

## К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ» В КУРСЕ ФИЗИКИ

*А. И. Серый*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени  
А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

Учебными программами курса физики предполагается, в частности, знакомство с таким явлением, как люминесценция (при изучении оптики либо атомной физики). Сравнение основных видов этого явления, представляющее интерес для образовательного процесса, представлено ниже в таблицах, составленных на основе сведений из [1, с. 246, 456; 624–626; 2, с. 64–65; 3, с. 89–90; 4, с. 431–434; 5, с. 417–418; 6, с. 367; 7, с. 136, 140–141, 149–150, 175–177, 180; 8, с. 68, 222, 378; 9, с. 350, 404, 536; 10, с. 517].

Таблица 1 – Подходы к классификации разновидностей люминесценции

Классификационный признак	Соответствующие разновидности
Способ возбуждения атомов	Фотолюминесценция, рентгенолюминесценция, электролюминесценция, люминесценция в магнитном поле, катодолюминесценция, хемилюминесценция (частный случай – биолюминесценция), триболюминесценция, кандолюминесценция, лиолюминесценция, радикалорекombинационная люминесценция
Время жизни возбужденных состояний атомов	Флуоресценция, фосфоресценция
Соотношения между частотой исходного возбуждающего излучения и частотой люминесценции	Резонансная, стоксова и антистоксова (частный случай – кооперативная)
Тип спектра	Люминесценция со сплошным, линейчатым, полосатым спектром
Ослабление или усиление интенсивности с течением времени	Затухающая люминесценция и сверхлюминесценция
Механизм элементарных процессов	Резонансная, спонтанная, метастабильная (вынужденная), рекомбинационная
Наличие линейной или циркулярной поляризации	Неполяризованная и поляризованная
Отсутствие или наличие теплового равновесия системы с окружающей средой	Горячая и холодная (обычная) люминесценция

В [3, с. 90] после перечисления основных разновидностей люминесценции говорится: «Оставляем в стороне вопрос о полноте и обоснованности этого списка». Важность такого замечания можно проиллюстрировать на примерах различий между смысловыми содержаниями определений одного и того же типа люминесценции в разных литературных источниках. Некоторые примеры собраны ниже в таблице 2.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Таблица 2 – Примеры различий между смысловыми содержаниями определенных одного и того же типа люминесценции в разных литературных источниках

Тип люминесценции	Примеры определений	Примечания
Электролюминесценция	Люминесценция, возникающая при: а) влиянии на люминофор электрического поля [1, с. 624; 3, с. 90]; б) то же, что в предыдущем пункте, а также при прохождении через люминофор электрического тока [5, с. 417; 6, с. 367; 7, с. 136; 9, с. 536]	Такие определения тесно взаимосвязаны, поскольку при достаточном значении напряженности электрического поля в веществе может возникнуть электрический ток
Фотолюминесценция	Люминесценция, возникающая при облучении вещества: а) видимым или ультрафиолетовым излучением [3, с. 90; 4, с. 433; 6, с. 367; 9, с. 350]; б) то же, что в предыдущем пункте, а также рентгеновским или гамма-излучением [5, с. 418; 7, с. 176]	Рентгеновская люминесценция может считаться отдельным типом (сюда могут включать и гамма-люминесценцию [3, с. 90]), так как в ней важную роль играют быстрые электроны, вырываемые рентгеновскими лучами [4, с. 433]; рентгеновскую и гамма-люминесценцию иногда относят также к частным случаям радиолюминесценции [3, с. 90; 8, с. 222]
Катодолюминесценция	Люминесценция, возникающая при бомбардировке люминофора электронами (катодными лучами) [1, с. 246–247; 3, с. 90; 6, с. 367; 7, с. 140–141], а также другими заряженными частицами [5, с. 417] (в этом случае к катодолюминесценции можно отнести ионо- и $\alpha$ -люминесценцию)	Катодолюминесценция может также считаться частным случаем радиолюминесценции [1, с. 624]. Кроме того, если заряд других частиц (при расширении смыслового содержания определения) положительный, можно наряду с катодолюминесценцией говорить об анодолюминесценции
Кандолюминесценция	А. Люминесценция, возникающая при механических воздействиях (например, при разрушении кристаллической решетки) [1, с. 624]; Б. Свечение, возникающее при помещении вещества в пламя (например, газовой горелки), но не относящееся к тепловому [3, с. 90]	Первое из определений, приведенных в ячейке слева, напоминает определение триболюминесценции [3, с. 90; 9, с. 166]
Радиолюминесценция	А. Свечение, возникающее под действием ядерных излучений ( $\alpha$ -частиц, $\beta$ -частиц, $\gamma$ -лучей, протонов и др.) [3, с. 90], а также (помимо перечисленного) нейтронов и жестких рентгеновских лучей [8, с. 222]. Б. Свечение, возникающее под дей-	Сравнение определений, приведенных в ячейке слева, с определениями других типов люминесценции позволяет сделать вывод, что радиолюминесценция (за исключением нейтронной) может быть связана с разновидностями

