

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Кузько Андрей Евгеньевич  
Должность: Заведующий кафедрой  
Дата подписания: 15.04.2025 16:22:46  
Уникальный программный ключ:  
72581f52caba063db3331b3cc54ec107395c8caf

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой  
нанотехнологий, микроэлектроники,  
общей и прикладной физики

*(наименование кафедры полностью)*

А.Е. Кузько

*(подпись)*

«31» августа 2024 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА  
для текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации обучающихся  
по дисциплине

Нано- и микродисперсные магнитные системы  
*(наименование дисциплины)*

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
*(код и наименование ОПОП ВО)*

# **1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

## ***1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ОПРОСА***

### **1. Магнитные материалы (магнетики)**

1. Магнитное поле
2. Магнитное поле в веществе. Намагниченность
3. Парамагнетизм. Парамагнетики и их свойства
4. Диамагнетики
5. Ферромагнетики

### **2. Магнетизм наносистемы**

1. Магнитные наночастицы
2. Уравнение магнитного состояния суперпарамагнетика
3. Описание экспериментальной установки и метода получения кривой намагничивания
4. Кривая намагничивания
5. Расчет «максимального» и «минимального» магнитных моментов наночастиц и их диаметра

### **3. Магнитокинетика наночастиц**

1. Релаксация намагниченности нанодисперсной магнитной системы. Броуновский и неелевский механизмы намагничивания нанодисперсной системы
2. Магнитодиффузия и бародиффузия в микро - и нанодисперсных средах
3. Магнитокалорический эффект в нанодисперсной магнитной системе
4. Вращательная вязкость нанодисперсной магнитной системы в магнитном поле
5. Вращательные колебания линейного кластера в магнитном поле
6. Простой механизм объемной магнитострикции

### **4. Пондеромоторная сила и ее проявления**

1. Пондеромоторная сила
2. Экспериментальное подтверждение пондеромоторного механизма электромагнитного возбуждения упругих колебаний в магнитной жидкости
3. Магнитная левитация
4. Магнитный скачек давления

5. Пондеромоторный механизм возбуждения колебаний в цилиндрическом резонаторе с магнитной жидкостью

#### **5. Механические и магнитные свойства магнитожидкостной мембраны.**

1. Самовосстанавливающаяся магнитожидкостная мембрана
2. Резонансная частота колебаний магнитожидкостного уплотнения
3. Управляемый захват воздушной полости магнитной жидкостью неоднородным магнитным полем

#### **6. Акустомагнитный эффект в нанодисперсной магнитной жидкости и тепловая релаксация намагниченности магнитной жидкости**

1. Возмущение намагниченности магнитной жидкости звуком
2. Механизм возмущения намагниченности в поперечном к звуковой волне магнитном поле
3. Акустомагнитный эффект
4. Расчет динамического размагничивающего фактора
5. Методика экспериментального исследования акустомагнитного эффекта
6. Сравнение кривых намагничивания и акустомагнитного эффекта для нанодисперсной магнитной жидкости.
7. Ослабление акустомагнитного эффекта динамическим размагничивающим полем и тепловыми колебаниями адиабатной звуковой волны
8. Экспериментальное определение динамического размагничивающего фактора
9. Механизм теплового возмущения намагниченности
10. Оценка колебаний температуры и намагниченности

#### **7. Скорость звука в дисперсной системе**

1. Влияние магнитного поля на скорость звука в нано- и микродисперсной магнитной системе
2. Влияние неоднородного магнитного поля на скорость звука в нанодисперсной магнитной системе

#### **8. Столбик магнитной жидкости в трубке как инерционно-вязкий элемент колебательной системы**

1. Реология магнитной жидкости с анизотропными свойствами
2. Немагнитные микрочастицы в нанодисперсной магнитной жидкости

3. Связь намагниченности магнитной жидкости в сильном магнитном поле с упругими свойствами.

### **9. Ферросуспензии**

1. Сравнение равновесного намагничивания нанодисперсной магнитной жидкости и микродисперсной ферросуспензии
2. Особенности прохождения ультразвука через ферросуспензию
3. Магнитореологический эффект. Неньютоновские жидкости

### **10. Основные и перспективные применения нано- и микродисперсных сред**

1. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами
2. Применение ферросуспензий
3. Применение нанодисперсных магнитных жидкостей в науке и технике

## ***1.2 ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ***

### **Контрольные вопросы по итогам выполнения лабораторной работы №1**

1. Какими параметрами характеризуется магнитное поле?
2. Объясните явления диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма.
3. Опишите явления гистерезиса.
4. Связь между магнитной индукцией, напряженностью и намагничиванием.
5. Как зависит значение напряженности магнитного поля от расстояния до центра магнита?
6. Как влияет увеличение силы тока, подаваемой на соленоид, на значение напряженности магнитного поля?

### **Контрольные вопросы по итогам выполнения лабораторной работы №2**

1. Назовите физические параметры, характеризующие магнитное поле и намагниченность вещества.
2. Что представляет собой нанодисперсная магнитная жидкость?
3. Что представляет собой магнитная наночастица?
4. В чем заключается природа размагничивающих полей? Что такое размагничивающий фактор?

5. Поясните используемый в работе метод получения кривой намагничивания.

6. Объясните используемый в работе метод измерения плотности МЖ и расчета ее объемной концентрации.

7. Прокомментируйте полученные результаты, характеризующие параметры магнитных наночастиц дисперсной фазы.

### **Контрольные вопросы по итогам выполнения лабораторной работы №3**

1. Какие методы разделения частиц существуют?

2. В чем преимущество использования микрофлюидных технологий для осуществления разделений частиц?

3. Какими методами можно осуществлять сепарацию частиц в микроканалах существуют? Объясните принципы их действия. Приведите примеры.

4. Какая формула выражает вихри Дина?

5. Каким образом в спиральном микроканале происходит разделение частиц?

6. Суть метода изготовления микрофлюидных чипов на основе сэндвич-структур «стекло–полимер–стекло».

### **Контрольные вопросы по итогам выполнения лабораторной работы №4**

1. Какое свойство жидкости называется вязкостью?

2. В чём причина возникновения вязкости?

3. Что служит мерой вязкости?

4. Каков физический смысл коэффициента вязкости?

5. В каких единицах измеряется динамическая и кинематическая вязкости?

6. От каких факторов зависит вязкость жидкости?

7. Как вязкость зависит от температуры и скорости?

### **1.3 ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

#### *Практическая работа № 1*

1. Напряженность  $H$  магнитного поля равна 79,6 кА/м. Определить магнитную индукцию  $B_0$  этого поля в вакууме.

2. Магнитная индукция  $B$  поля в вакууме равна 10 мТл. Найти напряженность  $H$  магнитного поля.

3. Вычислить напряженность  $H$  магнитного поля, если его индукция в вакууме  $B_0=0,05$  Тл.

4. Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, которому идет ток  $I=10$  А. Радиус  $r$  кольца равен 5 см.

5. По обмотке очень короткой катушки радиусом  $r=16$  см течет ток  $I=5$  А. Сколько витков  $N$  проволоки намотано на катушку, если напряженность  $H$  магнитного поля в ее центре равна  $800$  А/м?

6. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка радиусом  $r=8$  см равна  $30$  А/м. Определить напряженность  $H_1$ .

7. При какой силе тока  $I$ , текущего по тонкому проводящему кольцу радиусом  $R=0,2$  м, магнитная индукция  $B$  в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние  $r=0,3$  м, станет равной  $20$  мкТл?

8. По проводнику в виде тонкого кольца радиусом  $R = 10$  см течет ток. Чему равна сила тока  $I$ , если магнитная индукция  $B$  поля в точке  $A$  (рис. 1.2) равна  $1$  мкТл? Угол  $\beta=10^\circ$

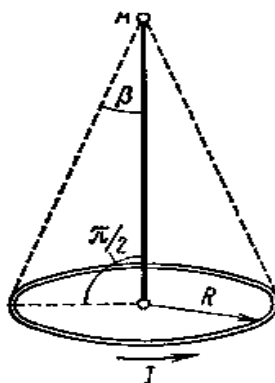


Рис.1.2

9. Катушка длиной  $l=20$  см содержит  $N=100$  витков. По обмотке катушки идет ток  $I=5$  А. Диаметр  $d$  катушки равен 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии  $a=10$  см от ее конца.

10. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром  $d=0,5$  мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу.

Какова напряженность  $H$  магнитного поля внутри соленоида при силе тока  $I=4$  А? Толщиной изоляции пренебречь.

11. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I=50$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на расстояние  $r=5$  см от проводника.

12. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r=5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I=10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=2$  см от одного и  $r_2=3$  см от другого провода.

13. Расстояние  $d$  между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи  $I=30$  А

каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=4$  см от одного и  $r_2=3$  см от другого провода.

14. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $I=50$  А и  $I_2=100$  А в противоположных направлениях. Расстояние  $d$  между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на  $r_1=25$  см от первого и на  $r_2=40$  см от второго провода.

15. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $I_1=20$  А и  $I_2=30$  А в одном направлении. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $r=10$  см.

16. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (рис. 1.3). По проводам текут токи  $I_1=80$  А и  $I_2=60$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Определит магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$ , одинаково удаленной от обоих проводников.

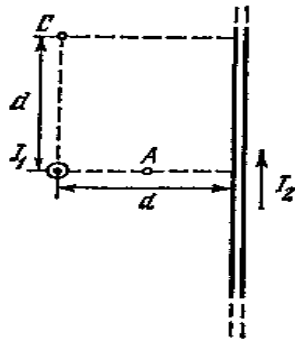


Рис.1.3

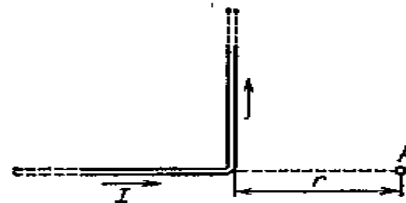


Рис..1.4

17. По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $I_1=30$  А и  $I_2=40$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $C$  (рис. 1.3), одинаково удаленной от обоих проводов на расстояние, равное  $d$ .

18. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводнику течет ток  $I=20$  А. Какова магнитная индукция  $B$  в точке  $A$  (рис. 1.4), если  $r=5$  см?

19. По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как это показано на рис. 1.5, течет ток  $I=100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ , если  $r=10$  см.

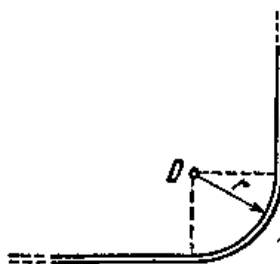


Рис.1.5

**20.** Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток  $I=100$  А. Вычислить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины угла на  $a=10$  см.

**21.** По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $\alpha=120^\circ$ , течет ток  $I=50$  А. Найти магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины его на расстояние  $a=5$  см.

**22.** По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток  $I=40$  А. Длина  $a$  стороны треугольника равна 30 см. Определить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке пересечения высот.

**23.** По контуру в виде квадрата идет ток  $I=50$  А. Длина  $a$  стороны квадрата равна 20 см. Определить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке пересечения диагоналей.

**24.** По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток  $I=60$  А. Длины сторон прямоугольника равны  $a=30$  см и  $b=40$  см. Определить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке пересечения диагоналей.

### *Практическая работа № 2*

**25.** Прямой провод, по которому течет ток  $I=1$  кА, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой силой  $F$  действует поле на отрезок провода длиной  $l=1$  м если магнитная индукция  $B$  равна 1 Тл?

**26** Прямой провод длиной  $l=10$  см, по которому течет ток  $I=20$  А, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,01$  Тл. Найти угол  $\alpha$  между направлениями вектора  $\mathbf{B}$  и тока, если на провод действует сила  $F=10$  мН.

**27** Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи  $I=1$  кА. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

**28.** Тонкий провод в виде дуги, составляющей треть кольца радиусом  $R=15$  см, находится в однородном магнитном поле ( $B=20$  мТл). По проводу течет ток  $I=30$  А. Плоскость, в которой лежит дуга, перпендикулярна линиям магнитной индукции, и подводящие провода находятся вне поля. Определить силу  $F$ , действующую на провод.

**29.** По тонкому проводу в виде кольца радиусом  $R=20$  см течет ток  $I=100$  А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией  $B=20$  мТл. Найти силу  $F$ , растягивающую кольцо.

**30.** Двухпроводная линия состоит из длинных параллельных прямых проводов, находящихся на расстоянии  $d=4$  мм друг от друга. По проводам текут одинаковые токи  $I=50$  А. Определить силу взаимодействия токов, приходящуюся на единицу длины провода.

**31.** Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной  $l=2$  м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии  $d=20$  см. Определить силу  $F$  взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток  $I = 10$  кА.

**32.** По двум параллельным проводам длиной  $l=1$  м каждый текут одинаковые токи. Расстояние  $d$  между проводами равно 1 см. Токи взаимодействуют с силой  $F=1$  мН. Найти силу тока  $I$  в проводах.

**33.** По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии  $a=10$  см друг от друга, текут одинаковые токи  $I=100$  А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу  $F$ , действующую на отрезок длиной  $l= 1$  м каждого провода.

**34.** По двум тонким проводам, изогнутым в виде кольца радиусом  $R = 10$  см, текут одинаковые токи  $I= 10$  А в каждом. Найти силу  $F$  взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а расстояние  $d$  между центрами колец равно 1 мм.

**35.** По двум одинаковым квадратным плоским контурам со стороной  $a=20$  см текут токи  $I=10$  А в каждом. Определить силу  $F$  взаимодействия контуров, если расстояние  $d$  между соответственными сторонами контуров равно 2 мм.

