

§ 111. Измерение слабых токов

1. Токи, возникающие в газах под действием внешнего ионизатора, обычно очень слабы, порядка 10^{-6} — 10^{-12} А. Предел чувствительности обычных зеркальных гальванометров порядка 10^{-12} А. Дальнейшее повышение чувствительности невозможно из-за броуновского движения, вызывающего такие же по порядку величины отклонения зеркальца гальванометра, какие вызываются измеряемыми токами. Поэтому для измерения таких токов в большинстве случаев пользуются электрометрами. Обычно применяются *струнные* или *квадрантные* электрометры. Ниже изложение ведется применительно к струнному электрометру, хотя все методы и схемы включения остаются неизменными и в случае квадрантного электрометра.

В струнном электрометре подвижной частью прибора служит тончайшая платиновая нить диаметром 2—10 мкм, натянутая между двумя вертикальными металлическими «ножами», имеющими форму трехгранных призм (рис. 272). Призмы укреплены на янтарных изоляторах и могут быть заряжены до некоторой разности потенциалов (около 100 В), а нить с помощью стержней *a* и *b*, между которыми она натянута, соединяется с исследуемым источником электричества. Обычно укрепление платиновой нити на держателе *b* осуществляется посредством колечка или дужки из кварцевой нити. При зарядке нить электрометра изгибается по направлению к заряженным ножам в ту или в другую сторону, в зависимости от знака заряда. Изгиб получается тем больше, чем меньше натяжение нити. Для регулирования этого натяжения и получения желаемой чувствительности стержни *a* и *b*, к которым прикреплена нить, можно передвигать в направлении их длины с помощью микрометрического винта. Отклонение нити измеряется при помощи микроскопа с окулярной шкалой. Для градуировки прибора на нить подаются известные потенциалы и измеряются ее отклонения.

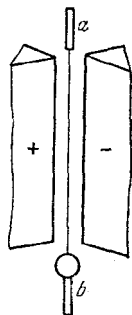


Рис. 272.

2. Для измерения слабых токов в газах применяются два метода, описываемые ниже.

Метод натекания. Схема этого метода изображена на рис. 273. Ножи электрометра *M* и *N* соединены с полюсами батареи B_1 , середина которой заземлена. С помощью ключа *K* нить электрометра может либо заземляться, либо

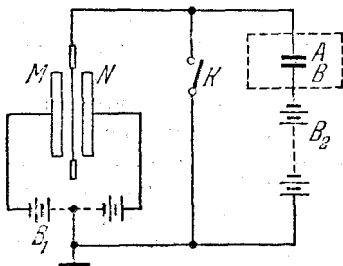


Рис. 273.

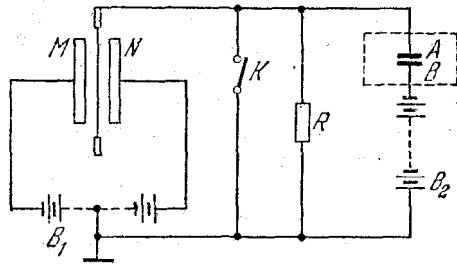


Рис. 274.

соединяться с электродом *A* ионизационной камеры, наполненной исследуемым газом. Между электродами *A* и *B* камеры создается напряжение с помощью батарей B_2 . Допустим, что ионизация в камере создается рентгеновскими лучами от рентгеновской трубки. Сначала ключ *K* должен быть замкнут. Тогда нить электрометра, находясь при нулевом потенциале, останется неподвижной, несмотря на то что в цепи B_2BAK циркулирует ток. Затем ключ *K* размыкают, отключая

тем самым электрод A и нить электрометра от земли. Теперь ионы будут заряжать пластину A , и отклонение нити начнет увеличиваться. Пусть V — потенциал нити, который она приобретет за время t с момента размыкания ключа K . Тогда количество электричества, натекшего в систему за это время, будет $Q = CV$, где C — емкость конденсатора AB , нити и подводящих проводов. Средний ток за время t определится выражением

$$\mathcal{I} = \frac{Q}{t} = C \frac{V}{t}.$$

Допустим, например, что $C = 25$ см и электрометр зарядился до $0,1 \text{ В} = 1/3000$ СГСЭ-ед. за 25 с. Тогда $\mathcal{I} = 1/3000$ СГСЭ-ед. $\approx 10^{-13}$ А. Основной недостаток рассматриваемого метода состоит в том, что он дает лишь среднюю силу тока за время наблюдения t .

Метод постоянного отклонения (рис. 274). Этот метод применяется, когда ионизационный ток не слишком мал. От предыдущего метода он отличается тем, что между проводом, соединяющим электрод A с нитью, и землей включено высокоомное известное сопротивление R . Через это сопротивление во все время ионизации течет ток \mathcal{I} . Вследствие этого на сопротивлении R существует падение напряжения $V = \mathcal{I}R$. Если с помощью ключа K нить отключить от земли, то электрометр покажет напряжение V . После этого ионизационный ток найдется по формуле $\mathcal{I} = V/R$. Преимущество описанного метода состоит в том, что благодаря практической безынерционности нити он позволяет определить не только среднее, но и мгновенное значение тока \mathcal{I} . Недостаток же заключается в трудности точного измерения высокоомного сопротивления R .

§ 112. Несамостоятельная проводимость газов

1. Переходя к рассмотрению токов в газах, будем считать для простоты, что ток течет между двумя плоскими электродами, заряженными противоположно. Направление от положительного электрода к отрицательному примем за ось X . Как и в электролитах, плотность электрического тока определяется выражением

$$j = n^+ e^+ u^+ + n^- e^- u^- - e^+ D^+ \frac{\partial n^+}{\partial x} - e^- D^- \frac{\partial n^-}{\partial x}, \quad (112.1)$$

где сохранены все прежние обозначения. Первые два члена обусловлены движением ионов под действием электрического поля E , последние два — диффузией ионов. Введем подвижности b^+ и b^- газовых ионов и предположим, что заряды положительных и отрицательных ионов по абсолютной величине одинаковы ($e^+ = -e^- = e$). Кроме того, будем считать одинаковыми концентрации ионов обоих знаков ($n^+ = n^- = n$). Если концентрация одна и та же по всему объему камеры, в которой течет ток, то диффузионного тока не будет, и можно написать

$$j = ne (b^+ + b^-) E. \quad (112.2)$$

Предположим, что ионы образуются в камере исключительно под действием внешнего ионизатора. В таком случае газовый разряд и соответствующая ему проводимость газа называются *несамостоятельными*. Не имеет значения, является ли ионизация объемной или поверхностной. Пусть в единице объема газа ежесекундно