

*ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н. КАРАЗІНА
КАФЕДРА ХІМІЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА*

Спецкурс
«Сучасний органічний синтез»

(Частина 2. Промислове виробництво органічних речовин і матеріалів)

Ілюстративний матеріал до теми: Люмінофори. Ч. 2

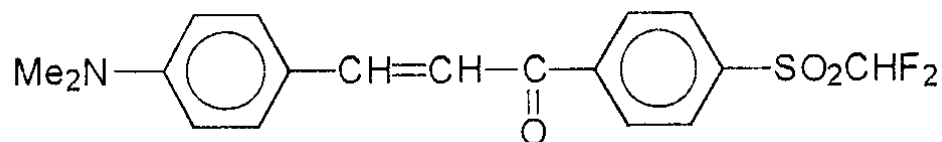
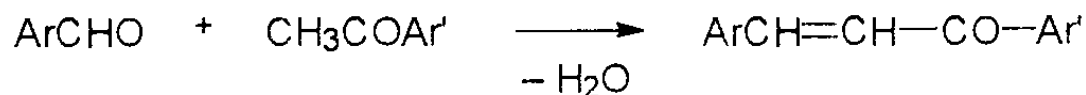
Доцент КХімМат ХФ Шкумат А.П.

Харків - 2020

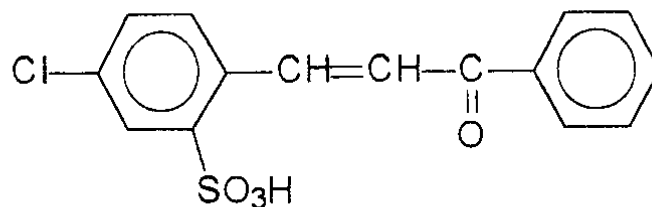
Люминофоры
с карбонильной группой

1-Арил'-3-(4-диметиламинофенил)пропен-1-оны

Общая схема получения:



I

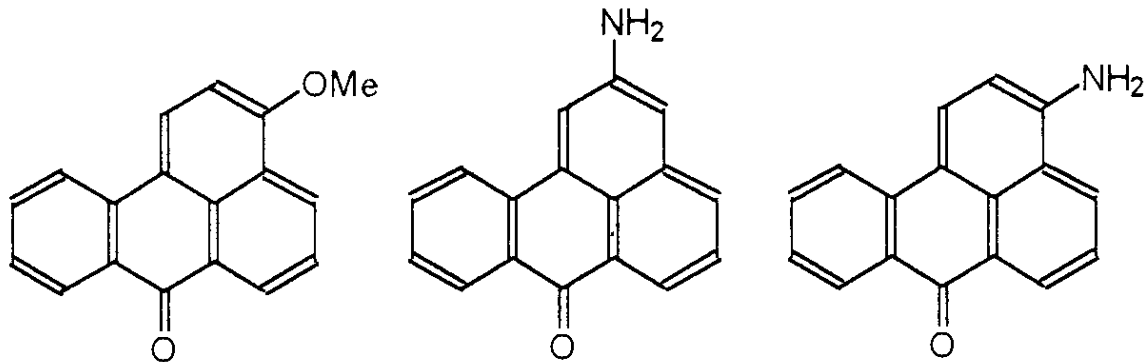


II

I – Биологический флуоресцентный зонд для определения содержания холистерина и триглицеридов в плазме крови.

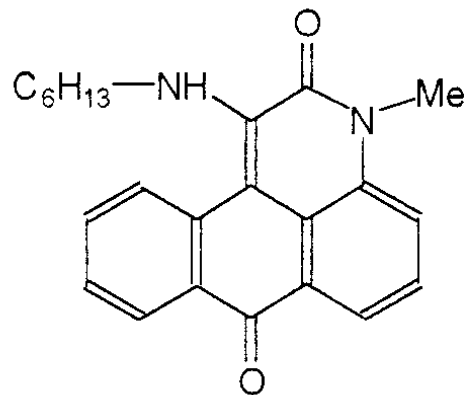
II- Зонд для определения содержания воды в углеводородных средах (интенсивная флуоресценция в твердом состоянии и отсутствие в углеводородных средах).

