

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ — ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Радио-изотопы являются, в известном смысле, побочным продуктом атомной энергии, не играющим существенной роли в работе атомного реактора; однако, вследствие их все более и более обширного применения, их продукция и распределение стали важной, хотя и сравнительно небольшой, ветвью деятельности Великобританского Управления Атомной Энергией. Все растущие потребности большого числа различных потребителей в Великобритании и за границей являются причиной энергичной программы расширения применений и продукции радиоактивных материалов.

Продукция радио-изотопов начинается в Изотопном Отделении Научно-Исследовательского Института Атомной Энергии (НИИАЭ) в Харвелле, где подходящие материалы облучаются в ядерном (атомном) реакторе ВЕРО. Здесь возникают многие основные радиоактивные материалы, находящие применение в основных исследованиях, промышленных и земледельческих проблемах, а также — быть может самое важное — в медицине для диагноза и терапии.

Непосредственное облучение подходящих природных элементов дает радиоактивные изотопы, как например Со-60, который применяется в современном лечении мульти-кюри излучением. Путем непосредственного облучения получают также другие важные изотопы, излучающие γ -лучи, как например иридий-192, тантал-182, золото-198 и тулий-170; они применяются и в радиотерапии как импланты — в форме проволоки или «семян», т.е. малых отрезков металлических волокон — и в промышленной радиографии отливок и сварок, причем небольшие размеры, портативность и невысокая цена являются преимуществами по сравнению с общепринятыми методами. Широкие границы, между которыми заключается величины срока жизни и энергии излучения, делают этот метод применимым к материалам самой разнообразной плотности и толщины.

Неуместно давать здесь перечень всех радио-изотопов, получаемых легко в реакторе путем облучения нейтронами, и

всех возможностей их применения. Однако несколько примеров методов такого рода может бросить свет на громадное количество проблем, при исследовании которых радиоактивные материалы оказываются полезными.

РАДИОГРАФИЯ упоминалась уже раньше. Обнаруживание течей в промышленных установках, трубопроводах и кабелях проводится легко при помощи растворов радиоактивных индикаторов или летучих радиоактивных паров. Проверка и измерение толщины при непрерывной продукции жести, бумаги и листовых пластмасс — путем измерения смягчения или рассеяния β -излучения изотопов вроде таллия-204, стронция-90 или прометия-147 — применяются успешно во многих фабрикационных процессах. Хорошим примером является непрерывный контроль толщины жести.

ПОЛЕЗНОЕ ДЕЙСТВИЕ ФИЛЬТРОВ для жидкостей и для газов можно измерять точнее и быстрее, применяя радиоактивные индикаторы, нежели с помощью стандартных методов. **ЭЛИМИНАЦИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА** является применением, основанным на ионизационных свойствах радио-изотопов. До сих пор этот метод применяется только в текстильной промышленности, но может, повидимому, применяться с равным успехом в бумажной промышленности, в продукции пластмасс и в других ветвях промышленности, где накопление зарядов может быть причиной вреда или даже серьезной опасности.

В ряду самых разнообразных применений, начиная с **ДВИЖЕНИЯ ИЛА** в реках и лиманах а кончая действием **ТРЕВОЖНЫХ СИГНАЛОВ** (пожар, кража со взломом), радио-изотопы оказывают свою полезность и эффективность, легко и просто разрешая тяжелые или повидимому неразрешимые проблемы.

Для удовлетворения нужд этой быстро растущей ветви технологии НИИАЭ предлагает следующие сервисы.

Изотопная Школа

Изотопная Школа принимает кандидатов с ученой степенью из всех частей света на месячный курс ознакомления с основами и практикой применения радиоактивных изотопов. В течение курса студенты проделывают (под надзором) много практических занятий с радиоактивными материалами, что дает им возможность ознакомиться с радиоактивными техниками и методами, которые впоследствии будут применяться ими для собственных работ.

