

# Применение методов проточной цитофлуорометрии для научных исследований

Павел Вавилов,  
Beckman Coulter, Новосибирск



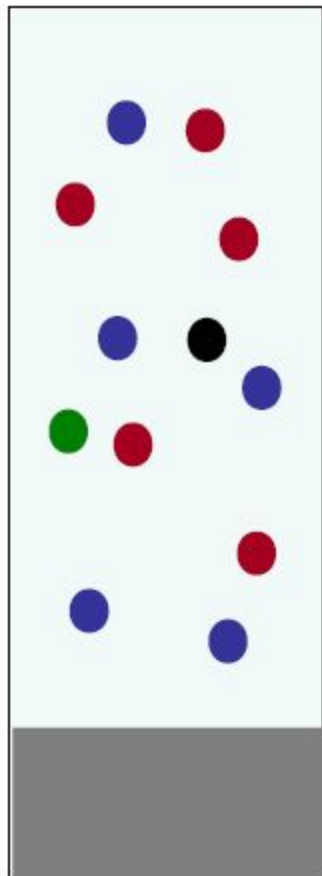
# **Проточная цитометрия**

Современная технология быстрого измерения параметров клетки, ее органелл и происходящих в ней процессов

# Клеточный анализ: статистика и достоверность результатов

Таблицы Rumke:

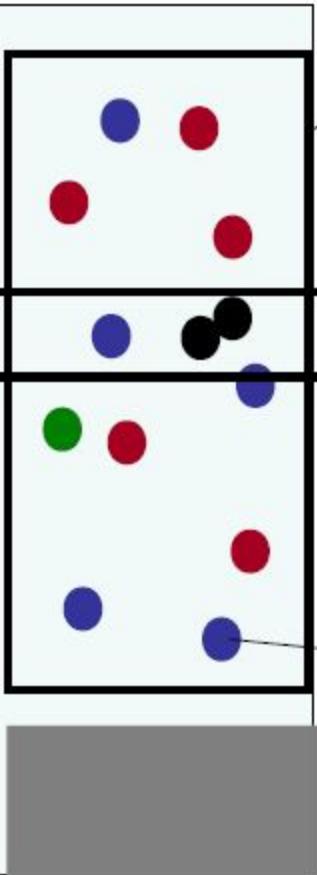
статистические отклонения при визуальном анализе - поиск бластов при помощи световой микроскопии



a	n = 100	n = 200	n = 500	n = 1.000	n = 10.000
0	0 - 3.6	0 - 1.8	0 - 0.7	0 - 0.4	0 - 0.1
1	0.0 - 5.4	0.1 - 3.6	0.3 - 2.3	0.5 - 1.8	0.8 - 1.3
2	0.2 - 7.0	0.6 - 5.0	1.0 - 3.6	1.2 - 3.1	1.7 - 2.3
3	0.6 - 8.5	1.1 - 6.4	1.7 - 4.9	2.0 - 4.3	2.6 - 3.4
4	1.1 - 9.9	1.7 - 7.7	2.5 - 6.1	2.9 - 5.4	3.6 - 4.5
5	1.6 - 11.3	2.4 - 9.0	3.3 - 7.3	3.7 - 6.5	4.5 - 5.5
6	2.2 - 12.6	3.1 - 10.2	4.1 - 8.5	4.6 - 7.7	5.5 - 6.5
7	2.9 - 13.9	3.9 - 11.5	4.9 - 9.6	5.5 - 8.8	6.5 - 7.6
8	3.5 - 15.2	4.6 - 12.7	5.8 - 10.7	6.4 - 9.9	7.4 - 8.6
9	4.2 - 16.4	5.4 - 13.9	6.6 - 11.9	7.3 - 10.9	8.4 - 9.6
10	4.9 - 17.6	6.2 - 15.0	7.5 - 13.0	8.2 - 12.0	9.4 - 10.7
15	8.6 - 23.5	10.4 - 20.7	12.0 - 18.4	12.8 - 17.4	14.3 - 15.8
20	12.7 - 29.2	14.7 - 26.2	16.6 - 23.8	17.6 - 22.6	19.2 - 20.8
25	16.9 - 34.7	19.2 - 31.6	21.3 - 29.0	22.3 - 27.8	24.1 - 25.9
30	21.2 - 40.0	23.7 - 36.9	26.0 - 34.2	27.2 - 32.9	29.1 - 31.0
35	25.7 - 45.2	28.4 - 42.0	30.8 - 39.4	32.0 - 38.0	34.0 - 36.0
40	30.3 - 50.3	33.2 - 47.1	35.7 - 44.4	36.9 - 43.1	39.0 - 41.0
45	35.0 - 55.3	38.0 - 52.2	40.6 - 49.5	41.9 - 48.1	44.0 - 46.0
50	39.8 - 60.2	42.9 - 57.1	45.5 - 54.5	46.9 - 53.1	49.0 - 51.0

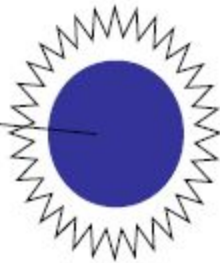
Сколько «атипичных» клеток – 1, 5 или 8???

# Проблемы, связанные с автоматическим подсчетом



**Анализ всех клеток на одной картинке:  
медленно!!!**

**Анализ по секторам:  
дуплеты и «половины» клеток!!!**

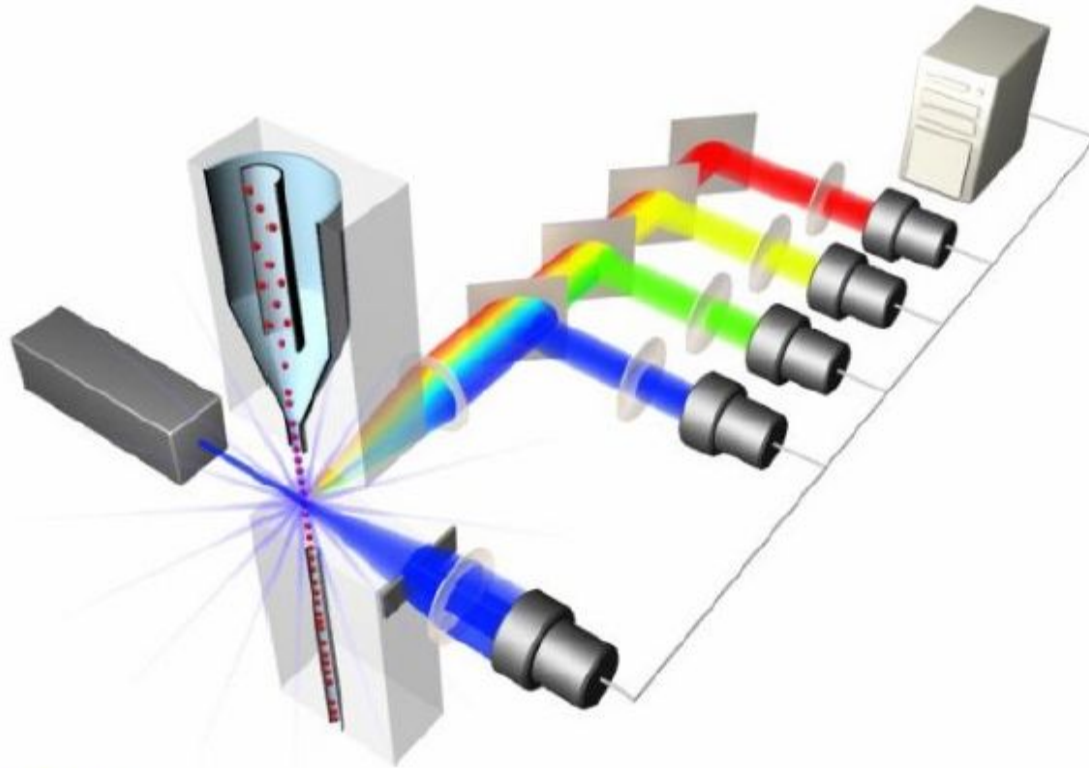


**Анализ каждой клетки отдельно:  
очень медленно!!!**

# Преимущества проточной цитометрии

- Измерение большого количества клеток за короткий промежуток времени
- Детекция редких событий, небольших субпопуляций с превосходной статистической точностью
- Одновременное определение морфологических параметров и параметров флуоресценции клеток
- Применим для различных типов клеток, включая клетки млекопитающих, растений, бактерии

# Основные компоненты проточного цитофлуориметра: гидравлика, оптическая система и электроника.



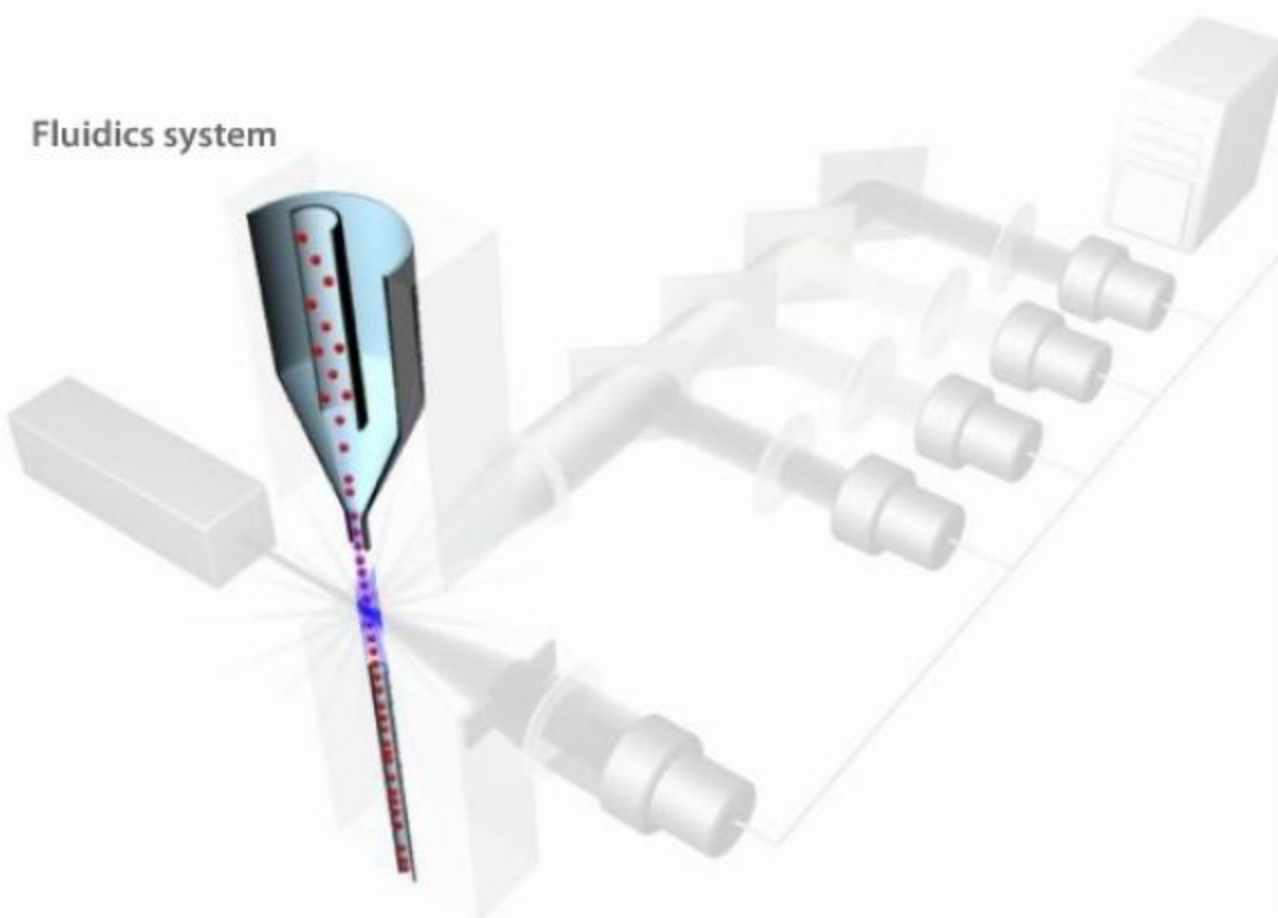
## Задачи компонентов:

- гидравлика – доставка образца для измерения;
- оптическая система: источники света – облучение образца, система оптических фильтров – сбор излучения;
- электроника – перевод светового сигнала в цифровой сигнал, который может быть проанализированным при помощи программного обеспечения

