

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.09.2025 11:07:09

Уникальный идентификатор документа:  
04c19ed8b058130e51a430b1807888922523



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
«Радиоспектроскопия» по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 «Радиофизика»  
направленности (профилю) «Телекоммуникационные системы и информационные технологии» ФГБОУ  
ВО «ЧелГУ»

стр. 1

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Радиоспектроскопия**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль)  
**Телекоммуникационные системы и информационные технологии**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Год набора 2025

Челябинск, 2025 г.



## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Дисциплина: Радиоспектроскопия

Семестр: 8

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Радиоспектроскопия» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен понимать в своей научно-исследовательской деятельности принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования	ПК-1.1. Обладает знаниями в своей области научно-исследовательской деятельности о принципах работы, устройстве, технических возможностях и контроле технического состояния радиоэлектронной аппаратуры. ПК-1.2. Демонстрирует умение в своей научно-исследовательской деятельности настраивать составные части, диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры. ПК-1.3. Имеет практический опыт (навыки) использования в своей научно-исследовательской деятельности тестирования работы, настройки, мониторинга технического состояния, устранения неисправностей и проверки функционирования радиоэлектронной аппаратуры.	Для достижения индикатора ПК-1.1: Знать в своей области научно-исследовательской деятельности о принципах работы, устройстве, технических возможностях и контроле технического состояния радиоэлектронной аппаратуры (основные принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования по радиоспектроскопии). Для достижения индикатора ПК-1.2: Уметь в своей научно-исследовательской деятельности настраивать составные части, диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры (выбирать оборудование для проведения эксперимента, строить физические модели изучаемых объектов и процессов в них). Для достижения индикатора ПК-1.3: Владеть навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности тестирования работы, настройки, мониторинга технического состояния, устранения неисправностей и проверки функционирования радиоэлектронной аппаратуры (навыками эксплуатации



			радиоспектрометров, анализа полученных в эксперименте результатов).
ПК-2	Способен использовать основные методы радиофизических измерений в своей научно-исследовательской деятельности	ПК-2.1. Обладает знаниями в своей области научно-исследовательской деятельности об основных методах, общих принципах и средствах радиофизических измерений; методиках определения точности измерений и оценки погрешности. ПК-2.2. Демонстрирует умение производить радиофизические измерения общего характера; определять точность измерений и производить оценку погрешностей; организовывать радиофизические измерения специального профиля; создавать методики измерений в соответствии с поставленными научно-исследовательскими задачами. ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) использования в своей научно-исследовательской деятельности стандартных методик измерения; владения методами оптимизации измерений в соответствии с поставленными научными задачами.	Для достижения индикатора ПК-2.1: Знать в своей области научно-исследовательской деятельности об основных методах, общих принципах и средствах радиофизических измерений; методиках определения точности измерений и оценки погрешности (основные методы радиофизических измерений в радиоспектроскопии). Для достижения индикатора ПК-2.2: Уметь производить радиофизические измерения общего характера; определять точность измерений и производить оценку погрешностей; организовывать радиофизические измерения специального профиля; создавать методики измерений в соответствии с поставленными научно-исследовательскими задачами (проводить радиофизические измерения в радиоспектроскопии). Для достижения индикатора ПК-2.3: Владеть навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности стандартных методик измерения; методами оптимизации измерений в соответствии с поставленными научными задачами (навыками анализа результатов радиофизических измерений в радиоспектроскопии).

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	ПК-1 ПК-2	Раздел 1. Ядерный магнитный резонанс	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 1); вопросы к экзамену №1-25
		Раздел 2. Электронный	Типовые контрольные	Вопросы к экзамену №26-30



	парамагнитный резонанс	вопросы для текущего контроля	
	Раздел 3. Применение ЯМР и ЭПР	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 3).

