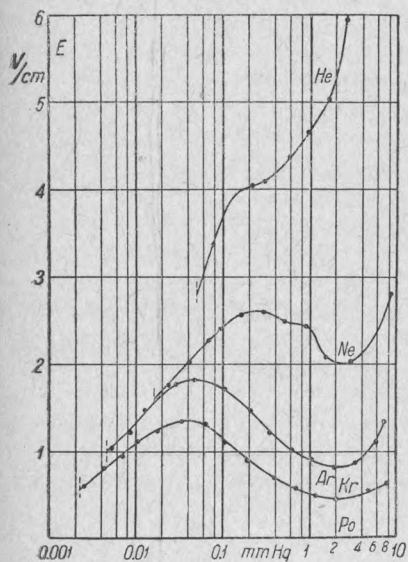


Б. КЛЯРФЕЛЬД

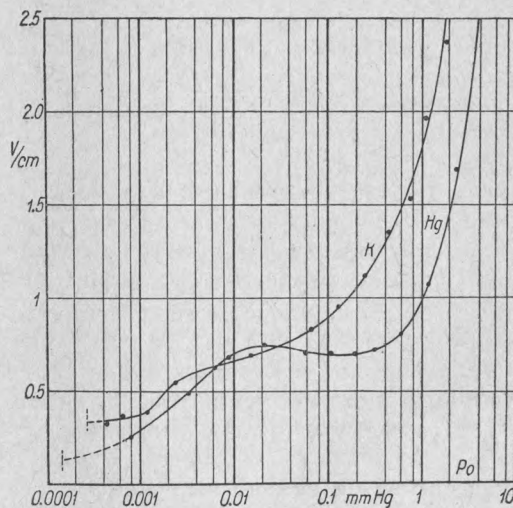
**ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА РАМЗАУЕРА НА ГРАДИЕНТ ПОТЕНЦИАЛА
В ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СТОЛБЕ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 30 III 1938)

Градиент потенциала в положительном столбе исследовался рядом авторов (1). При низких давлениях для аргона имеются измерения Гроса(2), которые показывают весьма сложную зависимость градиента от давления. В настоящей работе с целью выяснения общих закономерностей в изменении градиента с давлением исследовался разряд в He, Ne, Ar, Kr, Hg-парах и К-парах, причем область измерений была по возможности расширена в сторону низких давлений. Градиент измерялся в трубке, диамет-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

ром 20 мм при различных силах разрядного тока от 25 до 300 мА. Определение градиента потенциала производилось с помощью зондов методом нулевого тока. Были приняты необходимые меры для получения чистых условий опыта в отношении как газового наполнения, так и методики измерений. Результаты, полученные для He, Ne, Ar и Kr при силе тока 0.3 А (фиг. 1), показывают качественное сходство друг с другом и закономерное изменение при переходе от легких инертных газов к тяжелым. На фиг. 2

приведены подобные же данные для паров ртути и паров калия. По оси абсцисс при этом отложены значения $p_0 = p \frac{273}{T}$, т. е. давления, отнесенные к 0° .

Рассмотрение кривых фиг. 1 показывает, что глубина минимума градиента в области давлений около 1 мм ртутного столба возрастает при переходе к тяжелым инертным газам. Можно предположить, что это обстоятельство связано с эффектом Рамзауера, который также наиболее сильно выражен в тяжелых инертных газах.

Для того чтобы выразить градиент потенциала через среднюю длину свободного пути электрона λ_e и величины, поддающиеся непосредственному измерению опытным путем, бралось совместное решение уравнения подвижности Ланжевена и уравнения тока электронов в направлении оси столба (3). В получающемся выражении:

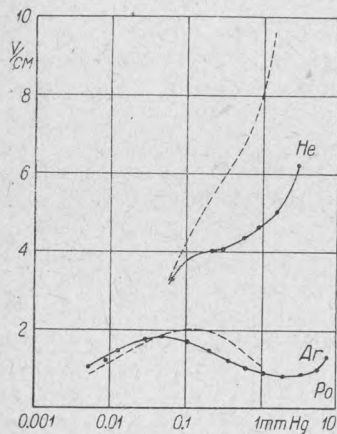
$$E = \frac{i}{0.75 N_e e^2 \lambda_e} \sqrt{\frac{8kmT_e}{\pi}},$$

где N_e равно числу электронов в положительном столбе на 1 см его длины, а i — сила тока через трубку, можно заменить N_e через i_e — беспорядочный электронный ток через сечение трубки, перпендикулярное оси. В этом случае, подставив $B = \frac{i_e}{i}$, получаем:

$$E = \frac{2k}{0.75 \pi e} \frac{T_e}{B \lambda_e} = 0.73 \cdot 10^{-4} \frac{T_e}{B \lambda_e}. \quad (1)$$

При выводе уравнения (1) принималось, что: а) электроны имеют максвеллово распределение скоростей, б) температура и подвижность электронов постоянны по всему поперечному сечению столба и с) уравнение Ланжевена применимо для определения подвижности.

