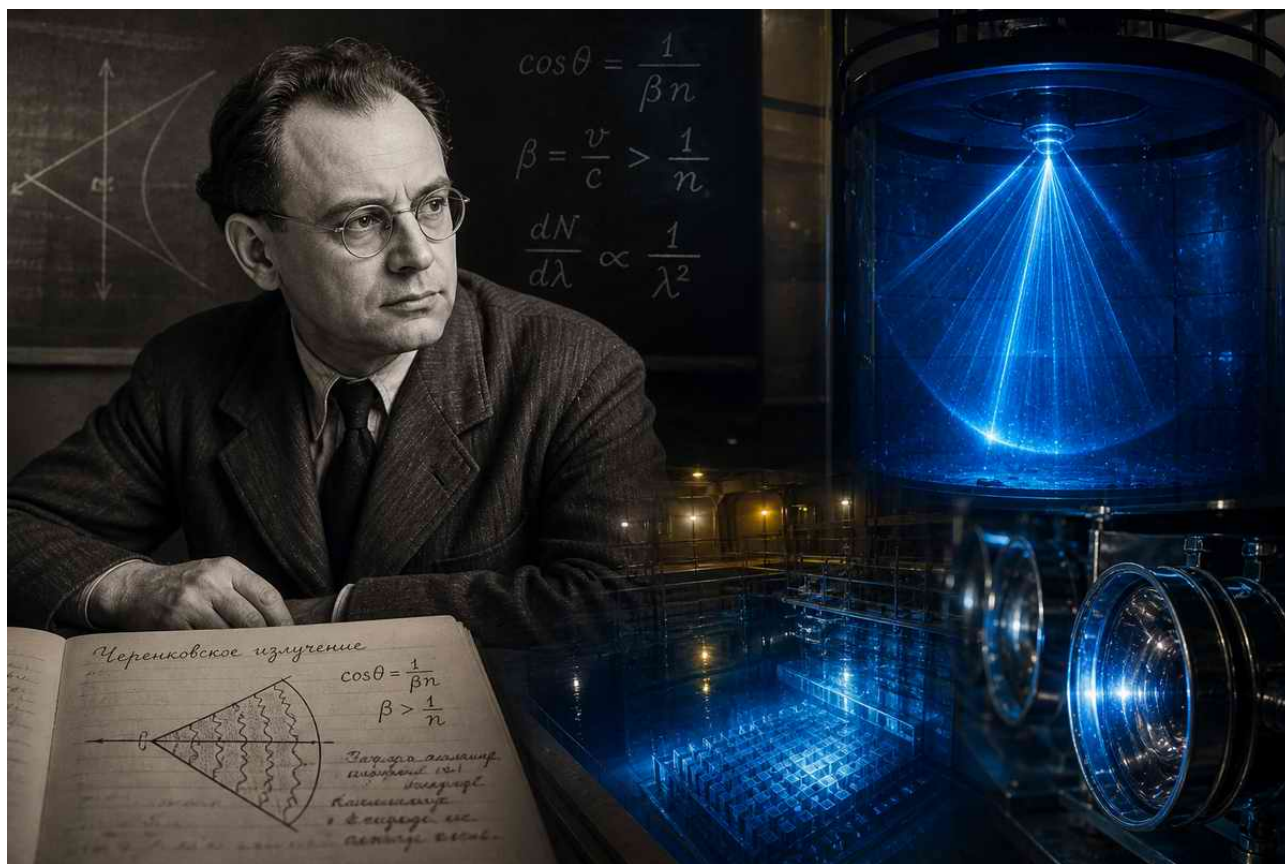


Илья Франк и свет быстрее света: как было объяснено черенковское излучение



Дата публикации: 05.05.2026

Имя Ильи Михайловича Франка прочно связано с одним из самых необычных эффектов физики XX века — черенковским излучением. Именно Франк совместно с Игорем Таммом создал теорию, объяснившую природу загадочного голубого свечения, возникающего в воде рядом с радиоактивными источниками и в активных зонах ядерных реакторов. Это открытие стало не только важным этапом развития квантовой электродинамики, но и фундаментом для создания огромного числа современных детекторов частиц, используемых в ядерной физике, астрофизике и космологии.

История началась в 1930-х годах, когда советский физик Павел Алексеевич Черенков исследовал люминесценцию жидкостей под действием гамма-излучения. Во время экспериментов он заметил слабое голубоватое свечение, возникавшее даже в тех случаях, когда обычная флуоресценция отсутствовала. Эффект оказался необычным: интенсивность свечения зависела не от химического состава жидкости, а главным образом от скорости заряженных частиц и свойств среды.

Экспериментальные данные указывали на то, что наблюдается совершенно новый физический механизм. На тот момент классическая электродинамика не давала ясного объяснения происходящему. Именно тогда к проблеме подключились Илья Михайлович Франк и Игорь Евгеньевич Тамм.