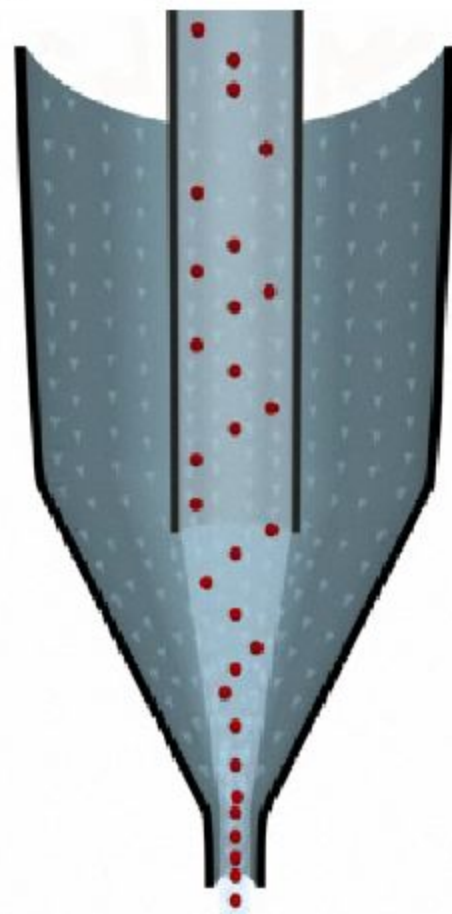


# Гидравлика – «fluidics system»: доставка и подготовка образца для измерения

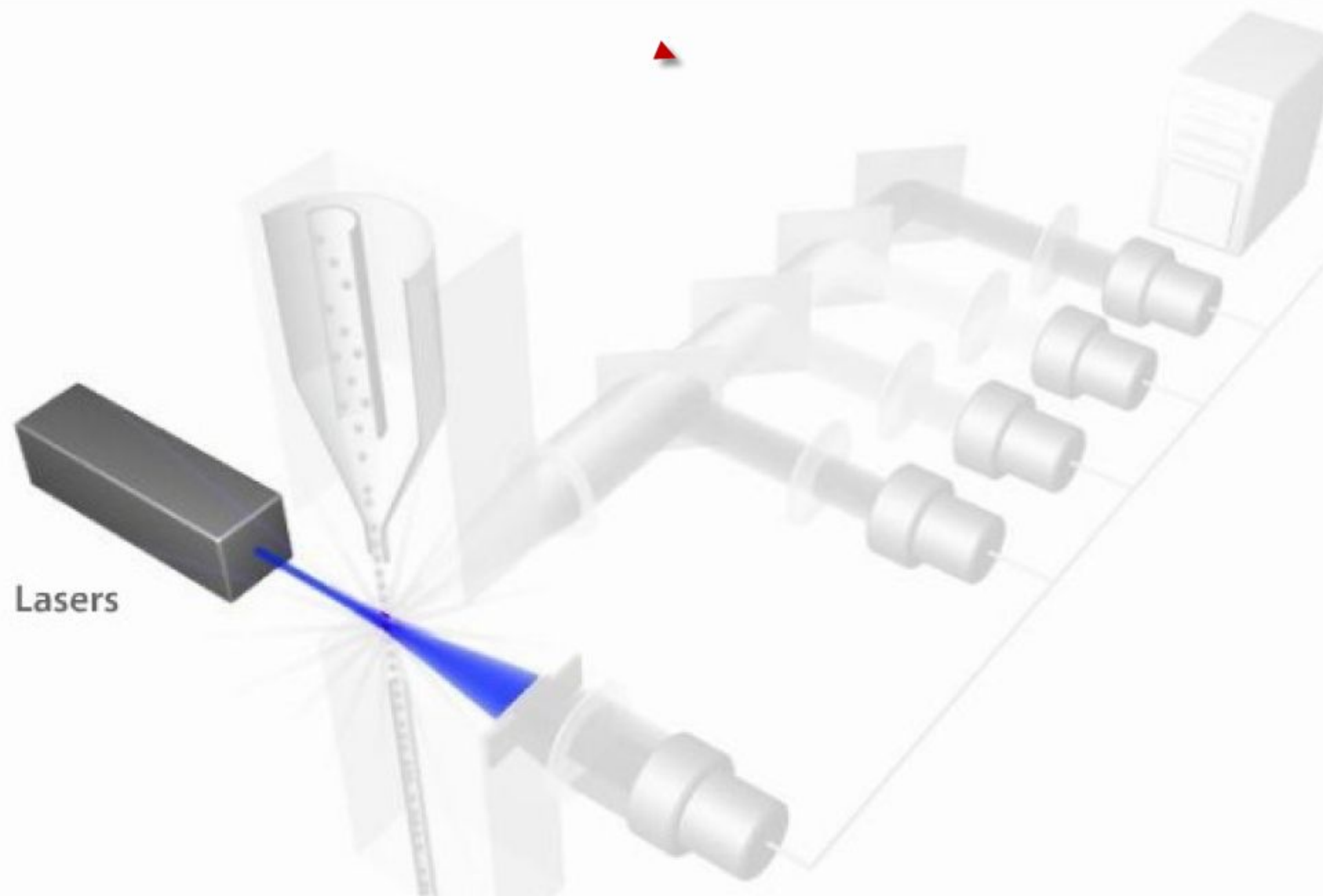
Fluidics system



Hydrodynamic Focusing



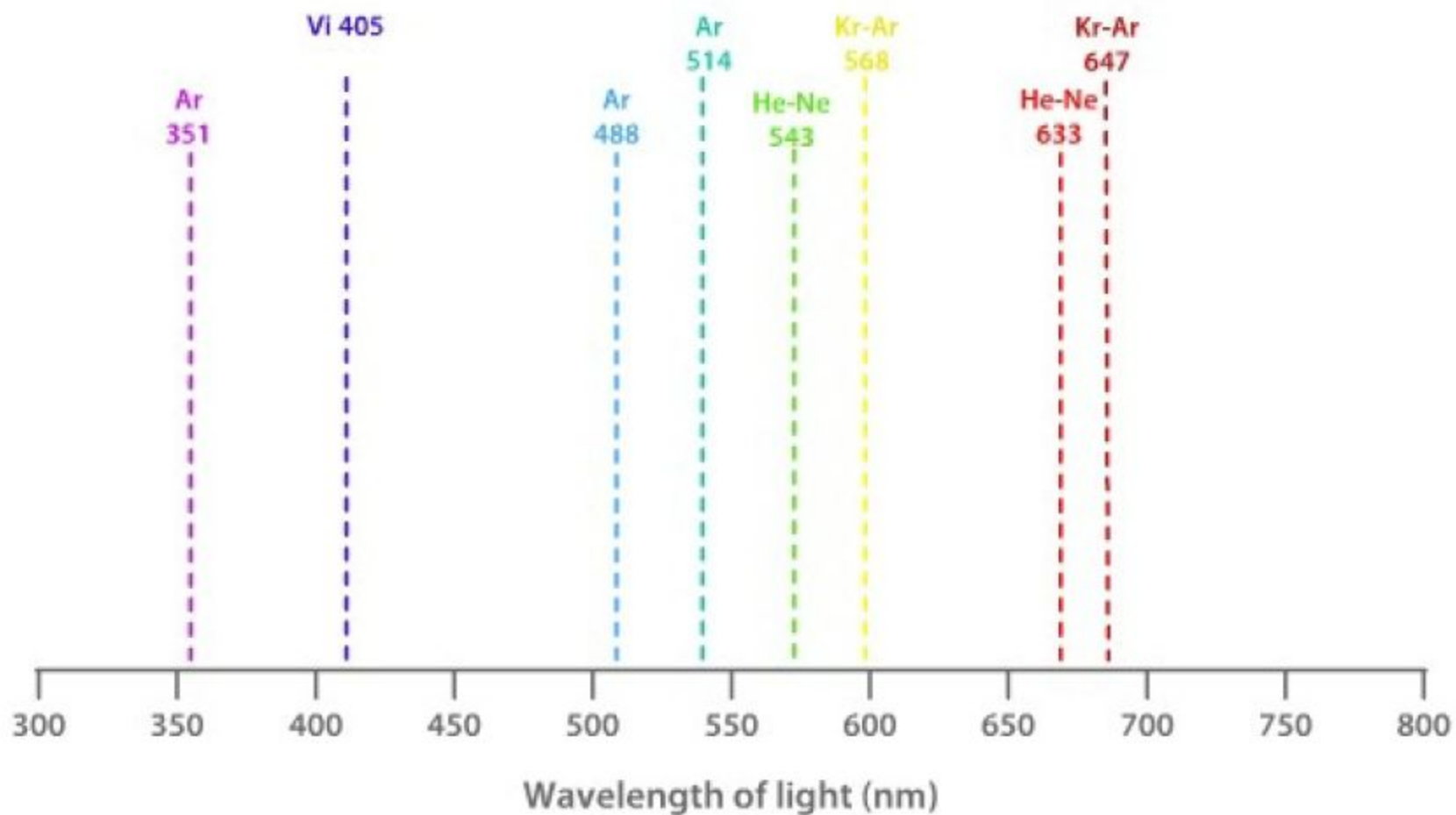
# Оптическая система - источники света



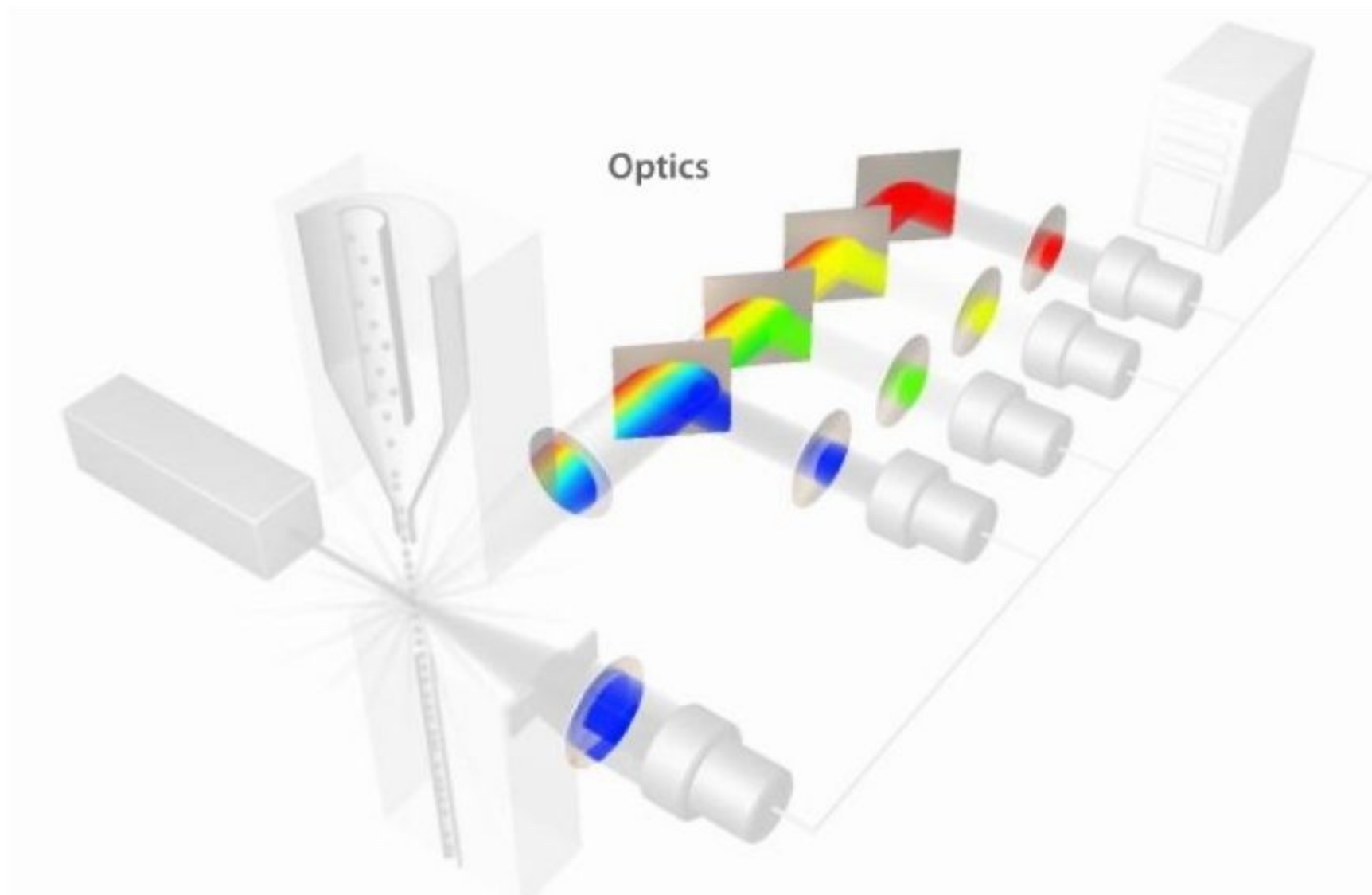


# Оптическая система - источники света

- UV или 355nm
- Violet или 407nm
- Blue или 488nm
- Yellow или 561nm
- Red или 637nm

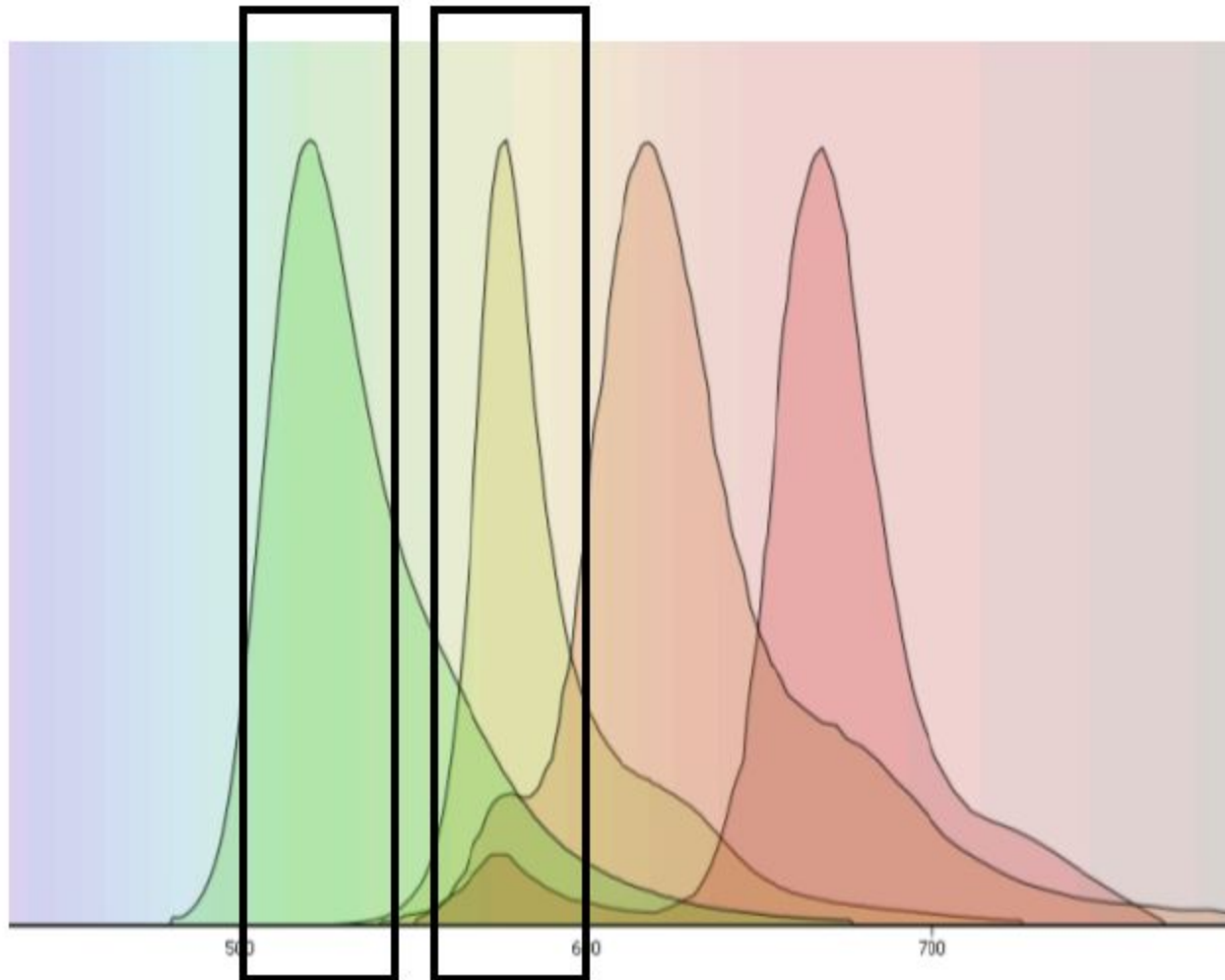


# Оптическая система - источники света



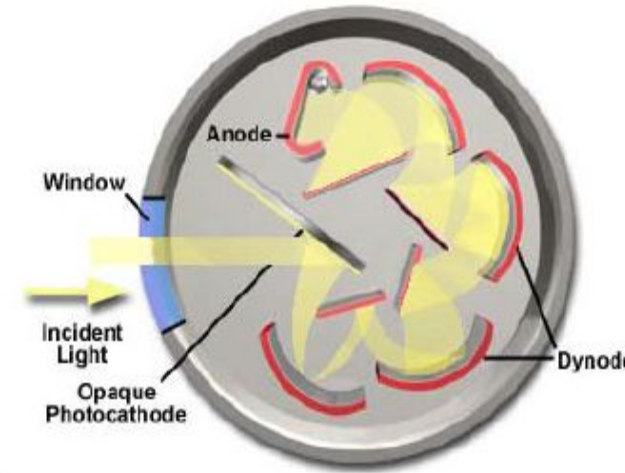
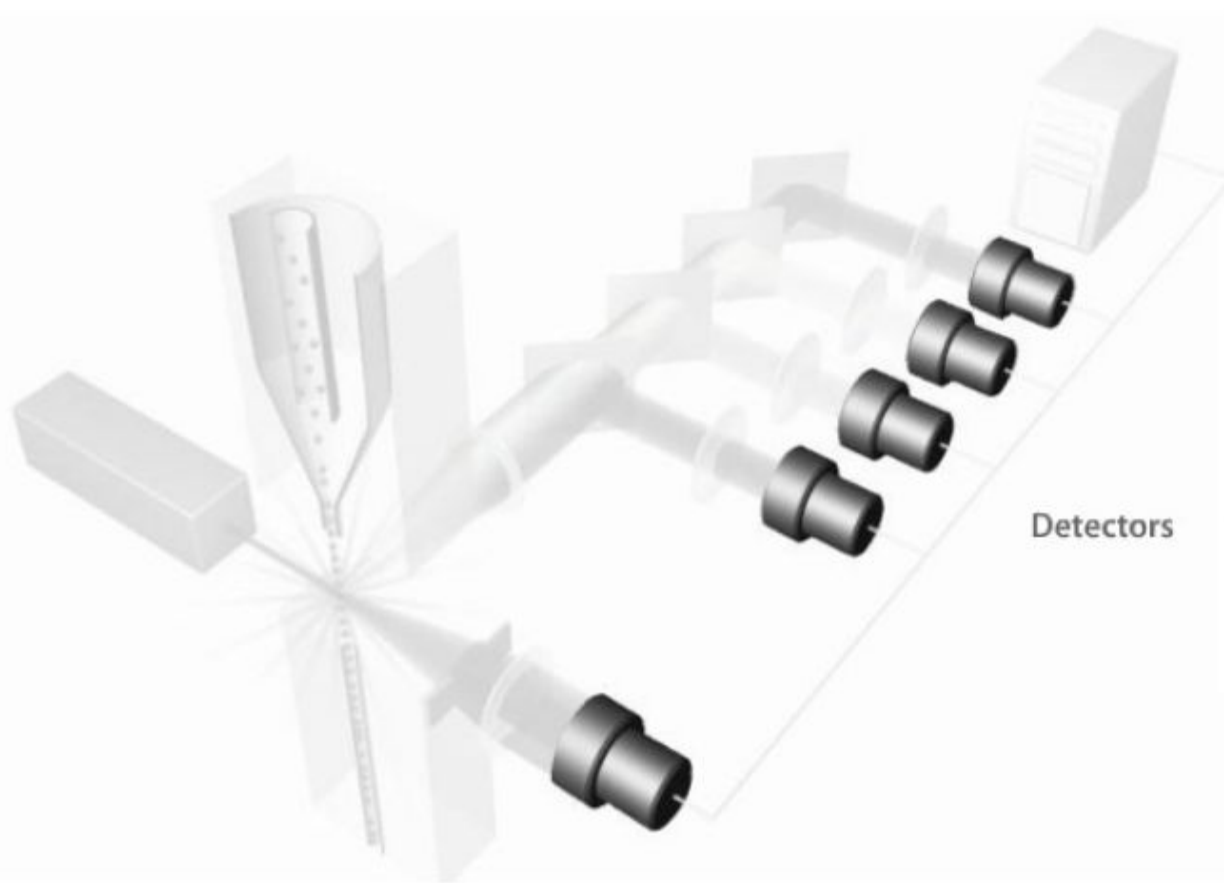
# Оптическая система – система фильтров

фильтры позволяют анализировать только строго определенную часть спектра на строго определенном ФЭУ



