Реферат

Использование достижений современной ядерной физики

**Введение**

*Ядерная физика* — относительно молодая наука, но темпы ее развития настолько высоки, что уже сегодня достижения физиков-ядерщиков поражают своей масштабностью.

Благодаря ядерной физике промышленность вооружилась атомными электростанциями и реакторами для опреснения воды и получения трансурановых элементов. Кроме того, были изобретены источники γ-излучения для дефектоскопии, активационный анализ для экспресс-определения примесей в сплавах, угле и т. д. Огромное значение имеют изотопные источники тока и тепла. Их применяют для энергоснабжения труднодоступных районов и автоматических станций (например, метеорологических или спутников Земли). Источники γ-излучения применяются для автоматизации различных операций (например, измерение плотности среды, толщины слоя угольного пласта и т. д.). В сельском хозяйстве нашли применение установки для облучения овощей и фруктов с целью предохранения их от гниения и плесени. Кроме того, разработаны способы выведения новых сортов растений путем генетических трансмутаций. Неоценима помощь ядерной физики в геологии, медицине, биологии и многих других областях знаний, так как с ее помощью можно получать невероятно точные и быстрые результаты. Однако Чернобыльская катастрофа поставила под сомнение идею использования ядерной энергии как оптимальной альтернативы природным источникам энергии. Кроме того, с каждым годом все острее встает проблема захоронения ядерных отходов, а ядерное оружие до сих пор остается одним из опаснейших видов вооружения. Участившиеся в последнее время техногенные катастрофы поставили перед учеными новую задачу — научиться использовать ядерную физику, максимально обезопасить окружающую среду и человека от возможных негативных последствий.

**Ядерная физика в химии**

ядерный физика химия геология

Основное применение радионуклидов и радиоактивного излучения в химии — область анализа качественного и количественного состава вещества. Эта отрасль химического знания получила название *радиоаналитической химии.* До открытия искусственной радиоактивности число радионуклидов, которые были бы пригодны для применения в анализе, было очень ограничено. Однако со временем были разработаны радиоаналитические методы, базирующиеся на измерении радиоактивности, причем естественные радиоактивные элементы использовались в качестве реагентов, взаимодействующих с другими веществами. Гораздо шире радионуклиды стали применяться в анализе только после налаживания производства требуемых искусственных радионуклидов в ядерных реакциях. Это и дало толчок к развитию радиоаналитической химии. Радиоаналитическая химия, возникшая на стыке аналитической химии и прикладной радиохимии, использует, при качественном и количественном анализе веществ ядерные характеристики соответствующих нуклидов. Методы радиоаналитической химии позволяют определить вещества, обнаруживая и измеряя ядерное или характеристическое рентгеновское излучение. Причем это излучение может испускать как само исследуемое вещество, так и его радиоактивный изотоп. Изотопы могут присутствовать в веществе, добавляться к нему или возникать в результате активации. Кроме того, возможна ситуация, когда излучение возникает в результате различных процессов, происходящих с веществом (отражение, поглощение, рассеяние и т. д.). Доказано, что интенсивность излучения прямо пропорциональна концентрации исследуемого вещества. Поэтому наибольшее применение радиоаналитические методы имеют прежде всего в количественном анализе. Гораздо реже используются методы радиохимического качественного анализа, позволяющие определить неизвестный источник излучения по периоду полураспада, типу и энергии испускаемого излучения. Все методы радиоаналитической химии можно разделить на две группы:

— радиохимический анализ;

— радиоаналитические методы. *Радиохимический анализ* используется для изучения систем естественных и искусственных радионуклидов. К группе *радиоаналитических методов* относятся главным образом индикаторные методы. Они основываются на том, что в анализируемый материал вводится радиоактивный изотоп определяемого элемента (или его соединение) в известном количестве и с известной активностью. К индикаторным методам относятся:

— метод изотопного разбавления;

— радиоиммунологический анализ;

— методы радиоактивных реагентов. К радиоаналитическим методам принадлежит также активационный анализ. Он базируется на изучении радионуклида, возникшего в анализируемом образце непосредственно в результате ядерной реакции. С точки зрения практического проведения эксперимента этот метод значительно сложнее индикаторного Существуют также неактивационные методы анализа. В их основе лежат явления поглощения и рассеяния разных видов излучений (α-, β-, *γ-,* нейтронного и др.) при их прохождении через анализируемое вещество. Другими словами, неактивационные методы используют процессы взаимодействия излучения с веществом.

