



Люминесценция

Уточникова Валентина Владимировна

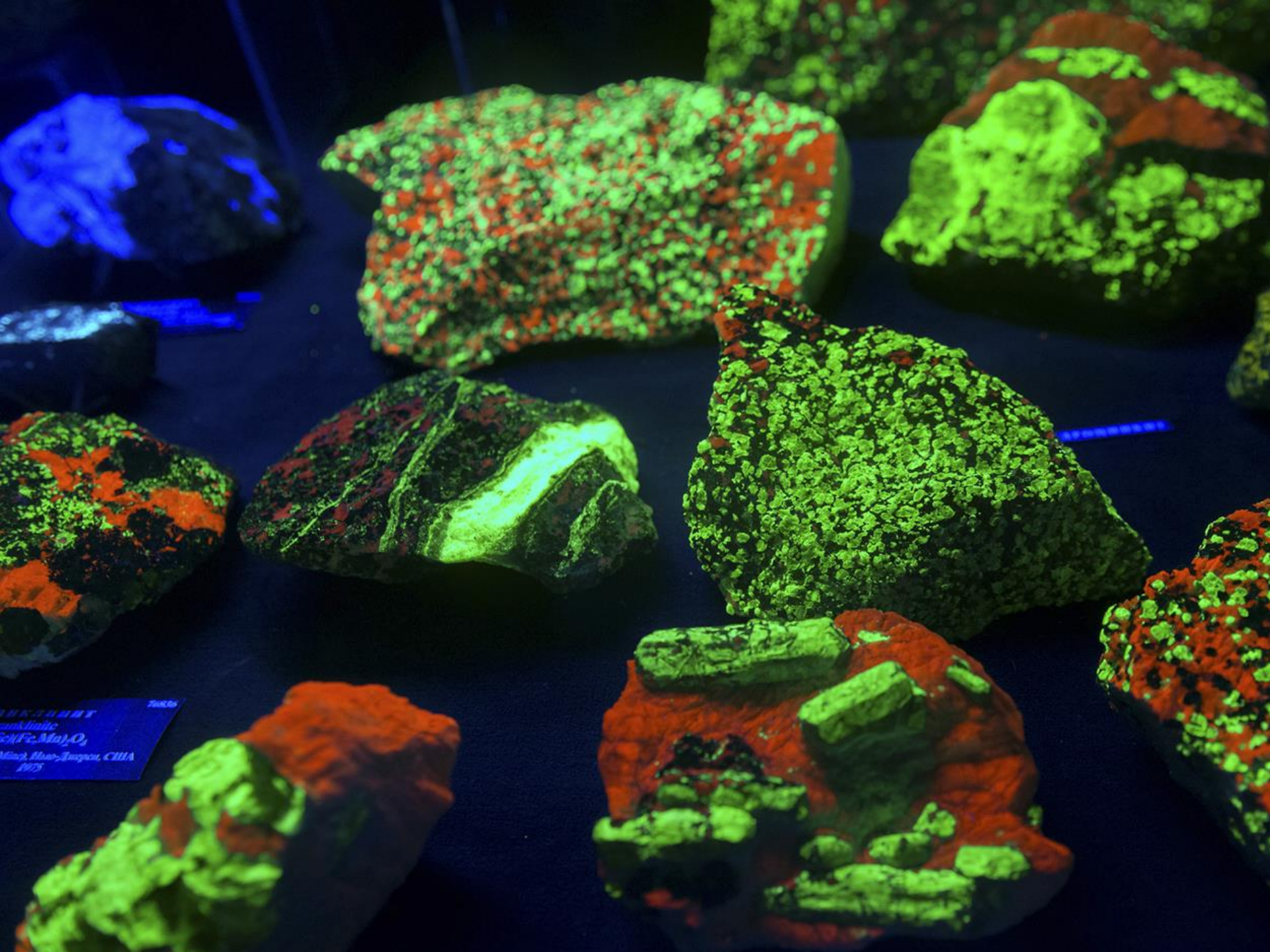








斑状辉长岩
斑状辉长岩
 $\text{Fe}(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{O}_4$
智利, 安托法加斯塔, 1975







WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

CALCITE (fl. blue-white, green)
Blue Fluorapatite
Mount St. Helens, Washington

ADAMITE (fl. green)
Mount St. Helens
New Agropolis, Italy

SPINEL (fl. red)
Old Man, New York

FLUORITE (fl. yellow)
Hutchinson, Kansas

CALCITE (fl. red)
FLUORITE (fl. blue)
Hutchinson, Kansas, England, Norway
Hutchinson, Kansas

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

ADAMITE (fl. green)
Mount St. Helens
New Agropolis, Italy

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

ADAMITE (fl. green)
Mount St. Helens
New Agropolis, Italy

CALCITE (fl. red)
Hutchinson, Kansas

SPINEL (fl. red)
Old Man, New York

PETRIFIED WOOD (fl. white)
Hutchinson, Kansas

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

CALCITE (fl. white)
Hutchinson, Kansas

CALCITE (fl. orange)
Hutchinson, Kansas

CALCITE (fl. blue-white)
Hutchinson, Kansas

FLUORITE (fl. blue-white)
Hutchinson, Kansas

FLUORITE (fl. blue-white)
Hutchinson, Kansas

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

WILLEMITE (fl. green)
Franklinite (non fl.)
Franklin, Sussex Co., NJ

SEM OPAL (fl. white)
Hutchinson, Kansas

ANTHOPHYLLITE (fl. red)
TREMOLITE (fl. orange)
Belmont, New York

SODALITE (fl. green)
Hutchinson, Kansas

CAVE ONITE (fl. blue-white)
Corydon, Iowa

CERUSSITE
Mibladen, Morocco

AGRELLITE
Kipawa River,
Temiscaming County,
Quebec, Canada

CALCITE (fl. red)
Hutchinson, Kansas

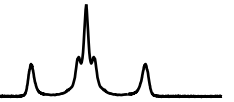
SODALITE (fl. orange)
Belmont, New York





Люминесценция

=10=

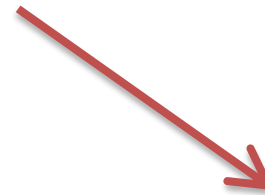


«Будем называть люминесценцией **избыток над температурным излучением** тела в том случае, если это избыточное излучение обладает конечной **длительностью примерно 10^{-10} секунд и больше**»

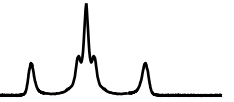
С. И. Вавилов, 1948 г.



НЕ тепловое излучение



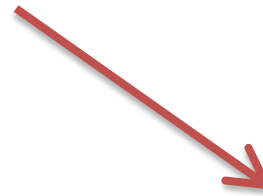
НЕ рассеяние, НЕ
отражение, НЕ
комбинационное
рассеяния и т.д.:
длительность меньше
колебания световой
волны (которая $<10^{-10}$ с)



Переход молекулы из возбужденного состояния в основное (= релаксация), при котором выделившаяся энергия расходуется на рождение фотона (= кванта света), называется **люминесценцией.**



Как перевести молекулу в возбужденное состояние

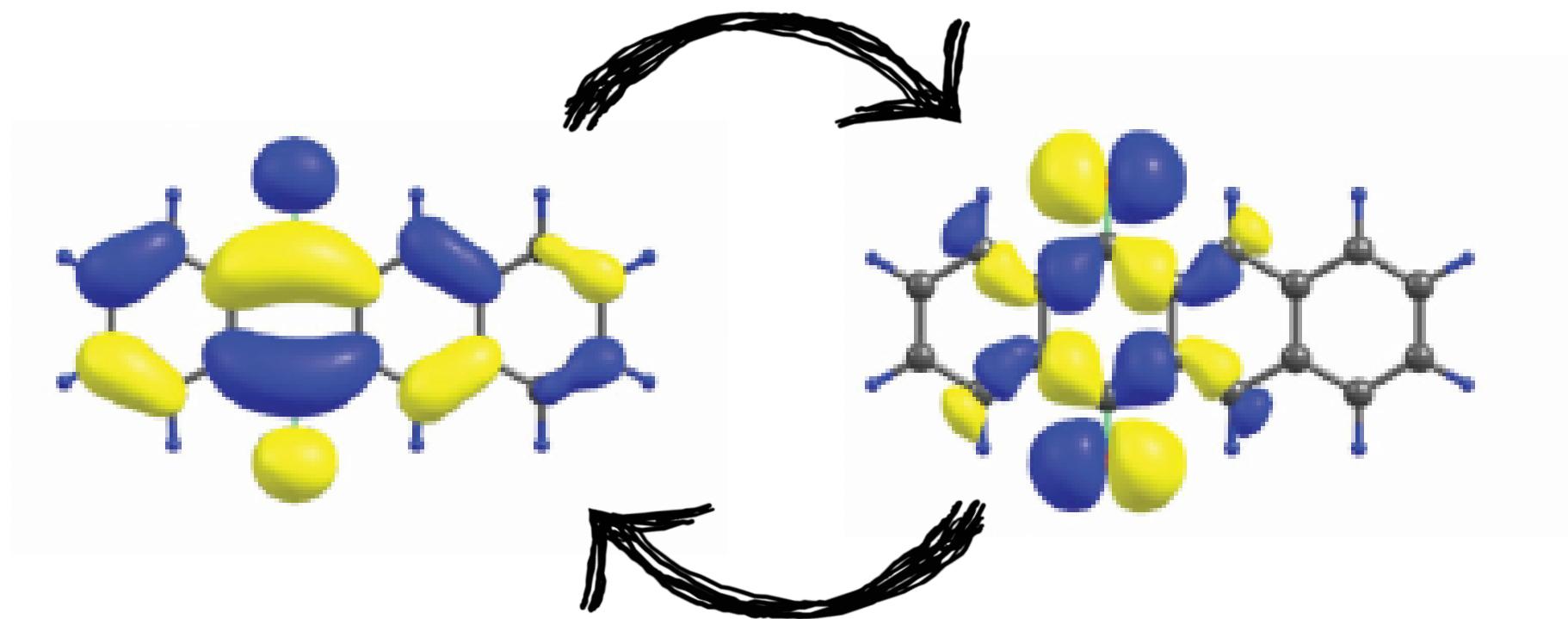


Как заставить ее релаксировать излучательно

Настоящая молекула

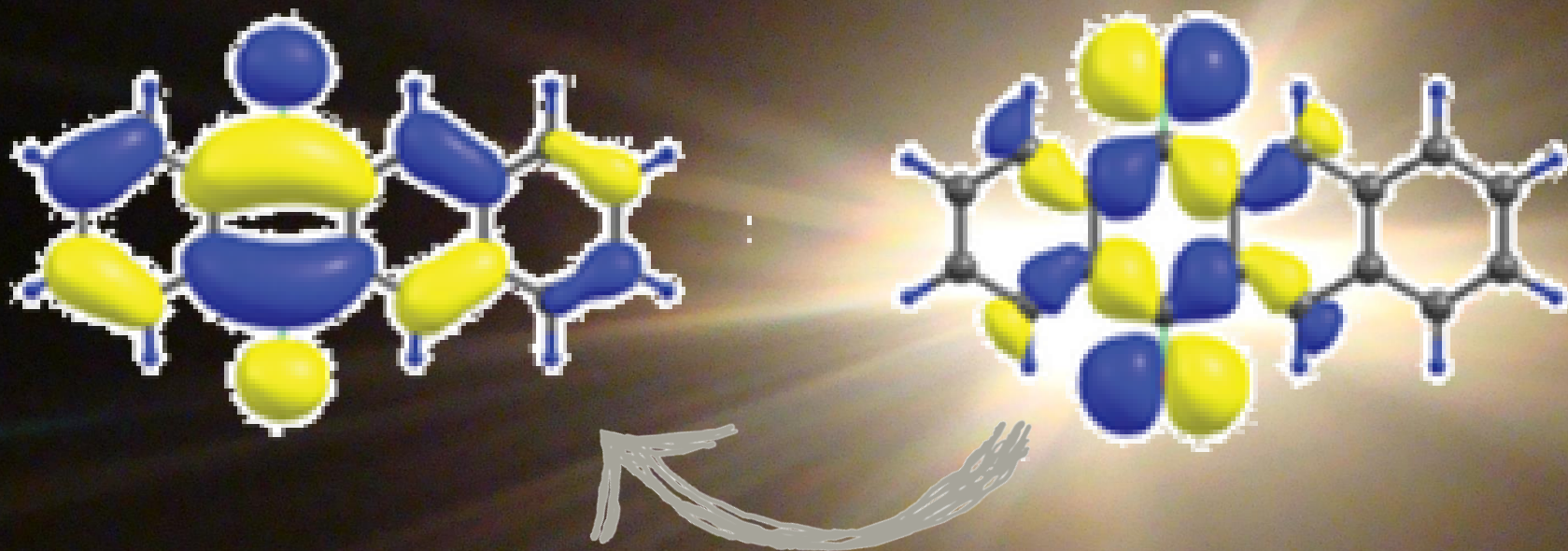


Поглощение энергии



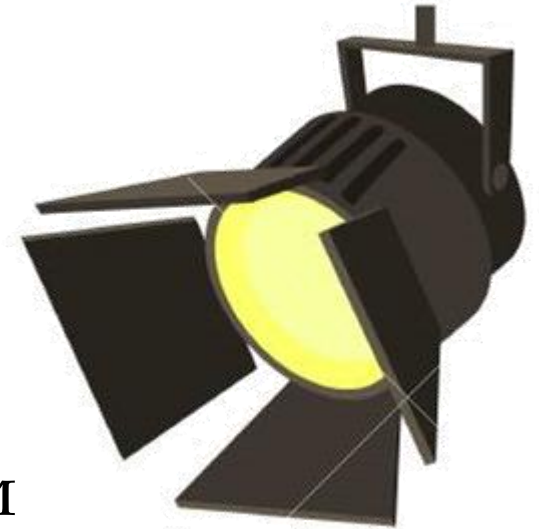
Выделение энергии

Куда энергия?

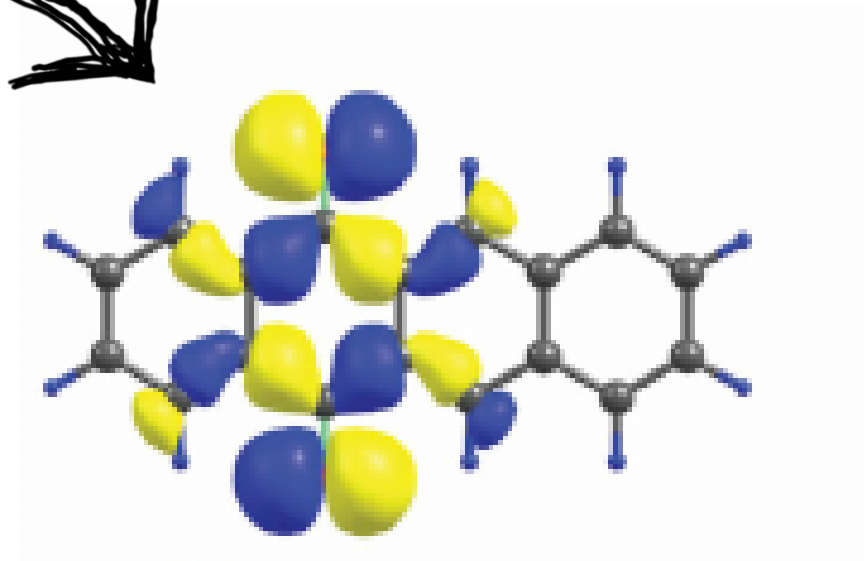
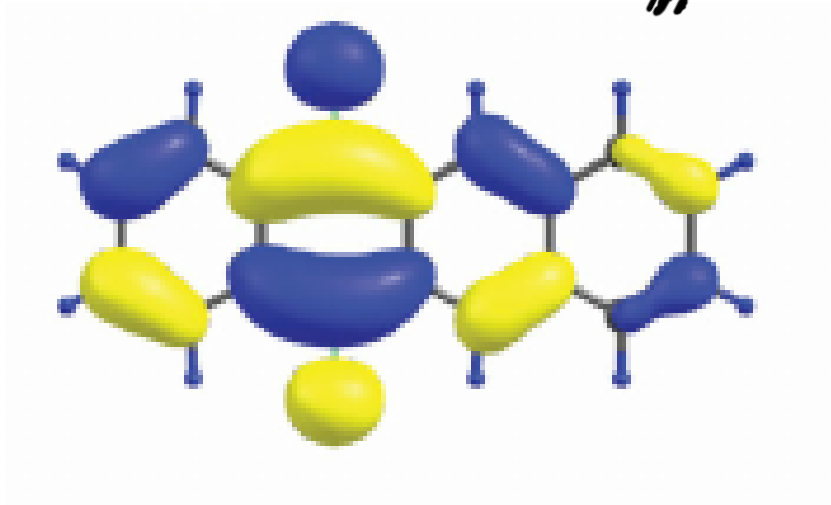


Выделение энергии

Откуда энергия?



Поглощение энергии



Виды люминесценции

=15=

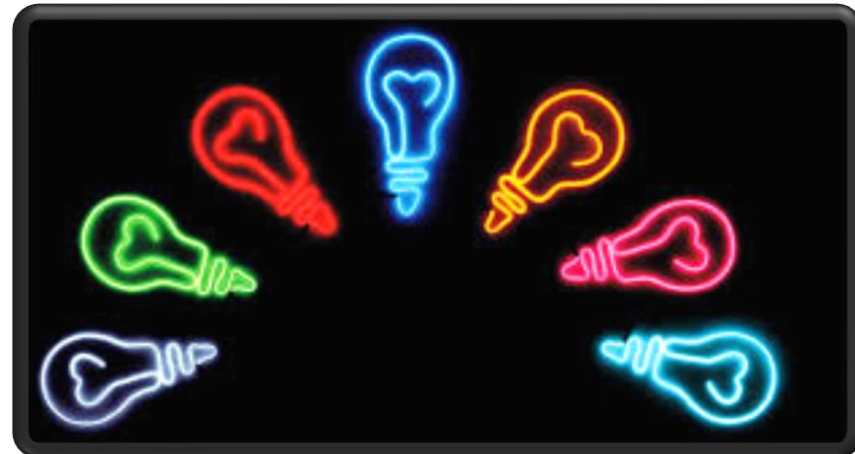
фотолюминесценция –
под действием света



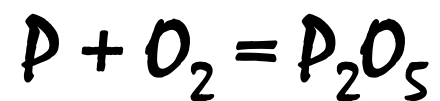
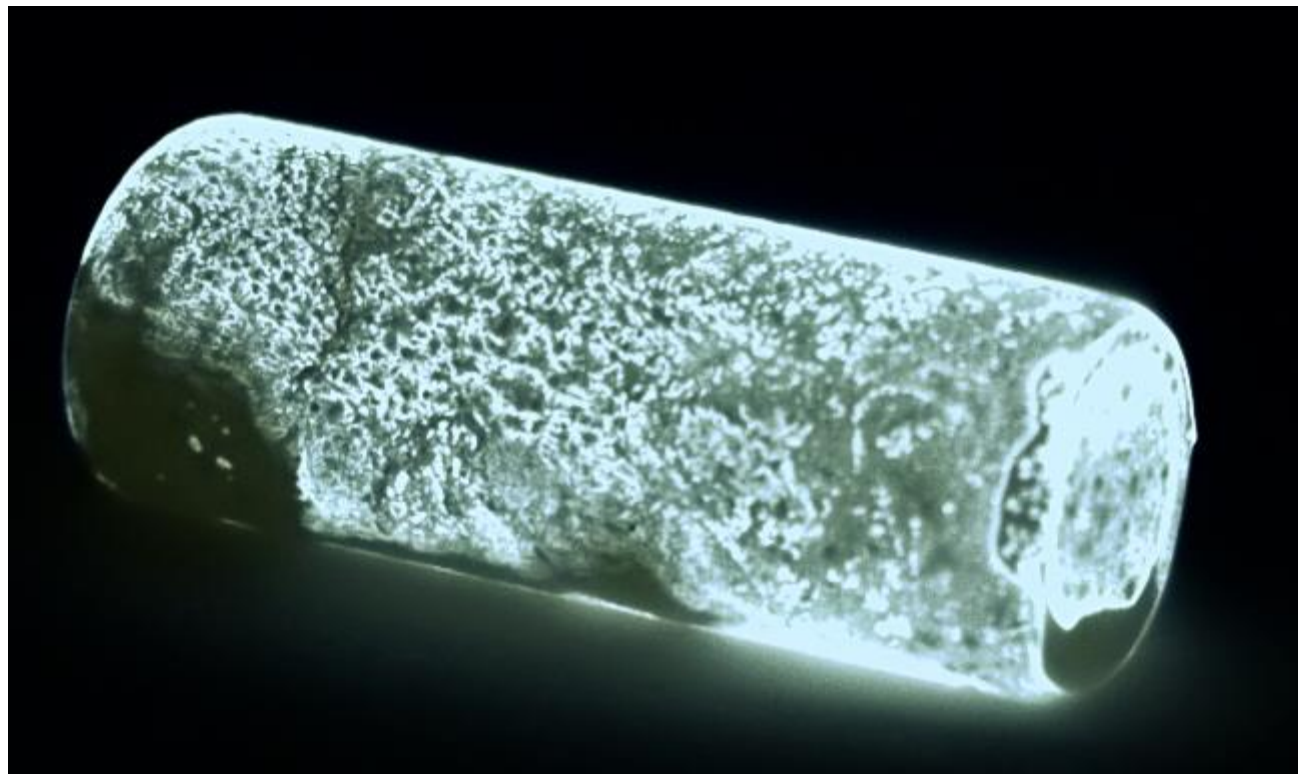
(био)хемилюминесценция –
использует энергию химических
реакций;