**525 BP 575 BP**

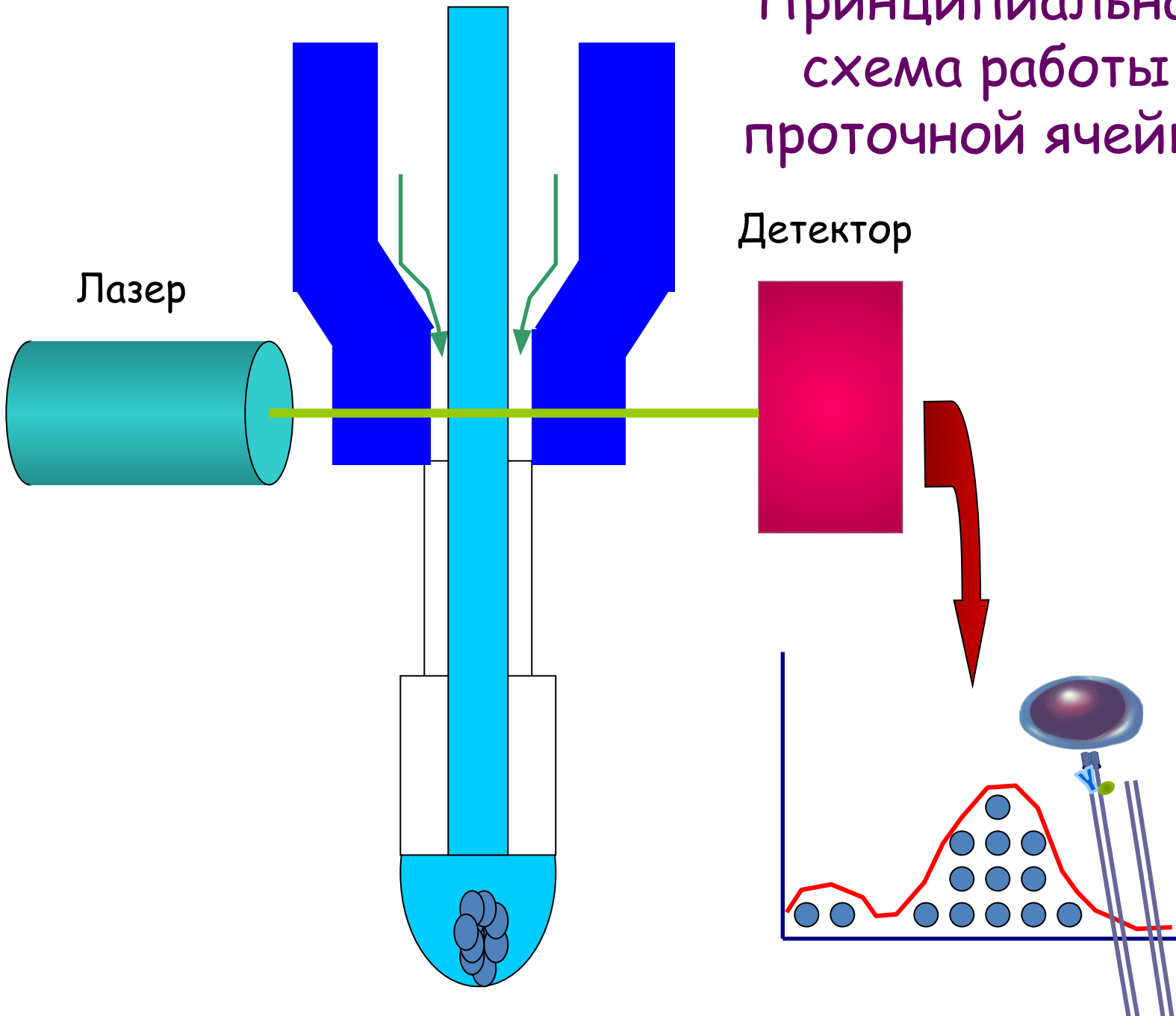
# Электроника – детекторы



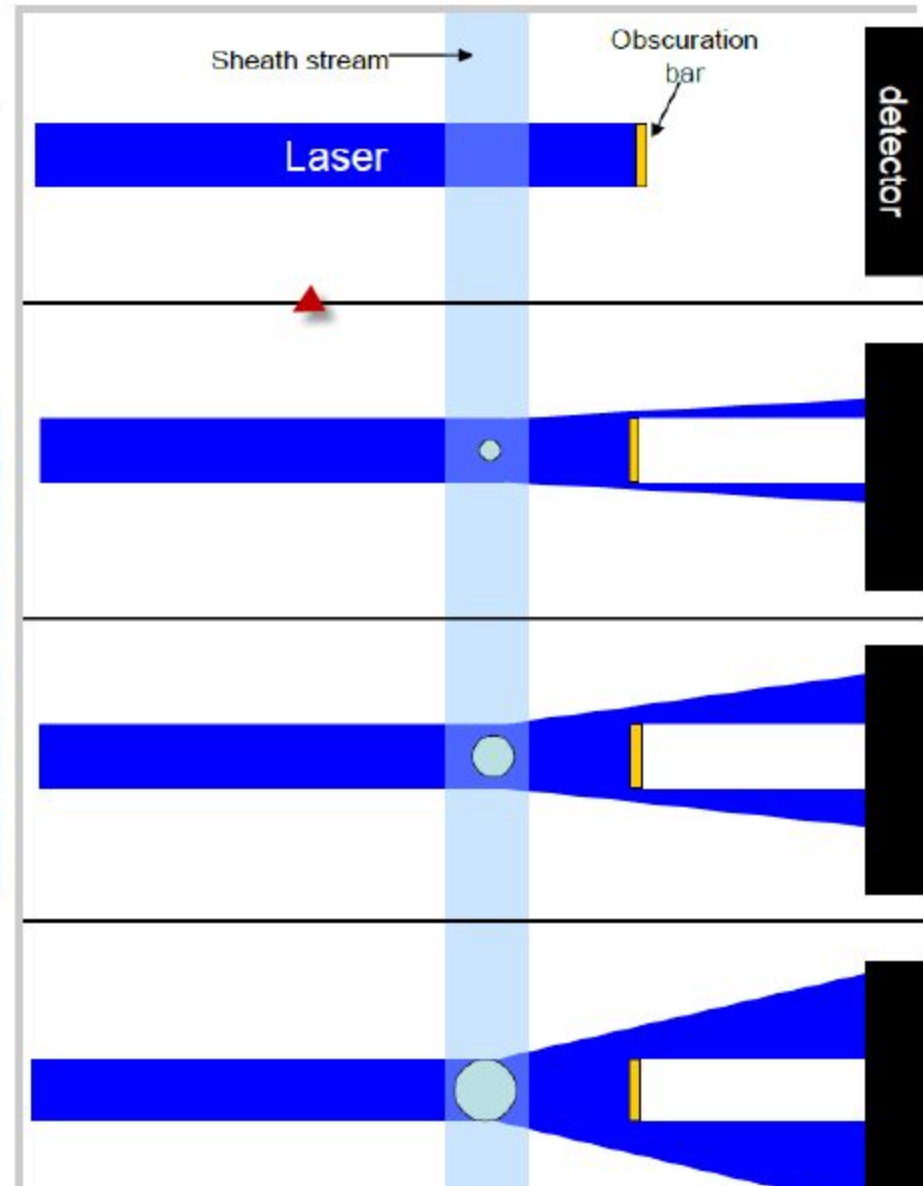
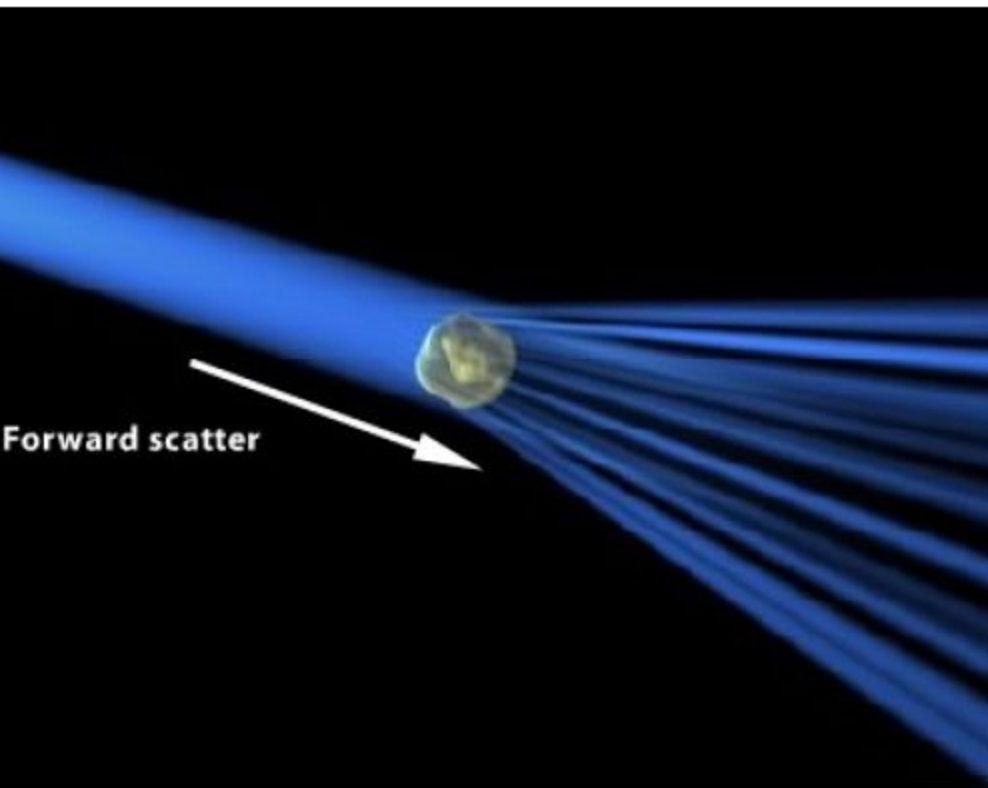
2 типа детекторов – **РМТ (фотоэлектронные умножители)** и **фотодиоды** – способны генерировать напряжение при попадании фотонов. **Фотодиоды** – используются для регистрации прямого светорассеяния (сильный сигнал). **РМТ** используются для усиления амплификации слабых сигналов – боковое светорассеяние и флуоресценция.

**!!! НО детекторам важна только одна характеристика – сила сигнала, они не различают ни цвета, ни размера – это задача для оптических фильтров !!!**

# Принципиальная схема работы проточной ячейки



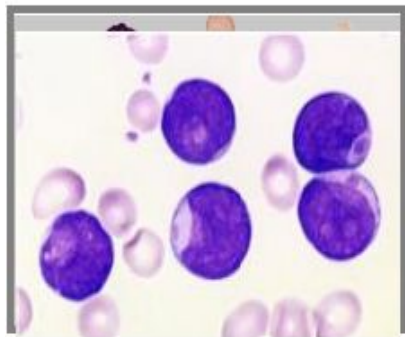
# Регистрация светорассеяния в прямом направлении – анализ относительного размера или диаметра частиц





# Предмет анализа – суспензия одиночных частиц, которыми являются ...

→ ... обычно, частицы размера 0,5 – 50 мкм



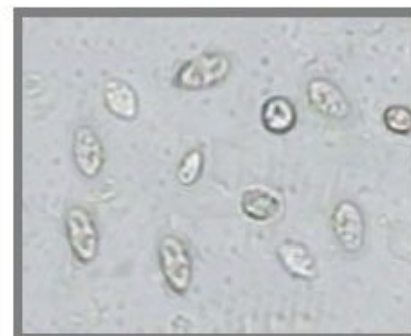
Клетки крови



Хромосомы



Водоросли



Простейшие

Bacteria  
0.5  $\mu\text{m}$

Phytoplankton  
2  $\mu\text{m}$

Red Blood Cell  
6  $\mu\text{m}$

BD CBA Bead  
7.5  $\mu\text{m}$

Lymphocyte  
8  $\mu\text{m}$

Neutrophil  
12  $\mu\text{m}$

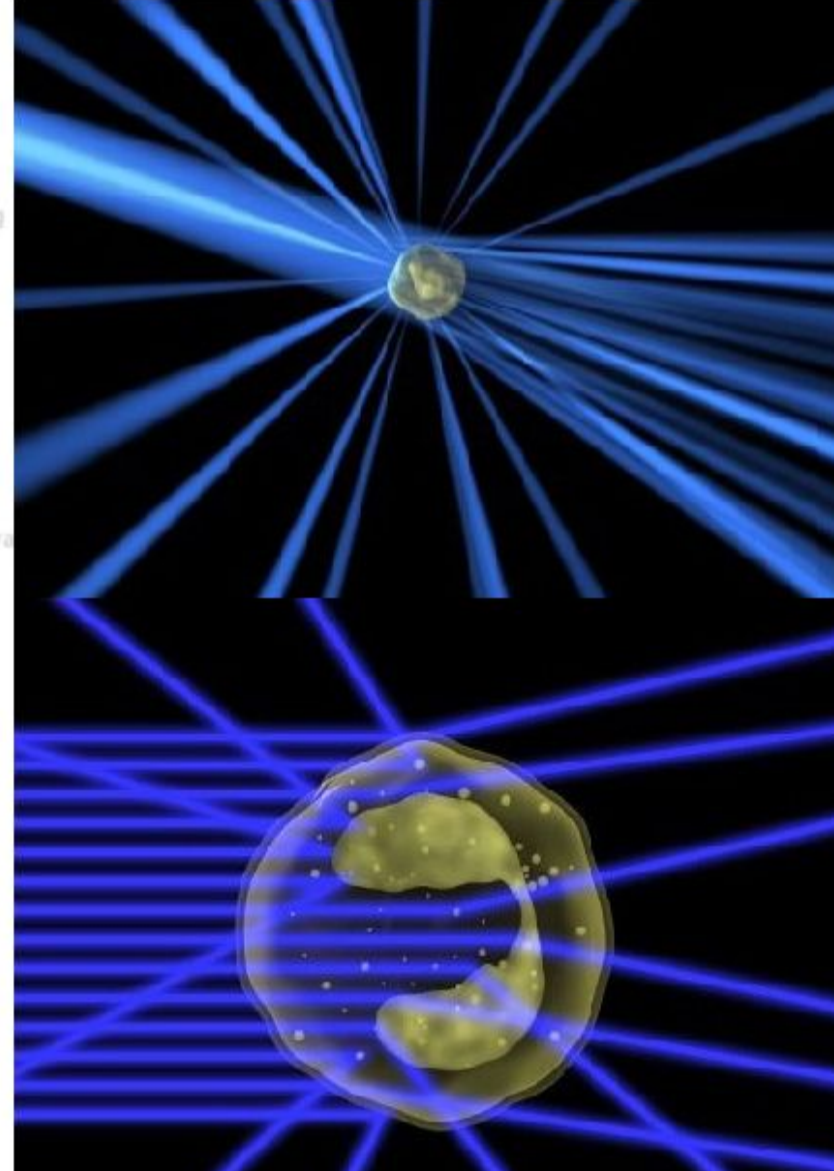
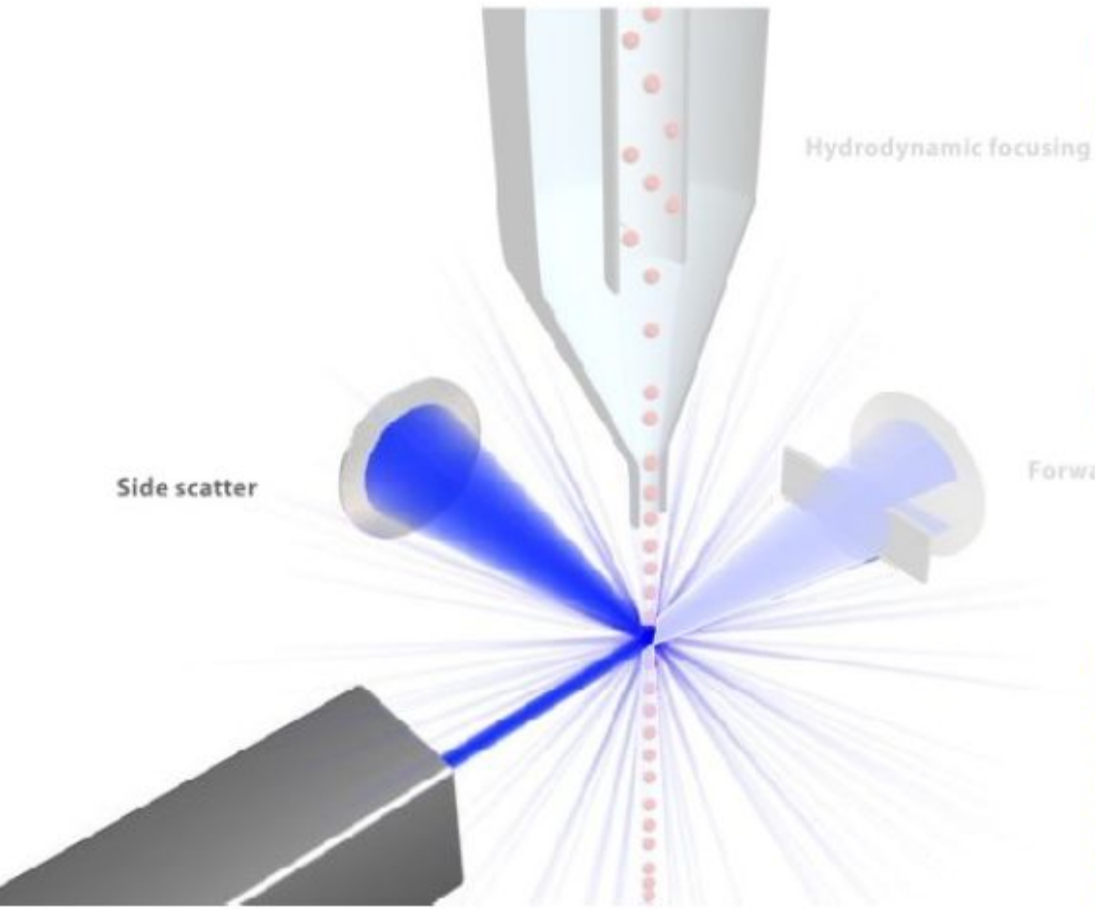
Monocyte  
14  $\mu\text{m}$



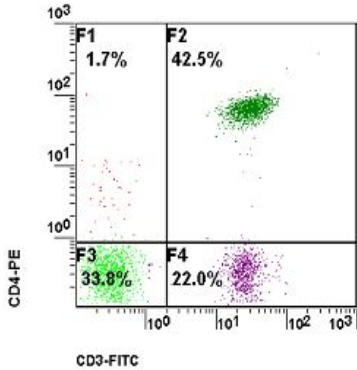
←  
Smaller

→  
Larger

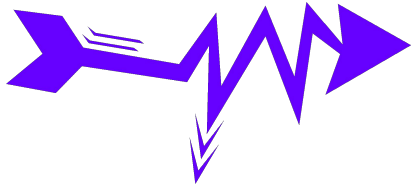
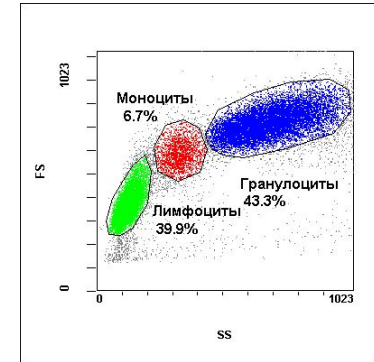
# Регистрация светорассеяния в боковом направлении – анализ «структуры» частиц



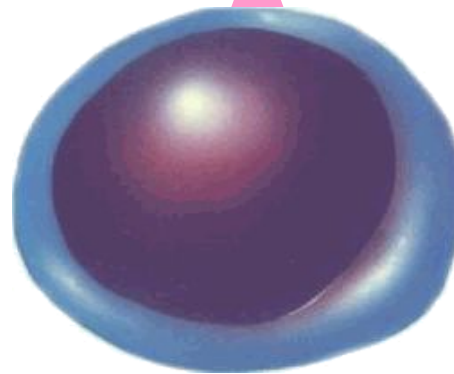
# Параметры прибора



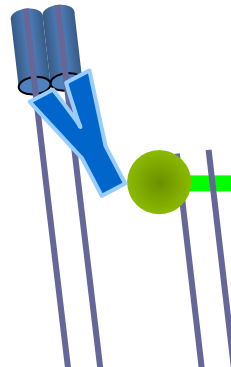
Боковое  
светорассеяние (SS)  
под углом  $90^\circ$   
~ Структура клеток



Луч лазера



Малоугловое  
светорассеяние (FS)  
под углом  $< 10^\circ$   
~ Размеры клеток



Интенсивность  
флуоресценции.  
~ Плотность антигенов



# Проточная цитометрия и клеточный анализ

## Преимущества метода:

Короткое время анализа (сек) за счет высокой скорости (до 100000 частиц/сек);

Анализ большого количества клеток (до  $10^8$  и более клеток);

Логические ограничения допускают детектирование отдельных популяций клеток;

Измерение параметров редко встречающихся клеток;

Объективное измерение интенсивности флуоресценции;



TNF

IFN- $\gamma$

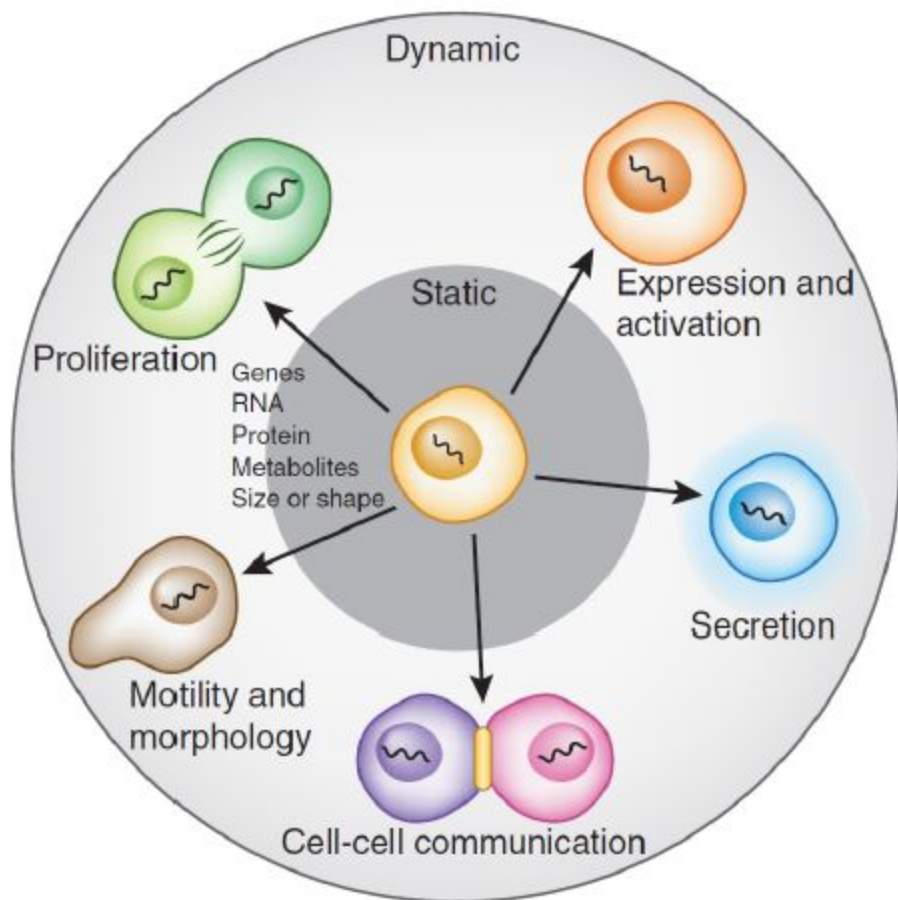
IL-2

Function

Phenotype



# Параметры клеток, изучаемые при помощи проточной цитометрии



*Chattopadhyay et al., 2014*

С применением специальных реактивов.

- Структурные компоненты
  - Содержание РНК/ДНК
  - Содержание и активность митохондрий
  - Содержание лизосом и т.п.
- Функциональная активность
  - Поверхностные и внутриклеточные антигенные детерминанты;
  - Синтез ДНК
  - Деградация ДНК
  - Концентрация ионов
  - Экспрессия генов
  - Фосфорилирование белков
  - Синтез белков
  - и много-много другое...