**36.** Определить силу Лоренца  $F$ , действующую на электрон, влетевший со скоростью  $v=4$  Мм/с в однородное магнитное поле под углом  $\alpha=30^\circ$  к линиям индукции. Магнитная индукция  $B$  поля равна 0,2 Тл.

**37.** Вычислить радиус  $R$  дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $B=15$  мТл, если скорость  $v$  протона равна 2 Мм/с.

**38.** Двукратно ионизированный атом гелия ( $\alpha$ -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H=100$  кА/м по окружности радиусом  $R=10$  см. Найти скорость  $v$   $\alpha$ -частицы.

**39.** Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,015$  Тл по окружности радиусом  $R=10$  см. Определить импульс  $p$  иона.

**40.** Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,5$  Тл. Определить момент импульса  $L$ , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом  $R=0,2$  см.

**41.** Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B =0,02$  Тл по окружности радиусом  $R=1$  см. Определить кинетическую энергию  $T$  электрона (в джоулях и электрон-вольтах).

**42.** Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны  $R$  траектории начала и конца пути?

43. Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом  $R_1 = 2$  см, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным  $R_2 = 1$  см. Определить относительное изменение энергии частицы.

44. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов  $U=600$  В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл и начал двигаться по окружности. Вычислить ее радиус  $R$ .

45. Заряженная частица с энергией  $T= 1$  кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $R=1$  мм. Найти силу  $F$ , действующую на частицу со стороны поля.

46. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,1$  Тл перпендикулярно линиям индукции. Определить силу  $F$ , действующую на электрон со стороны поля, если радиус  $R$  кривизны траектории равен  $0,5$  см.

47. Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H=4$  кА/м со скоростью  $v=10$  Мм/с. Вектор скорости направлен перпендикулярно линиям напряженности. Найти силу  $F$ , с которой поле действует на электрон, и радиус  $R$  окружности, по которой он движется.

48. Протон с кинетической энергией  $T=1$  МэВ влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции ( $B = 1$  Тл). Какова должна быть минимальная протяженность  $l$  поля в направлении, по которому летел протон, когда он находился вне поля, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?

49. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10$  кА/м. Вычислить период  $T$  вращения электрона.

50. Определить частоту  $n$  вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция  $B$  которого равна  $0,2$  Тл.

51. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом  $R_1=5$  см, второй ион - по окружности радиусом  $R_2 = 2,5$  см. Найти отношение  $m_1/m_2$  масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

52. В однородном магнитном поле с индукцией  $B=100$  мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость  $v$  электрона, если шаг  $h$  винтовой линии равен  $20$  см, а радиус  $R=5$  см.

53. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 9$  мТл по винтовой линии, радиус  $R$  которой равен  $1$  см и шаг  $h=7,8$  см. Определить период  $T$  обращения электрона и его скорость  $v$ .

54. В однородном магнитном поле с индукцией  $B=2$  Тл движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом  $R = 10$  см и шагом  $h=60$  см. Определить кинетическую энергию  $T$  протона.

55. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $B=0,1$  Тл возбуждено электрическое поле напряженностью  $E= 100$  кВ/м.

Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость  $v$  частицы.

**56.** Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U=800$  В, влетает в однородные, скрещенные под прямым углом магнитное ( $B=50$  мТл) и электрическое поля. Определить напряженность  $E$  электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно.

### *Практическая работа № 3*

**57.** Найти магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый соленоидом сечением  $S=10$  см<sup>2</sup>, если он имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр его длины при силе тока  $I=20$  А.

**58.** Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,04$  Тл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\beta=30^\circ$  с линиями индукции.

**59.** Определить максимальное и минимальное значения длины  $\lambda$  звуковых волн, воспринимаемых человеческим ухом, соответствующие граничным частотам  $\nu_1=16$  Гц и  $\nu_2=20$  кГц. Скорость звука принять равной  $340$  м/с.

**60.** Определить скорость  $v$  звука в азоте при температуре  $T=300$  К.

**61.** Найти скорость  $v$  звука в воздухе при температурах  $T_1=290$  К и  $T_2=350$  К.

**62.** Задано уравнение плоской волны  $\xi(x,t)=A\cos(\omega t - kx)$ , где  $A=0,5$  см, ( $\omega=628\text{с}^{-1}$ ,  $k=2$  м<sup>-1</sup>). Определить: 1) частоту колебаний  $\nu$  и длину волны  $\lambda$ ; 2) фазовую скорость  $v$ ; 3) максимальные значения скорости  $\dot{\xi}_{\max}$  и ускорения  $\ddot{\xi}_{\max}$  колебаний частиц среды.

**63.** Звуковые колебания, имеющие частоту  $\nu=0,5$  кГц и амплитуду  $A=0,25$  мм, распространяются в упругой среде. Длина волны  $\lambda=70$  см. Найти: 1) скорость  $v$  распространения волн; 2) максимальную скорость  $\dot{\xi}_{\max}$  частиц среды.

**64.** Определить длину  $\lambda$  бегущей волны, если в стоячей волне расстояние  $l$  между: 1) первой и седьмой пучностями равно  $15$  см; 2) первым и четвертым узлом равно  $15$  см.

**65.** Определить скорость  $v$  электронов, падающих на антикатод рентгеновской трубки, если минимальная длина волны  $\lambda_{\min}$  в сплошном спектре рентгеновского излучения равна  $1$  нм.

**66.** Определить коротковолновую границу  $\lambda_{\min}$  сплошного спектра рентгеновского излучения, если рентгеновская трубка работает под напряжением  $U=30$  кВ.

**67.** Рентгеновская трубка работает под напряжением  $U=1$  МВ. Определить наименьшую длину волны  $\lambda_{\min}$  рентгеновского излучения.

**68.** Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении  $\gamma$ -фотонами с энергией  $\varepsilon = 1,53$  МэВ.

69. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 307$  нм и максимальная кинетическая энергия  $T_{\max}$  фотоэлектрона равна 1 эВ?

70. Рамка, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,05$  Тл). Определить максимальную Э.Д.С.  $E_{\max}$ , которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $n = 40$  с<sup>-1</sup>.

#### Практическая работа № 4

71. Установление равновесного распределения концентрации наночастиц происходит за конечное время  $\tau^*$ . Порядок его определяется характерным временем диффузии:

$$\tau^* = 6\pi\eta R k_0 T / f^2,$$

где  $f$  – сила, действующая на частицу (в данном случае  $f = mg$ );  $\eta$  – вязкость жидкости-носителя;  $R$  – радиус частицы.

Если принять  $\eta = 1,38 \cdot 10^{-3}$  Па·с (вязкость керосина),  $R = 5$  нм,  $T = 300$  К,  $\rho = 5240$  кг/м<sup>3</sup> (плотность магнетита), то  $\tau^*$ ?

72. Нанодисперсная магнитная жидкость проявляет высокую устойчивость и в магнитных полях с сильной неоднородностью. В этом случае на магнитную наночастицу действует пондеромоторная сила

$$f = \mu_0 m^* G,$$

где  $G$  – градиент напряженности магнитного поля,  $m^*$  – магнитный момент частицы. Принимая  $M_{so} = 477,7$  кА/м (намагниченность насыщения магнетита),  $G = 10^7$  А/м<sup>2</sup>,  $R = 50$  нм,  $T = 300$  К,  $\eta = 1,38 \cdot 10^{-3}$  Па·с, получить оценку значения  $\tau^*$ .

73. Аналогичное задание для ФС. Устойчивость дисперсной системы определяется по времени прохождения частицей определенного расстояния  $\ell$  (линейный размер системы) в неоднородном магнитном поле. Действуют сила трения  $F = 6\pi\eta v R$  (формула Стокса), уравновешанная пондеромоторной силой  $f = \mu_0 m^* G$ . Для столь крупных частиц дисперсной фазы можно не учитывать фактор теплового броуновского движения и рассчитывать  $\tau^*$  по формуле

$$\tau^* = \ell / v = 6\pi\eta R \ell / (\mu_0 m^* G) = 9\eta \ell / (2\mu_0 R^2 M_{so} G),$$

При  $R = 5$  мкм,  $\eta = 1,38 \cdot 10^{-3}$  Па·с,  $M_{so} = 4,77 \cdot 10^5$  А/м,  $G = 10^6$  А/м<sup>2</sup>,  $\ell = 0,1$  м получить оценку значения  $\tau^*$ .

74. Намагничивание парамагнетика описывается функцией Ланжевена:

$$M = n m^* L(\xi), L(\xi) = \text{cth} \xi - \frac{1}{\xi}, \xi = \frac{\mu_0 m^* H}{k_0 T}.$$

Нанодисперсные магнитные жидкости являются суперпарамагнетиками. Условной границей между «слабыми» и «сильными» магнитными полями применительно к магнитной жидкости может служить

величина  $H_T = k_0 T / \mu_0 m^*$ , введенная из условия  $\xi = 1$ .

Получить оценку  $H_T$ . Для частиц магнетита с характерным объемом  $V_f = 5 \cdot 10^{-23} \text{ м}^3$  магнитный момент  $m^* = M_s V_f = 2,25 \cdot 10^{-19} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ . Энергия  $k_0 T = 4,15 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .

75. Рассчитать начальную магнитную восприимчивость  $\chi_0$  образца магнитной жидкости с намагниченностью насыщения  $M_s = 30 \text{ кА/м}$ . Дисперсная фаза – магнетит, характеризуемый намагниченностью насыщения  $M_{s0} = 477,7 \text{ кА/м}$ . Расчет произвести по формуле:

$$\chi_0 = \frac{4\pi\mu_0 M_s M_{s0} R^3}{9k_0 T}$$

76. Изменение магнитного потока в измерительной катушке индуктивности (с образцом и без него) достигается путем поворота ее на  $180^\circ$  вокруг оси, перпендикулярной к линиям напряженности магнитного поля. Наибольшей чувствительностью характеризуется способ измерения, основанный на использовании системы из двух катушек индуктивности, включенных антипараллельно. В одну из катушек вставляется ампула с исследуемым образцом.

Блок-схема экспериментальной установки по измерению намагниченности магнитной жидкости данным методом представлена на рисунке 4.1. Ампула 1 с образцом магнитной жидкости помещается внутри одной из двух одинаковых катушек индуктивности 2 и 3, включенных в противоположном направлении и установленных на вращающемся штоке 4. Затем измерительная ячейка помещается между полюсами лабораторного электромагнита 5 и подключается к микровеберметру 6.

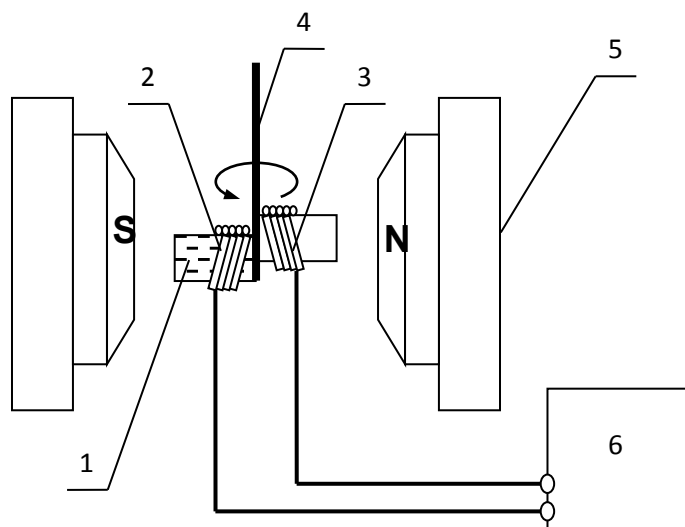


Рис. 4.1. Блок-схема установки для измерения намагниченности

*Задание:* Вывести формулу для расчета намагниченности образца (магнитная жидкость, ферросуспензия, магнитный порошок)  $M$ .

При повороте штока ячейки на  $180^\circ$  наблюдается изменение магнитного потока:

$$\Delta\Phi = \mu_0 (M - (-M))S = 2\mu_0 MS$$

где  $S = \pi d^2 / 4$ ,  $d$  – внутренний диаметр ампулы.

Намагниченность рассчитывается по формуле:

$$M = 2\Delta\Phi / \pi\mu_0 d^2 N_{kl} (1 - N),$$

где  $N_{kl}$  – число витков в одной катушке.

77. Время вращательной броуновской диффузии коллоидных частиц задается выражением

$$\tau_B = \frac{3V\eta_{SO}}{k_0T},$$

где  $\eta_{SO}$  – статическая сдвиговая вязкость жидкости-носителя,  $V$  – объем частицы, окруженной оболочкой ПАВ. Рассчитать  $\tau_B$ , полагая  $\eta_{SO}=0,13 \cdot 10^{-2}$  Па·с,  $T=300$  К. Радиус магнитного ядра 5 нм, длина молекулы ПАВ  $\sim 2$  нм.

78. Индуцирование ЭДС в проводящем контуре при прохождении в намагниченной магнитной жидкости звуковой волны называется акустомагнитным эффектом (АМЭ). Оценить величину ЭДС, полагая, что каркас проводящего контура имеет форму прямоугольника, одна сторона которого составляет  $h$ , а другая –  $\lambda/2$ . Тогда на основе закона электромагнитной индукции получим

$$e_m = 2\mu_0 h N_k M_S \omega u_m,$$

где  $N_k$  – число витков в контуре.

