

**\*СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ  
ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ.**

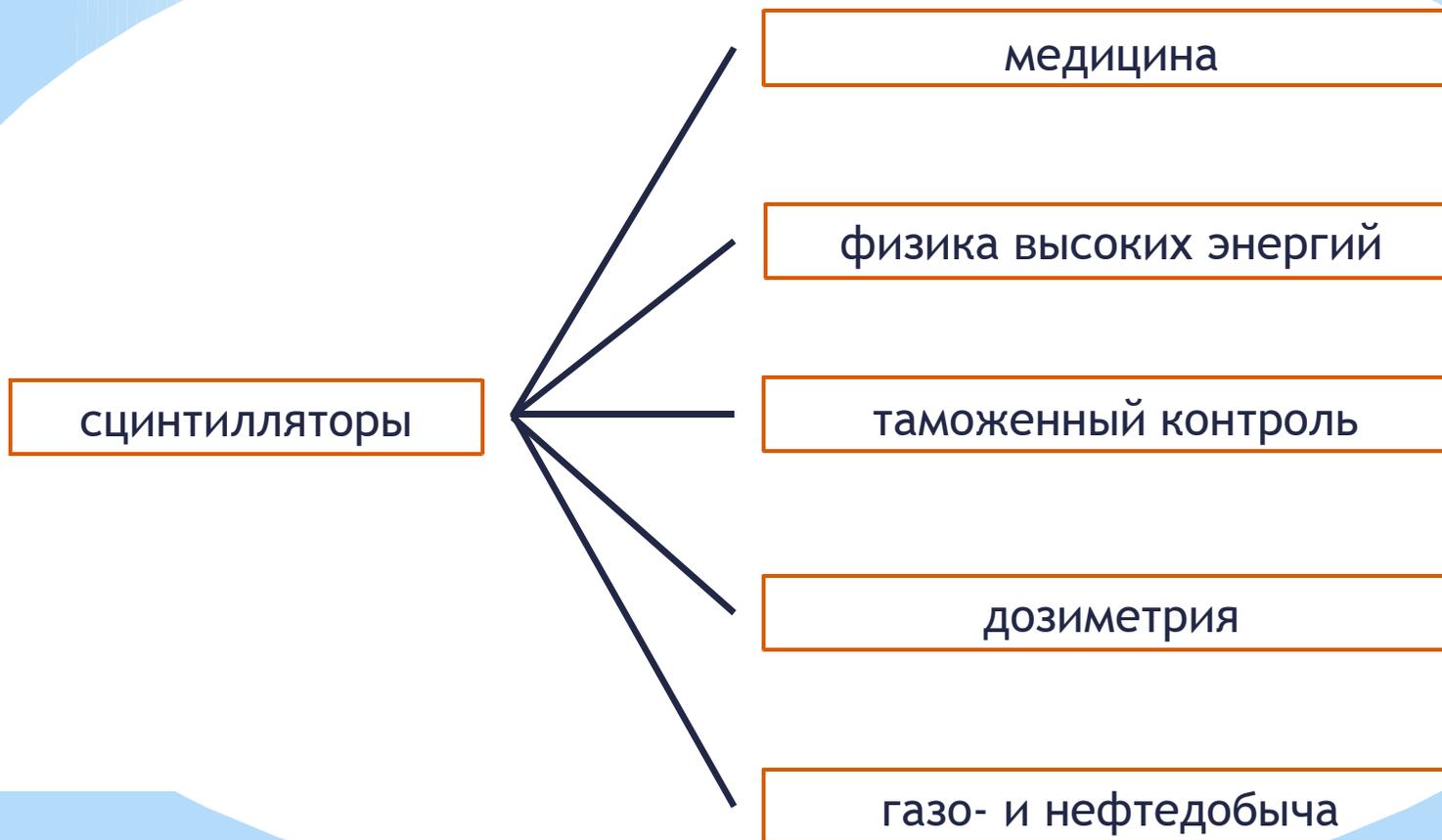
Русаков А.И.

# Цели и задачи

**Разработка методов получения перспективных сцинтилляционных материалов и изучение их люминесцентных свойств.**

- Освоить методику подготовки сырья для роста монокристаллов.
- Вырастить монокристаллы CsI и NaI.