... с использованием различных флуоресцентных молекул!!!



# Проточная цитометрия – основные приложения:

**Анализ функциональной активности клеток различного происхождения** – пролиферация, апоптоз, фаго- и пиноцитоз, продукция активных форм кислорода и азота, секреторная дегрануляция и т.д.



**Анализ основ функционирования отдельных органелл и процессов в них происходящих** – ядро клетки, митохондрии, лизосомы и т.д.

**Анализ поверхностных и внутриклеточных молекул, экспрессируемых клетками различного генеза, в норме и в ответ на стимуляцию.**

**Качественное и количественное определение уровня основных и «редких» клеточных популяций** в образцах различного происхождения – периферическая кровь и костный мозг человека, клетки лимфоидных органов животных, циркулирующие клетки морских беспозвоночных

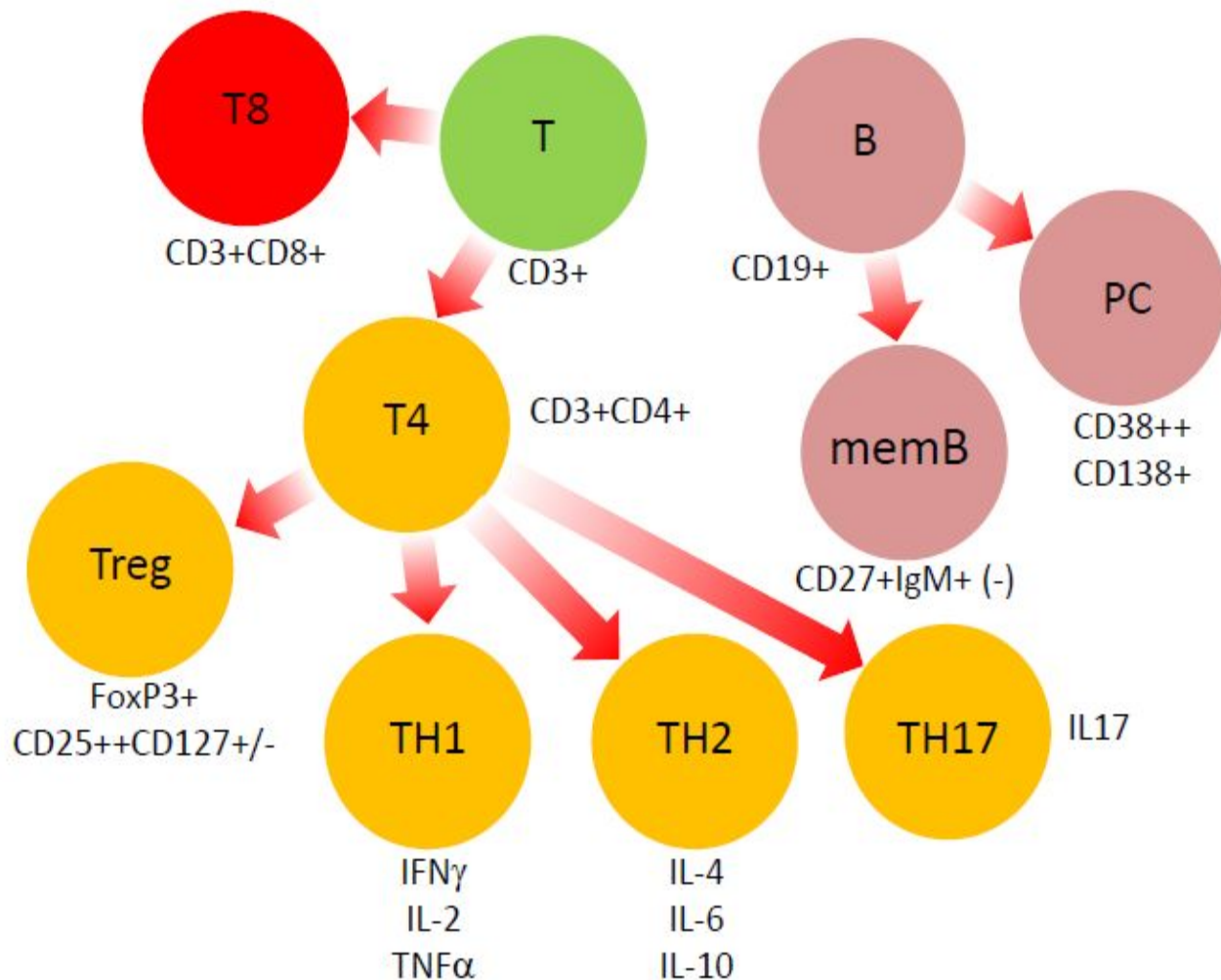


# Мониторинг иммунитета – субпопуляции лимфоцитов

В р о ж д е н н ы й  
и м м у н н ы й  
о т в е т



П р и о б р е т е н н ы й  
и м м у н н ы й  
о т в е т



# Анализ поверхностных и внутриклеточных молекул при помощи антител, конъюгированных с флуорохромами

T/B/NK, популяции цитотоксических T-клеток и T-хелперов, уровень экспрессии маркера «поздней активации» HLA-DR - 6 флуорохромов для 8 антител



## Цель исследования:

- Выделить популяции T- и B-лимфоцитов, NK- и NKT-клетки.
- Выявление цитотоксических T-клеток и T-хелперов.
- Определить уровень активации клеток по экспрессии HLA-DR

## Расположение антител по каналам:

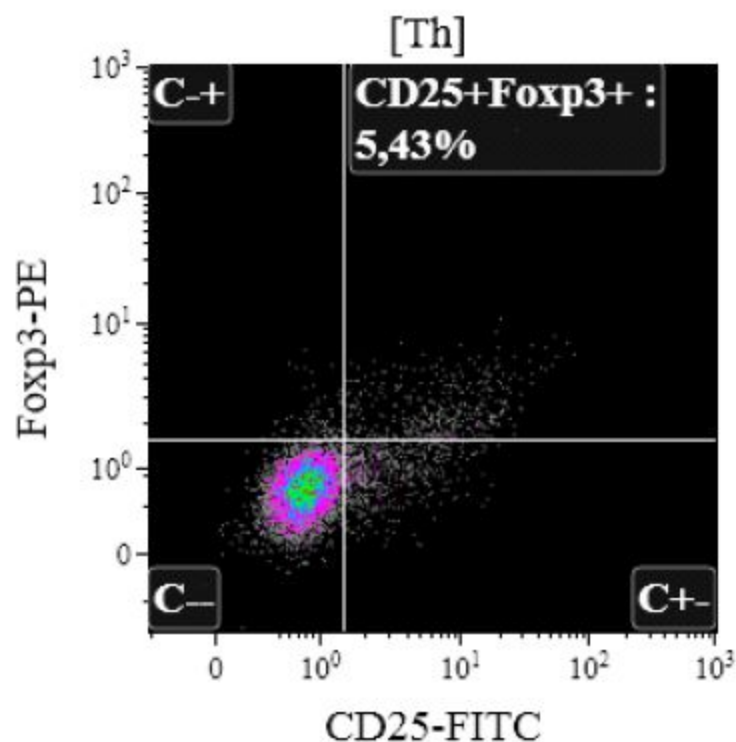
488 Excitation			633 Excitation		
FITC	PE	ECD	PC5.5	PC7	APC
HLA-DR	CD16+CD56	CD4+CD19	CD8	CD3	CD45
IM1638U	A07766+A07788	6604727+A07748	A99019	737657	IM2473

Материал: \_\_\_\_\_ - Периферическая кровь

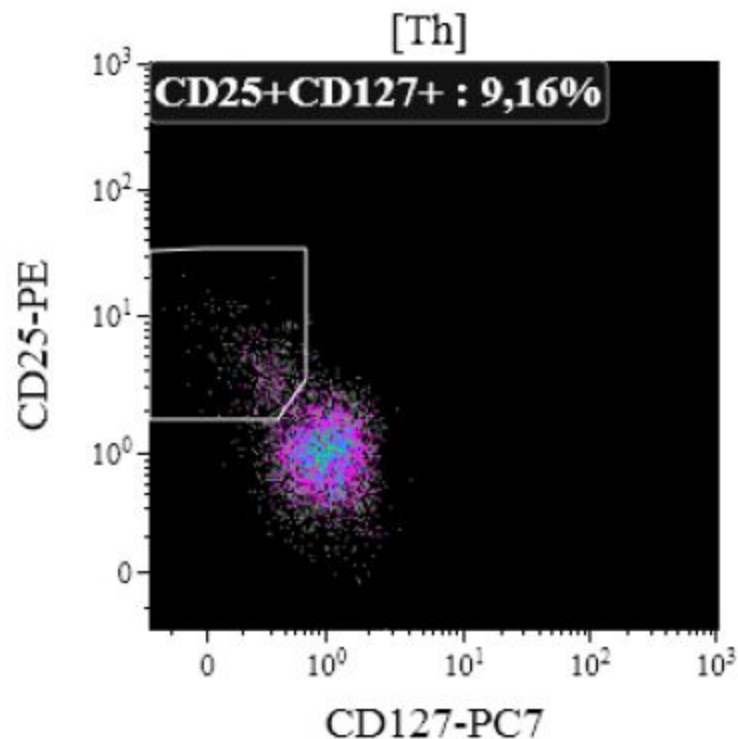
Пробоподготовка: - Лизис эритроцитов при помощи VersaLyse (A09777) + IOTest 3 Fixative (A07799), без отмывки, внесение по завершении лизиса эритроцитов частиц Flow-Count (7547053) для абсолютного счета.

# Анализ поверхностных и внутриклеточных молекул при помощи антител, конъюгированных с флуорохромами

окраска клеток на поверхностные и внутриядерные антигены - анализ регуляторных Т-клеток



Периферическая кровь  
«лабораторной крысы» крысы линии  
Wistar (*Rattus norvegicus*)



Периферическая кровь  
условно здорового донора  
(*Homo sapiens*)

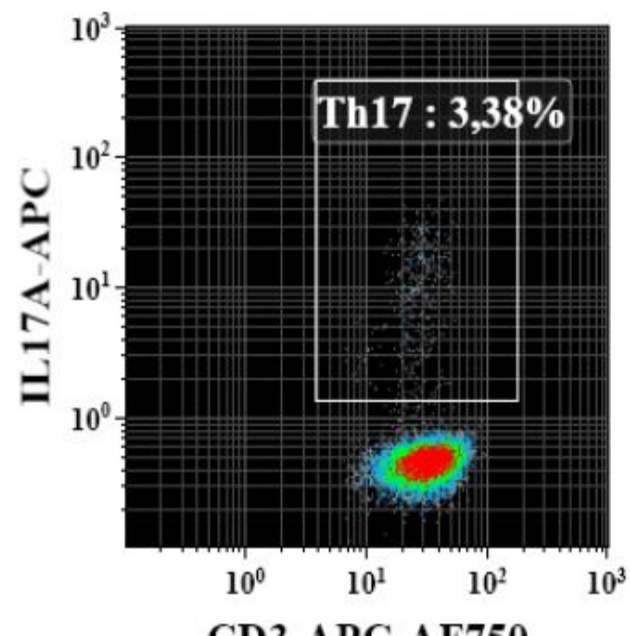
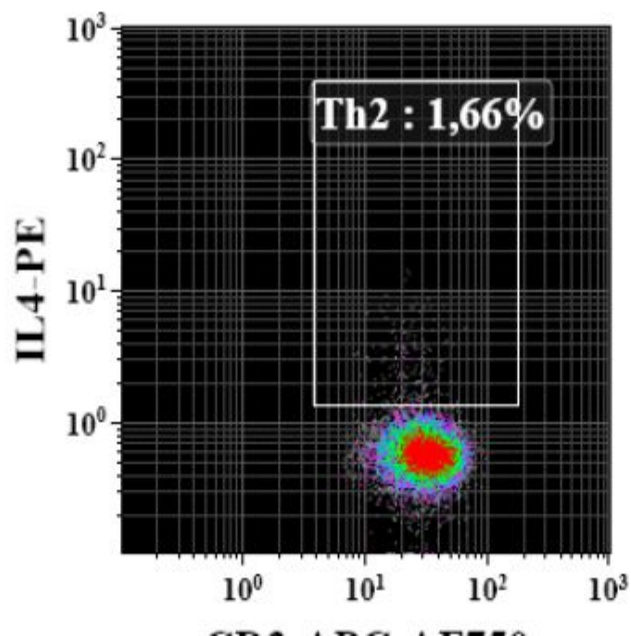
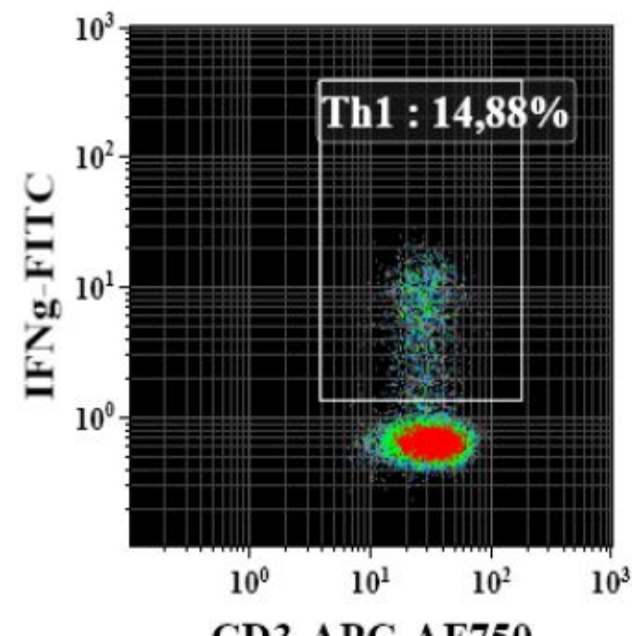


# Анализ поверхностных и внутриклеточных молекул при помощи антител, конъюгированных с флуорохромами

определение субпопуляций Т-хелперов по уровню продукции цитокинов – анализ фенотипа и функций клеток

Подготовка образцов:

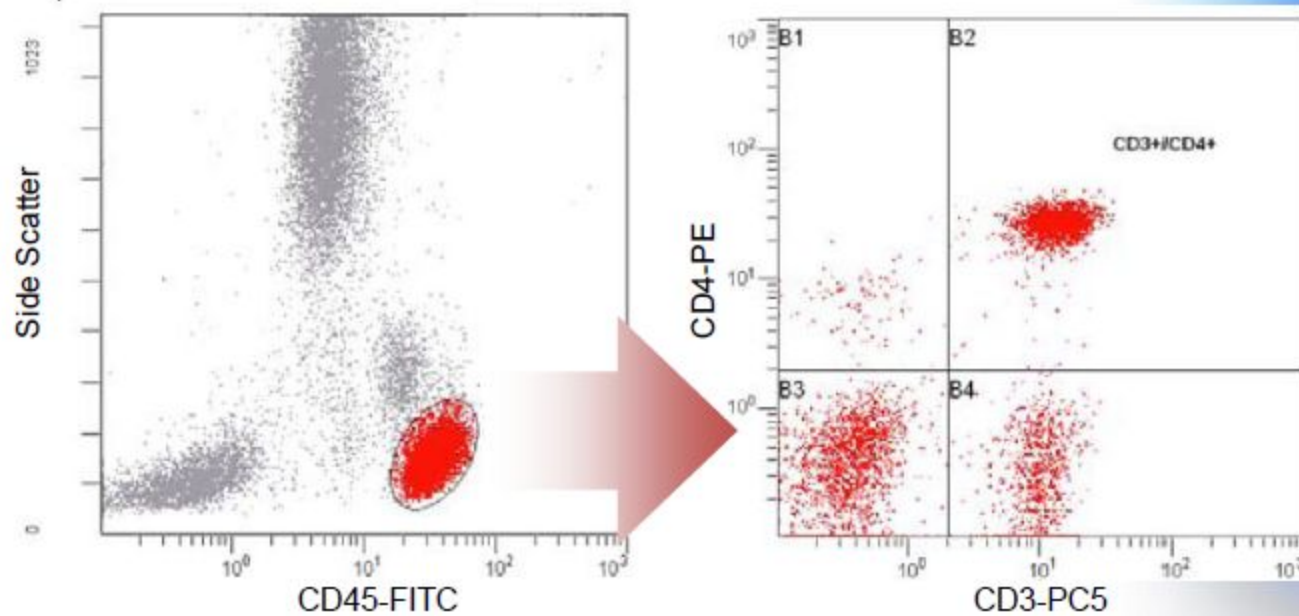
1. развести цельную гепаринизированную кровь в соотношении 1:2 средой RPMI-1640 (кровь должна быть не «старше» 4-6 часов после забора)
2. стимулировать клетки PMA (50 ng/ml) и иономицином (1 мкМ)
3. внести момензим в концентрации 2 мкМ или брефельдин А (1 мкг/мл)
4. инкубировать при 37°C в атмосфере 5% CO<sub>2</sub> не менее 6 часов.
5. отмыть от среды и окрашивать на поверхностные и внутриклеточные антигены.



