

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЖИДКОГО ДИЭЛЕКТРИКА

Цель работы: Исследование поведения жидкого диэлектрика в неоднородном электрическом поле конденсатора и определение диэлектрической проницаемости этого диэлектрика

Описание установки и метода измерений

Экспериментальное определение диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика основано на *явлении втягивания диэлектрика в область более сильного поля в неоднородном электрическом поле.*

На рис.1. приведено схематичное изображение экспериментальной установки, используемой для определения диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика.

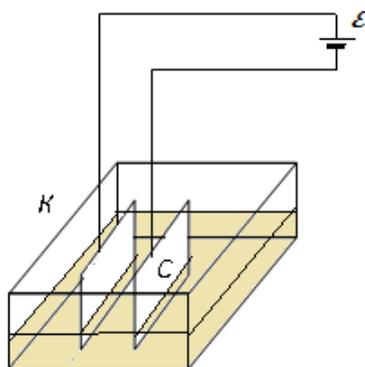


Рис.1. Схематичное изображение экспериментальной установки

Две параллельные пластины конденсатора (С) частично погружены или касаются жидкости, находящейся в прозрачной кювете (К). Конденсатор подсоединен к батарее постоянного тока, ЭДС которой равна \mathcal{E} .

Жидкость втягивается между пластинами при подаче напряжения на конденсатор, т.к. электрическое поле на границе пластин является неоднородным (см. рис.2).

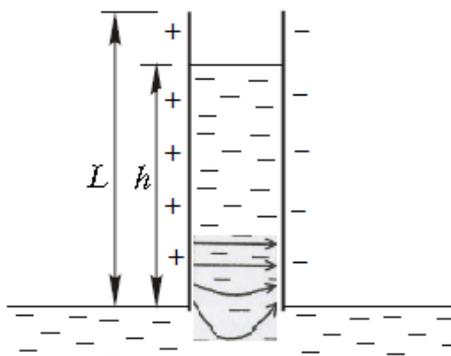


Рис.2. Диэлектрическая жидкость втягивается в область более сильного поля в неоднородном электрическом поле конденсатора

При анализе процесса мы пренебрегаем омическим сопротивлением электрической цепи. Поэтому сразу после включения источника тока напряжение U на конденсаторе будет равно ЭДС источника тока.

Интересует *установившаяся высота подъема жидкости* h (см. рис.2).

Выразим полную энергию *всей системы* как функцию h . В состоянии равновесия она должна принимать минимальное значение.

Емкость конденсатора при подъеме жидкости на высоту h определим как емкость двух параллельных конденсаторов:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon h a}{d} + \frac{\varepsilon_0 (L-h) a}{d} = \frac{\varepsilon_0 a}{d} (h(\varepsilon - 1) + L),$$

где L – высота пластин,
 a – ширина пластин,
 d – расстояние между пластинами.

Энергия, запасенная в конденсаторе, равна:

$$W_1 = \frac{CU^2}{2}.$$

Потенциальная энергия поднятой жидкости в поле силы тяжести равна (центр масс столба жидкости находится на высоте $h/2$):

$$W_2 = \frac{ad\rho gh^2}{2}.$$

Энергию батареи источника тока можно представить как разность начального значения энергии батареи и работы источника:

$$W_3 = W_0 - QU = W_0 - CU^2.$$

Полная энергия системы:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{CU^2}{2} + \frac{ad\rho gh^2}{2} + W_0 - CU^2 = \frac{ad\rho gh^2}{2} - \frac{CU^2}{2} + W_0$$

Подставив выражение для емкости, получаем:

$$W = \frac{ad\rho gh^2}{2} - \frac{\varepsilon_0 a (h(\varepsilon - 1) + L) U^2}{2} + W_0.$$

Взяв производную от этого выражения по h и приравняв её нулю, найдем выражение для установившейся высоты поднятия диэлектрической жидкости:

$$h = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)}{2\rho g} \left(\frac{U}{d}\right)^2.$$

Как видно из этой формулы, зависимость $h(U^2)$ носит линейный характер, а коэффициент пропорциональности входит значение диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика.

После измерений значения высоты поднятия жидкости в конденсаторе при различных значениях напряжения можно построить график этой зависимости. Как следует из последней формулы, угловой коэффициент зависимости равен:

$$k = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)}{2\rho g d^2}.$$

Определив из графика значение k , можно вычислить значение диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика:

$$\varepsilon = 1 + k \frac{2\rho g d^2}{\varepsilon_0}.$$

Задание к работе

1. Активизируйте исполняемый файл VPL Dielectric.exe виртуальной лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика».
2. Ознакомьтесь с возможностями интерфейса. При необходимости обратитесь к имеющейся в интерфейсе справке.
3. Из предлагаемого списка сделайте выбор жидкого диэлектрика.
4. Установите значения расстояния между пластинами конденсатора $d=1$ мм. Для четырех значений напряжения U (используйте весь возможный диапазон) определите высоту поднятия жидкости. Результаты внесите **в заранее подготовленную таблицу**.
5. Повторите измерения с другим значением расстояния между пластинами. Результаты внесите **в заранее подготовленную таблицу**.
6. По результатам измерений постройте графики зависимостей $h(U^2)$.
7. Из графиков определите угловые коэффициенты k и найдите среднее значение диэлектрической проницаемости выбранного жидкого диэлектрика.
8. Сделайте выводы **по результатам наблюдений и произведенных расчетов**.