Бензантроны



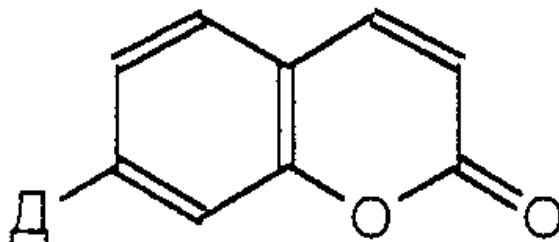
1-Гексиламино-N-метилантрапиридон –

люминофор для дневных флуоресцентных красок

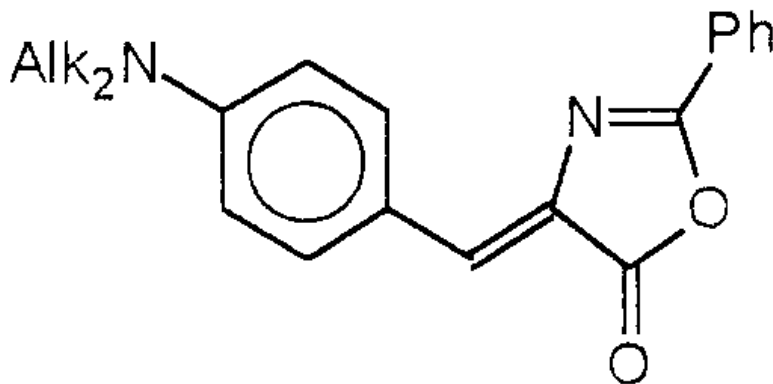


Кумарины и оксазолонны

А

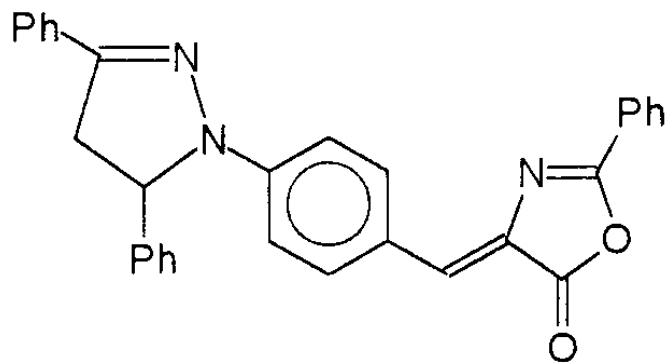
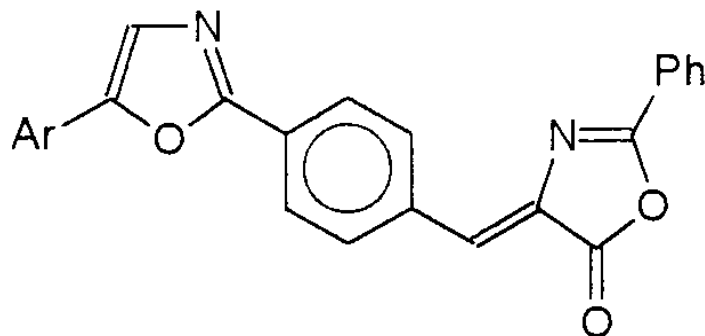


Б



А- оптические отбеливатели, активные среды жидкостных лазеров
Б-люминофоры желто-оранжевого свечения (тв. сост.)

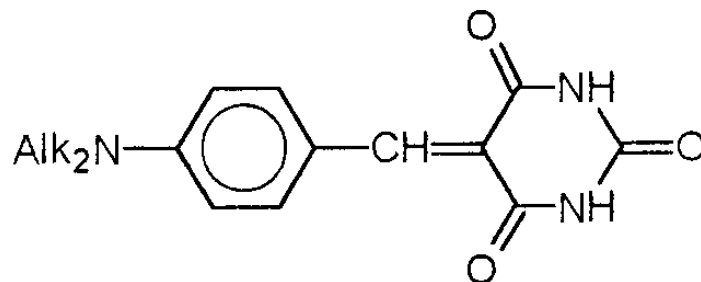
Бифлуорофоры



Термоиндикаторы – меняют цвет люминесценции в
точке плавления

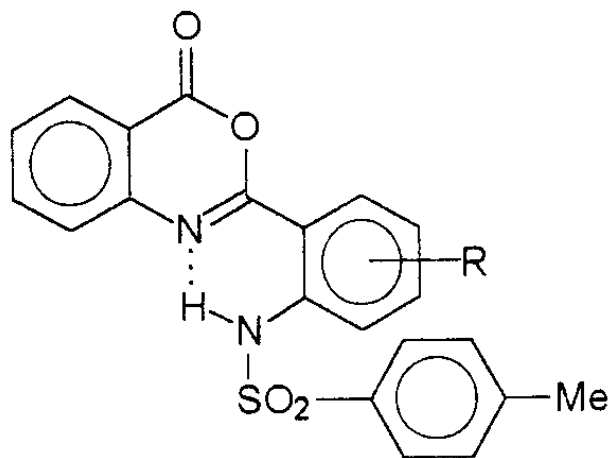
Производные барбитуровой кислоты

А



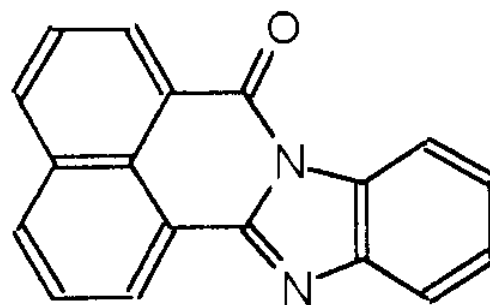
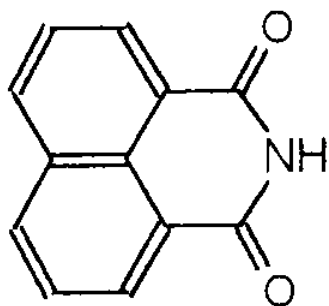
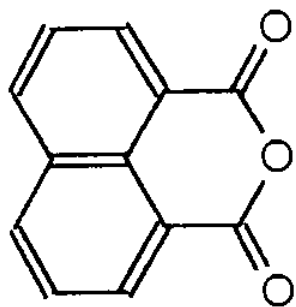
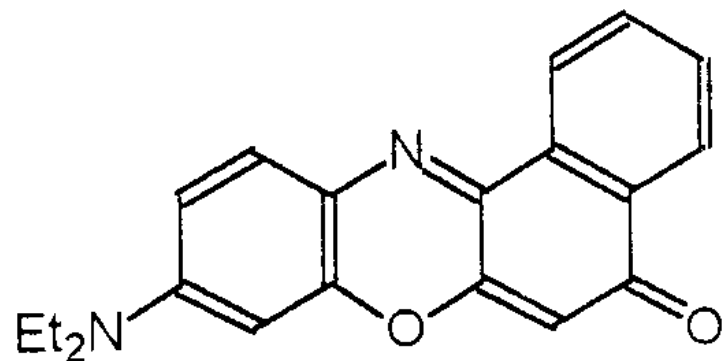
Производные бензоксазин-5-она

