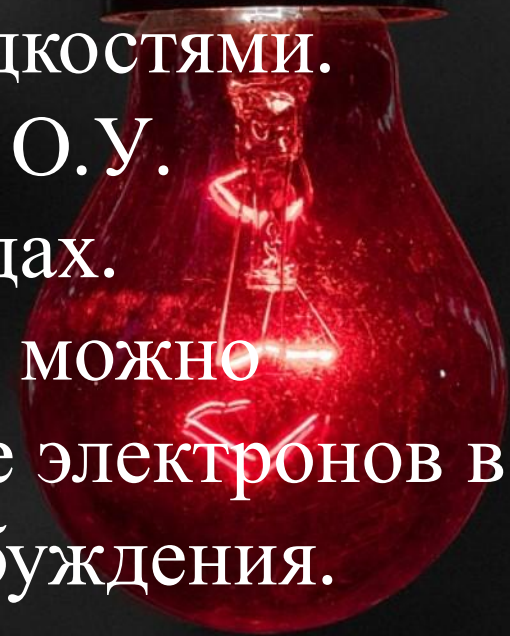


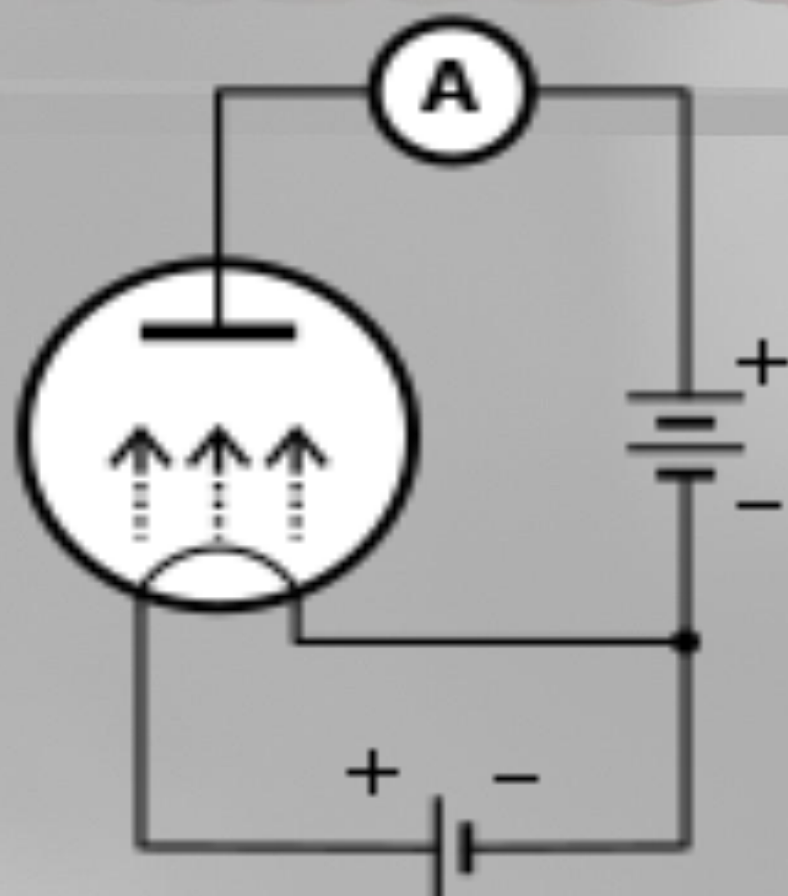
Термоэлектронная ЭМИССИЯ.