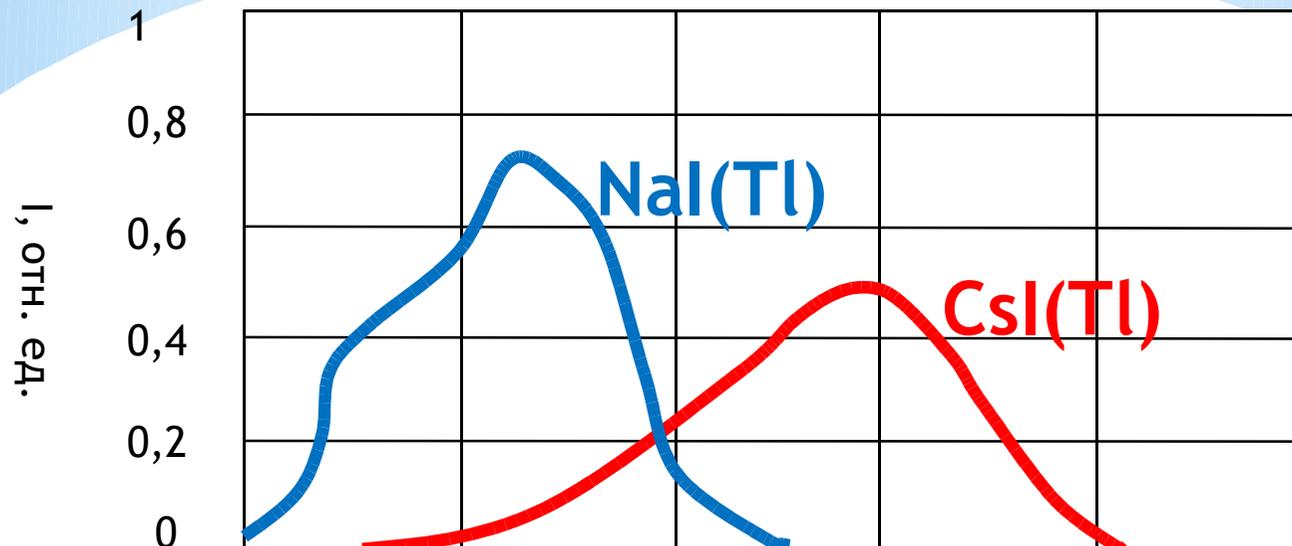
**Сцинтилляторы**— вещества, обладающие способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения (гамма-квантов, электронов, альфа-частиц и т. д.). Как правило, излучаемое количество фотонов для данного типа излучения приближённо пропорционально поглощённой энергии, что позволяет получать энергетические спектры излучения.



Основными характеристиками сцинтилляторов являются: световой выход, спектральный состав излучения и длительность сцинтилляций.

	NaI(Tl)	CsI(Na)	CsI(Tl)	CsI (чистый)	CsI(CO <sub>3</sub> )
Плотность (г/см <sup>3</sup> )	3,67	4,51	4,51	4,51	4,51
T плавления (K)	924	894	894	894	894
Плоскость спайности	(100)	Нет	Нет	Нет	Нет
Гигроскопичность	Да	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая
Максимум излучения (нм)	415	420	550	310	405
Коэф. преломления в максимуме излучения	1,85	1,84	1,79	1,95	1,84
Световыход (% от NaI(Tl))	100	85	45	5-6	60
Энергетическое разрешение (%)	7-10	8,8-11	8		8,5-9
Время затухания (мкс)	0,23	0,63	1	0,01	2
Послесвечение (после 6 мкс) (%)	0,3-5	0,5-5	0,1		0,06

Видно, что среди активированных ЩГК наиболее эффективным сцинтиллятором по значениям световыхода и времени высвечивания сцинтилляций являются кристаллы NaI(Tl), что обеспечивает им широкую область применения. В то же время их высокая гигроскопичность и хрупкость усложняют конструкцию детектора и сокращают срок его службы в условиях механических и климатических нагрузок.



Детекторы на основе иодида цезия уступают кристаллам NaI(Tl) по сцинтилляционным параметрам, особенно по длительности затухания сцинтилляционного импульса. Однако их высокая пластичность, плотность, обеспечивающие поглощение  $\gamma$ -излучения, и малая гигроскопичность указывают на предпочтительность их использования в жестких эксплуатационных условиях.

# Сушка CsI и NaI в ампулах

К наиболее представительным сцинтилляционным материалам на основе йодидов щелочных металлов относятся йодиды натрия, цезия и лития. Эти материалы очень чувствительны к наличию в них кислородных примесей, приводящих к ухудшению сцинтилляционной эффективности и прозрачности для собственного излучения.