Б

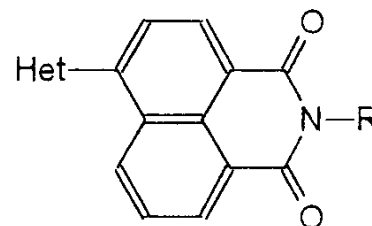
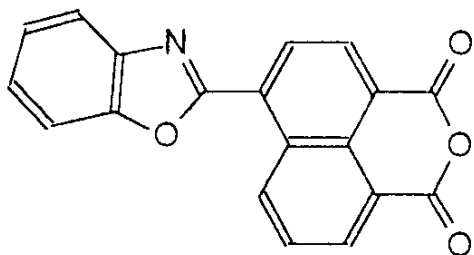
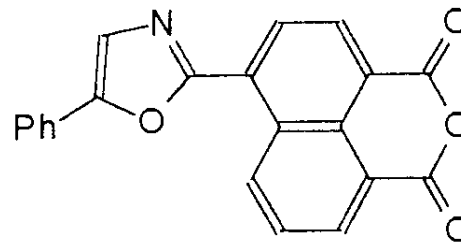
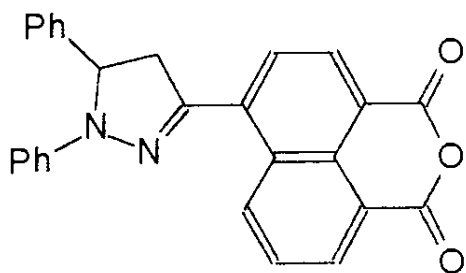


Люминесценция соед. **А** и **Б** - в твердом состоянии

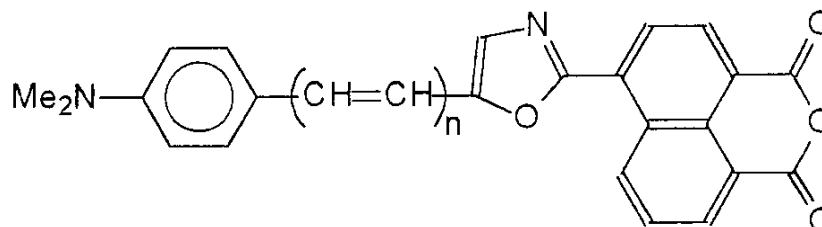
Производные бензоксазин-5-она и нафталевой кислоты



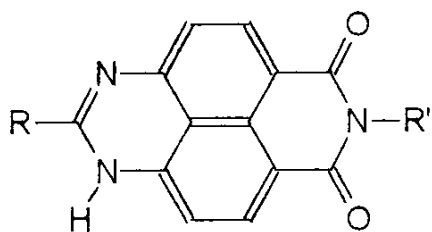
Люминофоры на основе нафталеновой (1,8-нафталиндикарбоновой) кислоты. 1



R = H, Alk и др.

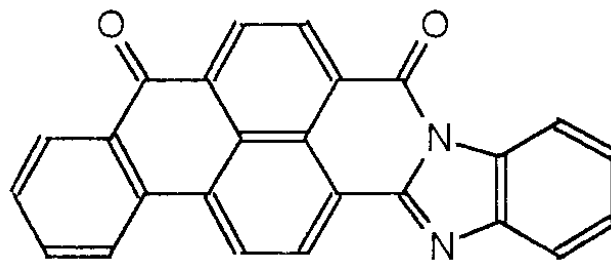
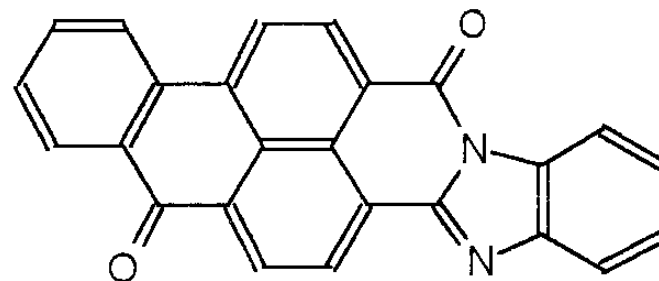
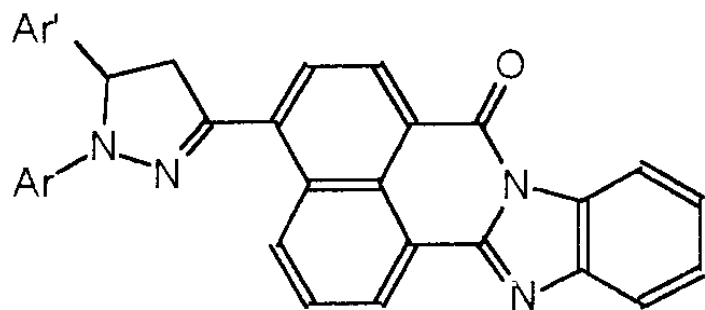
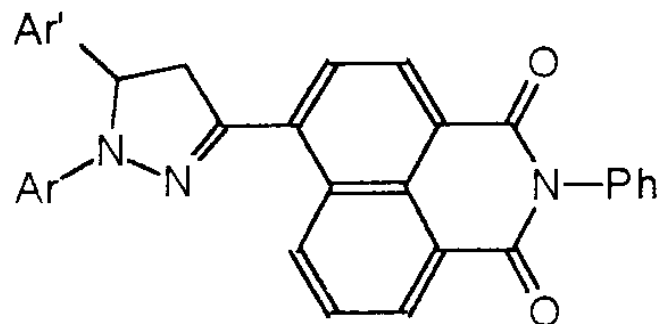
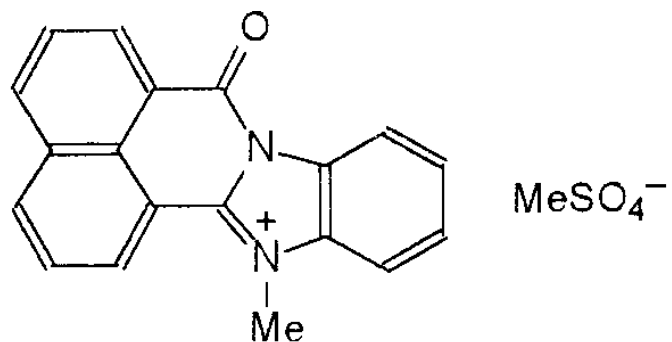


