

Угловое распределение и порог черенковского излучения в реальных средах

В.М. Гришин, ФИАН

В терминах дважды дифференциального (по углу и энергии) распределения среднего выхода фотонов обсуждаются угловое распределение и порог черенковского излучения в поглощающих и рассеивающих средах, а также при учете многократного рассеяния излучающей частицы.

Мотивация

- Классическая теория черенковского излучения предполагает бесконечное равномерное движение излучающего заряда в прозрачной среде.
- Периодически появляются публикации, в которых классическая теория И.Е. Тамма и И.М. Франка подвергается необоснованной критике.
- В докладе показывается, что эффекты реальных сред и движений частицы хотя и меняют классические выражения, однако незначительно, поскольку они масштабируются длиной волны излучения, оставляя теорию Тамма-Франка применимой в большинстве практических случаев.

Дважды дифференциальное распределение выхода черенковских фотонов с единицы пути:

$$\frac{d^3 \bar{N}}{\hbar d \omega dx d \cos^2 \theta} = \frac{\alpha}{\pi \hbar c} \left[\frac{\sin^2 \theta \Gamma}{(\cos^2 \theta - \cos^2 \theta_o)^2 + \Gamma^2} \right]$$

$$\cos^2 \theta_o = \frac{\epsilon_1}{\beta^2 |\epsilon|^2}, \quad \Gamma = \frac{\epsilon_2}{\beta^2 |\epsilon|^2}, \quad \epsilon = \epsilon_1 + i \epsilon_2,$$

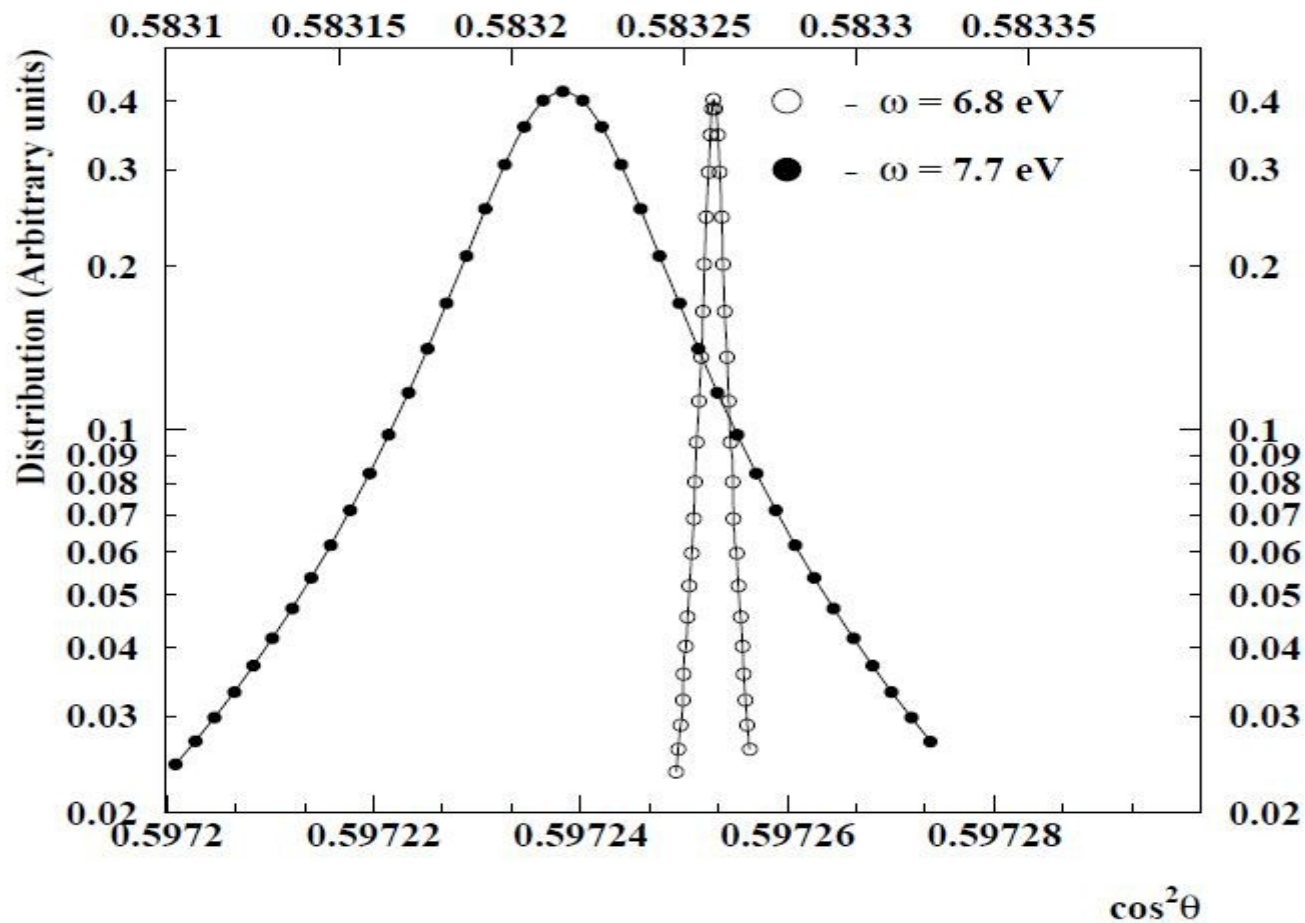
в среде с комплексной диэлектрической проницаемостью испытывает лоренцево уширение, пропорциональное ее мнимой части. Одновременно расплывается и порог рождения черенковского излучения по энергии частицы.

