

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Выходы радиоактивных изотопов ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co и ^{181}W в реакциях с протонами, дейтонами и α -частицами*

П. П. ДМИТРИЕВ, Н. Н. КРАСНОВ

*Физико-энергетический институт,
Обнинск*

Дается анализ всех возможных способов получения на циклотроне радиоактивных изотопов ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{181}W . Приводятся данные по выходам этих изотопов при использовании различных ядерных реакций. Дается обоснование оптимальному способу получения каждого изотопа.

При производстве радиоактивных изотопов на циклотроне количество радиоактивного изотопа, образующегося в мишени, определяется следующим соотношением:

$$A = B \int_0^t \epsilon P dt,$$

где A = количество радиоактивного изотопа в единицах миллиоюри,

B = выход ядерной реакции для толстой мишени в единицах *мкюри/квт* . час. (миллиоюри на киловаттчас),

P = мощность пучка частиц, бомбардирующих мишень, в киловаттах.

$\epsilon \ll 1$ = коэффициент, определяющий потери радиоактивного изотопа в процессе облучения за счет испарения материала мишени и атомов образующегося радиоактивного изотопа,

t = время облучения в часах, предполагается, что $t \ll$ периода полураспада радиоактивного изотопа.

Коэффициент ϵ зависит от материала, конструкции и способа охлаждения мишени и от величины мощности облучения P . Произведение ϵP в зависимости от P имеет максимум, который и определяет оптимальный режим облучения данной мишени. Создание мишеней, обеспечивающих наибольшее значение величины ϵP , т. е. выдерживающих большие мощности облучения без существенных потерь радиоактивного изотопа является одной из главных задач в проблеме производства радиоактивных изотопов на циклотроне.

Другой важной величиной, определяющей количество образующегося в мишени радиоактивного изотопа, является значение выхода ядерной реакции B . Величина выхода B зависит только от выбранной ядерной реакции и энергии бомбардирующих мишень частиц. Поскольку стойкость мишеней определяется мощностью падающего пучка, то представляется

* Доклад на Конференции по радиохимии в г. Братислава, ЧССР, 6.—10. сентября 1966 г.

целесообразным выражать выходы радиоактивных изотопов в единицах *мкюри/квт. час.*

Авторами настоящей работы были измерены выходы радиоактивных изотопов ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co и ^{181}W в зависимости от энергии протонов (p), дейтонов (d) и α -частиц (α) с целью определения наиболее эффективного способа получения указанных изотопов. Работа была проведена на полутораметровом циклотроне Физико-энергетического института в г. Обнинске, позволяющем ускорять протоны до 22 *Мэв*, дейтоны до 21 *Мэв* и α -частицы до 42 *Мэв* [1].

Облучение соответствующих мишеней осуществлялось на отклоненном пучке циклотрона. Зависимость выхода указанных изотопов от энергии падающих частиц была получена путем облучения стоек фольг или путем облучения толстых мишеней, перед которыми устанавливались поглощающие фольги для изменения энергии частиц.

Измерение интегрального тока облучения образцов осуществлялось с помощью медных мониторных фольг по наведенной активности изотопа ^{65}Zn . Данные по возникающей активности ^{65}Zn [2] в медных фольгах были предварительно получены экспериментально с помощью прецизионного интегратора тока.

Активности радиоактивных изотопов измерялись на 100-канальном γ -спектрометре с кристаллом NaI(Tl) по площади фотопика γ -линий: ^{22}Na 1280 *кэв*, ^{54}Mn 840 *кэв*, ^{57}Co 123 *кэв*, ^{181}W 58 *кэв*. Фотозффективность γ -спектрометра определялась экспериментально с помощью эталонных излучателей.

Выходы ^{22}Na

Радиоактивный изотоп ^{22}Na без носителя может быть получен двумя способами: путем облучения магния дейтонами или протонами. Имеющиеся в литературе данные по выходам ^{22}Na [3—12] являются неполными и в ряде случаев противоречивыми.

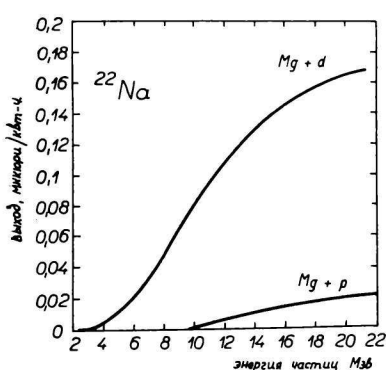


Рис. 1. Выходы ^{22}Na в зависимости от энергии частиц.

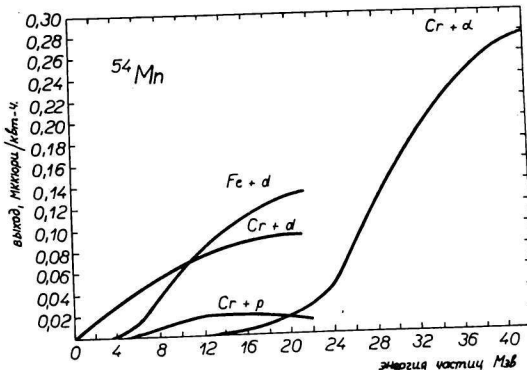


Рис. 2. Выходы ^{54}Mn в зависимости от энергии частиц.

