

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В. Ф. УТКИНА

Кафедра «Радиоуправления и связи»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине
«Электродинамика и распространение радиоволн»

Квалификация выпускника – специалист

Форма обучения – очная

Специальность 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы"

ОПОП 1 "Радиоэлектронные системы передачи информации"

ОПОП 2 "Радиосистемы и комплексы управления"

ОПОП 3 "Радионавигационные системы и комплексы"

ОПОП 4 "Радиоэлектронная борьба"

Рязань 2024

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях и лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ по каждому модулю определено графиком, утвержденным заведующим кафедрой.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачёта и экзамена.

Форма проведения зачёта – устный ответ по тестовым билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
Модуль 1			
1	Основные законы электродинамики		
1.1	Введение	ОК-1	зачёт
1.2	Система уравнений Максвелла	ОК-1, ОПК-2	зачёт
1.3	Граничные условия	ОК-1, ОПК-2	зачёт
1.4	Основные теоремы	ОК-1, ОПК-2	зачёт
1.5	Поле плоской однородной волны	ОК-1, ОПК-2	зачёт

Модуль 2			
2	Поля в различных средах		
2.1	Поле на границе раздела	ОК-1, ОПК-2	экзамен
2.2	Направляющие системы	ОК-1, ОПК-2	экзамен
2.3	Поля элементарных источников	ОК-1, ОПК-2	экзамен
2.4	Распространение радиоволн по естественным трассам	ОК-1, ОПК-2	экзамен

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

«Отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам,

усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Основные типы направляющих систем и основные типы волн в них.
2. Режимы работы волноводов.
3. Основной тип поля в волноводе. Преимущества работы на волне основного типа.
4. Структура поля и основные параметры волн типа H₁₀, H₁₁, E₁₁ в прямоугольных волноводах.
5. Зависимость потерь в стенках прямоугольного волновода от частоты (длины волны).
6. Распределение составляющих поля в волноводе при коротком замыкании, открытом конце волновода, индуктивной и емкостной нагрузках.
7. Условие резонанса в объемном резонаторе.
8. Основные типы резонаторов.
9. Добротность объемного резонатора.
10. Метод пробного тела для определения структуры поля в резонаторе.
11. Способы возбуждения резонаторов.
12. Преимущества колебаний типа H₀₁₁ в круглом резонаторе перед другими типами колебаний.
13. Невозможные типы колебаний в прямоугольных резонаторах.
14. Методика снятия частотной характеристики резонатора.
15. Чем обусловлены магнитные свойства феррита?
16. При каких условиях возникает вынужденная прецессия?
17. Чем характеризуется эффект ферромагнитного резонанса?
18. Как изменяются составляющие тензора магнитной проницаемости в зависимости от величины подмагничивающего поля?
19. В чем заключается эффект Фарадея, в чем его взаимные свойства?
20. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации?
21. В каком случае феррит считается продольно-намагниченным?
22. Чем характеризуется эффект смещения поля?
23. Устройство и принцип действия вентилей на эффекте Фарадея.
24. Как определить нагруженную добротность резонатора?
25. Какие способы возбуждения волноводов существуют?
26. Приведите математическую формулировку уравнений Максвелла для комплексных векторных амплитуд электромагнитного поля $\vec{E}$, $\vec{H}$, включающую плотности электрических сторонних токов $\vec{J}^{\text{э.ст}}$, а также определения векторной операции ротора для некоторого вектора $\vec{V}$.
27. Почему законы электромагнитного поля выражаются через векторные функции?
28. Какая размерность напряженности электрического поля $\vec{E}$?
29. Какая размерность напряженности магнитного поля $\vec{H}$?
30. Какая размерность у объемной плотности тока $\vec{\delta}$?
31. Чему равна плотность тока смещения $\vec{\delta}_{\text{см}}$?

32. В каких средах не выполняется принцип суперпозиции для вектора поля?
33. Что определяет направление движения электромагнитной волны?
34. Когда поток вектора Пойнтинга через замкнутую поверхность конечных размеров - $\oint_S \vec{P} d\vec{s} = 0$?
35. Что называется амплитудным фронтом волны?
36. В каком случае волна круговой поляризации несёт мощность, равную мощности линейно поляризованной волны?
37. В каком случае электрическая компонента поля не удовлетворяет волновому уравнению?
38. Каков характер поля элементарного электрического вибратора (диполя Герца) в дальней зоне?
39. Какое поле создает диполь Герца в дальней зоне?
40. Волна падает на границу раздела двух сред. В каком случае коэффициент отражения является комплексной величиной?
41. Что такое Угол Брюстера?
42. Главный признак отсечки в волноводе?
43. Как изменяются во времени поперечная и продольная составляющие поля в резонаторе волноводного типа?
44. В какой момент ток на стенках резонатора достигает максимума?
45. При каком условии возникает нормальная рефракция?
46. Что понимают под элементом Гюйгенса?
47. Что происходит при эффекте смещения поля?
48. Как изменяется допустимая мощность для волновода, в котором имеет место режим смешанных волн?
49. Главное преимущество при работе волновода на волне основного типа?
50. В каких устройствах используется эффект смещения поля?