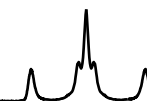
электролюминесценция –
при пропускании
электрического тока



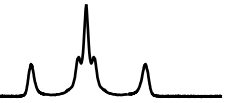
Хемилюминесценция



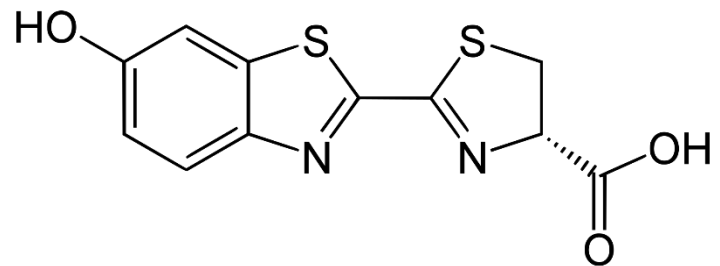
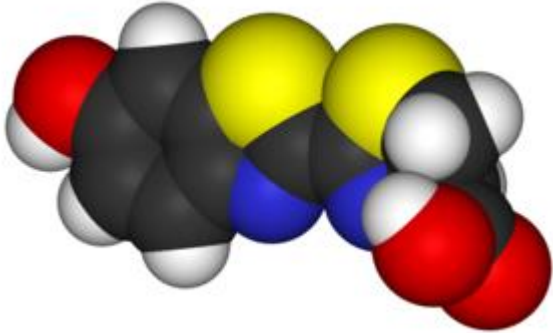
Биоллюминесценция



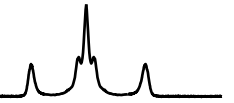
Как это происходит



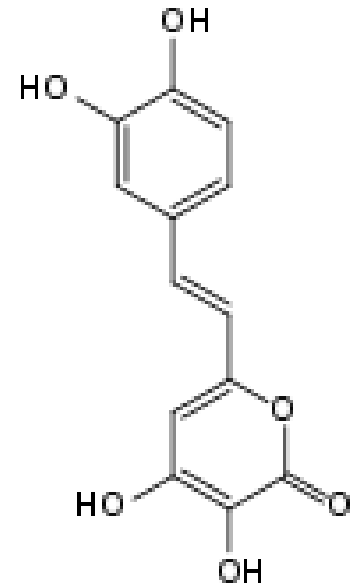
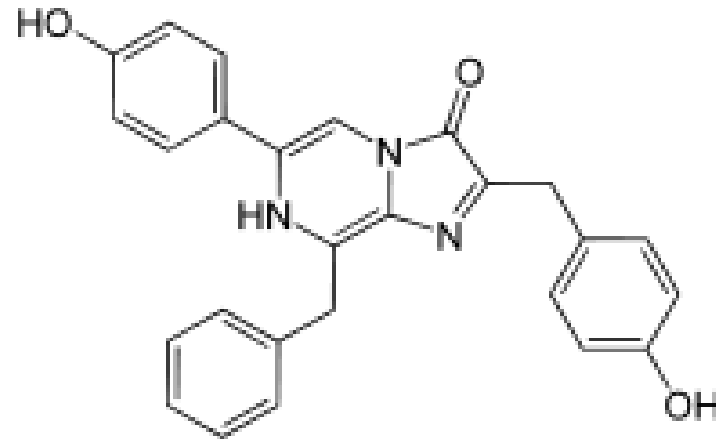
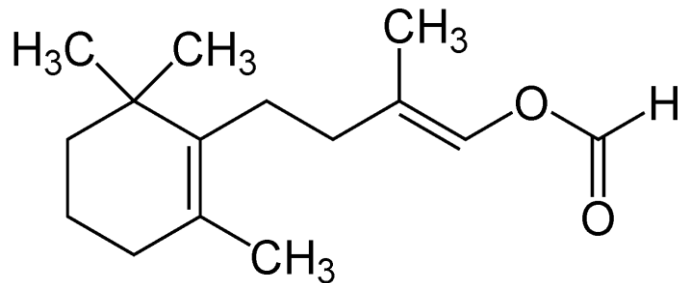
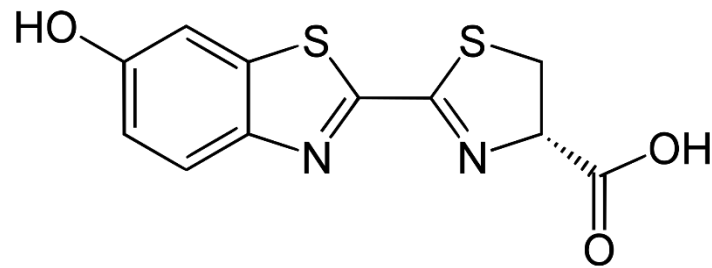
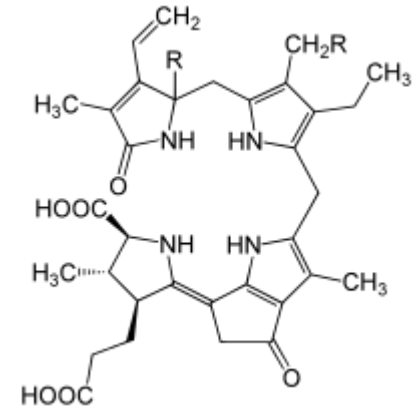
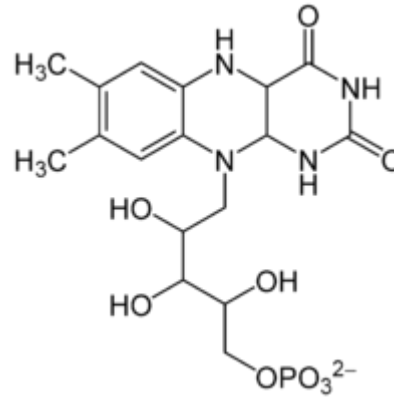
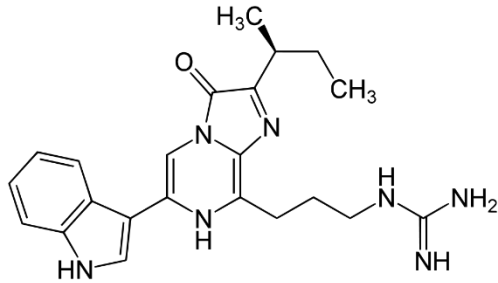
Люциферин + O_2 = окси-люциферин + энергия



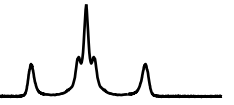
Как это происходит



Люциферин + O_2 = окси-люциферин + энергия

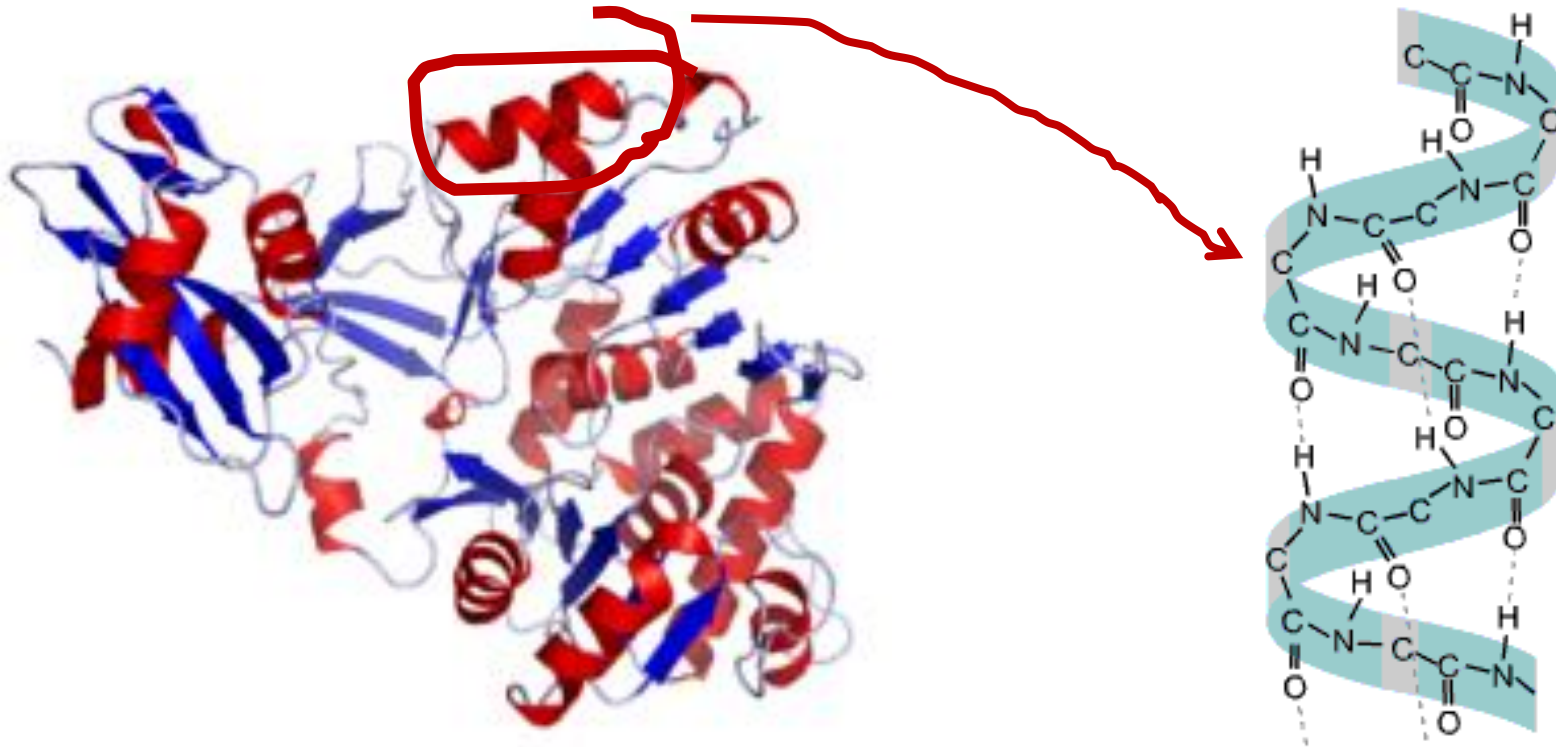


Как это происходит

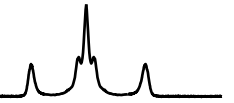


Люциферин + O_2 = окси-люциферин + энергия

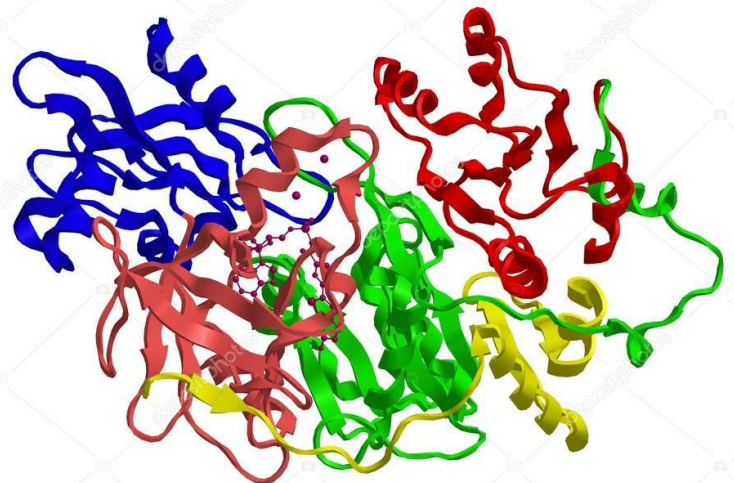
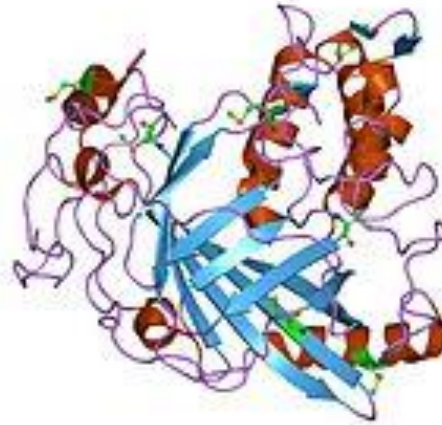
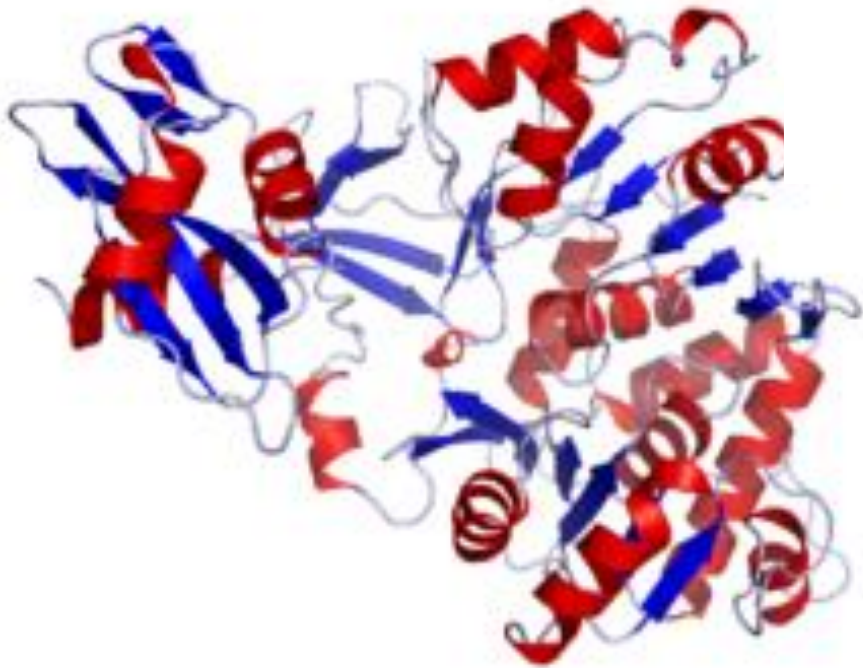
люцифераза



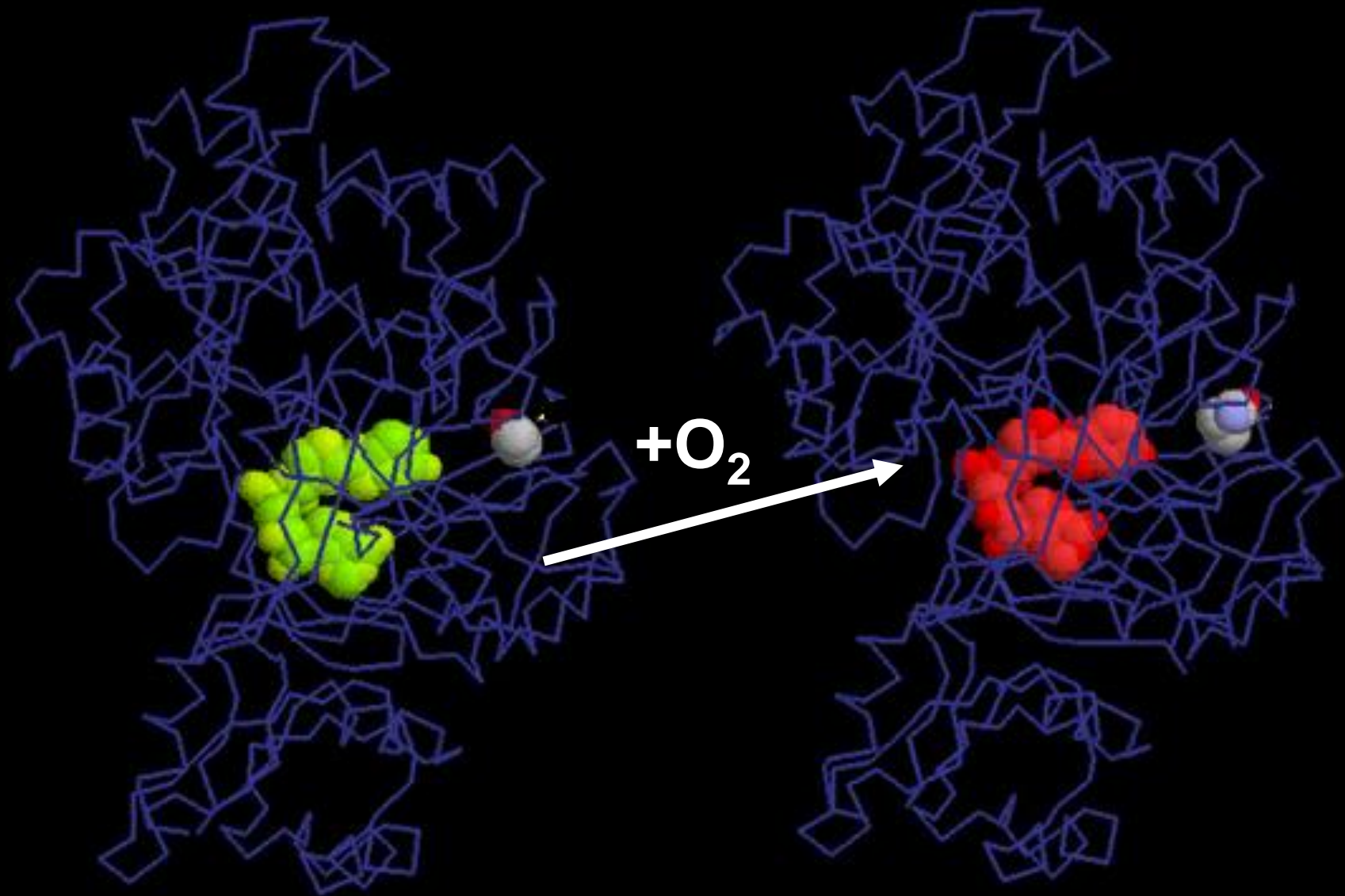
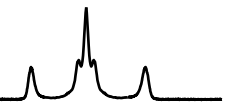
Как это происходит



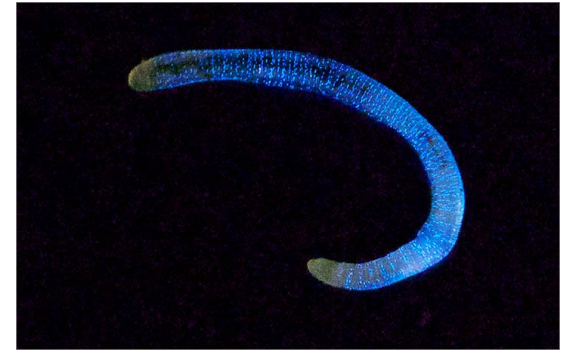
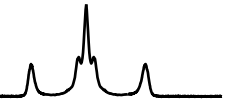
Люциферин + O_2 = окси-люциферин + энергия



Люциферин+люцифераза

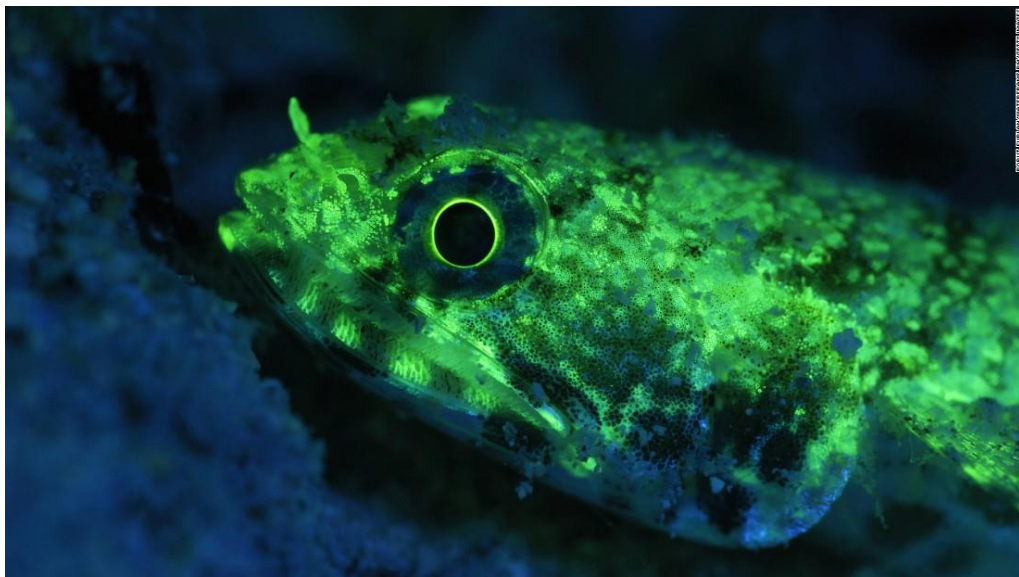


Кто люминесцирует?