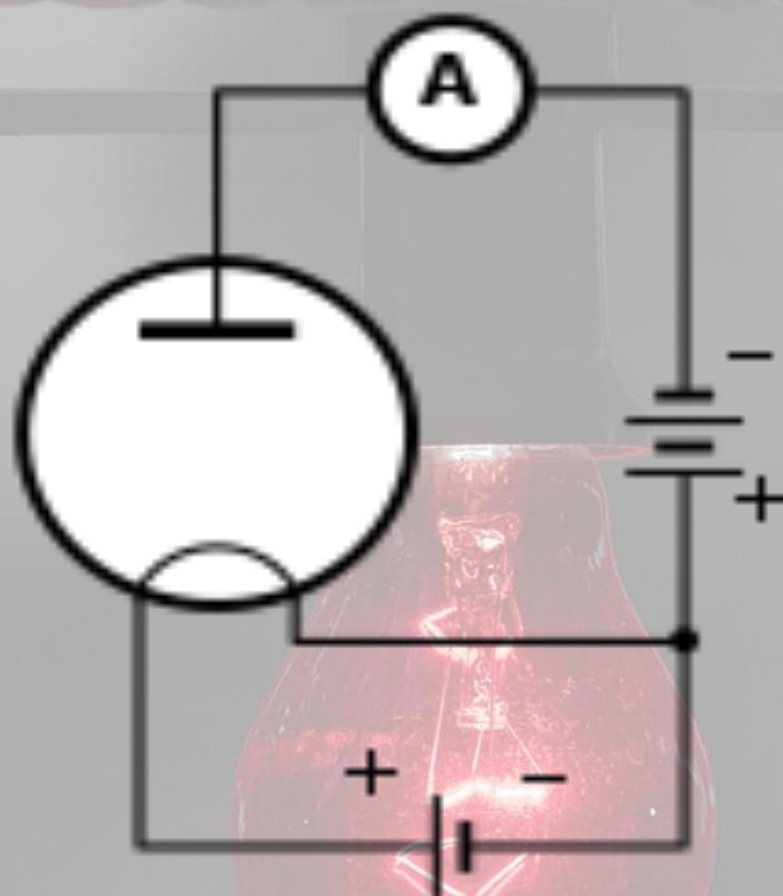
ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ

ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ—
испускание электронов нагретыми
твердыми телами и реже жидкостями.
Эффект впервые исследован О.У.
Ричардсоном в 1900-1901 годах.
Термоэлектронную эмиссию можно
рассматривать как испарение электронов в
результате их теплового возбуждения.





При положительном
напряжении анода
ток протекает



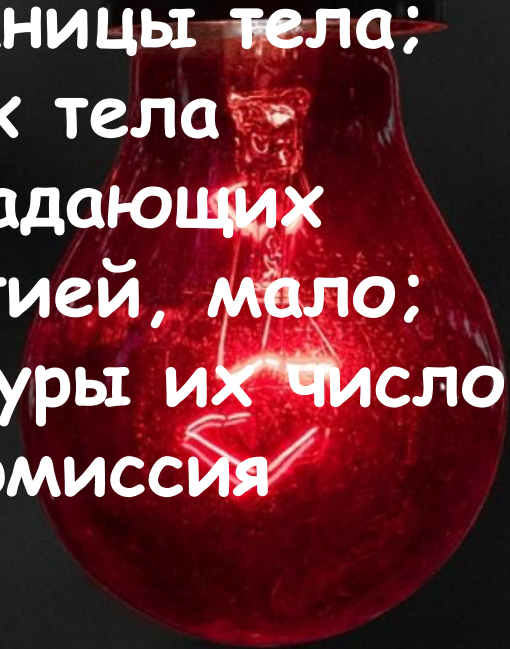
При отрицательном
напряжении анода
тока нет

Механизм

Для выхода за пределы тела (эмиттера) электронам нужно преодолеть потенциальный барьер у границы тела;

- *при низких температурах тела количество электронов, обладающих достаточной для этого энергией, мало;

