Реферат

Колебательное движение тел, взвешенных в магнитных коллоидных наносистемах

В случае, когда плавающее в жидкости тело погружено в нее частично, его равновесие осуществляется за счет равенства сил тяжести и архимедовой силы, действующей на погруженную часть тела. Воздействие дополнительной внешней силы, сонаправленной с силой тяжести приводит к дополнительному погружению тела. После же прекращения ее действия тело возвращается к положению равновесия за счет выталкивающей силы, при этом, оно может совершать колебательное движение, продолжительность которого определяется добротностью системы. Целью настоящей работы является исследование подобного рода колебательного движения, совершаемого телом, частично погруженным в среду, способную намагничиваться при воздействии магнитного поля. В этом случае, возможно использование периодически действующей выталкивающей силы, создаваемой магнитным полем.

Магнитные коллоидные наносистемы (магнитные жидкости) обладают рядом интересных свойств, обусловленных уникальным сочетанием их текучести и способности намагничивания в магнитном поле [1]. Одним из таких свойств является выталкивание немагнитного тела, погруженного в магнитную жидкость в область более слабого магнитного поля. В случае использования периодически изменяющегося магнитного поля, сила, действующая на такое тело, становится переменной. Для проведения экспериментальных исследований использовалась установка, общая схема которой приведена на рисунке 1.

6

1

8

7

2

4

**3**

**5**



Рис.1. Экспериментальная установка.

1 – электродвигатель с редуктором;

2 – катушка;

3, 4 – источники тока;

5 – амперметр;

6 – стеклянная колба;

7 – осветитель теневой проекции;



8 – экран с миллиметровой бумагой.

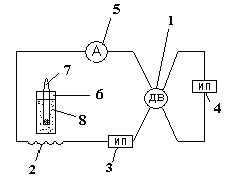


Рис.2 Схема установки Рис.3 Стеклянный плавок

1 – электродвигатель с редуктором;

2 – катушка;

3, 4 – источники тока;

5 – амперметр;

6 – стеклянная колба;

7 – немагнитное тело (стеклянный поплавок, рис.3);

8 – МЖ;

В качестве объекта исследования использовалось тело (рис.3), представляющее собой стеклянную ампулу, частично заполненную свинцовой дробью с продолжением в виде цилиндрической трубки. При определенном количестве дробинок такой поплавок устанавливался вертикально в жидкости, так что его конец в виде цилиндрической трубки находился над ее поверхностью. Магнитный наноколлоид был налит в цилиндрическую кювету 6 (Рис.1), которая устанавливалась на намагничивающее устройство 2. В качестве намагничивающего устройства использовалась катушка с малой высотой и ферромагнитным сердечником из магнитомягкого железа. Оценка амплитуды колебаний проводилась по теневой проекции конца поплавка на экране 8 с миллиметровой сеткой. Для создания периодически воздействующего поля было сконструировано устройство 1, периодически подающее напряжение прямоугольной формы на намагничивающую систему.



Рис.4 Двигатель с редуктором

**1**

1 – электродвигатель с редуктором;

2 – диск, одна сторона которого замыкает цепь, связанную с катушкой, другая размыкает ее;

3 – щетки.

При воздействии магнитного поля, поплавок испытывал дополнительную выталкивающую силу за счет взаимодействия поля с магнитной жидкостью. Ее появление может быть объяснено следующим образом. Действие магнитного поля приводит к намагничиванию жидкой среды, а в случае разрыва ее оплошности (например, нахождения в ней немагнитных тел) на границах раздела возникают магнитные полюса. Немагнитные тела при этом могут быть уподоблены “магнитным дырам“, имеющим магнитный момент, направленный противоположно полю. Если тело имеет анизотропную форму, то оно устанавливается большой осью вдоль поля (что приводило к большей устойчивости исследованного нами объекта), в случае же неоднородного поля на тело воздействует сила, стремящаяся вытолкнуть его в область более слабого поля. Величина этой силы определяется выражением:



где - магнитный момент магнитной дырки.



Величина , может быть представлена в виде



,



где магнитная восприимчивость магнитной жидкости, - размагничивающий фактор тела, - его объем. С учетом этого, для справедливо выражение:



Периодическое воздействие такой силы приводит к возникновению вынужденных колебаний погруженного в жидкость тела, что и наблюдалось при проведении эксперимента. Создание периодически действующей силы осуществлялось за счет подачи на намагничивающую систему однополярных прямоугольных импульсов напряжения со скважностью, равной длительности импульса. Для создания таких импульсов использовался двигатель 1 (Рис.4) с регулированной частотой вращения, на оси которого закреплялся диск 2, половина поверхности которого была проводящей, вторая – изолирована диэлектрической пленкой (рис.4). К диску прижаты графитовые щетки 3, которые в случае нахождения их на проводящем секторе замыкали цепь питания электромагнита, и размыкали ее, оказавшись вследствие вращения диска на его непроводящем секторе. Такое устройство позволяло получать импульсы тока в намагничивающей системе до 1 А. Частота следования импульсов изменялась за счет регулирования скорости вращения вала двигателя путем изменения, подаваемого на него напряжения от автономного источника питания (4).