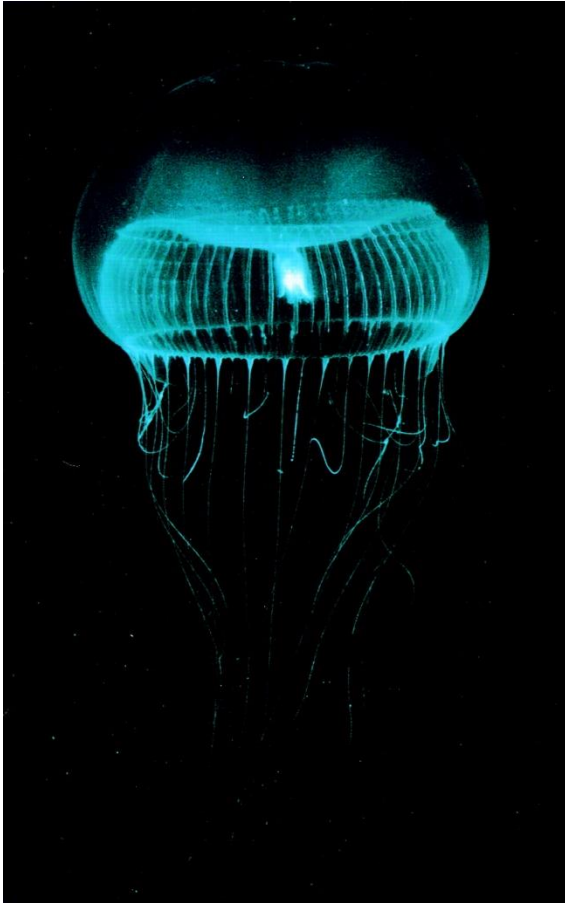
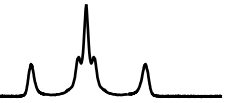
Животные – мухи, жуки, черви

Кто люминесцирует?



РЫБЫ

Кто люминесцирует?



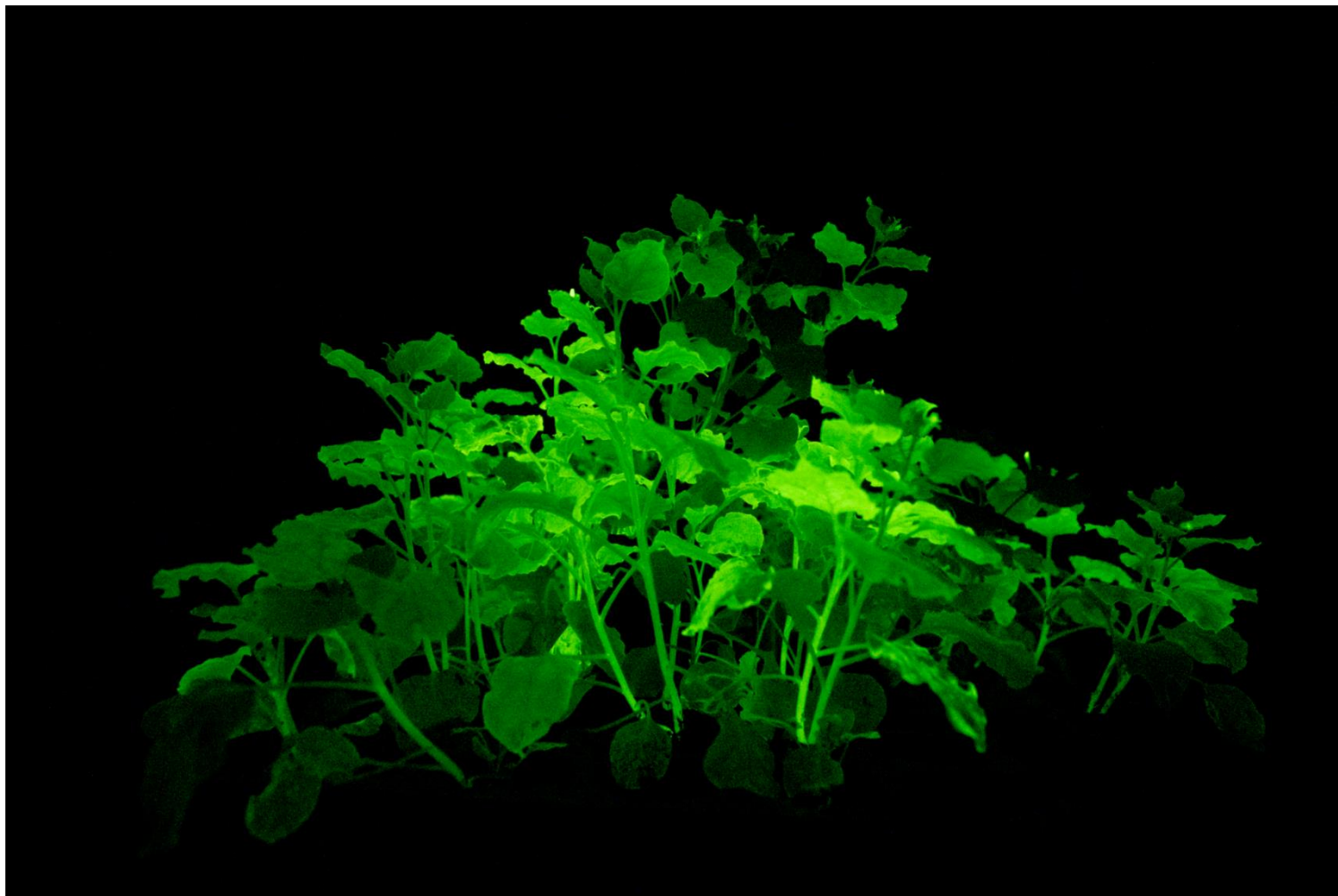
Другие морские обитатели

Кто люминесцирует?



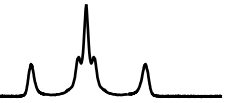
Грибы

Кто люминесцирует?

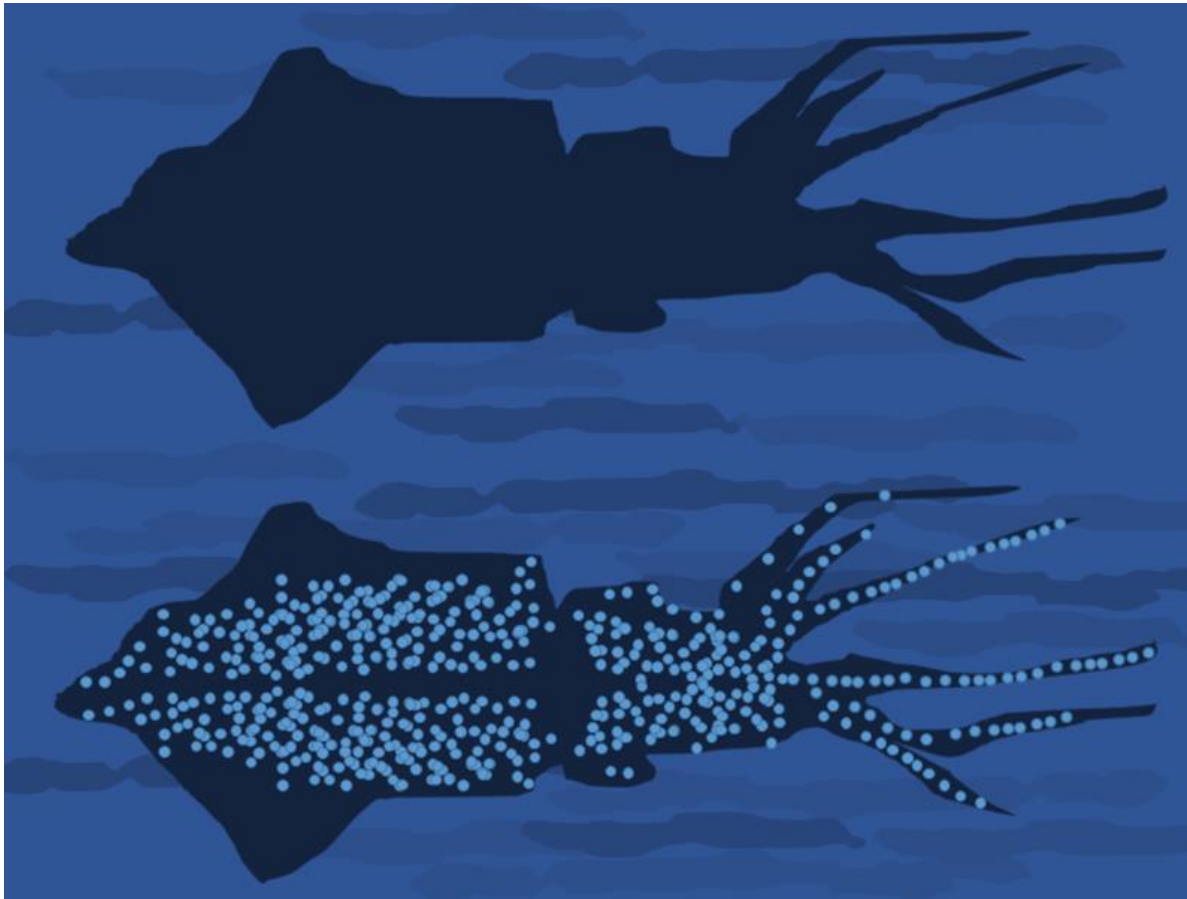


Растения

Зачем люминесцируют?

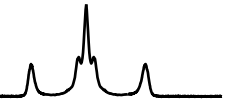


Камуфляж



Кальмар *Watasenia scintillans*

Зачем люминесцируют?

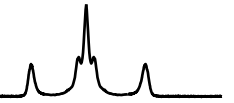


Привлечение внимания



Arachnocampa luminosa – привлекает будущих жертв

Зачем люминесцируют?

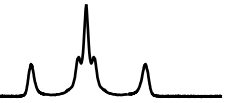


Привлечение внимания

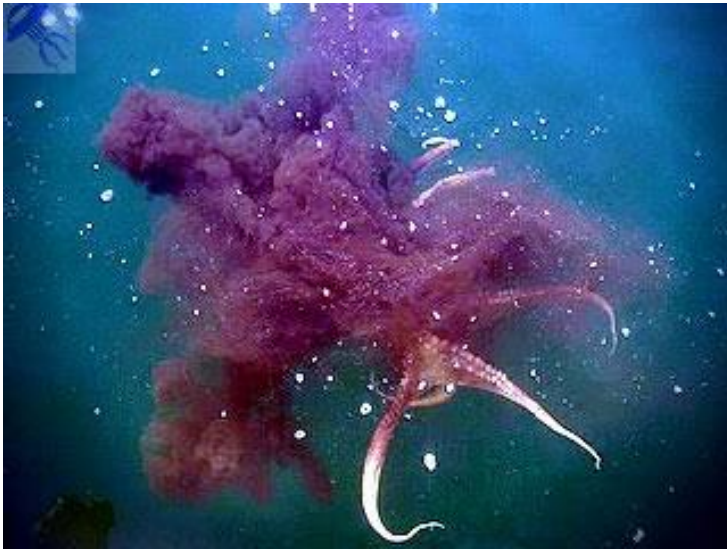


Светлячки – привлекают партнеров

Зачем люминесцируют?



Защита

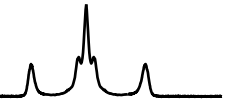


Многие головоногие



Динофиитовые водоросли

Зачем люминесцируют?



Предупреждение

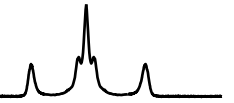


Черви



Медузы

Зачем люминесцируют?

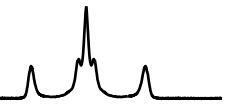


Общение



Огнетелки – строят колонии

Зачем люминесцируют?