Возможность загрязнения кристаллов кислородными примесями при подготовке исходных солей к выращиванию и в процессе выращивания определяется спецификой йодидов щелочных металлов - их высокой гигроскопичностью и химической активностью к кислородсодержащим компонентам воздуха ( $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ) и другим кислородсодержащим примесям.

**Ампула с солью находится в печи сушки 15-20 часов при температуре 60-450 оС.**

**При температуре 60 оС происходит сушка соли под вакуумом не менее пяти часов.**

**Температура в печи сушки увеличивается до 250 оС. При температуре 250 оС происходит сушка соли под вакуумом не менее пяти часов.**

**Температура в печи сушки увеличивается до 450 оС. При температуре 450 оС происходит сушка соли под вакуумом не менее пяти часов, затем ампула запаивается.**

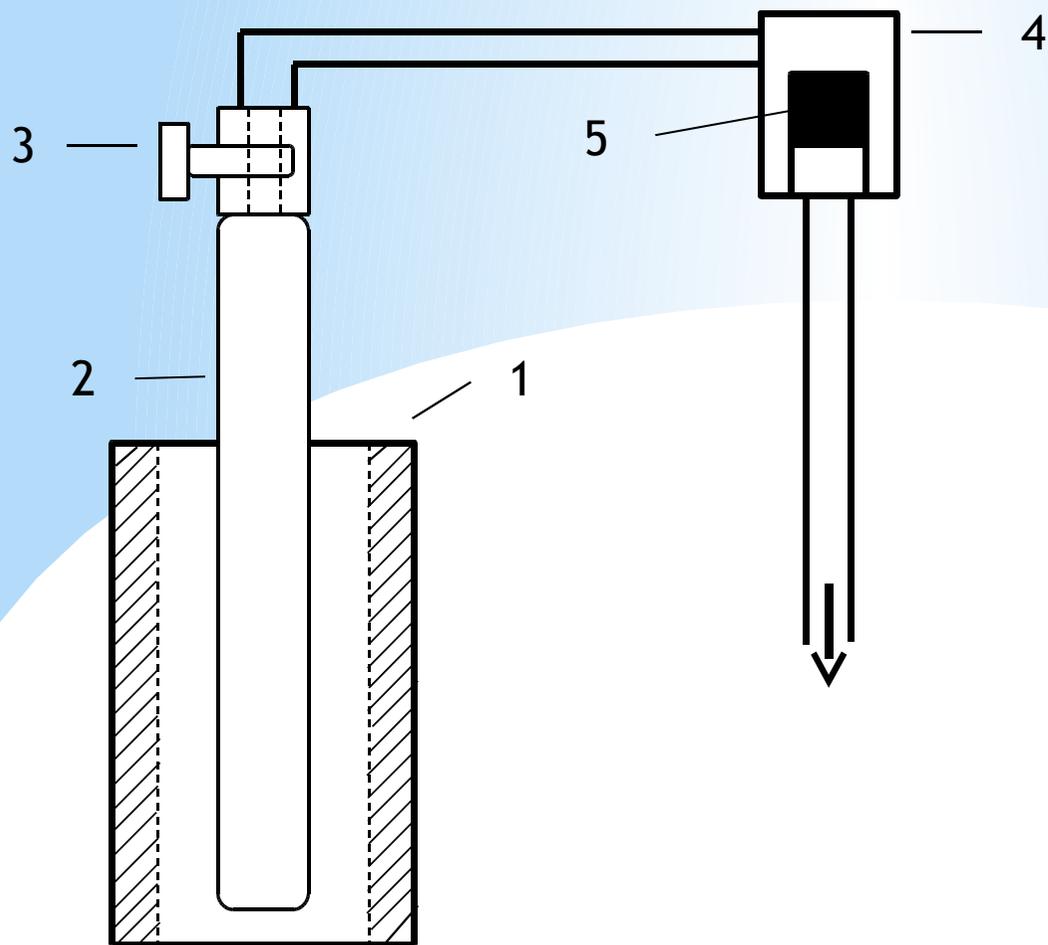


Рис. 1. Вакуумная линия.  
1-нагреватель  
2-ампула с сырьем  
3-отсекатель  
4-фильтр  
5-фильтрующее вещество

# Рост монокристаллов

Выращивание монокристаллов производится в многозонной печи методом Бриджмена-Стокбаргера в вертикальном варианте.

