

## § 40. Общая характеристика плазмы

Большой интерес для современной физики представляет вопрос о прохождении тока через газы и поведение газов, проводящих ток, в электрических и магнитных полях.

Как известно, газы являются непроводниками тока. Если, однако, в газе создана достаточно большая ионизация, т. е. образовано достаточно много свободных электронов и ионов (положительных и отрицательных), газ становится проводником. Процесс прохождения тока через газ именуется разрядом. В зависимости от механизма, вызывающего ионизацию газа, газовый разряд именуют самостоятельным или самостоятельным.

В первом случае основную ионизацию создают внешние источники (например,  $\gamma$ -излучение или высокая температура, поддерживаемая внешними источниками).

При самостоятельном разряде первоначальная ионизация вызывается электронами, вылетающими из холодного катода (таунсендовский и тлеющий разряд).

Величина плотности тока, могущего протекать через газ, зависит, в первую очередь, от числа ионов, образованных в  $1 \text{ см}^3$  газа. В частности, если весь газ является полностью ионизованным, плотности тока могут быть очень велики.

Самостоятельный газовый разряд обнаруживает большее разнообразие свойств. Однако он обладает замечательной особенностью: пространство, в котором происходит газовый разряд, можно разбить на три области — приэлектродные области (катодную и анодную) и область плазмы.

Свойства приэлектродных областей зависят от механизма разряда. В катодной области происходит ионизация атомов газа электронами, вылетающими с катода. В приэлектродных областях сосредоточен объемный заряд и происходит основное падение приложенной к электродам разности потенциалов. Размеры приэлектродных областей, как правило, невелики и они занимают лишь малую часть пространства между электродами.

Основную долю межэлектродного пространства заполняет ионизованный газ, являющийся в среднем электронейтральным. Эта область разряда получила название плазмы. В плазме число положительных ионов в среднем равно числу электронов и отрицательных ионов в единице объема. Наряду с ионами и электронами в плазме может содержаться также большее или меньшее количество неионизованных атомов или молекул.

Свойства плазмы, которыми мы будем интересоваться в дальнейшем, не зависят от конкретных свойств разряда и его характера. Поведение плазмы играет важную роль в явлениях газowego разряда, который находит широкое приложение в современной технике. Особый интерес к высокотемпературной плазме возник в последние годы в связи с работами по управляемым термоядерным реакциям, а также, в связи с рядом астрофизических проблем.

Как известно, для получения термоядерных реакций необходимо достигнуть таких высоких температур (выше  $10^8$  градусов), при которых энергия теплового движения ядерных частиц оказывается достаточной для преодоления энергетических барьеров, препятствующих проникновению ядер друг в друга. При таких температурах атомы являются нацело ионизованными и вещество представляет предельно ионизованную плазму. Требующиеся для протекания термоядерных реакций температуры имеются во внутренних областях звезд.

В лабораторных условиях до настоящего времени не удалось еще реализовать плазму необходимой температуры. Однако проводятся интенсивные исследования высокотемпературной плазмы, давшие уже ряд существенных результатов.

В астрофизических условиях вещество находится в состоянии плазмы не только во внутренних областях звезд, но также в звездных атмосферах и в облаках межзвездной материи.

## § 41. Равновесная плазма

Изучение свойств плазмы мы начнем, естественно, с рассмотрения теории равновесной плазмы.

Мы будем для простоты предполагать, что плазма содержит заряды только двух сортов: положительные ионы с зарядностью  $p_1$  и электроны. Для общности получаемых соотношений мы будем последние также именовать ионами и приписывать им зарядность  $p_2 = -1$ . Тогда условие электронейтральности плазмы можно записать в виде

$$\bar{n}_1 p_1 + \bar{n}_2 p_2 = 0, \quad (41,1)$$

где  $\bar{n}_1$  и  $\bar{n}_2$  — средние числа соответственно ионов и электронов в единице объема.