

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

протокол от 25.08.2025 г. № 25.8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Основы радиохимии

название дисциплины

для студентов направления подготовки

06.03.01 Биология

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Основы радиохимии» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Основы радиохимии» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

1.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ОП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-3.1	Способность планировать и реализовывать профессиональные мероприятия направленные на мониторинг, контроль качества на предприятиях, осуществляющих деятельность в области атомной энергетики	З-ПК-3.1 Знать: виды радиоактивных излучений и их взаимодействия с веществом; механизм биологического действия ионизирующих излучений; течение, формы и критерии диагностики лучевой болезни; - знать принципы использования, радионуклидов, меченных ими соединений и источников ионизирующих излучений - знать типы ядерных превращений, основы радиационной безопасности; токсикологию наиболее опасных радиоактивных изотопов У-ПК-3.1 Уметь: пользоваться всеми приборами и материалами, необходимыми для проведения радиологических исследований - уметь определить дозу и мощность дозы облучения с помощью дозиметров и расчётным методом - уметь излагать результаты экспериментальной работы в виде докладов и презентаций В-ПК-3.1 Владеть: навыками подготовки к работе и использования радиометров и дозиметров; использования средств индивидуальной защиты при работе с радиоактивными веществами, - владеть принципами оформления отчетов эксперимента

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Место дисциплины и соответствующий этап формирования компетенций в целостном процессе подготовки по образовательной программе можно определить по матрице компетенций, которая приводится в Приложении.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см.п. 4 рабочей программы дисциплины).

1.3. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 3 семестр			
1.	Атомное ядро	ПК-3.1 способность планировать и реализовывать профессиональные мероприятия направленные на мониторинг, контроль качества на предприятиях, осуществляющих деятельность в области атомной энергетики	собеседование, тест, контрольная работа, устный опрос
2.	Ядерные взаимодействия	ПК-3.1 способность планировать и реализовывать профессиональные мероприятия направленные на мониторинг, контроль качества на предприятиях, осуществляющих деятельность в области атомной энергетики	тест, контрольная работа, устный опрос
Промежуточный контроль, 3 семестр			
	зачет		Зачетные билеты

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки зачета/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Собеседование	12	20
	Защита лабораторных работ		
	Контрольная точка № 2		
	Контрольная работа	12	20
	Тест	12	20
Промежуточный	Зачет		
	Зачетный билет	20	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Определение бонусов и штрафов:

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце

семестра за активную и регулярную работу на занятиях.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать **5 баллов**.

Штрафы: за несвоевременное написание контрольной работы, теста, прохождение собеседования максимальная оценка может быть снижена на 20%

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на каждом лекционном занятии и затрагивает тематику прошедшего лекционного материала. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Энергия связи нуклонов в ядре. Причины нестабильности атомных ядер. Нуклидная карта.
2. Понятие радиоактивности. Основные типы радиоактивных превращений.
3. Спонтанное и нейтронно-индуцированное деление ядер. Радионуклиды для ядерной энергетики.
4. Сверхтяжелые элементы. Способы получения и причины нестабильности.
5. Типы радиоактивных превращений. Альфа–распад. Энергетические спектры альфаизлучения.
6. Типы радиоактивных превращений. Бета-распад с испусканием электронов.
7. Энергетические спектры бета-излучения.
8. Типы радиоактивных превращений. Бета-распад ядер с испусканием позитронов.
9. Энергетические спектры бета-излучения.
10. Типы радиоактивных превращений. Электронный захват. Вторичные процессы в атоме, происходящие при электронном захвате.
11. Испускание гамма-квантов при радиоактивном распаде. Изомерные переходы.
12. Энергетические спектры гамма-излучения.
13. Стохастический характер радиоактивного распада. Виды распределений, описывающие статистику радиоактивного распада и регистрации излучений.
14. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада. Способы определения периода полураспада. Единицы измерения радиоактивности.
15. Цепочки радиоактивных превращений. Радиоактивные равновесия.
16. Ядерные реакции. Энергетический эффект и энергетический порог ядерных реакций.

