

Левитация с позиции современной науки

Отставнова Ирина Владимировна

Студент (бакалавр)

Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина,
Нижегородская область, Россия

E-mail: lapinni@gmail.com

“Левитацией” называется состояние, при котором твердое тело “парит” в силовом поле подвеса без механического контакта с окружающими телами.

При осуществлении неконтактного подвеса сила тяжести компенсируется силой, действующей со стороны подвеса на тело. При этом кроме компенсации силы тяжести необходимо, чтобы состояние равновесия было устойчивым.

Проблема устойчивого удержания тел с помощью электромагнитных сил началась еще на заре учения об электричестве и магнетизме, во времена Фарадея, когда английский ученый Ирншоу [1] доказал теорему, что статическая система, состоящая из тел, которые отталкивают или притягивают друг друга с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними, является нестабильной.

Открытие диамагнетиков Майклом Фарадеем в 1846 году позволило пересмотреть некоторые свойства материалов. Основная особенность диамагнитных тел состоит в том, что их магнитная проницаемость меньше единицы и поэтому в магнитном поле они перемещаются в направлении уменьшения напряженности магнитного поля, т.е. выталкиваются из поля. Это свойство диамагнетиков позволяет создать свободный подвес диамагнитных тел в постоянном магнитном поле, т.е. скомпенсировать магнитную и гравитационную силы так, что диамагнитное тело может устойчиво висеть в поле тяжести без контакта. Интересно, что на возможность левитации диамагнитных тел в магнитном поле указал Уильям Томсон (Лорд Кельвин) [2]. Однако, ссылаясь на левитацию, как на проблему «Гроба Магомета» он высказал сомнение, сказав, что левитация никогда не станет возможной, так как существуют большие трудности создания достаточно сильного магнита и получения достаточно легкого диамагнитного вещества, потому что магнитные силы чрезмерно слабые.

Через сто лет после публикации теоремы Ирншоу Браунбек [3] показал, что подвеска тела в стационарном электростатическом поле или магнитном полях не может быть стабильной, если относительная диэлектрическая постоянная или относительная магнитная проницаемость тела больше или равна единице. К материалам, у которых магнитная проницаемость меньше единицы относятся диамагнетики, у них диамагнитная проницаемость немного меньше единицы и материалы в сверхпроводящем состоянии, у которых диамагнитная проницаемость равна нулю.

Впервые осуществить подвеску диамагнитных тел удалось Браунбеку в 1939 году [4]. Открытие в 1911 году голландским физиком Х. Камерлинг-Оннесом явления сверхпроводимости позволило найти широкое применение данного явления, в том числе и при осуществлении левитации. Явление выталкивания несильного магнитного поля из сверхпроводника, наблюдаемое немецкими физиками В. Мейснер и Р. Оксенфельд в 1933 году, значительно ускорило процесс создания низкотемпературной левитации. Подвеска с помощью сверхпроводящих тел практически осуществлена профессором МГУ В.К. Аркадьевым [5], которому удалось вывесить небольшой магнит над сверхпроводящим свинцовым диском.

Отсутствие сопротивления и идеальный диамагнетизм сверхпроводников позволяют создавать электромагнитные подвесы, отличающиеся от других подобных устройств большой стабильностью параметров. Сверхпроводниковая левитация использует преимущество того факта, что линии магнитного потока "закреплены" внутри сверхпроводника. Наличие данного свойства сверхпроводника не требует аккуратной подстройки пространственного положения тела и величины поля в отличие от диамагнитной левитации. Подвесом диамагнитных и сверхпроводящих тел в нашей стране в 80-е гг. прошлого столетия в теоретическом аспекте занимались В.М. Позин [6], Р.В. Линьков и Ю.М. Урман [7-10].

Трудности по вывеске диамагнитных тел в магнитном поле состоят в том, что величина магнитного поля, создаваемая магнитами, мала.

