

Э. М. РЕЙХРУДЕЛЬ и Г. В. СПИВАК

**О ВЛИЯНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГРАДИЕНТ ПОТЕНЦИАЛА
В ПЛАЗМЕ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 8 XII 1937)

Градиент потенциала в положительном столбе газового разряда является фундаментальным параметром и усиленно изучался в последнее время⁽¹⁾.

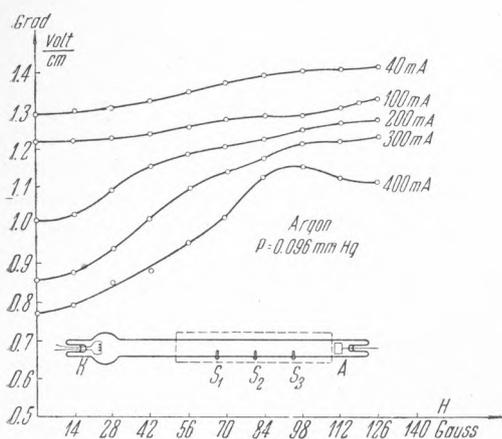
Одним из удобных способов изучения элементарных процессов в плазме является воздействие на разряд извне⁽²⁾. Авторами был предложен новый количественный метод изучения плазмы при помощи возмущения разряда внешним магнитным полем⁽³⁾.

При этом оказалось необходимым выяснить влияние магнитного поля на продольный градиент потенциала.

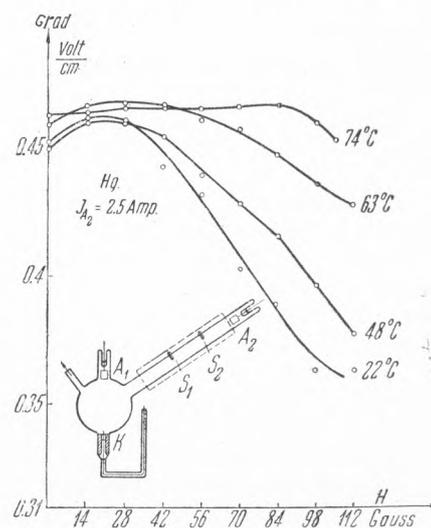
Хотя влияние магнитного поля на стационарный разряд и отмечено в ряде старых работ⁽⁴⁾, но эти исследования носят или описательный характер, или опыты произведены в недостаточно определенных условиях. В более позднее время⁽⁵⁾ изучалось влияние магнитного поля на разность потенциалов, приходящуюся на всю разрядную трубку. Так как магнитное поле по-разному влияет на отдельные части разряда, то плодотворное изучение должно идти по линии исследования эффектов в отдельных частях разряда. Наиболее характерных для разряда законов следует ожидать в плазме. В работе по исследованию коэффициента магнитной проницаемости плазмы⁽⁶⁾ есть указание о малом изменении градиента с магнитным полем, но никаких кривых не приводится. Как показано ниже, из наших данных следует, что не при всех давлениях, разрядных токах и т. д. можно считать изменение градиента малым. В некоторых случаях изменения градиента достигают 50—60%. Существуют однако области, где изменения градиента в магнитном поле малы. Нами изучалось влияние однородного продольного поля в парах ртути и в благородных газах (Ar, Ne).

Измерения градиента в благородных газах производились в цилиндрической трубке с оксидным катодом (фиг. 1). Длина трубки была около метра и ее диаметр был равен 4 см. В трубку впаивались платиновые цилиндрические или шаровые зонды на расстоянии 7—8 см друг от друга. Зонды располагались перпендикулярно оси трубки так, чтобы их середина приходилась на ось. Магнитное поле создавалось длинным соленоидом, одевавшимся на трубку. Длина соленоида была меньше длины положительного столба, дабы не оказывалось влияния на другие части разряда. Измерения градиента в парах ртути проведены в боковом рукаве колбы (фиг. 2). Рукав имел примерно ту же геометрию, что трубка на фиг. 1. Градиент потенциала определялся методом компенсации напряжения

