Металлы в твёрдом состоянии, как известно, имеют кристаллическое строение. Частицы в кристаллах расположены в определённом порядке, образуя пространственную (кристаллическую) решётку.

В узлах кристаллической решётки металла расположены положительные ионы, а в пространстве между ними движутся свободные электроны. Свободные электроны не связаны с ядрами своих атомов (рис. 53).

Отрицательный заряд всех свободных электронов по абсолютному значению равен положительному заряду всех ионов решётки. Поэтому в обычных условиях металл электрически нейтрален. Свободные электроны в нём движутся беспорядочно. Но если в металле создать электрическое поле, то свободные электроны начнут двигаться направленно под действием электрических сил. Возникнет электрический ток. Беспорядочное движение электронов при этом сохраняется, подобно тому как сохраняется беспорядочное движение в стайке мошкары, когда под действием ветра она перемещается в одном направлении.

Итак, электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов.

Доказательством того, что ток в металлах обусловлен электронами, явились опыты физиков нашей страны Леонида Исааковича Мандельштама и Николая Дмитриевича Папалекси, а также американских физиков Бальфура Стюарта и Роберта Толмена.

Скорость движения самих электронов в проводнике под действием электрического поля невелика - несколько миллиметров в секунду, а иногда и ещё меньше. Но как только в проводнике возникает электрическое поле, оно с огромной скоростью, близкой к скорости света в вакууме, распространяется по всей длине проводника.

Одновременно с распространением электрического поля все электроны начинают двигаться в одном направлении по всей длине проводника. Так, например, при замыкании цепи электрической лампы в упорядоченное движение приходят и электроны, имеющиеся в спирали лампы.

Понять это поможет сравнение электрического тока с течением воды в водопроводе, а распространения электрического поля - с распространением давления воды. При подъёме воды в водонапорную башню давление (напор) воды очень быстро распространяется по всей водопроводной системе. Когда мы открываем кран, то вода уже находится под давлением и сразу начинает течь. Но из крана течёт та вода, которая была в нём, а вода из башни дойдёт до крана много позднее, так как движение воды происходит с меньшей скоростью, чем распространение давления.

Когда говорят о скорости распространения электрического тока в проводнике, то имеют в виду скорость распространения по проводнику электрического поля.

Электрический сигнал, посланный, например, по проводам из Москвы во Владивосток (s = 8000 км), приходит туда примерно через 0,03 с.