодаря постоянному мониторингу и регулированию условий разложения во время работы. Доступны две конфигурации: 8-позиционная с сосудами высокого давления объемом 100 мл; и 16-позиционный с сосудами стандартного давления емкостью 75 мл.



Блоки подготовки проб SPB

При проведении рутинной пробоподготовки блоки SPB идеально подходят для любого метода разложения / нагрева в открытом сосуде, требующего температуры ниже 180 ° C.



FIAS 100/400

FIAS - это полностью интегрированные и автоматизированные проточно-инжекционные системы анализа ртути и/или гидридообразующих элементов, позволяющие обеспечить автоматизацию и обработку проб для АА и ИСП, значительно повышая производительность и возможности лаборатории. FIAS 100 включает в себя один перистальтический насос; в то время как FIAS 400 включает в себя два перистальтических насоса.



Ртуть-гидридная система MHS-15

Ртуть-гидридная система MHS-15 применяется для достижения высокой чувствительности при определении ртути и гидридообразующих элементов, таких как As, Se, Sb, Te, Bi и Sn с помощью ААС. Система MHS-15 включает комплект с реакционным сосудом и кварцевой ячейкой. Анализатор является автономным и располагается рядом с отсеком для ввода образцов АА спектрометра.

Расходные материалы для атомной спектроскопии

Расходные материалы, разработанные специально для ваших приборов

Мы предлагаем широкий выбор расходных материалов высшего качества, предназначенных для работы с вашими приборами АА, ИСП-ОЭС и ИСП-МС компании PerkinElmer. Наши высокоточные продукты обеспечивают уверенность в ваших результатах.

Графитовые кюветы для АА - разработаны в соответствии с высочайшими требованиями к качеству, с использованием базового графитового материала высокой плотности, эксклюзивного для PerkinElmer.

Лампы для АА - лампы с полым катодом Lumina™ HCL или безэлектронные газоразрядные лампы System 2 EDL, разработанные и протестированные на наших АА спектрометрах для обеспечения высочайшей производительности.

Распылители для АА - доступны варианты из нержавеющей стали и для высокой чувствительности, устойчивые к коррозии, и все они изготовлены в соответствии со строгими стандартами для обеспечения максимальной чувствительности.

Инжекторы для ИСП/ИСП-МС - большой выбор различных размеров и материалов (глинозем, кварц, сапфир) для удовлетворения всех потребностей применения.

Распылители для ИСП/ИСП-МС - доступны в различных материалах (стекло, кварц, PFA и HF-стойкие), чтобы соответствовать требованиям ваших задач.

Распылительные камеры для ИСП/ИСП-МС - неотъемлемая часть системы ввода проб, каждый тип которой тестируется для обеспечения наилучшей производительности и аналитических результатов.

Горелки для ИСП/ИСП-МС - изготовлены из лучших материалов для оптимальной производительности и разработаны специально для вашего инструмента.

Конусы для ИСП-МС - прецизионные разработки для лучших аналитических результатов. Сэмплер и скиммер конусы обеспечивают превосходную долговременную стабильность.

Проверенные стандарты - от неорганических водных до металлоорганических материалов, выбирайте из широкого спектра стандартных растворов, сертифицированных и протестированных для обеспечения исключительного качества и надежности.

Системы пробоподготовки - будь то использование нашей микроволновой системы разложения Titan MPS, наших блоков подготовки образцов SPB или и того, и другого, вы можете воспользоваться полным набором расходных материалов, которые обеспечат успешную подготовку проб.



Графитовые кюветы



Lumina™ Лампа
с полым катодом



Распылитель
MEINHARD® Plus



Циклонная распылительная
камера

Оригинальные расходные материалы PerkinElmer можно найти по адресу:
www.perkinelmer.com/supplies

САМОЕ НАДЕЖНОЕ ИМЯ В ЭЛЕМЕНТНОМ АНАЛИЗЕ



Более 50 лет компания PerkinElmer находится на переднем плане в области технологий неорганического анализа. Производя универсальную линию приборов, включающую пламенные ААС системы, высокопроизводительные ЭТААС системы, гибкие ИСП-ОЭС системы и самые мощные системы ИСП-МС, мы можем предложить вам идеальное решение, независимо от специфики ваших применений.

Мы внимаем строгим и изменчивым требованиям покупателей и рынков, на которых мы работаем. И мы предлагаем комплексные решения, которые оптимизируют и упрощают весь процесс целиком – от взятия образца и его анализа до представления результатов измерений.

Воплотившись в десятках тысяч установленных систем повсюду в мире, приборы PerkinElmer выполняют неорганический анализ каждый час, день за днем. За этой обширной сетью приборов стоит самый большой и представительный аппарат технического обслуживания и поддержки. Пройдя обучение на производстве и работая в 150 странах, мы заслужили репутацию – за безотказную, личную и ответственную помощь на самом высоком уровне в нашей области.

Больше информации о наших аналитических решениях в области атомной спектроскопии на сайте нашего официального представителя в России, странах СНГ, Грузии и Монголии, компании Шелтек АГ: www.scheltec.ru



SchelTec
Total Laboratory

Компания Scheltec AG - официальный представитель
PerkinElmer Inc. в странах СНГ, Грузии и Монголии

Тел.: +7 495 935 8888

www.scheltec.ru