Пусть интенсивность звука равна  $10^5$  Вт/м<sup>2</sup>, тогда амплитуда скорости смещения в звуковой волне  $\omega u_m \approx 0,35$  м/с. При  $h=10^{-2}$  м,  $N_k=10$ ,  $M_S=30$  кА/м получим  $e_m$ ?

79.

$$\Delta c = -2 \left( \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right) \mu_0 \varphi M_{SO} (G_2 - G_1) L(\xi) R^2 \Delta t / 9\eta_s h$$

При  $\varphi \ll 1$  на основании ( $B^*=0,875$ ) получаем

$$\Delta c = c_l \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} - 3,27 \right) \frac{\mu_0 \varphi M_{SO} L(\xi) (G_2 - G_1) R^2 \Delta t}{9\eta_s h}$$

Скорость звука в выделенном объеме возрастает пропорционально  $R^2$  и  $\Delta G$ . Если, например,  $\rho_1=0,85 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_2=5,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $\partial c / \partial \varphi = -2500$  м/с,  $L(\xi)=1$ ,  $R=1$  мкм,  $\Delta t=300$  с,  $\Delta G = 10^7$  А/м<sup>2</sup>,  $\varphi = 0,1$ ,  $\eta_s = 1,3$  Па·с,  $c_l=1000$  м/с,  $M_{SO} = 4,77 \cdot 10^5$  А/м,  $h=10^{-2}$  м, то  $\Delta c \approx ?$

80. Статическое давление в магнитной жидкости можно создать, помещая ее в неоднородное магнитное поле. Условие статического равновесия в этом случае принимает вид

$$\nabla p = \pm \mu_0 M \nabla H + \rho g.$$

Пренебрегая гидростатическим давлением, в приближении линейности уравнения магнитного состояния, находим

$$\delta p_M = \mu_0 \chi (H_{max}^2 - H_{min}^2) / 2.$$

Пусть вдоль столба жидкости  $H$  изменяется от 0 до  $H_{max}$ , тогда при  $H_{max}=10^6$  А/м и  $\chi=0,5$  будем иметь  $\delta p_M \approx 3 \cdot 10^5$  Па.

Практическая работа № 5

**81.** Приращение температуры в магнитной жидкости при ее намагничивании в магнитном поле рассчитывается по формуле:

$$T - T_0 \approx -\frac{\mu_0 H_0 M}{2\rho C_p}.$$

Принимая  $H=10^5$  А/м,  $M=30$  кА/м,  $C_p=2$  кДж/(кг·К) будем иметь  $T_0 \approx 5 \cdot 10^{-4}$  К. (После размагничивания жидкости ее температура понижается на такую же величину. Объяснить механизм данного явления).

**82.** Приращение температуры жидкости за счет намагничивания магнитных наночастиц рассчитывается по формуле:

$$\delta T_M = -\mu_0 \varphi T (\partial M_G / \partial T)_H \cdot H_m / \rho C_{pH},$$

где  $C_{pH}$  – удельная теплоемкость при  $p=\text{const}$  и  $H=\text{const}$ .

Если в качестве магнитной фазы выбрать гадолиний – Gd, для которого  $\theta_k=293$  К, то можно получить большой магнитокалорический эффект вблизи комнатной температуры:  $\Delta T / \Delta M = 0,25 \cdot 10^{-5}$  К·м/А. Принимая  $\rho=7,98 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $C_{pG}=320$  Дж/(кг·К),  $\varphi=0,2$ ,  $H_m=1,5$  кА/м, рассчитать  $\Delta T_G$

**83.** В неоднородном магнитном поле на единицу объема намагниченной жидкости действует пондеромоторная сила  $f = \mu_0 M \frac{\partial H}{\partial x}$ .

Эта сила приводит к появлению дополнительной упругости и приращению скорости звука в жидкости:

$$\Delta c_M = \frac{\mu_0 M^2}{2\rho c}.$$

Принимая значения  $M$ ,  $\rho$  и  $c$  в пределах «здорового смысла», сделать оценку  $\Delta c_M$ .

**84.** Средний квадрат расстояния, на которое наночастица в результате теплового броуновского движения удалится от исходной точки в течение времени  $t$  может быть рассчитано по формуле:

$$\langle r^2 \rangle = k_0 T t (\pi \eta R)^{-1},$$

а порядок величины времени  $\tau$ , в течение которого наночастица поворачивается вокруг своей оси за счет броуновского движения дает формула:

$$\tau \approx \eta R^3 (k_0 T)^{-1}$$

Если принять  $T=300$ К,  $t=10^{-6}$  с (период ультразвуковой волны),  $\eta=1,38 \cdot 10^{-3}$  Па·с,  $R=5 \cdot 10^{-9}$  м, то  $\langle r^2 \rangle \approx ?$ , а  $\tau \approx ?$

**85.** Предполагаемый механизм «внутреннего» резонанса связан с вынужденными вращательными колебаниями магнитной цепочки около направления внешнего магнитного поля  $H_0$  (рис. 5.1). На цепочку

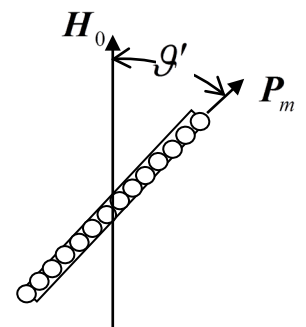


Рис.5.1. Модель вращательных колебаний

со стороны магнитного поля действует вращательный момент  $M_r = [p_m \times B]$ , его величина составляет:

$$M_r = -\mu_0 M_S V H_0 \cdot \sin \mathcal{G}',$$

где  $M_S V = p_m$  – магнитный момент цепочки;  $V$  – объем цепочки.

Дифференциальное уравнение свободных незатухающих колебаний в приближении малых углов  $\mathcal{G}'$ :

$$\ddot{\mathcal{G}}' + \frac{\mu_0 M_S V H_0}{J} \mathcal{G}' = 0,$$

где  $J$  – момент инерции цепочки относительно центра вращения.

Резонансная частота колебательной системы  $\nu_{рез}$ :

$$\nu_{рез} = \frac{\sqrt{12\mu_0}}{2\pi N_p d_p} \cdot \sqrt{\frac{M_S H_0}{\rho}},$$

где  $N_p$  – число частиц в цепочке;  $d_p$  – диаметр частицы с оболочкой ПАВа.

Принимая  $H_0 = 100$  кА/м;  $\bar{\rho} \approx 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi_m / \varphi_S < 0,6$ ;  $M_S = 0,2 M'_S$  (с учетом оболочки),  $M'_S = 4,71 \cdot 10^5$  А/м;  $d_p = 15$  нм, находим  $\nu = 15 \cdot 10^7 / N_p$ . Т.е., если число частиц  $N_p = 12$ , то для  $\nu \approx 6$  МГц, длина цепочки  $\ell = 15 \cdot 12 = 180$  нм.

**86.** При помощи промодулированного в пространстве магнитного поля можно сформировать систему «жидкостная цепочка» (ЖЦ). Звенья ЖЦ представляют собой капли жидкости, а соединяющими элементами являются упругие газовые полости.

На рисунке \* изображена модель такой системы в виде прерывистого жидкостного столбца, заключенного в абсолютно жесткую цилиндрическую оболочку с постоянным поперечным сечением  $S$ ,  $b$  – длина жидкостного звена,  $a$  – толщина газовой полости,  $d$  – период идентичности,  $n$  – номер звена.

Вдоль цепочки будет распространяться упругая волна со скоростью:

$$v_0 = c_g \sqrt{\frac{\rho_g d}{\rho_f a}},$$

где  $c_g = \sqrt{\frac{p_0 \gamma}{\rho_g}}$  – скорость звука в газе,

$\rho_g$  – плотность газа,  $\rho_f$  – плотность жидкости.

Полагая  $d = 2,5$  см,  $a = 1$  мм, рассчитать  $v_0$ .

**87.** В магнитожидкостных

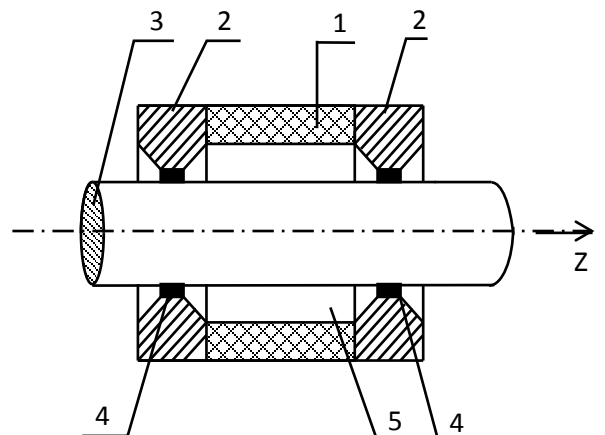


Рис. 5.2. Схематическое изображение МЖГ

герметизаторах (МЖГ) (магнитожидкостных уплотнениях (МЖУ)), широко применяемых в машиностроении, капля МЖ перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию сконцентрированного в области зазора магнитного поля.

К кольцевому магниту 1 присоединены полюсные наконечники 2, охватывающие вал из магнитного материала 3. В зазоры между полюсными наконечниками и валом вводится МЖ 4. Образовавшаяся замкнутая полость 5 заполнена воздухом. Эта полость служит упругим связывающим элементом между двумя одинаковыми магнитожидкостными перемычками.

Произведем оценку резонансной частоты  $\nu_p$  МЖГ. С этой целью воспользуемся выражением для критического давления  $\Delta p_{cr}$  «однозубцового» герметизатора:

$$\nu_r = \frac{1}{2\pi b} \sqrt{\frac{2\Delta p_{cr}}{\rho}}.$$

Если  $\Delta p_{cr}=0,75 \cdot 10^5$  Па,  $b=2$  мм,  $\rho=1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, то  $\nu_r \approx ?$

**88.** Массу порции газа  $\Delta m$ , пропускаемой магнитожидкостной перемычкой, за время одного разрыва перемычки, получим исходя из уравнения состояния идеального газа, записанного для двух соседних состояний:

$$p_e V = \frac{m}{\mu} RT \quad \text{и}$$

$$p_e \left( V + \frac{\pi d^2}{4} \bar{h}_k \right) = \frac{m + \Delta m}{\mu} RT,$$

где  $\mu$  – молярная масса газа;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – абсолютная температура.

$\bar{h}_k$  – среднее расстояние, проходимое перемычкой между двумя последующими разрывами.

Из приведенной системы уравнений непосредственно следует:

$$\Delta m = \frac{\mu p_e \pi d^2 \bar{h}_k}{4RT}.$$

Формула при  $h \gg \tilde{\gamma}(\Gamma - h_k)$  дает  $p_e \approx p_a$ .

Принимая для воздуха  $\mu=30$  г/моль,  $p_e = 10^5$  Па,  $d=1,36 \cdot 10^{-2}$  м,  $T=298$  К,  $\bar{h}_k = 0,2$  мм, рассчитать  $\Delta m$ .

**89.** Выражение для расчета времени полного выхода газа через отверстие из баллона в случае квазистационарного течения, допускающем

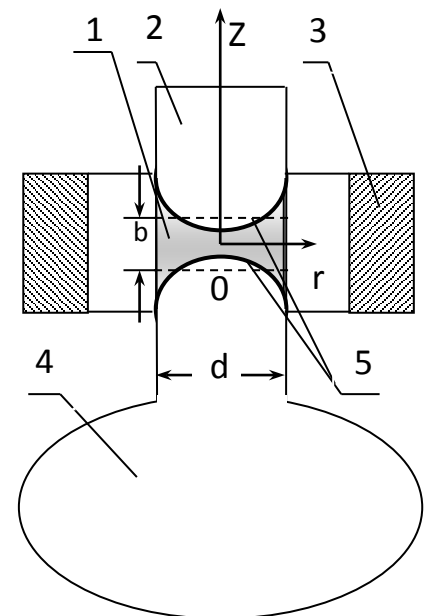


Рис. 5.3.  
Схематическое устройство колебательной системы

применение уравнения Бернулли:

$$\tau = \frac{V_0}{\sigma c} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\gamma p_0}},$$

где  $c$  – скорость звука в воздухе;  $\gamma$  – коэффициент Пуассона;  $\Delta p$  – изменение давления в газовой полости,  $p_0$  – исходное давление в полости. Рассчитать  $\tau$  для выхода воздуха из баллона цилиндрической формы длиной 1 м, диаметром  $d=0,3$  м, с отверстием в боковой стенке  $\sigma=\pi D^2$ . (Считать  $p_0 D = 1$  мм,  $\Delta p = p_0$ )

**90.** Формула Рэлея для времени захлопывания пустого пузырька (кавитационной полости) в поле гидростатического давления имеет вид:

$$\tau_m = 0,915 \cdot R_m \cdot (\rho_0 / p_0)^{\frac{1}{2}}$$

Полагая  $p_0 \approx 10^5$  Па,  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $R_m$ -начальный радиус пузырька  $= 10^{-4}$  м, рассчитать  $\tau_m$ .

**91.** Максимальное значение скорости расширения пустого пузырька в жидкости  $U_{max}$  рассчитать по формуле:

$$U_{max} = \sqrt{\frac{2 p_0}{3 \rho_0}}.$$

**92.** Вблизи поверхности захлопывающегося пустого пузырька в жидкости развивается давление  $p$ , рассчитываемое по формуле:

$$p / p_0 = 1 + \frac{1}{4} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z^3 - 4}{4(Z^3 - 1)}} (Z^3 - 4),$$

где  $Z \equiv \frac{R_0}{R}$  - отношение начального радиуса пузырька к конечному,  $p_0$  атмосферное давление.