Освещение



Рыба *Malacosteus niger*

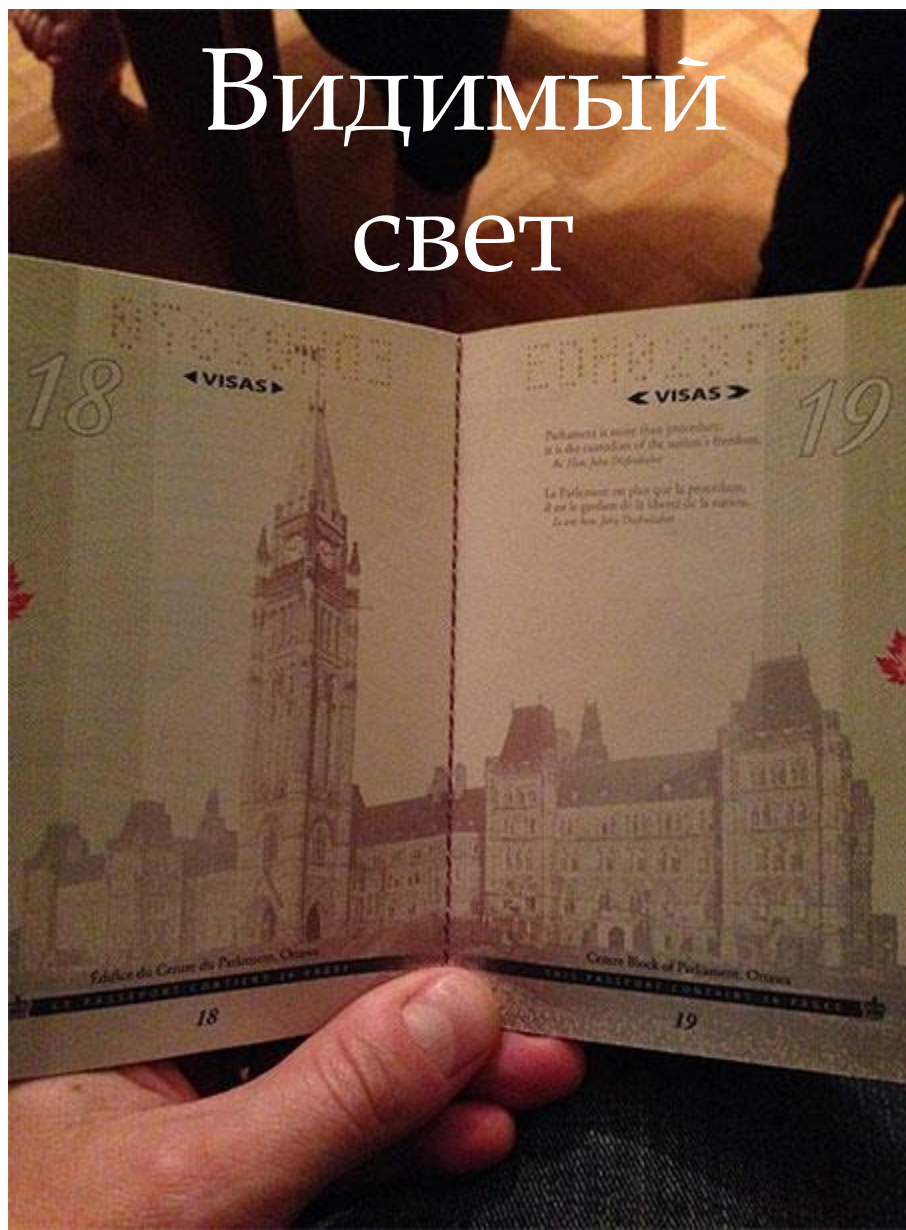
Фотолюминесценция



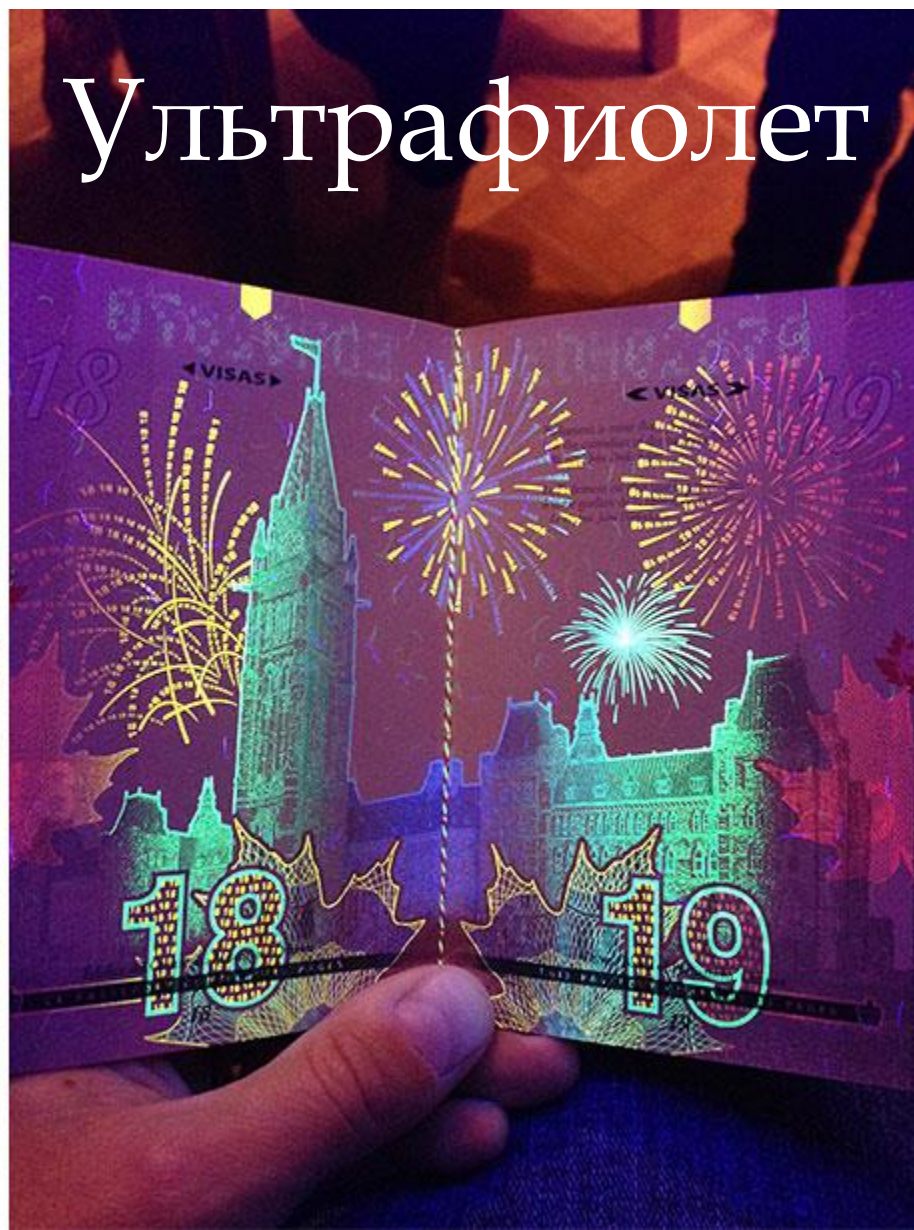
Фотолюминесценция



Видимый свет



Ультрафиолет





Eu³⁺

Защитные метки



ЕВРОпий



© BCE ECB EZB EKT EKP 2002

Eu²⁺

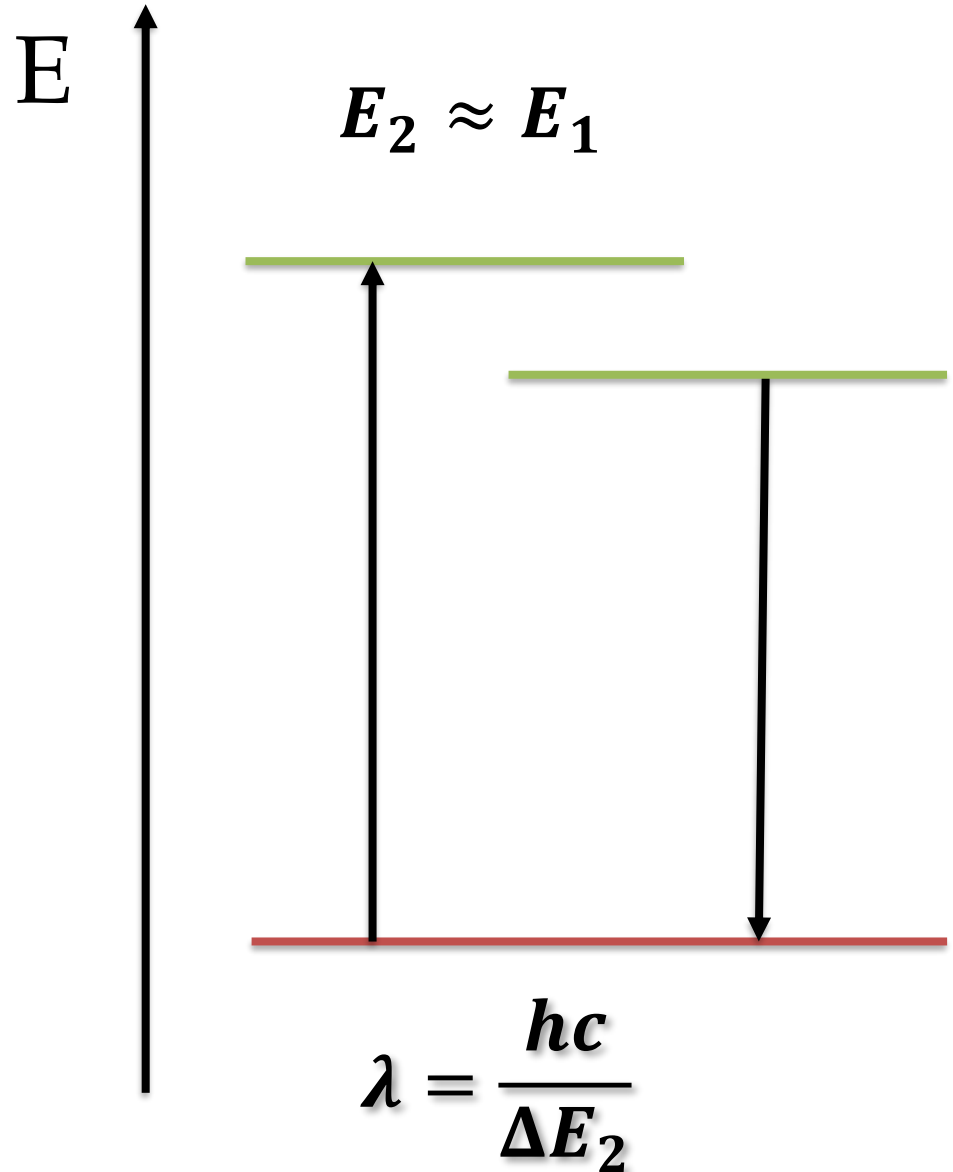
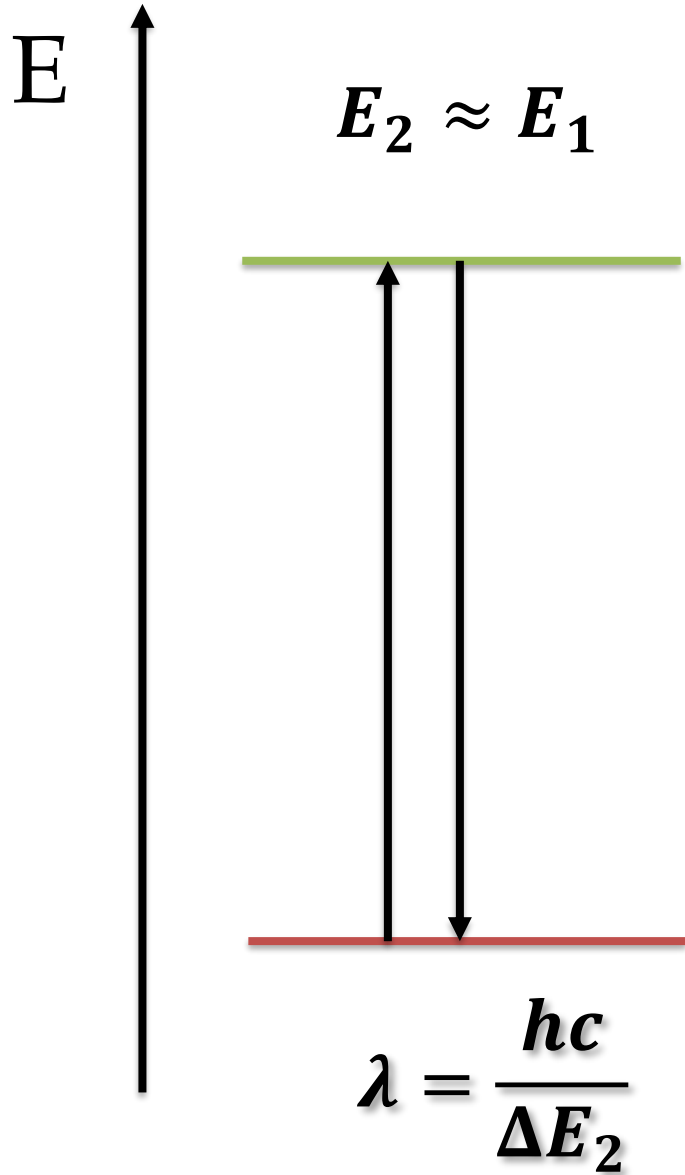
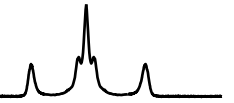
Нетоксичность
Нерастворимость
Стабильность