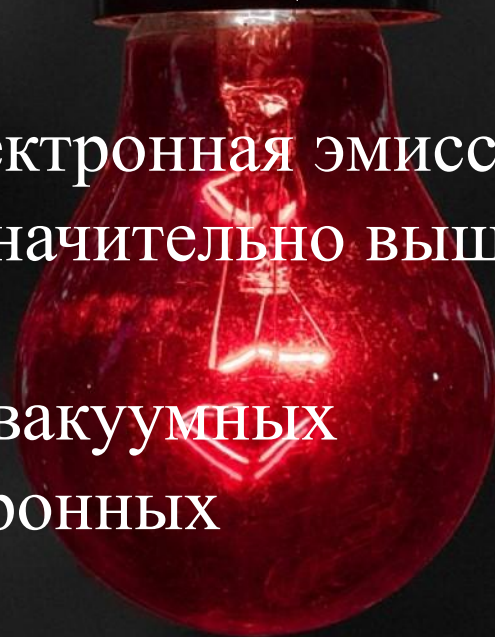
- *с увеличением температуры их число растет и термоэлектронная эмиссия возрастает.



Главной характеристикой тел по отношению к термоэлектронной эмиссии является величина плотности термоэлектронного тока насыщения при заданной температуре.

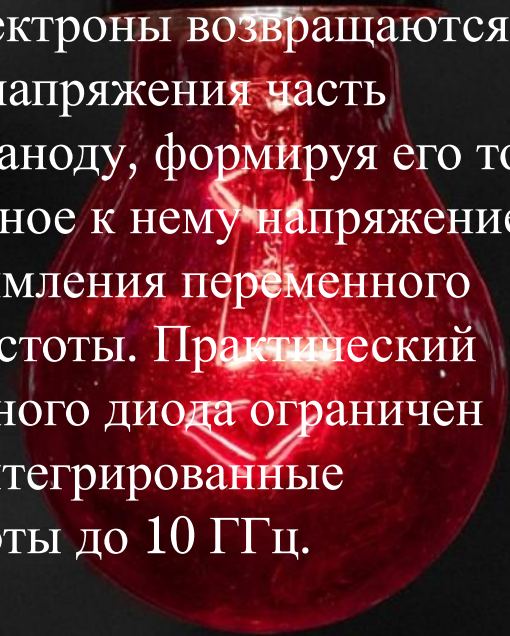
В большинстве случаев термоэлектронная эмиссия наблюдается при температурах значительно выше комнатной.

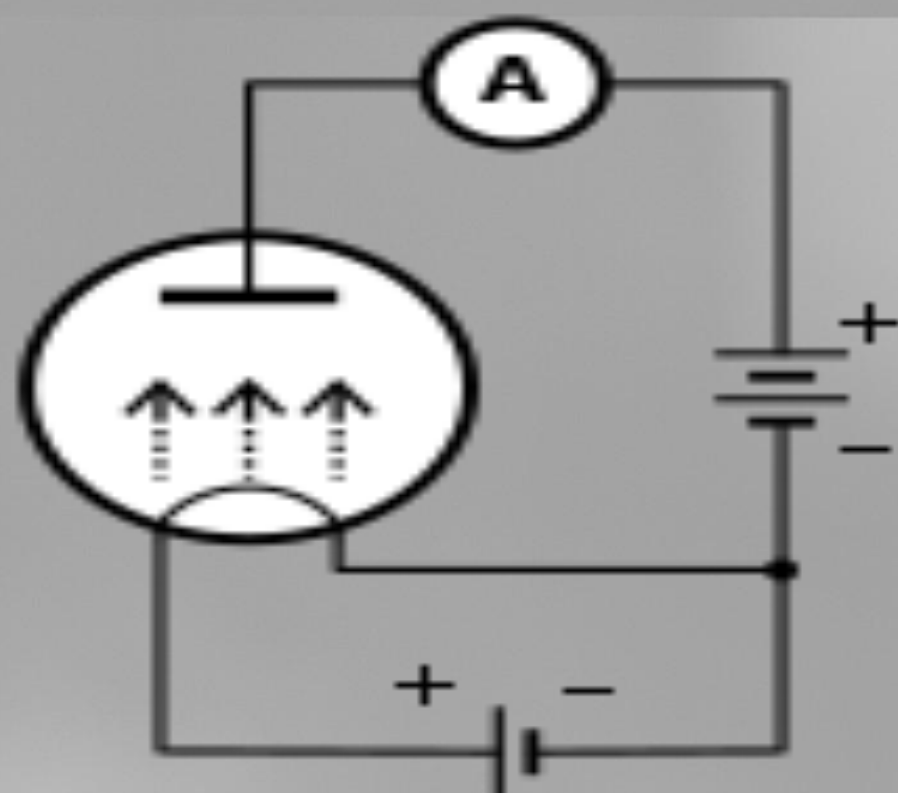
Явление используется в электровакуумных приборах (катоды) и термоэлектронных генераторах