Мнимая часть диэлектрической проницаемости определяется:

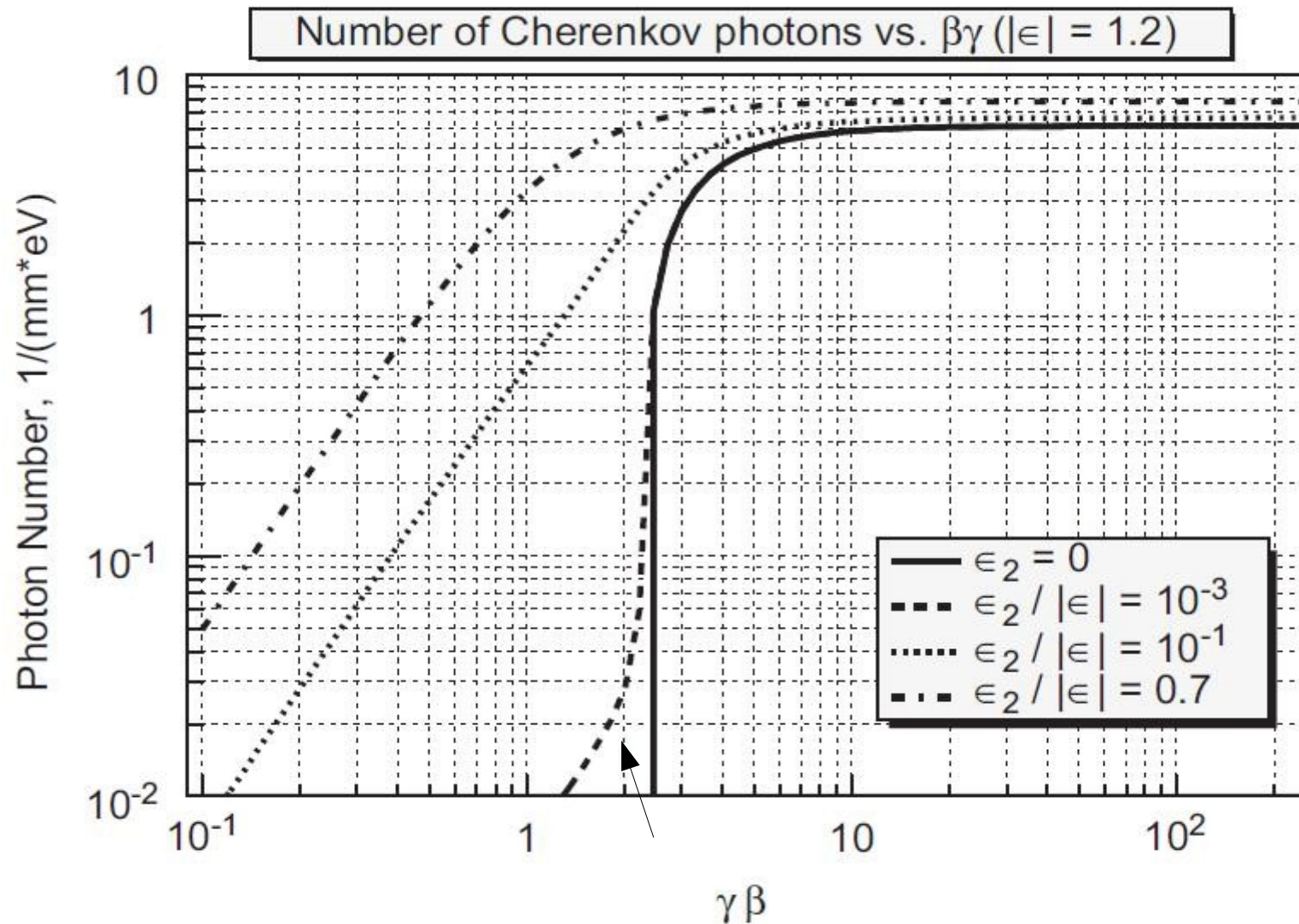
- поглощением в среде (отношение длины волны к длине поглощения),
- рассеянием в среде (отношение длины волны к длине рассеяния).

Кроме того, многократное рассеяние излучающей частицы приводит к лоренцевому уширению углового распределения в прозрачной среде (средний угол многократного рассеяния на длине волны излучения).