**Ядерная физика в археологии**

На первый взгляд, ядерная физика не может иметь ничего общего с археологией — наукой, изучающей историю человечества, опираясь на найденные материальные ценности (орудия труда, предметы искусства). Однако перед археологами постоянно стоит проблема — как определить точный возраст находки? Ответить на этот вопрос можно, во-первых, опираясь на письменные источники, а во-вторых — с помощью радиоуглеродного метода хронологической маркировки ископаемых находок органического происхождения. Изобретатель этого метода Либби был удостоен Нобелевской премии по физике. Сущность метода заключается в измерении остаточной радиоактивности А найденного предмета и сравнения ее с некоторым стандартным значением А0. Существует строгая зависимость между возрастом предмета и величиной остаточной радиоактивности, что позволяет точно установить возраст находки, т. е. чем сильнее отличается А от А0, тем старше предмет. Приведем теоретическое обоснование данного метода. Как известно, в процессе жизнедеятельности растения усваивают из воздуха С02. Основная часть углерода, входящего в состав углекислоты — это изотопы 12С (99%) и 13С (= 1%), однако кроме них в состав С02 входит очень малая (порядка 10-10% ) примесь радиоактивного углерода 14С*,* который возникает в результате ядерной реакции в атмосферном азоте:

714*N+*10*n*―›*146C+*11P*.*

Содержание 14С в атмосфере практически не изменяется со временем, поэтому процентное содержание *14С* в живом растении неизменно.

Период полураспада для 14С:

τ1/2 (14С) = 5 000 лет.

Таким образом, измерив радиоактивность предмета и сравнив ее со стандартной величиной, можно определить время его изготовления.

Аналогично определяется и дата смерти живого существа. Измерение радиоактивности останков базируется на том, что в течение жизни животное имеет постоянное число ядер 14С на 1 г углерода; травоядные животные получают 14С из растений, а плотоядные — поедая травоядных.

Несмотря на простоту и относительную универсальность, этот метод имеет ряд недостатков, которые приводят к тому, что анализ становится очень трудоемким.

Так, существует опасность загрязнения образца более молодым углеродом. Учитывая микроколичества 14С, можно предположить, что даже незначительные количества молодого углерода могут привести к огромным погрешностям (например, 0,1% молодого углерода увеличивает радиоактивность образца вдвое, тогда вычисленный возраст образца окажется меньше истинного на период полураспада 14С, т. е. на 5 000 лет). Для того чтобы избежать этой проблемы, разработаны специальные способы очистки образцов от загрязнения молодым углеродом. Ведь именно степень очистки, а точнее — остаточное загрязнение молодым углеродом определяет верхнюю границу применения радиоуглеродного метода.

Еще одной проблемой в применении этого метода служит то, что содержание радиоактивного и нерадиоактивного углерода в атмосфере колеблется в пределах нескольких процентов в зависимости от места и времени измерения.

Например, после взрыва водородной бомбы возникает избыток радиоактивного углерода, а при сжигании больших количеств топлива (каменный уголь, нефть) в промышленных районах наблюдается резкое увеличение содержания нерадиоактивного углерода. Стандартным показателем радиоактивности в этом случае выступают годичные кольца многолетних деревьев.

Дело в том, что радиоактивность годичного кольца отражает радиоактивность окружающей среды в том году, когда это кольцо образовалось. Таким образом, учитывая распад 14С во времени, можно с высокой точностью установить возраст археологической находки.