### 3.2 Содержание оценочных средств

#### Контрольные вопросы для текущего контроля:

1. Что называется ядерным магнитным резонансом и электронным парамагнитным резонансом?
2. В каких системах наблюдается ЯМР, а в каких ЭПР?
3. Как связан магнитный момент ядра с моментом количества движения?
4. Как рассчитывается g-фактор электрона для спинового и орбитального магнетизма?
5. Как рассчитывается g-фактор электрона в случае спин-орбитальной связи?
6. Назовите факторы "замораживания" орбитального движения.
7. Чем определяется ширина линии ЭПР?
8. Чем определяется анизотропия g-тензора?
9. Какую энергию приобретает изолированное ядро в магнитном поле?
10. Как перейти от неподвижной системы координат к вращающейся?
11. Что называют ядерной магнитной релаксацией?
12. Какие виды магнитных релаксаций существуют и какова их природа?
13. Что представляет собой сигнал свободной индукции?
14. С помощью каких последовательностей можно измерить время спин-решеточной релаксации  $T_1$ ?
15. Изложить методику измерения времени  $T_1$ .
16. В чём заключается метод спинового эха? Изложить методику измерения времени релаксации поперечной намагниченности.
17. С помощью каких функций принято описывать движение ядер, связанных диполь-дипольным взаимодействием?
18. Что такое функция корреляции (каков ее физический смысл)?
19. Что такое функция спектральной плотности (каков её физический смысл)?
20. Как связаны функция спектральной плотности с функцией корреляции?
21. Как времена релаксации  $T_1$  и  $T_2$  выражаются через функции спектральной плотности?
22. Какой вид имеет спад поперечной намагниченности  $A(t)$  при наличии экспоненциальной функции корреляции?
23. Как преобразуется форма спада поперечной намагниченности  $A(t)$  в случае быстрых и медленных движений?
24. Что представляет собой время корреляции?
25. Как время корреляции зависит от температуры?
26. Как рассчитывается энергию активации для молекулы?



27. Что представляет собой спектр ЯМР для системы двух одинаковых ядер без и при наличии вращения?

Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра в ходе лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой из выполненных лабораторных работ. Отчет подразумевает выполнение всех заданий в виде таблиц, графиков, проведения расчетов и подведения итогов проделанной работы – написания выводов. Отчет по работе считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после выполнения лабораторной работы.

**База тестовых вопросов:**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
<b>Раздел 1. Ядерный магнитный резонанс</b>		
1	Запишите выражение для Зеемановского гамильтониана магнитного момента ядра $\hat{\mu}$ в постоянном магнитном поле $\bar{H}$ .	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = \hat{\mu}\bar{H}</math></li> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = -\hat{\mu}\bar{H}</math></li> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = [\hat{\mu} \times \bar{H}]</math></li> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = -[\hat{\mu} \times \bar{H}]</math></li> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = \hat{\mu}_x H_x \cos \omega t</math></li> <li><math>\hat{\mathcal{H}} = -\hat{\mu}_x H_x \cos \omega t</math></li> </ol>
2	Запишите классическое уравнение движения магнитного момента ядра $\bar{\mu}$ в постоянном магнитном поле $\bar{H}$ .	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\frac{d\mu}{dt} = \bar{\mu}\bar{H}</math>,</li> <li><math>\frac{dH}{dt} = \bar{\mu}\bar{H}</math></li> <li><math>\frac{d\bar{\mu}}{dt} = [\bar{\mu} \times \gamma\bar{H}]</math>,</li> <li><math>\frac{d\bar{H}}{dt} = [\bar{\mu} \times \gamma\bar{H}]</math></li> </ol>
3	Дано: Двухуровневая спиновая система, в которой $\Delta n$ – разность населенностей между нижним и верхним энергетическими уровнями, $T$ – абсолютная температура. Какое из приведенных условий соответствует насыщению спиновой системы?	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\Delta n=0, T=\infty</math>,</li> <li><math>\Delta n=0, T=0</math>,</li> <li><math>\Delta n&gt;0, 0&lt;T&lt;\infty</math>,</li> <li><math>\Delta n&lt;0, T&lt;0</math>,</li> <li><math>\Delta n&gt;0, T&lt;0</math>.</li> </ol>
4	Дано: Двухуровневая спиновая система, в которой $\Delta n$ – разность населенностей между нижним и верхним энергетическими уровнями, $T$ – абсолютная температура. Какое из приведенных условий соответствует поглощению энергии	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\Delta n=0, T=\infty</math>,</li> <li><math>\Delta n=0, T=0</math>,</li> <li><b><math>\Delta n&gt;0, 0&lt;T&lt;\infty</math>,</b></li> <li><math>\Delta n&lt;0, T&lt;0</math>,</li> <li><math>\Delta n&gt;0, T&lt;0</math>.</li> </ol>