n = 1, 2

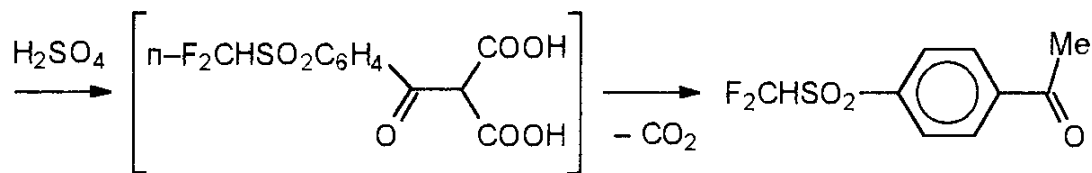
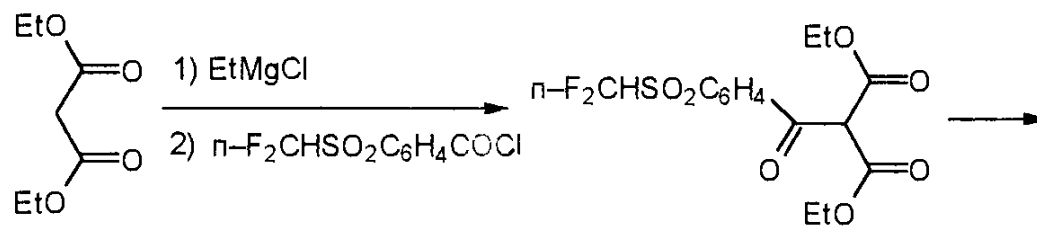


R, R' = Alk, Ar

Люминофоры на основе нафталевой (1,8-нафталиндикарбоновой) кислоты. 2

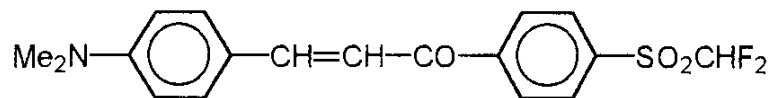
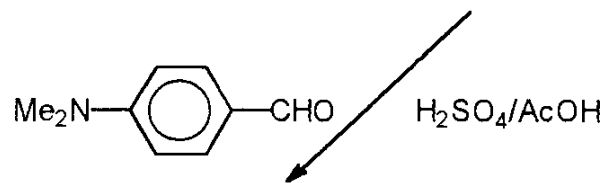


Примеры синтезов. 1



Флуоресценция:

$\Lambda_{\text{макс}} = 545$ (толуол)



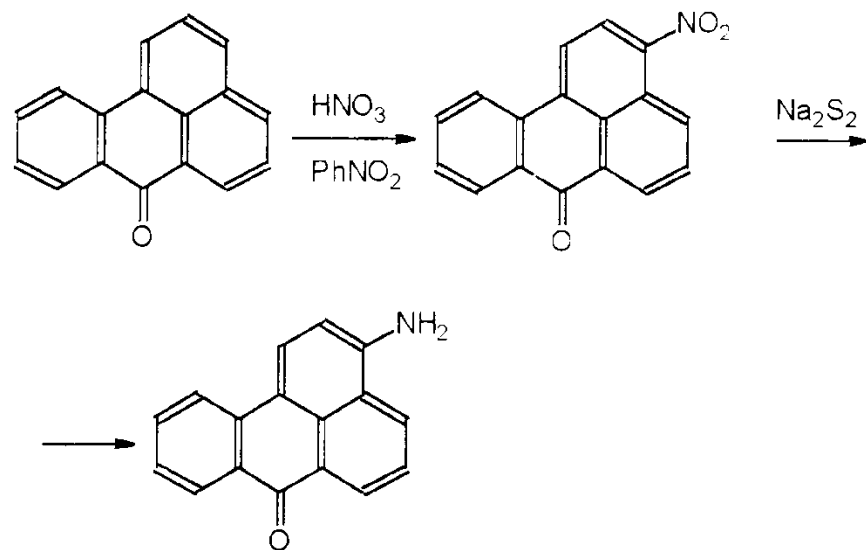
4-Диметиламино-4'-дифторметилсульфонилбензилиденацетофенон

Примеры синтезов. 2

3-Аминобензантрон

Флуоресценция:

