

§ 3. Уравнения баланса

Исследование системы уравнений (2.6) и (2.7) составляет весьма сложную математическую задачу. Лишь в последние годы были развиты численные методы ее решения с помощью современных электронно-вычислительных машин. По этой причине часто оказываются полезными более простые соотношения, выражающие законы сохранения энергии и квазиимпульса. Они представляют собой не что иное, как уравнения баланса для названных величин и могут быть строго выведены из кинетического уравнения [1, 2, 4]. Особенно простой вид эти соотношения принимают, когда газ носителей заряда пространственно однороден и состояние его стационарно. Действительно, при этом полная энергия и полный квазиимпульс носителей заряда не должны меняться со временем, а потоки, связанные с пространственными градиентами каких-либо величин, отсутствуют. Следовательно, условие постоянства полной энергии носителей имеет вид (1.2). По определению дрейфовой скорости v_d (гл. I) плотность тока можно записать в виде

$$\mathbf{j} = en\mathbf{v}_d.$$

Соответственно вместо (1.2) мы получим

$$e(\mathbf{v}_d, \mathbf{E}) = \frac{\frac{2}{3} \langle E \rangle - kT}{\tau_e}. \quad (3.1)$$

Как и в предыдущих главах, дрейфовую скорость можно записать в виде

$$\mathbf{v}_d = \frac{e}{m_\sigma} \tau_p \mathbf{E}, \quad (3.2)$$

где m_σ — эффективная масса электропроводности (XIII.7.15). Необходимо лишь иметь в виду, что среднее время релаксации импульса τ_p теперь следует вычислять, принимая во внимание нагрев электронного газа, т. е. с помощью уравнений (2.6) и (2.7), в которых функция f_s отлична от f_0 . Так, в рамках изотропной модели τ_p теперь дается выражением (XIII.7.16) с заменой f_0 на f_s .

Соотношения (3.1) и (3.2) называются *уравнениями баланса*. Следует помнить, что входящие в них времена τ_e и τ_p описывают обмен энергией и квазиимпульсом между носителями заряда, с одной стороны, и кристаллической решеткой — с другой. При учете только межэлектронных столкновений без процессов переброса эти времена обращаются в бесконечность: внутренние силы приводят только к перераспределению энергии и квазиимпульса между носителями заряда, но не изменяют полную их энергию и полный квазиимпульс. Вместе с тем, влияя на вид функции распределения, взаимодействие между носителями заряда косвенно влияет и на значения τ_e и τ_p , равно как и на форму их зависимости от температуры, напряженности поля и т. д.