Рассчитать  $p$ , предварительно упростив формулу, полагая  $Z=20$ .

**93.** На воздушный пузырек со стороны неоднородного магнитного поля в магнитной жидкости действует сила:

$$F_b = -4\pi\mu_0 M \nabla H \cdot R_b^3 / 3,$$

где  $R_b$  – радиус пузырька (кавитационного зародыша). Пусть в уплотнении  $\Delta H = 10^8$  А/м<sup>2</sup>,  $R_b = 0,01$  мм,  $M = 60$  кА/м, Рассчитать силу, выдавливающую пузырек из максимального поля.

**94.** Пузырек перемещается в вязкой жидкости в область с меньшей напряженностью поля со средней скоростью:

$$\bar{v} = 2\mu_0 M \overline{\nabla H} R_b^2 / 9\eta$$

Полагая  $\overline{\nabla H} = \nabla H / 2$ ,  $\eta = 4,7 \cdot 10^{-3}$  Па·с, рассчитать скорость перемещения пузырька.

**95.** Радиус шейки пузырька  $r_b$  при отрыве его от стенки рассчитывается по формуле:

$$r_b = 2\mu_0 M \nabla H R_b^3 / 3\sigma,$$

где  $\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения магнитной жидкости..

Принимая  $\overline{\nabla H} = \nabla H / 2$ ,  $M = 40 \cdot 10^3$  А/м,  $\eta = 4,7 \cdot 10^{-3}$  Па·с,  $\sigma = 28 \cdot 10^{-3}$  Н/м,  $R_b = 10$  мкм, получить:  $r_b$

*Практическая работа № 6*

**96.** Метод магнитогранулометрического анализа состава дисперсной системы, в наиболее простом варианте ограничивается получением размеров частиц (соответственно – величин магнитного момента  $m_*$ ) по данным линейной аппроксимации кривой намагничивания на начальном участке и получения начальной восприимчивости  $\chi$ . Расчетная формула имеет вид:

$$m_* = \frac{3k_0 T \chi}{\mu_0 M_S}.$$

Полагая  $\chi = 5$ ,  $M_S = 65$  кА/м, получить значение  $m_*$ .

**97.** Размер наночастиц определяется из выражения:

$$d = \sqrt[3]{6m_* / \pi M_{S0}} = 0,016 \sqrt[3]{m_*},$$

где  $M_{S0}$  - намагниченность насыщения дисперсной фазы ( $M_{S0} = 477,7$  кА/м для магнетита). Рассчитать  $d$ .

**98.** Выражение для начальной магнитной восприимчивости нанодисперсной магнитной системы, подчиняющейся ланжевеновскому закону намагничивания, имеет вид:

$$\chi = \frac{\mu_0 M_S m_*}{3k_0 T}.$$

Получить формулу для расчета температурного коэффициента восприимчивости  $\frac{\partial \chi}{\partial T}$ . Вычислить  $\chi$  и  $\frac{\partial \chi}{\partial T}$  для магнетитовой нанодисперсной фазы с диаметром частиц 10 нм,  $M_S = 50$  кА/м при  $T = 300$  К.

**99.** Рассчитать намагниченность нмс из предыдущей задачи при  $H = 5$  кА/м, основываясь на линейном уравнении магнитного состояния:

$$M = \chi H.$$

**100.** В окрестности магнитного насыщения ( $H \rightarrow \infty$ ) функция  $Y_+(H)$  описывает ослабление акустомагнитного эффекта за счет тепловых колебаний и динамического размагничивающего поля:

$$Y_+(H) = \frac{qc^2 k_0 T}{C_p \mu_0 m_*} \cdot \frac{1}{H} + \frac{N_d M_S k_0 T}{\mu_0 m_*} \cdot \frac{1}{H^2}.$$

Первый член выражения представляет собой - вклад тепловых колебаний, второй член – вклад динамического размагничивающего поля в замедление роста относительной амплитуды индуцируемой ЭДС в окрестности магнитного насыщения. Следовательно, в случае

моночастичной дисперсной системы в «больших» полях зависимость  $Y_+(H)$  является гиперболой, соответственно  $Y_+(H^{-1})$  – отрезком прямой линии.

Равновеликое ослабление акустомагнитного эффекта динамическим размагничивающим полем и тепловыми колебаниями адиабатной звуковой волны достигается в магнитном поле, напряженность которого рассчитывается по формуле:

$$H = N_d M_S C_p / qc^2,$$

где  $N_d$  – динамический размагничивающий фактор,  $M_S$  – намагниченность насыщения,  $C_p$  – удельная теплоемкость,  $q$  – коэффициент теплового расширения,  $c$  – скорость звука в жидкости.

Рассчитать  $H$ , полагая:  $N_d = 0,3$ ;  $M_S = 50$  кА/м;  $C_p = 1787$  Дж/кгК ;  $q = 0,00068$  1/К;  $c = 864$  м/с.

**101.** Пренебрегая вкладом динамического размагничивающего поля в ослабление акустомагнитного эффекта в полях, близких к магнитному насыщению, получим:

$$Y_+(H) = \frac{qc^2 k_0 T}{C_p \mu_0 m_*} \cdot \frac{1}{H}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{qc^2 k_0 T}{C_p \mu_0 m_*}.$$

На рисунке 6.1 представлен прямолинейный участок зависимости  $Y_+^{(e)}(H^{-1})$ , полученный для  $H \geq 300$  кА/м. Находим  $\operatorname{tg} \alpha = 9300$  А/м, что в предположении принятых выше значений  $T$ ,  $C_p$ ,  $q$  и  $c$  выполняется при  $m_* = 1.2 \cdot 10^{-19}$  А·м<sup>2</sup>. Откуда следует оценка минимального размера

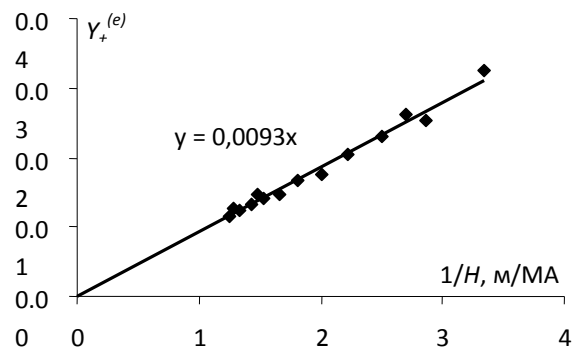


Рис. 6.1. Зависимость  $Y_+^{(e)}(H^{-1})$

однодоменных частиц дисперсной фазы исследуемого образца МЖ  $d = 7.8$  нм. Количественное различие полученной оценки  $d = 7.8$  нм и реперное значение  $d_{min} = 10.4$  нм, даваемое методом МГА, находится за пределами максимальной погрешности предложенного метода  $\leq 5\%$ .

**102.** Выражение для расчета динамического размагничивающего фактора  $N_d$  имеет вид:

$$N_d = \frac{3k_0 T \left[ \frac{\operatorname{tg} \beta_M}{\operatorname{tg} \beta_H} (1 - qc^2 C_p^{-1}) - 1 \right]}{\mu_0 m_{*max} M_S}$$

Для вычисления  $N_d$  по формуле необходимо проводить комплексные измерения полевой зависимости АМЭ -  $\beta_H(H)$  и

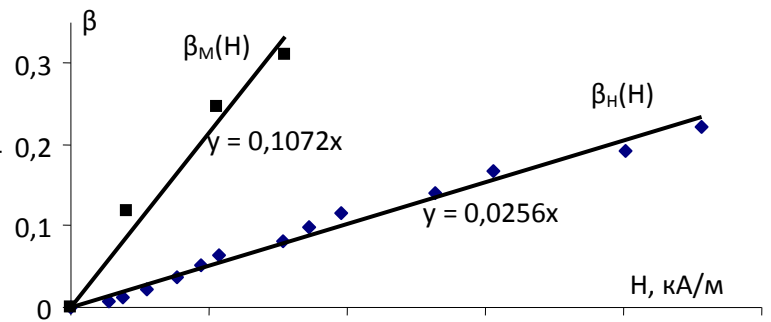


Рис. 6.2. Начальные участки зависимостей  $\beta_M(H)$  и  $\beta_H(H)$

кривой намагничивания исследуемого образца МЖ -  $\beta_M(H)$ .

Воспользовавшись данными для частоты  $\nu = 21,9$  кГц ( $\lambda=0,037$  м,  $P=1,34$ ) и для частоты  $\nu = 58,9$  кГц ( $\lambda=0,014$  м,  $P=0,5$ ),  $m_{*max1} = 10,7 \cdot 10^{-19}$  А/м<sup>2</sup>,

Найти  $N_d$  для указанных длин волн.

**103.** Если помещенная в жидкость бесконечная плоскость совершает гармонические колебания в направлении, параллельном самой плоскости, то вблизи плоской поверхности возникает квазиволновой процесс, описываемый функцией:

$$\dot{U} = \dot{U}_0 e^{-\alpha z} \cdot \cos[\omega t - \alpha z]$$

(ось Z перпендикулярна к плоскости).  $\dot{U}_0$  – скорость смещения слоя жидкости.

Скорость распространения  $c$ , коэффициент затухания  $\alpha$  и длина сдвиговой волны  $\lambda$  соответственно выражаются формулами:

$$c = \sqrt{\frac{2\omega\eta}{\rho}}, \quad \alpha = \sqrt{\frac{\omega\rho}{2\eta}}, \quad \lambda = 2\pi \sqrt{\frac{2\eta}{\rho\omega}}.$$

Направление колебаний частиц в рассматриваемой волне перпендикулярно направлению распространения. На расстоянии  $\lambda/(2\pi)$  амплитуда уменьшается в  $e$  раз, т.е. «глубина проникновения» вязкой волны  $\sigma'' = \lambda/(2\pi)$ .

Принимая за нижнюю границу частотного диапазона в условиях опыта 20 Гц,  $\eta=8,1 \cdot 10^{-3}$  Па·с,  $\rho=1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, рассчитать длину вязкой волны и «глубину проникновения».

**104.** Коэффициент затухания колебаний в системе «столбик жидкости в трубке» при больших значениях диаметра трубки  $d$  и частоты колебаний  $\nu$ , когда  $\pi d/2\lambda > 10$ , находится из формулы Гельмгольца:

$$\beta'' = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{\pi\eta\nu}{\rho}}.$$

Рассчитать коэффициент затухания «по Гельмгольцу» для нанодисперсных магнитных жидкостей физические параметры которых представлены в таблице (диаметр трубки 1,5 см):

Образец МЖ	Плотность, $\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	Жидкость-носитель	Частота колебаний столбика жидкости, Гц	Вязкость МЖ, $\eta$ (Па·с)
МЖ-1	1252	керосин	20	0,012
МЖ-2	1385	ПЭС-2	40	0,125
МЖ-3	1282	минеральное углеводородное масло	30	0,368
МЖ-4	1405	ПЭС-4	30	0,630
МЖ-5	1290	синтетическое углеводородное масло	40	1,110

**105.** В колебательной системе «столбик магнитной жидкости над столбиком газа» из-за адиабатности процесса сжатия-растяжения газа и низкой теплопроводности газа -  $\chi$  колебания будут затухать. Механизм затухания колебаний обусловлен теплообменом между газовой полостью и стенками трубы. Благодаря невысокой теплопроводности газовой среды теплообмен, во-первых, происходит в сравнительно узкой пристеночной области, а, во-вторых, запаздывает по отношению к колебаниям перемычки. Этот сдвиг по фазе и обуславливает дополнительное затухание колебаний в рассматриваемой системе.

Коэффициент затухания, обусловленный действием данного механизма,  $\beta$  рассчитывается по формуле:

$$\beta_T = \frac{1}{d} \left( \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) \sqrt{\frac{\pi \eta_g (9\gamma - 5) \nu}{\rho_g}} \quad \text{или} \quad \beta_T = \frac{2}{d} \left( \frac{\gamma - 1}{\sqrt{\gamma}} \right) \sqrt{\frac{\pi \chi \nu}{\rho_g C_p}}.$$

Воспользовавшись табличными значениями физических величин для воздуха:  $\eta_g = 17,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $\rho_g = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $\gamma = 1,4$ ; и принимая  $\nu = 50 \text{ Гц}$ ,  $d = 10^{-2} \text{ м}$ , получим:  $\beta_T \approx ?$

**106.** Для исследуемых образцов МЖ (Таблица 1) определить времена вращательной броуновской диффузии коллоидных частиц из соотношения  $\tau_B = 3V\eta_{s0}/k_0T$ , где  $V$  – объем частицы,  $\eta_{s0}$  – статическая сдвиговая вязкость жидкости-носителя. Магнитный момент ФЧ выражается через намагниченность насыщения ферромагнетика:

$$m_* = M_{s0} \cdot V_f,$$

где  $V_f$  – объем магнитной частицы. Намагниченность насыщения магнетита  $M_{s0} = 477,7 \text{ кА/м}$ . Если «магнитное ядро» частицы магнетита имеет форму шара диаметром  $d$ , то  $m_* = \pi M_{s0} d^3 / 6 = 2,5 \cdot 10^5 d^3$ . При  $d = 10 \text{ нм}$   $m_* = 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\phi$ , %	$\phi_M$ , %	$\chi$	$M_s$ , кА/м	$c$ , м/с	$q \cdot 10^3$ , 1/К	$C_p$ , Дж/кгК	$\eta$ , Па·с	$m_* \cdot 10^{19}$ , А·м <sup>2</sup>
MF-1	1252	10.6	8.5	2.82	35.1	937	0.91	1489	0.012	7.9
MF-2	1385	10.3	8.3	2.46	33.9	930	0.70	1375	0.125	7.1
MF-3	1282	10.3	8.2	2.63	33.6	1005	0.82	1283	0.368	7.7
MF-4	1405	10.2	8.2	2.56	34.1	954	0.69	1326	0.630	7.4
MF-5	1290	10.4	8.3	2.35	33.4	1024	0.82	1284	1.110	6.9

Для образца MF-1  $\tau_B = 2 \text{ мкс}$ , MF-2  $\tau_B = 6 \text{ мкс}$ , MF-3  $\tau_B = 21 \text{ мкс}$ , MF-4  $\tau_B = 26 \text{ мкс}$ , MF-5  $\tau_B = 46 \text{ мкс}$ .

