3.2.2. Магнитное поле в веществе

Экзаменационные вопросы:

Магнитное але при наличии сверхпроводников

* Механизм возникновения сверхпроводимости
* Магнитные свойства сверхпроводников
* Провод с током над сверхпроводящей плоскостью (распределение индуцированных на поверхности токов и их взаимодействие с проводом.
* Парение магнитного диполя над сверхпроводником.
* Сверхпроводящий шар/цилиндр в однородном магнитном поле.

Элементарная теория парамагнетизма

* Опыт Штерна-Герлаха. Спин и связанный с ним магнитный момент. Гиромагнитное отношение для спиновых моментов. Квантование z-проекции спинового момента.
* Орбитальный момент электрона в атоме и связанный с ним магнитный момент. Гиромагнитное отношение для орбитальных моментов.
* Энергия магнитного диполя во внешнем магнитном поле.
* Простейший вариант теории парамагнетизма на примере вычисления среднего магнитного момента газа из атомов щелочного металла.
* Магнитная поляризуемость молекул и проблемы ее определения.

Интегральная и дифференциальная формы записи уравнений магнитостатики в веществе

* Молекулярные токи и их связь с вектором намагниченности. Вывод выражения для ротора М.
* Вектор **Н** и его аналогия вектору **D**. Магнитная восприимчивость вещества. Недостатки современной системы определений для векторов **В** и **Н**.
* Дифференциальная интегральная формы уравнений магнитостатики.
* Примеры использования вектора **Н** для расчета магнитных полей в симметричных случаях.
* Классификация магнетиков по величине μ
* Граничные условия для векторов В и Н. Провод с током над плоской поверхностью полубесконечного магнетика (в тест 11-12 мая вопрос не включен).

Классическая теория ферромагнетизма

* Феноменологическое описание явления ферромагнетизма: связь вектора намагниченности с токами в обмотке соленоида. Гистерезис.
* Доменная структура ферромагнетиков. Температура Кюри.
* Использование аналогий между магнитостатикой и электростатикой вещества при решении задач на расчет полей в отсутствии их свободных источников.
* Классическая теория ферромагнетизма.
* Трудности классической теории ферромагнетизма. Современные представления о природе ферромагнетизма.

Вопросы к тестам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3.2.3.1. | Дайте определение вектора намагниченности **М.** |  |
| 3.2.3.2. | Как связан вектор намагниченности с плотностью молекулярных токов? |  |
| 3.2.3.3. | Дайте определение вектора **Н.** |  |
| 3.2.3.4. | Дайте определение магнитной проницаемости вещества μ. |  |
| 3.2.3.5. | Как связана магнитная проницаемость вещества с магнитной поляризуемостью его молекул? |  |
| 3.2.3.6. | Запишите уравнения магнитостатики вещества в дифференциальной форме |  |
| 3.2.3.7. | Запишите уравнения магнитостатики вещества в интегральной форме |  |
| 3.2.3.8. | Чему равны величины векторов **В** и **Н** в очень длинном соленоиде, намотанном на сердечник с магнитной проницаемостью μ, если по его проводам течет ток *I*0, а линейная плотность витков равна *n*? |  |
| 3.2.3.9. | Чему равны величины векторов **В** и **Н** в намотанной на сердечник с магнитной проницаемостью μ тороидальной катушке, имеющей *N* витков с током *I*0. |  |
| 3.2.3.10 | Бесконечный прямой провод с током *I* расположен параллельно плоской поверхности сверхпроводника. Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.11 | Сверхпроводящий шар помещен в однородное магнитное поле. . Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.12 | Бесконечный прямой провод с током *I* расположен параллельно плоской поверхности диамагнетика. Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.13 | Однородный шар из диамагнетика помещен в однородное магнитное поле. . Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.14. | Бесконечный прямой провод с током *I* расположен параллельно плоской поверхности парамагнетика. Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.15. | Однородный шар из парамагнетика помещен в однородное магнитное поле. . Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.16. | Бесконечный прямой провод с током *I* расположен параллельно плоской поверхности ферромагнетика. Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.17. | Однородный шар из ферромагнетика помещен в однородное магнитное поле. . Нарисуйте примерный вид линий поля **В**. |  |
| 3.2.3.18 | Длинный соленоид намотан на сердечник из ферромагнетика. Нарисуйте график зависимости величины вектора намагниченности от силы тока, протекающего по виткам соленоида. |  |
| 3.2.3.19. | Длинный соленоид намотан на сердечник из ферромагнетика. Нарисуйте график зависимости величины вектора **В** от силы тока, протекающего по виткам соленоида. |  |
| 3.2.3.20. | Длинный соленоид намотан на сердечник из ферромагнетика. Нарисуйте график зависимости величины вектора **Н** от силы тока, протекающего по виткам соленоида. |  |
| 3.2.3.21. | Как изменяются свойства ферромагнетика при переходе через температуру Кюри? |  |
| 3.2.3.22. | Запишите граничные условия для вектора **В** вблизи поверхности сверхпроводника. |  |
| 3.2.3.23. | Запишите выражение для энергии магнитного диполя во внешнем магнитном поле. |  |
| 3.2.3.24. | Запишите выражение для силы, действующей на магнитный диполь, помещенный во внешнее магнитное поле. |  |
| 3.2.3.25 | Постоянный магнит в виде короткого цилиндра парит над поверхностью сверхпроводника. Сделайте рисунок, поясняющий механизм появления подъемной силы. |  |
| 3.2.3.26 | Какие замены электростатических величина на магнитостатические необходимо сделать для того, чтобы из готового решения задачи электростатики диэлектриков получить решение аналогичной задачи магнитостатики в случае отсутствия свободных источников поля? |  |

Задачи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Р.3.2.3.1 | Равномерно заряженный по объему зарядом *Q* шарик массой *М*, равномерно распределенной по объему, равномерно вращается вокруг неподвижной оси. Рассчитайте гиромагнитное отношение (отношение магнитного момента к механическому моменту) для шарика. |  |
| Р.3.2.3.2\* | Цилиндрический магнит с магнитным моментом и массой *m* парит над плоской поверхностью сверхпроводника. Рассчитайте высоту парения. |  |
| Р.3.2.3.3 | Рассчитайте магнитное поле **В** внутри однородно намагниченного шара (вектор намагниченности **М** известен). |  |
| Р.3.2.3.4\* | Рассчитайте магнитное поле **В** внутри однородно намагниченного цилиндра (вектор намагниченности **М** известен и направлен перпендикулярно его оси). |  |
| Р.3.2.3.5 | Однородный шар из магнетика с проницаемостью μ помещен в однородное магнитное поле В0. Найти магнитное поле **В** внутри шара. |  |
| Р.3.2.3.6\* | Однородный шар из магнетика с проницаемостью μ помещен в однородное магнитное поле В0 так, что его ось перпендикулярна линиям поля. Найти магнитное поле **В** внутри цилиндра. |  |
| Р.3.2.3.7\*\* | Попытайтесь создать собственную программу, соответствующую квантовому описанию макроскопического объема ферромагнетика. Оцените с ее помощью температуру Кюри. В случае получения разумных результатов перешлите их вместе с Вашей программой в Нобелеский комитет. |  |