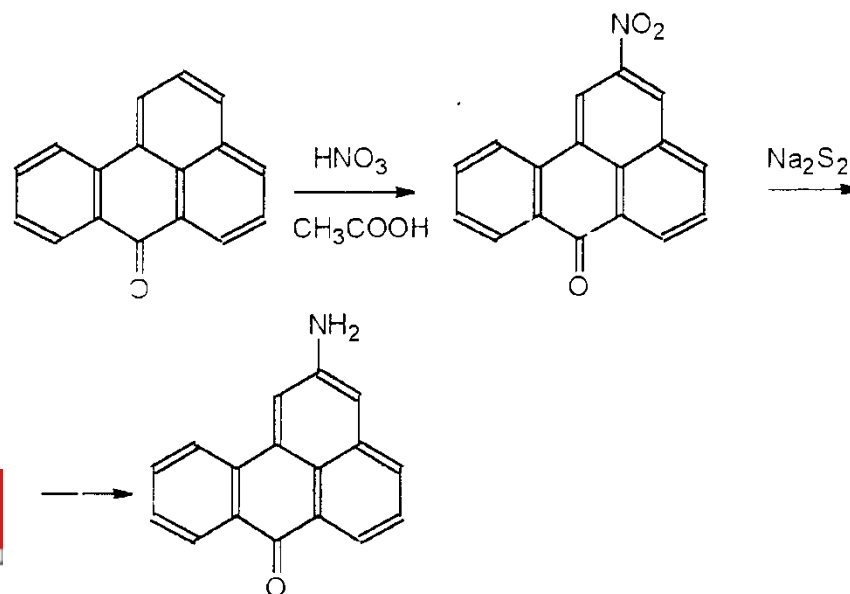
$\Lambda_{\text{макс}} = 565$ (толуол)



2-Аминобензантрон

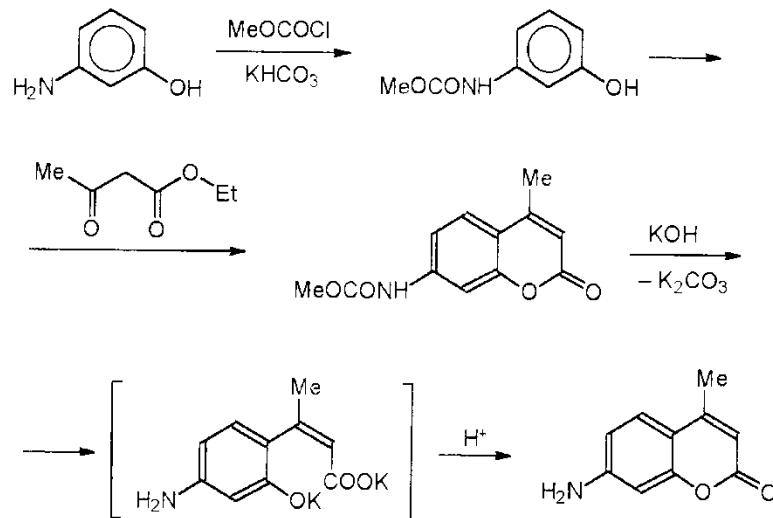
Флуоресценция:

$\Lambda_{\text{макс}} = 510$ (толуол)

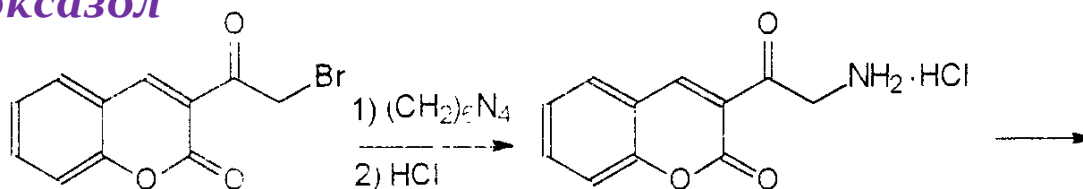


Примеры синтезов. 3. Синтез замещенных кумаринов

7-Амино-4-метилкумарин

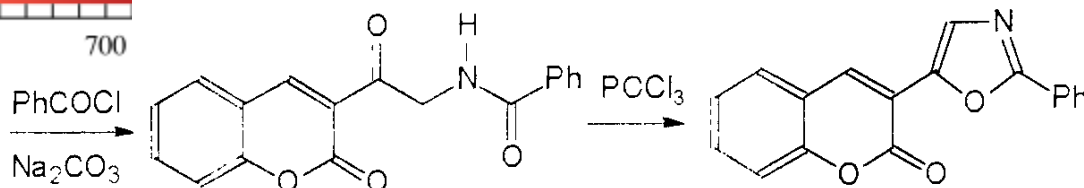
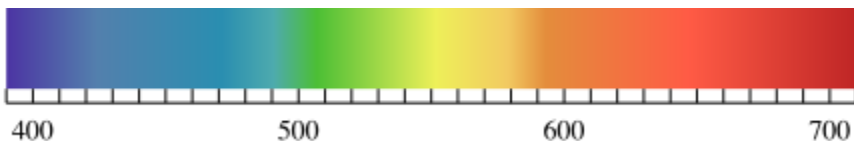


2-Фенил-5-(кумаринил-3)оксазол



Флуоресценция:

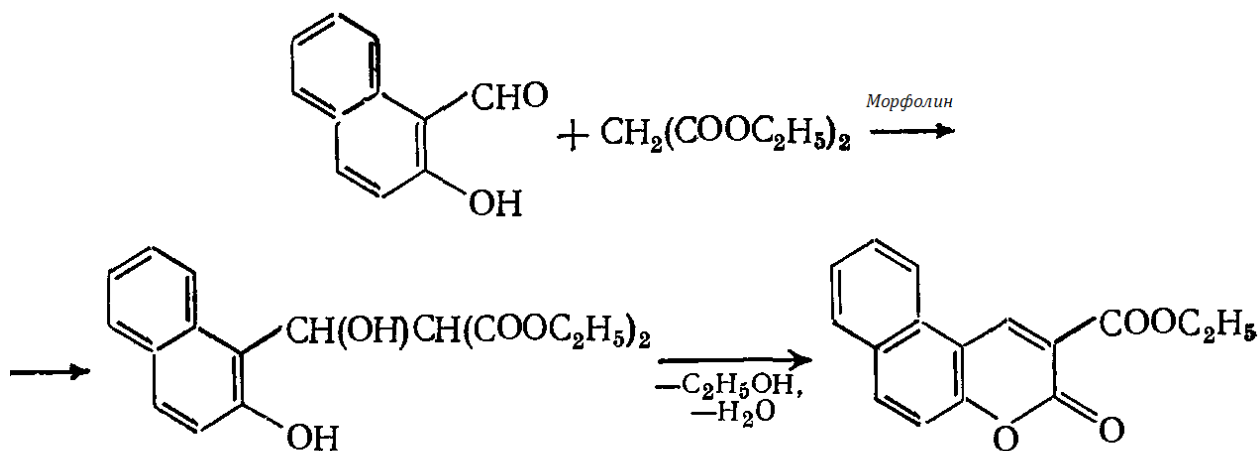
$\lambda_{\text{макс}} = 435$ (толуол)