**107.** На магнитную наночастицу в неоднородном магнитном поле действует пондеромоторная сила

$$f = \mu_0 m_* G,$$

где  $G$  – градиент напряженности магнитного поля,  
 $m_*$  – магнитный момент частицы.

Принимая  $m \approx 10^{-19} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ ,  $G=10^6 \text{ А/м}^2$ , получим  $f=$

**108.** Формула Кортвега для скорости звука в жидкости, заполняющей трубу:

$$c^2 = \frac{c_0^2}{1 + \frac{2R}{\beta E' h}} .$$

Здесь  $c_0$  – скорости звука в неограниченной магнитной жидкости,  $h=R_1-R_2$  – толщина стенки,  $R$  – средний радиус,  $E'$  определяется следующим образом:

$$E' = \rho_t c_p^2 ,$$

где  $\rho_t$  – плотность стенки трубы;  $c_p$  – скорость распространения продольных волн в материале стенки трубы.

Параметры используемой стеклянной трубки: марка стекла – НС-3; плотность  $\rho_t=2400 \text{ кг/м}^3$ , скорость продольных волн  $c_p=5500 \text{ м/с}$ ;  $R_1=8 \text{ мм}$ ,  $R_2=6,9 \text{ мм}$ ,  $h=1,1 \text{ мм}$ .

Из формулы  $c_0 = \sqrt{\frac{1}{\rho_f \beta}}$  находим  $\beta = 1 / \rho_f c_0^2$  и после несложных преобразований получим:

$$c_0 = c \sqrt{\frac{E'h}{E'h - 2R\rho_f c^2}} .$$

Число полуволн (расстояний между максимумами)	21
Длина волны	24,58 мм
Скорость звука , м/с	1030
$\rho_f, \text{ кг/м}^3$	1028
Абсолютная погрешность определения длины волны	0,08 мм
Абсолютная погрешность определения скорости звука	3 м/с
Относительная погрешность определения скорости звука	0,5 %

Результаты измерения скорости звука, проведенного в образце МЖ2 на частоте 41,9 кГц при температуре 32°C, представлены в таблице.

Рассчитать скорость звука в неограниченной среде  $c_0$  для МЖ2 – 1194 м/с.

**109.** Добротность пленки нанодисперсной магнитной жидкости на поверхности твердой подложки как излучателя упругих волн определяется отношением акустического сопротивления этой среды к акустическому сопротивлению преобразователя – магнитной жидкости:

$$Q_{2m-1} = (2m-1)\pi\rho_c c_c / 4\rho c .$$

При  $m=1$ ,  $\rho_c c_c=133 \cdot 10^5 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$  (стекло),  $c=1200 \text{ м/с}$ ,  $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$  получаем  $Q_1=?$ , что практически совпадает с добротностью кварца,

излучающего в воду.

**110.** Для оценки относительного приращения намагниченности МЖ  $(\Delta M / M)$  за счет деформации среды в отсутствие тепловых колебаний, т.е. при  $q = 0$ , имеем:

$$(\Delta M / M) = \delta\rho / \rho,$$

где  $M$  и  $\rho$  – намагниченность и плотность среды в невозмущенном состоянии.

Пусть  $C_p = 2 \cdot 10^3$  Дж/кг·К [35],  $c = 1120$  м/с [64],  $q = 0,53 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>, тогда  $qc^2C_p^{-1} = 0,33$ .

При сделанных выше допущениях  $(\Delta M / M) \leq ?$ .

С учетом тепловых колебаний в звуковой волне:

$$(\Delta M / M)_T = [1 - qc^2C_p^{-1}] \cdot (\delta\rho / \rho) \leq ?$$

**Шкала оценивания:** 5 балльная.

**Критерии оценивания:**

**5 баллов** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он демонстрирует глубокое знание содержания вопроса; дает точные определения основных понятий; аргументированно и логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ актуальными примерами (типовыми и нестандартными), в том числе самостоятельно найденными; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

**4 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он владеет содержанием вопроса, но допускает некоторые недочеты при ответе; допускает незначительные неточности при определении основных понятий; недостаточно аргументированно и (или) логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ типовыми примерами.

**3 балла** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он освоил основные положения контролируемой темы, но недостаточно четко дает определение основных понятий и дефиниций; затрудняется при ответах на дополнительные вопросы; приводит недостаточное количество примеров для иллюстрирования своего ответа; нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

**2 балла** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием вопроса или допускает грубые ошибки; затрудняется дать основные определения; не может привести или приводит неправильные примеры; не отвечает на уточняющие и (или) дополнительные вопросы преподавателя или допускает при ответе на них грубые ошибки.

## **2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **2.1 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ**

#### **1 Физические параметры, характеризующие магнитное поле**

1. Вектор магнитной индукции
2. Вектор силы
3. Вектор напряженности магнитного поля
4. Вектор градиента температуры
5. Волновой вектор

#### **2 Положение микрообъектов на шкале размеров, исследуемых современной наукой**

1.  $10^{-7}$ -  $10^{-9}$  м
2.  $10^{-3}$  м
3. 1-10 мкм
4.  $10^{-4}$  м
5.  $10^{-1}$  мм

#### **3 Положение нанообъектов на шкале размеров, исследуемых современной наукой**

1.  $10^{-7}$ -  $10^{-9}$  м
2.  $10^{-6}$ -  $10^{-5}$  м
3.  $10^{-2}$ -  $10^{-3}$  м
4.  $10^{-10}$ -  $10^{-9}$  м
5.  $10^{-7}$ -  $10^{-9}$  мм

#### **4 Размер атома**

1. 0,1 нм
2. 0,01 нм
3. 0,1 пм
4. 0,1 мкм
5. 0,1 смм

#### **5 Размеры атомных ядер**

1.  $10^{-9}$  м
2.  $10^{-8}$  м
3.  $10^{-15}$  м
4.  $10^{-5}$  м
5.  $10^{-5}$  мм

#### **6 Физические параметры, характеризующие магнитное поле**

1. Вектор напряженности магнитного поля
2. Намагниченность вещества
3. Магнитострикция
4. Магнитофорез
5. Магнитодиффузия

## **7 Физические параметры, характеризующие магнитное состояние вещества**

1. Напряженность магнитного поля
2. Градиент напряженности магнитного поля
3. Намагниченность вещества
4. Вектор напряженности электрического поля
5. Постоянная Холла

## **8 Нанодисперсные магнитные жидкости**

1. Ферросуспензия
2. Молекулярный раствор.
3. Магнитный коллоид
4. Неустойчивая магнитная среда
5. Магнитожесткий магнетик

## **9 Парамагнетизм**

1. Парамагнетизм - это свойство веществ, помещенных во внешнее магнитное поле, намагничиваться (приобретать магнитный момент) в направлении, совпадающем с направлением этого поля. Парамагнетизм характерен для веществ, частицы которых (атомы, молекулы, ионы, атомные ядра) обладают собственным магнитным моментом

2. То же, что и ферромагнетизм
3. То же, что и ферримагнетизм
4. То же, что и диамагнетизм
5. То же, что и поляризованность

## **10 Закон Кюри**

1. В слабых полях и при низких температурах магнитная восприимчивость парамагнитных веществ пропорциональна абсолютной температуре

2. В слабых полях и при низких температурах магнитная восприимчивость парамагнитных веществ пропорциональна квадрату абсолютной температуры

3. В слабых полях и при низких температурах магнитная восприимчивость парамагнитных веществ не зависит от температуры

4. В слабых полях и при низких температурах магнитная восприимчивость парамагнитных веществ обратно пропорциональна абсолютной температуре

5. В слабых полях и при низких температурах магнитная восприимчивость парамагнитных веществ пропорциональна напряженности магнитного поля

## **11 Кривая намагничивания**

1. Зависимость намагниченности вещества от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

2. Зависимость намагниченности вещества от напряженности электрического поля, представленная в графическом виде

3. Зависимость намагниченности вещества от мощности акустического поля, представленная в графическом виде

4. Зависимость намагниченности вещества от амплитуды электромагнитной волны, представленная в графическом виде

5. Зависимость намагниченности вещества от деформации магнетика, представленная в графическом виде

### **12 Магнитный момент наночастицы**

1. Не зависит от радиуса наночастицы

2. Намагниченность насыщения вещества наночастицы умноженная на ее объем

3. Увеличивается с уменьшением радиуса наночастицы

4. Намагниченность вещества наночастицы умноженная на ее объем

5. Намагниченность насыщения вещества наночастицы умноженная на индукцию магнитного поля

### **13 Магнитокалорический эффект в нанодисперсной магнитной системе**

1. Понижение температуры нанодисперсной магнитной системы при выключении магнитного поля, обусловленное только тепловым движением наночастиц

2. Повышение температуры нанодисперсной магнитной системы при выключении магнитного поля, обусловленное тепловым движением наночастиц и переходом в парамагнитное состояние

3. Понижение температуры нанодисперсной магнитной системы при выключении магнитного поля, обусловленное переходом в парамагнитное состояние

4. Понижение температуры нанодисперсной магнитной системы при включении магнитного поля, обусловленное тепловым движением наночастиц и переходом в парамагнитное состояние

5. Понижение температуры нанодисперсной магнитной системы при выключении магнитного поля, обусловленное тепловым движением наночастиц и переходом в парамагнитное состояние

### **14 Единицы измерения напряженности магнитного поля в СИ**

1. А/м

2. Тесла [Тл]

3. Паскаль [Па]

4. Ньютон [Н]

5. Вольт [В]

### **15 Пондеромоторная сила**

1. Сила, действующая на частицу магнитного вещества в неоднородном магнитном поле. Эта сила пропорциональна намагниченности вещества, градиенту напряженности магнитного поля и объему частицы

2. Сила, действующая на частицу магнитного вещества в неоднородном магнитном поле. Эта сила пропорциональна намагниченности вещества, градиенту напряженности магнитного поля и не зависит от объема частицы

3. Сила, действующая на частицу магнитного вещества в неоднородном магнитном поле. Эта сила пропорциональна намагниченности вещества, напряженности магнитного поля и объему частицы

4. Сила, действующая на частицу магнитного вещества в неоднородном магнитном поле. Эта сила обратно пропорциональна намагниченности вещества, градиенту напряженности магнитного поля и объему частицы

5. Сила, действующая на частицу магнитного вещества в неоднородном магнитном поле. Эта сила пропорциональна намагниченности вещества, градиенту напряженности электрического поля и объему частицы

#### **16 Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем**

1. Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем достигает максимума при равенстве скорости звука в магнитной жидкости скорости перемещения возбуждающего магнитного поля

2. Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем достигает максимума при равенстве скорости света в магнитной жидкости скорости перемещения возбуждающего магнитного поля

3. Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем не зависит от намагниченности нанодисперсной системы

4. Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем не зависит от скорости звука в нанодисперсной магнитной системе

5. Возбуждение звука в неограниченной магнитной жидкости бегущим магнитным полем зависит от напряженности электрического поля

#### **17 Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки**

1. Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки обратно пропорционален намагниченности магнитной жидкости

2. Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки прямо пропорционален намагниченности магнитной жидкости, площади поверхности перемычки, сумме градиентов напряженности магнитного поля и намагниченности жидкости

3. Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки прямо пропорционален намагниченности магнитной жидкости, и не зависит от площади поверхности перемычки

4. Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки прямо пропорционален намагниченности магнитной жидкости, площади поверхности перемычки и не зависит от градиента напряженности магнитного поля

5. Коэффициент пондеромоторной упругости магнитожидкостной перемычки не зависит от намагниченности магнитной жидкости и площади поверхности перемычки

## **18 Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения**

1. Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения не зависит от градиента напряженности магнитного поля в активной зоне уплотнения, намагниченности жидкости и массы перемычки

2. Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения зависит от градиента напряженности магнитного поля в активной зоне уплотнения, намагниченности жидкости и не зависит от массы перемычки

3. Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения зависит от градиента напряженности магнитного поля в активной зоне уплотнения, намагниченности жидкости и массы перемычки

4. Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения зависит от градиента напряженности магнитного поля в активной зоне уплотнения, не зависит от намагниченности жидкости и массы перемычки

5. Резонансная частота магнитожидкостного уплотнения зависит от напряженности магнитного поля в активной зоне уплотнения, намагниченности жидкости и массы перемычки

## **19 Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости $k_p$**

1. Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости проводится на основе метода «присоединенной полости», сущность которого состоит в том, что последовательно выполняются измерения частоты колебаний МЖ-перемычки при открытой с одного конца трубке  $v_1$  и закрытой с обоих концов трубке  $v_2$ . По известной формуле, в которую входят значения  $v_1$  и  $v_2$ , выполняется расчет  $k_p$

2. Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости проводится на основе метода «присоединенной полости», сущность которого состоит в том, что выполняются измерения частоты колебаний МЖ-перемычки только при открытой с одного конца трубке  $v_1$

3. Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости проводится на основе метода «присоединенной полости», сущность которого состоит в том, что выполняются измерения частоты колебаний МЖ-перемычки только при закрытой с обоих концов трубке  $v_2$

4. Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости проводится на основе метода «присоединенной полости», сущность которого состоит в том, что одновременно выполняются измерения частоты колебаний МЖ-перемычки при открытой с одного конца трубке и закрытой с обоих концов трубке

5. Экспериментальное определение коэффициента пондеромоторной упругости проводится на основе метода «присоединенной полости», сущность которого состоит в том, что к колебательной системе присоединяется еще один источник магнитного поля

## **20 Магнитожидкостная цепочка с упругостью пондеромоторного типа**

1. При помощи промодулированного в пространстве магнитного поля сформирована колебательная система «магнитожидкостная цепочка» (ЖЦ).