# Содержание основных популяций лимфоцитов

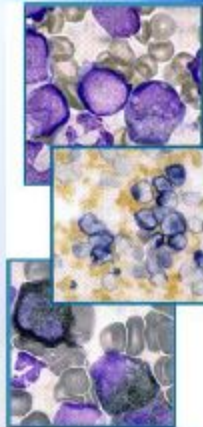


TetraCHROME™ CD45-FITC/CD4-RD1/CD8-ECD/CD3-PC5, периферическая кровь



# Лейкозы и лимфомы

- Лейкоз, рак крови
  - Острый или хронический
  - Арест или нарушение созревания в костном мозге
- Лимфома, рак лимфатической системы
  - Образование солидных опухолей в лимфатических тканях.
    - Лимфома Ходжкина
    - Неходжкинские лимфомы
- Миелома
  - Пролиферация плазматических клеток





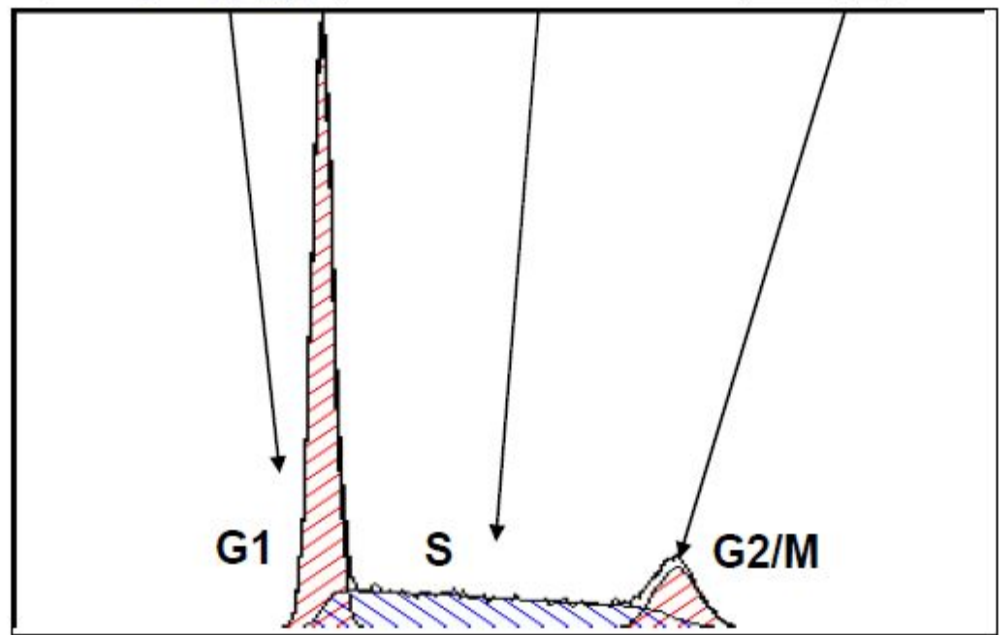
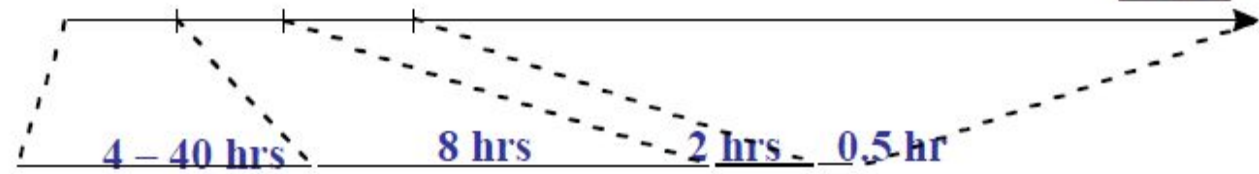
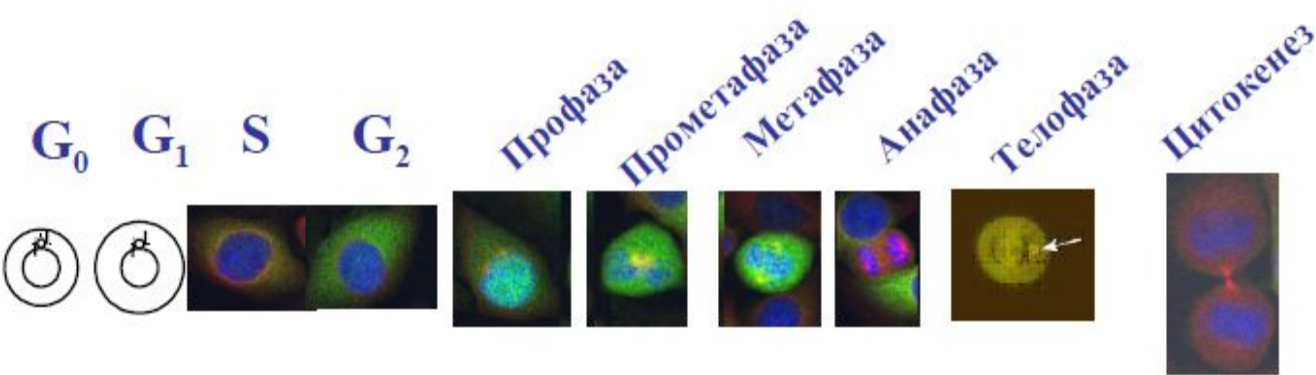
# Развитие знаний о заболевании



Ries LAG, Eisner MP, Kosary CL, Hankey BF, Miller BA, Clegg L, Mariotto A, Feuer EJ, Edwards BK (eds). *SEER Cancer Statistics Review, 1975-2002*, National Cancer Institute. Bethesda, MD, [http://seer.cancer.gov/csr/1975\\_2002/](http://seer.cancer.gov/csr/1975_2002/), based on Nov 2004 SEER data, posted to the SEER web site 2005.

# содержание ДНК в клетках при помощи ДНК-связывающих флуоресцентных красителей

## МИТОЗ

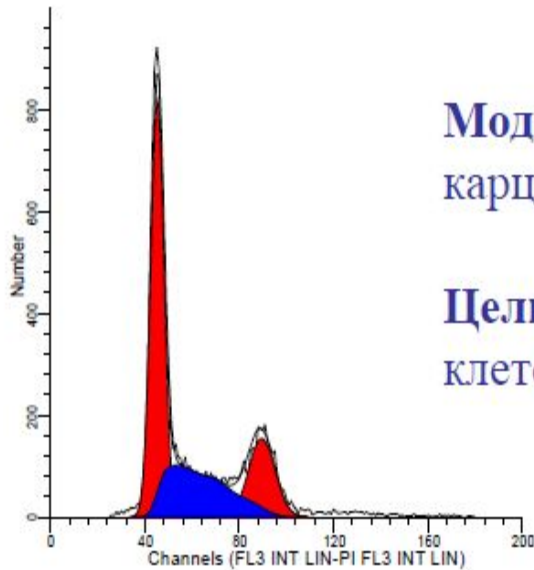


Первая публикация с описанием принципов метода:  
*Van Dilla MA, Trujillo TT, Mullaney PF, Coulter JR* (14 March 1969). "Cell Microfluorometry: A Method for Rapid Fluorescence Measurement". *Science* 163 (3872): 1213–1214.

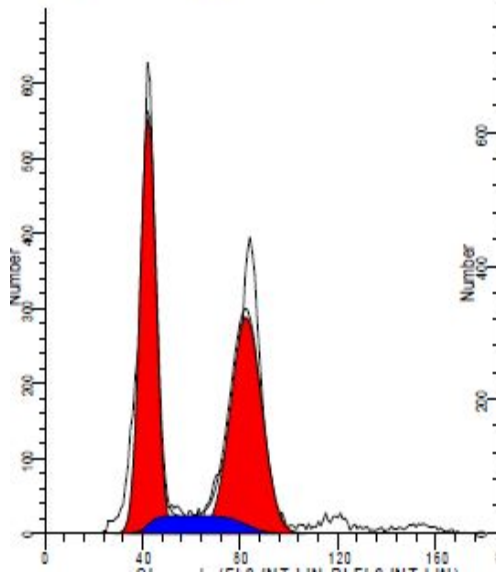
# Клеточный цикл в научных исследованиях... например, поиск новых цитостатиков.

**Модельный объект:** клетки линии A549 (происхождение: человек, карцинома легкого);

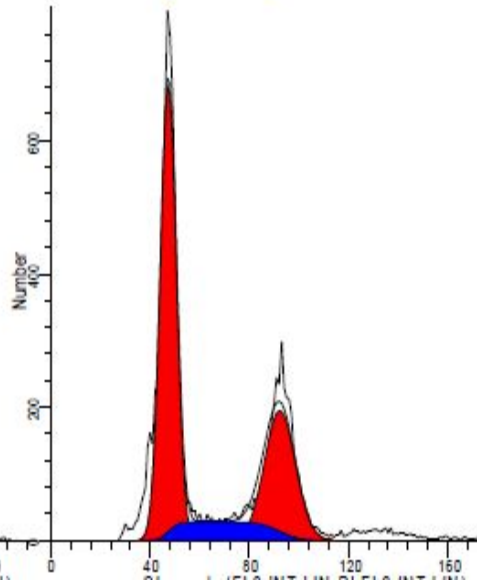
**Цель исследования:** оценка влияния препаратов на распределение клеток по фазам клеточного цикла



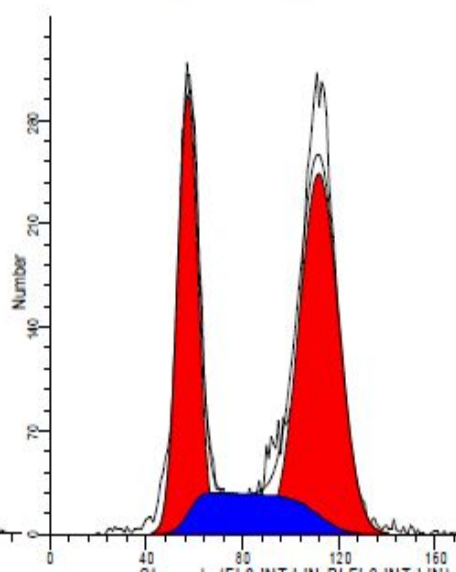
**Доксирубицин**



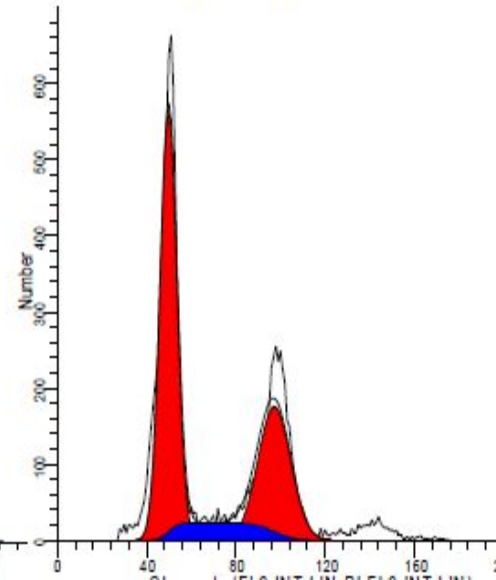
**Препарат №1**



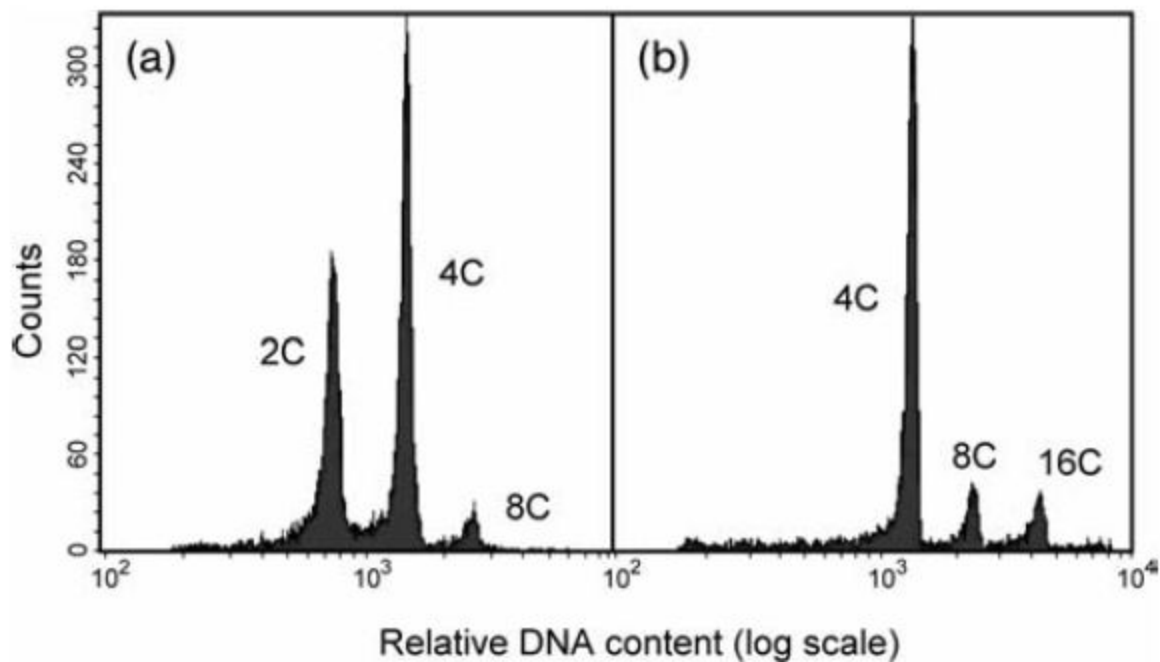
**Препарат №2**



**Препарат №3**



# Изменение ploидности клеток (*Pisum sativum*)

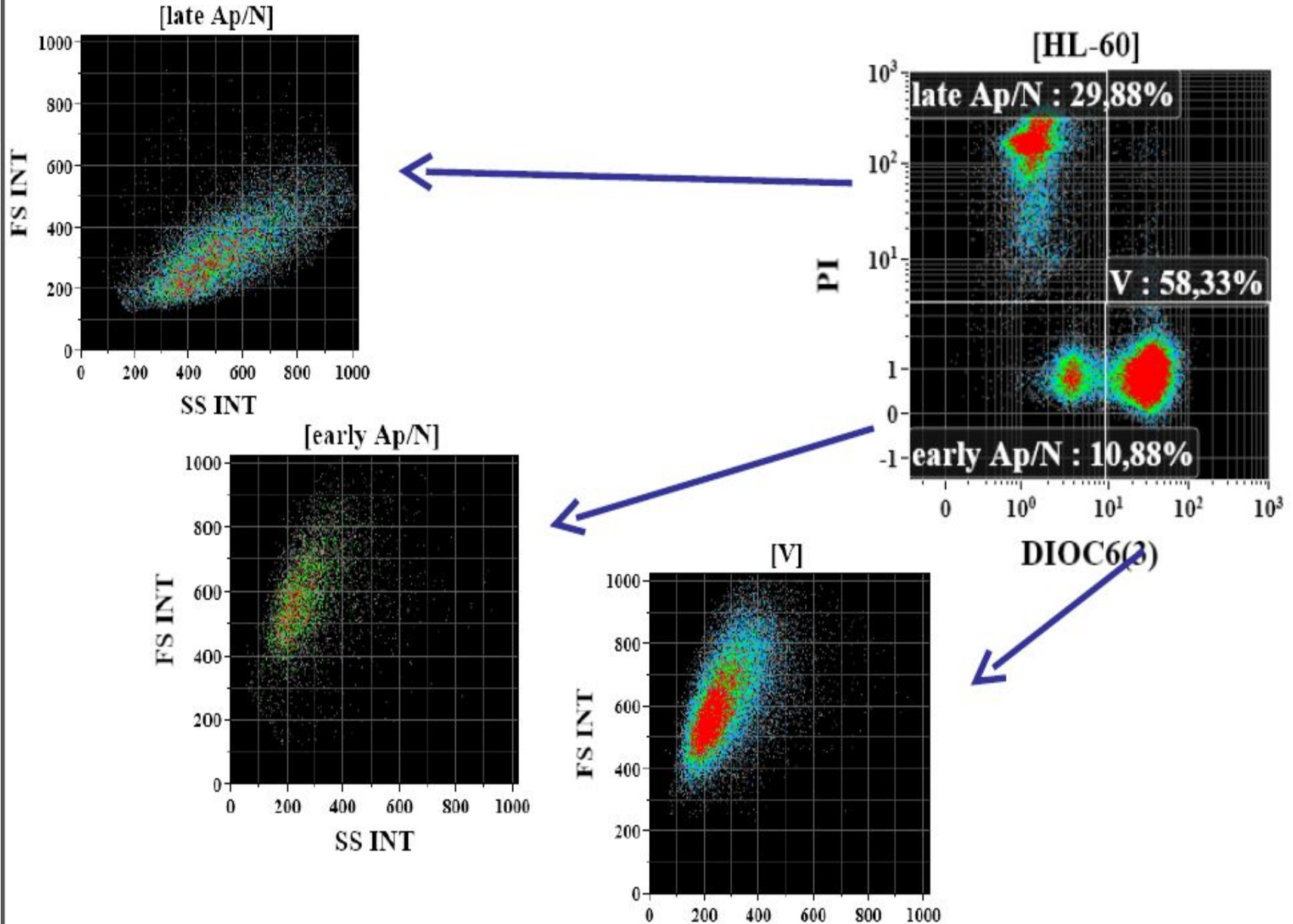


(a) контрольный образец

(b) образец под действием бактериальной инфекции



# Анализ функциональной активности клеток – клеточная гибель

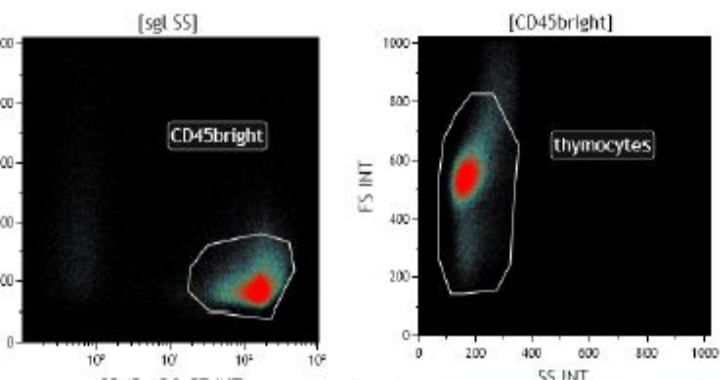




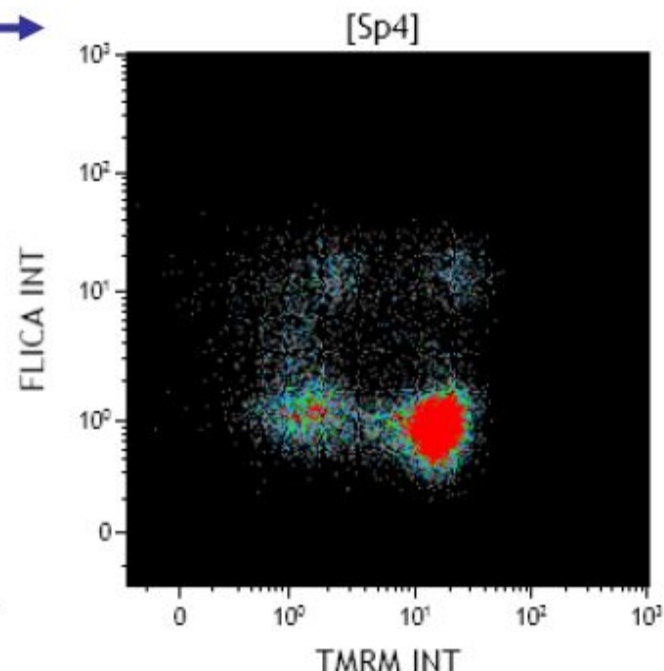
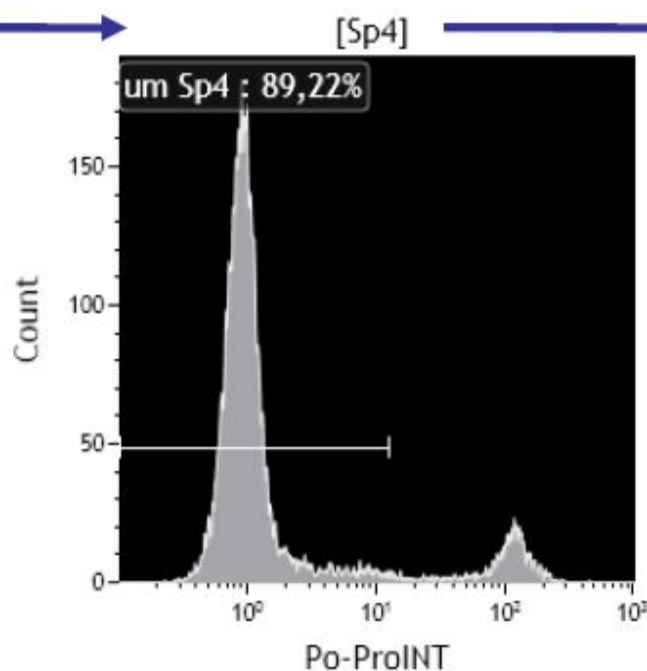
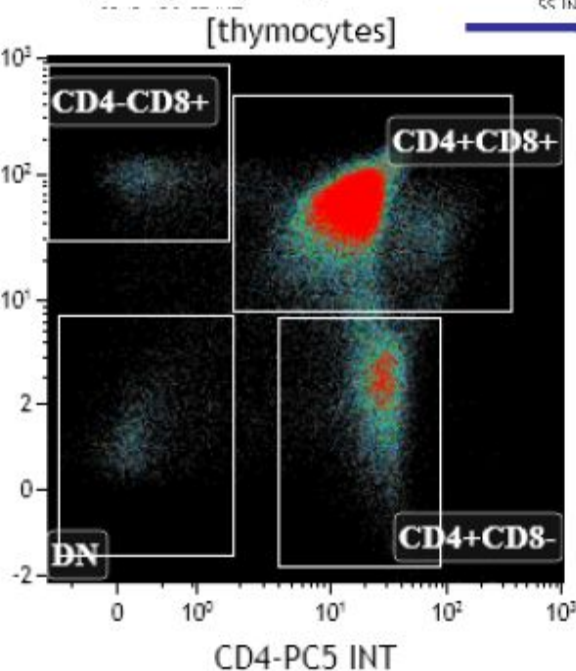
# Одновременный анализ функций и фенотипа клеток



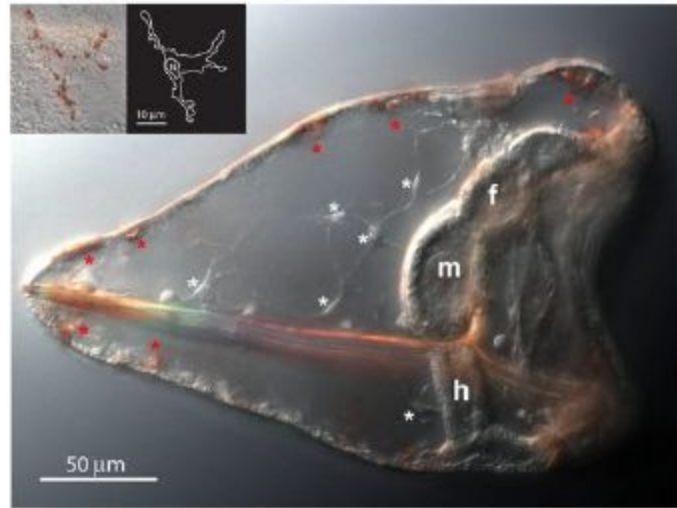
## анализ уровня апоптоза в основных популяциях тимоцитов мыши



- окраска антителами – CD45, CD4 и CD8;
- уровень активности каспаз – FAM FLICA;
- эффективность функционирования митохондрий – TMRM;
- исследование проницаемости клеточной мембраны – PO-PRO-1.