Eu³⁺

.....
Белый цвет

100 EURO

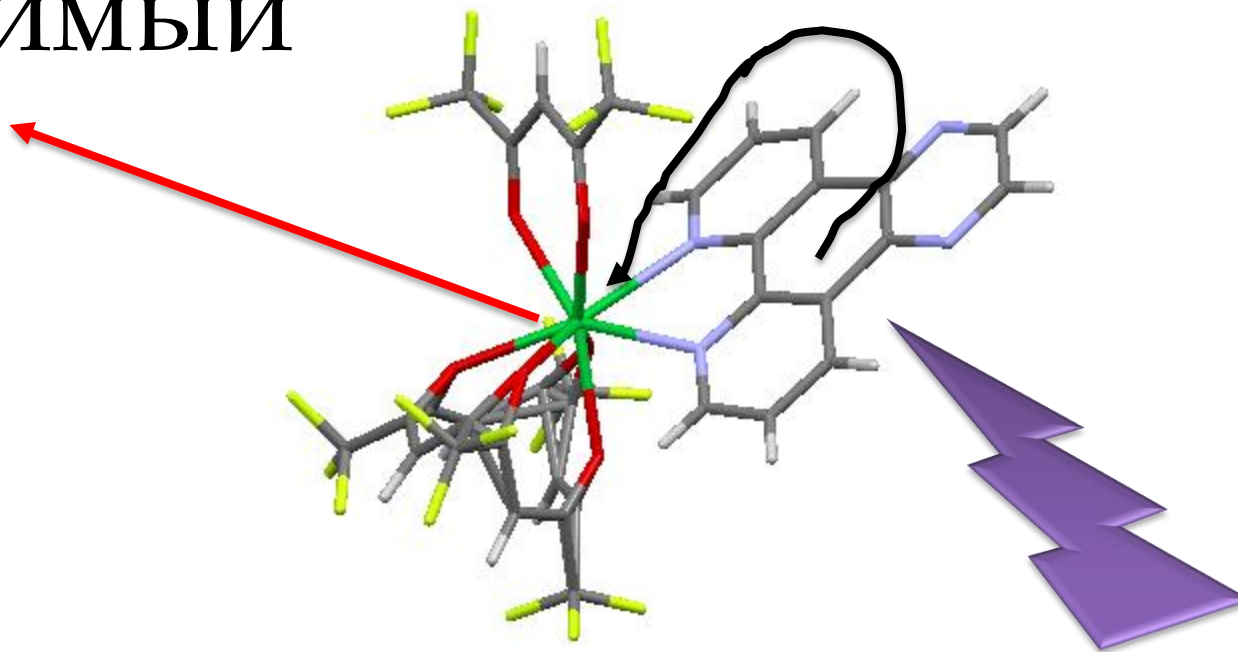
Почему краска невидимая



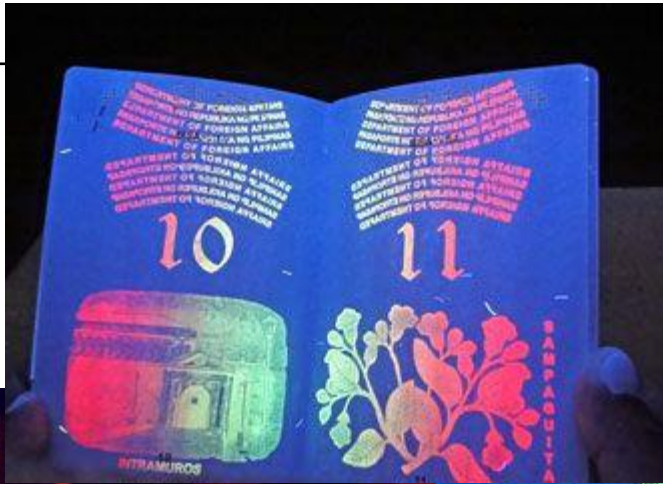
Это как вообще

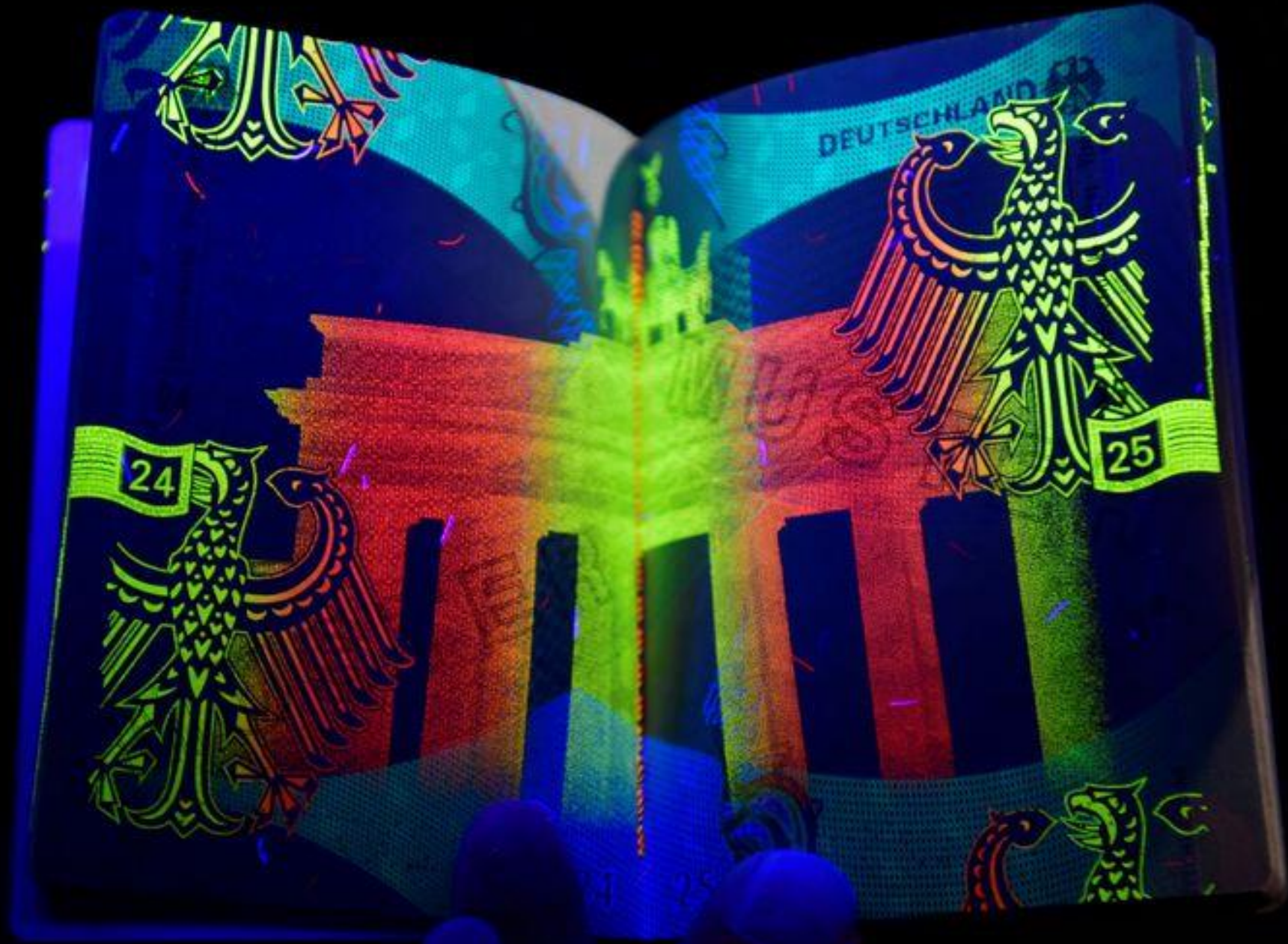


ВИДИМЫЙ

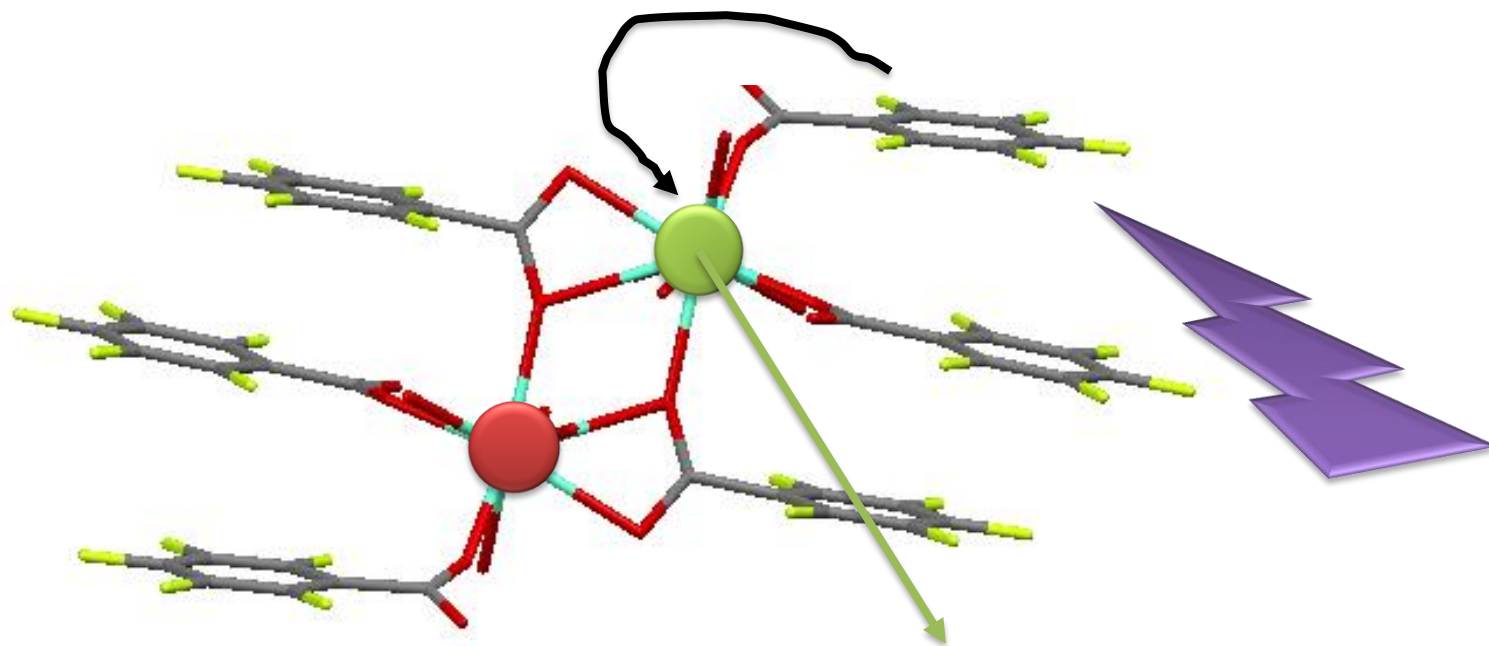


УФ





«Хитрые» метки



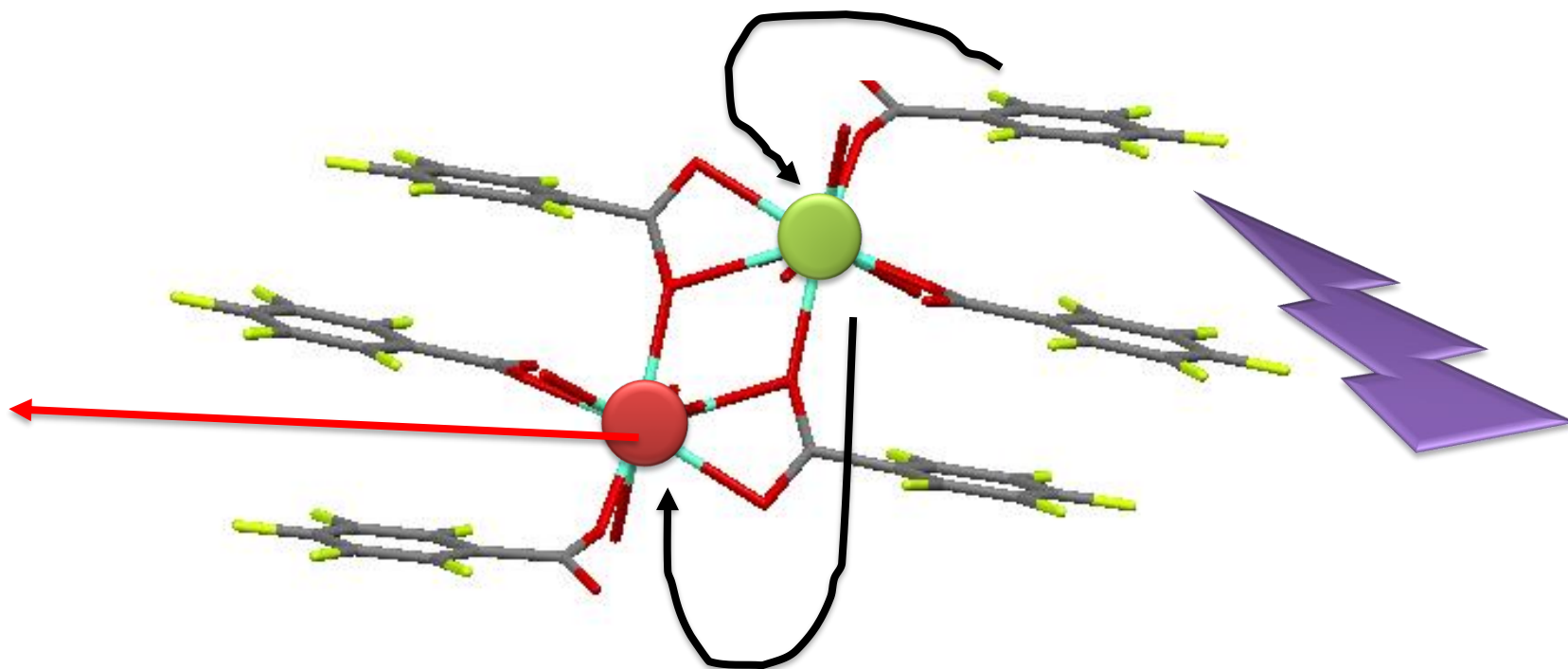
«Хитрые» метки



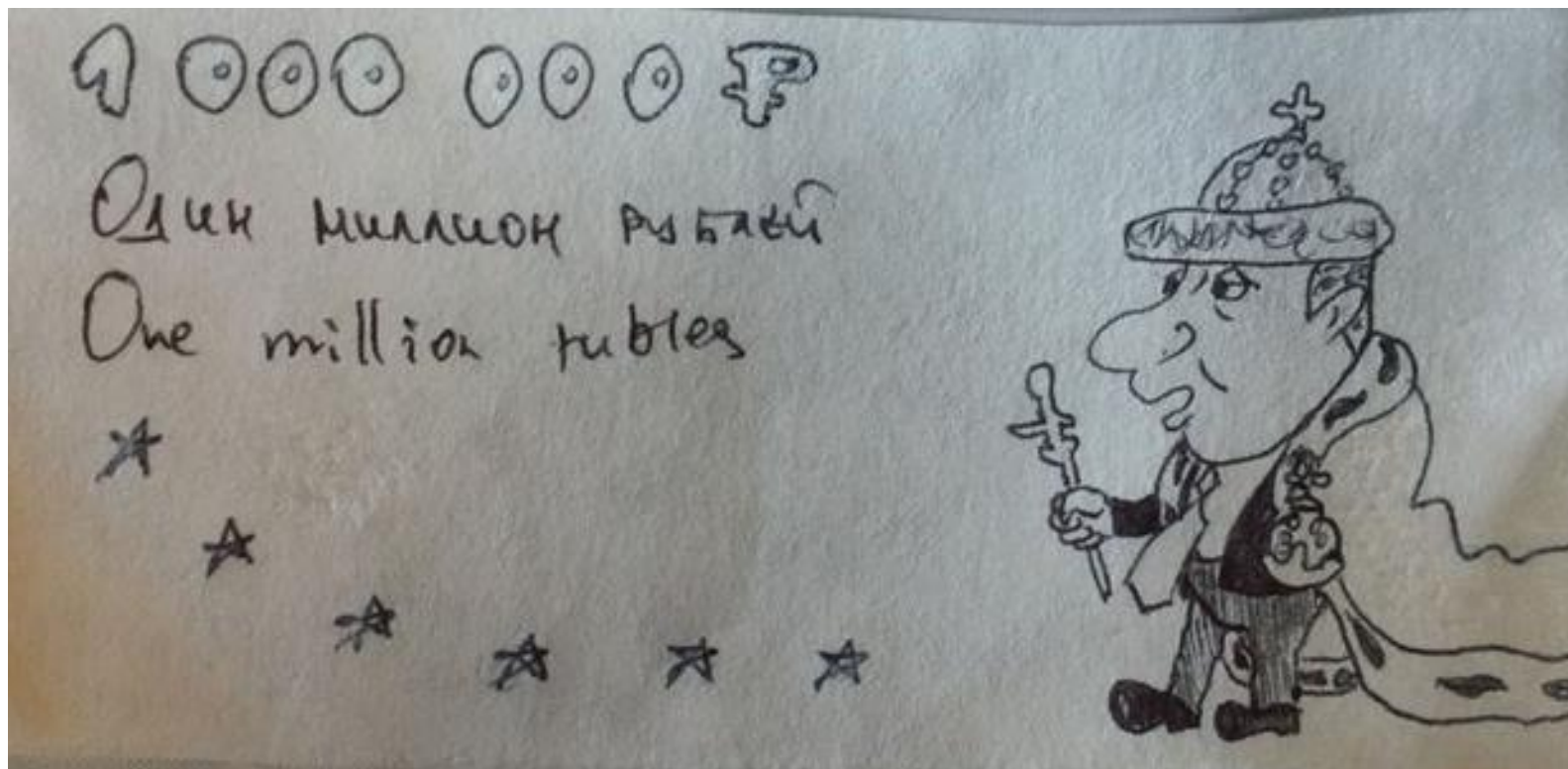
+25 C



-50 C

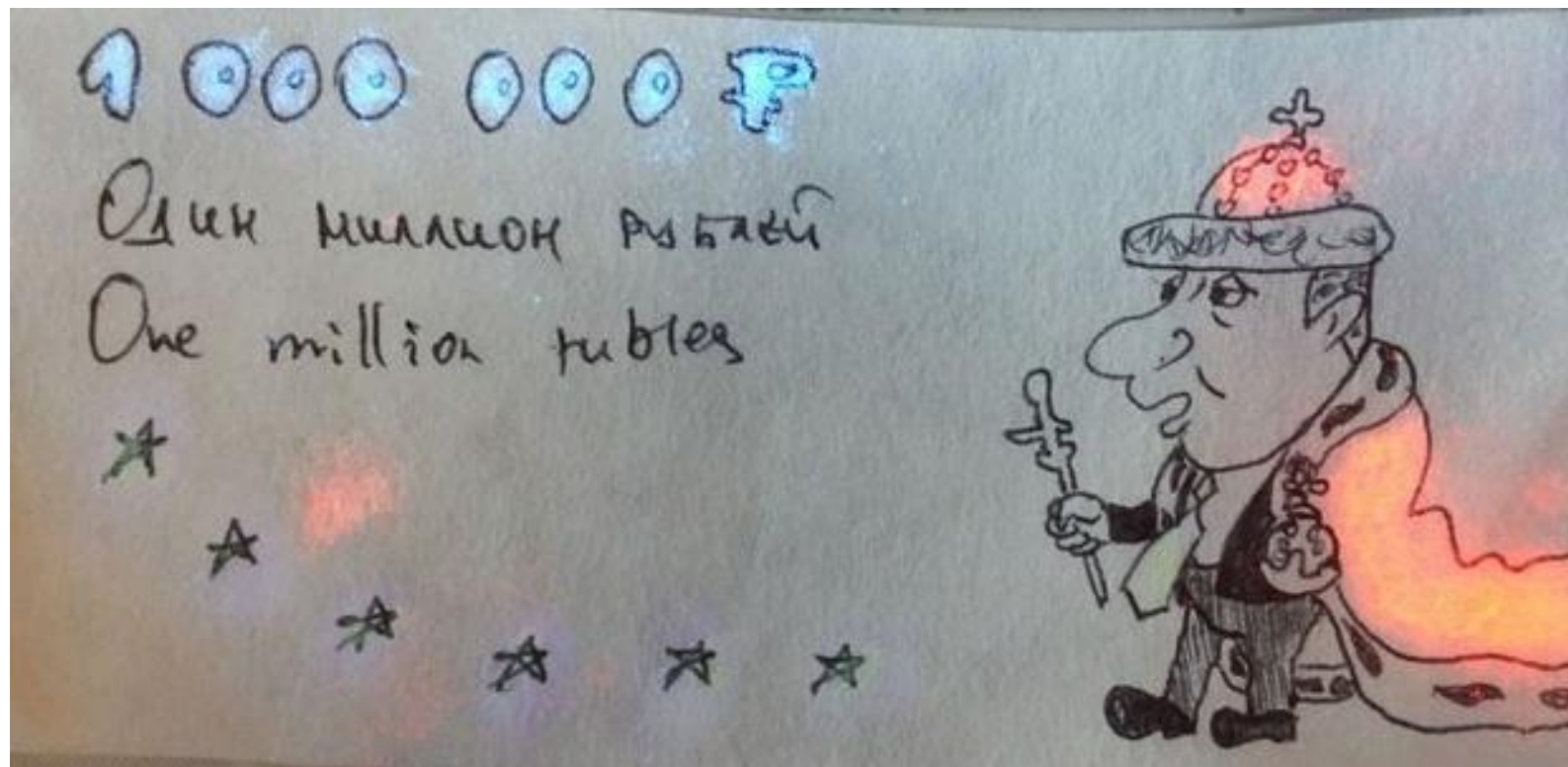


Люминесцентные метки



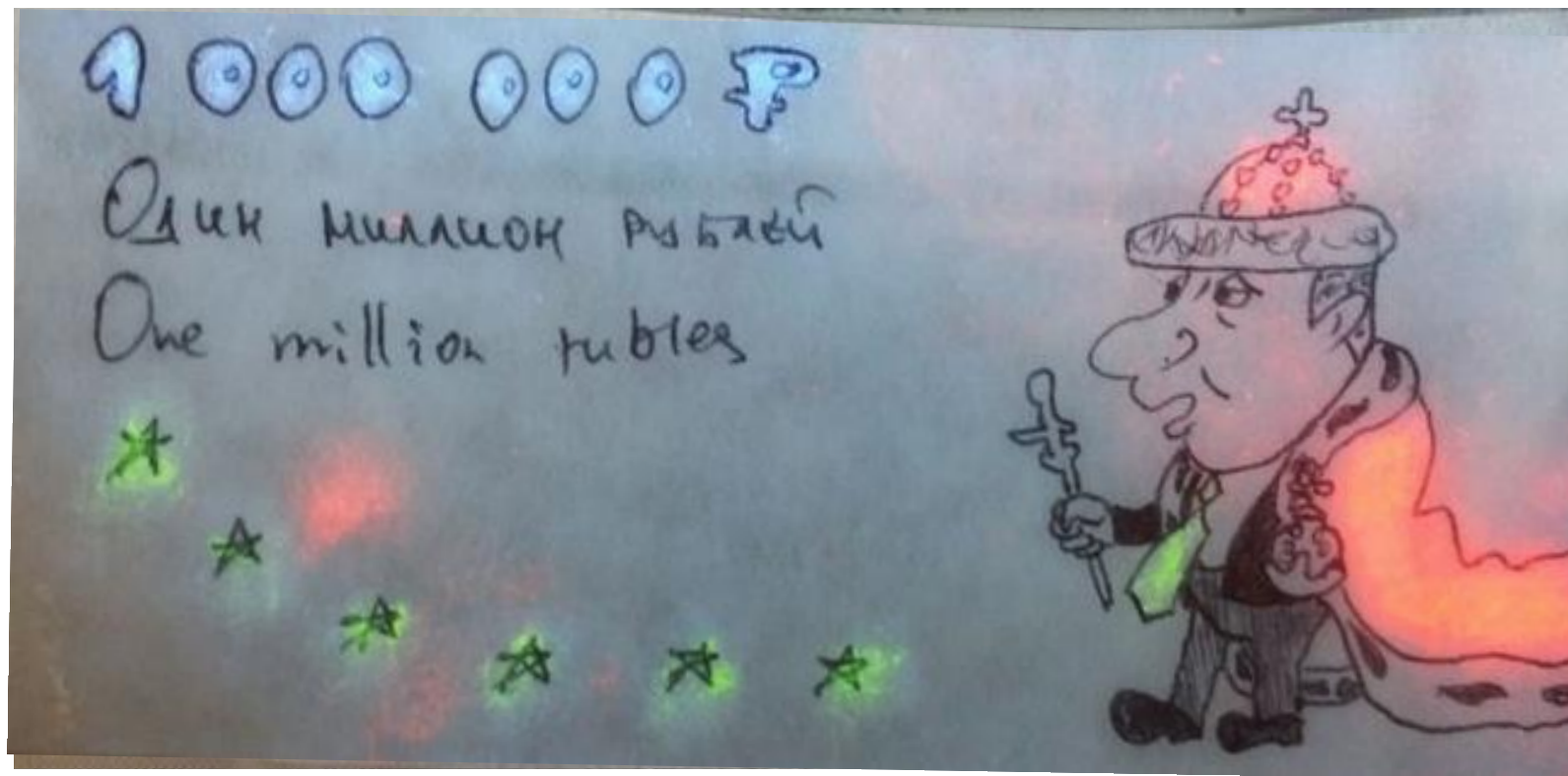
300 К

Люминесцентные метки



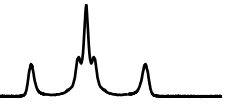
300 К + УФ

Люминесцентные метки



77 К + УФ

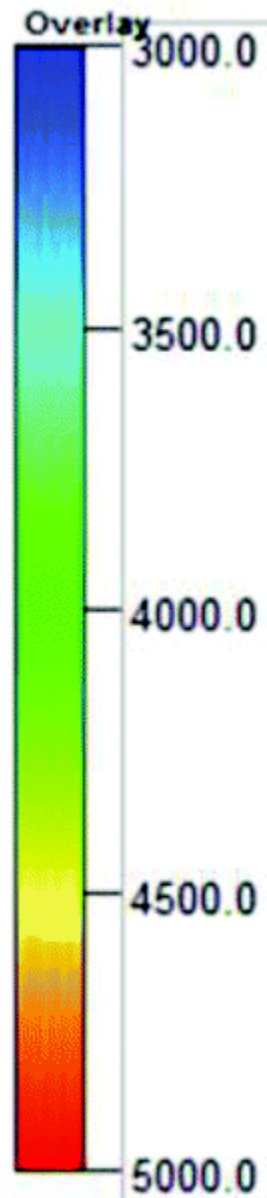
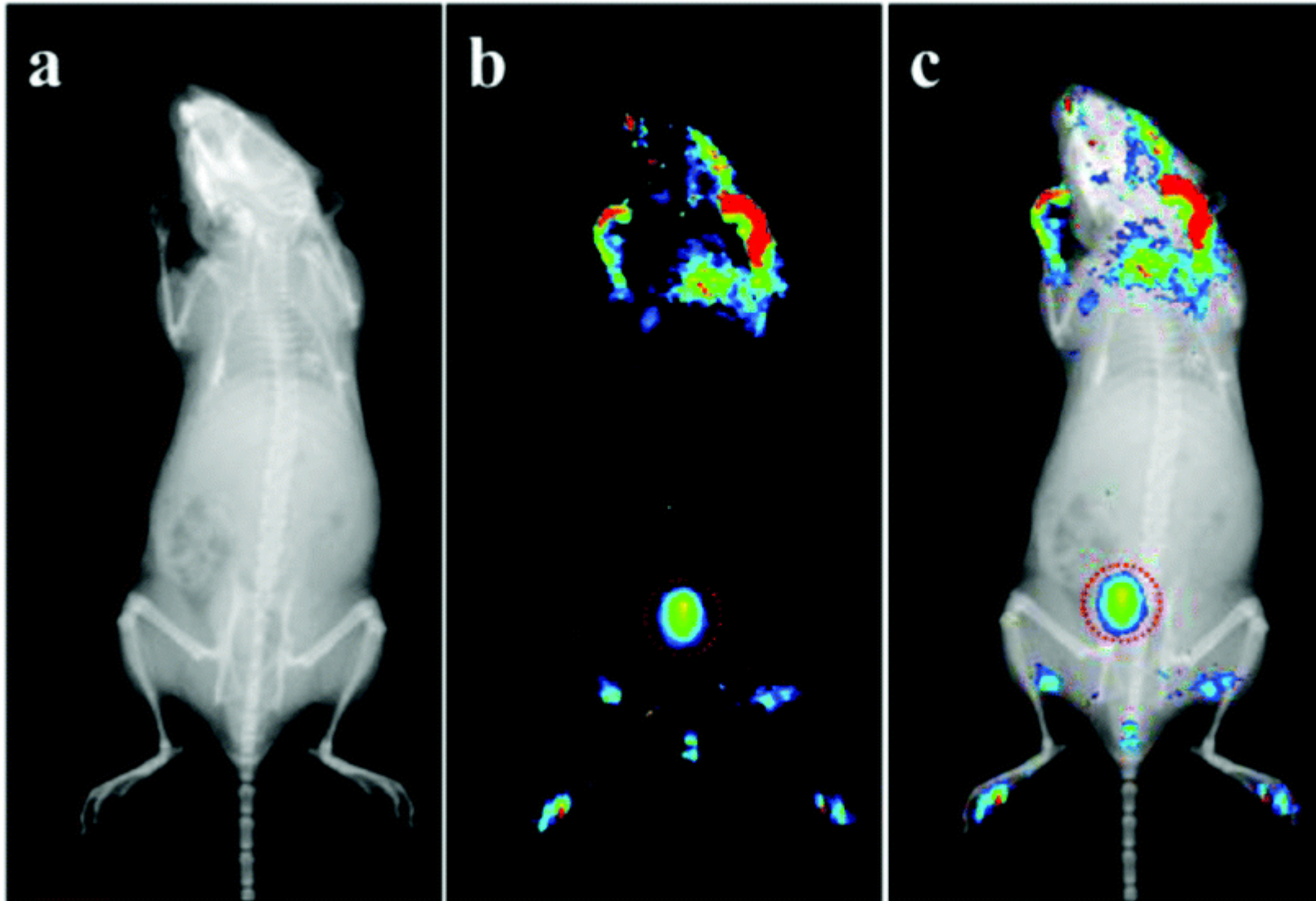
Биовизуализация



