

действует с веществом. Хотя такой А. «спасает» СР-симметрию, его непосредств. эксперим. проявления должны быть исчезающе малыми.

Лит.: Аусельм А. А., Уралцев Н. Г., Аксион, в кн.: Материалы 18 зимней школы ЛИЯФ, Л., 1982; Weinberg S., A new light boson?, «Phys. Rev. Lett.», 1978, v. 40, p. 223; Wilczek F., Problem of strong P and T invariance in the presence of instantons, там же, p. 279. М. И. Высоцкий.

АКСИОН (от лат. axis — ось) — геом. место мгновенных осей вращения при движении твёрдого тела вокруг неподвижной точки (см. *Вращательное движение*) или мгновенных винтовых осей в общем случае движения твёрдого тела (см. *Винтовое движение*).

АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ — метод определения состава вещества, основанный на активации атомных ядер и исследовании радиоакт. излучения, возникающего вследствие изменения нуклонного состава или энергетич. состояния ядер. А. а. — наиб. распространённый ядерно-физ. метод определения состава вещества. Впервые предложен Д. Хевеши (G. Hevesy) и Г. Леви (Levi) (1936). Образец облучается потоком

частиц или γ -квантов (активация). В результате ядерных реакций часть ядер превращается в радиоактивные или возбуждённые. Идентификация элементов и количеств. анализ производится путём измерения интенсивности и энергии излучений, а также по периоду полураспада радиоакт. ядер. Т. к. в основе А. а. лежат ядерные процессы, то результаты А. а. не зависят от того, в какое хим. соединение входят атомы определяемых элементов, но чувствительны к изменению изотопного состава элементов.

Количеств. определение состава вещества при А. а. основано на том, что при наблюдении нек-рых условий активность образовавшегося радионуклида (в аналитич. изотопе) пропорц. кол-ву ядер исходного нуклида определяемого элемента. При пост. плотности потока Φ активирующего излучения и пренебрежимо малом уменьшении числа n ядер определяемого элемента за время облучения активность A радионуклида в момент t после конца облучения равна:

$$A(t) = \xi n \sigma \Phi (1 - e^{-\lambda t_{\text{обл}}}) e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где σ — сечение реакции, используемой для образования аналитич. изотопа, ξ — доля исходного изотопа в естеств. смеси изотопов, λ — постоянная распада аналитич. изотопа, $t_{\text{обл}}$ — время облучения образца. Отсюда масса анализируемого элемента:

$$m = \frac{Mn}{N_A} = \frac{MA(t) e^{\lambda t}}{N_A \xi \sigma \Phi (1 - e^{-\lambda t_{\text{обл}}})}, \quad (2)$$

где M — атомная масса элемента, N_A — число Авогадро.

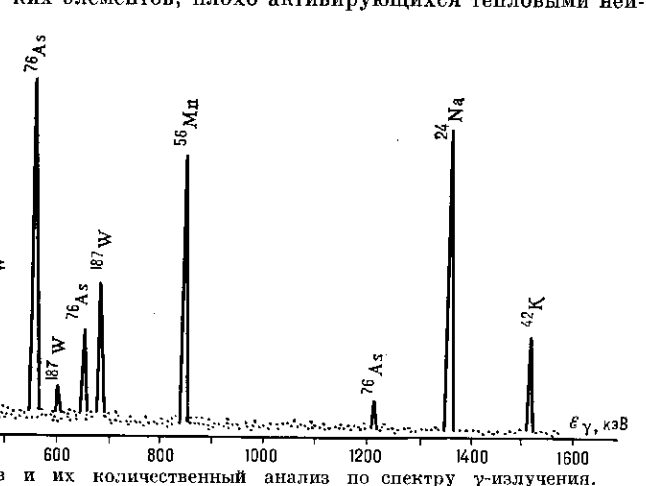
Точность анализов, основанных на (2), составляет 20—50%. Более распространённым является относит. метод измерений, при к-ром активность образца A_x сравнивается с активностью эталона A_3 , содержащего известное кол-во определяемого элемента и облучённого в идентичных условиях с образцом. Искомая величина m_x находится (точность 1—10%) из соотношения

$$m_x = A_x m_3 / A_3. \quad (3)$$

А. а. подразделяется по виду активирующего излучения на нейтронно-активационный, гамма-активационный, анализ на заряд. частицах (протонах, дейтронах, α -частицах и тяжёлых ионах). Наиболее распространены первые два метода. А. а. на заряд. частицах, в связи с их малыми пробегам в веществе, используется гл. обр. для анализа тонких слоёв и при изучении поверхностных явлений (адсорбции и др.).

Широкое распространение нейтронно-активационного анализа обусловлено его высокой чувствительностью, связанной с большим сечением реакции захвата ядрами тепловых нейтронов и наличием мощных источников нейтронов (ядерные реакторы, ускорители и др.). Чувствительность (предел обнаружения) большинства элементов при использовании нейтронных потоков $\sim 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ составляет 10^{-5} — 10^{-10} %. Предел обнаружения $\sim 10^{-4}$ — 10^{-6} %, достаточный для решения многих задач, может быть получен при использовании ампульных нейтронных источников (калифорниевого, сурьмяно-бериллиевого). Анализ лёгких элементов, плохо активирующихся тепловыми ней-

тронами (С, N, O), производится с помощью быстрых нейтронов, получаемых на ускорителях и нейтронных генераторах, а также γ -излучения.



Для γ -активационного анализа используется *тормозное излучение* высокой интенсивности (10^{14} — 10^{15} квант/с), получаемое на электронных ускорителях. *Фотоядерные реакции* позволяют активировать практически все элементы периодич. системы элементов с пределом обнаружения $\sim 10^{-4}$ — 10^{-7} %.

Различают т. н. инструментальный А. а., состоящий в измерении активности облучённого образца (без его разрушения) методами ядерной спектрометрии, и более точный А. а. с использованием хим. реакций для отделения аналитич. изотопов от др. ядер, активность к-рых препятствует измерениям. Измерение активности производится с помощью детекторов частиц. Наилучшие результаты дают γ -спектрометры высокого разрешения с использованием полупроводниковых детекторов, обладающих энергетич. разрешением до неск. десятых долей КэВ (рис.). Для анализа полученных спектров и обработки результатов измерений применяются многоканальные анализаторы, микропроцессоры, ЭВМ, позволяющие в совокупности с автоматич. системой перемещения образцов полностью автоматизировать процесс (см. *Автоматизация эксперимента, Ядерная электроника*).

Гл. достоинства А. а.: возможность определения малых содержаний элементов в разл. объектах и проведение массовых экспрессных анализов образцов. А. а. применяется для определения примесей в сверхчистых материалах (в реакторостроении и электронной промышленности), содержания микроэлементов в биол. объектах при экологич. и медицинских исслед.