МОДУЛЬ 1

Вопросы к зачёту

Основные законы и теоремы электродинамики.

Предмет и задачи курса. Связь с основными дисциплинами радиотехнических специальностей.

Основные понятия и определения. Система уравнений Максвелла. Граничные условия. Основные теоремы электродинамики.

Поле плоской однородной волны. Основные определения. Поле в идеальной среде и в среде с потерями. Поляризация электромагнитных волн.

Примеры билетов

1. Укажите уравнение, записанное правильно:

$$1. D_{n1} + D_{n2} = 0$$

$$2. D_{n1} + D_{n2} = \rho$$

$$3. D_{n1} - D_{n2} = 0$$

$$4. D_{n1} - D_{n2} = \rho_s$$

Правильный ответ- 4

2. Область называется *изолированной*, если:

$$1. P_{cm} = 0$$

$$2. P_{\Sigma} = P_{cm}$$

$$3. P_T = P_{\Sigma}$$

$$4. P_{\Sigma} = 0$$

Правильный ответ- 4

3. Размерность выражения:

$$\int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$$

$$1. A \cdot m$$

$$2. A$$

$$3. A / m$$

$$4. A / m^2$$

Правильный ответ- 4

4. Плоскость поляризации совпадает:

1. с пл. $\vec{E} - \vec{H}$

2. с пл. $\vec{E} - \vec{P}$

3. с пл. $\vec{H} - \vec{P}$

Правильный ответ- 2

МОДУЛЬ 2

Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену по ЭД и РРВ (гр. 510-513, 514-517)

0. Поле плоской однородной волны в произвольно ориентированной системе координат.

1. Волны на границе раздела двух сред.

- 1.1. Основные понятия и определения.
- 1.2. Законы Снеллиуса и формулы Френеля.
- 1.3. Эффект Брюстера.
- 1.4. Наклонное падение волны на идеально проводящую поверхность.
- 1.5. Полное внутреннее отражение.
- 1.6. Приближенные граничные условия (Леонтовича-Щукина).
- 1.7. Поверхностный эффект в проводниках.

2 Поле в направляющих системах.

- 2.1 Основные определения и классификация.
- 2.2. Поле нормальных волн в волноводах.

Основные определения, формулировка и способ решения задачи.

Поле типа Н в прямоугольном волноводе.

Поле типа Е в прямоугольном волноводе.

Поле нормальных волн типа Н и Е в круглом волноводе.

Общие свойства электромагнитного поля в волноводе.

Режимы работы волноводов.

Структура поля в волноводе.

Токи в стенках волновода.

Электрическая прочность волновода.

Скорость движения энергии и сигнала в волноводе.

Расчёт потерь в волноводе.

Выбор размеров волноводов.
Связь волноводов с внешними устройствами.
Концепция парциальных волн

3 Электромагнитное поле элементарных источников.

Основные определения.
Поле элементарного электрического источника.
А. Общие соотношения.
Б. Поле дальней зоны.
В. Поле ближней зоны.
Основные параметры антенн.
Принцип двойственности.
Элементарный магнитный вибратор

- 3.6. Эквивалентные поверхностные токи.
- 3.7. Элемент Гюйгенса.
- 3.8. Теорема взаимности.

4. Распространение радиоволн по естественным трассам.

- 4.8. Основные определения и классификация.
- 4.9. Уравнения идеальной радиосвязи и радиолокации.
- 4.10. Область пространства, существенная при распространении радиоволн.
- 4.11. Учет влияния подстилающей поверхности на распространение радиоволн.
- 4.12. Учет влияния тропосферы.
- 4.13. Учет влияния ионосферы.
- 4.14. Диапазонные особенности распространения радиоволн.
 - 4.14.1. Сверхдлинные и длинные радиоволны.
 - 4.14.2. Средние волны.
 - 4.14.3. Короткие волны.

План практических занятий

№ п / п	Номер раздела дисципли ны	Наименование практических занятий
1	1	Элементы векторного анализа – 2 часа

2	1	Основные характеристики электромагнитного поля – 3 часа
3	1	Уравнения Максвелла – 3 часа
4	1	Граничные условия электродинамики – 2 часа
5	1	Теорема Пойнтинга – 4 часа
6	2	Плоские электромагнитные волны – 3 часа

Образцы задач

1.2. Показать, что векторы $\vec{A} = 4\vec{x}_0 - 2\vec{y}_0 - \vec{z}_0$ и $\vec{B} = \vec{x}_0 + 4\vec{y}_0 - 4\vec{z}_0$ ортогональны. Найти их сумму и разность.

