

### 3.5. Физические явления, связанные с туннельным эффектом.

#### 3.5.1. Контактная разность потенциалов.

Электронную структуру металлических образцов рассматриваем с точки зрения простейшей модели металла: валентные и делокализованные электроны находятся в поле потенциальной ямы с конечными

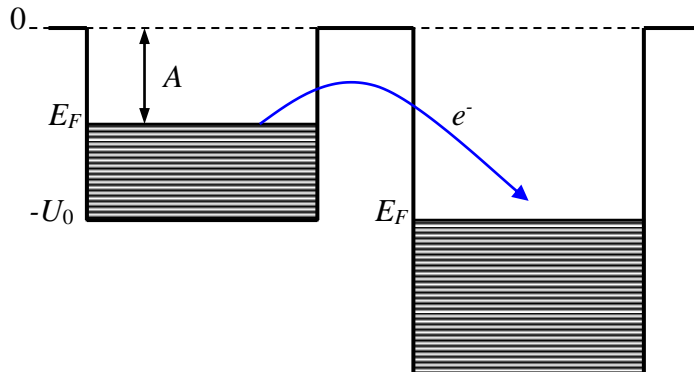


Рис. 5.1.

стенками, образованной положительными ионами решетки. Делокализованные электроны движутся в усредненном поле ионов и заполняют уровни энергии от дна потенциальной ямы до максимальной энергии – энергии Ферми.

Глубина потенциальной ямы и уровень Ферми для различных металлов в принципе имеют разную энергию. Сблизим 2 куска разных металлов друг с другом так, чтобы зазор между ними стал небольшим ( $\sim 10^{-8}$  см). Тогда между двумя металлами возникает узкий потенциальный барьер, через который электроны с большой вероятностью могут туннелировать, т.е. переходить из одного металла в другой на свободные уровни выше уровня Ферми (см рис. 5.1). Так будет происходить до тех пор, пока не установится статистическое равновесие. Это равновесие установится, когда уровни Ферми обоих металлов сравняются. Но при этом электрические потенциалы металлов изменятся, так как заряд переходит с одного металла на другой, и, следовательно, *возникает контактная разность потенциалов*.

#### 3.5.2. Явление холодной эмиссии.

При приложении к поверхности металла внешнего электрического поля ( $\sim 10^6$  В/см), с поверхности металла вылетают электроны. Такая эмиссия называется *холодной эмиссией*.

Будем отсчитывать потенциальную энергию от дна потенциальной ямы, описывающей состояние валентных электронов в металле. При нормальных условиях работа выхода равна  $A = U_0 - E_F$  (см рис. 5.2). При включении внешнего электрического поля напряженностью  $E$  потенциальная энергия на границе металл-вакуум определяется

$$U(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ U_0 - eEx & x > 0 \end{cases}$$

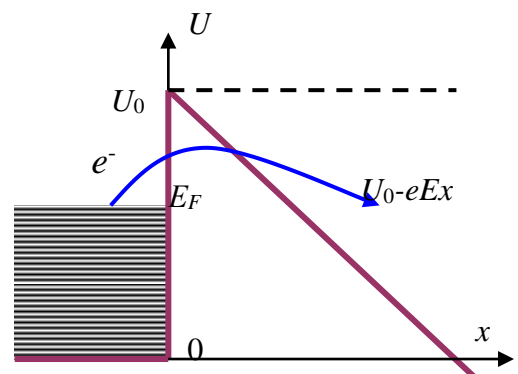


Рис. 5.2.

Возникает потенциальный барьер между металлом и вакуумом для электронов, находящихся в металле, как показано на рис. 5.2. При этом электроны с заполненных энергетических уровней в металле могут проходить под барьером («туннелировать») и переходить из объема металла в пространство за поверхностью металла, где будут ускоряться во внешнем электрическом поле. Холодная эмиссия – яркое доказательство проявления туннельного эффекта.

Чем сильнее напряженность электрического поля, тем больше выход электронов. На этом принципе разработан туннельный микроскоп. Тонкая игла сканирует поверхность вещества и одновременно создает электрическое поле. За счет туннельного эффекта электроны переходят с поверхности на иглу, что можно фиксировать возникающим током в цепи, связанной с иглой. Чем меньше расстояние от иглы до поверхностных атомов (молекул или структурных особенностей), тем сильнее туннельный эффект и возникающий ток.