Измеренные нами зависимости выхода ^{22}Na от энергии протонов и дейтронов [15] показаны на рис. 1. Из кривых видно, что предпочтительным способом получения ^{22}Na является облучение магния дейтронами. В этом случае в мишени одновременно образуется радиоактивный изотоп ^{26}Al , который может быть выделен и использован. При энергии дейтронов 20 Мэв выход ^{26}Al составляет $(2,24 \pm 0,8) \cdot 10^{-6} \text{ мккюри/мка} \cdot \text{час}$ [16].

Выходы ^{54}Mn

Из всех возможных способов получения на циклотроне радиоактивного изотопа ^{54}Mn без носителя практический интерес представляют четыре способа: $\text{Fe} + \text{d}$, $\text{Cr} + \text{p}$, $\text{Cr} + \text{d}$, $\text{Cr} + \alpha$ [17]. Имеющиеся в литературе данные по выходам ^{54}Mn для указанных реакций [3—7, 10, 11, 13, 14] являются неполными. Способ получения ^{54}Mn путем облучения хрома α -частицами никем ранее вообще не изучался.

Измеренные нами зависимости выхода ^{54}Mn от энергии протонов, дейтронов и α -частиц показаны на рис. 2. Из кривых видно, что наиболее производительным методом получения ^{54}Mn без носителя является облучение хрома α -частицами. В этом случае в мишени одновременно образуется радиоактивный изотоп ^{55}Fe , который может быть выделен без носителя и использован. Выход ^{55}Fe при энергии α -частиц 42 Мэв составляет $0,7 \pm 0,1 \text{ мккюри/мка} \cdot \text{час}$.

Выходы ^{57}Co

Имеющиеся в литературе экспериментальные данные по выходам ^{57}Co являются неполными и плохо согласуются между собой [3, 5—7, 11, 12, 14].

Выходы радиоактивного изотопа ^{57}Co были измерены нами для трех методов получения ^{57}Co без носителя: $\text{Fe} + \text{d}$, $\text{Ni} + \text{p}$, $\text{Ni} + \alpha$ [18]. Полученные зависимости выходов от энергии частиц представлены на рис. 3.

При облучении никеля протонами, в мишени образуется из других долгоживущих

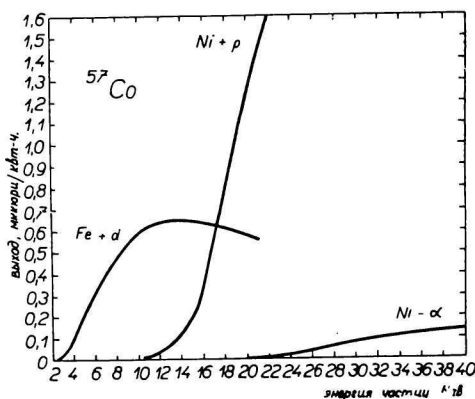


Рис. 3. Выходы ^{57}Co в зависимости от энергии частиц.

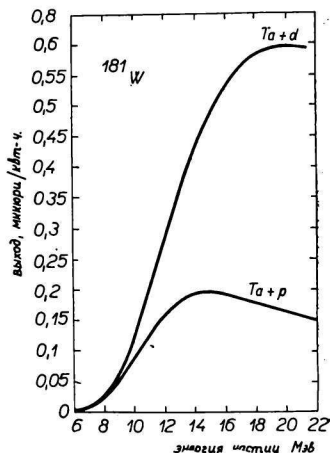


Рис. 4. Выходы ^{181}W в зависимости от энергии частиц.

изотопов кобальта лишь небольшое количество ^{58}Co (при энергии протонов 22 Мэв активность ^{58}Co на конец облучения составляет $\sim 1\%$ от активности ^{57}Co).

В случае облучения железа дейтонами при $E_d > 7,5$ Мэв по реакции $^{56}\text{Fe}(d, 2n)$ образуется ^{58}Co , выход которого становится равным выходу ^{57}Co уже при $E_d \approx 14$ Мэв. Поэтому получение ^{57}Co , свободного от ^{58}Co , возможно лишь при $E_d \leq 7,5$ Мэв.

Активность изотопа ^{58}Co , образующегося по реакции $^{57}\text{Fe}(d, n)$, составляет (при $E_d = 7,5$ Мэв) на конец облучения $\sim 5\%$ от активности ^{57}Co .

При облучении никеля α -частицами примеси других долгоживущих изотопов кобальта являются значительными: при $E_\alpha = 40$ Мэв содержание ^{58}Co составляет $\sim 8\%$, а $^{58}\text{Co} \sim 20\%$ от активности ^{57}Co .

Из рассмотрения кривых (рис. 3) видно, что наиболее производительным способом получения ^{57}Co является облучение никеля протонами, этот же способ обеспечивает и минимальные примеси других радиоактивных изотопов кобальта. В этом случае в мишени также образуется радиоактивный изотоп ^{56}Fe , который может быть выделен без носителя и использован. Выход ^{56}Fe при $E_p = 22$ Мэв составляет 0,3 мкюри/мка . час.