	спиновой системой?	
5	Дано: Двухуровневая спиновая система, в которой $\Delta n$ – разность населенностей между нижним и верхним энергетическими уровнями, $T$ – абсолютная температура. Какое из приведенных условий соответствует испусканию энергии спиновой системой?	1. $\Delta n=0, T=\infty$ , 2. $\Delta n=0, T=0$ , 3. $\Delta n>0, 0<T<\infty$ , <b>4. <math>\Delta n&lt;0, T&lt;0</math>,</b> 5. $\Delta n>0, T<0$ .
6	В магнитном поле $H_0$ ядерный спин имеет систему Зеемановских уровней: $E_1 = -\frac{3}{2}\gamma\hbar H_0, E_2 = -\frac{1}{2}\gamma\hbar H_0, E_3 = \frac{1}{2}\gamma\hbar H_0,$ $E_4 = \frac{3}{2}\gamma\hbar H_0$ . Переходы между какими уровнями являются разрешенными правилами отбора?	1. $E_1 \leftrightarrow E_4$ 2. $E_1 \leftrightarrow E_2, E_1 \leftrightarrow E_3, E_1 \leftrightarrow E_4$ <b>3. <math>E_1 \leftrightarrow E_2, E_2 \leftrightarrow E_3, E_3 \leftrightarrow E_4</math></b> 4. $E_1 \leftrightarrow E_3, E_2 \leftrightarrow E_4$
7	В лабораторной системе координат магнитное поле равно $H_0 \bar{k}$ ( $\bar{k} // z$ ). Какова величина этого поля во вращающейся вокруг оси $z$ с частотой $\omega$ системе координат? $\omega_0$ – резонансная частота.	1. $(H_0 + \frac{\omega_0}{\gamma})\bar{k}$ , 2. $(H_0 - \frac{\omega_0}{\gamma})\bar{k}$ , 3. $(H_0 + \frac{\omega}{\gamma})\bar{k}$ , 4. $(H_0 - \frac{\omega}{\gamma})\bar{k}$ ,
8	В лабораторной системе координат магнитное поле равно $H_0 \bar{k}$ ( $\bar{k} // z$ ). К спиновой системе приложено переменное магнитное поле $H_x(t) = 2H_1 \cos \omega t$ . Какова величина этого поля во вращающейся вокруг оси $z$ с частотой $\omega$ системе координат? ( $\bar{i}$ – единичный вектор вдоль оси $x'$ вращающейся вокруг оси $z$ с частотой $\omega$ системы координат?)	1. $(H_0 + \frac{\omega_0}{\gamma})\bar{k} + H_1 \bar{i}$ , 2. $(H_0 - \frac{\omega_0}{\gamma})\bar{k} + H_1 \bar{i}$ , 3. $(H_0 + \frac{\omega}{\gamma})\bar{k} + H_1 \bar{i}$ , 4. $(H_0 - \frac{\omega}{\gamma})\bar{k} + H_1 \bar{i}$ 5. $(H_0 - \frac{\omega}{\gamma})\bar{k} + 2H_1 \bar{i}$ 6. $(H_0 + \frac{\omega}{\gamma})\bar{k} + 2H_1 \bar{i}$
9	Чему равен спин ядра, если система его Зеемановских уровней выглядит следующим образом	1. $I = 0$ 2. $I = 1/2$ 3. $I = -1/2$ <b>4. <math>I = 1</math></b> 5. $I = -1$