Для вычисления E из уравнения (1) значения T_e и B экспериментально измерялись при различных давлениях методом зондов, а λ_e вычислялась, исходя из кривых зависи-



Фиг. 3.

симости действующего сечения от скорости электронов (4) и учитывая распределение скоростей электронов в столбе, соответствующее температуре T_e .

Экспериментальное определение T_e и B проводилось в гелии и аргоне с помощью цилиндрического зонда по оси столба и плоского зонда у стенки.

Выбор гелия и аргона в качестве объектов исследования определялся тем обстоятельством, что эффект Рамзауера в гелии отсутствует, в то время как в аргоне он сильно выражен.

Так как λ_e попало в уравнение (1) из уравнения Ланжевена, то $\frac{1}{\lambda_e}$ должно равняться действующему сечению для передачи импульса, а не действующему сечению для соударений (5). Однако проделанные расчеты, в которых использовались данные для распределения электронов по углам рассеивания при их столкновениях с атомами гелия и аргона (6), показывают, что различие между действующим сечением для передачи импульса и действующим сечением для соударений невелико.

Несмотря на большую роль в положительном столбе ступенчатых процессов возбуждения (7) и ионизации, их влияние на λ_e также не-

велико, так как господствующим типом соударений в этих условиях является упругое соударение⁽⁸⁾.

На фиг. 3 приведены экспериментальные кривые градиента потенциала в He и Ag и кривые, вычисленные по уравнению (1). Вычисленные кривые качественно хорошо передают наблюдаемый ход изменения градиента потенциала с давлением.

Если проанализировать причины различия кривых градиента для аргона и гелия, то можно отметить тот факт, что при 20-кратном увеличении давления от 0.05 до 1 мм Hg величина $\frac{T_e}{B}$ изменяется почти в одинаковое число раз и в гелии и в аргоне, в то время как $\frac{1}{\lambda_e}$ в гелии увеличивается в 26.2 раза, а в аргоне, обладающем эффектом Рамзауера, только в 5.3 раза!

Таким образом в результате эффекта Рамзауера у аргона образуется глубокий минимум градиента потенциала.

Отсутствие минимума градиента в гелии и парах калия вероятно связано с уменьшением действующего сечения атомов гелия и калия при увеличении скорости электронов.

В парах ртути наблюдается неглубокий минимум градиента потенциала. Часть литературных данных о зависимости $\frac{1}{\lambda_e}$ от скорости электронов для паров ртути⁽⁹⁾ содержит указания на наличие эффекта Рамзауера, в то время как значительное число других работ⁽¹⁰⁾ отмечает непрерывный рост действующего сечения с уменьшением скоростей электронов. Можно только отметить, что полученные ранее измерения градиента потенциала и величин T_e и B в парах ртути⁽¹¹⁾ находились бы в лучшем согласии друг с другом, если бы для ртути существовал эффект Рамзауера для электронов весьма малых скоростей.

[В экспериментальной части работы принимал участие А. Ф. Асаба.

Всесоюзный электротехнический институт. }
Москва.

Поступило
2 IV 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Elenbaas, *ZS. f. Phys.*, **78**, 603 (1932); A. Lompe u. R. Seeliger, *Ann. d. Phys.*, **15**, 273 (1932); W. Ende, *ZS. f. techn. Phys.*, **35**, № 12, 601 (1934). ² O. Groos, *ZS. f. Phys.*, **88**, 741 (1934). ³ T. Killian, *Phys. Rev.*, **35**, 1238 (1930). ⁴ C. Normand, *Phys. Rev.*, **35**, 1217 (1930); C. Ramsauer u. R. Kollath, *Ann. d. Phys.*, **3**, 556 (1929). ⁵ P. Morse, W. Allis a. E. Lamar, *Phys. Rev.*, **48**, 412 (1935); С. Гвоздовер, *ЖЭТФ*, **7**, № 7, 867 (1937). ⁶ C. Ramsauer u. R. Kollath, *Ann. d. Phys.*, **12**, 837 (1932); E. Bullard a. H. Massey, *Proc. Roy. Soc. A*, **133**, 637 (1931). ⁷ В. Фабрикант и И. Цирг, *ДАН*, **XVI**, 271 (1937). ⁸ F. Arnot a. G. Baines, *Proc. Roy. Soc. A*, **151**, 256 (1935). ⁹ R. Minkowski, *ZS. f. Phys.*, **18**, 258 (1923); H. Beuthe, *Ann. d. Phys.*, **84**, 949 (1928); F. Arnot, *Proc. Roy. Soc.*, **140**, 334 (1933); C. Früchtbauer, *Phys. ZS.*, **35**, 974 (1934). ¹⁰ L. Maxwell, *Proc. Nat. Ac. Sci.*, **12**, 509 (1926); T. Jones, *Phys. Rev.*, **32**, 459 (1928); R. Brode, *Proc. Roy. Soc. A*, **125**, 134 (1929). ¹¹ Б. Клярфельд, *ЖТФ*, **7**, № 10, 1018 (1937).