

Министерство образования Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

**А. И. Григорьев
С. О. Ширяева**

Аналитические расчеты осцилляций заряженной капли

Монография

Ярославль 2011

УДК 532.59:534.1
ББК В 185я73
Г 83

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве научного издания. План 2010/2011 года*

Рецензенты:
д-р физ.-мат. наук, проф. В. А. Коромыслов;
кафедра прикладной математики и вычислительной техники
Ярославского государственного технического университета

Григорьев, А. И. Аналитические расчеты осцилляций заряженной капли: монография / А. И. Григорьев, С. О. Ширяева; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2011. – 312 с.
ISBN 978-5-8397-0829-7

В монографии в рамках аналитического асимптотического подхода исследуются линейные и нелинейные осцилляции и устойчивость заряженной капли как идеальной, так и вязкой жидкости. Рассмотрены осцилляции и устойчивость вращающейся заряженной капли. Рассматриваются возможности применения в аналитических расчетах осцилляций конечной амплитуды заряженной капли вязкой жидкости теории пограничного слоя, связанного с периодическим движением заряженной свободной поверхности капли.

***При написании книги авторы пользовались поддержкой грантов
РФФИ № 09-01-00084-а и Рособразования № РНП 2.1.1/3776.***

УДК 532.59:534.1
ББК В 185я73

ISBN 978-5-8397-0829-7

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова, 2011

1. Введение

С полидисперсными системами заряженных капель в постоянных и переменных электрических полях приходится сталкиваться в самых разнообразных разделах науки, техники и технологии. Наиболее типичными примерами таких систем являются: грозовые облака, ионно-кластерно-капельные пучки в газе при атмосферном давлении (в устройствах для масс-спектрометрии термически нестабильных и нелетучих жидкостей) и в вакууме (в жидкометаллических источниках ионов), облака заряженного жидко-капельного аэрозоля, образующиеся при электрораспылении лако-красочных материалов, горючего и ядохимикатов. Важную роль в эволюции таких систем играют капиллярные электрогидродинамические неустойчивости, проявляющиеся как в явлениях коагуляции, так и в явлениях дальнейшего дробления отдельных капель, когда величины их собственных или поляризационных зарядов превышают некоторые критические значения. Явление диспергирования заряженных капель во внешних электрических полях привлекается для истолкования разнообразных геофизических феноменов: огней св. Эльма; свечения воронок смерчей; инициирования разряда молнии и сбор ею зарядов с отдельных облачных капель для поддержания своего существования. Он используется для быстрого рассеяния оптически плотных аэродисперсных систем.

Исследования воздействия постоянного и переменного электрических полей на заряженные капли связаны с проблемами: радиолокационного зондирования облаков; наружной стимуляции сердечной деятельности; исследования влияния, быстропеременных электромагнитных полей на красные кровяные тельца и эритроциты; комбинационного рассеяния света на капиллярных колебаниях капель и определением спектрального состава жидко-капельного аэрозоля; исследования устойчивости проводящих капель в периодических, импульсных и хаотически изменяющихся электрических полях в грозовых облаках.

В последние десятилетия интерес к капиллярным электрогидродинамическим неустойчивостям подогревается в основном в связи с разработкой новых средств масс-спектрометрического

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Линейные осцилляции и устойчивость заряженной капли	4
2.0. Ретроспектива исследований линейных осцилляций, устойчивости и закономерностей электростатического распада заряженных капель.....	4
2.1. Исследование осцилляций и устойчивости заряженной капли идеальной жидкости в окружающей несжимаемой диэлектрической среде на основе линеаризованной системы уравнений электрогидродинамики.....	30
2.2. Линейные осцилляции и устойчивость заряженной капли вязкой жидкости.....	38
Приложение	75
Вычисление давления электрического поля собственного заряда капли на ее свободную поверхность	75
2.4. Временная эволюция формы поверхности деформированной в начальный момент времени заряженной капли вязкой жидкости.....	90
3. Нелинейные осцилляции заряженной капли	111
3.0. Ретроспектива исследований нелинейных осцилляций заряженных капель.....	111
3.1. Нелинейные осцилляции деформированной в начальный момент времени заряженной капли в третьем порядке малости по амплитуде исходной деформации.....	148
Приложение С. Выделение задач различного порядка малости в задаче о нелинейных осцилляциях заряженной капли идеальной жидкости	173

<i>Приложение СС</i>	178
<i>3.2. Влияние вязкости жидкости на нелинейные осцилляции заряженной капли</i>	179
4. Применение теории пограничного слоя для расчета осцилляций конечной амплитуды заряженной капли вязкой жидкости.....	211
<i>4.0. Общие представления о ламинарном пограничном слое</i>	211
<i>4.1. Расчет осцилляций заряженной капли вязкой жидкости в рамках теории пограничного слоя ...</i>	222
<i>4.2. Толщина пограничного слоя у свободной поверхности осциллирующей заряженной капли вязкой жидкости</i>	248
<i>4.3. Использование теории пограничного слоя для расчета нелинейных осцилляций и волн</i>	261
5. Капиллярные осцилляции и устойчивость заряженной капли, вращающейся вокруг оси симметрии	264
Литература	287