	$\begin{array}{ccc} m & & E \\ -1 & \text{-----} & \gamma \hbar H_0 \\ 0 & \text{-----} & 0 \\ 1 & \text{-----} & -\gamma \hbar H_0 \end{array}$	
10	В каком направлении относительно статического поля $\vec{H} // z$ должно действовать переменное магнитное поле, чтобы вызвать резонансное поглощение.	1. вдоль направления оси z 2. вдоль направления перпендикулярного оси z
11	Возможно ли поглощение энергии спиновой системой, если время спин-решеточной релаксации $T_1 = \infty$	1. да 2. нет
12	Записать уравнение намагничивания образца, если равновесное значение ядерной намагниченности равно $M_0$ .	1. $M = M_0(1 - e^{-t/T_1})$ 2. $M = M_0 e^{-t/T_1}$
13	Какая компонента комплексной восприимчивости отвечает за сигнал поглощения?	1. действительная ( $\chi'$ ) 2. мнимая ( $\chi''$ )
14	Какая компонента комплексной восприимчивости отвечает за сигнал дисперсии?	1. действительная ( $\chi'$ ) 2. мнимая ( $\chi''$ )
15	Какая форма линии ЯМР является решением уравнений Блоха	1. линия гауссовой формы 2. линия лоренцевой формы 3. линия прямоугольной формы 4. Пейковский дублет
16	Как будет направлена намагниченность $\vec{M}$ после 90-градусного импульса, магнитное поле которого направлено вдоль оси x вращающейся с резонансной частотой системы координат, если до импульса она была ориентирована вдоль оси z?	1. вдоль оси y вращающейся системы координат 2. вдоль оси -x вращающейся системы координат 3. вдоль оси -z
17	Какая последовательность импульсов используется для измерения времени поперечной релаксации $T_2$ методом спинового эхо?	1. $180^\circ$ - $\tau$ - $90^\circ$ 2. $90^\circ$ - $\tau$ - $180^\circ$ 3. $90^\circ$ - $\tau$ - $90^\circ$
18	Какие последовательности импульсов используется для измерения времени спин-решеточной релаксации $T_1$	1. $180^\circ$ - $\tau$ - $90^\circ$ 2. $90^\circ$ - $\tau$ - $180^\circ$ 3. $90^\circ$ - $\tau$ - $90^\circ$
19	Почему член $\hat{A} = \hat{I}_{1z} \hat{I}_{2z} (1 - 3 \cos^2 \theta)$ в гамильтониане диполь-дипольного	1. Потому, что он коммутирует с зеемановским гамильтонианом 2. Потому, что он не коммутирует с



	взаимодействия ответственен за уширение линии ЯМР	зеemanовским гамильтонианом
20	Почему член $\hat{E} = -\frac{3}{4}\hat{I}_1^+\hat{I}_2^+ \sin^2 \theta e^{-2i\varphi}$ , в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия не приводит к уширению линии ЯМР	1. Потому, что он коммутирует с зеemanовским гамильтонианом <b>2. Потому, что он не коммутирует с зеemanовским гамильтонианом</b>
21	Какой член в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия соответствует взаимному переворачиванию спинов (флип-флопу)	1. $\hat{A} = \hat{I}_{1z}\hat{I}_{2z}(1 - 3\cos^2 \theta)$ , 2. $\hat{B} = -\frac{1}{4}(\hat{I}_1^+\hat{I}_2^- + \hat{I}_1^-\hat{I}_2^+)(1 - 3\cos^2 \theta)$ , 3. $\hat{C} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^+\hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z}\hat{I}_2^+) \sin \theta \cos \theta e^{-i\varphi}$ , 4. $\hat{D} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^-\hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z}\hat{I}_2^-) \sin \theta \cos \theta e^{+i\varphi}$ , 5. $\hat{E} = -\frac{3}{4}\hat{I}_1^+\hat{I}_2^+ \sin^2 \theta e^{-2i\varphi}$ , 6. $\hat{F} = -\frac{3}{4}\hat{I}_1^-\hat{I}_2^- \sin^2 \theta e^{+2i\varphi}$ ,
22	Какой член в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия соответствует переходу спинов с нижнего уровня на соседний верхний уровень?	1. $\hat{A} = \hat{I}_{1z}\hat{I}_{2z}(1 - 3\cos^2 \theta)$ , 2. $\hat{B} = -\frac{1}{4}(\hat{I}_1^+\hat{I}_2^- + \hat{I}_1^-\hat{I}_2^+)(1 - 3\cos^2 \theta)$ , 3. $\hat{C} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^+\hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z}\hat{I}_2^+) \sin \theta \cos \theta e^{-i\varphi}$ , 4. $\hat{D} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^-\hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z}\hat{I}_2^-) \sin \theta \cos \theta e^{+i\varphi}$ , 5. $\hat{E} = -\frac{3}{4}\hat{I}_1^+\hat{I}_2^+ \sin^2 \theta e^{-2i\varphi}$ , 6. $\hat{F} = -\frac{3}{4}\hat{I}_1^-\hat{I}_2^- \sin^2 \theta e^{+2i\varphi}$ ,
23	Какой член в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия соответствует переходу спинов с верхнего уровня на соседний нижний уровень?	1. $\hat{A} = \hat{I}_{1z}\hat{I}_{2z}(1 - 3\cos^2 \theta)$ , 2. $\hat{B} = -\frac{1}{4}(\hat{I}_1^+\hat{I}_2^- + \hat{I}_1^-\hat{I}_2^+)(1 - 3\cos^2 \theta)$ ,