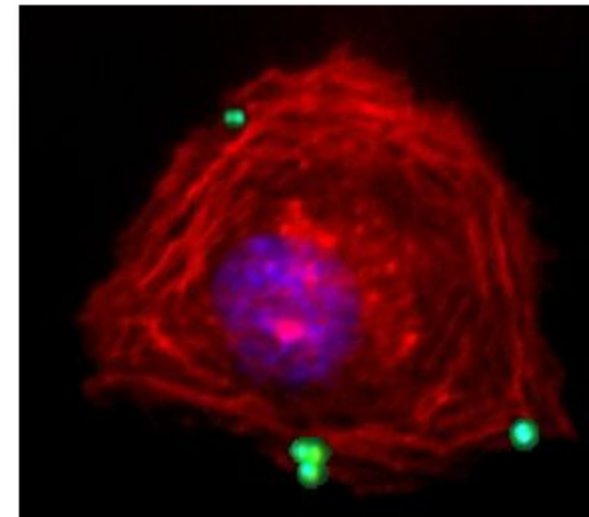
# Анализ функциональной активности клеток - фагоцитоз



1883 год, Одесса, И.И. Мечников  
доклад «О целебных силах  
организма»

В настоящее время выделяют 8 стадий фагоцитоза (Ярилин А.А, 2010), каждую из которых можно исследовать при помощи методов проточной цитометрии:

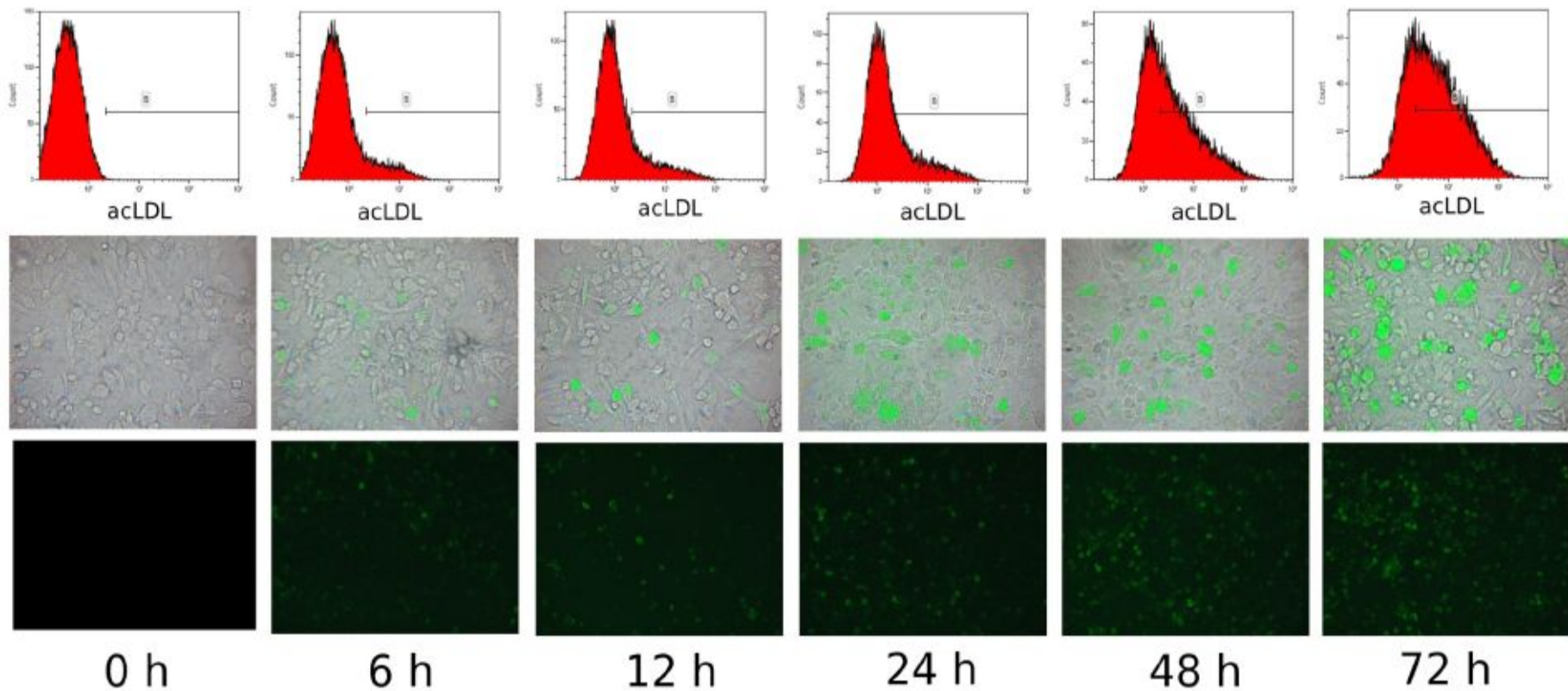
- приближение к объекту фагоцитоза в результате хемотаксиса;
- адгезия;
- активация мембраны;
- погружение;
- образование фагосомы;
- слияние фагосомы и лизосомы;
- киллинг и расщепление объектов фагоцитоза;
- выброс продуктов деградации.



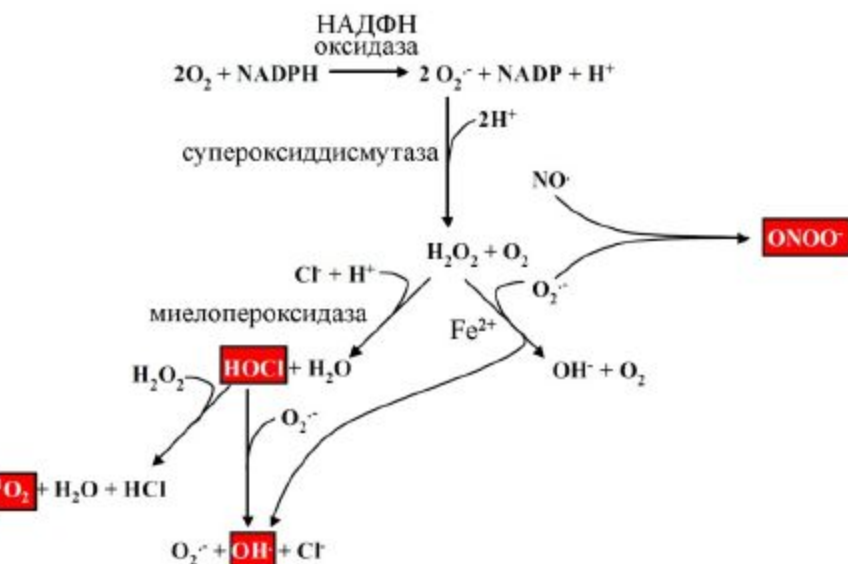


# Анализ функциональной активности клеток – фагоцитоз, пиноцитоз и макропиноцитоз

поглощение acLDL-ФИТЦ дифференцированными в присутствии РМА клетками линии THP-1



# Анализ функциональной активности клеток – продукция активных форм кислорода

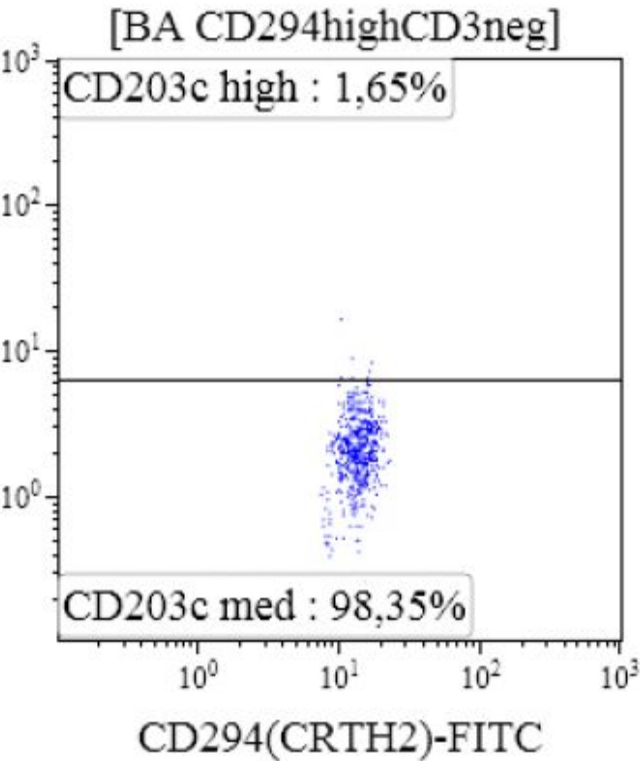
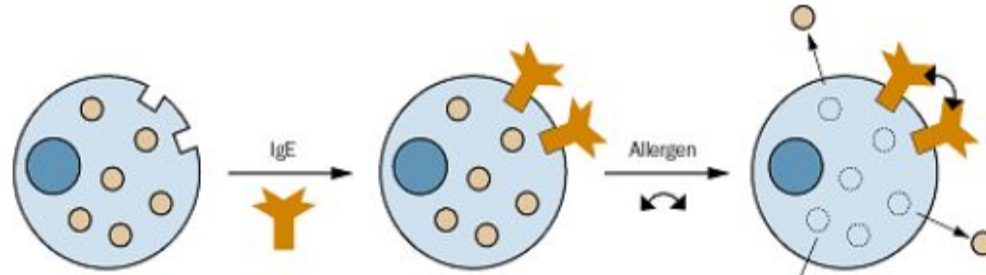


Некоторые флуоресцентные красители, применяемые в проточной цитометрии

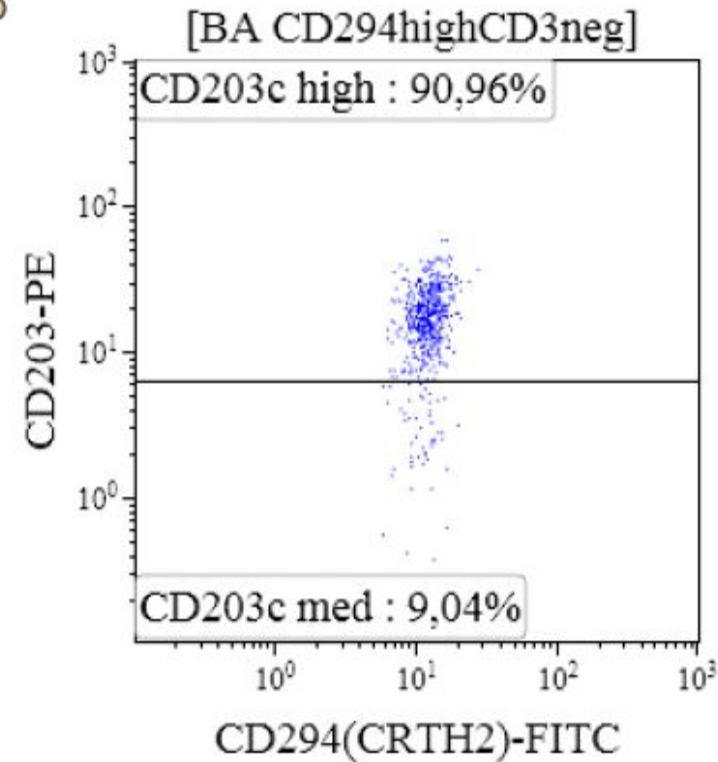
Краситель	Ex/Em, нм	Лиганд
HE (дигидроэтидин)	520/610	$O_2^{\bullet-}$
DCFH-DA (дихлоро-дигидрофлуоресцеин)	498/522	$H_2O_2$ , $HO^{\bullet}$ , $ROO^{\bullet}$
Amplex Red	360/460	$H_2O_2$
DHR123 (дигидрородамин 123)	505/529	$H_2O_2$ , $HOCl$ , $ONOO^-$
DMA, 9,10-диметилантроцин	375/436	$^1O_2$
CHD, 1,3-cyclohexanedione	400/452	$HO^{\bullet}$
APF, аминофенилфлуоресцеин	500/520	$HOCl$ , $HO^{\bullet}$



# Анализ функциональной активности клеток – секреторная дегрануляция базофилов периферической крови



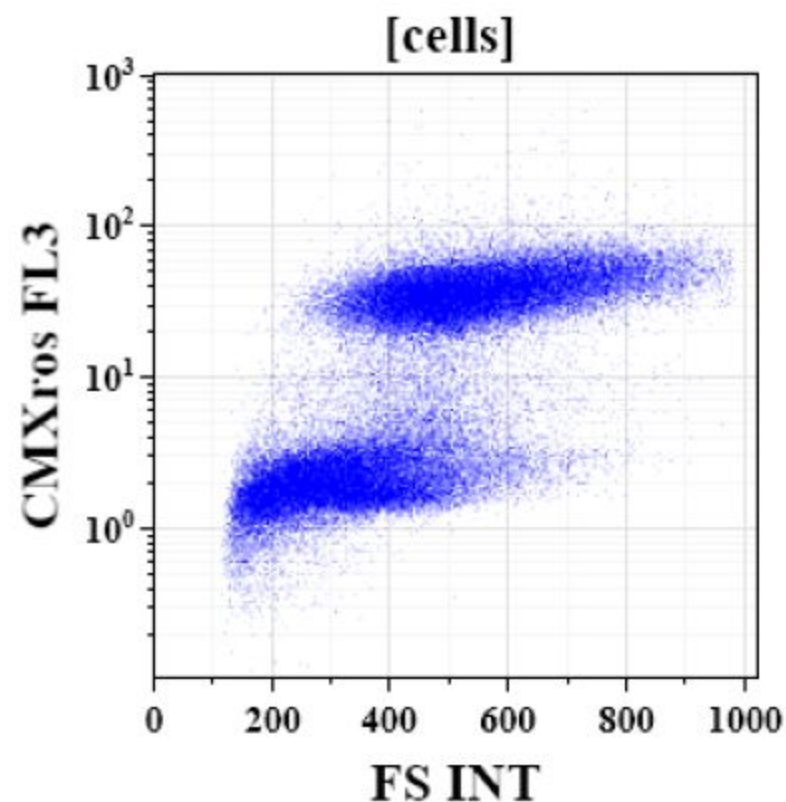
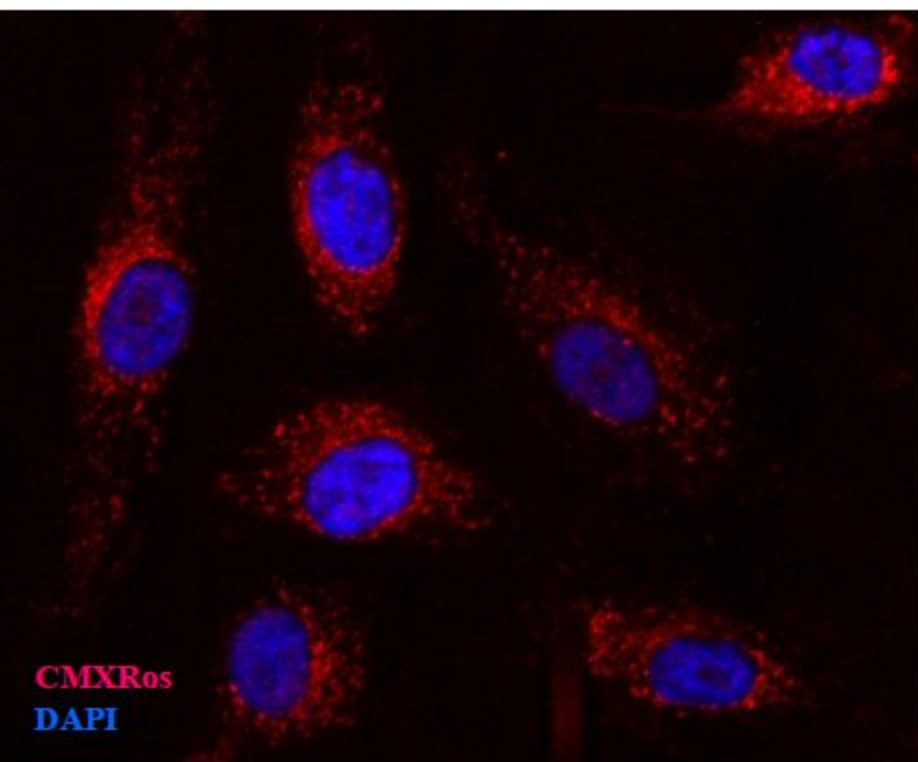
спонтанная дегрануляция



+анти-IgE антитела

# Анализ основ функционирования отдельных органелл и процессов в них происходящих:

- функционирование митохондрий, исследование мембранного потенциала митохондрий



Эндотелиальные клетки линии EA.hy 926, окрашенные MitoTracker Red CMXRos

флуоресцентная микроскопия

проточная цитометрия

# Научно-прикладное оборудование

## Каталог 2015



# Центрифуги

КАТАЛОГ 2015  
LIFE SCIENCE RESEARCH

BCR1\_Cat\_002\_rus 3.0

# УЛЬТРАЦЕНТРИФУГИ

КАТАЛОГ 2015  
LIFE SCIENCE RESEARCH

Brilliance  
at every turn.