## Продолжение таблицы 2

Тип люминесценции	Примеры определений	Примечания
	ствием проникающей радиации вообще (к ней относится рентгено-, катодо-, ионо- и $\alpha$ -люминесценция) [1, с. 624]	катодолюминесценции и фотолюминесценции. Первый пример определения наводит на мысль, что выделение радиолюминесценции в отдельный тип заключается, скорее, не в способе возбуждения среды (с физической т. зр.), а в способе предварительной генерации частиц, создающих это возбуждение

Следует также отметить, что люминесценция, возбуждаемая одними и теми же заряженными частицами (прежде всего – электронами) может относиться к разным типам. Соответствующие примеры рассмотрены в таблице 3.

Таблица 3 – Разные типы люминесценции, возбуждаемой одними и теми же заряженными частицами

Тип люминесценции	Электроны	Примеры источников с подобными определениями	Возможность распространения данного определения на другие заряженные частицы
Электролюминесценция	Создают электрический ток в веществе	[5, с. 417; 6, с. 367; 7, с. 136; 9, с. 536]	Да, если ток в данной среде может создаваться не только электронами
Радиолюминесценция	Выходят из ядер как $\beta$ -частиц	[3, с. 90; 8, с. 222]	Да, только названия частиц уже другие (не $\beta$ -частицы)
Катодолюминесценция	Направляются на поверхность вещества в виде пучка	[1, с. 246–247; 3, с. 90; 6, с. 367; 7, с. 140–141]	Да [5, с. 417]

Различия между флуоресценцией и фосфоресценцией рассмотрены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные различия между флуоресценцией и фосфоресценцией

	Флуоресценция	Фосфоресценция
Характерное время	От $10^{-8}$ до $10^{-9}$ с	Более $10^{-4}$ с
Переход атомов из возбужденного состояния в нормальное	Без промежуточного нахождения в метастабильном состоянии	С промежуточным нахождением в метастабильном состоянии
В каких облучаемых веществах наблюдается	В газах, растворах органических веществ (например, синевато-молочное свечение керосина на дневном свете), некоторых кристаллах	В некоторых твердых телах (например, кристаллах сернистого цинка)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Совет. энцикл., 1990. – Т. 2 : Добротность – Магнитооптика. – 703 с.
2. Толкачѳв, Е. А. Современная концепция естествознания: начала и образ науки в массовом образовании / Е. А. Толкачѳв. – Минск : РИВШ, 2012. – 212 с.
3. Сивухин, Д. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие: в 2 ч. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1986. – Ч. 1: Атомная физика. – 416 с.
4. Элементарный учебник физики : в 3 т. / под ред. Г. С. Ландсберга. – Репринт 10-е изд., перераб. – М. : АОЗТ «Шрайк», 1995. – Т. III : Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 656 с.
5. Яворский, Б. М. Справочное руководство по физике / Б. М. Яворский, Ю. А. Селезнев. – М. : Наука, 1975. – 624 с.
6. Кибец, И. Н. Физика: Справочник / И. Н. Кибец, В. И. Кибец. – Харьков : Фолио; Ростов н/Д : Феникс, 1997. – 479 с.
7. Гончаренко, С. У. Основні поняття і закони фізики : Довідник для учнів / С. У. Гончаренко, О. І. Ляшенко. – К. : Рад. шк., 1986. – 286 с.
8. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1994. – Т. 4 : Пойнтинга – Робертсона – Стримеры. – 704 с.
9. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1998. – Т. 5 : Стробоскопические приборы – Яркость. – 691 с.
10. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Совет. энцикл., 1988. – Т. 1 : Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.

## ОБ ИЗУЧЕНИИ НЕЙТРОНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА В КУРСАХ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

*А. И. Серый*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет  
имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

Нейтронизация вещества относится к предметам исследования современной астрофизики. Вместе с тем, обратные бета-процессы, которые к ней приводят и могут сами по себе считаться ее разновидностью, изучаются также в курсе физики атомного ядра и элементарных частиц [1, с. 87]. В связи с этим представляется интересным дать сравнительную характеристику различных каналов нейтронизации.

Соответствующие сведения оформлены ниже в виде таблицы. Сравниваются следующие каналы.

I. Обычный электронный захват.