Общий сервис облучения

Харвеллский реактор не только может снабжать клиентов большим числом радиоактивных изотопов, указанных в

новейшем каталоге, но также предлагает другие облучительные сервисы; ниже указано несколько примеров этих сервисов.

ИЗНОС подшипников, поршневых колец и т.п. легко определяется, когда трущиеся поверхности активированы в реакторе. Появление радиоактивности в смазке машины, снабженной облученными частями, является очень чувствительным средством измерения износа.

Облучение изменяет физические и химические свойства материалов. В случае пластмасс, прочность и сопротивление могут увеличиться. В стекле, дорогих камнях и драгоценностях возможно изменение цвета и повышение декоративности. Облучением можно стерилизовать пищевые продукты, удлинняя таким образом продолжительность допустимого хранения. Облучение семян может вызвать хозяйственно ценные мутации.

АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ является техникой, в которой сильный поток нейтронов из атомного реактора применяется для обнаружения малых количеств некоторых элементов, становящихся радиоактивными после облучения. В этом состоянии их можно точно измерять, даже в том случае, когда их количество меньше обнаруживаемого стандартными химическими или спектроскопическими методами.

По соглашению с харвеллским Отделением Изотопов, материалы клиентов могут облучаться нейтронами или γ -лучами для проведения вышеупомянутых опытов.

Отдел промышленной консультации

В этом отделе даются советы по применению радио-изотопов в специфических промышленных проблемах. Значительное число проблем было решено до сих пор. Дальнейшие запросы приветствуются.

Однако часто случается, что результатом обыкновенного облучения вещества в реакторе не является требуемый клиентом радиоактивный изотоп или соединение. В качестве примеров можно указать на: радиохимическое разделение изотопа с большой удельной активностью от его родителя, синтез меченого соединения, содержащего радиоизотоп, и получение радио-изотопа в известной физической форме.

АМЕРШЭМСКИЙ РАДИОХИМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР удовлетворяет специальные требования в связи с применением радиоактивных методов в более сложных проблемах. Применение изотопов в медицине в качестве радиоактивных фармацевтических препаратов — даже если дело в очень простых неорганических соединениях — создает необходимость тщательного контроля таких факторов, как например изотонность, pH и стерильность. Все эти операции приходится производить с активными материалами, уже после облучения.

Применение индикаторных методов в биологических и химических системах создало спрос на чрезвычайно многочисленный ряд меченых соединений. Так например, изготовление определенных соединений, вроде сахаров, аминокислот и белков, меченых радиоактивными изотопами, позволяет прослеживать поглощение, фиксацию или воздействие этих соединений внутри тела, а именно или в качестве диагностического орудия или же как средство для исследования метаболизма.

Применение β - и γ -излучателей в терапии и промышленных процессах создало необходимость надежных и безопасных радиоактивных источников. Особенно важно устранение всякой возможности опасности или контаминации.

Ниже дается краткое описание некоторых избранных групп продуктов РХЦ.

Меченые соединения для работ с радиоактивными индикаторами

В РХЦ имеется на складе большое количество меченых изотопами соединений, выбранных так, чтобы удовлетворять потребности исследователей в различных ветвях знания. Хотя срок жизни многих изотопов слишком краток для того, чтобы их соединения могли храниться на складе, их можно всегда изготовить на заказ.

Специального внимания заслуживает углерод-14, самый многосторонний и наиболее широко применяемый из всех изотопов, употребляемых в индикаторной работе. На складе держатся свыше 120 различных соединений, меченых углеродом-14 и полученных путем химического или биологического синтеза. Новейший каталог содержит полные характеристики этих соединений.

Списки этих соединений увеличиваются ежемесячно по мере того, как прибывают новые соединения. Последние дополнения заключают, например, альбумин из человеческого серума, меченый иодом-131, а также органические фосфор-содержащие инсектициды Паратион, Шрадан и Систокс, меченые фосфором-32. Некоторое понятие о распространении индикаторных методов дает факт, что, за пять лет существования, Радиохимическим Центром выслано около 5000 посылок, содержащих свыше 200 различных меченых соединений.