**Ядерная физика в медицине**

Способность атомных ядер испускать γ-кванты дало возможность использовать их в различных отраслях медицины, и в первую очередь — в диагностике, лечении и исследовании функций разных органов. Малые размеры ядер позволяют им беспрепятственно проникать в любые уголки организма, а непрерывное испускание излучения позволяет точно определить их местоположение. Рассмотрим ряд методов, позволяющих проводить диагностику органов человека. В большинстве случаев они основаны на способности организма накапливать в тканях некоторые химические элементы. Так, например, костная ткань выделяет из организма и накапливает фосфор, кальций и стронций, щитовидная железа — йод, печень — красители и т. д. При этом больной и здоровый органы характеризуются разной скоростью накопления веществ. Особо широкое применение нашел γ-радиоактивный изотоп йода 131J. Его используют при диагностике отклонений щитовидной железы. Здоровая щитовидная железа накапливает до 10% введенного йода в течение двух часов. Если же активность железы повышена (т. е. за то же время она накапливает гораздо больше йода) или понижена, то налицо нарушение нормального режима ее функционирования, т. е. болезнь. Количество накопленного железой йода определяется γ-счетчиками, улавливающими γ-излучение радиоактивного изотопа. Для здорового органа существует оптимальная интенсивность излучения по прошествии определенного времени. Сравнивая это значение с полученным экспериментально, можно сделать вывод о состоянии органа. Исследование работы печени также можно проводить с помощью изотопа 131J, если пометить им специальный органический краситель бенгал-роз. Этот метод базируется на том, что введенная в организм (точнее, в кровь) краска выводится только через печень. Скорость перехода краски из крови в печень, время задержки в печени и скорость выведения из печени во внешнюю среду определяются состоянием печени. Если скорости перехода и выведения уменьшаются, а время задержки увеличивается, это сигнализирует о заболевании печени. Изменение концентрации красителя в печени устанавливают, регистрируя γ-счетчиком интенсивность излучения изотопа 131J. Этот метод можно применять и для диагностики заболеваний почек, но используя другой препарат. Радионуклиды используются для выявления злокачественных образований в различных органах. Диагностика онкологических заболеваний основана на том, что клетки опухоли накапливают радиоактивный препарат иначе, чем здоровые ткани. Некоторые изотопы (например 32Р) накапливаются в опухолевых клетках гораздо активнее, чем в здоровых. Причина состоит в том, что соединения фосфора являются богатым источником энергии, которая необходима для роста злокачественных тканей. Для выявления опухолей также используются радиоактивный йод 131J и коллоидное золото 198Аu. Фосфор 32Р в основном используют для диагностики опухолей, возникающих около поверхности тела или в легкодоступных местах (кожа, мягкие ткани конечностей, гортань, пищевод и т. д.). Это продиктовано тем, что пробег (5-частицы, испускаемой фосфором, не превышает 8 мм. В отличие от фосфора, радиоактивные йод и золото испускают γ-излучение, способное легко пронизывать ткани тела человека, поэтому они используются в диагностике опухолей внутренних органов. Радиоактивный изотоп можно вводить в организм путем инъекций с физиологическим раствором (198Аu) или в составе веществ, которые хорошо поглощаются диагностируемым органом (l3lJ вводят вместе с бенгал-роз для оценки состояния печени, вместе с дийодофлуоресцеином или альбумином — для мозга и т. д.). Кроме того, с помощью радионуклидов изучают пути и способы выведения из организма отравляющих веществ, усвоение и выведение лекарственных препаратов, поведение микроорганизмов (меченые микробы в эпидемиологии) и т. д. Широко известен метод лучевой терапии, базирующийся на воздействии излучением либо на нервную систему, либо непосредственно на заболевший орган. Применение этого метода возможно благодаря тому, что клетки злокачественного образования более чувствительны к облучению, чем обычные клетки. Единственным непреодолимым недостатком воздействия радионуклидов на организм является то, что радиоактивное излучение вызывает ионизацию атомов и молекул всех веществ, образующих организм. Полученные ионы реагируют с молекулами всех тканей, в том числе и здоровых, что приводит к нарушениям в обмене веществ и приостанавливает размножение клеток (в том числе и здоровых). Поэтому в случаях использования лучевой терапии особое внимание уделяется тому, чтобы максимально оградить здоровые ткани от воздействия облучения.

