

# Вариант расчета ФР

## Исходные данные

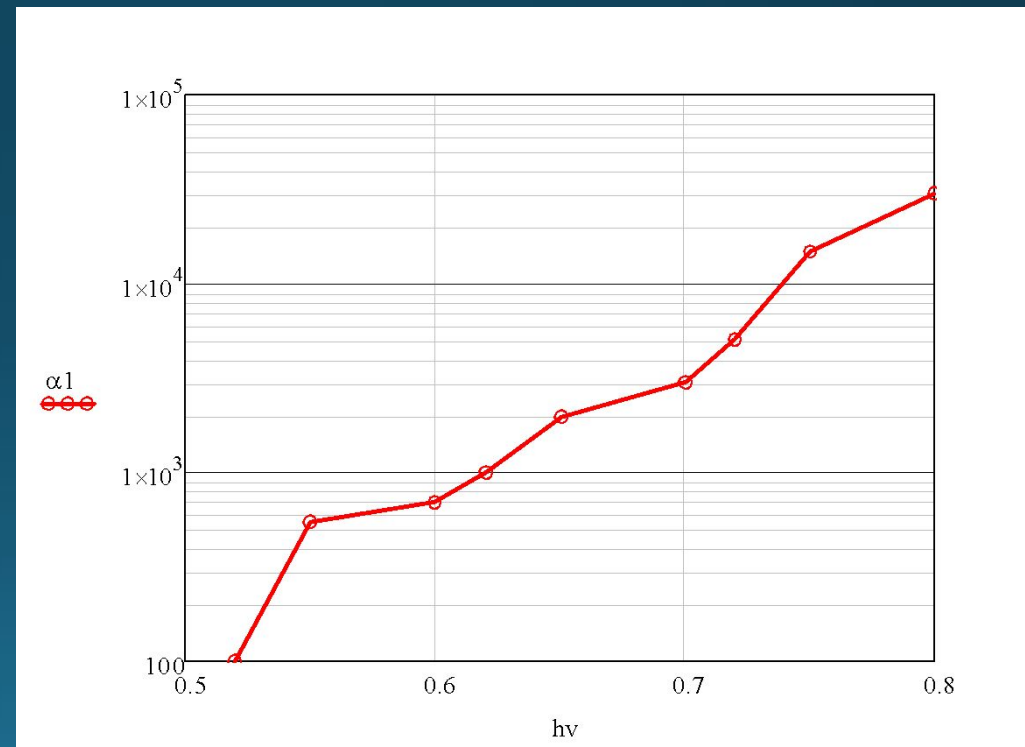
\* да, такого материала не существует, но мне лень делать за вас расчет, и да, я знаю, что теоретически это металл.

- В качестве исходных данных возьмем ФР из орихалка\*;
- Температура детектора 300 К;

# Шаг №1. Коэффициент поглощения.

| $\alpha, \text{см}^{-1}$ | $h\nu, \text{эВ}$ |
|--------------------------|-------------------|
| 10                       | 0.5               |
| 100                      | 0.52              |
| 550                      | 0.55              |
| 700                      | 0.6               |
| 1000                     | 0.62              |
| 2000                     | 0.65              |
| 3000                     | 0.7               |
| 5000                     | 0.72              |
| 15000                    | 0.75              |
| 30000                    | 0.8               |

Из данных вам рисунков строим по точкам график зависимости коэф-та поглощения, от энергии (количество точек НЕ менее 10-15);  
Если дана функция – Вам же проще.



## Шаг №2. Переход к длинам волн.

Так как удобней работать с длиной волны, а не энергией, то переводим ее в длину волны.