1.32. Задано поле вектора $\vec{A} = 2x \cdot y \cdot \vec{x}_0 + z \cdot \vec{y}_0 + y \cdot z^2 \vec{z}_0$. Найти $\text{div} \vec{A}$ в точке (2; -1; 3).

2.3. Шар радиусом a заряжен с объемной плотностью $\rho = \rho_0 \frac{r}{a} \cos \theta$.

Вычислить полный заряд шара Q .

2.8. Бесконечно тонкий диск радиусом a , заряженный с плотностью $\rho_s = \rho_0 \frac{r}{a} [\text{Кл/м}^2]$,

вращается вокруг оси со скоростью ω . Вычислить поверхностную плотность тока $\vec{\delta}_s$ и полный ток I на поверхности диска (рис. 2.4).

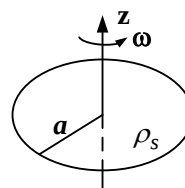


Рис. 2.4

3.5. Проводник длиной l движется со скоростью $\vec{v}$ в равномерном магнитном поле, напряженность которого равна $\vec{H}$, пересекая силовые линии под углом α . Вычислить ЭДС между концами проводника (рис. 3.3).

3.6. Вычислить напряженность маг-

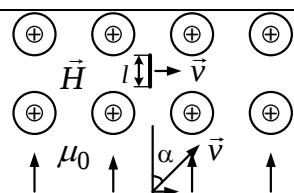
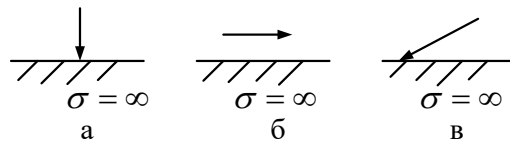


Рис. 3.3

3.17. Определить частоту f_0 , при которой амплитуды объемной плотности тока смещения и плотности тока проводимости будут равны: 1) среда – медь ($\sigma_m = 5,7 \cdot 10^7 \text{ См/м}$, $\varepsilon = 1$); 2) среда – морская вода ($\sigma_\varepsilon = 4 \text{ См/м}$, $\varepsilon = 80$).

4.6. На каком рисунке (рис. 4.3, а, б, в) изображены силовые линии электрического поля, магнитного поля, если вторая среда - идеальный проводник?



5.8. По цилиндрическому проводнику радиусом a , длиной l протекает ток с объемной плотностью $\vec{\delta}$. Проводимость материала проводника σ . Определить вектор Пойнтинга у поверхности проводника и его поток через эту поверхность. Объяснить полученный результат (рис. 5.4).

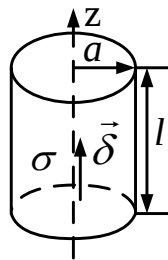


Рис. 5.4

6.6. Определить погонную емкость, разность потенциалов между обкладками, напряженность поля и индукцию в диэлектриках, заполняющих двухслойный цилиндрический конденсатор. На единицу длины конденсатора приходится заряд q (рис. 6.3). Диэлектрические проницаемости слоев ϵ_{a1} и ϵ_{a2} .

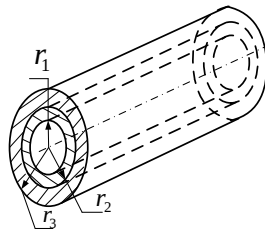


Рис.6.3

2. Рассчитать напряженность магнитного поля коаксиального кабеля, приняв, что по центральному проводнику и оболочке текут одинаковые токи I в разных направлениях (рис. 7.2). Построить $H(r)$.

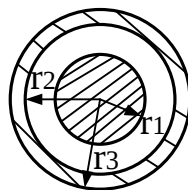
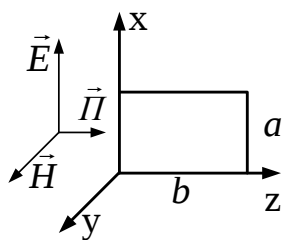


Рис.7.2

8.2. В поле плоской волны, распространяющейся вдоль оси z с частотой ω и амплитудой E_0 , расположена плоская рамка с размерами сторон a и b (рис. 8.3). Плоскость рамки перпендикулярна к $\vec{H}$. Записать выражение для ЭДС, которую наводит электромагнитная волна в этой рамке.