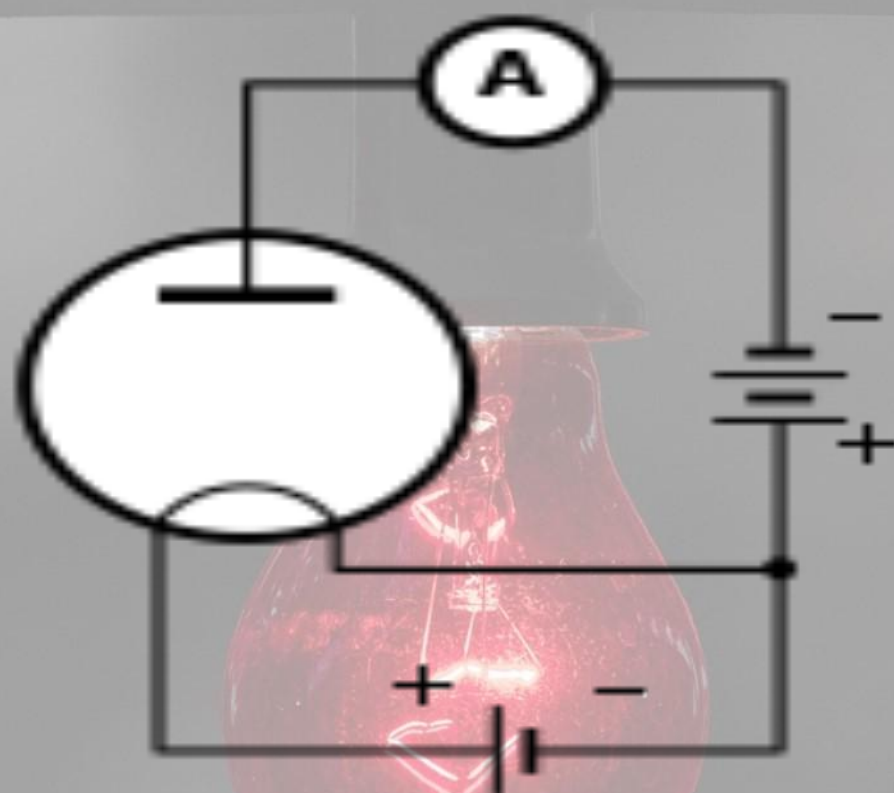
Электровакuumный диод

Вакуумная двухэлектродная электронная лампа. Катод диода нагревается до температур, при которых возникает термоэлектронная эмиссия. При подаче на анод отрицательного относительно катода напряжения все эмитированные катодом электроны возвращаются на катод, при подаче на анод положительного напряжения часть эмитированных электронов устремляется к аноду, формируя его ток. Таким образом, диод выпрямляет приложенное к нему напряжение. Это свойство диода используется для выпрямления переменного тока и детектирования сигналов высокой частоты. Практический частотный диапазон традиционного вакуумного диода ограничен частотами до 500 МГц. Дисковые диоды, интегрированные в волноводы, способны детектировать частоты до 10 ГГц.

