

.39.121.7

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ СИНЕГО γ -СВЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ *)

С. И. Вавилов

Описанное в статье П. А. Черенкова **) универсальное свечение чистых жидкостей при распространении γ -излучения (называемое в дальнейшем для краткости γ -свечением) нельзя отождествить с синим свечением едва ли не всех «чистых» жидкостей, наблюдаемым при освещении ультрафиолетовым светом¹. В последнем случае свечение, несомненно, вызывается примесями, которые можно удалить повторной дистилляцией. Оно обладает всеми свойствами типичной флуоресценции, его можно тушить посторонними веществами, оно ослабляется при нагревании и соответственном уменьшении вязкости среды. Плоскость поляризации этого свечения нормальна, т. е. направление возбуждающего светового вектора является преимущественным. В противоположность этому, в опытах П. А. Черенкова свечение не удавалось потушить ни растворением посторонних веществ, ни нагреванием— поляризация всегда была отрицательной и не зависела от вязкости среды. По теории флуоресценции жидкостей такие свойства несовместимы с конечной длительностью возбужденных состояний молекул, поэтому позволительно утверждать, что наблюденный эффект вообще не может быть каким-либо видом люминесценции, для которой конечная длительность возбуждения является необходимым характерным признаком².

*) Впервые опубликовано в ДАН СССР 2 (8), 457 (1934). В этой статье С. И. Вавилов обосновал, что наблюдавшееся П. А. Черенковым явление не есть вид люминесценции, что было существенным для всего развития исследований. В советской литературе это явление получило название «эффект Вавилова — Черенкова». Воспроизведется по Собр. соч., т. I, М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 377.

**) П. А. Черенков, ДАН СССР 2, 451 (1934) (см. след. статью.— Ред.).

Возможно, правда, предположение, что необычайно малая величина длительности возбужденных состояний γ -свечения связана с тем, что флуоресценция жидкости, появляющаяся под действием γ -лучей, чрезвычайно сильно потушена вследствие ударов второго рода со стороны других молекул. Известно³, что при большом тушении светятся только молекулы с малыми значениями длительности возбужденных состояний. Против такого объяснения говорят, однако, универсальность явления, приблизительное равенство интенсивностей свечения в веществах, резко отличающихся по химическому составу, и аномальное направление плоскости поляризации.

Наиболее вероятной причиной γ -свечения мы считаем излучение при торможении комптоновских электронов. Жесткость и интенсивность γ -лучей в опытах П. А. Черенкова были очень большими, поэтому число комптоновских процессов рассеяния, а следовательно и число рассеянных электронов, должно быть в жидкости значительным. Электроны, освободившиеся внутри плотной жидкости, могут заметно тормозиться уже на ничтожных расстояниях, что должно сопровождаться излучением непрерывного спектра. Таким образом, может возникнуть также слабое видимое излучение, хотя граница спектра торможения и его максимум будут расположены где-нибудь в рентгеновской области. Отсюда следует, что кривая распределения энергии в видимой части спектра должна возрастать в фиолетовую сторону спектра, вследствие чего сине-фиолетовая часть свечения будет особо интенсивной.

Интенсивность видимого излучения при торможении в общем может определяться только числом внешних, слабо связанных электронов в молекулах. Роль внутренних электронов может быть лишь незначительной. В последнем столбце таблицы сообщения П. А. Черенкова приведено относительное общее число внеядерных электронов (в см^3) для различных жидкостей. За исключением CCl_4 и H_2SO_4 , электронные числа для разных жидкостей мало отличаются друг от друга, что соответствует примерно одинаковой интенсивности свечения. Исключительное положение CCl_4 и H_2SO_4 , для которых электронные числа значительно больше, чем для остальных жидкостей, хотя интенсивность свечения того же порядка величины, удовлетворительно объясняется тем, что в названных соединениях присутствуют довольно тяжелые атомы S и Cl, в которых внутренние электроны являются прочно связанными. Эти электроны не могут иметь заметного значения для комптоновского рассеяния.

Нечувствительность γ -свечения к различным факторам тушения (посторонним веществам, изменению вязкости) без дальнейшего объясняется с точки зрения гипотезы торможения. Рассеяние γ -фотона и выбрасывание комптоновского электрона происходят одновременно (по интерпретации опыта Боте — Гейгера), следовательно, длительность возбуждения должна быть исчезающе малой, как это и имеет место в опытах Черенкова. Можно сказать даже, что неспособность γ -свечения к тушению является новым и более тонким экспериментальным доказательством справедливости утверждения об одновременности рассеяния фотона и электрона.

По теории Клейна и Нишины⁴ рассеянные электроны в случае жестких γ -лучей пространственно направлены по преимуществу вдоль первичных γ -лучей. Отсюда непосредственно следует, что электрический вектор излучения при торможении комптоновских электронов будет расположен главным образом вдоль γ -лучей в согласии с опытом Черенкова. Факт независимости измеренной степени поляризации от вязкости среды, т. е. от броуновского вращения молекул, дает еще новое доказательство одновременности актов рассеяния фотона и электрона в эффекте Комптона.

Гипотеза торможения делает, наконец, понятным то, что интенсивность синего свечения при возбуждении лучами Рентгена значительно меньше. В этом случае процессы комптоновского рассеяния происходят значительно реже и только самые внешние, весьма слабо связанные электроны могут обусловливать свечение. Следует заметить также, что в случае мягких лучей Рентгена значительная энергия лучей поглощается в жидкости и в ней могут иметь место совершенно иные процессы свечения, например люминесценция.

Таким образом, все свойства нового эффекта качественно свободно объясняются с точки зрения гипотезы торможения. Дальнейшей проверкой предложенного объяснения может служить зависимость степени поляризации свечения от жесткости возбуждающих лучей, требуемая теорией. Для лучей Рентгена поляризация должна быть меньше.

В заключение отметим, что γ -свечение может наблюдаться, вероятно, только в прозрачных жидкостях. В газе по причине малой плотности оно должно быть исчезающе слабым (напомним, что эффект заметен только для вполне адаптированного глаза и при большой интенсивности γ -лучей). В твердых прозрачных телах неизбежно имеются люминесцирующие центры, и свет люминесценции, несомненно, будет значительно сильнее γ -свечения.

Физико-математический институт
Академии наук им. В. А. Стеклова,
Ленинград

ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Вавилов, Zs. Phys. **54**, 270 (1929).
2. С. И. Вавилов, Phys. Zs. Sowjetunion **5**, 369 (1934).
3. С. И. Вавилов, И. М. Франк, Zs. Phys. **69**, 100 (1931).
4. О. Klein, Y. Nishina, Zs. Phys. **52**, 853 (1929); Handb. exper. Phys. **15**, 154 (1928).