между какой-либо парой зондов (¹). Разрядный ток при этом поддерживался постоянным. Ход градиента в функции магнитного поля показан на фиг. 1 (аргон) и на фиг. 2 (ртуть). Кривые получены в результате многократных промеров и являются таким образом типичными. Параметром кривых (фиг. 1) служит разрядный ток, параметром фиг. 2 является температура катода. Как в отсутствие, так и при наличии магнитного поля в плазме должен устанавливаться градиент такой величины, чтобы обеспечивалась нужная проводимость. При этом изменения в потерях, вызываемые в разряде магнитным полем, компенсируются соответствующим изменением градиента. Магнитное поле может изменять потери как в газовом объеме, так и на стенках разрядной трубки. Магнитное поле сказывается на движении электронов в плазме. С одной стороны, можно ожидать роста потерь при упругих соударениях с атомами газа за счет кажущегося увеличения давления (⁷), а с другой стороны, заметно уменьшается коэффициент диф-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

фузии электронов к стенкам разрядной трубки (⁸). Если первый фактор должен вести к росту градиента, то второй может давать обратный эффект. Кроме того магнитное поле может существенно менять и неупругие потери электронов в разряде. Игрой противоположно направленных эффектов магнитного поля можно попытаться объяснить ход кривых на фиг. 1 и 2. Насколько предлагаемые для объяснения хода градиента эффекты являются основными, можно будет сказать тогда, когда будет развита количественная теория плазмы в магнитном поле. Как известно, при не слишком низких давлениях теория Шоттки (⁹) хорошо передает характерные особенности плазмы, связывая продольный градиент с другими параметрами разряда. Путем более точного учета потерь энергии электронов (не только на ионизацию газа, но и на другие неупругие потери) и изменения коэффициента диффузии в направлении, перпендикулярном к магнитному полю, можно попытаться обобщить теорию Шоттки и найти объяснение наблюдаемому нами ходу градиента. В одной работе (¹⁰) высказано предположение, что теория Шоттки не может быть положена в основу объяснения влияния магнитного поля на плазму, ибо плазма становится неоднородной по длине. В указанной работе наблюдения производились в стеночном усилителе Любке (¹¹), содержащем значительные ферромагнитные части. Что это существенно искажало все данные, указывают и сами

авторы. Мы проверяли однородность плазмы в магнитном поле, определяя градиент в различных местах плазмы. Во всех случаях получалась одна и та же величина.

Осложняющим моментом для теоретического охвата явления служит и то, что с изменением разрядного тока происходит перераспределение плотности газа по радиусу трубки.

Научно-исследовательский институт физики.
Московский государственный университет.

Поступило
7 XII 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Seeliger u. Lompe, Ann. d. Phys., **15**, 300 (1932); W. Elenbaas, ZS. f. Phys., **78**, 663 (1932); B. Klarfeld, Tech. Phys. USSR, **4**, 1 (1937).
² E. Reichrudel u. G. Spiwak, Ann. d. Phys., **17**, 65 (1933); Physica, **3**, 301 (1936); Sow. Phys., **10**, 121 (1936). ³ G. Spiwak u. E. Reichrudel, Sow. Phys., **9**, 655 (1936). ⁴ K. Birkeland, C. R., **126**, 586 (1898); E. Riecke, Ann. d. Phys., **4**, 592 (1901). ⁵ J. Almy, Proc. Camb. Phyl. Soc., II, 183 (1901); R. Earhart, Phys. Rev., **3**, 103 (1914); Л. Мирлис, ЖТФ, **4**, 1522 (1934).
⁶ M. Steenbeck, Wiss. Veröff. Siemens-Werken, **14**, 1 (1936). ⁷ A. Engel u. M. Steenbeck, Elektrische Gasentladungen, I, § 64. (1932); A. Slutzkin, Sow. Phys., **12**, 215 (1937). ⁸ J. Townsend, Proc. Roy. Soc., A., **86**, 197, 571 (1912). ⁹ W. Schottky, Phys. ZS., **25**, 342, 635 (1924). ¹⁰ G. Kugler u. A. Roggendorf, Phys. ZS., **34**, 136 (1933). ¹¹ E. Lübcke, ZS. f. techn. Phys., **8**, 445 (1927).