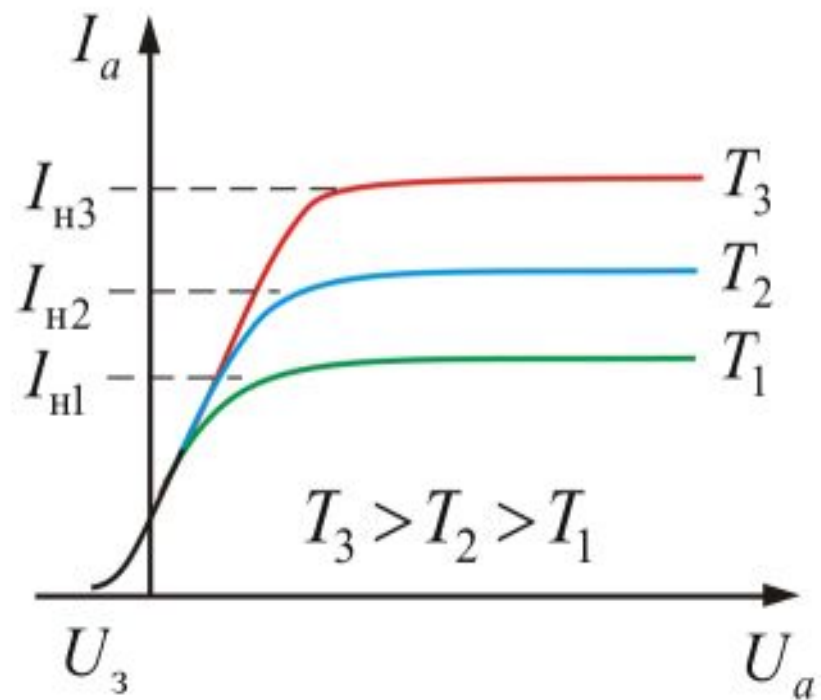
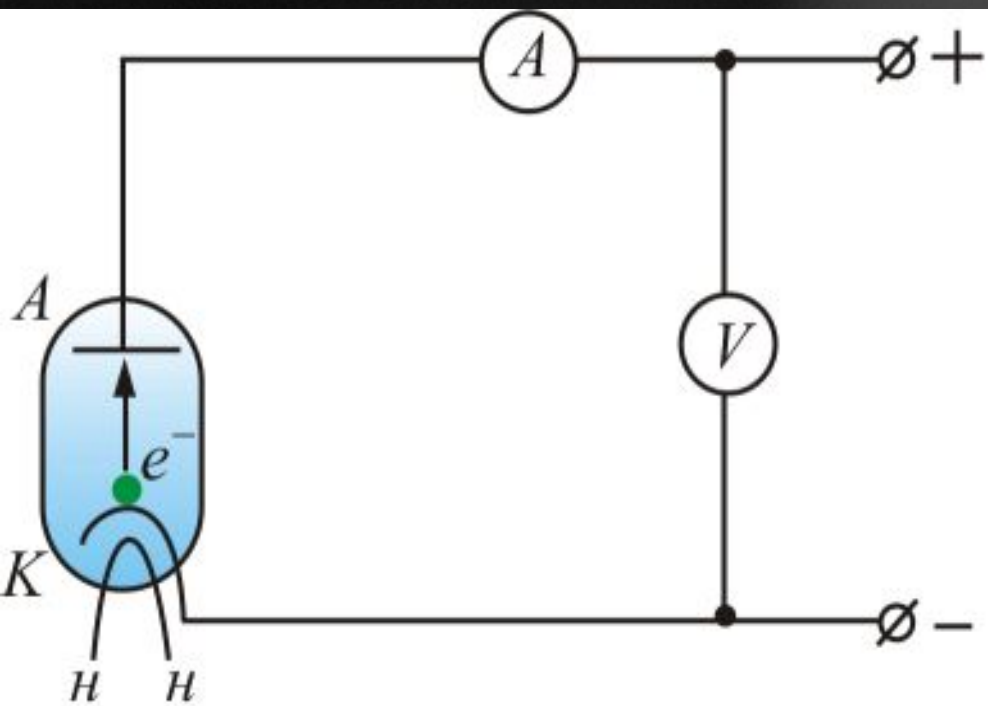