**Ядерная физика в геологии**

Нетрудно предположить, что залежи минералов, обладающих естественной радиоактивностью, обнаружить несложно. Методы их обнаружения сводятся к регистрации их излучений, причем для предварительной разведки достаточно анализа, проведенного с самолета. Однако ядерная физика помогает решать и более сложные задачи; а именно — обнаруживать месторождения минералов, которые не имеют естественной радиоактивности. В этом случае разведка ископаемых проводится нейтронами и γ-квантами, а иногда и электронами. Если породу облучать γ-квантами, то будет происходить рассеяние и поглощение излучения породой. Поглощение γ-квантов приводит к образованию нейтронов, регистрируя интенсивность которых можно сделать выводы о характере породы. Важную информацию несут также интенсивность рассеянных γ-квантов и степень их поглощения. Например, по рассеянию и поглощению γ-излучения судит о влажности и плотности породы, по числу образующихся нейтронов — о содержании в породе бериллия, а в воде — дейтерия. Что касается облучения нейтронами, то здесь объем информации, которую можно получить, гораздо больше, чем в предыдущем методе. В породе нейтроны могут испытывать последовательные упругие и неупругие соударения с атомными ядрами. Процессы, происходящие при этом, существенно различаются, что позволяет разработать методы распознавания большого количества атомных ядер, а значит точно определять свойства ископаемых. Рассмотрим подробней, какие процессы имеют место при взаимодействии нейтронов с ядрами атомов. В результате неупругих взаимодействий идут реакции поглощения нейтрона с испусканием протона, α-частицы или антинейтрона. Это приводит к возникновению новых — радиоактивных — ядер и частиц. Нейтрон при этом может либо перейти в состав образующегося ядра, либо лишиться части своей энергии. Упругое рассеяние приводит к замедлению нейтрона (т.е. он теряет свою энергию постепенно) в процессе перемещения по породе. В результате нейтрон либо превращается в тепловой нейтрон, либо поглощается ядром атома. Параметрами, характеризующими среду, в этом случае выступают интенсивность рассеянных нейтронов, время замедления быстрого нейтрона и расстояние, которое он пройдет за это время. Тепловой нейтрон (т. е. нейтрон, кинетическая энергия которого в результате соударений сравнялась с энергией теплового движения атомов) будет перемещаться но породе до тех пор, пока не поглотится атомным ядром. При этом свойства среды определяют интенсивность тепловых нейтронов, время жизни и путь, пройденный ими до поглощения. Часто эти данные используются для определения содержания в среде водорода (вода, нефть) и солей. В результате поглощения медленных и тепловых нейтронов происходит излучение γ-кванта и образование искусственно-радиоактивных ядер. Параметрами, зависящими от свойств среды, являются характер радиоактивности ядер (β, γ), период полураспада, интенсивность испускаемых частиц и их энергия. В силу того что расстояние, которое частица проходит в породе, достаточно мало, необходимо, чтобы источник излучения, детектор и исследуемая среда находились на расстоянии не более нескольких десятков сантиметров. Поэтому основной областью применения этой методики является исследование нефтяных, газовых, угольных, рудных и др. скважин. Этот метод исследования носит название *радиоактивного каротажа скважин.* Для его осуществления в скважину опускают глубинный прибор, состоящий из источника и детектора излучения, которые разделены экраном. Комбинируя источники (γ или *п)* и детекторы (γ или *п),* можно моделировать и изучать любой из процессов взаимодействия, γ-излучения и нейтронов с ядрами. На основе этого выделяют, *n*-*n*-каротаж, γ-γ-каротаж, γ-*n*-каротаж и т. д. Существует также γ-каротаж, с помощью которого можно определять фоновую радиоактивность γ-радиоактивных пород. В качестве источников γ-квантов используют искусственно-радиоактивные изотопы кобальта, цезия и др., в качестве источников нейтронов — Ро-Ве- или Pu-Be-источники и испульсные нейтронные генераторы. Использование каротажа позволяет точно определить вид ископаемого. Например, γ-γ-каротаж выделяет угольные пласты, *п-п-* и *n*-у-каротаж дают возможность выделять водородсодержащие пласты (т. е. породы, насыщенные водой или нефтью) и породы, которые способны усиленно поглощать нейтроны (бор, хлор и т. д.). Если же два последних метода применять совместно, то можно различать воду и нефть, т. к. подземная вода обычно сильно засолена (содержит NaCl и другие соли). Следует отметить, что полезными ископаемыми богато дно морей и океанов. Разведка этих залежей стала намного проще и эффективнее благодаря методам, основанным на ядерных реакциях. Облучение поверхности дна океана нейтронами сообщает ядрам атомов, входящих в состав грунта, наведенную радиоактивность. Обнаруживается она с помощью γ-детектора. Ядерный состав породы при этом определяется благодаря тому, что энергия испускаемых разными ядрами γ-квантов и период полураспада — индивидуальные характеристики атома определенного вида.

**Заключение**

В самом конце XIX столетия, занимаясь довольно хорошо известным в то время процессом люминесценции, Беккерель неожиданно наткнулся на совершенно новое явление - радиоактивность. Природа преподнесла исследователю подарок - позволила заглянуть в новый, неизведанный мир субатомной физики. Перед исследователями, которые работали в этой области в XX веке, открылся совершенно иной мир, со своими закономерностями, так не похожий на привычный мир, описываемый классической физикой. Оказалось, что установленные новые законы работают не только на очень малых расстояниях, но и определяют физические явления, происходящие в колоссальных масштабах Вселенной. XX век принес много неожиданностей и вряд ли сегодня мы можем предсказать, что готовит нам век XXI.

**Используемая литература**

1. Э. Ферми "Ядерная физика",пер. с англ., Москва, изд.

"Иностранная литература", 1951 г.

2. В.Е. Левин "Ядерная физика",Москва, Атомиздат, 1985 г.

3. А.С. Герасимов, Т.С. Зарицкая, А.П. Рудик "Справочник по образованию нуклидов в ядерных реакторах", Москва,

Энергоатомиздат, 1989 г.

4. В.Д. Сидоренко, В.М. Колобашкин, П.М. Рубцов, П.А. Ружанский

"Радиационные характеристики облученного ядерного топлива", справочник, Москва, Энергоатомиздат, 1983 г.