17. Ядерные реакции. Эффективное сечение. Расчет выходов ядерных реакций.
18. Получение радионуклидов с помощью ядерных реакций под действием заряженных частиц.
19. Ядерные реакции под действием нейтронов. Получение радионуклидов с помощью различных источников нейтронов.
20. Применение ядерных реакций и современной энергетике. Реакции деления и реакции нуклеосинтеза.
21. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Эффекты, сопровождающие прохождение излучения через вещество.
22. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Пробег альфа-частиц в веществе.
23. Кривая Брэгга.
24. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Ослабление бета-излучения.
25. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Тормозное излучение. Черенковское излучение.
26. Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом.
27. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Ослабление гамма-излучения различными материалами.
28. Общая характеристика методов регистрации ионизирующих излучений. Типы детекторов.
29. Регистрация ионизирующих излучений. Влияние свойств радионуклида и условий измерений на величину регистрируемой активности.
30. Газовые ионизационные детекторы.
31. Методы регистрации гамма-излучения. Гамма-спектрометрия.

8.2.2. Тест

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Из каких частиц состоит атомное ядро?

Варианты ответа:

- 1) из протонов и электронов
- 2) из протонов и нейтронов
- 3) из нейтронов и электронов
- 4) из протонов, нейтронов и гамма-квантов

2. Какие ядра называются изотопами?

Варианты ответа:

- 1) ядра с одинаковым числом протонов
- 2) ядра с одинаковым числом нейтронов
- 3) ядра с одинаковым числом нуклонов
- 4) ядра, имеющие достаточно долгоживущие (метастабильные) энергетические уровни

3. Какие факты говорят о существовании сил особой природы – так называемых ядерных сил?

Варианты ответа:

- 1) существование ядра
- 2) существования протона
- 3) существование нейтрона
- 4) существования атома

4. Как радиус ядра связан с числом нуклонов в нем?

Варианты ответа:

- 1) $R = r_0 \cdot A^{1/2}$
- 2) $R = A^{1/4}$
- 3) $R = r_0 \cdot A^{1/3}$
- 4) $R = r_0 + A^{1/3}$

5. Как соотносится 1 а.е.м. с 1 МэВ?

Варианты ответа:

- 1) 1 а.е.м. = 931,5 МэВ
- 2) 1 а.е.м. = 93,15 МэВ МэВ
- 3) 1 а.е.м. = 9315 МэВ
- 4) 1 а.е.м. = 9,315 МэВ

6. Какая величина называется полной энергией связи атомного ядра?

Варианты ответа:

- 1) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p - (A - Z)m_n + M(A, Z)] \cdot c^2$
- 2) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p + (A - Z)m_n - M(A, Z)] \cdot c^2$
- 3) $\Delta E(A, Z) = [M(A, Z) - Zm_p - (A - Z)m_n] \cdot c^2$
- 4) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p - (A - Z)m_n - M(A, Z)] \cdot c^2$

7. Как в общем виде записывается условие устойчивости ядра (A,Z) по отношению к распаду на части (A₁,Z₁) и (A₂,Z₂)?

Варианты ответа:

- 1) $M(A, Z) > M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$
- 2) $M(A, Z) < M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$
- 3) $M(A, Z) = M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$
- 4) $\Delta E(A, Z) < \Delta E(A_1, Z_1) + \Delta E(A_2, Z_2)$

8. Какая физическая величина называется магнитным моментом?

Варианты ответа:

- 1) $\vec{\mu} = g \cdot \vec{I}$
- 2) $\vec{\mu} = g - \vec{I}$
- 3) $\vec{\mu} = g + \vec{I}$
- 4) $\vec{\mu} = g / \vec{I}$

9. Кем, когда и как была открыта радиоактивность?

Варианты ответа:

- 1) Беккерель в 1896 г. обнаружил, что уран испускает невидимое излучение, способное проникать через черную бумагу и засвечивать фотопластинку

- 2) Ф. и И. Жолио-Кюри в 1934 г. обнаружили, что при распаде некоторых ядер образуются частицы с положительным зарядом
- 3) Э. Резерфорд в 1911 г. при изучении рассеяния альфа-частиц
- 4) П. Виллард в 1900 г. при открытии гамма-лучей при изучении распада урана

10. Как записывается основной закон радиоактивного распада в интегральной форме?

Варианты ответа:

- 1) $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
- 2) $N(t) = \int e^{-\lambda t} dt$
- 3) $N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t})$
- 4) $N(t) = \int (1 - e^{-\lambda t}) dt$

11. Какая величина называется активностью?

