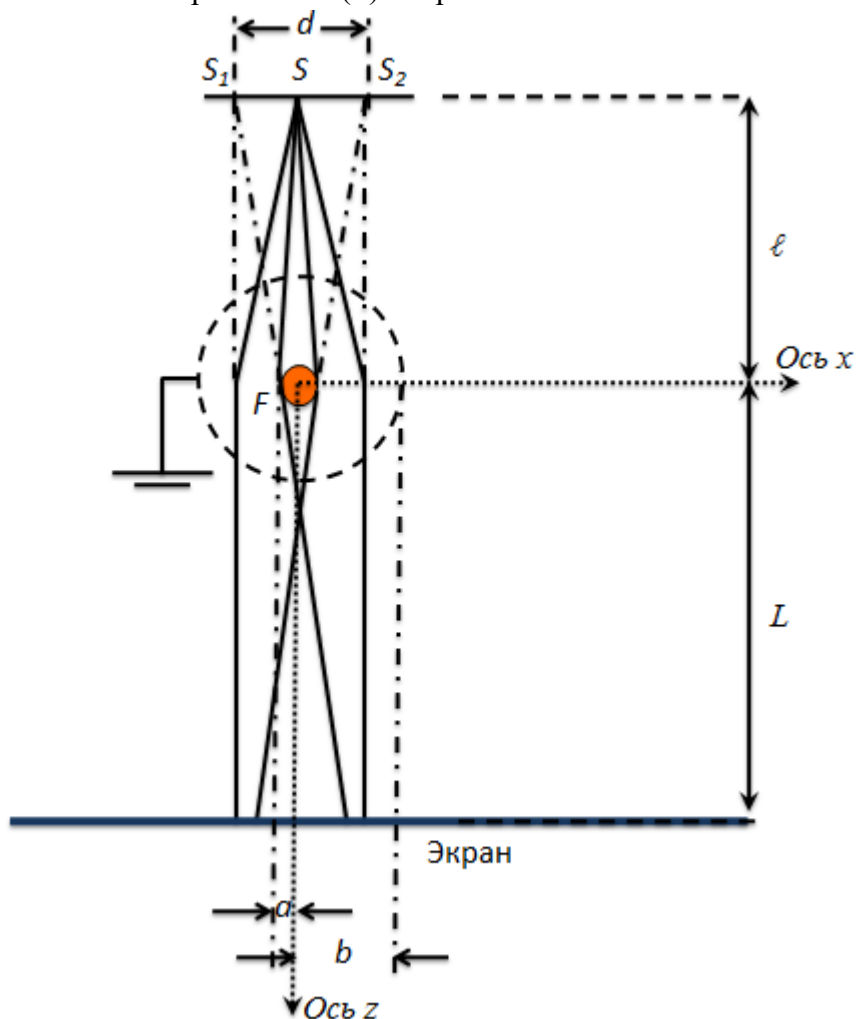


### Задача 2

Эксперименты с интерференцией электронов впервые были проведены Моленштедтом, Мэрли-Миссироли и Поцци в 1974, а также Тономура и другими учеными в 1989. В экспериментах с интерференцией электронов, монохроматический источник электронов размещенный в точке  $S$ , излучает частицы которые проходят через «бипризму» прежде чем попасть на наблюдательную пластину.  $S_1$  и  $S_2$  являются виртуальными источниками расположенными на расстоянии  $d$  друг от друга. Заметьте, что в предложенном снизу рисунке (который выполнен не по реальному масштабу), небольшая очень тонкая проволоочка ( $F$ ) направлена на читателя.



Электронная бипризма состоит из системы заземленной металлической сетки с очень тонкой проволоочкой  $F$  в центральной части. Расстояние между источником электронов и бипризмой равно  $\ell$ , а расстояние между бипризмой и экраном равно  $L$ .

- (a) **(2 балла)** Возьмем центр сечения проволоочки на начало отсчета  $O$ . Найдите распределения потенциала как функцию  $(x,z)$  вблизи проволоочки, используя обозначения  $V_a$ ,  $a$  и  $b$ , где  $V_a$  - потенциал на поверхности проволоочки,  $a$  - радиус проволоочки,  $b$  - расстояние от проволоочки до заземленной сетки. (Эффектом индуцированных зарядов можно пренебречь).
- (b) **(4 балла)** Входящий поток электронов можно представить плоской волной с волновым вектором  $k_z$ , который отклоняется бипризмой благодаря  $x$ -компоненте силы приложенной на электрон. Определите  $k_x$ ,  $x$ -компоненту волнового вектора, возникающего из-за отклонения в бипризме через величины  $e$ ,  $v_z$ ,  $V_a$ ,  $k_z$ ,  $a$  и  $b$ , где  $e$  и  $v_z$  - заряд электрона и  $z$ -составляющая скорости электрона ( $k_x \ll k_z$ ). Заметьте что  $\vec{k} = \frac{2\pi\vec{p}}{h}$ , где  $h$  - постоянная Планка.
- (c) Перед тем как попасть в точку  $S$ , электроны были излучены и ускорены полем анода с напряжением  $V_0$ . Определите длину волны электрона через его массу (покоя)  $m_0$ , заряд  $-e$  и напряжение  $V_0$
- (i) **(2 балла)** полагая что релятивистскими эффектами можно пренебречь
- (ii) **(3 балла)** учитывая релятивистские эффекты
- (d) В эксперименте Тономура и др.:
- $$v_z = c/2,$$
- $$V_a = 10 \text{ V},$$
- $$V_0 = 50 \text{ kV},$$
- $$a = 0.5 \text{ }\mu\text{m},$$
- $$b = 5 \text{ mm},$$
- $$\ell = 25 \text{ cm},$$
- $$L = 1.5 \text{ m},$$
- $$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js},$$
- заряд электрона,  $-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  
 масса электрона,  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,  
 скорость света в вакууме,  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
- (i) **(2 балла)** вычислите значение  $k_x$ .
- (ii) **(2 балла)** определите расстояние между соседними интерференционными полосами на экране.
- (iii) **(1 балла)** Если вместо плоской волны, поток электронов имеют сферический фронт, ответьте будет ли расстояние между интерференционными полосами больше, одинаково или уменьшится по сравнению с расстоянием вычисленным в части (ii)?
- (iv) **(2 балла)** Найдите относительную погрешность (в процентах) определения длины волны электронов из части (c), по сравнению с нерелятивистским приближением.
- (v) **(2 балла)** Найдите расстояние  $d$  между мнимыми щелями.