Ключевая идея их теории заключалась в том, что заряженная частица способна двигаться в веществе быстрее, чем распространяется свет в этой среде. Это не нарушает специальную теорию относительности, поскольку пределом остается скорость света в вакууме. Однако в воде, стекле или другой прозрачной среде свет распространяется медленнее из-за взаимодействия с веществом.

Если электрон, возникающий при радиоактивном распаде, движется быстрее света в воде, возникает особый электромагнитный ударный фронт, аналогичный ударной волне сверхзвукового самолета. Именно этот процесс и порождает характерное голубое свечение.

Франк и Тамм математически описали этот эффект в 1937 году. Они показали, что излучение распространяется под строго определенным углом относительно траектории частицы. Более того, угол свечения напрямую связан со скоростью частицы. Для быстрых электронов в воде этот угол составляет около 41 градуса. Это оказалось чрезвычайно важным: по геометрии светового конуса ученые получили возможность определять энергию и скорость элементарных частиц.

Еще одним важным результатом их теории стало объяснение спектра излучения. Франк и Тамм показали, что наиболее интенсивно испускаются коротковолновые фотоны. Именно поэтому черенковское излучение визуально выглядит ярко-синим или голубым.

Теория Франка и Тамма быстро получила экспериментальное подтверждение. Вскоре стало ясно, что эффект имеет огромное практическое значение. Уже в 1940–1950-х годах черенковские счетчики начали использоваться для регистрации быстрых частиц в ускорителях и космических лучах.

Одним из важнейших преимуществ таких детекторов стала их высокая скорость работы. В отличие от газоразрядных счетчиков, время отклика черенковских систем измерялось наносекундами. Это позволило фиксировать процессы, происходящие практически мгновенно по меркам ядерной физики.

Черенковские детекторы оказались особенно полезны при идентификации частиц. Поскольку порог возникновения свечения зависит от массы и скорости частицы, стало возможным различать электроны, мюоны, пионы и протоны даже при близких энергиях.

Например, легкие электроны начинают создавать черенковское свечение при значительно меньших энергиях, чем тяжелые протоны. Такая разница позволяла эффективно отделять разные типы частиц друг от друга.

Работы Франка оказали колоссальное влияние и на астрофизику. Сегодня гигантские водные черенковские детекторы используются для регистрации нейтрино — почти неуловимых частиц, способных проходить через планеты и звезды.

Один из самых известных примеров — Super-Kamiokande. Этот гигантский детектор содержит около 50 тысяч тонн сверхчистой воды и тысячи фотоумножителей, фиксирующих слабые вспышки черенковского света. Именно такие установки позволили доказать существование осцилляций нейтрино — превращения одного типа нейтрино в другой.

Черенковское излучение применяется и в космической гамма-астрономии. Когда высокоэнергетические гамма-кванты попадают в атмосферу Земли, они создают каскады вторичных частиц. Эти частицы движутся быстрее света в воздухе и порождают короткие вспышки черенковского света длительностью всего несколько наносекунд.

Именно на этом принципе работают телескопы HESS, MAGIC и VERITAS, исследующие самые энергичные процессы Вселенной: активные ядра галактик, остатки сверхновых и окрестности черных дыр.

В ядерной энергетике черенковское свечение стало одним из визуальных символов работы реакторов. Голубое сияние в бассейнах выдержки отработанного топлива возникает из-за быстрых электронов, испускаемых при радиоактивных распадах. Эти электроны движутся в воде быстрее локальной скорости света и создают характерное излучение, предсказанное Франком и Таммом.

Научная значимость работ Франка заключалась не только в объяснении конкретного эффекта. Их теория стала примером того, как классическая электродинамика может описывать процессы, происходящие в экстремальных условиях высоких энергий и скоростей, близких к световой.

В 1958 году Павел Алексеевич Черенков, Илья Михайлович Франк и Игорь Евгеньевич Тамм получили Нобелевская премия по физике 1958 года за открытие и интерпретацию черенковского излучения. К тому времени эффект уже превратился в один из важнейших инструментов экспериментальной физики.

Сегодня идеи Франка используются в самых разных областях науки: физика

ускорителей, нейтринная астрономия, медицинская диагностика, радиационный контроль, космические исследования, поиск темной материи и эксперименты на Большой адронный коллайдер.

Даже спустя десятилетия теория Франка и Тамма остается практически неизменной. Это редкий пример физической модели, которая одинаково хорошо описывает как лабораторные эксперименты 1930-х годов, так и современные астрофизические наблюдения колоссальных энергий.

Работы Илья Михайлович Франк показали, что даже слабое голубое свечение в жидкости может оказаться следом фундаментальных законов природы. Именно благодаря этому открытию человечество научилось видеть частицы, которые невозможно наблюдать напрямую, и использовать свет как инструмент исследования глубин материи и устройства Вселенной.