Формула очень сложная:

$$\lambda = \frac{hc}{h\nu}$$

Или приблизительно:

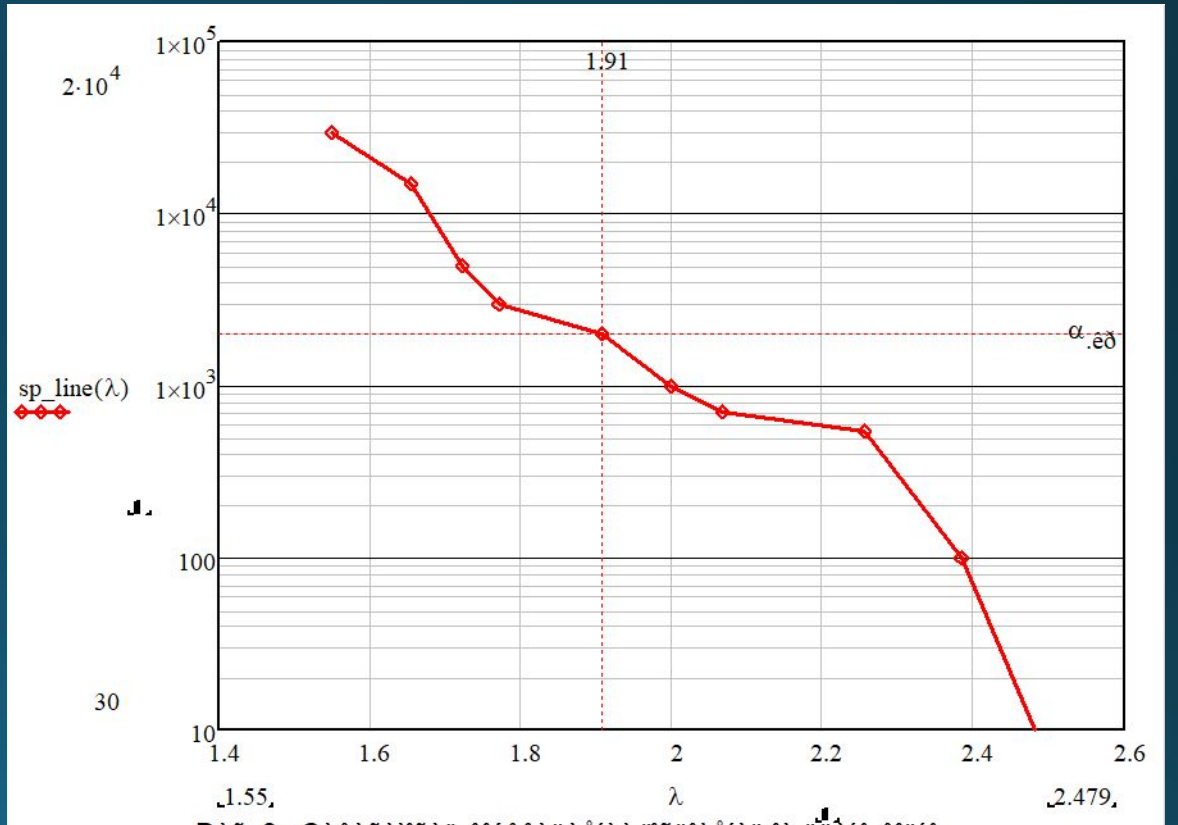
$$\lambda = \frac{1,24}{h\nu}$$

| $h\nu$ , эВ | $\lambda$ , мкм |
|-------------|-----------------|
| 0.5         | 2.479           |
| 0.52        | 2.384           |
| 0.55        | 2.254           |
| 0.6         | 2.066           |
| 0.62        | 1.999           |
| 0.65        | 1.907           |
| 0.7         | 1.771           |
| 0.72        | 1.722           |
| 0.75        | 1.653           |
| 0.8         | 1.55            |

