

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№ 5 • 2014 • СЕНТЯБРЬ–ОКТАБРЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Физика атомного ядра и элементарных частиц

- Бельшев С.С., Джилаван Л.З., Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Кузнецов А.А., Курилик А.С., Ханкин В.В.* Фотоядерные реакции на изотопах титана $^{46-50}\text{Ti}$ 3

Радиофизика, электроника, акустика

- Николаева О.А., Шугаев Ф.В.* Аналитическое решение, описывающее распространение гауссова пучка в неоднородном газе 13
- Бубнов Е.Я.* Акустическое поле движущейся линейной антенны распределенных поперечных квадрупольей со случайным расположением излучателей 17

Физика конденсированного состояния вещества

- Жуковский В.Ч., Кревчик В.Д., Грунин А.Б., Разумов А.В., Кревчик П.В.* Примесное магнитооптическое поглощение с участием резонансных состояний D_2^- -центров в квантовых ямах 22

Биофизика и медицинская физика

- Сидорова А.Э., Мухартова Ю.В., Яковенко Л.В.* Урбоэкосистемы как суперпозиция сопряженных активных сред 29
- Власова И.М., Кулешова А.А., Власов А.А., Салецкий А.М.* Поляризованная флуоресценция в исследованиях вращательной диффузии маркеров семейства флуоресцеина в растворах бычьего сывороточного альбумина 36
- Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И.* Неопределенность в квантовой механике и биофизике сложных систем 41

Астрономия, астрофизика и космология

- Любимов Г.П., Тулунов В.И., Власова Н.А.* О вариациях потока солнечных космических лучей типа «меандр» и «щель» 47

Физика Земли, атмосферы и гидросферы

- Юшков В.П.* Гипотезы Колмогорова: возможность доказательства 55
- Самолубов Б.И., Иванова И.Н.* Эволюция профилей скорости и турбулентной вязкости в системе течений со сгонно-нагонным и плотностным потоками 60

CONTENTS

Physics of nuclei and elementary particles

- Belyshev S.S., Dzhilavyan L.Z., Ishkhanov B.S., Kapitonov I.M., Kuznetsov A.A., Kurilik A.S., Khankin V.V.* Photonuclear reactions on titanium isotopes $^{46-50}\text{Ti}$ 3

Radiophysics, electronics, acoustics

- Nikolaeva O.A., Shugaev F.V.* Analytic solution to the problem of the Gaussian beam propagation through nonuniform gas 13
- Bubnov E.Ya.* Acoustic irradiation of a moving uniform linear array with a transverse distribution of quadrupoles from an arbitrary disposition of radiators 17

Condensed matter physics

- Zhukovsky V.Ch., Krevchik V.D., Grunin A.B., Razumov A.V., Krevchik P.V.* Impurity magneto-optical absorption with the participation of resonant states of D_2^- centers in quantum wells 22

Biophysics and medical physics

- Sidorova A.E., Mukhartova Yu.V., Yakovenko L.V.* An urban ecosystem as a superposition of interrelated active media 29
- Vlasova I.M., Kuleshova A.A., Vlasov A.A., Saletsky A.M.* Polarized fluorescence in investigation of rotational diffusion of the fluorescein family markers in bovine serum albumin solutions 36
- Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I.* Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems 41

Astronomy, astrophysics, and cosmology

- Lyubimov G.P., Tulupov V.I., Vlasova N.A.* "Meander"-like and "slit"-like variations in the flux of solar cosmic rays 47

Physics of Earth, atmosphere, and hydrosphere

- Yushkov V.P.* Towards the proof of Kolmogorov hypotheses 55
- Samolyubov B.I., Ivanova I.N.* The evolution of velocity profiles and turbulent viscosity in a system of currents with wind-induced and density flows 60

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Фотоядерные реакции на изотопах титана $^{46-50}\text{Ti}$ С. С. Белышев¹, Л. З. Джилаван², Б. С. Ишханов^{1,3}, И. М. Капитонов¹,
А. А. Кузнецов^{3,a}, А. С. Курилик¹, В. В. Ханкин³¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет,
кафедра общей ядерной физики. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.²Институт ядерных исследований Российской академии наук.
Россия, 117312, Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 7а.³Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.E-mail: ^akuznets@depni.sinp.msu.ru

Статья поступила 05.06.2014, подписана в печать 21.06.2014.