Основными элементами многозонной термической установки являются нагревательные модули различного конструктивного исполнения.

Установка состоит из 20 нагревательных модулей, соосно установленных друг относительно друга и разделенных теплоизолирующими прокладками, имеет 20 резистивных нагревательных элементов, 16 термопар, расположенных вблизи



h, мм

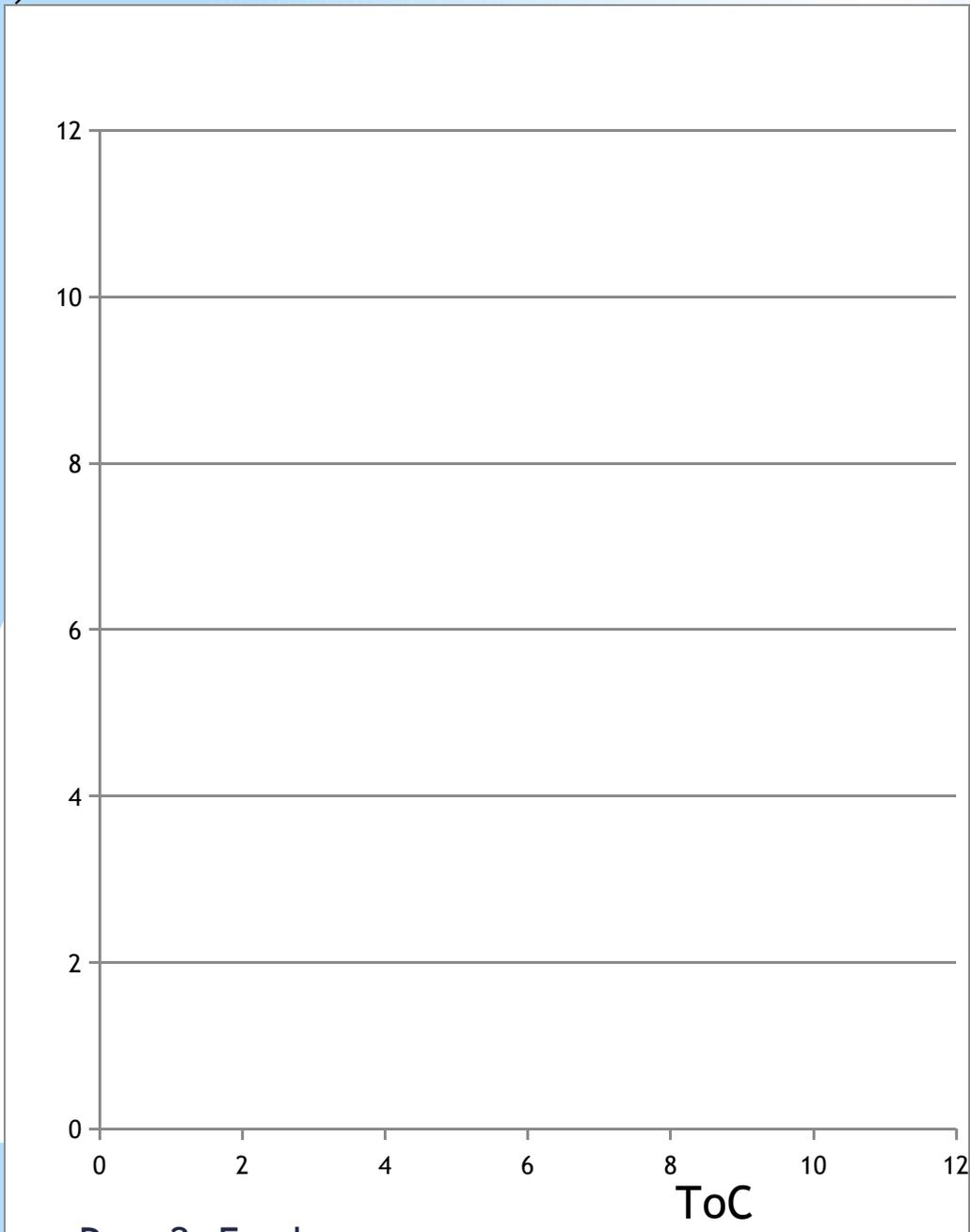


Рис. 2. График градуировки.