Звенья ЖЦ представляют собой капли магнитной жидкости, а соединяющими элементами являются упругие газовые полости. На упругие свойства системы ЖЦ оказывает влияние газовая и магнитоупругая составляющая, обусловленная взаимодействием магнитной жидкости с источником магнитного поля

2. На упругие свойства системы ЖЦ оказывает влияние только газовая составляющая упругости системы

3. На упругие свойства системы ЖЦ оказывает влияние только магнитоупругая составляющая, обусловленная взаимодействием магнитной жидкости с источником магнитного поля

4. На упругие свойства системы ЖЦ не оказывает влияние газовая составляющая коэффициента упругости

5. На упругие свойства системы ЖЦ не оказывает влияние поперечная упругость, обусловленная взаимодействием магнитной жидкости с источником магнитного поля

## **21 Единицы измерения намагниченности нанодисперсной системы в СИ**

1. Тесла [Тл]
2. Грамм [г]
3. Ньютон [Н]
4. А/м
5. Вольт [В]

## **22 Методы получения нанодисперсной магнитной системы - метод химической конденсации**

1. Химическая конденсация заключается в осаждении частиц магнетита из водного раствора солей двух- и трехвалентного железа избытком концентрированного раствора щелочи

2. Дробление в шаровой мельнице
3. Дробление в бисерной мельнице
4. На основе ультразвуковой кавитации
5. Измельчение вращающимся магнитным полем

## **23 Получение микродисперсной ферросуспензии**

1. Осаждение частиц магнетита из водного раствора солей двух- и трехвалентного железа избытком концентрированного раствора щелочи

2. Измельчение вращающимся магнитным полем
3. Детонационное измельчение
4. Измельчение в шаровых мельницах
5. Измельчение в сильном электрическом поле

## **24 Вращательные колебания линейного магнитного кластера в магнитном поле**

1. На линейный магнитный кластер в переменном магнитном поле действует переменный механический момент, прямо пропорциональный магнитному моменту наночастиц, числу частиц, амплитуде напряженности переменного магнитного поля

2. На линейный магнитный кластер в переменном магнитном поле действует переменный механический момент, обратно пропорциональный намагниченности наночастиц, числу частиц, амплитуде напряженности переменного магнитного поля

3. На линейный магнитный кластер в переменном магнитном поле действует переменный механический момент, обратно пропорциональный амплитуде напряженности переменного магнитного поля

4. На линейный магнитный кластер в переменном магнитном поле действует переменный механический момент, обратно пропорциональный магнитному моменту наночастиц

5. На линейный магнитный кластер в переменном магнитном поле действует переменный механический момент, не зависящий от амплитуды напряженности переменного магнитного поля

## **25 Магнитная левитация**

1. Эффект магнитной левитации заключается в том, что на магнитные тела, находящиеся в нанодисперсной магнитной жидкости, помещённой в магнитное поле с градиентом вдоль направления силы тяжести, действует дополнительная выталкивающая сила, которая может многократно превышать вес вытесненной жидкости

2. Эффект магнитной левитации заключается в том, что на немагнитные тела, находящиеся в нанодисперсной магнитной жидкости, помещённой в однородное магнитное поле, действует дополнительная выталкивающая сила, которая может многократно превышать вес вытесненной жидкости

3. Эффект магнитной левитации заключается в том, что на немагнитные тела, находящиеся в нанодисперсной магнитной жидкости, помещённой в магнитное поле с градиентом вдоль направления силы тяжести, действует дополнительная выталкивающая сила, которая может многократно превышать вес вытесненной жидкости

4. Эффект магнитной левитации заключается в том, что на немагнитные тела, находящиеся в нанодисперсной магнитной жидкости, действует дополнительная выталкивающая сила, которая может многократно превышать вес вытесненной жидкости

5. Эффект магнитной левитации заключается в том, что сила тяжести немагнитного тела, находящегося в нанодисперсной магнитной жидкости, помещённой в магнитное поле, изменяет свое направление

## **26 Намагничивание нанодисперсной магнитной жидкости**

1. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, отсутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как идеальный магнито-мягкий материал

2. Кривые прямого и обратного хода намагничивания не совпадают друг с другом, отсутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как идеальный магнито-мягкий материал

3. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, но присутствует остаточная намагниченность

4. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, но присутствует остаточная намагниченность

5. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, отсутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как идеальный магнито-жесткий материал

### **27 Скорость звука и структура вещества**

1. Скорость звука зависит от структуры вещества и определяется значениями таких параметров как: модуль Юнга, модуль сдвига, сжимаемость и плотность вещества

2. Скорость звука уменьшается с увеличением модуля Юнга

3. Скорость звука увеличивается с увеличением сжимаемости дисперсной системы

4. Скорость звука для жидкостей увеличивается с уменьшением концентрации твердой фазы в дисперсной системе

5. Скорость звука не зависит от структуры вещества и не определяется значениями таких параметров как: модуль Юнга, модуль сдвига, сжимаемость и плотность вещества

### **28 Равновесное намагничивание микродисперсной ферросуспензии**

1. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, отсутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как идеальный магнито-мягкий материал

2. Кривые прямого и обратного хода намагничивания не совпадают друг с другом, отсутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как идеальный магнито-мягкий материал

3. Кривые прямого и обратного хода намагничивания совпадают друг с другом, но присутствует остаточная намагниченность

4. Кривые прямого и обратного хода намагничивания не совпадают друг с другом, присутствие остаточной намагниченности, проявляет себя как магнито-жесткий материал

5. Кривые прямого и обратного хода намагничивания не совпадают друг с другом, но отсутствует остаточная намагниченность и петля гистерезиса

### **29 Магнитореологический эффект**

1. Магнитореологический эффект — резкое изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) ферромагнитных суспензий под воздействием магнитных полей. Вязкость магнитореологической суспензии может увеличиваться в 100 раз при увеличении магнитного поля (в отличие от магнитных жидкостей, где вязкость увеличивается на 10—30%)

2. Магнитореологическим эффектом обладает нанодисперсная магнитная жидкость

3. Магнитореологический эффект — изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) некоторых суспензий под воздействием магнитных полей, при этом вязкость магнитореологической суспензии может увеличиваться в магнитном поле на 5%

4. Магнитореологический эффект — небольшое (1%) изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) ферромагнитных суспензий под воздействием магнитных полей

5. Магнитореологический эффект — резкое изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) ферромагнитных суспензий под воздействием электрических полей

### **30 Механика «проскальзывания» микро- и наночастиц при ускоренном движении суспензии**

1. При вибрации микродисперсной системы с различной плотностью частицы и жидкости-носителя частица не будет перемещаться (проскальзывать) относительно жидкости

2. При вибрации микродисперсной системы с различной плотностью частицы и жидкости-носителя частица с большей плотностью будет опережать движение жидкости-носителя

3. Наночастицы при движении системы отстают от жидкости-носителя сильнее, чем микрочастицы

4. Наночастицы при движении системы отстают от жидкости-носителя в такой же мере, что и микрочастицы

5. При вибрации микродисперсной системы с различной плотностью частицы и жидкости-носителя частица будет перемещаться (проскальзывать) относительно жидкости. Причиной этого является свойство инерции тел, проявляющееся при ускоренном колебательном движении. В силу этого более плотные тела (частицы) при движении отстают от менее плотных (жидкости)

### **31 Межфазный теплообмен в нано- и микродисперсной системе**

1. Благодаря малости и относительно высокой теплопроводности микро- и наночастиц их температура в адиабатной звуковой волне будет успевать выравниваться с температурой жидкости-носителя, поэтому процесс будет «микроскопически» изотермичен. В этом состоит межфазный теплообмен в нано- и микродисперсных системах

2. Межфазный теплообмен в микродисперсных системах более эффективен чем в нанодисперсных системах

3. Межфазный теплообмен не зависит от теплопроводности различных фаз, входящих в дисперсную систему

4. Условие адиабатности звуковой волны не является обязательным для процесса межфазного теплообмена

5. Межфазный теплообмен не зависит от радиуса частиц дисперсной фазы

### **32 Единицы измерения индукции магнитного поля в СИ**

1. Тесла [Тл]

2. А/м

3. Паскаль [Па]

4. Ньютон [Н]

5. Вольт [В]

### **33 Единицы измерения объемной концентрации нанодисперсной системы в СИ**

1. %
  2. А/м
  3. Паскаль [Па]
  4. Тесла [Тл]
  5. Вольт [В]
- Вольт [В]

### **34 Седиментация**

1. Метод седиментации применим для исследования устойчивости наносистем

2. Для грубодисперсных систем с размером частиц более 1 мкм броуновское движение не столь активно и практически отсутствует в суспензиях с заметной вязкостью дисперсионной среды. В этом случае определяющую роль играет скорость оседания частиц под действием силы тяжести (скорость седиментации)

3. Метод седиментации не применим для исследования устойчивости суспензии

4. С повышением вязкости жидкости-носителя седиментация ускоряется

5. Скорость седиментации не зависит от вязкости системы

### **35 Роль кластеризации ферросуспензии в формировании структуры и начальной магнитной восприимчивости**

1. В магнитном поле протекает процесс кластеризации магнитной системы: магнитные частицы образуют цепочки, вытянутые вдоль поля. При достаточном уровне общего дипольного или молекулярного взаимодействий частицы образуют цепочки, кластеры с замкнутым внутри них потоком или сплошную пространственную сетку даже в отсутствие внешнего поля. Такие кластеры уменьшают значение магнитной восприимчивости

2. В магнитном поле протекает процесс кластеризации магнитной системы: магнитные частицы образуют цепочки, вытянутые вдоль поля. При достаточном уровне общего дипольного или молекулярного взаимодействий частицы образуют цепочки, кластеры с замкнутым внутри них потоком или сплошную пространственную сетку даже в отсутствие внешнего поля. Такие кластеры не оказывают влияние на структуру и магнитную восприимчивость

3. В магнитном поле протекает процесс кластеризации магнитной системы: магнитные частицы образуют цепочки, вытянутые вдоль поля. Такие кластеры увеличивают значение магнитной восприимчивости

4. В магнитном поле магнитные частицы образуют цепочки, вытянутые вдоль поля, что не влияет на структуру ферросуспензии и магнитные свойства

5. В магнитном поле не может протекать процесс кластеризации магнитной системы, что обуславливает стабильность структуры ферросуспензий

### **36 Электронная микроскопия. Электронная оптика. Электронный микроскоп. Разрешающая способность. Электроннограмма кристаллической решетки**

1. Получение изображения малых объектов с помощью световых пучков
2. Получение изображения малых объектов с помощью звуковых пучков, например, в приборе УЗИ
3. Получение изображения малых объектов с помощью электронных пучков
4. Разрешающая способность электронного микроскопа достигает 0,004 нм
5. Электронные и световые пучки подчиняются различным законам геометрической оптики

### **37 Эффект Мессбауэра. (Ядерный гамма-резонанс)**

1. состоит в том, что при испускании или поглощении гамма-кванта ядром, согласно закону сохранения импульса, ядро получает импульс отдачи и соответствующую этому импульсу энергию отдачи
2. при испускании или поглощении гамма-кванта ядром ядро не получает импульс отдачи и соответствующую этому импульсу энергию отдачи
3. состоит в резонансном испускании или поглощении гамма-фотонов без отдачи
4. для одинаковых ядер линии испускания и поглощения разнесены на удвоенную величину этой потери энергии и никогда не перекрываются
5. Наблюдение резонансного поглощения  $\gamma$ -лучей основано на методе доплеровского сдвига линий испускания и поглощения с применением высокоскоростного перемещения источника  $\gamma$ -лучей

### **38 Размагничивающие поля**

1. При намагничивании внесенного во внешнее поле сильномагнитного тела, имеющего конечные размеры, на обеих его торцевых поверхностях возникают магнитные полюса («магнитные заряды» противоположного знака), что обуславливает появление поля в веществе противоположного направления
2. При намагничивании внесенного во внешнее поле немагнитного тела, имеющего конечные размеры, на обеих его торцевых поверхностях возникают магнитные полюса («магнитные заряды» противоположного знака), что обуславливает появление поля в веществе противоположного направления
3. При намагничивании внесенного во внешнее поле сильномагнитного тела, имеющего конечные размеры, на обеих его торцевых поверхностях возникают магнитные полюса («магнитные заряды» противоположного знака), что обуславливает появление поля в веществе первоначального направления
4. При намагничивании внесенного во внешнее поле сильномагнитного тела, имеющего конечные размеры, на обеих его торцевых

поверхностях возникают магнитные полюса («магнитные заряды» противоположного знака), что не приводит к появлению поля в веществе противоположного направления