Обработанные изотопы — высокая удельная активность

Некоторые изотопы, хотя и применяемые в виде сравнительно простых неорганических химикатов, требуется разделять от облученных мишенных материалов или от продуктов деления, чтобы получить их в состоянии большой радиохимической чистоты и высокой активности. Это в особенности

верно для соединений, применяемых в медицине. Для более долговечных радио-изотопов, как стронций-90, цезий-137, хлор-36, сера-35 и натрий-22, чистые изолированные изотопы находятся на складе. В случаях, когда это невозможно ввиду слишком короткого срока жизни, как например для йода-131 и фосфора-32, регулярная еженедельная продукция дает возможность срочной поставки изотопов. Существует также возможность заказывать специальные облучения и химические извлечения.

Природные радиоэлементы

Существует известное число природных радиоэлементов, которых исключительные свойства все еще находят обширное применение в исследованиях и радиотерапии. Одним из примеров является традиционное применение радия в клинических приборах; кроме радия, другие элементы, как радий-D, полоний, мезоторий и радиоторий, тоже могут доставляться в форме стандартных растворов, калиброванных источников и клинических трубок и игол. Можно также получать нейтронные источники, содержащие от 1 до 1000 мкюри полония или радия.

Источники β -излучения для промышленности и медицины

Радиоактивные материалы получают обычно в форме, невыгодной для непосредственного применения, и, чтобы служить источниками β -излучения, нуждаются в специальной обработке. Это в особенности важно в промышленных условиях, когда абсолютно необходимо, даже в остром режиме, устранить всякий риск радиоактивной контаминации. Производятся источники β -излучения, имеющие форму серебряной фольги или плиток; в виду того, что радиоактивное соединение сильно связано внутри металла, случайный выход невозможен. Эти источники, могущие содержать церий-144, прометий-147, стронций-90 или рутений-106, подвергаются индивидуальным испытаниям и удовлетворяют великобританские и американские нормы безопасности. Та же техника применяется при изготовлении плиток, излучающих β -лучи для поверхностной терапии кожи, и офтальмических аппликаторов для β -облучения глаз.

Приборы для γ -излучения

Несколько γ -излучающих изотопов оказались полезными орудиями для радиографии. Новым дополнением их ряда является цезий-137, который теперь доступен в форме плотных источников с интенсивностью от 0,25 до 6,0 кюри. По физиче-

ским свойствам он напоминает иридий-192; преимуществом цезия является гораздо дольше срок жизни, равный 33 годам.

Запросы следует направлять к:

The Isotope Information Officer,
Isotope Division,
Atomic Energy Research Establishment,
Harwell,
Berkshire,
England.

или к:

The Radiochemical Centre,
Amersham,
Buckinghamshire,
England.

RADIOACTIVE ISOTOPES - THEIR APPLICATION IN MEDICINE, INDUSTRY AND SCIENTIFIC RESEARCH

Radio isotopes are, in a certain sense, a by-product of atomic energy that does not play a significant role in the operation of a nuclear reactor; however, due to their more and more extensive applications, their products and distribution has become important, although relatively small, branch of the UK Atomic Energy Authority Energy. All the growing needs of a large number of times personal consumers in the UK and abroad have initiated a vigorous program to expand the applications and production of radioactive materials.

The production of radioisotopes begins in the Isotope Department of the Research Institute of Atomic Energy (NIIAE) in Harwell, where the materials are processed in the BEPO nuclear reactor. This is where many of the basic radioactive materials arise, which are used in basic research, industrial and agricultural problems, and also – perhaps most importantly – in medicine for diagnosis and therapy.