Выходы ^{181}W

Опубликованные экспериментальные данные по выходам ^{181}W скудны и противоречивы [3, 5, 6]. Выходы радиоактивного изотопа ^{181}W , измеренные для двух способов получения, представляющих практический интерес, показаны на рис. 4. Из полученных данных видно, что наиболее производительным способом получения ^{181}W без носителя является облучение тантала дейтонами [19].

Полученные данные по выходам ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{181}W в реакциях с протонами, дейтонами и α -частицами показывают, что для использования наиболее производительных ядерных реакций (при получении радиоактивных изотопов на циклотроне) необходимо располагать тремя типами ускоренных частиц: протонами ($E_p \sim 20$ Мэв), дейтонами ($E_d \sim 20$ Мэв) и α -частицами ($E_\alpha \sim 40$ Мэв).

VÝŤAŽKY RÁDIOAKTÍVNYCH IZOTOPOV ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co A ^{181}W V JADROVÝCH REAKCIÁCH S PROTÓNMI, DEUTERÓNMI A α ČASTICAMI

P. P. Dmitriev, N. N. Krasnov

Fyzikálnoenergetický ústav,
Obninsk

V práci sa podáva rozbor rozličných spôsobov získavania rádioaktívnych izotopov ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co a ^{181}W v cyklotróne. Uvádzajú sa výťažky týchto rádioizotopov pri ich príprave za využitia rozličných jadrových reakcií a odporúčajú sa optimálne parametre na získanie každého z nich.

Hodnoty výťažkov ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co a ^{181}W v jadrových reakciách s protónmi, deuterónmi a alfa-časticami ukazujú, že na uskutočnenie jadrových reakcií, pri ktorých sa dosahujú najväčšie výťažky (pri získavaní rádioizotopov v cyklotróne), sú potrebné tri druhy urýchlených častíc: protóny ($E_p \sim 20$ MeV), deuteróny ($E_d \sim 20$ MeV) a alfa-častice ($E_\alpha \sim 40$ MeV).

YIELDS OF RADIOACTIVE ISOTOPES ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co AND ^{181}W
IN NUCLEAR REACTIONS WITH PROTONS, DEUTERONS AND ALPHA
PARTICLES

P. P. Dmitriev, N. N. Krasnov

Physico-Energetic Institute,
Obninsk

In the present work different methods for preparation of radioactive isotopes ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co and ^{181}W in cyclotron are discussed. Yields of these isotopes obtained in different nuclear reactions are given and for each of them optimal method of preparation is recommended.

On the basis of the yields of ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co and ^{181}W attained in the nuclear reactions with protons, deuterons and alpha particles it can be concluded that for the nuclear reaction in which most favourable yields are attained, three kinds of accelerated particles are necessary: protons ($E_p \sim 20$ MeV), deuterons ($E_d \sim 20$ MeV) and alpha particles ($E_\alpha \sim 40$ MeV).

Preložila V. Šašková

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов Н. Н. и др., *ИТЭ* **4**, 22 (1965).
2. Дмитриев П. П., Краснов Н. Н., *Атомная энергия* **18**, 184 (1965).
3. Garrison W., Hamilton J., *Chem. Rev.* **49**, 237 (1951).
4. Aten A., Halberstadt I., *Phil. Techn. Rev.* **16**, No 1 (1954).
5. Gruverman J., Kruger P., *Intern. J. Appl. Rad. Isotopes* **5**, 21 (1959).
6. Chackett K. et al., *Nucl. Instr. Methods* **14**, 215 (1961).
7. Моёкен Н., *Production of Radioisotopes with Charged Particles* (Dissertation), Amsterdam 1957.
8. Irvin J., Clarke E., *J. Chem. Phys.* **16**, 656 (1948).
9. Власов Н. А. и др., *Атомная энергия* **2**, 169 (1957).
10. Дмитриев П. П. и др., *Труды конференции по получению и применению изотопов*, 28. Издательство АН СССР, Москва 1957.
11. Martin J. et al., *Nucleonics* **13**, 28 (1955).
12. Glason G. et al. *Intern. J. Appl. Rad. Isotopes* **13**, 223 (1962).
13. Kafalas P., Irvin J., *Phys. Rev.* **104**, 703 (1956).
14. Wagner K., *Kernenergie* **5**, 853 (1962).
15. Дмитриев П. П., Краснов Н. Н., *Атомная энергия* **21**, 4 (1966).
16. Краснов Н. Н. и др., *Атомная энергия* **19**, 62 (1965).
17. Краснов Н. Н., Дмитриев П. П., *Атомная энергия* **21**, 52 (1966).
18. Краснов Н. Н., Дмитриев П. П., *Атомная энергия* **20**, 57 (1966).
19. Краснов Н. Н., Дмитриев П. П., *Атомная энергия* **20**, 154 (1966).

Адрес авторов:

П. П. Дмитриев, Н. Н. Краснов, СССР, г. Обнинск, Калужская область, Физико-энергетический институт.