		$3. \hat{C} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^+ \hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z} \hat{I}_2^+) \sin \theta \cos \theta e^{-i\varphi},$ $4. \hat{D} = -\frac{2}{3}(\hat{I}_1^- \hat{I}_{2z} + \hat{I}_{1z} \hat{I}_2^-) \sin \theta \cos \theta e^{+i\varphi},$ $5. \hat{E} = -\frac{3}{4} \hat{I}_1^+ \hat{I}_2^+ \sin^2 \theta e^{-2i\varphi},$ $6. \hat{F} = -\frac{3}{4} \hat{I}_1^- \hat{I}_2^- \sin^2 \theta e^{+2i\varphi},$
24	Физический смысл второго момента линии ЯМР.	<b>1. Сумма квадратов локальных полей соседних спинов</b> <b>2. Квадрат суммы локальных полей соседних спинов</b>
25	Под каким углом $\theta$ к магнитному полю надо вращать группу спинов, связанных диполь-дипольным взаимодействием, чтобы ширина линии ЯМР оказалась равной нулю?	<b>1. <math>\theta = 0^\circ</math></b> <b>2. <math>\theta = 90^\circ</math></b> <b>3. <math>\theta = \arctg \frac{1}{\sqrt{3}}</math></b> <b>4. <math>\theta = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}}</math></b> <b>5. <math>\theta = \arcsin \frac{1}{\sqrt{3}}</math></b>
26	Знак парамагнитного вклада в экранирование ядер	<b>1. положительный</b> <b>2. отрицательный</b>
27	Знак диамагнитного вклада в экранирование ядер	<b>1. положительный</b> <b>2. отрицательный</b>
28	Сколько линий в молекуле фторида фосфора $PF_3$ при резонансе на ядрах фосфора (P)	<b>1. одна</b> <b>2. две</b> <b>3. три</b> <b>4. четыре</b>
29	Сколько линий в молекуле фторида $PF_3$ при резонансе на ядрах фтора (F)	<b>1. одна</b> <b>2. две</b> <b>3. три</b>
30	Каков знак Найтовского сдвига?	<b>1. положительный</b> <b>2. отрицательный</b>
31	Какие ядра обладают квадрупольным моментом?	<b>1. ядра, имеющие сферическую форму</b> <b>2. ядра, имеющие форму вытянутого эллипсоида вращения</b> <b>3. ядра, имеющие форму сплюснутого эллипсоида вращения</b>
32	Что необходимо для возникновения	<b>1. наличие однородного</b>



	квадрупольно взаимодействия ядра, обладающего квадрупольным моментом	электрического поля <b>2. наличие неоднородного электрического поля</b> 3. наличие однородного магнитного поля 4. наличие неоднородного магнитного поля
33	Сколько линий в спектре ЯМР на ядрах со спином $I = 1$ при наличии квадрупольного взаимодействия	1. одна <b>2. две</b> 3. три
34	За какую релаксацию ответственна покаящаяся компонента магнитного поля $\vec{h}_x$ во вращающейся с резонансной частотой системы координат вокруг оси $z // \vec{H}$	1. только за продольную релаксацию <b>2. как за продольную, так и за поперечную релаксацию</b> 3. только за поперечную релаксацию
35	За какую релаксацию ответственна покаящаяся компонента магнитного поля $h_z$	1. только за продольную релаксацию 2. как за продольную, так и за поперечную релаксацию <b>3. только за поперечную релаксацию</b>
<b>Раздел 3. Применение ЯМР и ЭПР</b>		
36	Как в ЯМР-томографе производится локализация спинов – выполнение условия резонанса в одной единственной («чувствительной») точке объекта?	Созданием трех линейных градиентов магнитного поля $dV/dx$ , $dV/dy$ и $dV/dz$ с помощью трех наборов градиентных катушек.
37	Как в ЯМР-томографе производится управление положением «чувствительной» точки внутри объекта?	С помощью изменения соотношения токов в градиентных катушках.