001 0010\_010

### Напольные центрифуги серии Optima 2000

Центрифуги Optima 2000 - это универсальные, высокопроизводительные центрифуги, предназначенные для широкого спектра исследований в области биологии, медицины и биохимии. Они обеспечивают высокую скорость вращения и точное управление процессом центрифугирования.

Модель	Макс. скорость вращения (об/мин)	Макс. диаметр ротора (мм)	Макс. емкость ротора (мл)
Optima 2000L	15000	220	1000
Optima 2000R	15000	220	1000
Optima 2000S	15000	220	1000

### Тяжелые роторы

Для каждой задачи можно выбрать подходящий ротор. В каталоге представлены различные типы роторов, включая тяжелые роторы для высокопроизводительных исследований.

- Безопасные роторы:** обеспечивают надежную работу при высоких скоростях.
- Роторы для тяжелых проб:** предназначены для центрифугирования крупных проб.
- Роторы для биологических проб:** обеспечивают бережное обращение с образцами.
- Роторы для химических проб:** устойчивы к агрессивным средам.

### Тяжелые роторы

Модель	Макс. скорость вращения (об/мин)	Макс. диаметр ротора (мм)	Макс. емкость ротора (мл)
Optima 2000L	15000	220	1000
Optima 2000R	15000	220	1000
Optima 2000S	15000	220	1000

# molbiol.ru

Beckman Coulter Life Sciences

### CytoFLEX - Новое слово в проточной цитометрии (VIDEO)

Привнесите в свой лабораторный процесс проточную цитометрию. Уникальный CytoFLEX доступен в 21 конфигурации - от базовой с камерой и лазером до высокопроизводительных систем с до 10 лазерами и 10 камерами. CytoFLEX обеспечивает высокую производительность, точность и надежность. Пробы работают быстрее, результаты точнее, а анализ занимает меньше времени. CytoFLEX имеет 4 типа камер и 10 лазеров, что позволяет проводить более сложные анализы. CytoFLEX доступен в различных конфигурациях, чтобы удовлетворить ваши потребности.

Связанные файлы представлены в формате PDF: [Beckman Coulter Life Sciences - Формы, презентации, новые продукты](#)

### Каталог Beckman Coulter Life Sciences 2015

Получите самую свежую информацию о продукции Beckman Coulter Life Sciences. Каталог содержит подробные сведения о характеристиках, преимуществах и возможностях использования оборудования. В каталоге представлены:

- Роторы для тяжелых проб
- Центрифуги для биологических проб
- Центрифуги для химических проб
- Центрифуги для тяжелых проб
- Центрифуги для биологических проб

За дополнительную информацию обращайтесь в представительство Beckman Coulter в России по телефону: +7 (495) 67 21 000 или по электронной почте: [rus@beckmancoulter.com](mailto:rus@beckmancoulter.com)

### Cell Lab Treg Analysis Kit

Артикул: 001018  
Ссылка: 001018T01, 001018T02, 001018T03, 001018T04  
Упаковка: 50 пробирок

Beckman Coulter расширяет возможности исследований Т-регуляторных и Th17-клеток, предоставляя новый набор реагентов для их анализа. Система реагентов Cell Lab Treg.

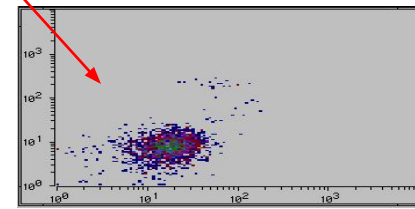
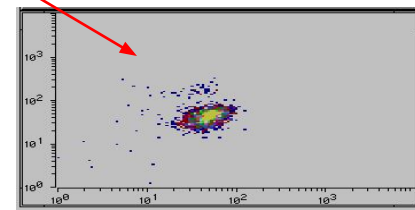
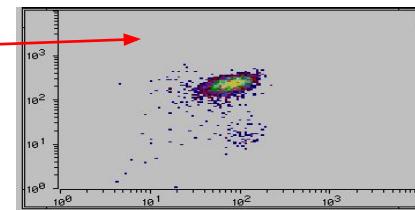
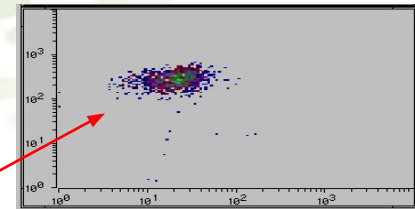
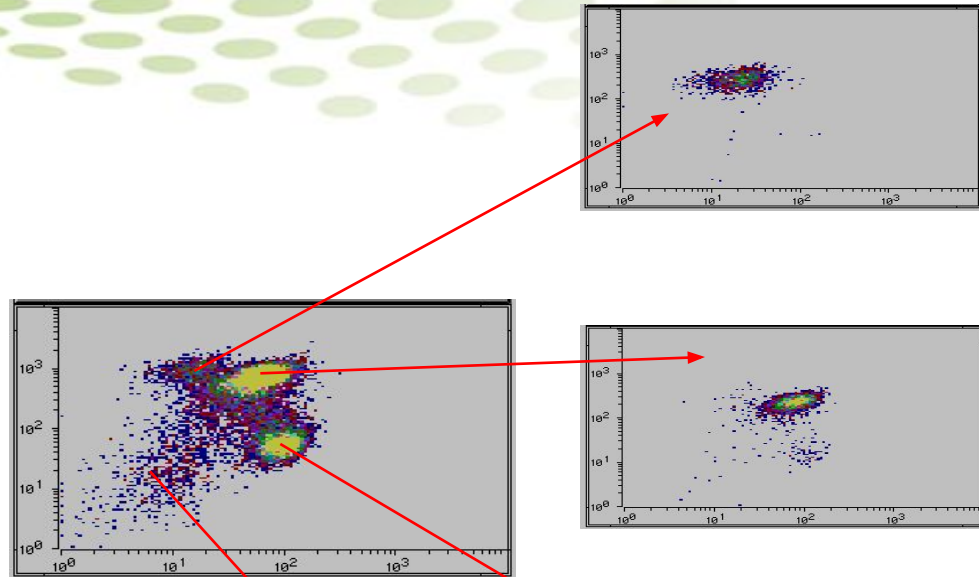
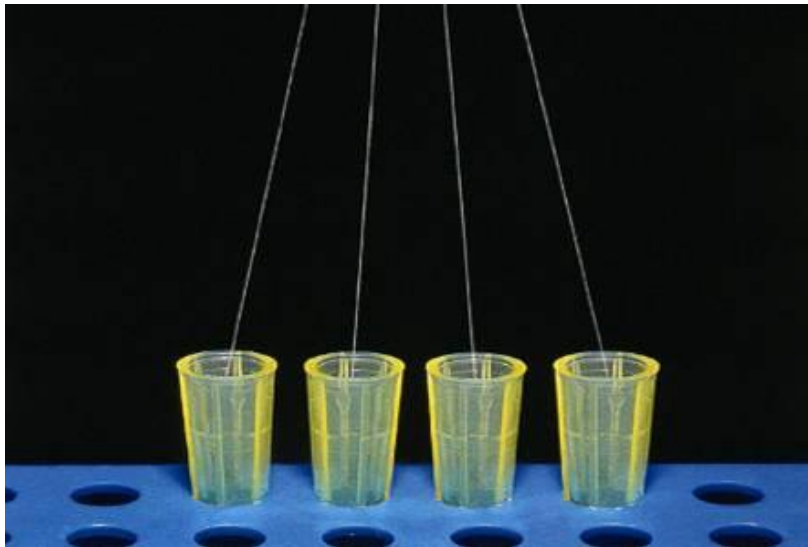
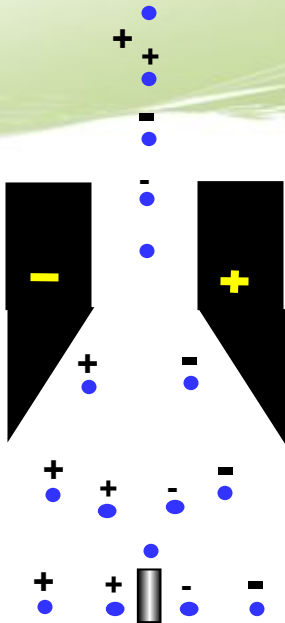
- Включает 9 маркеров
- Многопараметрический анализ с использованием 4-цветной проточной цитометрии
- Многопараметрический анализ с использованием 4-цветной проточной цитометрии
- Многопараметрический анализ с использованием 4-цветной проточной цитометрии
- Многопараметрический анализ с использованием 4-цветной проточной цитометрии

Всегда получаете информацию в формате PDF: [Beckman Coulter Life Sciences - Формы, презентации, новые продукты](#)

# Beckman Coulter Webinar Series



# Клеточные сортеры

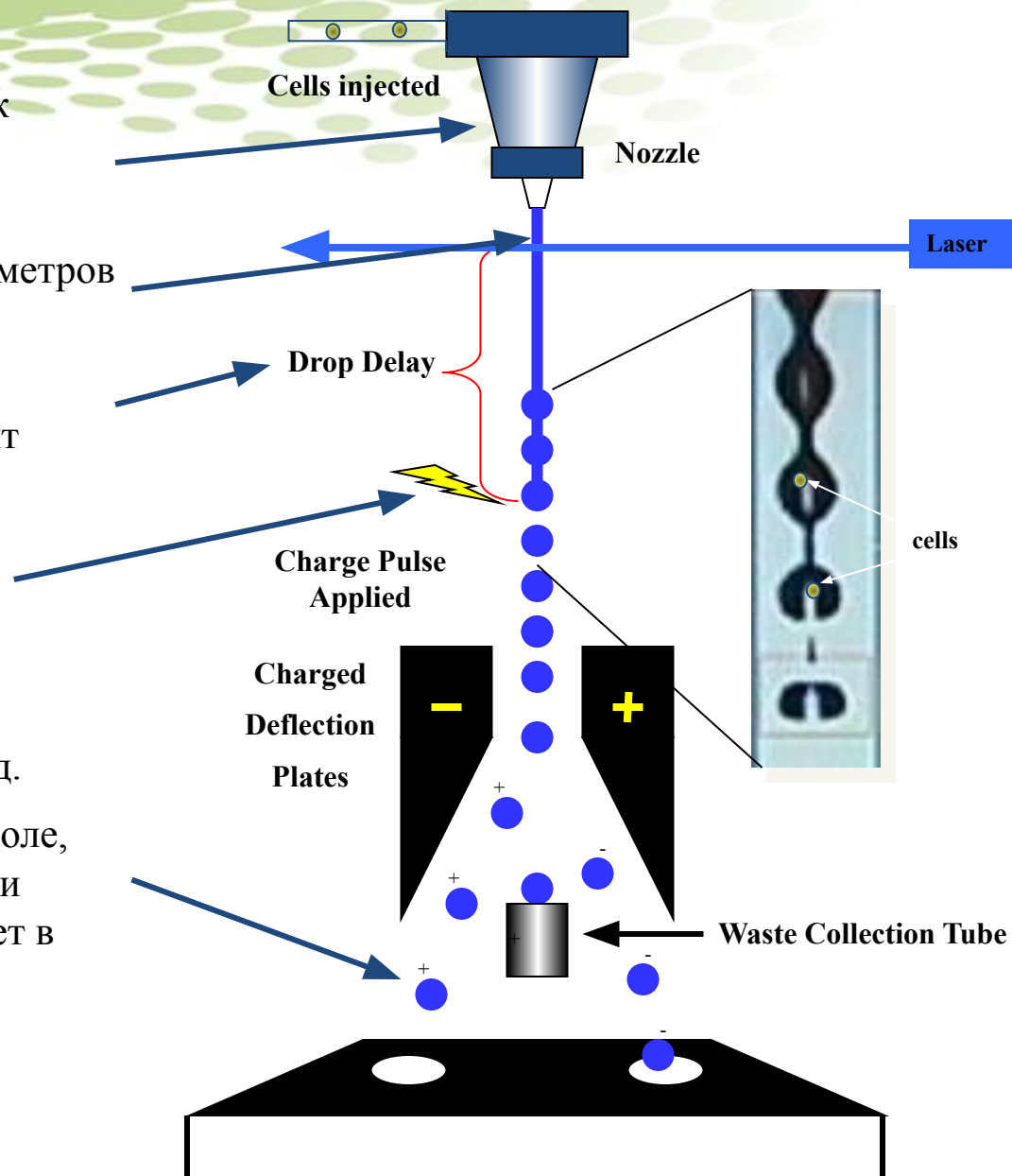


- Чистота может превосходить 99.5%.
- Чистота сортировки не зависит от скорости сортировки.

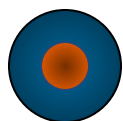
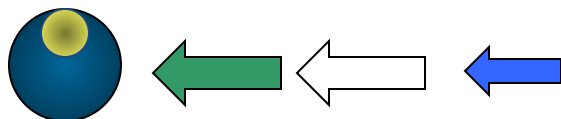
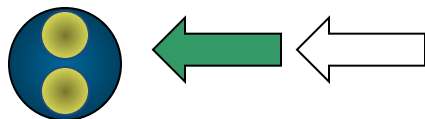
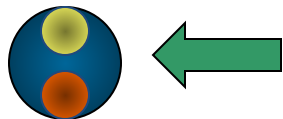
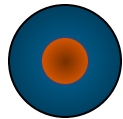
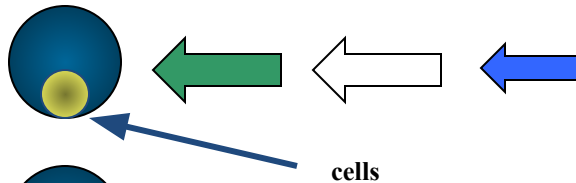


# MoFlo™ XDP: Сортировка. Может быть использована во всех приложениях

- Формирование капель контролируется амплитудой и чистотой вибрации насадок (CytoNozzle).
- Решение о сортировке каждой клетки принимается на основе измеренных параметров флуоресценции и светорассеяния.
- Если клетку надо отсортировать, то электроника контролирует точный момент времени, когда клетка будет находиться в последней отрывающейся капле – "Drop Delay".
- Электроника заряжает струю.
- Последняя капля отрывается, неся положительный или отрицательный заряд.
- При прохождении через электрическое поле, создаваемое заряженными отклоняющими пластинами, капля отклоняется и попадает в нужную пробирку.



# MoFlo™ XDP: Режимы сортировки возможно смешение режимов: Mixed Sort Modes (!)



Positive cell  
Negative cell

## Режим насыщения (Enrich mode)

Сортируются ВСЕ положительные клетки за исключением сильных совмещений клеток (клетки слишком близко друг к другу, чтобы их разделить).

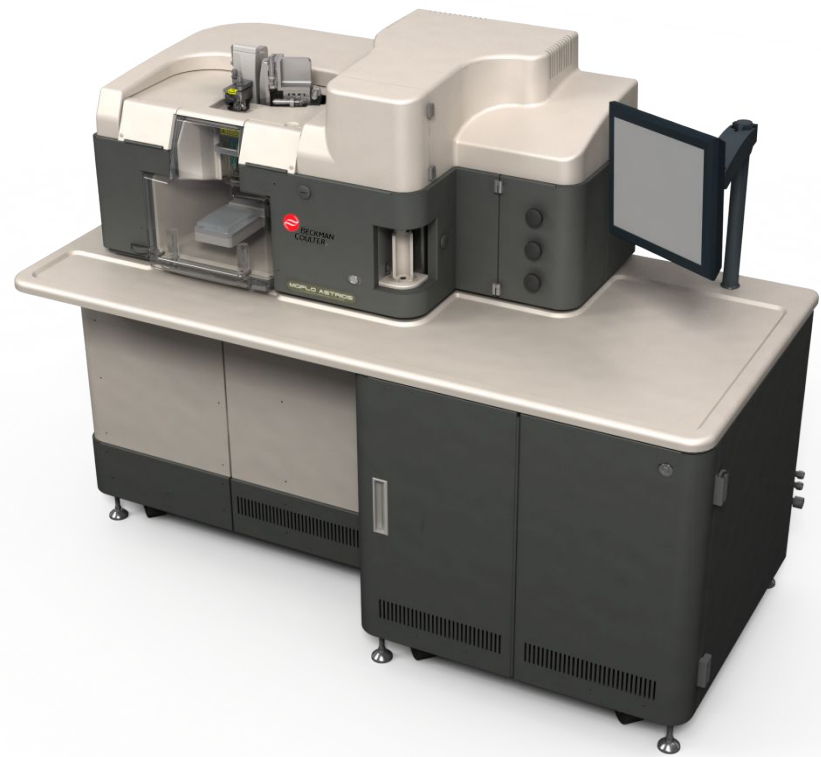
## Чистый режим (Purify mode)

Негативные не сортируются, т.е. сортируются только положительные клетки в отсутствие негативных.

## Избирательный режим (Single mode)

Сортируется только положительная клетка, причем, если она одна находится в капле. Это очень важный режим, он используется при сортировке в 96-луночные планшеты.

# Клеточные сортеры MoFlo™ XDP И MoFlo™ Astrios



# MoFlo™ XDP: Сортировка. Чистота, выход и жизнеспособность

## Чистота

Чистота сортировки больше 99%

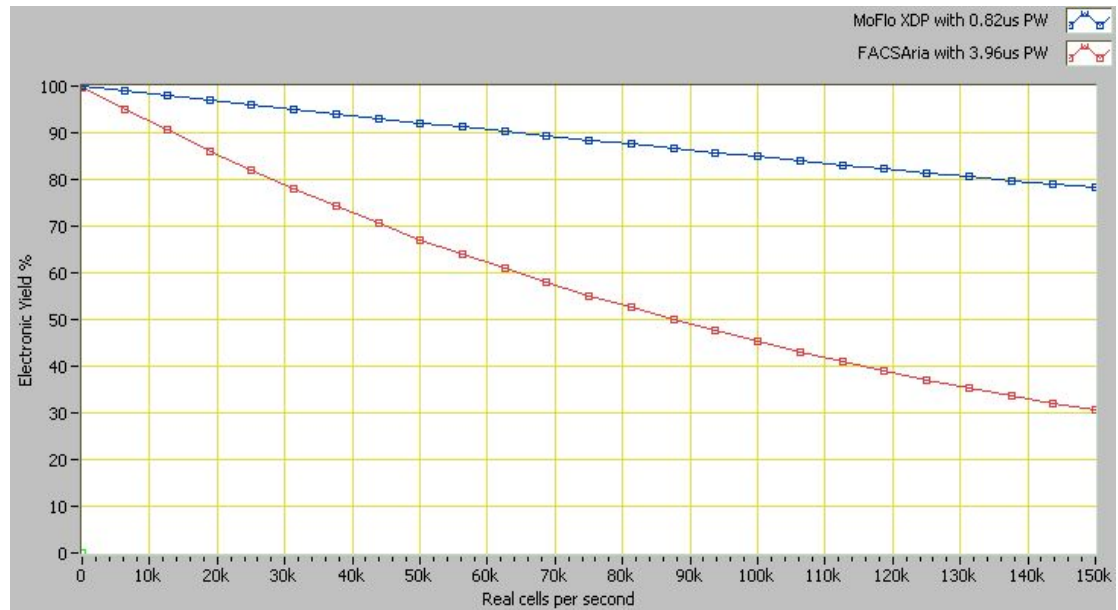
## Жизнеспособность

- MoFlo™ XDP используется для идентификации большого разнообразия клеток включая: Т-клетки, В-клетки, НК-клетки, dendritic cells, гемопоэтические и нервные стволовые клетки.
- После сортировки клетки нормально функционируют и способны производить цитокины, представлять антигены, производить антитела, активироваться, связываться с клетками мишенями, пригодны для трансплантации и долгоживущих культур.