Измерены выходы фотоядерных реакций на естественной смеси изотопов титана под действием пучка тормозных γ -квантов с верхней границей 55 МэВ. Полученные результаты сравниваются с расчетами на основе модели TALYS. Показано, что для описания сечений фотоядерных реакций на изотопах Ti необходимо учитывать изоспиновое и конфигурационное расщепление ГДР.

Ключевые слова: фотоядерные реакции, радиоизотопы, активационный анализ, гамма-спектрометрия.

УДК: 539.172.3. PACS: 25.20.-x.

Введение

Информация о сечениях фотоядерных реакций на изотопах титана неполна и имеет невысокую точность. В настоящей работе приведены результаты измерения выходов радиоизотопов, образующихся в титановой мишени естественного изотопного состава под действием тормозных фотонов с верхней границей энергии $E_{\gamma\text{max}} = 55$ МэВ. Впервые при этой энергии измерены выходы нескольких фотоядерных реакций на естественной смеси изотопов Ti. Приведены сечения (γ, n) и (γ, p) реакций на четно-четных изотопах Ti ($A = 46, 48, 50$). Полученные результаты сравниваются с результатами расчета на основе модели TALYS [1].

1. Особенности сечений и выходов исследуемых реакций на изотопах Ti

В настоящее время известно 26 изотопов титана Ti (атомный номер $Z = 22$) с массовыми числами A от 38 до 63 [2]. Пять стабильных изотопов титана имеют массовые числа $A = 46-50$. На рис. 1 приведена часть $N-Z$ диаграммы атомных ядер (N — число нейтронов) в районе стабильных изотопов Ti. В табл. 1

указаны процентное содержание стабильных изотопов в природном титане и пороги реакций: (γ, n) , (γ, p) , (γ, np) , $(\gamma, 2n)$, $(\gamma, 2p)$, $(\gamma, 3n)$ на этих изотопах.

Для доминирующего в сечениях ядерного поглощения изовекторного электрического гигантского дипольного резонанса (ГДР) на изотопах Ti следует ожидать довольно сложную структуру. Сложность этой структуры определяется тем, что изотопы Ti относятся к средним ядрам, для которых существенны проявления гросс-структуры ГДР, обусловленные:

- деформацией ядер [3, 4];
- изоспиновым расщеплением [5];
- конфигурационным расщеплением [6].

Исследования структуры экспериментальных сечений фотонуклонных реакций на стабильных изотопах Ti выполнены в [7–14]. Основными каналами реакций фоторасщепления средних ядер являются (γ, n) и (γ, p) . Особенность фотоядерных реакций на стабильных изотопах Ti состоит в том, что (γ, n) -реакции на всех изотопах, кроме ^{46}Ti , не приводят к образованию радиоактивных изотопов Ti. В результате при измерениях методом наведенной активности мишеней

Ti43 509 мс β^+	Ti44 63 л EC	Ti45 184.8 м β^+	Ti46 8.0 %	Ti47 7.3 %	Ti48 73.8 %	Ti49 5.5 %	Ti50 5.4 %	Ti51 5.76 м β^-
Sc42 0.68 с, 61 с β^+	Sc43 3.891 ч β^+	Sc44 3.9 ч, 59 ч β^+, IT	Sc45 100 %	Sc46 83.8 д, 19 с β^-, IT	Sc47 3.3492 д β^-	Sc48 43.67 ч β^-	Sc49 57.2 м β^-	Sc50 102.5 с β^-

Рис. 1. Часть $N-Z$ диаграммы атомных ядер вблизи стабильных изотопов Ti. Черным цветом показаны стабильные изотопы. Для стабильных изотопов указана величина η — процентного содержания изотопов в естественной смеси. Серым и белым цветами указаны соответственно нейтронодефицитные и нейтроноизбыточные радиоизотопы. Для радиоизотопов (включая их изомеры) указаны периоды полураспада и моды распада