### Вопросы к экзамену:

1. Магнитные свойства ядер. Элементарная теория магнитного резонанса
2. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация
3. Движение невзаимодействующих спинов: ларморовская прецессия ядер, вращающаяся система координат
4. Движение невзаимодействующих спинов: влияние переменных магнитных полей
5. Ядерный магнитный резонанс в системе связанных спинов: уравнения Блоха
6. Решение уравнений Блоха в случае малых ВЧ полей. Комплексная восприимчивость
7. Импеданс катушки индуктивности с образцом. Мощность, поглощаемая ядерной спин системой
8. Функция формы линии поглощения. Решение уравнений Блоха при произвольном значении ВЧ поля
9. Спиновое эхо
10. Причины уширения линий и оценка величины дипольного уширения. Гамильтониан диполь-дипольного взаимодействия
11. Роль каждого из шести операторов в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия
12. Метод моментов



13. Изменение второго момента при учете движения
14. Связь импульсных и непрерывных методов наблюдения ЯМР. Фурье-спектроскопия
15. Примеры резонансных кривых и их Фурье-образов
16. Химический сдвиг
17. Косвенное спин-спиновое взаимодействие
18. Расчет спектра системы АЗХ
19. Расчет спектра системы АВ
20. Найтовский сдвиг
21. Электрическое квадрупольное взаимодействие
22. Природа ядерной магнитной релаксации
23. Функции корреляции и спектральной плотности
24. Виды релаксации
25. Электронные конфигурации. Энергетические уровни атомов при наличии связи Рассела-Саундерса. Зеemanовское расщепление атомных уровней в магнитном поле
26. Эффект Штарка. Сверхтонкая структура уровней в свободном атоме
27. Методы кристаллического поля и молекулярных орбиталей. Эффективный спин. Тонкая структура спектров ЭПР
28. Электрон-ядерный эффект Оверхаузера
29. Однородное и неоднородное уширения линий ЭПР. Обменное взаимодействие
30. Спин-фононные взаимодействия. Явление узкого фононного горла.

#### 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в два этапа: в форме тестирования и в форме экзамена.

Первый этап промежуточной аттестации представляет собой тестирование, проводимое во время лекционных занятий.

Второй этап промежуточной аттестации представляет собой экзамен: ответы на вопросы экзаменационного билета.

##### 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Максимальный балл за посещение лекционных занятий – 10.

**На первом этапе промежуточной аттестации – тестировании** студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционного занятия. Всего вопросов в тесте 37. Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 1 балл. Максимальное количество баллов – 37. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 20 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	37-20 баллов	19-0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	базовый	недостаточный

**На втором этапе промежуточной аттестации – экзамене** студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических



вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Максимальный балл за ответы на вопросы билета – 90 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	80-90	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.	65-80	средний
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	45-65	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	0	недостаточный

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации.

Критерии оценивания экзамена:

0-64 баллов - неудовлетворительно (2);

65-89 баллов - удовлетворительно (3);

90-115 баллов - хорошо (4);

116-137 баллов - отлично (5).

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке «отлично».
2. Средний уровень соответствует оценке «хорошо».
3. Базовый уровень соответствует оценке «удовлетворительно».
4. Низкий уровень соответствует оценке «неудовлетворительно».



**Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:**

Проректор по учебной работе                      утверждено 24.02.25                      А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 05 от 06.02.2025

Председатель Ученого совета  
физического факультета

согласовано

М.А. Загребин

**Заседанием кафедры радиофизики и электроники**

Протокол заседания № 07 от 04.02.2025

Заведующий кафедрой

согласовано

А.В. Бутаков

Автор (составитель)

В.М. Чернов

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**