микроскоп

люм. микроскоп

наложение



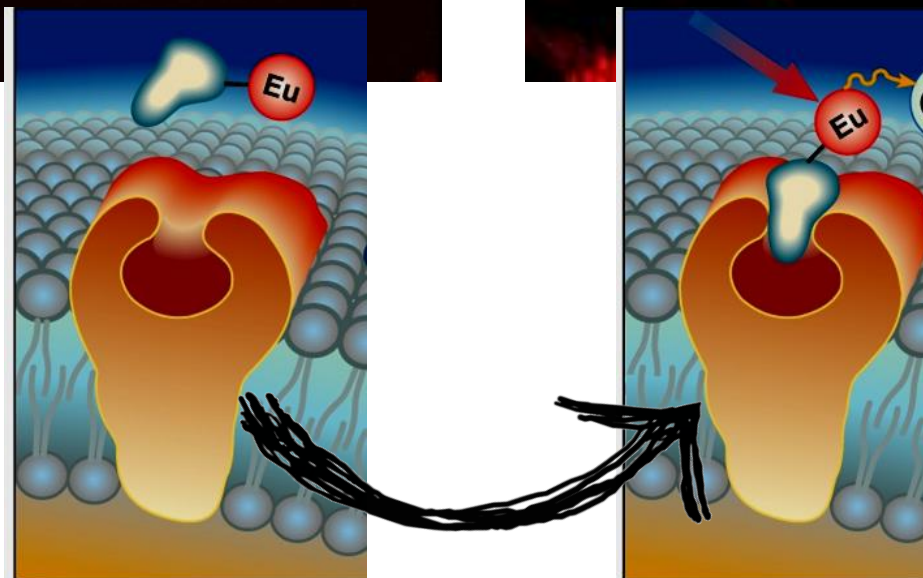
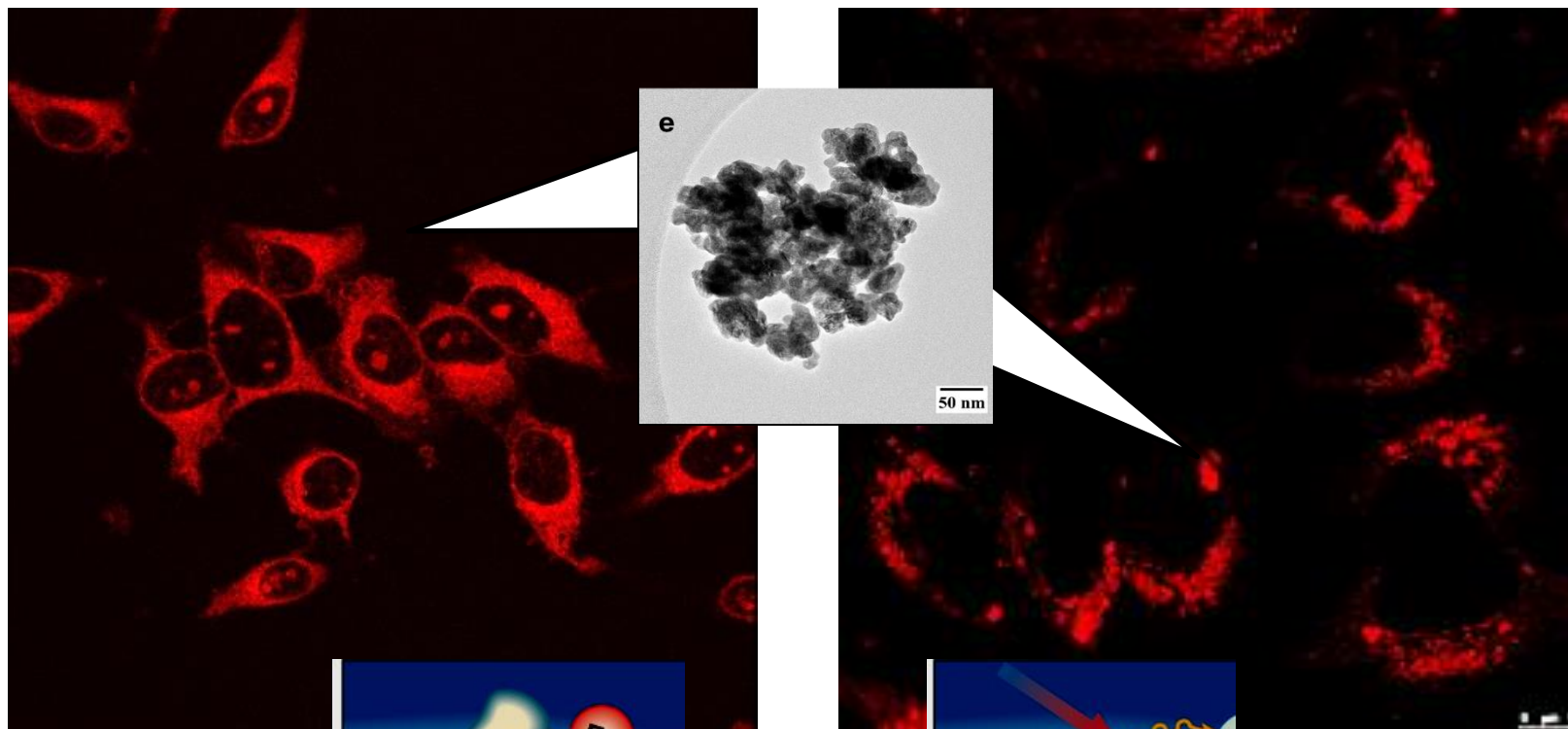


- Длинные времена жизни: отсекаем автофлуоресценцию
- Узкие полосы: эффективный сбор излучения узкощелевыми фильтрами
- Большая разница длин волн возбуждения и эмиссии: высокое спектральное разрешение
- НЕТОКСИЧНОСТЬ
- Растворимость в воде/биоинертном растворителе

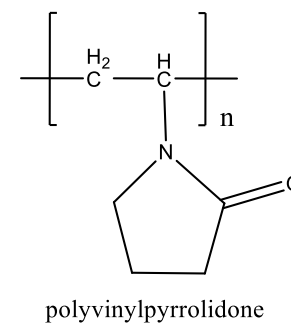
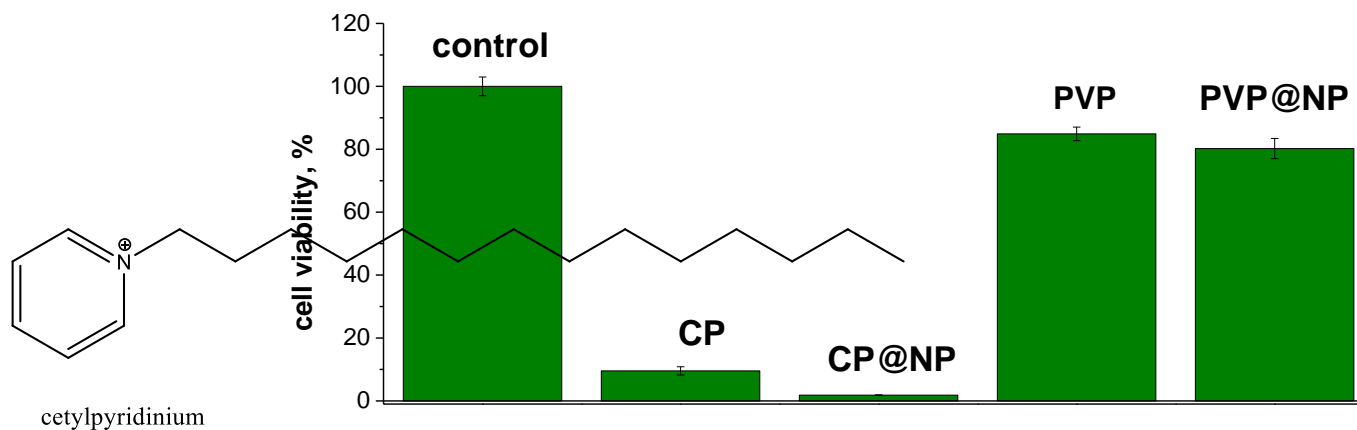
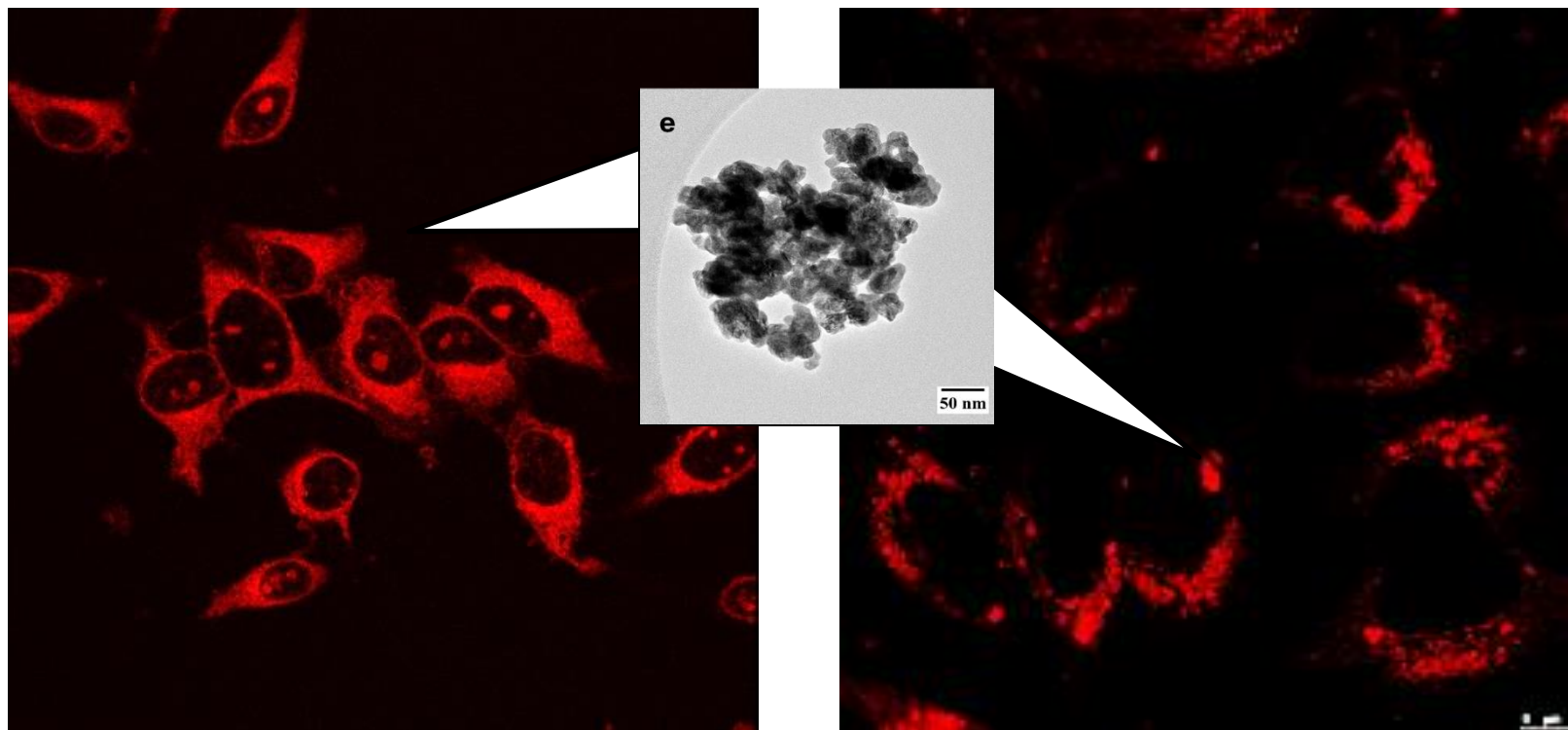
- Стабильность в (водном) растворе
- Высокое поглощение



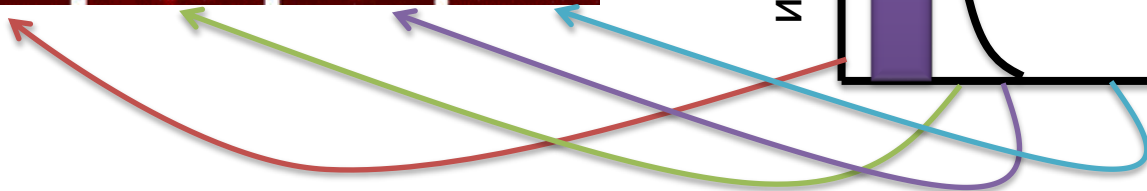
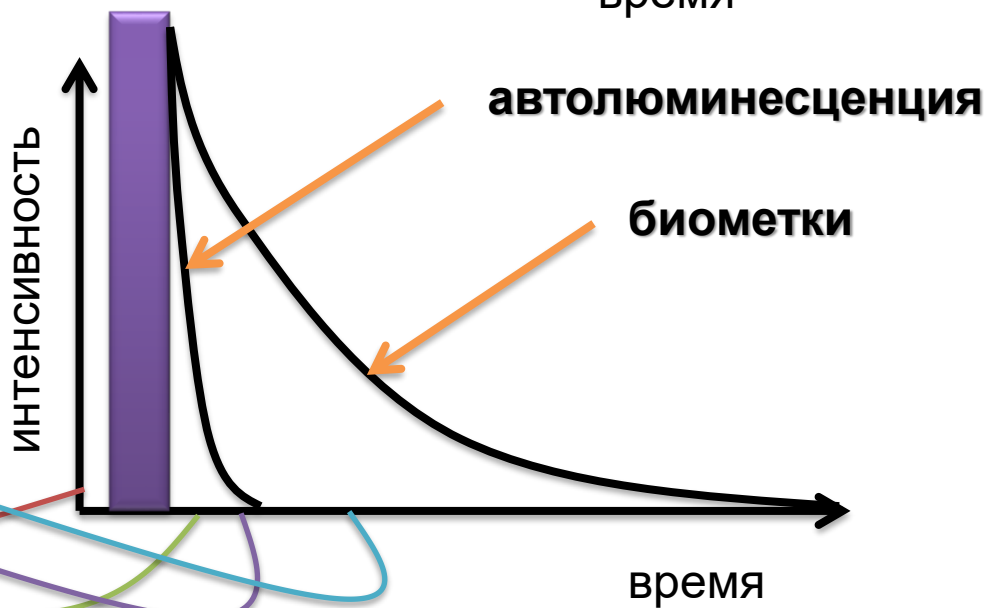
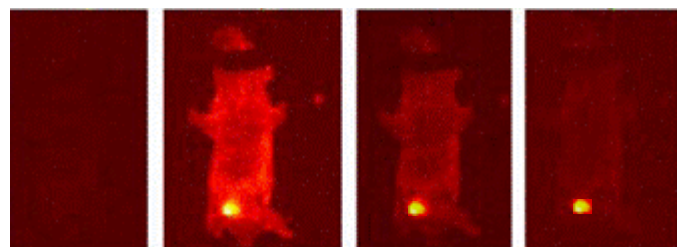
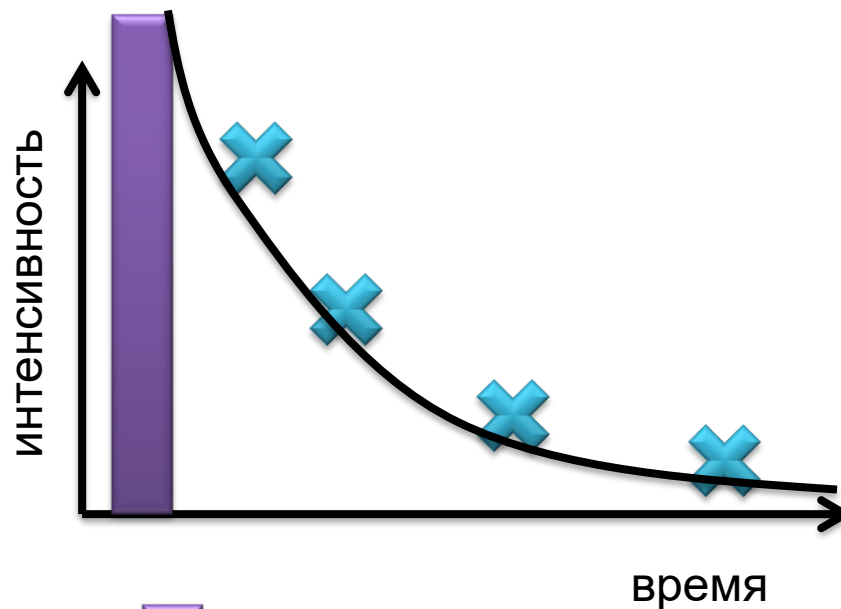
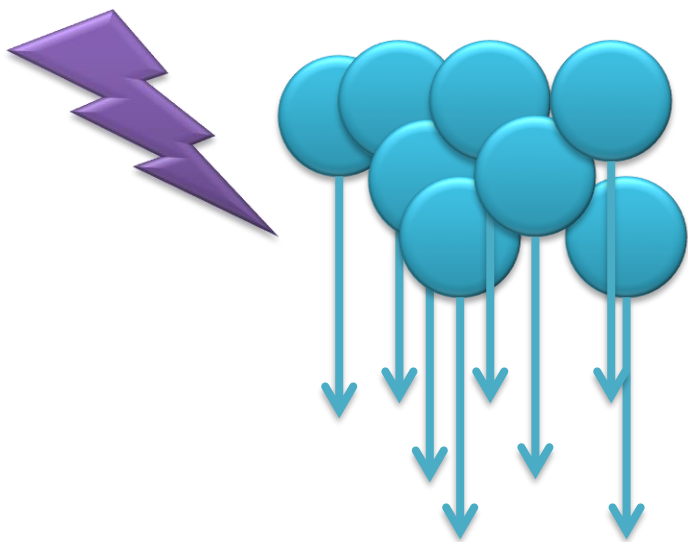
Клеточки



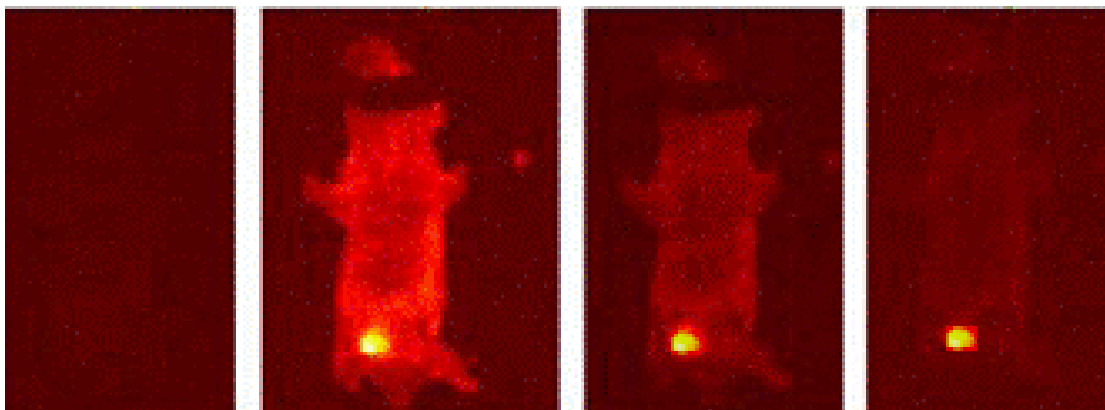
Клеточки



Люминесценция с задержкой



Люминесценция с задержкой



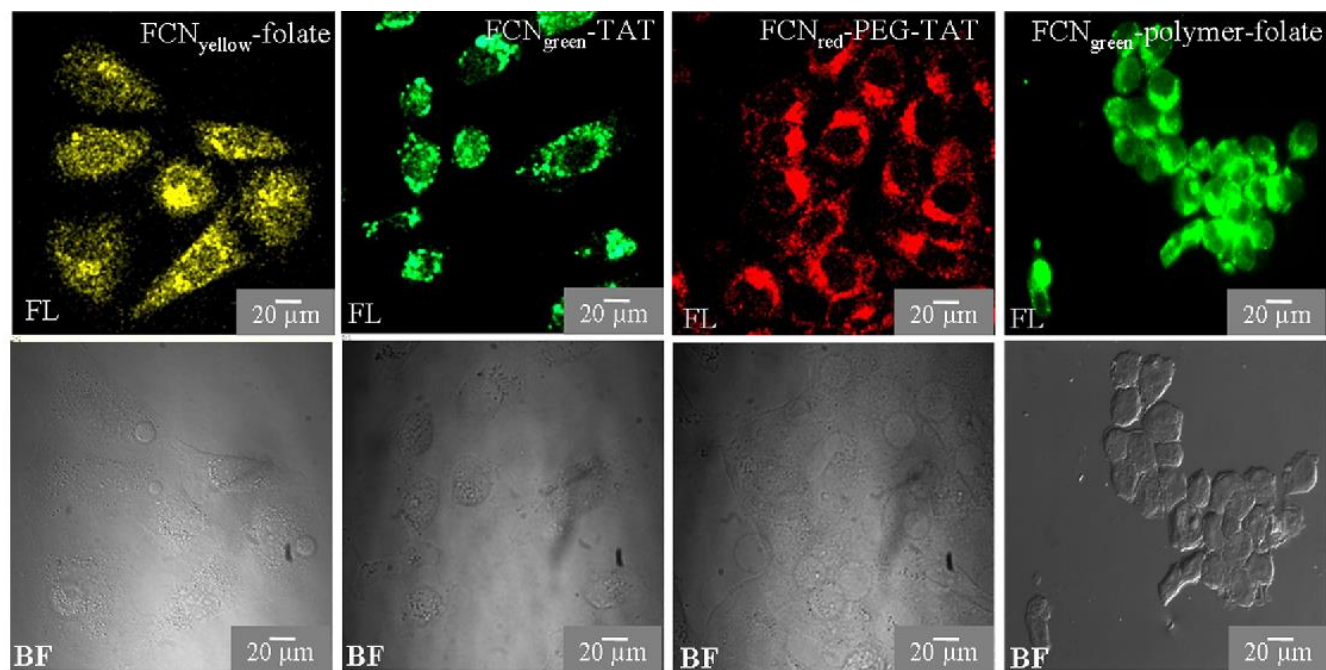


Figure 1. FCN conjugates with various ligands. (a) FCN_{yellow}-folate, (b) FCN_{green}-TAT, (c) FCN_{red}-PEG-TAT, (d) FCN_{green}-polymer-folate.