## Выход

На большой скорости работы MoFlo™ XDP имеет выход сортировки в два раза больший чем у конкурентов. Даже на сравнительно медленных скоростях сортировки MoFlo™ XDP сохраняет свое преимущество.

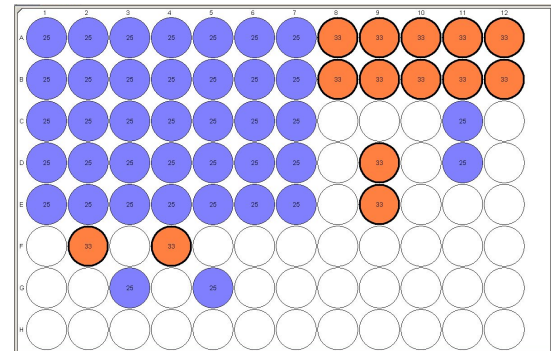
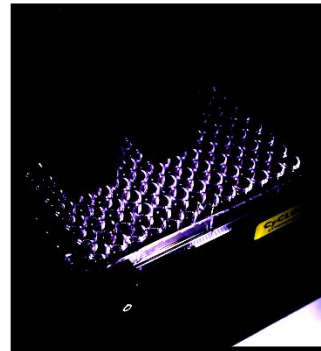
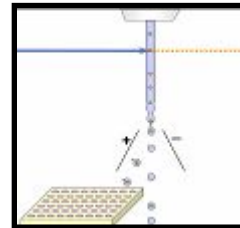
На графике показан выход сортировки (electronic yield, %) в зависимости от скорости сортировки (клеток в секунду).





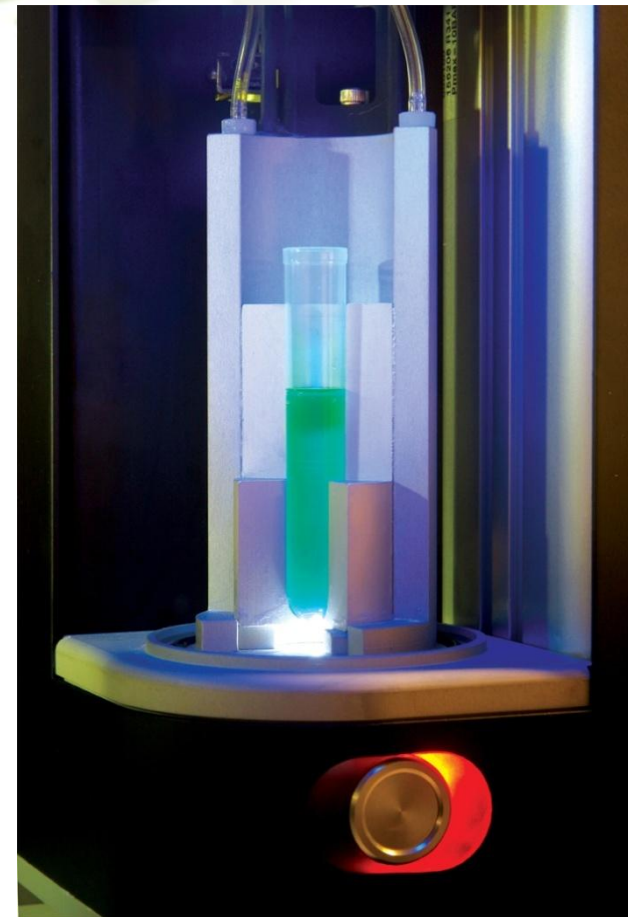
# MoFlo™ XDP: Модуль CyCLONE™

- CyCLONE™ – это управляемый компьютером роботизированный модуль, который осуществляет точное и быстрое распределение отсортированных капель по заданным пользователем микропланшетам.
- Используемые планшеты: на 6, 24, 96, 384 и 1536 ячейки, планшеты заданные пользователем и предметные стекла.
- Распределение капель на предметные стекла легко задается для разного количества рядов и колонок.
- Модуль CyCLONE™ также используется для контроля задержки отрыва капель.



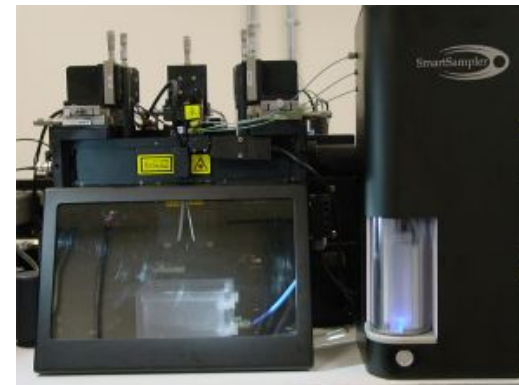
# MoFlo™ XDP: Модуль SmartSampler. Особенности.

- Герметичный модуль SmartSampler позволяет производить сортировку из пробирок, предназначенных для разных целей.
- Широкий выбор типов пробирок: 0,5, 1,5, 5, 14, 15 и 50 мл.
- Возможна установка параметров автоматического взбалтывания и позиционирования образца.
- Детектор воздуха предупреждает пользователя о низком уровне образца, позволяет использовать весь объем образца и предотвращает попадание воздуха в систему.
- Конфигурация модуля, оснащенная водяной баней, позволяет поддерживать температуру образца в пределах от -4 до 40°C.
- Возможны автоматическая очистка и выключение.



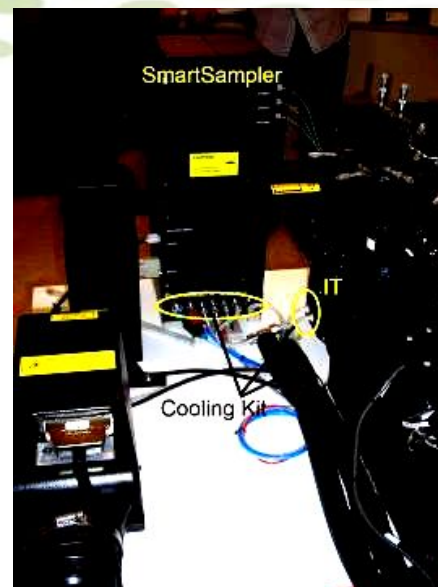
# MoFlo™ XDP: Модуль SmartSampler. Биобезопасность.

- Используемый в системе воздух очищается системой двойной фильтрации ULPA.
- Рабочая камера сделана из материала Lexan™, который препятствует вытеканию жидкости, герметично изолируя пробирку с образцом.
- Герметичная камера защищает оператора в случае повреждения пробирки.



# MoFlo™ XDP: Термостабилизация

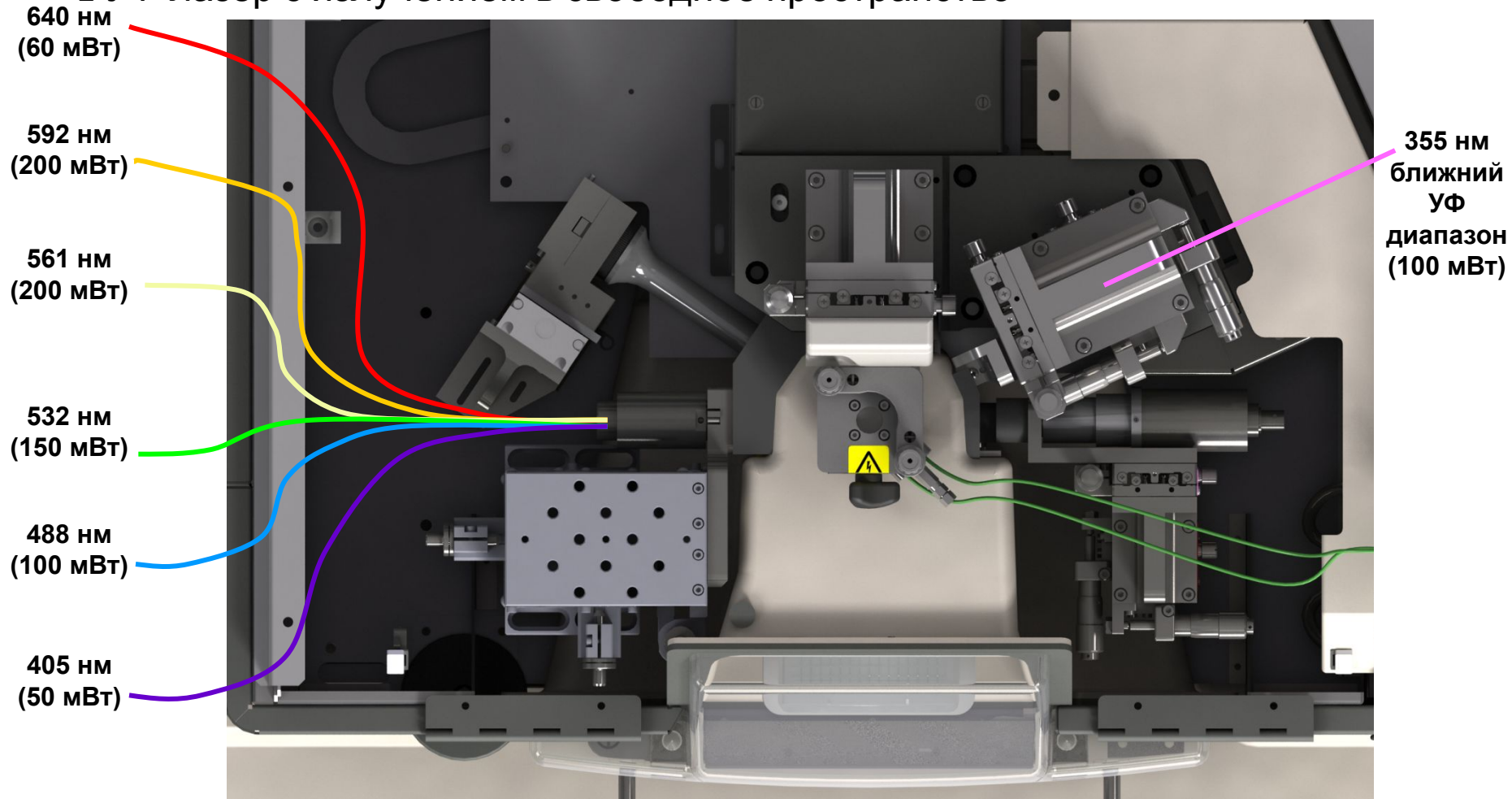
- Водяная баня поддерживает образцы в постоянной температуре
- Поддерживает отсортированные клетки в постоянной температуре
- Отдельно стоящее оборудование от MoFlo™ XDP
- Температура определяется оператором: -4 - 40°C



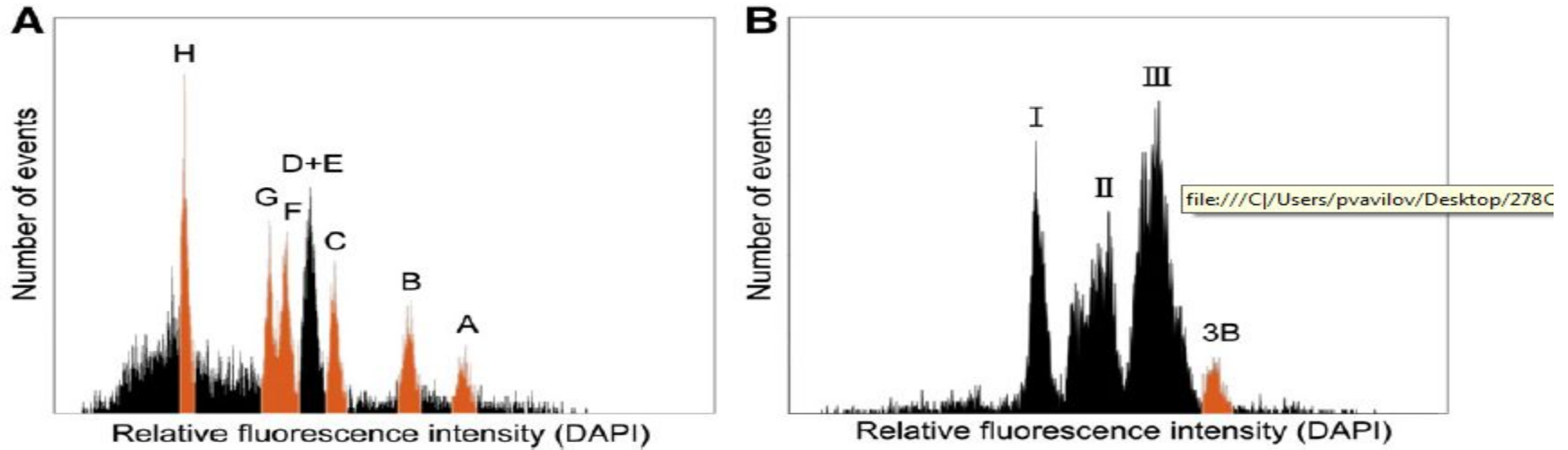


# Модульная система - возможность выбора лазеров

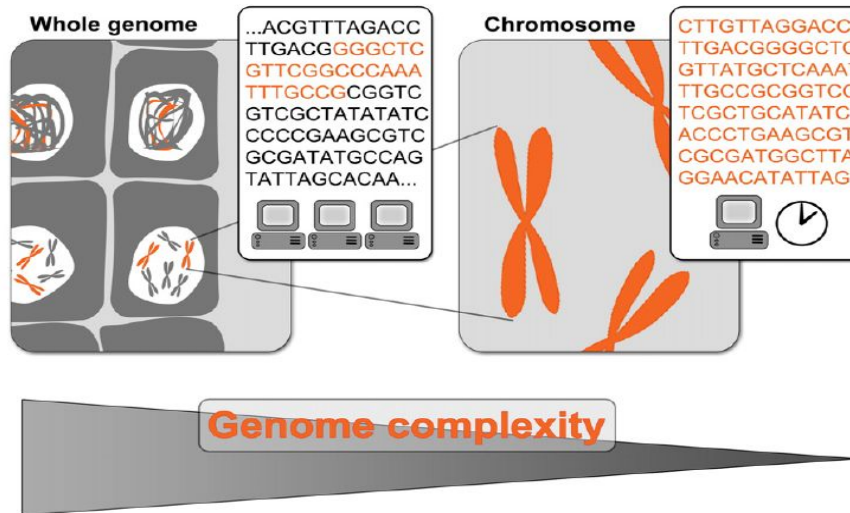
До 6 лазеров с волоконными каналами передачи излучения +  
1 УФ-лазер с излучением в свободное пространство



Первый в мире сортировщик с семью апертурами!



Flow karyotyping in chickpea and bread wheat. The fluorescence intensity histograms (flow karyotypes) were obtained from DAPI-stained suspensions of mitotic chromosomes. (A) Chickpea cv. Frontier ( $2n = 2x = 16$ ) forms seven peaks, six of which each represent a single chromosome (A–C and F–H). The seventh peak harbors both chromosomes D and E. (B) In the wheat cv. Chinese Spring ( $2n = 6x = 42$ ) flow karyotype, only chromosome 3B forms a discrete peak. The remaining 20 chromosomes are dispersed into the composite peaks I–III.



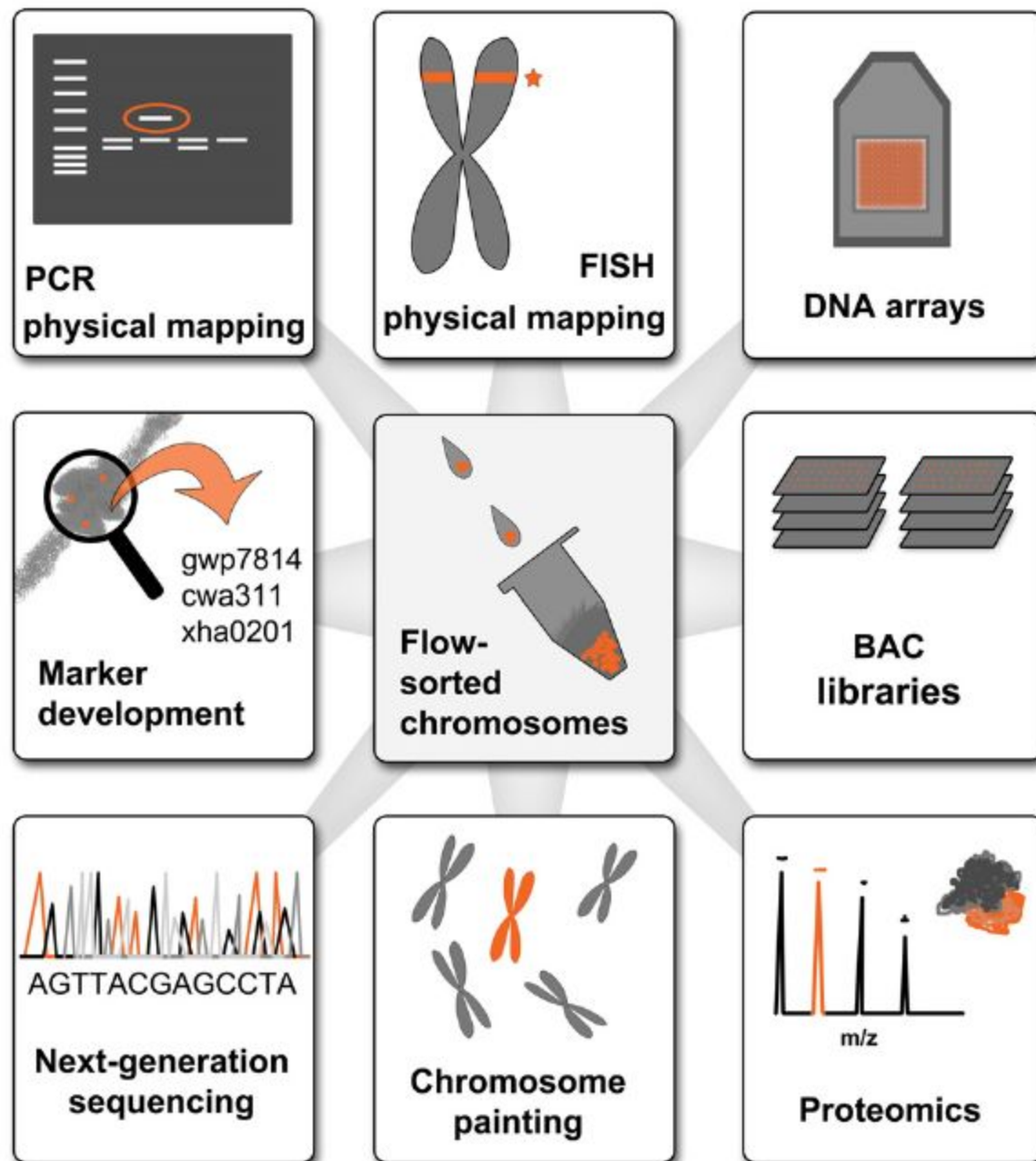


Fig. 6. Major current and potential uses of flow-sorted chromosomes.

**Спасибо за внимание!**

[www.beckmancoulter.com](http://www.beckmancoulter.com)  
[www.beckmancoulterreagents.com](http://www.beckmancoulterreagents.com)