5. При внесении во внешнее электрическое поле сильномагнитного тела, имеющего конечные размеры, на обеих его торцевых поверхностях возникают магнитные полюса («магнитные заряды» противоположного знака), что обуславливает появление поля в веществе противоположного направления

### **39 Физическая сущность работы атомного силового микроскопа**

1. Атомно-силовая микроскопия основана на резкой зависимости силы взаимодействия молекул от расстояния между ними (вандерваальсовы взаимодействия). Взаимодействуют молекулы двух тел – молекулы поверхности исследуемого тела и молекулы зонда, называемого кантилевером. Регистрируется силовое взаимодействие в процессе прецизионного сканирования такой иглой вдоль поверхности

2. Физическая сущность состоит в резонансном испускании или поглощении гамма-фотонов без отдачи

3. Физическая сущность состоит в том, что для одинаковых ядер линии испускания и поглощения разнесены на удвоенную величину этой потери энергии

4. Физическая сущность состоит в том, что оптические лучи, пройдя через систему линз, дают увеличенное изображение предмета

5. Физическая сущность состоит в том, что звуковые волны, проходя через частицы с различным волновым сопротивлением, дают изображение частиц

### **40 Спектроскопия комбинационного рассеяния**

1. Явление комбинационного рассеяния света заключается в появлении в спектре рассеяния новых линий, являющихся комбинациями частот падающего света и частот колебательных и вращательных переходов в спектре молекулы

2. Явление заключается в появлении в спектре рассеяния новых линий, являющихся результатом расщепления энергетических молекулярных уровней под действием магнитного поля

3. Явление заключается в появлении в спектре рассеяния новых линий, являющихся результатом расщепления энергетических молекулярных уровней под действием электрического поля

4. Явление заключается в появлении в спектре рассеяния новых линий, являющихся результатом расщепления энергетических молекулярных уровней под действием ультразвука

5. Явление заключается в появлении в спектре рассеяния новых линий, являющихся результатом расщепления энергетических молекулярных уровней в скрещенных электрическом и магнитном полях

### **41 Разрешающая способность оптических приборов**

1. Разрешающая способность оптических приборов составляет 0,1 мм

2. Разрешающей способностью оптических приборов называют их способность создавать отдельные изображения двух близких друг к другу точечных объектов. Для оптических микроскопов она ограничена длиной волны используемого света

3. Разрешающая способность оптических приборов составляет 0,01 мм

4. Разрешающая способность оптических приборов составляет 0,1 дм

5. Разрешающая способность оптических приборов составляет 5 нм

#### **42 Намагниченность микро- и нанодисперсной магнитной системы**

1. Магнитный момент единицы объема микро- и нанодисперсной магнитной системы носит название намагниченности. Единицы измерения А/м

2. Магнитный момент единицы массы микро- и нанодисперсной магнитной системы носит название намагниченности. Единицы измерения А/м

3. Магнитный момент единицы объема микро- и нанодисперсной магнитной системы носит название намагниченности. Единицы измерения Тл/м

4. Магнитный момент единицы объема микро- и нанодисперсной магнитной системы носит название намагниченности. Единицы измерения А/м<sup>2</sup>

5. Геометрическая сумма магнитных моментов отдельных молекул

#### **43 Технология приготовления суспензий**

1. Основой технологии приготовления суспензий является метод химической конденсации

2. Основой технологии приготовления суспензий является механическое диспергирование

3. Измельчение вращающимся магнитным полем

4. Измельчение вращающимся электрическим полем

5. Измельчение при помощи ультразвукового дефектоскопа

#### **44 Пьезоэлектрики**

1. Кристаллы, на поверхности которых при деформациях возникают электрические заряды называются пьезоэлектриками

2. Если в электрическом поле на поверхности диэлектриков появляются связанные заряды, то это пьезоэлектрики

3. Пьезоэлектрики в электрическом поле не деформируются

4. Пьезоэлектрики в магнитном поле деформируются

5. Поляризованность обратно пропорциональна деформации

#### **45 Прямой пьезоэффект**

1. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика возникает магнитное поле

2. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика на его поверхности появляется жидкость

3. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при наложении на сегнетоэлектрик электрического поля он деформируется

4. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика на его поверхности появляется связанный электрический заряд

5. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при нагревании пьезоэлектрика на его поверхности появляется электрический заряд

#### **46 Обратный пьезоэффект**

1. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при наложении на сегнетоэлектрик электрического поля он деформируется. Деформация кристалла пропорциональна напряженности электрического поля

2. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика на его поверхности появляется связанный электрический заряд

3. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика возникает магнитное поле

4. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при наложении на сегнетоэлектрик магнитного поля он деформируется

5. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при нагревании пьезоэлектрика на его поверхности появляется электрический заряд

#### **47 Физическая сущность акустомагнитного эффекта**

1. Индуцирование ЭДС в проводящем контуре при прохождении в намагниченной магнитной жидкости звуковой волны называется акустомагнитным эффектом

2. Индуцирование ЭДС в проводящем контуре при прохождении в жидкости звуковой волны называется акустомагнитным эффектом

3. Индуцирование ЭДС в проводящем контуре при прохождении в ненамагниченной магнитной жидкости звуковой волны называется акустомагнитным эффектом

4. Состоит в том, что при деформации пьезоэлектрика возникает магнитное поле

5. Состоит в том, что при наложении на сегнетоэлектрик магнитного поля он деформируется

#### **48 Дифракция рентгеновских лучей**

1. Пучок параллельных монохроматических рентгеновских лучей падает под углом скольжения  $\theta$  и возбуждает атомы кристаллической решётки, которые становятся источниками когерентных вторичных волн, интерферирующих между собой, подобно вторичным волнам от щелей дифракционной решётки. При разности хода между двумя лучами, отражёнными от соседних кристаллографических плоскостей  $2d \cdot \sin\theta$ , кратной целому числу длин волн  $\lambda$ , наблюдается дифракционный максимум:  $2d \cdot \sin\theta = \pm m\lambda$ , где  $m = 1, 2, \dots$ . В этом и состоит явление дифракции рентгеновских лучей

2. Пучок параллельных световых лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего наблюдается дифракция

3. Пучок параллельных световых лучей падает на поверхность узкой щели, в результате чего наблюдается дифракция

4. Пучок параллельных  $\gamma$ - лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего наблюдается дифракция

5. Пучок параллельных  $\beta$ - лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего наблюдается дифракция

#### **49 Электроннограмма кристаллической решетки**

1. Пучок параллельных световых лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего на экране наблюдается электроннограмма

2. Пучок параллельных световых лучей падает на поверхность узкой щели, в результате чего на экране наблюдается электроннограмма

3. Распределение по экрану дифракционных колец (полос) от дифракции пучка электронов на кристаллической решетке в соответствии с формулами для длины волны де-Бройля и Вульфа-Брэггов

4. Пучок параллельных  $\gamma$ - лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего наблюдается на экране электроннограмма

5. Пучок параллельных  $\beta$ - лучей падает на поверхность дифракционной решетки, в результате чего наблюдается электроннограмма

#### **50 Кривая намагничивания микро- и нанодисперсной магнитной системы**

1. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

2. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности электрического поля, представленная в графическом виде

3. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от амплитуды звукового поля, представленная в графическом виде

4. Зависимость вязкости микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

5. Зависимость стабильности микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

#### **51 Кривая акустомагнитного эффекта для нанодисперсной магнитной жидкости**

1. Зависимость амплитуды индуцируемой ЭДС в проводящем контуре при прохождении в намагниченной магнитной жидкости звуковой волны от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

2. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

3. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности электрического поля, представленная в графическом виде

4. Зависимость намагниченности микро- и нанодисперсной магнитной системы от амплитуды звукового поля, представленная в графическом виде

5. Зависимость вязкости микро- и нанодисперсной магнитной системы от напряженности магнитного поля, представленная в графическом виде

## **52 Применение углеродных нанотрубок**

1. Такие свойства нанотрубки, как ее малые размеры, меняющаяся в значительных пределах в зависимости от условий синтеза, электропроводность, механическая прочность и химическая стабильность, позволяют рассматривать нанотрубку в качестве основы будущих элементов микроэлектроники. Нанотрубки могут служить основой тончайшего измерительного инструмента, используемого для контроля неоднородностей поверхности электронных схем. Нанотрубка может использоваться как в качестве носителя заполняющего ее материала, так и в качестве изолирующей оболочки, предохраняющей данный материал от электрического контакта, либо от химического взаимодействия с окружающими объектами

2. В качестве магнитожидкостных переключек

3. Для изготовления ферросуспензий

4. В качестве пьезоэлектриков

5. В качестве источников  $\gamma$ -лучей

## **53 Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы**

1. Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы состоит в том, что при нагревании нанодисперсной системы происходит эмиссия электронов, содержащиеся в атомах и молекулах

2. Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы состоит в том, что при нагревании нанодисперсной системы происходит разупорядочение направлений магнитных моментов магнитных наночастиц и тепловое расширение жидкости-носителя

3. Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы состоит в том, что при нагревании электрические заряды, содержащиеся в атомах и молекулах, образуют дополнительное магнитное поле обратного направления

4. Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы состоит в воздействии центробежного ускорения на электрические заряды, содержащиеся в атомах и молекулах

5. Физическая природа теплового возмущения намагниченности нанодисперсной магнитной системы состоит в том, что при нагревании нанодисперсной системы происходит упорядочение направлений магнитных моментов магнитных наночастиц и тепловое расширение жидкости-носителя

## **54 Применение центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных магнитных систем**

1. Целью применения центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных магнитных систем является удаление из системы частиц и магнитных агрегатов большого размера

2. Целью применения центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных магнитных систем является прессование материала

3. Целью применения центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных систем является удаление ионов из системы

4. Целью применения центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных систем является удаление электронов из системы

5. Целью применения центрифугирования при получении микро- и нанодисперсных систем является придание системе сегнетоэлектрических свойств

### **55 Получение магнитных жидкостей с микрокапельными агрегатами**

1. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами относятся к высоко магниточувствительным жидкостям. Их получают, разбавляя концентрированную МЖ – магнетит в керосине растворами олеиновой кислоты в керосине разной концентрации

2. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами получают, разбавляя концентрированную МЖ – магнетит в керосине водой

3. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами получают, разбавляя концентрированную МЖ – магнетит в керосине керосином

4. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами получают, разбавляя концентрированную МЖ – магнетит в керосине глицерином

5. Магнитные жидкости с микрокапельными агрегатами получают, разбавляя концентрированную МЖ – магнетит в керосине касторкой

### **56 Применение ферросуспензий**

1. В качестве пьезоэлектриков

2. В качестве источников  $\gamma$ - лучей

3. Основное практическое использование ферросуспензий основано на магнитореологическом эффекте - очень сильной зависимости вязкости от напряженности магнитного поля. На этой основе создаются магнитореологические демпферы и виброгасители, магнитоуправляемая смазка в узлах трения и опорах, уплотнение резьбовых соединений

4. Для образования на поверхности химически устойчивого соединения

5. Для образования на поверхности двойного электрического слоя

### **57 Применение нанодисперсных магнитных жидкостей**

1. Для создания магнитожидкостных герметизаторов и уплотнений. Для очистки водной поверхности от нефтепродуктов. Для сепарации немагнитных материалов. Для заполнения межполюсного зазора акустических динамиков

2. В качестве пьезоэлектриков

3. В качестве источников  $\beta$ - лучей

4. Для образования на поверхности химически устойчивого соединения

5. Для образования на поверхности двойного электрического слоя

**58 Нанесение пленок и покрытий путем осаждения на подложку**

1. Адсорбция на пористых телах не зависит от структуры пористого тела, от его пористости и размера пор

2. Адсорбция на поверхности пористых тел протекает менее эффективно, чем на гладкой поверхности

3. Осаждением на холодную поверхность подложки получают пленки – непрерывные слои нанокристаллических материалов. Осаждение на подложку может происходить из паров, плазмы или коллоидного раствора. Благодаря получению компактного слоя нанокристаллического материала отпадает необходимость в применении процессов прессования

4. Чем меньше размер пор, тем при более высоких давлениях они заполняются

5. Чем меньше размер пор, тем хуже адсорбируется вещество на поверхности тела

**59 Единицы измерения плотности микродисперсной системы в СИ**

1. кг/м<sup>3</sup>

2. м/с<sup>2</sup>

3. Паскаль [Па]

4. Тесла [Тл]

5. Ампер [А]

**60 Длина волны рентгеновского излучения составляет 0,03 нм. Какова частота этого излучения?**

1. 10<sup>-19</sup> Гц

2. 10<sup>15</sup> Гц

3. 10<sup>-15</sup> Гц

4. 10<sup>19</sup> Гц

5. 10 Гц

**61 Специальная терминология: фуллерены**

1. Имеющие форму замкнутой поверхности молекулы C<sub>60</sub> и C<sub>70</sub>

2. Атомы углерода

3. Кристаллическая ячейка графита

4. Кристаллическая ячейка алмаза

5. Бародиффузия

**62 Специальная терминология: нанодисперсные магнитные жидкости**

1. Ферромагнитная суспензия

2. Фуллерены

3. Нанотрубки

4. Магнитный коллоид

5. Молекулярный раствор молекул железа

**63 Специальная терминология: суспензия**

1. (лат. suspensio, буквально - подвешивание) смесь веществ, где твёрдое вещество распределено в виде мельчайших частиц в жидком веществе во взвешенном (неосевшем) состоянии

2. Коллоид

3. Фуллерены

4. Химическое соединение, содержащее ковалентную связь между атомами или молекулами