При положительном
напряжении анода
ток протекает

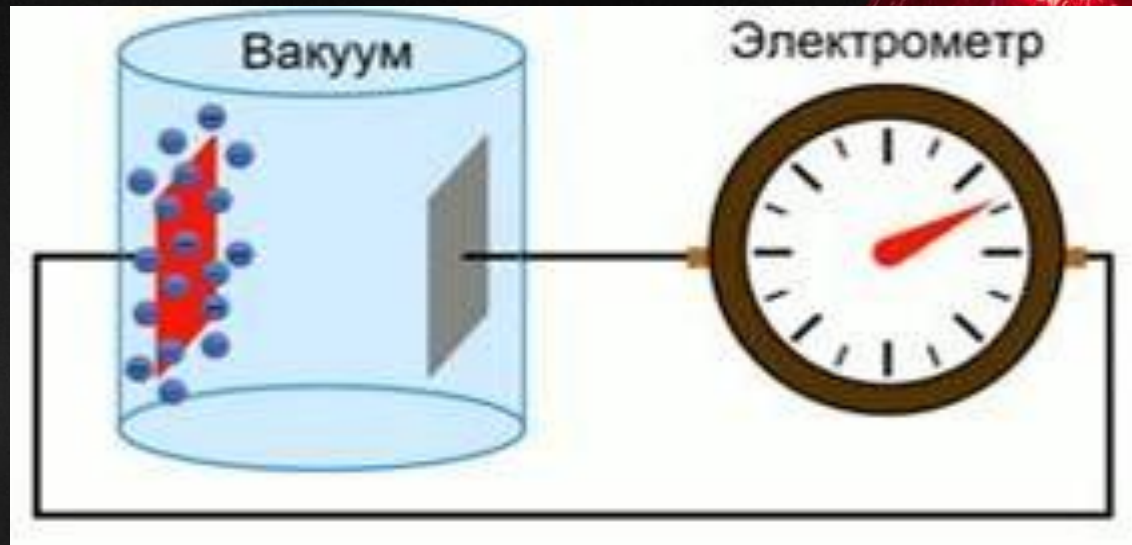


При отрицательном
напряжении анода
тока нет



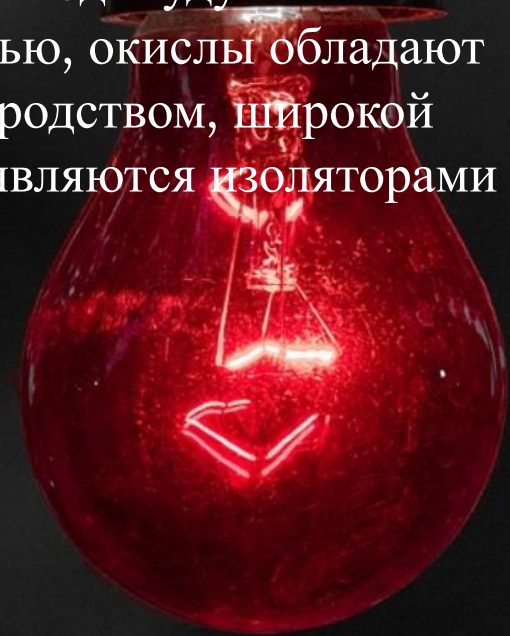
Опыт Эдисона

Опыт Т.Эдисона (1883 г.) Если два электрода поместить в герметичный сосуд и удалить из сосуда воздух, то электрический ток в вакууме не возникает - нет носителей электрического тока. Американский ученый Т. А. Эдисон обнаружил, что в вакуумной стеклянной колбе может возникнуть электрический ток, если один из находящихся в ней электродов нагреть до высокой температуры. Явление испускания свободных электронов с поверхности нагретых тел называется термоэлектронной эмиссией.