Direct irradiation of suitable natural elements produces radioactive isotopes, such as Co-60, which is used in modern multi-Curie radiation medical treatment. By direct irradiation we obtain also other important isotopes emitting γ -rays, such as for example, iridium-192, tantalum-182, gold-198 and thulium-170; they are also used in radiotherapy as implants in the form of wire or “seeds”, ie. small pieces of metal fibers, and in industrial radiographs of castings and welds, and small size, portability and low price are advantages over conventional methods. The wide boundaries between the lifetime and radiation energy make this method applicable to materials of a wide variety of densities and thickness.

It would be too long to give here a list of all radioisotopes easily obtainable in a reactor by irradiation with neutrons and (*list*) all possibilities of their applications. However, a few examples methods of this kind can throw a light on a vast number of problems in the study of which radioactive materials are useful.

RADIOGRAPHY has been mentioned before. Detection of leaks in industrial installations, pipelines and cables can be easily carried out using radio solutions active tracers or volatile radioactive vapors. Checking and measuring thickness during continuous production of tin, paper and sheet of plastics - by measuring softening or scattering β -radiation of isotopes like thallium-204, strontium-90 or promethium-147 used successfully in many fabrication processes. A good example is the continuous monitoring of sheet thickness of tin.

THE BENEFITS (*EFFICIENCY*) OF FILTERS for liquids and gases can be measured more accurately and quickly using radioactive tracers than using standard methods.

Elimination of STATIC ELECTRICITY is an application based on ionization properties of radio isotopes. Until now, this method has been used only in the textile industry, but maybe apparently be used with equal success in paper industry, plastics production and other branches of industry, where the accumulation of charges may cause harm or even serious danger.

In a wide variety of applications, from MOVEMENT OF SLUDGE in rivers and estuaries and ending with the action of ALARM SIGNALS (fire, burglary), radio isotopes exert their usefulness and effectiveness, easily and simply solving difficult or apparently insoluble problems.

To meet the needs of this rapidly growing branch of technology, NIIAE offers the following services:

Isotope School

The Isotope School accepts advanced degree candidates from all parts of the world for a month-long course to introduce the basics and the practice of using radioactive isotopes. During the course, students do (under supervision) a lot of practical training with radioactive materials, which gives them the opportunity to become familiar with radioactive techniques and methods that they will subsequently use for their own work.

General irradiation service

The Harwell Reactor not only can supply customers with a large number of radioactive isotopes specified in the latest catalogue, but also offers other irradiation services. Below are some examples of these services. WEAR of bearings, piston rings, etc. easily determined when the rubbing surfaces are activated in reactor. The appearance of radioactivity in the lubricant of the machine, equipped with irradiated parts, is very sensitive a useful means of measuring wear.

Irradiation changes physical and chemical properties materials. In the case of plastics, strength and resistance may increase. In glass, expensive stones and jewellery, it is possible to change colour and increase decorativeness. Irradiation can sterilize food products, thus extending the period of permissible storage. Irradiation of seeds can cause economically valuable mutations.

ACTIVATION ANALYSIS is a technique in which a strong flux of neutrons from a nuclear reactor used to detect small quantities of certain elements that become radioactive after irradiation. In this state they can be accurately measured, even when their number is less than detected by standard chemical or spectroscopic methods.

By agreement with the Harwell Isotopes Division, customer materials may be irradiated with neutrons or γ -rays for carrying out the above experiments.

Industrial Consulting Department

The department gives advice on the application of radioisotopes to specific industrial problems. A significant number of problems have been resolved so far. Further inquiries are welcome.

However, it often happens that the result of ordinary irradiation of the substance in the reactor is not the required by a client radioactive isotope or compound. As examples *could be mentioned*: radio chemical separation an isotope with high specific activity from its parent, synthesis of a labelled compound containing a radioisotope, and obtaining a radio isotope in a known physical form.