Варианты ответа:

- 1) активность выражается числом распадов в образце в 1 секунду
- 2) активность выражается энергией, выделяющейся в образце при радиоактивном распаде за 1 секунду
- 3) активность выражается числом распадов в образце за период полураспада
- 4) активность выражается энергией, выделяющейся в образце при радиоактивном распаде за период полураспада

12. Какие единицы используются для выражения активности в системе СИ и на практике?

Варианты ответа:

- 1) в системе СИ: 1 Бк = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Ки = $3.7 \cdot 10^{10}$ Бк
- 2) в системе СИ: 1 Ки = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Бк = $3.7 \cdot 10^{10}$ Ки
- 3) в системе СИ: 1 Бк = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Ки = 10^{10} Бк
- 4) в системе СИ: 1 Ки = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Бк = 10^{10} Ки

13. Что называется вековым равновесием?

Варианты ответа:

- 1) масс покоя ядра не меняется веками
- 2) активность радионуклида не меняется веками
- 3) энергии связи двух радионуклидов равны
- 4) радиоактивное равновесие, поддерживаемое веками

14. Какова природа и основные свойства альфа-частиц?

Варианты ответа:

- 1) α -частица – это частица с нейтральным электрическим зарядом и массой $\rightarrow 0$.
- 2) α -частица – это частица с зарядом $= e$ и массой $= 2$ а.е.м.
- 3) α -частица – это неустойчивая частица с отрицательным электрическим зарядом.
- 4) α -частица – это ядро ${}^4\text{He}$ с зарядом $Z=2$ и общим числом нуклонов $A=4$

15. Какие встречаются разновидности энергетических спектров альфа-частиц?

Варианты ответа:

- 1) Линейчатые и непрерывные.
- 2) Простые, с тонкой структурой и с длиннопробежными α -частицами.
- 3) Альфа-спектр имеет форму кривой Максвелла
- 4) Альфа-спектр имеет форму кривой Гаусса

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест состоит из 20 вопросов. Оценивается количество выполненных тестовых заданий.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за тест – 20 баллов.

Если студент ответил верно менее, чем на 12 вопросов и если отсутствовал по неуважительной причине, он имеет возможность пересдать тест с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.

8.2.3. Собеседование

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Привести примеры применения дискретных распределений в ядерной физике.
2. Что называется периодом полураспада?
3. Какие ядра называются радиоактивными?
4. Физический смысл области устойчивости стабильных ядер и способы распада нестабильных ядер, лежащих выше и ниже области устойчивости.
5. Закономерности радиоактивного распада.
6. Дать определение периода полураспада и показать методику определения периода полураспада по результатам измерений уменьшения активности образца во времени.
7. Что показывают кривые интегрального и дифференциального распределений α -частиц?
8. Виды потерь энергии α -частиц при прохождении через вещество и их вклад при различных энергиях α -частиц.
9. Виды β -распада.
10. Виды потерь энергии β -частиц в веществе.
11. Процессы взаимодействия γ -квантов с веществом.
12. Найти толщину слоя поглотителя половинного ослабления потока γ -квантов для одного из веществ (по заданию преподавателя).

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- полнота ответов на вопросы;
- умение пояснить связь между различными физическими величинами;

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за собеседование – 20 баллов.

Если студент набрал за собеседование меньше 12 баллов и если отсутствовал по неуважительной причине, он имеет возможность пересдать собеседование с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.

8.2.4. Контрольная работа

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Вариант 1

1. Вычислить удельные активности радионуклидов ^{24}Na и ^{238}U , периоды полураспада которых равны 15 ч. и $4,5 \cdot 10^9$ лет, соответственно.

2. Вычислить энергию, которую необходимо затратить для разделения ядра ^{20}Ne на две α -частицы и ядро ^{12}C , если энергии связи на один нуклон в этих ядрах равны 8.03, 7.07 и 7.68 МэВ, соответственно.

Вариант 2

1. Радиоизотоп ($T_{1/2} = 14.3$ сут.) образуется с постоянной скоростью $q = 2.7 \cdot 10^{10}$ ядер/с. Через сколько времени после начала образования его активность станет равной $1.0 \cdot 10^9$ Бк.
2. Вычислить в а.е.м. массу ^8Li , если его энергия связи равна 41.3 МэВ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Задача 1 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за контрольную работу – 20 баллов.

Если студент набрал за контрольную работу меньше 12 баллов и если отсутствовал по неуважительной причине во время контрольной работы, студент имеет возможность переписать её с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.