Виды терморезисторов

К числу наиболее известных эффективных эмиттеров относятся окислы щелочно-земельных, редкоземельных и др. элементов, обычно используемые в виде смесей с различными (в зависимости от назначения катода) добавками. Самым популярным является катод на основе смеси окислов Ba, Ca и Sr - оксидный катод. Будучи соединениями с ярко выраженной ионной связью, окислы обладают относительно малым (≤ 1 эВ) электронным сродством, широкой (порядка несколько эВ) запрещённой зоной и являются изоляторами при комнатных температурах.



Отрицательное напряжение $U_a = -U_z$ является запирающим, т. е. при этом имеем $j_a \gg 0$. При $U_a = U_o$ ток “выходит” на режим насыщения ($j_a = j_o$) и при дальнейшем росте напряжения практически не меняется (или слабо растет). Плотность тока насыщения j_o определяется по формуле Ричардсона-Дешмана:

$$j_o = BT^2 \cdot \exp(-A/kT), \quad (1)$$

где $B = B_o(1 - r)$ - коэффициент Ричардсона;

$B_o = 4\pi me k^2/h^3 @ 120 \text{ A}/(\text{см}^2 \cdot \text{К}^2)$;

$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ и $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ - масса и заряд электрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ и $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ - константы Больцмана и Планка;

r - усредненный по энергиям коэффициент отражения электронов от поверхности эмиттера.



Формула (1) получена в предположении, что поверхность эмиттера однородна и электронный газ в нем находится в состоянии термодинамического равновесия. В действительности равновесие нарушается отбором тока и проникновением внешнего электрического поля в эмиттер, а также зависимостью $A(T)$. Поэтому работа выхода A и коэффициент B , обычно определяемые по «ричардсоновским» кривым $j_0(T)$ не являются константами вещества и даже для чистых металлов изменяются в относительно широких пределах, например для вольфрама: $A = 4,50 - 4,55$ эВ, $B = 40 - 100$ А/(см²·К²).

Кроме того, при достаточно больших внешних электрических полях вблизи поверхности эмиттера (с напряженностью $E \sim 10^2 - 10^6$ В/см) начинает сказываться эффект Шотки. Этот эффект заключается в данном случае в снижении работы выхода электронов из твердого тела на величину:

$$D\Phi = e(eE/4\pi\epsilon_0)^{1/2}, \quad (2)$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - электрическая постоянная.



Появление указанных полей может быть объяснено наличием микронеровностей (микровыступов) на поверхности реального эмиттера.

В случае, когда эмитирующая поверхность неоднородна и на ней имеются «пятна» с различной работой выхода, то между ними возникает контактная разность потенциалов и дополнительное электрическое поле ("поле пятен"). Совместное действие этого поля с внешним электрическим полем приводит к более сильной зависимости тока от анодного напряжения (см. рис. 1) - это так называемый аномальный эффект Шотки, а также - увеличивает зависимость тока термоэмиссии от температуры T . Знание ДФ позволяет уточнить формулу (1):

$$j_0 = BT^2 \cdot \exp[-(A - D\Phi)/kT], \quad (3)$$

которая уже называется формулой Ричардсона-Дешмана с поправкой Шотки для расчета плотности тока термоэлектронной эмиссии.

Явление термоэлектронной эмиссии наблюдается с нагретой поверхности как твердой, так и жидкой фазы (расплав) вещества, относящегося к проводникам или полупроводникам.

Термоэлектронная эмиссия позволяет осуществить эффективный токоперенос через вакуумный промежуток (этот процесс имеет место в вакуумных электродных устройствах), а также определяет основной вклад в токовый баланс для большого ряда газоразрядных приборов и устройств.