До начала девяностых, достичь значительных результатов по вывешиванию диамагнетиков не удавалось. С появлением новых комбинированных магнитов ситуация значительно изменилась. Последние технические достижения, связанные с созданием электромагнитов, индуцирующие сильные поля (30 Тл), вызвали во всем мире большой научный интерес к изобретению подвесов, обеспечивающих левитацию различных диамагнитных тел. Появилась возможность вывешивать различные материалы, обладающие слабым диамагнетизмом, такие как дерево, пластик, вода, протеин, алмаз и многие другие подобные вещества, а так же живые существа. Данные эксперименты проводились для подтверждения возможности левитации и для наблюдения за их движением или поведением в магнитном поле. Теоретическое исследование динамики диамагнитных тел в поле подвеса почти не проводилось, а если и проводилось, то на уровне простых моделей, основанных на квазиоднородном приближении, что не позволяет учесть форму вывешиваемого тела. В 1991 г. Эрик Бюнон и Робер Тюрнье подняли в магнитном поле воду и некоторые органические материалы [11]. Им скоро последовали другие исследователи, которые левитировали жидкий водород и жидкий гелий [12], а также яйца лягушки [13]. В экспериментах Жан Киис Маана и Андрея Гейма [14] левитировали тела, окружающие исследователей, куски сыра и пиццы, лягушки, мыши.

В настоящее время ажиотаж около левитации стих. Но это не говорит о том, что данное явление описано и теория построена. В работе [16-18] рассмотрен один из подходов к описанию левитации диамагнитных тел различной природы и формы. В настоящее время разрабатываются приборы, использующих принцип диамагнитной левитации. Эксперименты, проводимые на Земле в условиях невесомости, предполагают, что будут созданы технологии для синтеза новых материалов, а также материалов, обладающих очень сильными диамагнитными свойствами, у которых диамагнитная восприимчивость порядка -0.5 , а диамагнитная проницаемость 0.5 в относительно широком интервале частот. В некотором смысле они похожи на эксперименты в космических лабораториях, но магнитная левитация на Земле значительно дешевле, чем полёт в космосе. Благодаря таким материалам пассивная левитация может стать очень доступной, вполне обыденным явлением.

Источники и литература

- 1) Earnshaw S., "On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the luminiferous ether", Trans. Cambridge Philos. Soc. 116 (1842) 97-112.
- 2) W. Thomson (Lord Kelvin), Reprints of Papers on Electrostatics and Magnetism, London, MacMillan (1872).
- 3) Braunbeck, Freischwebene Körper in elektrische und magnetischem Feld, Ztschr. f. Physik, 1939, Bd 112, H. 7, 8, S. 753-763.
- 4) Braunbeck, Freischwebene diamagnetische Körper in Magnetfeld, Ztschr. f. Physik, 1939, Bd 112, S. 764-769.

- 5) Arkadiev, A floating magnet, Nature, 1947, v. 160, p. 300.
- 6) Позинковский В.М. Диаманнитный подвес и его применение. Обзор // Приборы и техн. эксперим. 1981, №4, с. 7-14
- 7) Линьков Р.В. Диаманнитная подвеска постоянного магнита // ЖТФ, 1981, т.51, №6, с. 1123-1131
- 8) Линьков Р.В. О диаманнитном подвесе постоянного магнита // ЖТФ, 1982, т.52, №9, с. 1898-1899
- 9) Урман Ю.М. К расчету силовых характеристик внешнего сферического подвеса криогенного гироскопа // Известия ВУЗов. Приборостроение. 1973, т.16, №8, с. 72-74
- 10) Урман Ю.М. Расчет силовых характеристик многокатушечного подвеса сверхпроводящего шара // ЖТФ, 1997, т.67, №1, с. 10-16
- 11) Урман Ю.М. Теория расчета силовых характеристик электромагнитного подвеса сверхпроводящего шара // ЖТФ, 1997, т.67, №1, с. 3-9
- 12) E. Beaunon , R.Tournier, Nature 349, 470 (1991); J. Phys. III (France) 1, 1423 (1991).
- 13) M.A.Weilert, D.L.Whitaker, H.J.Maris, G.M.Seidel, Phys.Rev. Lett. 77, 4840 (1996).
- 14) J.M.Valles, K. Lin, J.M. Denegre and K.L. Mowry, Biophys. J. 73, 1130 (1997).
- 15) M.V.Berry , A.K.Geim, Eur. J. Phys. 18, 307 (1997).
- 16) Урман Ю.М., Бугрова Н.А., Лалин Н.И. О левитации диаманнитных тел в магнитном поле // ЖТФ 2010, Т. 80, № 9. С. 25-33
- 17) Лалин Н.И. О левитации произвольного по форме диаманнитного тела в магнитном поле // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского 2011, № 1. С. 133-138.
- 18) Урман Ю.М., Лалин Н.И. Динамика диаманнитного ротора в магнитном поле // Международный научно-исследовательский журнал 2013, № 5-1 (12). С. 9-11.