Произведена  
градуировка печи при  
рабочей температуре.  
Построен  
температурный  
градиент.

Ампула с сырьем  
помещалась в печь,  
после чего  
производился нагрев  
до рабочей  
температуры.

После выхода на  
режим, ампула  
температур смещен на 50  
опускалась в зону над  
мм вверх. Температура  
градиентом  
реальная превышает  
температур, ватем  
среднем на 20°C  
начинался рост.

Скорость роста



Для получения кристаллов NaI использовалось две различных соли.

1) NaI  $\cdot$  2H<sub>2</sub>O - натрий йод 2-водный (рис.)

2) NaI - натрий йод ОСЧ (рис.)

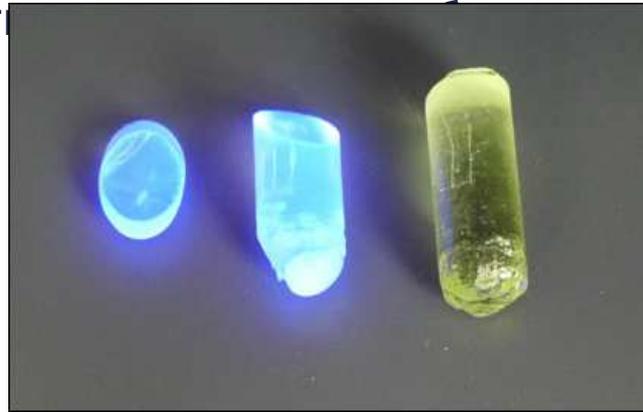
В интервале от  $-13,50$  до  $-31,50$ С- пентагидрат, а выше  $65,50$  С- безводная соль



Люминесцентные свойства тройных Ba и Sr содержащих галогенидов. Значения световых выхода и энергетического разрешения недоступны для иконгруэнтно плавящихся соединений, которые были получены в виде поликристаллических массы.

Compound: Eu concentration	Melting behavior	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Luminosity (photons/MeV)	Energy Resolution (at 662 keV)
BaFI: 5% Eu	Congruent	5,45	55,000	8,50%
BaClBr: 5% Eu	Congruent	4,5	52,000	3,50%
BaClI: 5% Eu	Congruent	4,6	54,000	9%
BaBrI: 8% Eu	Congruent	5,2	97,000	3,40%
SrClI: 5% Eu	Congruent	4,1	Est. 70,000	
SrBrI: 5% Eu	Congruent	4,9	Est. 47,000	
Cs <sub>2</sub> BaCl <sub>4</sub> : 5% Eu	Incongruent	3,75	Est. 30,000	
CsBa <sub>2</sub> Br <sub>5</sub> : 2% Eu	Incongruent	4,5	Est. 50,000	
Cs <sub>2</sub> BaBr <sub>4</sub> : 5% Eu	Incongruent	4,4	Est. 25,000	
CsBa <sub>2</sub> I <sub>5</sub> : 4% Eu	Congruent	4,9	102,000	2,55%
Cs <sub>2</sub> BaI <sub>4</sub> : 7% Eu	Incongruent	4,5	Est. 17,000	
CsSrBr <sub>3</sub> : 3% Eu	Congruent	3,8	Est. 40,000	
CsSrI <sub>3</sub> : 8% Eu	Congruent	4,2	65,000	5,90%

Идеального сцинтиллятора не существует и каждое применение вынуждено идти на компромисс, выбирая среди известных материалов тот, который имеет оптимальную совокупность свойств. В принципе идеальный сцинтиллятор (имеющий высокую плотность, большой эффективный атомный номер, высокий световыход, короткое время затухания, отсутствие послесвечения, хорошее спектральное перекрытие с фотодетектором, и низкую цену) может быть найдено.



В связи с этим планируется выращивание кристаллов методом Стокбаргера, с учетом сложности изучаемых систем таких как  $\text{BaBrI}$ ,  $\text{SrBrI}$ ,  $\text{SrClI}$ ,  $\text{CsBa}_2\text{I}_5$ . Значительная гигроскопичность материала и токсичные пары требуют вакуумирования реакционных смесей. В связи с этим выращивание кристаллов будет производиться на современной многозонной термической установке, позволяющей моделировать тепловое поле сложной конфигурации и выращивать кристаллы в кварцевых вакуумированных ампулах при низких скоростях роста (до 0,1 мм/час).

**Спасибо за внимание**