AMERSHAM RADIOCHEMISTRY CENTER meets the special requirements of radioactive methods in more complex problems. The use of isotopes in medicine as radioactive pharmaceutical drugs – even if the matter is very simple inorganic compounds – creates the need for careful control of factors such as isotonicity, pH and sterility. All these operations have to produce with active materials, after irradiation.

Application of indicator methods in biological and chemical systems has created a demand for an extremely large number of label compounds. For example, the production of certain compounds, such as sugars, amino acids and proteins, labelled with radioactive isotopes makes it possible to trace the absorption, fixation or effect of these compounds within the body, namely or as a diagnostic tool as a tool or as a means for studying metabolism.

Application of β - and γ -emitters in therapy and industrial processes has created the need for reliable and secure radioactive sources. It is especially important to eliminate any possibility of danger or contamination.

Below is a brief description of some selected RCC product groups.

Labeled compounds for work with radioactive tracers

The RCC stocks a large number of isotope-labeled compounds selected to satisfy the needs of researchers in various branches of knowledge. Although the lifespan of many isotopes is too short for their compounds to be kept in stock, they can always be made to order.

Carbon-14 deserves special attention. It is the most versatile and most widely used of all isotopes used in indicator work. In stock contain over 20 different compounds labeled with carbon-14 and obtained by chemical or biological synthesis. The latest catalog contains complete characteristics of these compounds.

The lists of these connections increase monthly as new connections arrive. Recent additions include, for example, human serum albumin labelled with iodine-131, as well as the organic phosphorus-containing insecticides Parathion, Shradan and Systox labelled with phosphorus-32.

Some idea of the spread of indicator methods is given by the fact that, over the five years of its existence, the Radiochemical Center has sent about 5,000 parcels containing over 200 different labeled compounds.

Processed isotopes - high specific activity

Some isotopes, although used as relatively simple inorganic chemicals, must be separated from irradiated target materials or fission products to obtain them in a state of high radiochemical purity and high activity. This is especially true for compounds used in medicine. For more long-lasting radio isotopes such as strontium-90, cesium-137, chlorine-36, sulfur-35 and sodium-22, pure isolated isotopes are in stock. In cases where this is not possible due to too short a lifespan, such as for iodine-131 and phosphorus-32, regular weekly production gives possibility of urgent supply of isotopes. There is also possibility to order special irradiation and chemical treatments extraction.

Natural radioelements

There is a known number of natural radioelements, whose exceptional properties still find extensive application in research and radiotherapy. One of examples are the traditional use of radium in clinical chemical devices; besides radium, other elements like radium-D, polonium, mesothorium and radiothorium can also be added in the form of standard solutions, calibrated sources and clinical tubes and needles. You can also receive it neutron sources containing from 1 to 1000 μ Curie of polonium or radium.

β -radiation sources for industry and medicine

Radioactive materials are usually obtained in the form unfavorable for direct use, and so that serve as sources of β -radiation, require special processing. This is especially important in industrial conditions when absolutely necessary, even in acute conditions, eliminate any risk of radioactive contamination. There are sources of β -radiation that have the shape of a silver foil or slabs; since the radioactive compound is tightly bound within the metal, accidental release is impossible.

These sources, which may contain cerium-144, promethium-147, strontium-90 or ruthenium-106, are individually tested and meet British and American safety standards. The same technique is used in manufacture of tiles emitting β -rays for superficial skin therapy, and ophthalmic applicators for β irradiation of the eyes.

Devices for γ -radiation

Several gamma-emitting isotopes have proven useful tools for radiography. A new addition to the series is cesium-137, which is now available in dense sources with intensities ranging from 0.25 to 6.0 Curie. Its physical properties resemble iridium-192; the advantage of caesium is its much longer lifespan, equal to 33 years.

Inquiries should be directed to:

The Isotope Information Officer, Isotope Division,
Atomic Energy Research Establishment,
Harwell, Berkshire, England.

Or to:

The Radiochemical Centre,
Amersham, Buckinghamshire, England.