АБСОЛЮТНЫЙ КАПИЛЛЯРНЫЙ ВОЛЬТМЕТР

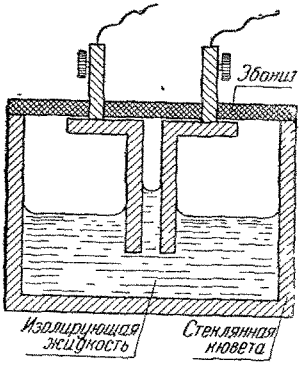
Если две плоские вертикальные конденсаторные пластины, разделённые малым промежутком, частично погрузить в изолирующую жидкость (рис.), то уровень поднятия жидкости между пластинами будет определяться не только капиллярными силами, но и пондеромоторными силами электрического поля, т. е. напряжением, подаваемым на конденсатор. Нетрудно видеть, что из условия минимума потенциальной энергии следует:

$$\Delta h = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi g \rho} E^2 = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi g \rho d^2} V^2, \qquad (1)$$

где Δh — изменение уровня мениска, ε — диэлектрическая постоянная жидкости, ρ — плотность жидкости, d — расстояние между пластинами и g —

ускорение силы тяжести. Соотношение (1) является совершенно точным (для бесконечного конденсатора) и равно применимо как к постоянному, так и быстропеременному напряжению V.

Этот приём был использован Г. Грейнахером *) для измерения диэлектрических постоянных ряда жидкостей. Измерения показали, что и в реальных условиях в широких пределах изменений ε, ρ и V (как постоянных, так и переменных) соотношение (1) строго выполняется. Основываясь на этом, Грейнахер предлагает использовать описанное устройство в качестве абсолютного вольтметра.



Изготовленный им вольтметр имел пластины шириной 4 *мм*, располагавшиеся на расстояниях $d = 1{,}04$ *мм* и $d = 0{,}84$ *мм*. В качестве изолирующей жидкости применялись машинное масло и нитробензол. Наблюдение мениска велось с помощью горизонтального микроскопа с увеличением $N = 70$ крат. Смещение измерялось по окулярной шкале.

Из (1) следует, что если x — отсчёт по окулярной шкале, то

$$V = k\sqrt{x}, \quad \text{где} \quad k = \sqrt{\frac{8\pi g \rho d^2}{(\varepsilon - 1) N}}.$$

Если по каким-либо причинам вычисление k затруднительно, то для его определения, т. е. градуировки вольтметра, достаточно определения x только для одного значения V (безразлично, постоянного или переменного). Абсолютная точность измерений V, очевидно, определится значением k, т. е. выбором жидкости, расстояния между пластинами d и увеличения N. Повидимому, наименьшей технически просто достижимой погрешностью является ± 1 вольт. Относительная точность определяется размерами поля зрения микроскопа и вряд ли может быть выше 1%. Доступный диапазон измерений составляет от нескольких сот до нескольких тысяч вольт.

К достоинствам вольтметра следует отнести, прежде всего, простоту его конструкции. Отсутствие легкоподвижных механических систем с неизбежными тонкими нитями или игольчатыми подшипниками значительно уменьшает чувствительность вольтметра к внешним механическим воздействиям, обеспечивая вместе с тем высокую стабильность нуля. Малая ёмкость (порядка нескольких сантиметров) делает вольтметр очень чувствительным к электрическому заряду, а также позволяет применять его в схемах со слабыми токами, в том числе и высокочастотных. (Внутреннее сопротивление вольтметра, по измерениям автора, порядка $5 \cdot 10^{13}$ *ом*.) Малая инерционность, быстрота и удобство измерений делают его пригодным для наблюдения не слишком быстрых изменений напряжённости. Наконец, простота изготовления — вольтметр может быть изготовлен даже в средне оборудованной школьной лаборатории — делает его широко доступным.

В этой связи следует упомянуть, что капиллярный вольтметр, несомненно, является превосходной задачей для физического практикума.

Можно полагать, что, несмотря на сравнительно невысокую точность, абсолютный капиллярный вольтметр найдёт себе применение в различных областях физики.

Г. Розенберг

---

*) Helvetica Physica Acta 21, 261, 273 (1948).