## Шаг 3. Аппроксимация и построение графика.

1. Выстроить матрицы по возрастанию;
2. Применить встроенные функции `lspline` и `interp`.
3. Сразу на этом этапе определяем критическую длину волны, на котором у нас происходит поглощение приповерхностное или равномерное

$$\alpha_{\text{кр}} = \frac{1}{d [\text{см}]};$$

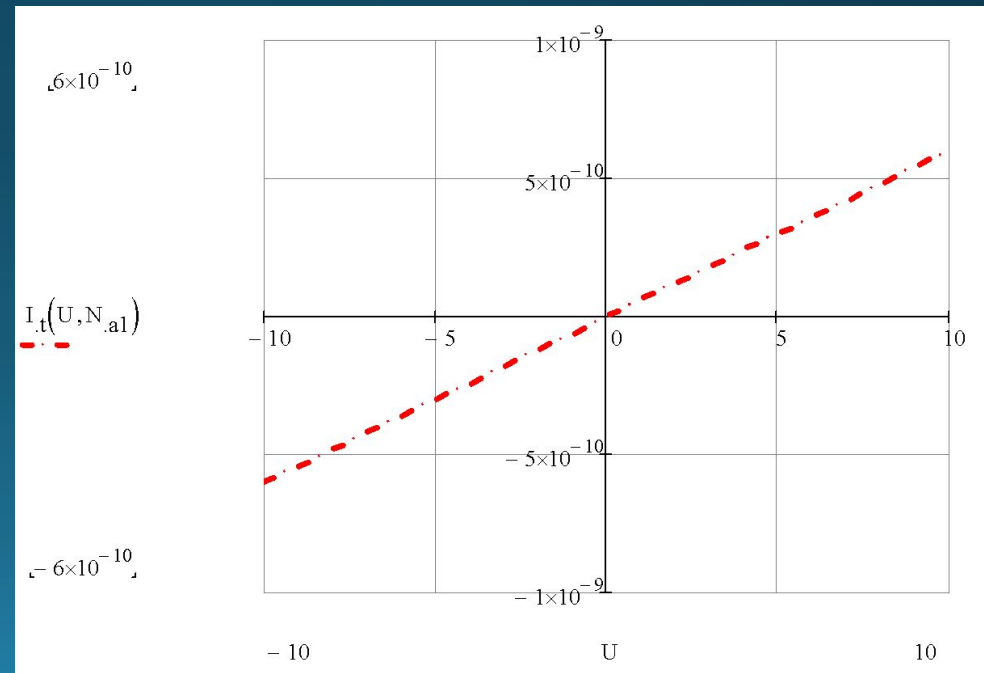


## Шаг №4. Темновая характеристика

Для построения темновой характеристики ФР, достаточно знать темновое сопротивление.

- $$R = \frac{1}{qN(\mu_n + \mu_p)} * \frac{a}{d * b}$$

Концентрацию (в данном случае собственного полупроводника  $n_i$ ) и подвижность ищем в справочниках для вашего материала;



## Шаг №5. Выбор температуры АЧТ.

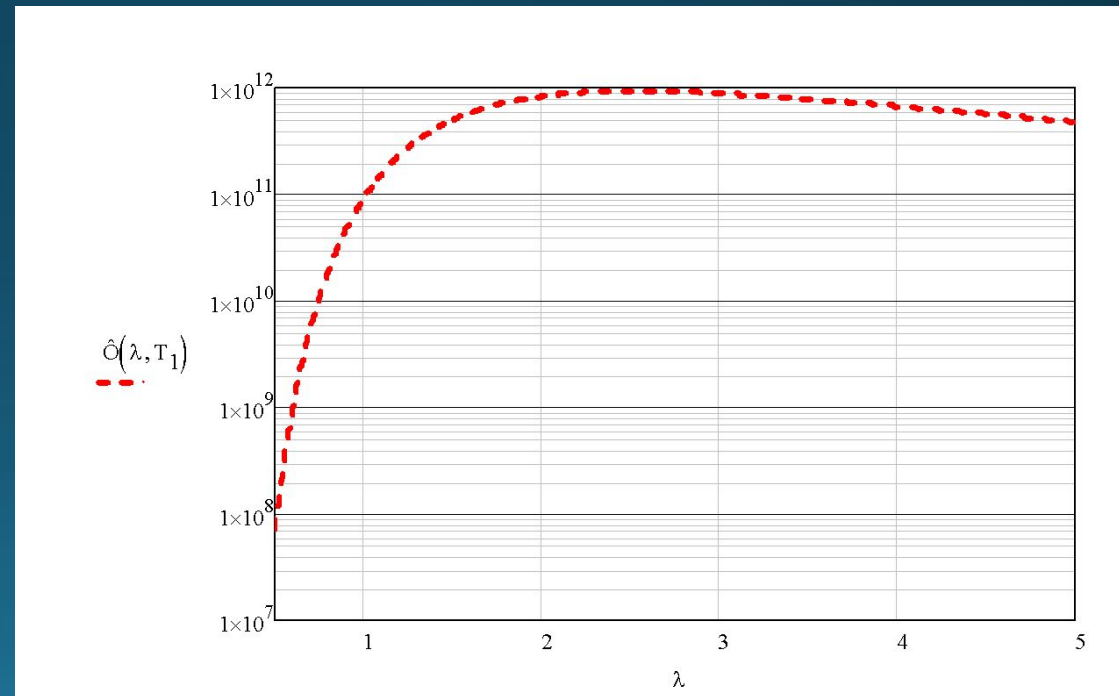
Исходя из закона смещения Вина:

$$T_S * \lambda_{max} = 3669,7$$

Наш ФЧЭ «видит» в диапазоне до 2,5 мкм, с учетом особенности спектра, лучше брать меньшее значения длины волны, т.е. например 2 мкм, тогда  $T_{АЧТ} = 1835 \text{ К}$

• *Работаем с потоком фотонов!*  
 $N_{\phi}(\lambda, T)$

$$N_{\phi}(\lambda, T) = 2\pi * \frac{c}{\lambda^4} * \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda * kT}\right) - 1}$$



## Шаг №6. «Включаем освещение»

Нам необходимо определить среднее количество возбужденных носителей заряда, чтобы определить «сопротивление при освещении», для этого:

1. Определяем среднюю скорость генерации носителей  $G$ ;
2. Определяем эффективное время жизни для равномерного и приповерхностного поглощения;

1.  $G_1 = \alpha(\lambda) * N_{\phi}(\lambda, T) * S, \lambda < \lambda_{кр}$   
для приповерхностного поглощения ( $\lambda < \lambda_{кр}$ )

$G_2 = \alpha(\lambda) * N_{\phi}(\lambda, T) * S, \lambda > \lambda_{кр}$  для равномерного поглощения ( $\lambda > \lambda_{кр}$ )

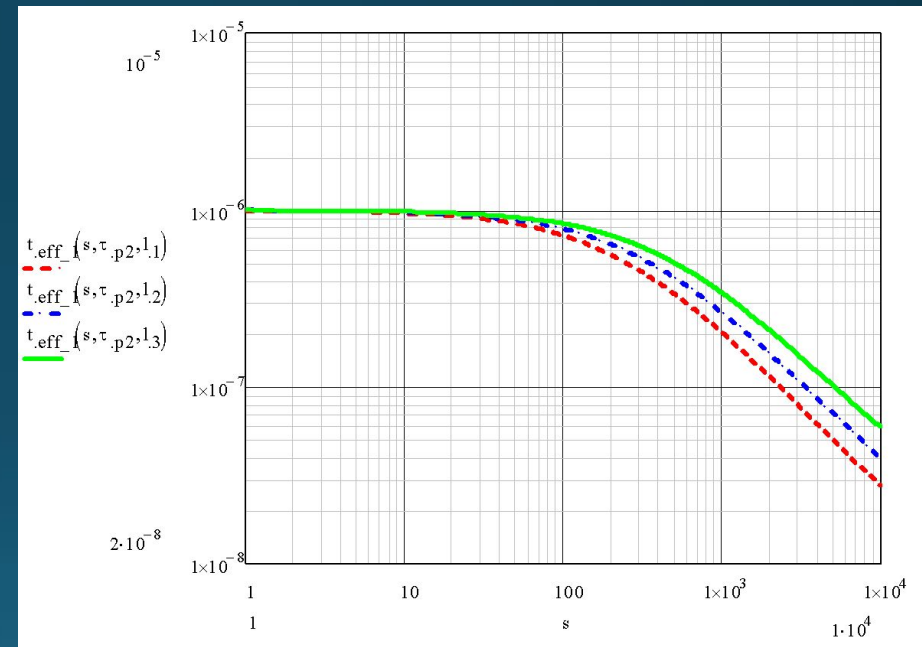
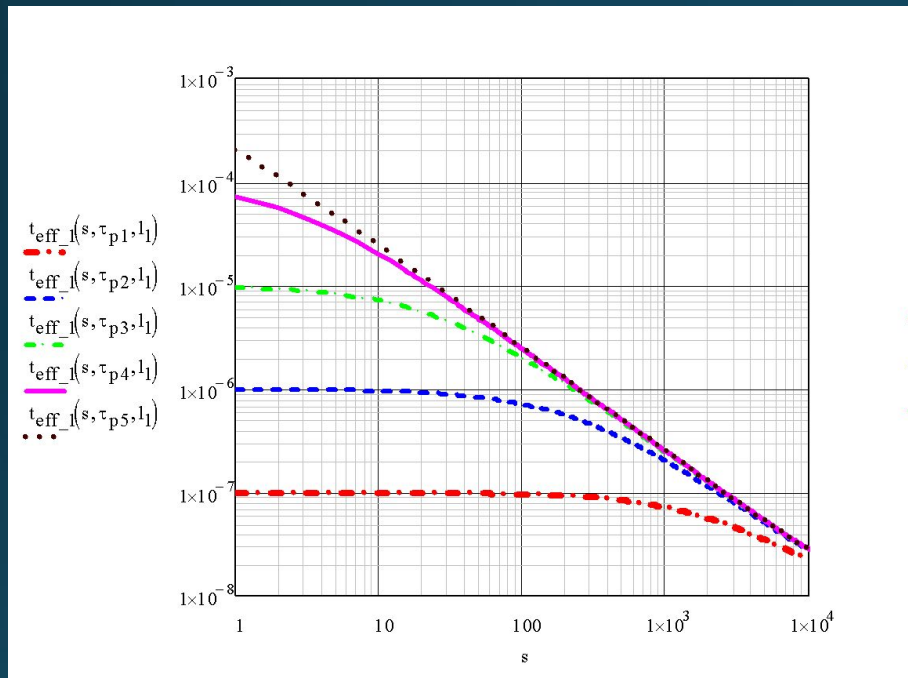
2. Для времен жизни

$$\tau_{pэфф} = \frac{\tau_p \cdot L_p}{\alpha(\lambda)} \cdot \frac{\tau_p \cdot s \cdot [ch d/L_p - 1] + L_p \cdot sh[d/L_p]}{(L_p^2 + \tau_p^2 \cdot s^2) \cdot sh[d/L_p] + 2 \cdot L_p \cdot \tau_p \cdot s \cdot ch[d/L_p]}$$

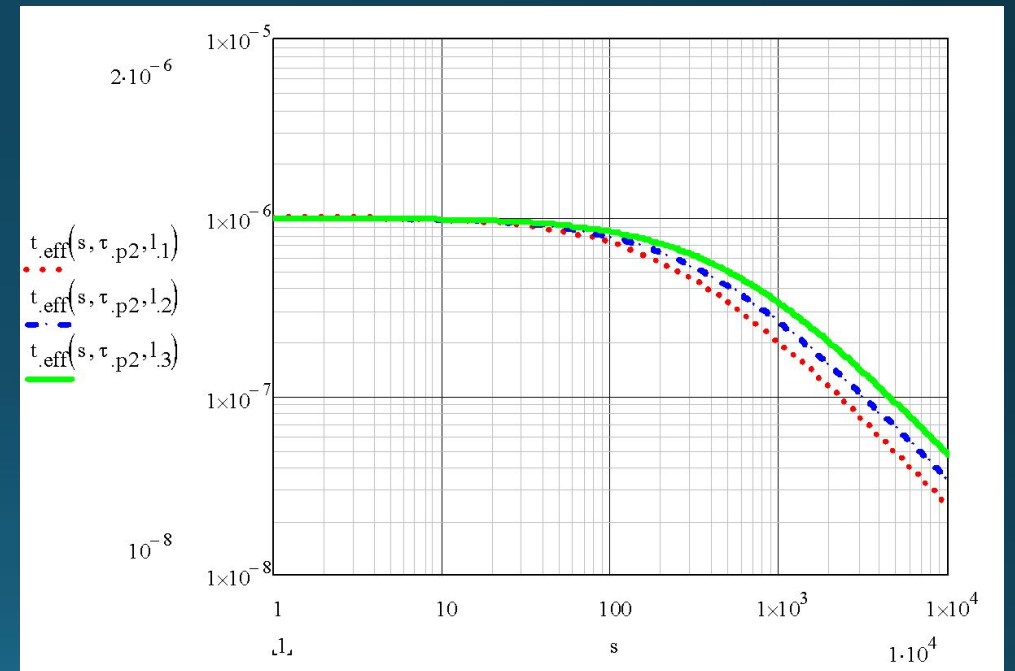
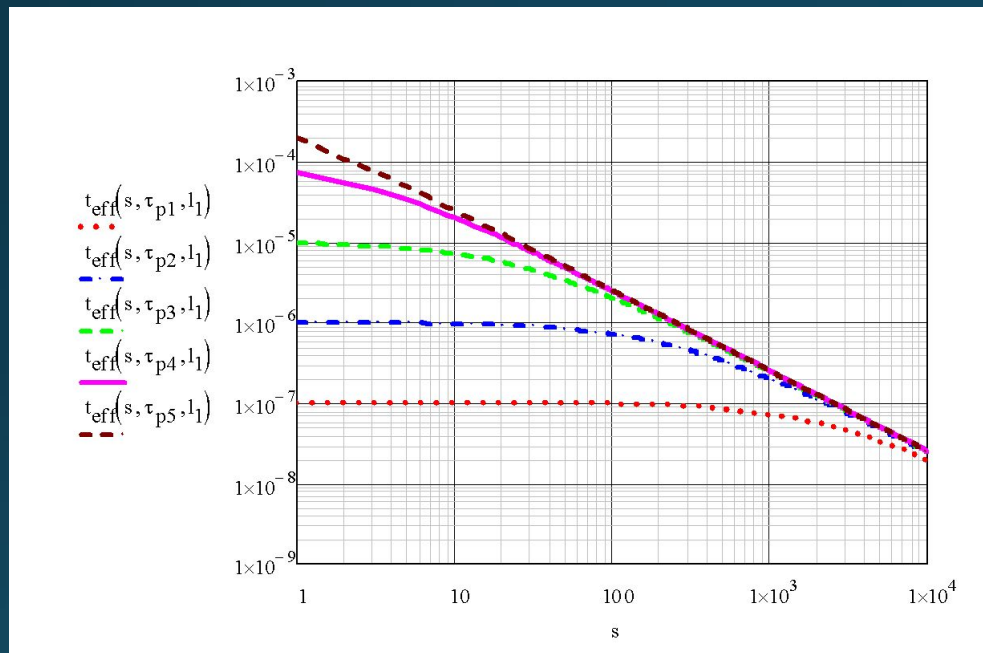
$$\tau_{pэфф} = \tau_p \left[ 1 - \frac{(2s \cdot L_p \cdot sh(d/2L_p)) / d}{(D_p / L_p) \cdot sh(d/2L_p) + s \cdot ch(d/2L_p)} \right]$$



# Шаг №6.5 Анализ времени жизни, для равномерного поглощения



# Шаг №6.5 Анализ времени жизни, для приповерхностного поглощения



## Шаг №7 Световая ВАХ

Аналогично темновой  
строим световую ВАХ

- $\Delta p_{\text{свет}} = \Delta p_{\text{тем}} + \Delta p_{\phi}$   
 $\Delta p_{\phi}(\lambda) = G(\lambda) * \tau_{\text{эфф}}(\lambda)$  (для 2 случаев  
разная) => две световых ВАХ

$$\Rightarrow R_{\text{свет}} = R_{\phi} + R_{\text{T}} = \frac{1}{q * \Delta p_{\text{свет}}(\mu_n + \mu_p)} * \frac{1}{d}$$

=>

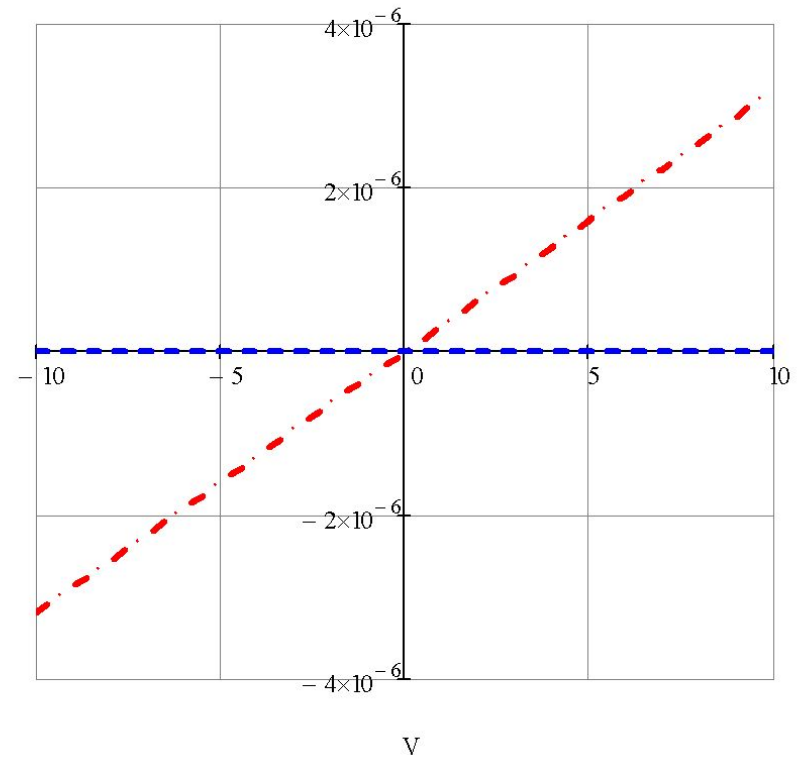
$$I_{\text{свет}} = \frac{U}{R_{\text{свет}}} = U * d * q * \Delta p_{\text{свет}}(\lambda)(\mu_n + \mu_p)$$

## Шаг №8. Сравнение ВАХ

На одних осях строим темновую и световую ВАХ;

Проверяем что световая ВАХ  $\gg$  темновой

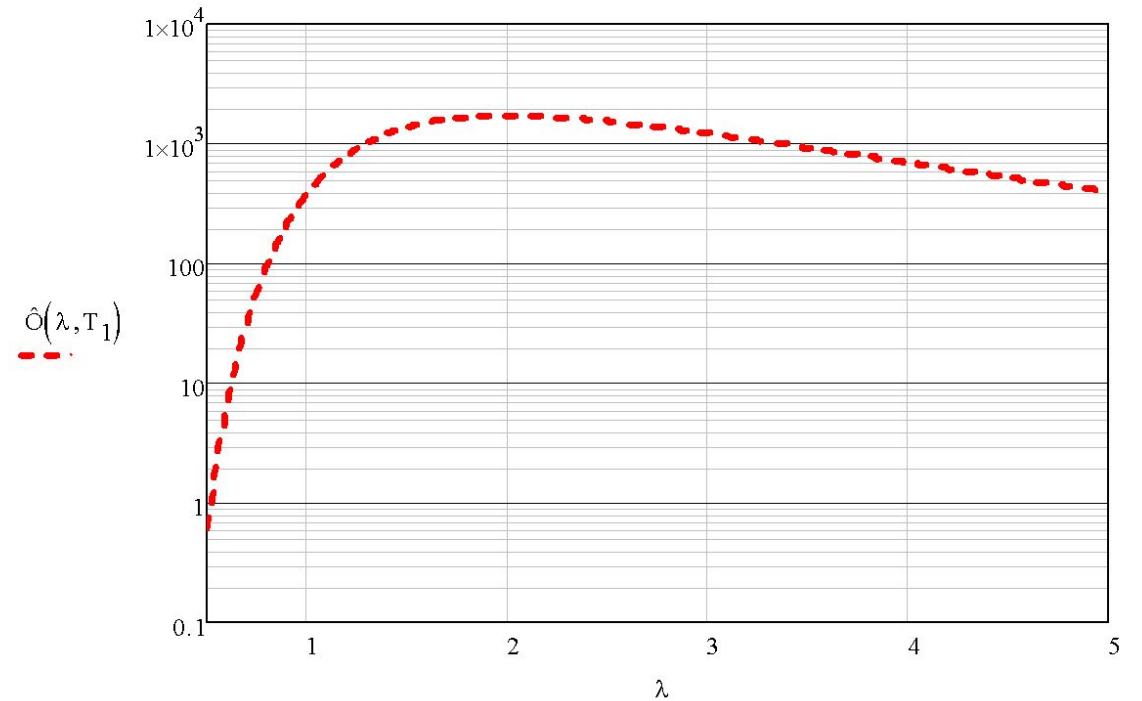
$$\begin{array}{l} \text{---} I_c(\tau_{p2}, S_1, V, I_1) \\ \text{---} I_t(V, N_{a1}) \end{array}$$



# Шаг №8. Начало поиска чувствительности

Вспоминаем характеристику  
потока квантов.

$$\bullet \Phi(\lambda, T) = 2\pi * \frac{h * c^2}{\lambda^5} * \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda * kT}\right) - 1}$$



Шаг №9.  
Спектральная  
чувствительность.

- $$\begin{aligned} S_I(\lambda) &= \frac{I_{\text{цвет}}(\lambda)}{\Phi(\lambda, T)} = \\ &= \frac{U * d * q * \Delta p_{\text{цвет}}(\lambda) (\mu_n + \mu_p)}{\Phi(\lambda, T)} = \\ &= U * d * q * (\mu_n + \mu_p) \frac{\Delta p_{\text{цвет}}(\lambda)}{\Phi(\lambda, T)} \end{aligned}$$

Тут и далее строите сами  
графики, у нас курсовой проект  
или кто...

Шаг №10.

Обнаружительная  
способность от  
различных типов шума

- $$D^*(U) = \frac{S_I(U)}{I_{\text{ш}}(U)} * \sqrt{S * \Delta f}$$

Пусть  $\Delta f = 157$  Гц

Шум бывает трех видов:

1.  $\frac{1}{f^\alpha}$ ;
2. Генерационно-рекомбинационный;
3. Тепловой.

## Шаг №11. Поиск ТОКОВ шума.

Для шума 1/f упрощения:  
 $\alpha_H = \alpha_{H0}, f \leq 100$  Гц;

Для ГРШ  $100 < f < \frac{1}{\tau_{cp}}$ ;

Для теплового шума  
оставшиеся значения  
частот.

1. Шум 1/f:

Ток найдем из соотношений Хоухэ:

$$P_{I_{ш}} = I_{ш}^2 * R_T = \frac{\alpha_H * I_d^2}{n_i * V * f^1}$$

Где  $\alpha_H = 2 * 10^3$ ;  $V = S * d$

2. ГРШ:

$$P_{I_{ш}} = I_{ш}^2 * R_T = \frac{4 * I_d^2 * (b_{\mu} + 1)^2}{(b_{\mu} n_0 + p_0)} * \frac{n * p}{n + p} * \frac{\tau}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

В общем случае нашего ФР  $n_0 = p_0 = n_i = n = p$ . Если дана концентрация  $N$ , то  $n_0 = p_0 = n_i = n = N$ ;  $p = (n_i)^2 / N$

3. Тепловой шум:

$$P_{I_{ш}} = I_{ш}^2 * R_T = \frac{4kT}{R}$$