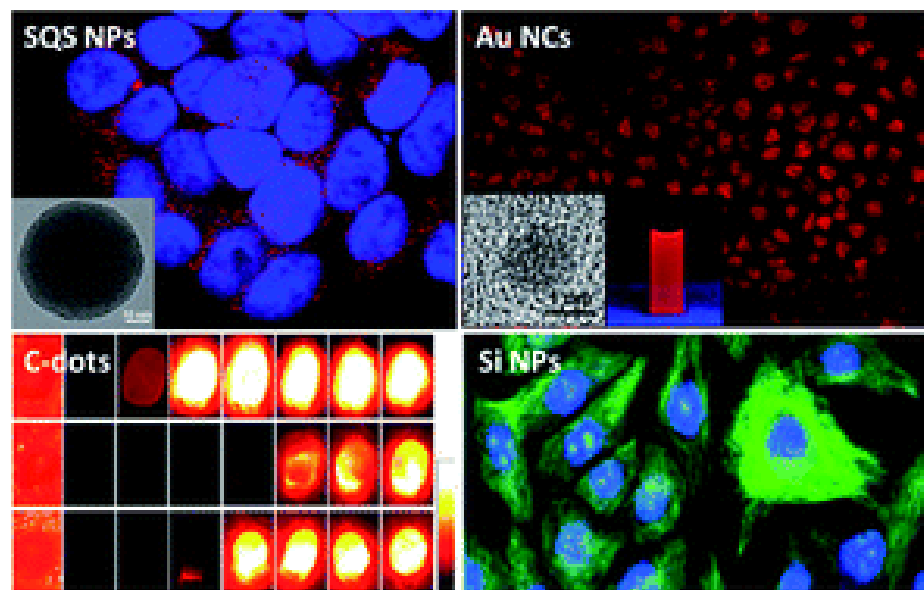


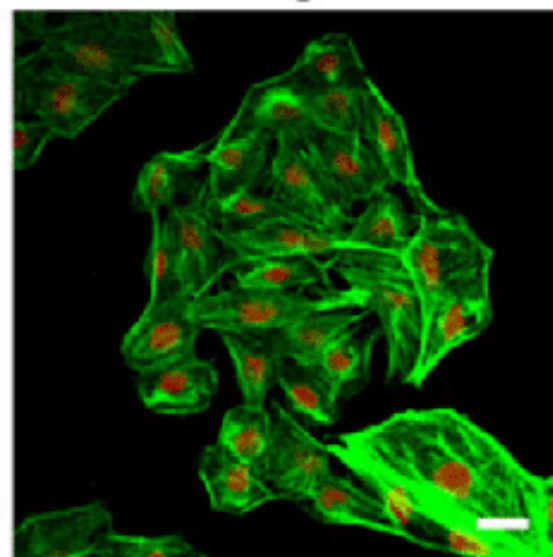
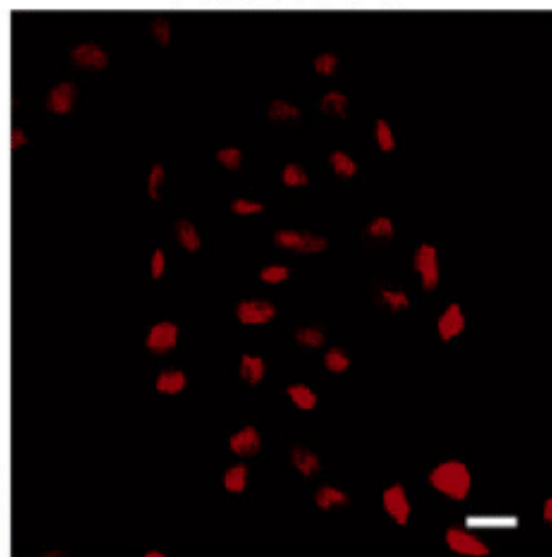
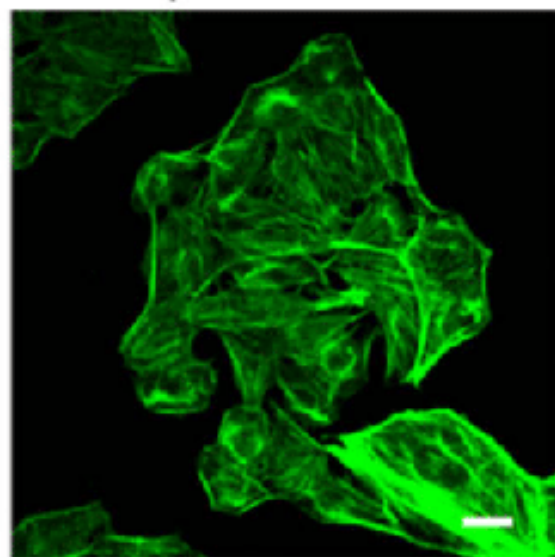
Figure 2. FCN conjugates with various ligands. (a) FCN_{yellow}-folate, (b) FCN_{green}-TAT, (c) FCN_{red}-PEG-TAT, (d) FCN_{green}-polymer-folate.

phalloidin

RedDot 1

Merged

a

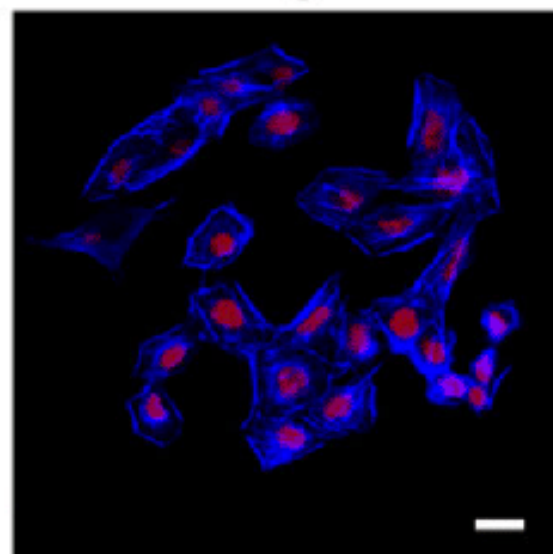
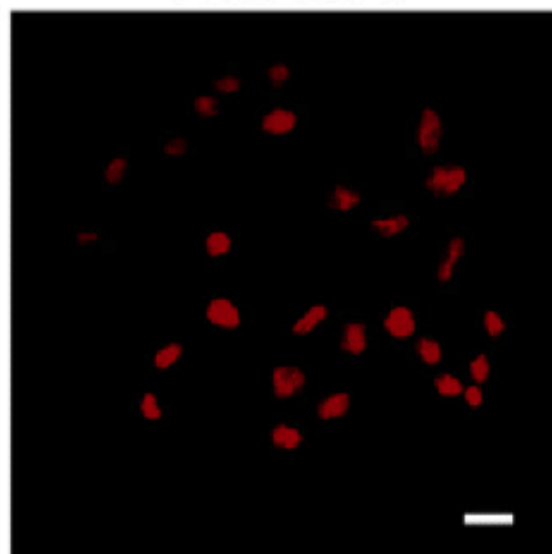
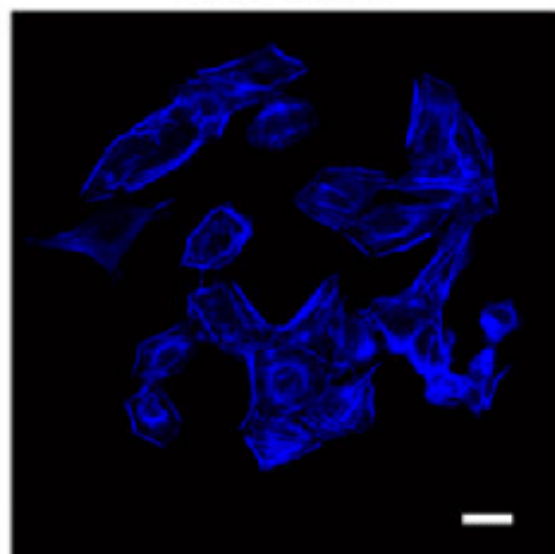


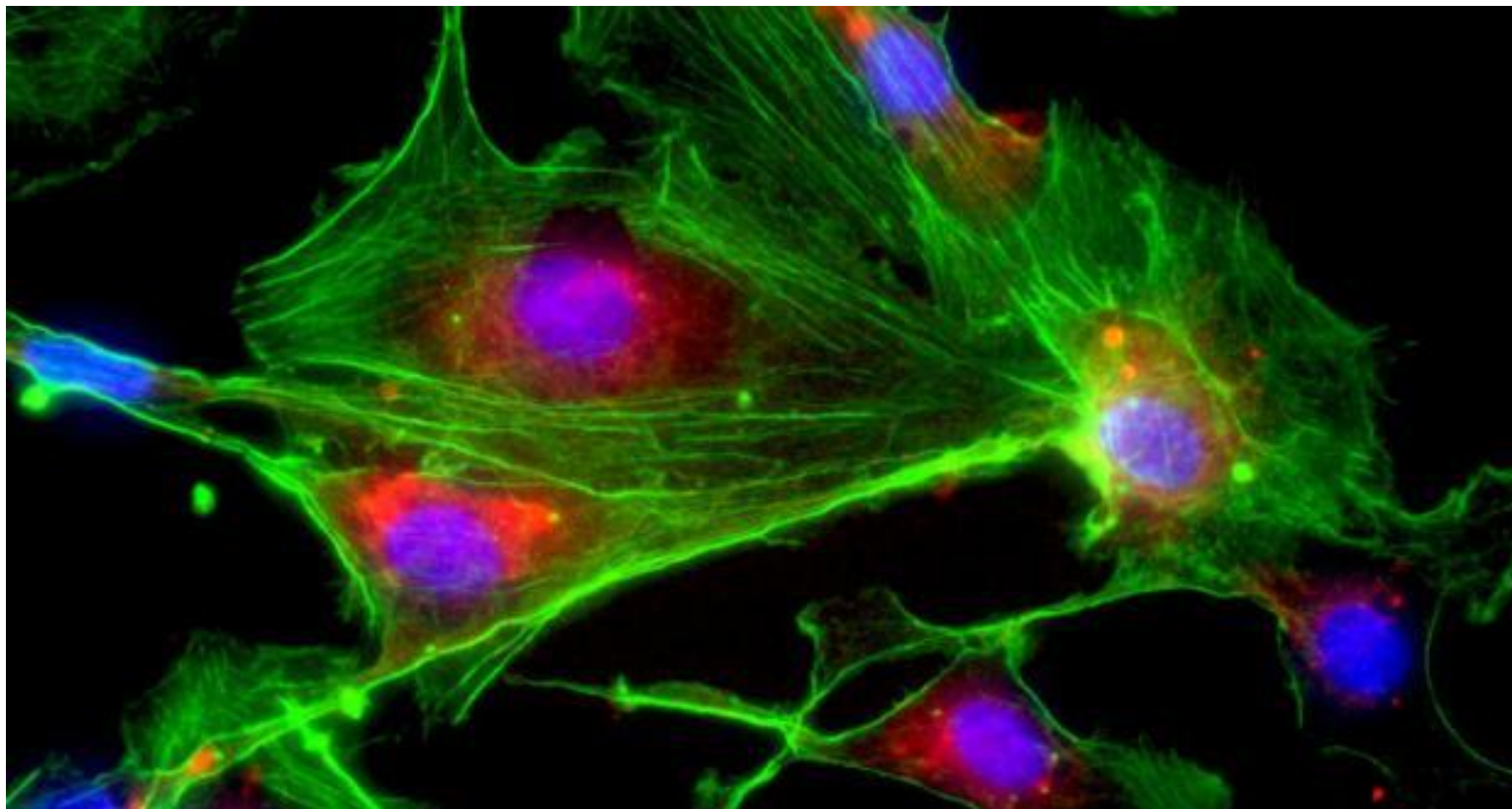
asCQDs

RedDot 1

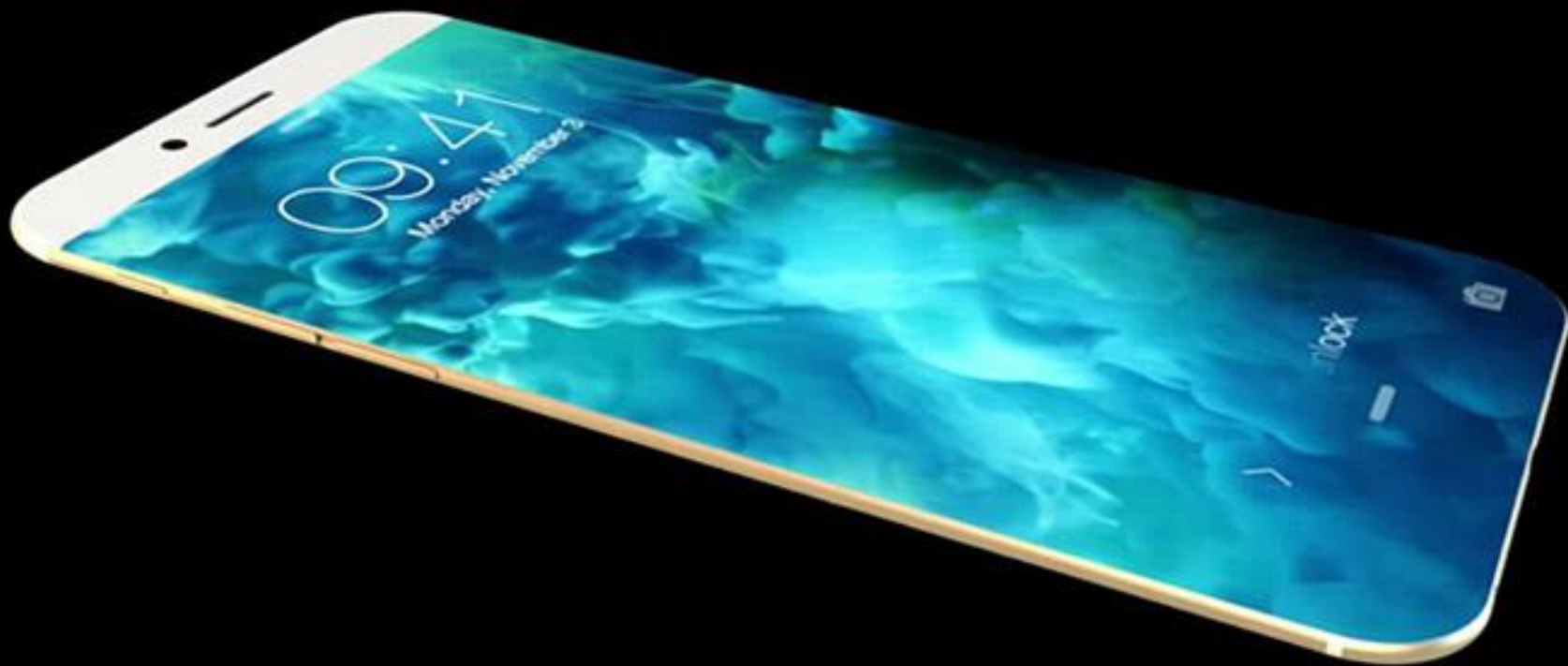
Merged

b





Электролюминесценция

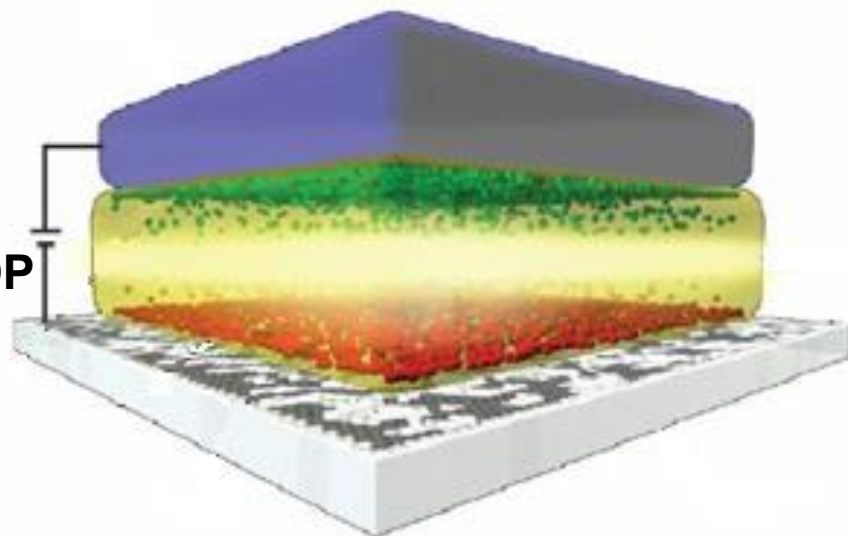


Строение органического светодиода

=58=



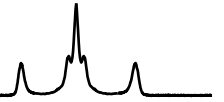
Катод
ETL
ЛЮМИНОФОР
HTL
Анод



ETL – электронпроводящий слой

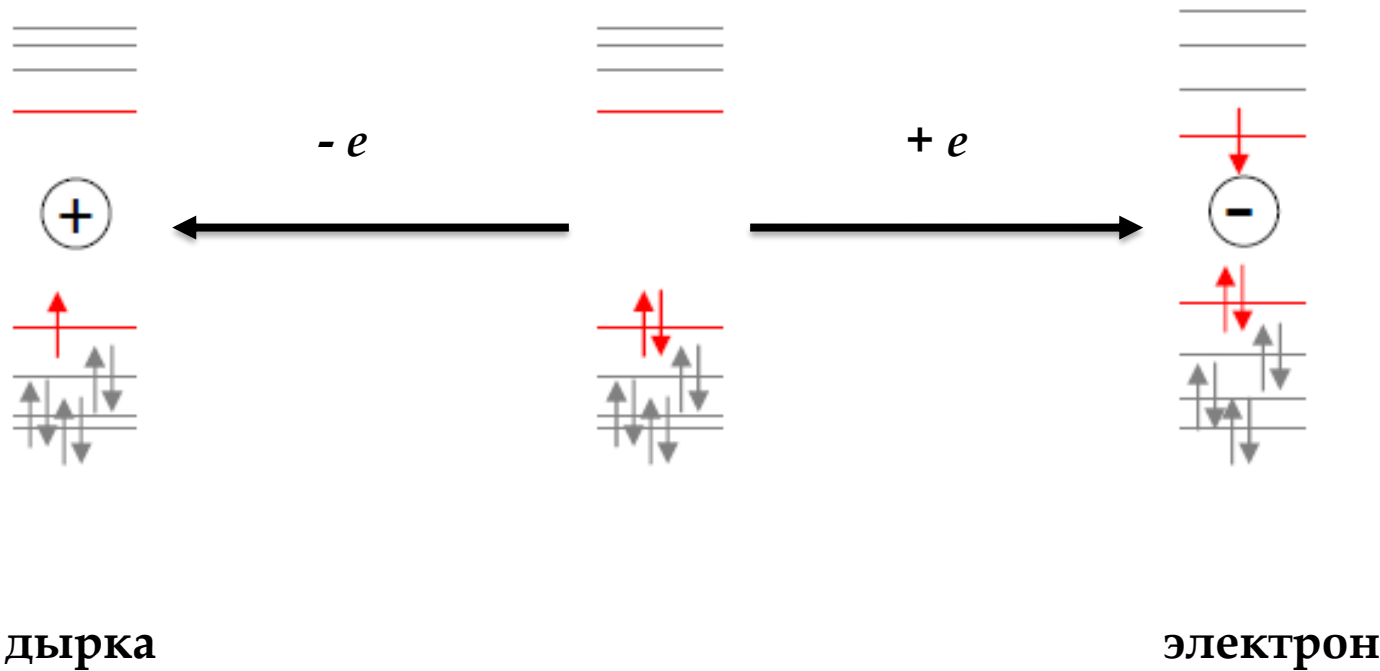
HTL – дырководящий слой

Требования

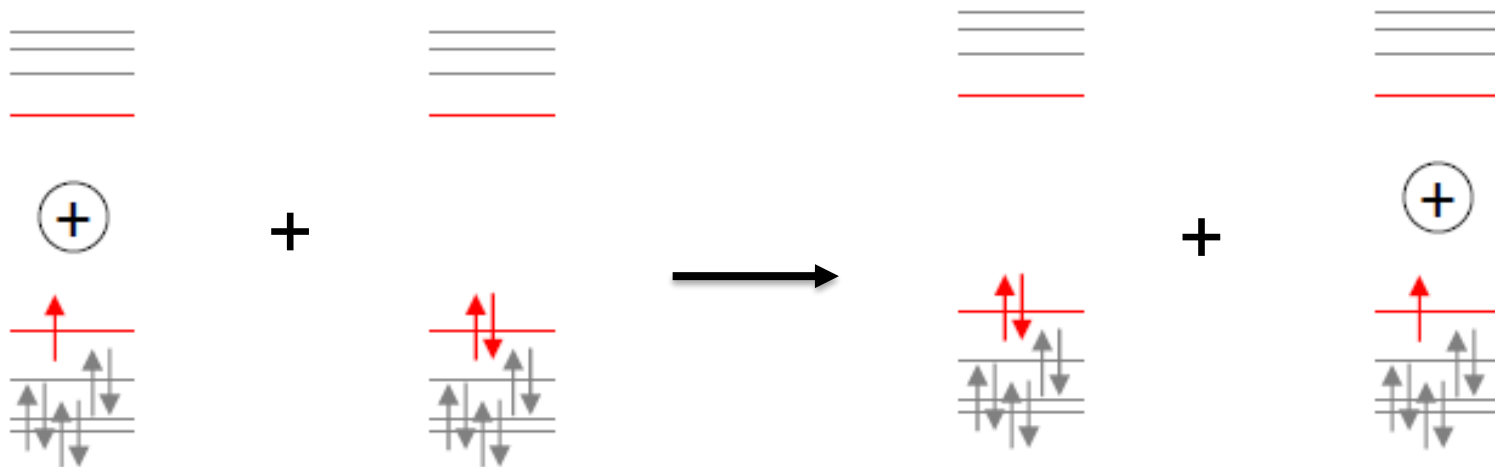


- **Вовлеченность триплетного состояния в процессы переноса**
- **Растворимость в воде/биоинертном пленкообразующем растворителе**
- ~~Высокое поглощение~~ **Высокая подвижность** носителей заряда
- **Термическая стабильность**
- **Оптическая стабильность**