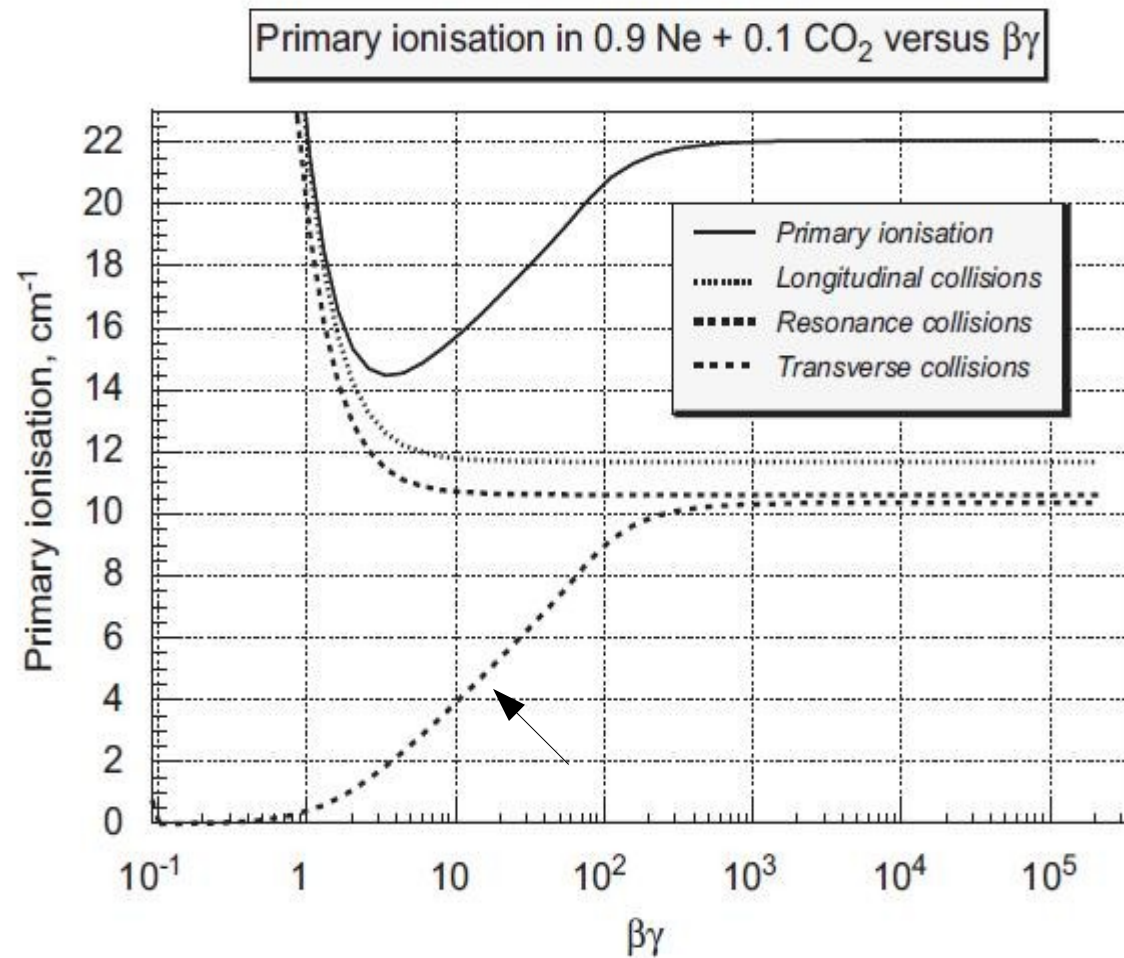
Angle distribution of Cerenkov photons in C_6F_{14}



Угловое распределение ультрафиолетовых черенковских фотонов в C_6F_{14} фреоне



Порог рождения черенковского излучения при различных отношениях мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости в аэрогеле.



Порог рождения черенковских фотонов с атомными частотами, испытывающих сильное поглощение. 7

Выводы

- Угловое распределение и порог черенковского излучения в реальных средах испытывают расплывание
- Эффект макроскопически очень мал, поскольку масштабируется длиной волны излучения
- Классическая теория И.Е. Тамма и И.М. Франка справедлива, как разумное приближение, в большинстве практических случаев

Литература

- V. M. Grichine, On the energy-angle distribution of Cherenkov radiation in an absorbing medium, NIM A482 (2002) 629-633 (поглощающая среда)
- V.M. Grichine, Cherenkov radiation threshold in random inhomogeneous media, NIM A602 (2009) 622-624 (рассеивающая среда)
- V.M. Grichine, Radiation of multiple-scattered charged particle, NIM A563 (2006) 364-367 («черенковское излучение» многократно рассеянного заряда)
- V.M. Grichine, Ionization distribution near a relativistic particle track in gas, NIM A598 (2009) 650-652 (черенковские фотоны атомных частот)
- Кобзев А.П., Механизм излучения Вавилова-Черенкова, ЭЧАЯ 41 (2010) 830-868 (критика классической теории)