Оказалось, что амплитуда колебаний погруженного в магнитный наноколлоид объекта исследования, возникающих вследствие периодически действующего магнитного поля, зависит от частоты воздействующей силы (частоты переменного магнитного поля). Первоначальное увеличение частоты приводит к увеличению амплитуды, а при некотором значении частоты вынуждающей силы зависимость амплитуды от частоты имеет максимум, характерный для резонансных явлений. Было установлено, что при более высоком значении переменной силы максимум более выражен, кроме того, его крутизна зависит от вязкости жидкости и параметров колеблющегося тела. На рис.5 показаны графики зависимостей амплитуды колебаний ампулы от частоты поля при различных значениях величины импульса тока в намагничивающей системе.



Очевидно, наблюдающееся явление увеличения амплитуды колебаний является следствием совпадения частоты собственных колебаний частично погруженного в жидкость тела с частотой периодически изменяющейся внешней силы. Для проверки этого оценим частоту собственных колебаний используемого объекта исследований. С этой целью проведем аналогию между его колебаниями и колебаниями пружинного маятника. Как известно, колебания маятника осуществляются благодаря наличию силы, возвращающей тело к положению его равновесия. В случае пружинного маятника такой силой является сила упругости , а частота его собственных колебаний равна . В нашем случае роль силы, возвращающей тело в равновесное состояние, является выталкивающая сила, возвращающая тело в положение равновесия. Нетрудно показать, что выражение для этой силы запишется в виде , где - площадь перечного сечения погруженного цилиндра, - смещение тела от положения равновесия. Сравнивая выражение для этой силы с силой упругости, можно определить выражение для , т.е., . Тогда . Последнее выражение позволяет рассчитать частоту собственных колебаний ампулы (в предположении малости сил сопротивления). Ее значение можно определить также экспериментально, сместив тело от положения равновесия (погрузив дополнительно на некоторое расстояние) и, затем, предоставив ему некоторое время находиться в колебательном движении. Проведенные эксперименты и расчеты показали, что собственная частота колебаний исследуемого тела близка к резонансной частоте, в случае его вынужденных колебаний.



Проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности применения исследованного явления на практике. В частности, возникла идея использования магнитного наноколлоида с введенным в него немагнитным наполнителем (шлифовальным порошком) для шлифовки поверхностей деталей. В этом случае деталь закрепляется в кювете с намагничивающей жидкостью так, что предназначенная для шлифовки плоскость детали образует некоторый острый угол к горизонтали. Предварительно в магнитном наноколлоиде размешивается шлифовальный порошок (алмазные или корундовые немагнитные частицы). Кювету располагают в переменном неоднородном магнитном поле, направленном вдоль вертикали. В результате воздействия поля немагнитные частицы выталкиваются из области более сильного поля и прижимаются к поверхности. В случае периодического воздействия поля они совершают колебательные движения, шлифуя поверхность. Предварительно проделанные эксперименты позволяют заключить о возможности разработки такого способа шлифовки.

Таким образом, в настоящей работе исследованы особенности колебательного движения помещенных в магнитный наноколлоид немагнитных тел при воздействии неоднородного, периодически изменяющегося магнитного поля, обнаружено и исследовано явление резонанса при таких колебаниях. На основе анализа проведенных исследований и результатов предварительных опытов показана возможность разработки нового способа шлифовки деталей.

Литература

Блум Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости.

Гомулина Н.Н. Компьютерные обучающие и демонстрационные программы. // «Физика», 1999, № 12.

Повышение эффективности наглядности при использовании динамических компьютерных моделей // Теоретические проблемы физического образования. – С.-Петербург: Образование, 1996. – 87 с.

Стариченко Б.Е. Компьютерные технологии в образовании. Инструментальные системы педагогического назначения.

Теория и методика обучения физике в школе. Частные вопросы. Под ред. С.Е. Каменецкого. // М.: Академия, 2000.

Хуторской А.В. Развитие одаренности школьником: Методика продуктивного обучения. — М., 2000. — С. 66.

Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы. Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. // М.: Академия, 2000.