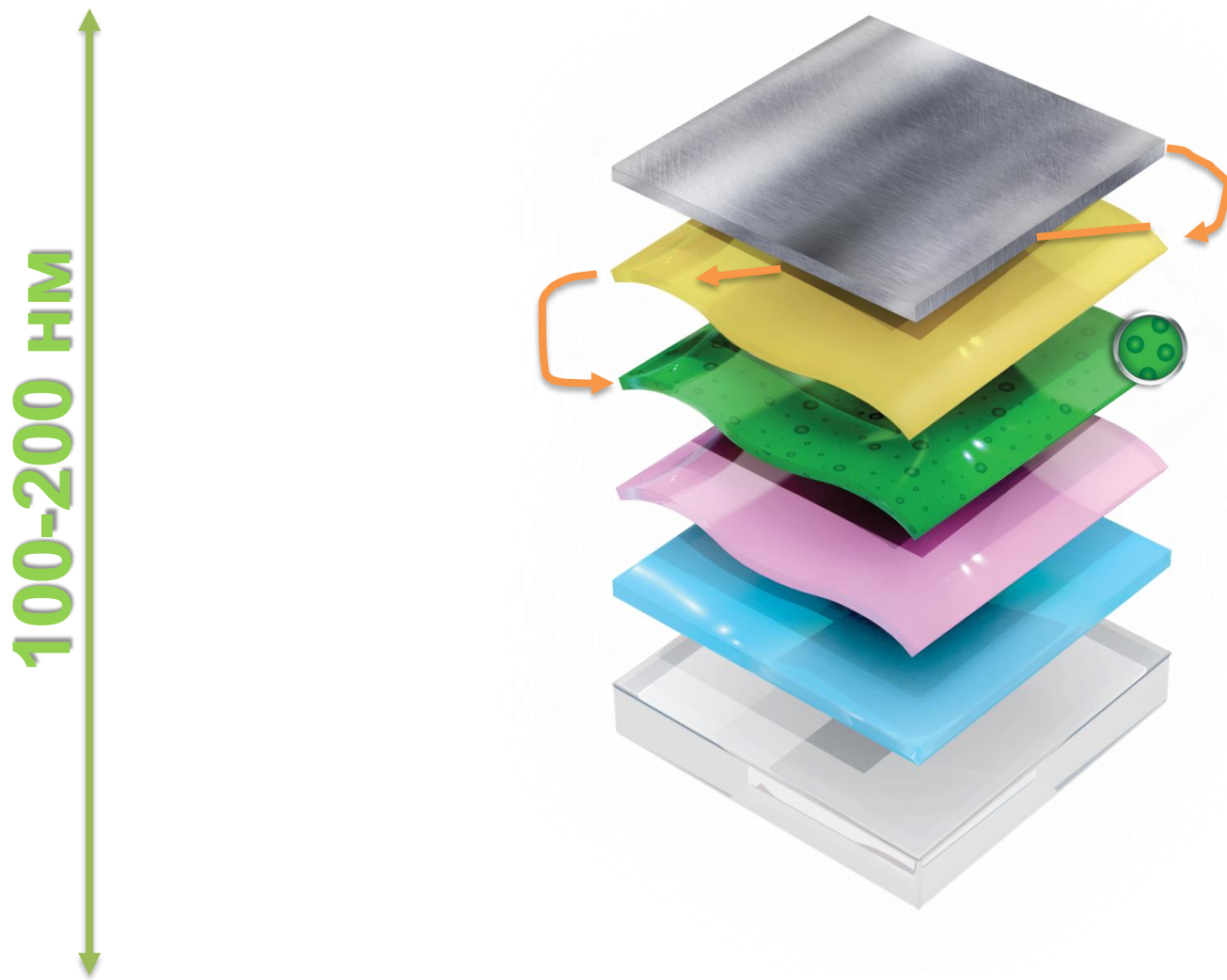
Носители заряда



Транспорт заряда



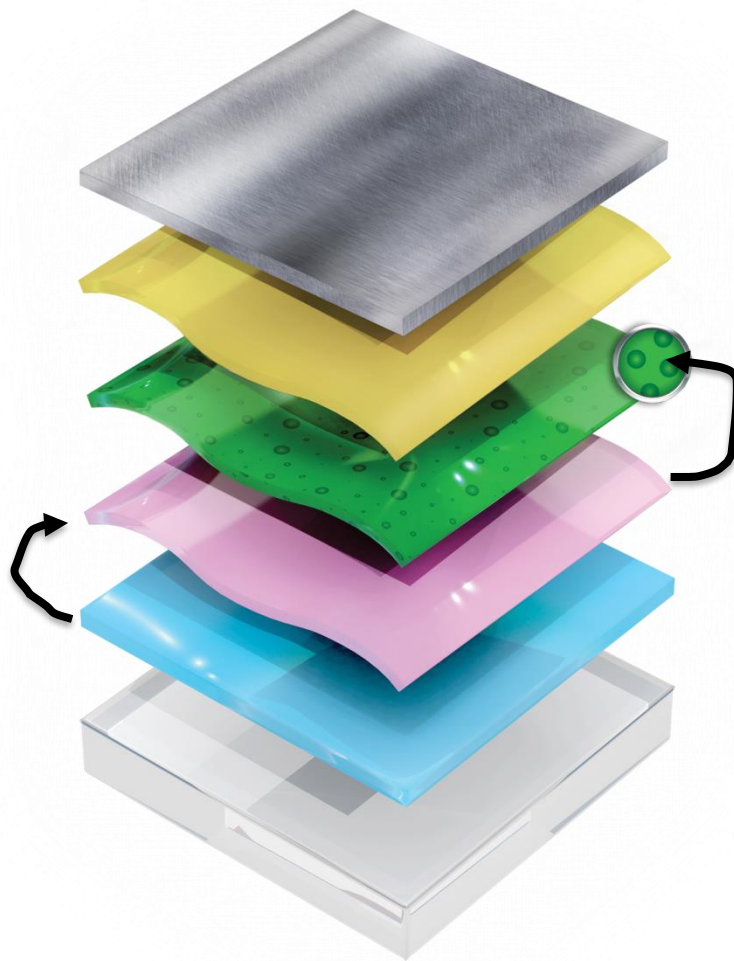
Текут электроны



Текут дырки



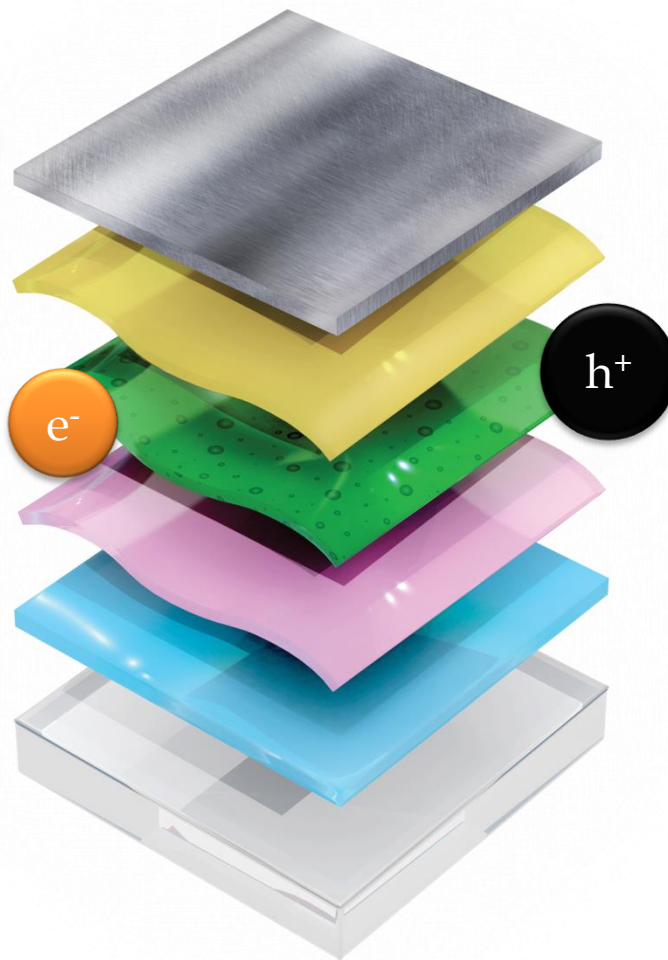
100-200 нм



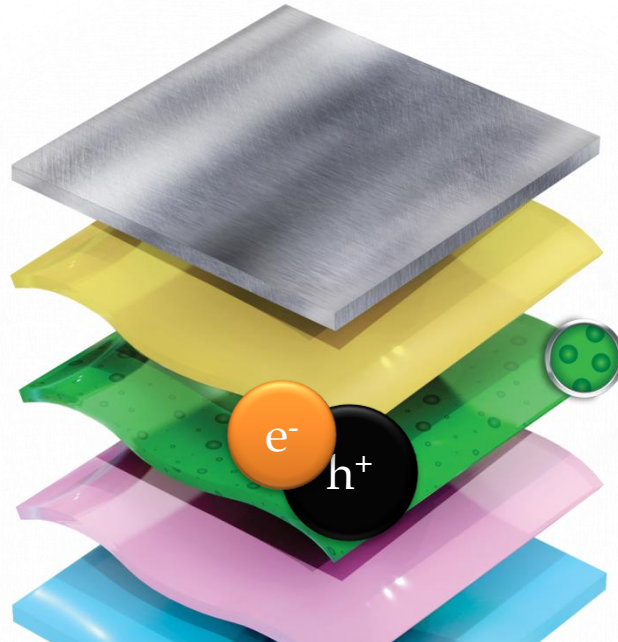
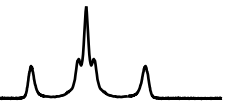
Текут дырки



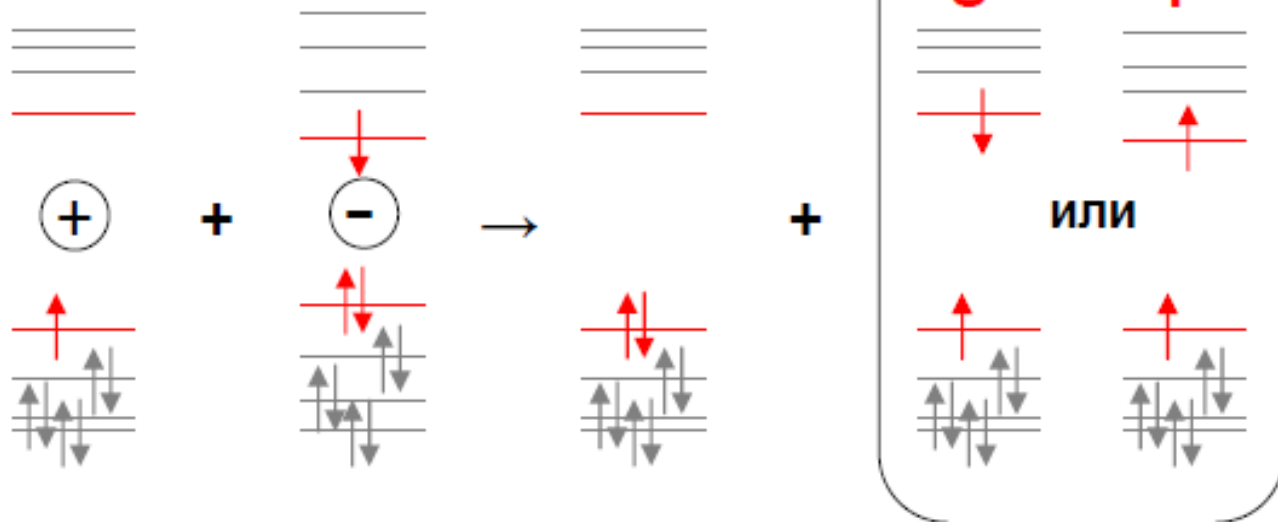
100-200 нм



Текут дырки



1 : 3



Weather



Tammy's home
1/1

5°C

Feels like -4°

64%

Get more

Weekly

MON

TUE

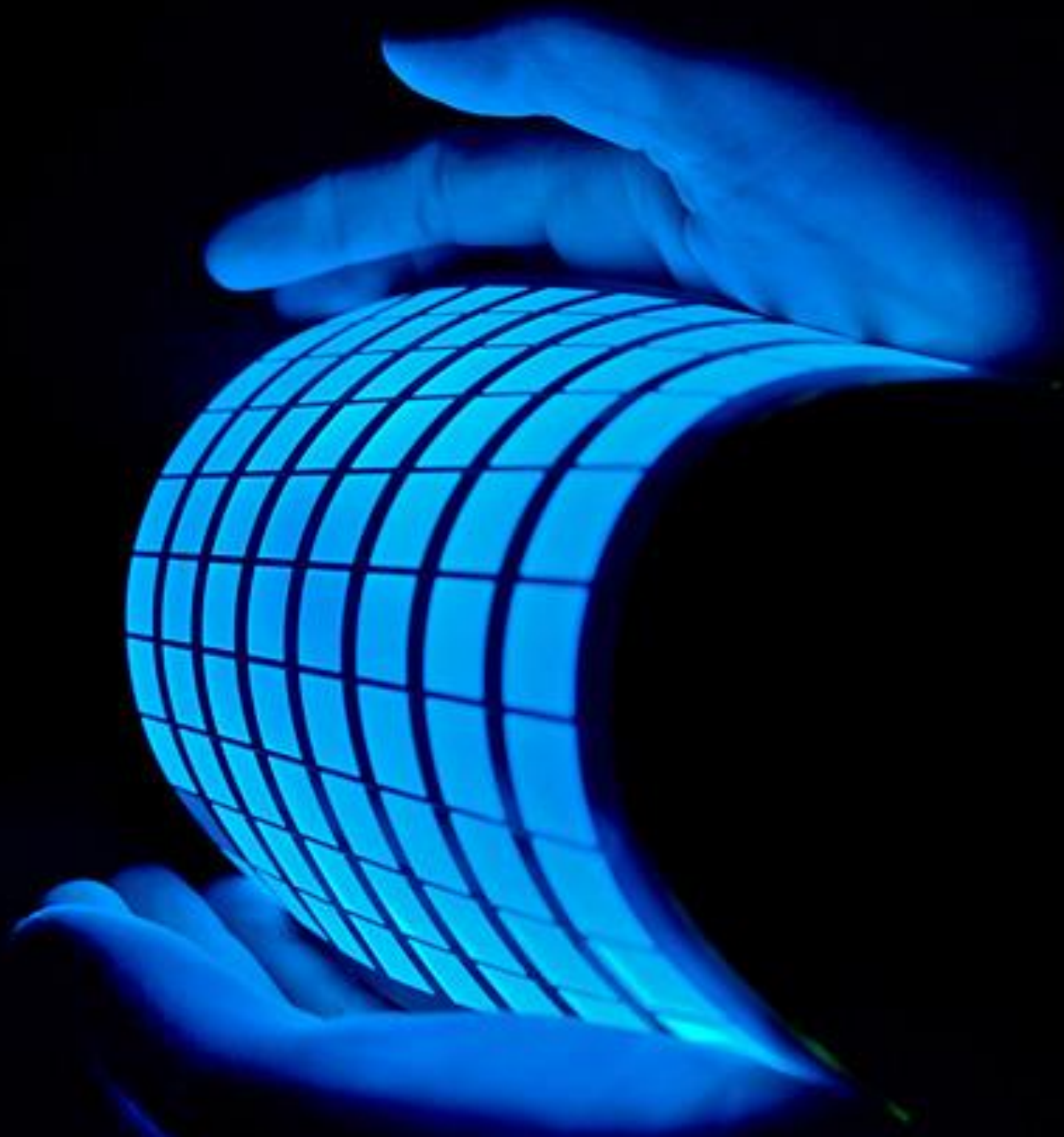
WED

THU

FRI

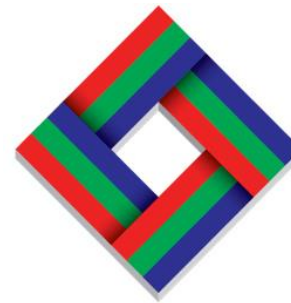
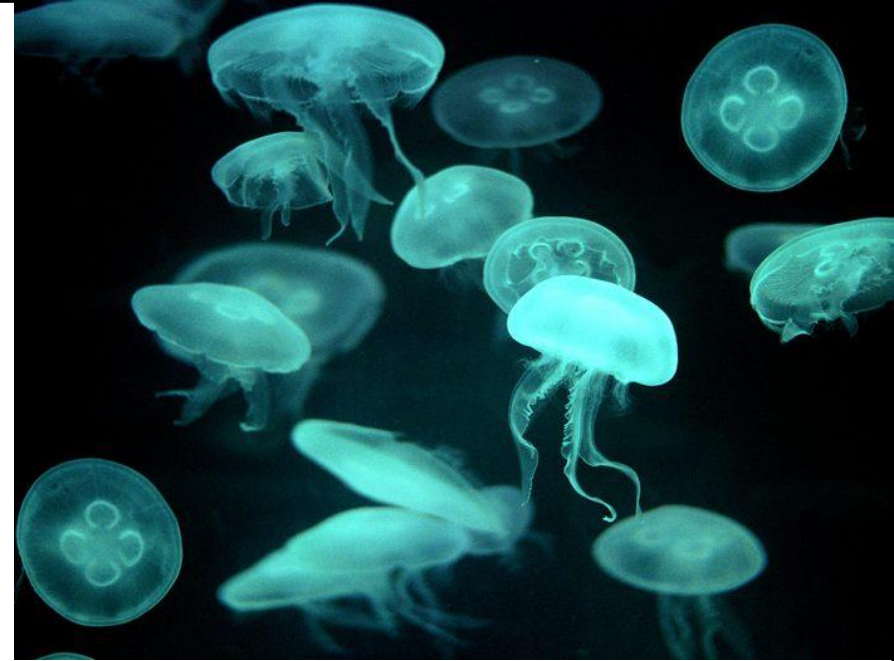
SAT

SUN









EVOLED
Fiat lux