

УДК 539.122.2

ПРЕДЧЕРЕНКОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КАК ЯВЛЕНИЕ «СВЕТОВОГО БАРЬЕРА»

В.П.Зрелов, Я.Ружичка, А.А.Тяпкин*

Обсуждены дополнительные эксперименты для выяснения природы обнаруженного предчеренковского излучения.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий и в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Pre-Cherenkov Radiation as a Phenomenon of «Light Barrier»

V.P.Zrelov, J.Ruzicka, A.A.Tyapkin

The additional experiments for investigation of the observed pre-Cherenkov radiation are discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics and the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

В этой краткой статье мы рассказываем о намеченной нами проверке сделанного ранее вывода о существовании в оптически прозрачной среде нового типа когерентного излучения релятивистских заряженных частиц, непосредственно предшествующего возникновению излучения Вавилова — Черенкова и потому названного предчеренковским излучением [1]. Этот вывод имеет вполне серьезные теоретические предпосылки и основывается на определенных экспериментальных результатах, которые следует дополнить всего несколькими контрольными опытами для полного доказательства существования направленного строго вперед когерентного излучения на самом пороге возникновения ИВЧ.

Речь идет о хорошо известном припороговом явлении, общем для всех волновых процессов в непрерывных упругих средах. Его называют «звуковым барьером» в аэродинамике и «водяным валом» в гидродинамике. Согласно известной легенде, это явление было открыто в прошлом веке английской лошастью, которая тащила вдоль канала баржу в явно замедленном темпе, чтобы не преодолевать образовавшийся перед носом баржи высокий вал от возмущений водной среды. Обычно судно движется по водной поверхности со скоростью v , значительно превышающей скорость распространения волны u по этой поверхности, и всегда на водной глади четко видна волна, идущая от носа судна к берегам.

* Братиславский университет им. Я.А.Коменского, Словацкая Республика

Но при уменьшении скорости движения судна происходит увеличение угла ϕ между линией волнового фронта и направлением движения судна согласно простому соотношению $\sin \phi = u/v_1$. Одновременно с увеличением угла ϕ происходит падение амплитуды волны вдоль линии волнового фронта. Поэтому на самом пороге $u = v_1$ (при $\phi = \pi/2$) полностью прекращается процесс распространения волны к берегу, и волновые возмущения поверхности воды суммируются в нелинейное образование (солитонного типа), которое появляется непосредственно перед носовой частью судна. Аналогичное явление в аэродинамике известно как «звуковой барьер».

Парадоксально, что подобное припороговое явление в электродинамике до последнего времени не было предсказано. В теоретическом отношении здесь непреодоленным оставался лишь переход от непрерывного распределения интенсивности ИВЧ по конической поверхности к δ -образному распределению когерентного излучения, направленного строго по направлению движения заряженной частицы. Вывод об отсутствии когерентного излучения на самом пороге ИВЧ (для показателя преломления света $n = c/v_2$) делался в работе И.Е.Тамма и И.М.Франка [2] вопреки факту появления бесконечности в амплитуде излучения для точки, в которой находится движущаяся заряженная частица. Это упущение, вполне естественное для первого объяснения возникновения ИВЧ, оставалось, однако, незамеченным вплоть до последнего времени, когда в статье [1] было обращено внимание на имеющиеся в работе [3] экспериментальные указания на возможное существование припорогового когерентного излучения релятивистских электронов в газе.

В диссертации [3] отдельный параграф был посвящен продолжению начатого в работе [4] исследования на ускорителе ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН (Новосибирск) излучения электронов с энергией 350 МэВ в газовом радиаторе черенковского счетчика при давлении газа ниже порогового значения для ИВЧ. В работе [4] приводилась фотография излучения электронов при давлении газа, составляющем 1/2 от порогового значения, и делался вывод о том, что наблюдаемое излучение является оптическим переходным излучением, возникающим при прохождении пучка электронов через медную фольгу входного окна и через пластину зеркала внутри счетчика. Диссертация же Я.Ружички содержала более полные сведения об этом припороговом излучении для разных газов и при существенно меньших давлениях, которые, как было отмечено в отзыве А.А.Тяпкина, трудно было согласовать с прежней гипотезой об оптическом переходном излучении наблюдаемого свечения электронов. При этом из-за дисперсии $n(\omega)$ для релятивистских частиц в газе припороговые явления возникают в широкой области относительных давлений.

Действительно, интенсивность припорогового излучения заметно уменьшалась при понижении давления газа, а затем излучение почти совсем исчезло при давлении, составляющем одну сотую долю от давления, соответствующего порогу ИВЧ. Столь существенная зависимость интенсивности этого излучения от давления газа, как было отмечено в работе [1], указывает, что наблюдаемое припороговое излучение в основном обусловлено излучением в самом газе, а не переходным процессом перестройки поля на границе двух сред. Поэтому естественно было предположить, что здесь экспериментатор столкнулся с общим для всех волновых процессов припороговым явлением, которое в электродинамике следовало бы назвать когерентным излучением, образующим

своеобразный «световой барьер» непосредственно перед заряженной релятивистской частицей.

Для доказательства такой природы наблюдаемого предчеренковского излучения следует прежде всего продолжить начатое в работе [3] исследование этого излучения при газовом радиаторе в магнитном поле, отклоняющем пучок электронов. Такой эксперимент был проведен только при одном давлении газа ниже порога ИВЧ. В этом опыте на фотоснимке получена светящаяся полоса от излучения электронов, отклоняющихся в магнитном поле. Однако осталось невыясненным, в какой мере наблюдаемое излучение обусловлено магнитнотормозным эффектом, а не присутствием газового радиатора. Если с уменьшением давления газа будет существенно спадать интенсивность светящейся полосы, то из этого будет следовать, что регистрируемое излучение в основном связано с взаимодействием релятивистских электронов с газовым радиатором. Для определения же вклада синхротронного излучения потребуется получить фотографию при прохождении пучка электронов в магнитном поле при отсутствии газа в счетчике.

Такой решающий эксперимент по доказательству существования излучения на пороге ИВЧ при $n(\omega) = u/v$ предполагается нами провести на пучке электронов синхротрона «Пахра» совместно с сотрудниками отдела физики высоких энергий ФИРАН, который возглавлял прежде П.А.Черенков. Если этот эксперимент подтвердит данное предположение о природе ранее наблюдавшегося предчеренковского излучения, то возникнет целесообразность спектральных исследований с целью обнаружения эффекта, обусловленного индуцированным механизмом излучения [1].

Литература

1. Тяпкин А.А. — Краткие сообщения ОИЯИ 3[60]-93, Дубна, 1993, с.26.
2. Тамм И.Е., Франк И.М. — ДАН СССР, 1937, т.14, с.107.
3. Ружичка Я. — «Теоретические и экспериментальные исследования эффекта Вавилова — Черенкова». Диссертация на соиск. уч. степ. д-ра физ.-мат. наук. ОИЯИ, Дубна, 1993.
4. Ружичка Я., Зрелов В.П. — Препринт ОИЯИ Р1-92-233, Дубна, 1992.