Лабораторный практикум (18 часов)

№ п / п	Номер раздела дисципли ны	Наименование лабораторных работ
1	2	Вводное занятие
2	3	Структура электромагнитного поля в волноводе
3	3	Исследование структуры электромагнитного поля в резонаторе волноводного типа
4	3	Исследование волновых процессов в намагниченном феррите

Контрольные вопросы

1. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВОЛНОВОДЕ

1. Основные типы направляющих систем и основные типы волн в них.
2. Отличие полей в волноводах от полей в коаксиальных (и других подобных) линиях.
3. Режимы работы волноводов.
4. Основной тип поля в волноводе. Преимущества работы на волне основного типа.
5. Смысл индексов m и n в обозначении типов поля.
6. Концепция парциальных волн.
7. Структура поля и основные параметры волн типа H_{10}, H_{11}, E_{11} в прямоугольных волноводах.
8. Зависимость параметров волн от частоты и размеров волновода.
9. Структура поля и основные параметры волн типа H_{11}, H_{01}, E_{01} в круглых волноводах.
10. Структура токов в стенках прямоугольных и круглых волноводов для волн, перечисленных в пп. 7 и 8. Излучающие и неизлучающие щели.
11. Способы возбуждения волноводов.
12. Зависимость мощности, передаваемой по волноводу, от

составляющих электромагнитного поля, частоты (длины волны) генератора и размеров волновода.

13. Предельная мощность, передаваемая по волноводу. Что происходит при превышении предельной мощности?

14. Зависимость потерь в стенках прямоугольного волновода от частоты (длины волны).

15. Распределение составляющих поля в волноводe при коротком замыкании, открытом конце волновода, индуктивной и емкостной нагрузках.

16. Характеристическое и эквивалентное сопротивление волновода.

17. Виды неоднородностей в волноводe и их эквивалентные схемы.

18. Функциональная схема установки и методика проведения эксперимента.

19. Функциональная схема лабораторного генератора СВЧ.

20. Функциональная схема измерительного устройства.

21. Устройство измерительной линии.

22. Определение сопротивления нагрузки с помощью круговой диаграммы для длинных линий.

23. Градуировка индикаторного устройства.

24. Определение размеров волновода для работы на волне заданного типа по известной частоте генератора.

25. Устройство и принцип действия волноводных согласующих шлейфов.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕЗОНАТОРАХ ВОЛНОВОДНОГО ТИПА

1. Сформулировать условие резонанса в объемном резонаторе.

2. Назвать основные типы резонаторов.

3. Рассказать о добротности объемного резонатора.

4. Показать, как повлияет на добротность резонатора заполнение его диэлектриком без потерь при сохранении типа колебаний.

5. Назвать невозможные типы колебаний в объемном резонаторе прямоугольной и цилиндрической формы.

6. Объяснить смысл индексов m , n и p в обозначении типа поля в резонаторе.

7. Показать, как изменится собственная резонансная частота прямоугольного резонатора с волной типа H_{mn2} при изменении его длины вдвое.

8. Рассказать о методе пробного тела для определения структуры поля в резонаторе.

9. Объяснить, почему на СВЧ невозможно применение контуров с сосредоточенными параметрами.

10. Назвать возможные области применения объемных резонаторов.

11. Показать, что в резонаторе без потерь нет переноса энергии в продольном направлении.

12. Объяснить, почему резонаторы имеют множество резонансных

частот.

13. Назвать способы возбуждения резонаторов.
14. Показать преимущества колебаний типа H_{011} в круглом резонаторе перед другими типами колебаний.
15. Рассказать о методике снятия частотной характеристики резонатора.
16. Привести функциональную схему установки для измерения структуры поля методом пробного тела.
17. Показать влияние формы объемного резонатора при одинаковой площади его поверхности на добротность.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ В НАМАГНИЧЕННОМ ФЕРРИТЕ

1. Чем обусловлены магнитные свойства феррита?
2. При каких условиях возникает вынужденная прецессия?
3. Чем характеризуется эффект ферромагнитного резонанса?
4. Чем определяется частота ферромагнитного резонанса?
5. Сформулируйте принцип взаимности.
6. Как изменяются составляющие тензора магнитной проницаемости в зависимости от величины подмагничивающего поля H_0 ?
7. В чем заключается эффект Фарадея, в чем его невзаимные свойства?
8. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации?
9. В каком случае феррит считается продольно-намагниченным?
10. В каком случае феррит считается поперечно-намагниченным?
11. При каких условиях возникает в намагниченном феррите необыкновенная волна (вектор H волны ориентирован эллиптически)?
12. При какой ориентации векторов E и H электромагнитной волны относительно постоянного внешнего поля H_0 возникает в феррите обыкновенная волна (H волна)?
13. Чем характеризуется поперечный резонанс?
14. Чем характеризуется эффект смещения поля?
15. Какое свойство феррита используется в вентиле, выполненном на основе круглого волновода с волной H_{11} ?
16. В каких средах не выполняется принцип взаимности?