5. Седиментация

#### **64 Специальная терминология: ферросуспензия**

1. дисперсные системы, в которых дисперсной фазой служат немагнитные частицы

2. коллоидные растворы различных ферро- или ферромагнитных однодоменных частиц в обычных жидкостях

3. магнитные жидкости

4. железные опилки

5. дисперсные системы, в которых дисперсной фазой служат ферро- и ферромагнитные микрочастицы

#### **65 Специальная терминология: магнитореологический эффект**

1. резкое изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) некоторых суспензий под воздействием магнитных полей

2. постоянство механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) некоторых суспензий при изменении магнитных полей

3. бародиффузия

4. седиментация

5. акустомагнитный эффект

#### **66 Специальная терминология: магнитожидкостные герметизаторы (магнитожидкостные уплотнения)**

1. Устройства, в которых капля нанодисперсной магнитной жидкости перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию магнитного поля, сконцентрированного в области зазора

2. Устройства, в которых капля жидкости-носителя перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию магнитного поля, сконцентрированного в области зазора

3. Устройства, в которых капля нанодисперсной магнитной жидкости перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию электрического поля, сконцентрированного в области зазора

4. Устройства, в которых капля нанодисперсной магнитной жидкости перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию центробежной силы

5. Устройства, в которых капля нанодисперсной магнитной жидкости перекрывает зазор между валом и втулкой благодаря удерживающему действию силы поверхностного натяжения

#### **67 Специальная терминология: седиментация**

1. внутренняя диффузия, которая наблюдается в дисперсных системах

2. магнитофорез

3. электрофорез
4. оседание частиц дисперсной фазы под действием силы тяжести
5. конвекция которая может наблюдаться в дисперсных системах

### **68 Специальная терминология: магнитореологические среды**

1. среды, в которых наблюдается резкое изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) под воздействием магнитных полей
2. постоянство механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) некоторых суспензий при изменении магнитных полей
3. бародиффузия
4. седиментация
5. акустомагнитный эффект

### **69 Специальная терминология: магнитокалорический эффект**

1. Представляет собой изменение температуры магнитного вещества при его адиабатном намагничивании или размагничивании
2. Представляет собой изменение температуры магнитного вещества при его нагревании или охлаждении
3. Представляет собой изменение температуры магнитного вещества при включении или выключении электрического поля
4. Представляет собой изменение температуры магнитного вещества при включении или выключении рентгеновского излучения
5. Представляет собой изменение температуры магнитного вещества при наложении всестороннего давления

### **70 Вращательная вязкость нанодисперсной магнитной жидкости**

1. В сдвиговом потоке на твёрдую частицу действует момент сил, приводящий к её вращению. Магнитное поле ориентирует магнитный момент частицы и затрудняет её свободное вращение. Это приводит к локальным градиентам скорости жидкости-основы вблизи частиц и вызывает увеличение эффективной вязкости. Величина приращения вязкости системы (~1%) за счет торможения вращательного движения магнитных частиц магнитным полем составляет «вращательную» вязкость
2. Наблюдается многократное увеличение вязкости под воздействием магнитных полей
3. Наблюдается многократное увеличение вязкости под воздействием электрических полей
4. То же, что и бародиффузия
5. То же, что и седиментация

### **71 Специальная терминология: размагничивающий фактор**

1. Напряженность размагничивающего поля  $H$  пропорциональна квадрату намагниченности  $M$ , а коэффициентом пропорциональности служит безразмерный параметр  $N$ , называемый размагничивающим фактором. Строгий и точный расчет размагничивающего фактора возможен только для магнетиков в форме эллипсоидов, шаров, сплошных цилиндров
2. Напряженность размагничивающего поля  $H$  пропорциональна намагниченности  $M$ , а коэффициентом пропорциональности служит

безразмерный параметр  $N$ , называемый размагничивающим фактором. Строгий и точный расчет размагничивающего фактора не возможен

3. Напряженность размагничивающего поля  $H$  пропорциональна намагниченности  $M$ , а коэффициентом пропорциональности служит безразмерный параметр  $N$ , называемый размагничивающим фактором. Строгий и точный расчет размагничивающего фактора возможен только для магнетиков в форме эллипсоидов, шаров, сплошных цилиндров

4. Напряженность внешнего магнитного поля  $H$  пропорциональна намагниченности  $M$ , а коэффициентом пропорциональности служит безразмерный параметр  $N$ , называемый размагничивающим фактором

5. Напряженность размагничивающего поля  $H$  обратно пропорциональна намагниченности  $M$  и безразмерному параметру  $N$ , называемому размагничивающим фактором

**72 История развития нанотехнологий: в каком году впервые получена нанодисперсная магнитная жидкость?**

1. 1962
2. 1862
3. 1917
4. 1941
5. 2014

**73 Специальная терминология: нанотрубки – это**

1. Углеродные нанотрубки (carbon nanotubes, CNTs) — молекулярные соединения, представляющие собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной от одного до нескольких микрон

2. Фуллерены
3. Магнитные жидкости
4. Ферросуспензия
5. Седиментация

**74 Специальная терминология: методы дробления**

1. Химическая конденсация
2. Термическая обработка
3. Магнитная сепарация
4. Измельчение в шаровых и бисерных мельницах, ультразвуковое и электроплазменное измельчение
5. Масс-спектрокопия

**75 Специальная терминология: магнитные домены**

1. Области спонтанного намагничивания ферромагнетика, содержащие в себе большое количество молекулярных магнитных диполей, ориентированных параллельно друг другу. Эти образования достигают размеров  $10^{-5} - 10^{-3}$  мм

2. Области ферромагнетика, содержащие в себе большое количество молекулярных магнитных диполей с произвольной ориентацией магнитных моментов. Эти образования достигают размеров  $10^{-5} - 10^{-3}$  мм

3. Области спонтанного намагничивания ферромагнетика, содержащие в себе большое количество молекулярных электрических диполей, ориентированных параллельно друг другу

4. Области спонтанного намагничивания ферромагнетика, содержащие в себе большое количество молекулярных магнитных диполей, ориентированных параллельно друг другу. Эти образования достигают размеров 1 – 2 м

5. Области ферромагнетика, содержащие в себе большое количество дефектов с размерами  $10^{-5}$  –  $10^{-3}$  мм

#### **76 Специальная терминология: точка Кюри**

1. То же, что и адсорбат

2. Температура  $T_c$ , при достижении которой области спонтанного намагничивания (домены) распадаются, и ферромагнетик превращается в порошок

3. Температура  $T_c$ , при достижении которой области спонтанного намагничивания (домены) распадаются, и ферромагнетик становится сегнетоэлектриком

4. Температура, при достижении которой области спонтанного намагничивания (домены) расплавляются, и ферромагнетик переходит в жидкое состояние

5. Температура  $T_c$ , при достижении которой области спонтанного намагничивания (домены) распадаются, и ферромагнетик теряет свои магнитные свойства, становится парамагнетиком

#### **77 Специальная терминология: Функция Ланжевена**

1. Выражает аналитическую зависимость намагниченности парамагнетика (суперпарамагнетика)  $M$  от напряженности магнитного поля  $H$  и температуры  $T$ . Имеет сходство с кривой намагничивания нанодисперсной магнитной системы

2. Выражает аналитическую зависимость намагниченности парамагнетика (суперпарамагнетика)  $M$  от напряженности электрического поля  $E$  и температуры  $T$ . Имеет сходство с кривой намагничивания нанодисперсной магнитной системы

3. Выражает аналитическую зависимость намагниченности парамагнетика (суперпарамагнетика)  $M$  от напряженности магнитного поля  $H$  и температуры  $T$ . Имеет сходство с кривой зависимости силы тока от напряжения металлического проводника

4. Выражает аналитическую зависимость намагниченности парамагнетика (суперпарамагнетика)  $M$  от напряженности магнитного поля  $H$  и температуры  $T$ . Имеет сходство с кривой зависимости электрического сопротивления металлического проводника от температуры

5. Формула, описывающая процесс седиментации ферросуспензии в зависимости от температуры и напряженности магнитного поля

#### **78 История развития нанотехнологий: год открытия броуновского движения?**

1. 1827

2. 1600
3. 1917
4. 1941
5. 2001

**79 История развития нанотехнологий: год открытия фуллеренов?**

1. 1985
2. 1827
3. 1600
4. 1917
5. 1945

**80 История развития нанотехнологий: год открытия эффекта Джозефсона?**

1. 1800
2. 1600
3. 1917
4. 1962
5. 1700

**Шкала оценивания результатов тестирования:** в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 баллов (установлено положением П 02.016).

Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6).

Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи.

Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо

69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

***Критерии оценивания результатов тестирования:***

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено – **2 балла**, не выполнено – **0 баллов**.

**2.2 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ**

*Компетентностно-ориентированная задача № 1*

На дифракционную решетку падает нормально пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda=700$  нм. Максимум второго порядка наблюдается под углом  $30^\circ$ . Определить постоянную дифракционной решетки

*Компетентностно-ориентированная задача № 2*

Длина волны света, соответствующего красной границе фотоэффекта, для некоторого металла равна 275 нм. Найти минимальную энергию фотона, вызывающего фотоэффект. Постоянная Планка  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж•с. Скорость света  $3 \cdot 10^8$  м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 3*

Найти длину волны де-Бройля для наночастицы в форме куба со стороной 10 нм, которая движется со скоростью 1 мм/с. Плотность 6630 кг/м<sup>3</sup>. Постоянная Планка  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж•с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 4*

Длина волны  $\gamma$ -излучения  $\lambda=0,0016$  нм. Какую разность потенциалов надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить рентгеновское излучение такой же длиной волны? Постоянная Планка  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж•с. Заряд электрона  $-1,60 \cdot 10^{-19}$  Кл. Скорость света  $3 \cdot 10^8$  м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 5*

Определить адиабатную сжимаемость микродисперсной суспензии с плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и скоростью звука 1000 м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 6*

Найти длину волны звука с частотой 10 кГц, распространяющегося в нанодисперсной магнитной жидкости. Скорость звука принять равной 1000 м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 7*

Частота волны рентгеновского излучения составляет  $1,5 \cdot 10^{19}$  Гц. Какова длина волны этого излучения?

*Компетентностно-ориентированная задача № 8*

Рассчитать лапласовское давление в наночастице ртути с радиусом 9 нм. Для массивной капельки ртути  $\sigma = 0,45$  Н/м, потому  $P =$

*Компетентностно-ориентированная задача № 9*

Рассчитать лапласовское давление в наночастице ртути с радиусом 18 нм. Для массивной капельки ртути  $\sigma = 0,45$  Н/м, потому  $P =$

*Компетентностно-ориентированная задача № 10*

Рассчитать лапласовское давление в наночастице ртути с радиусом 4,5 нм. Для массивной капельки ртути  $\sigma = 0,45$  Н/м, потому  $P =$

*Компетентностно-ориентированная задача № 11*

Частица массой  $m = 10^{-9}$  кг совершает гармонические колебания с периодом  $T = 1$  мкс. Амплитуда колебаний частицы 1 нм. Определить полную энергию колеблющейся частицы. Принять  $2\pi = 6$ .

*Компетентностно-ориентированная задача № 12*

Частица массой  $m = 10^{-8}$  кг совершает гармонические колебания с периодом  $T = 1$  мкс. Амплитуда колебаний частицы 1 нм. Определить полную энергию колеблющейся частицы. Принять  $2\pi = 6$ .

*Компетентностно-ориентированная задача № 13*

Рассчитать лапласовское давление в пузырьке воздуха, растворенного в воде, с радиусом 14 нм. Для воды  $\sigma = 0,07$  Н/м, потому  $P =$

*Компетентностно-ориентированная задача № 14*

Определить численное значение минимальной частоты в фоновом спектре наночастицы с линейным размером 10 нм и скоростью звука 4000 м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 15*

Определить численное значение минимальной частоты в фоновом спектре наночастицы с линейным размером 5 нм и скоростью звука 4000 м/с.

*Компетентностно-ориентированная задача № 16*

Найти скорость распространения звука с частотой 5 кГц в нанодисперсной магнитной жидкости. При этом длина звуковой волны равна 0,2 м.

*Компетентностно-ориентированная задача № 17*

Найти частоту звуковой волны, распространяющейся в нанодисперсной магнитной жидкости со скоростью 1200 м/с. При этом длина звуковой волны равна 0,6 м

*Компетентностно-ориентированная задача № 18*

С какой скоростью движется наночастица, имеющая форму куба со стороной 10 нм, совершающая тепловое движение в воздухе при температуре 300К. Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К, плотность частицы 8280 кг/м<sup>3</sup>.

*Компетентностно-ориентированная задача № 19*

19. С какой скоростью движется наночастица, имеющая форму куба со стороной 5 нм, совершающая тепловое движение в воздухе при температуре 300К. Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К, плотность частицы 5200 кг/м<sup>3</sup>.

*Компетентностно-ориентированная задача № 20*

Рассчитать модуль Юнга для твердой микрочастицы с плотностью 5200 кг/м<sup>3</sup> и скоростью звука 4000 м/с.

**Шкала оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи:** в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 (установлено положением П 02.016).

Максимальное количество баллов за решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Балл, полученный обучающимся за решение компетентностно-ориентированной задачи, суммируется с баллом, выставленным ему по результатам тестирования.

Общий балл промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале следующим образом:

### Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

#### ***Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи:***

**6-5 баллов** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

**4-3 балла** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

**2-1 балла** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

**0 баллов** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена.