

Моделирование черенковского излучения в полуклассическом подходе.

Валиев Ф.Ф.

Черенковские детекторы.

Моделирование перед созданием установки.

Полуклассический подход

- вычисление векторов плотности тока (кв.электродин.) (GEANT)
- расчет полей лин.тока (класс. электродин.)

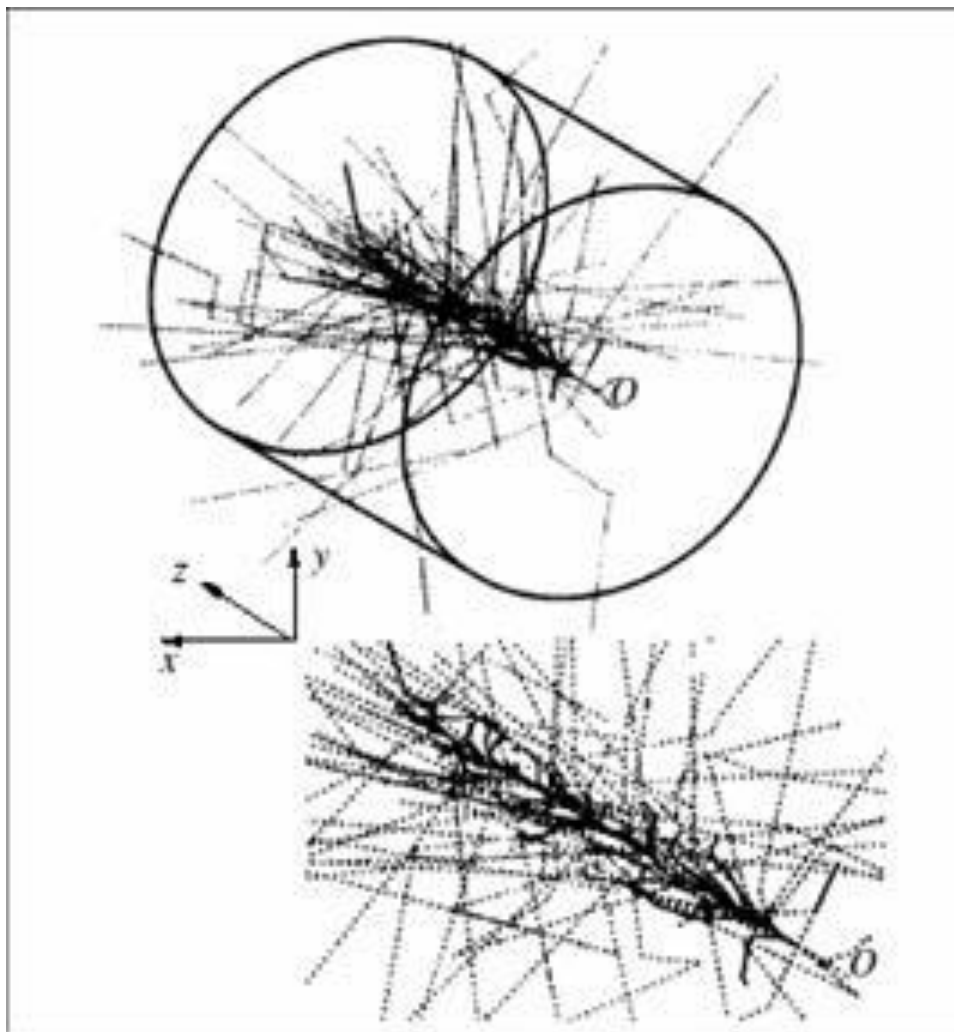


Рис. 1. Общая схема модельных экспериментов.

Схемы модельных экспериментов, сходных с поставленными с использованием электронных пучков.

опыты Ружички (газ).

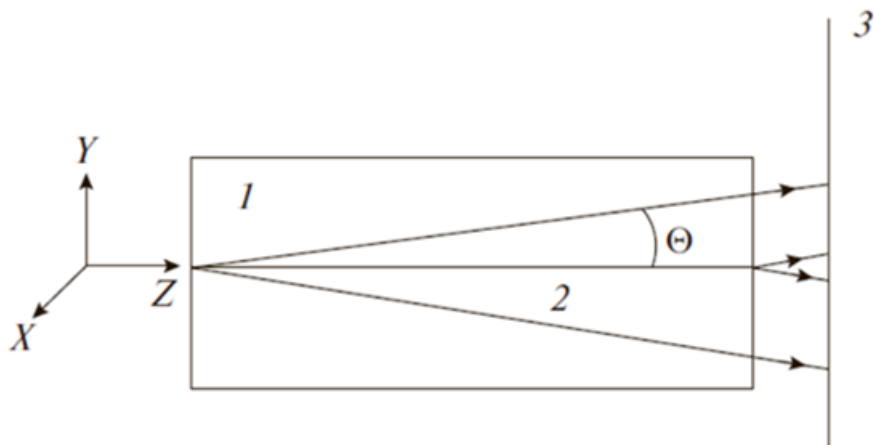


Рис.2. Схема численного эксперимента:

- 1 – газовая мишень (цилиндр, заполненный газом длиной 1 м)
- 2 – направление пучка электронов с энергией 350 МэВ по оси Z
- 3- детектор электромагнитного излучения в оптическом диапазоне.

(Я. Ружичка. Теоретические и экспериментальные исследования эффекта Вавилова. // Диссертация на соиск.уч.степ.д-ра физ.-мат.наук, ОИЯИ. Дубна. 1993)

Опыты Коллинза и Рейлинга (твердые вещества)

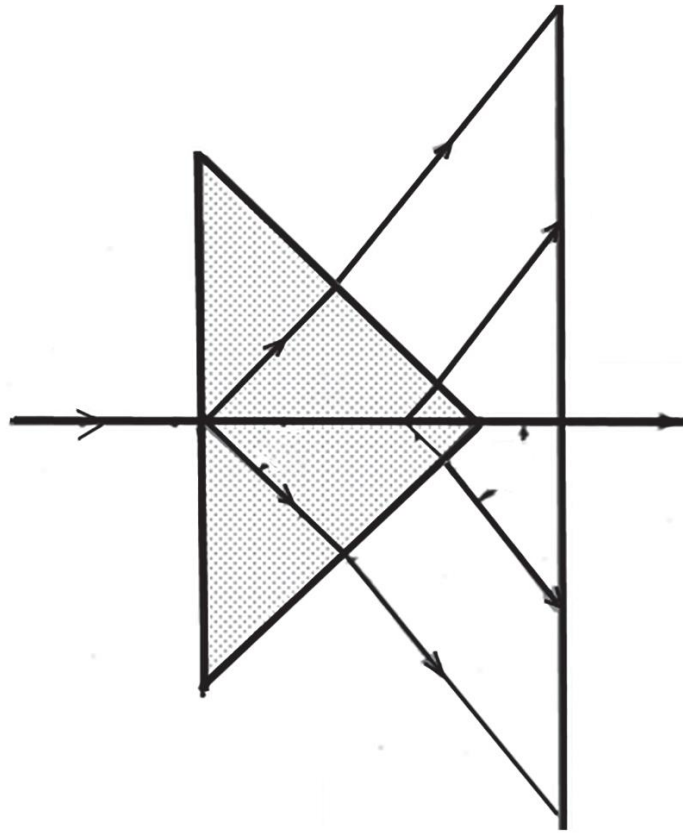


Рис.3. Схема численного эксперимента:
направление электронного пучка с энергией 1,9 МэВ;
стеклянный конус высотой 0,084 мм, служащий мишенью; а также
детектор электромагнитного излучения.

(G.Collins and V.Reiling, Phys. Rev. 54, 499(1938))

П.2. Вычисление компонент электромагнитного поля.

Источник поля - дельта импульс тока, перемещающийся с постоянной скоростью по отрезку прямой.

Компоненту вектора плотности тока j_z записываются в цилиндрической системе координат в виде:

$$j_z = \frac{\delta(\rho)}{2\pi\rho} h(z) I(z, \tau) \quad \tau \geq 0, \quad (1)$$

$$j_z = 0 \quad \tau < 0 \quad (2)$$

Здесь $\delta(\rho)$ - функция Дирака,

$h(z)$ - функция Хевисайда,

$I(z, \tau)$ - функция, описывающая полный ток.

L длина отрезка прямой

v - скорость перемещения импульса тока по отрезку,

c - скорость света в данной среде,

t - время,

$$\tau = ct,$$

$$\beta = v/c.$$

Начальные данные нулевые:

$$\vec{E} = \vec{B} \equiv 0, \quad \tau < 0$$

Выражение для B_φ компоненты вектора магнитной индукции для электронов со скоростями меньше скорости света:

$$B_\varphi = e\beta \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2(1-\beta^2) + (z-\beta\tau)^2}} \times$$

$$\left\{ \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + z^2}} \delta(\tau - \sqrt{\rho^2 + z^2}) - \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + (z-L)^2}} \delta(\tau - L/\beta - \sqrt{\rho^2 + (z-L)^2}) \right. \quad (3)$$

$$\left. - \frac{\rho(1-\beta^2)}{(\sqrt{\rho^2(1-\beta^2) + (z-\beta\tau)^2})^{3/2}} [h(\tau - \sqrt{\rho^2 + z^2}) - h(\tau - L/\beta - \sqrt{\rho^2 + (z-L)^2})] \right\}$$

где e - заряд электрона.

Формулы для общего случая более громоздки.

Использованы технические возможности вычислительного комплекса СПБГУ.

Результаты расчетов

эксперименты **Коллинза и Рейлинга**

Среда	Вычисленные по формуле Тамма значения углов	Экспериментально полученные значения	Вычисленные углы
стекло	46°30'	45°15'	46°30'
слюда	52°10'	53°30'	53°

Таблица 1. Экспериментальные и вычисленные значения углов θ для стекла и слюды.

эксперименты Я.Ружички.

Экспериментальные и вычисленные значения углов для аргона, ксенона и криптона

среда	Вычисленные по формуле Тамма значения углов , град.	Экспериментально полученные значения углов, град	Вычисленные углы (с учетом вторичных электронов), град.	Вычисленные углы (без учета вторичных электронов), град.
аргон	1.284	0.26 1.23 ± 0.14	1.26 (± 0.06)	1.284 (± 0.006)
криптон	1.594	0.02 1.53 ± 0.01	1,53 (± 0.14)	1.596(± 0.006)
ксенон	2.015	0.27 1.75 ± 0.16	1.98 (± 0.15)	2.012(± 0.006)

Таблица 2. Экспериментальные и вычисленные значения углов для аргона, ксенона и криптона.

Вычисленные без учета влияния вторичных электронов углы Φ (столбец 5 таблицы) совпадают с результатами, полученными по формуле Тамма.

Аналогичные расчёты были проведены с позитронами, проходящими через газовую среду и проведено сравнение с экспериментальными результатами из работы.

Вывод.

- 1. Показано, что моделирование черенковского излучения в рамках полуклассического подходе, в котором учитывается влияние вторичных электронов, приводит к результатам, не противоречащим экспериментальным результатам.**
- 2. Предложенный подход может быть использован не только для изучения особенностей эффекта Вавилова-Черенкова, но и для моделирования и оптимизации детекторов.**