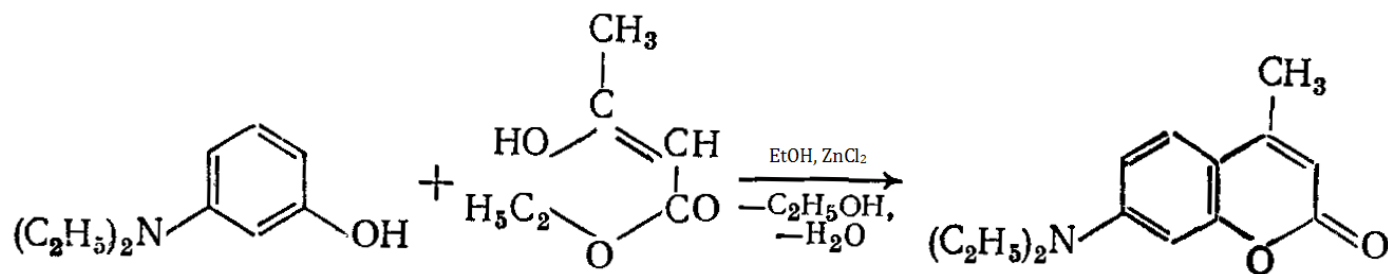


Примеры синтезов. 4. Синтез замещенных кумаринов

Этиловый эстер 5,6-бензокумарин-3-карбоновой кислоты

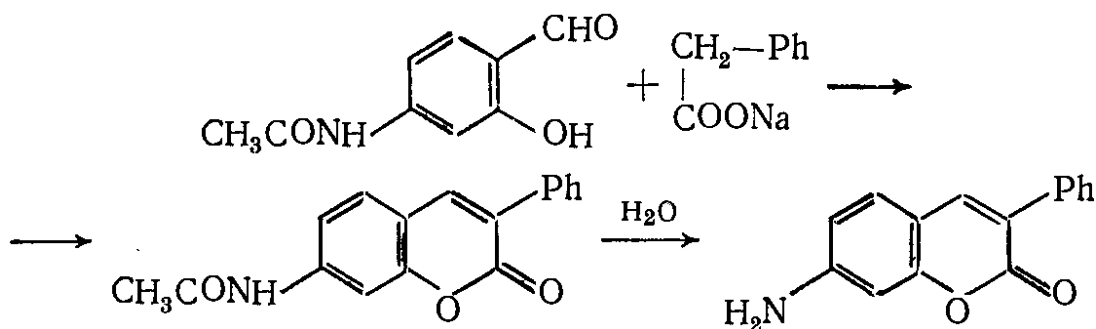


4-Метил-7-диэтиламинокумарин

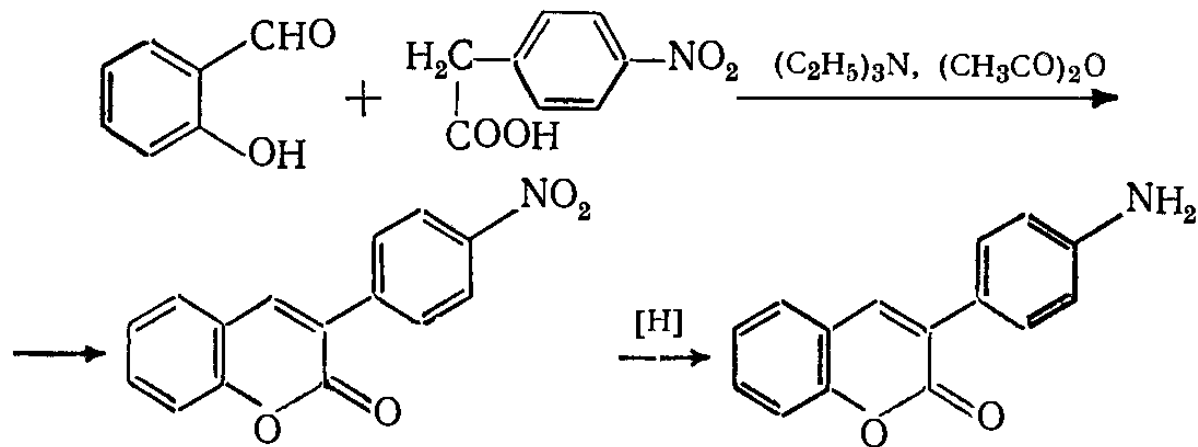


Примеры синтезов. 5. Синтез замещенных кумаринов

3-Фенил-7-аминокумарин



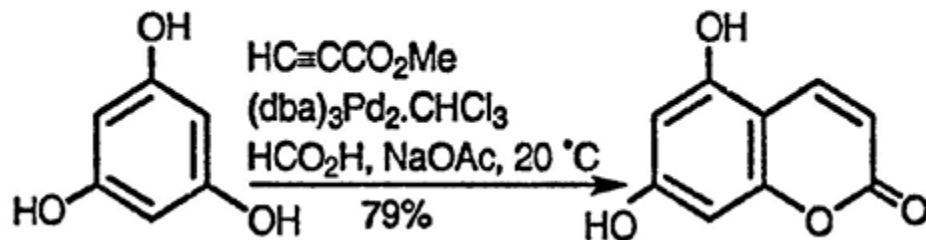
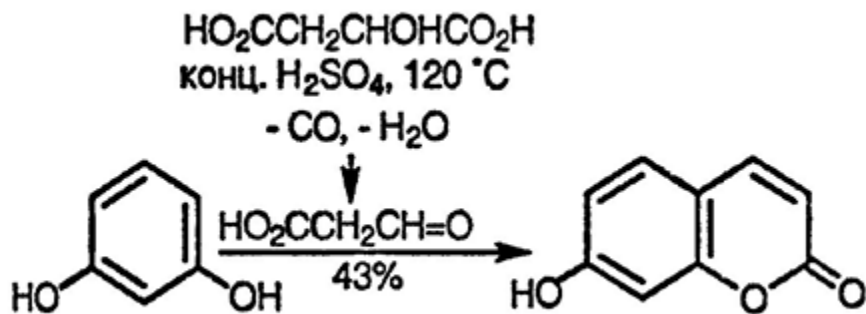
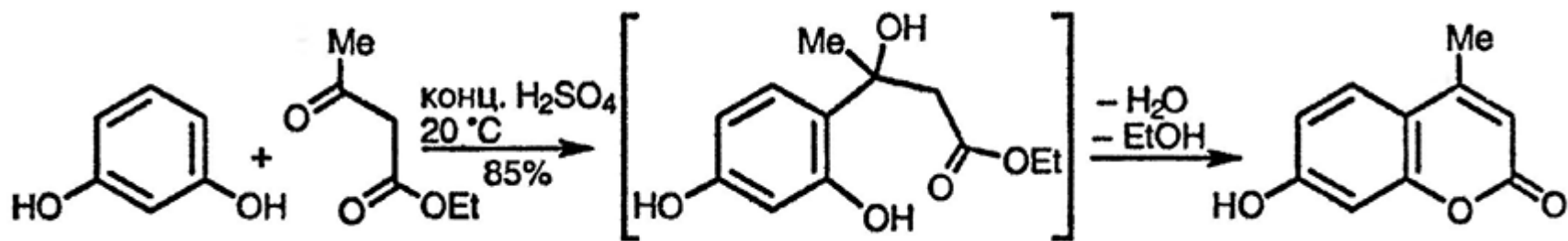
3-(4-Аминофенил)кумарин



Реакция Пехмана

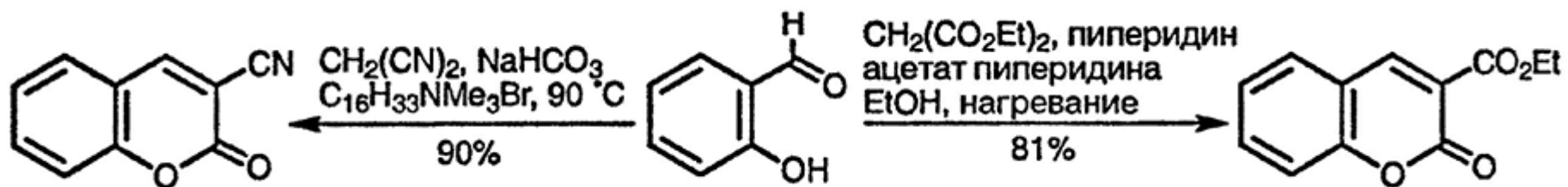
(Из фенолов и эфиров 1,3-кетокислот)

Реакции фенолов с эфирами β -кетокислот, в том числе и циклических приводят к образованию кумаринов в условиях кислотного катализа — в присутствии концентрированной серной кислоты, фтороводорода или катионообменной смолы:



Использование эфира малоновой кислоты (или самой малоновой кислоты), малононитрила или замещённых ацетонитрилов на стадии конденсации Кнёве-нагеля позволяет получать таким методом эфиры 3-кумаринкарбоновых кислот, 3-циано-, 3-алкил- или 3-арилкумарины.

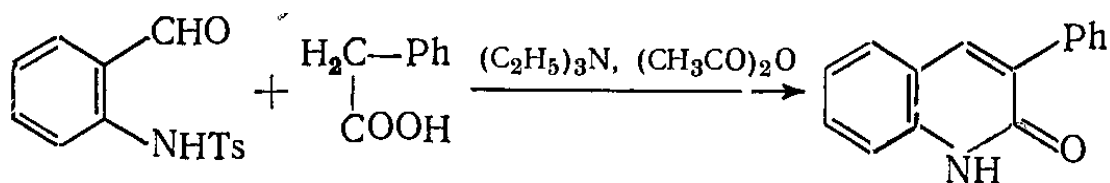
Эфиры кумарин-3-карбоновых кислот можно затем превратить в незамещённые по гетероциклическому фрагменту производные кумарина в результате гидролиза и декарбоксилирования:



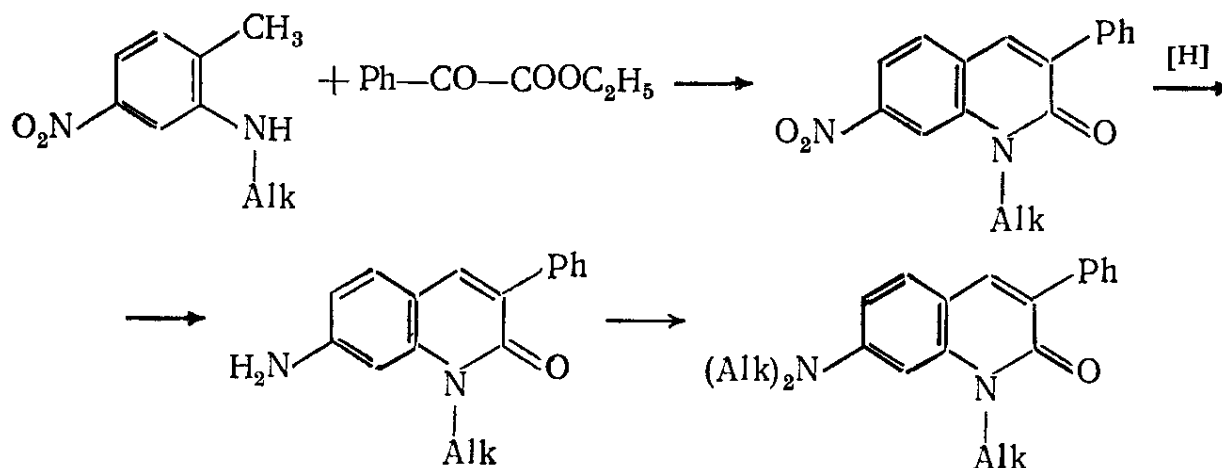
Примеры синтезов. 6.

Синтез аналогов кумаринов - карбостиролов

3-Фенилкарбостирол

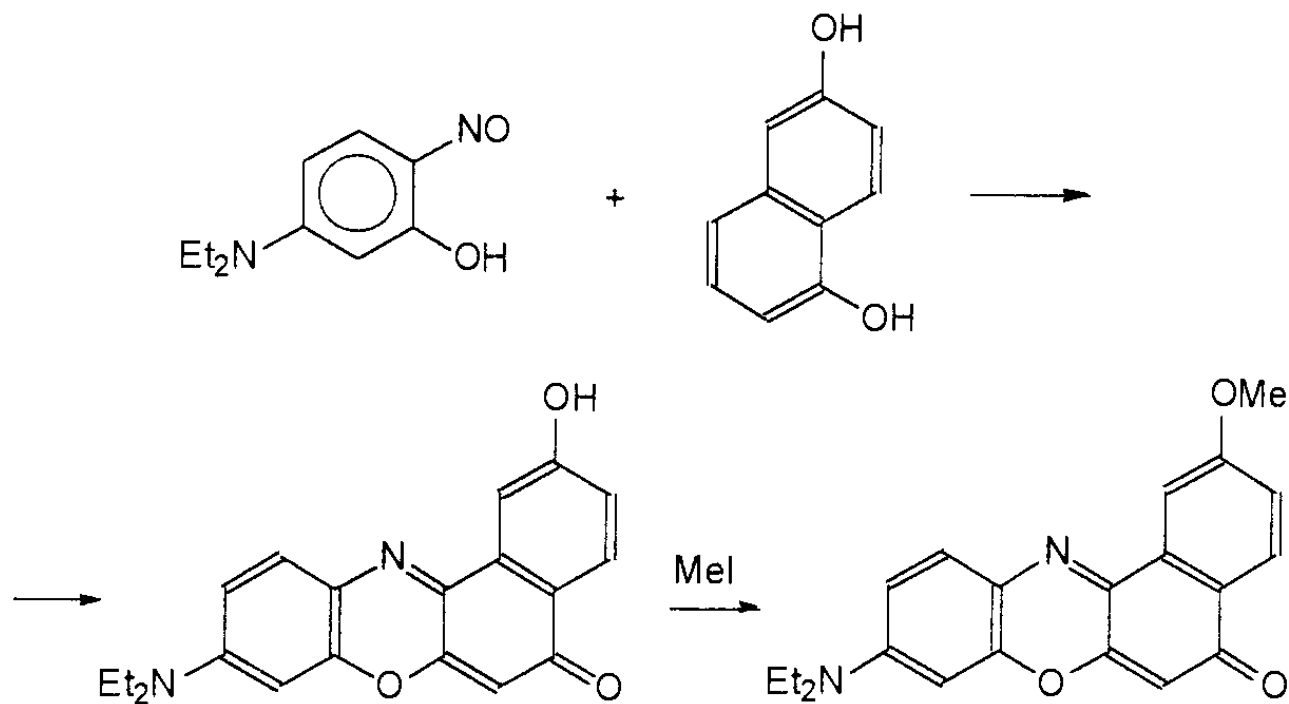


N-Алкил-3-фенил-7-диалкиламинокарбостирол



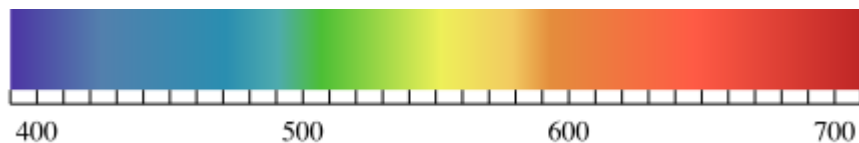
Примеры синтезов. 7

2-Метокси-9-диэтиламинобензо-[a]феноксазион-5



Флуоресценция:

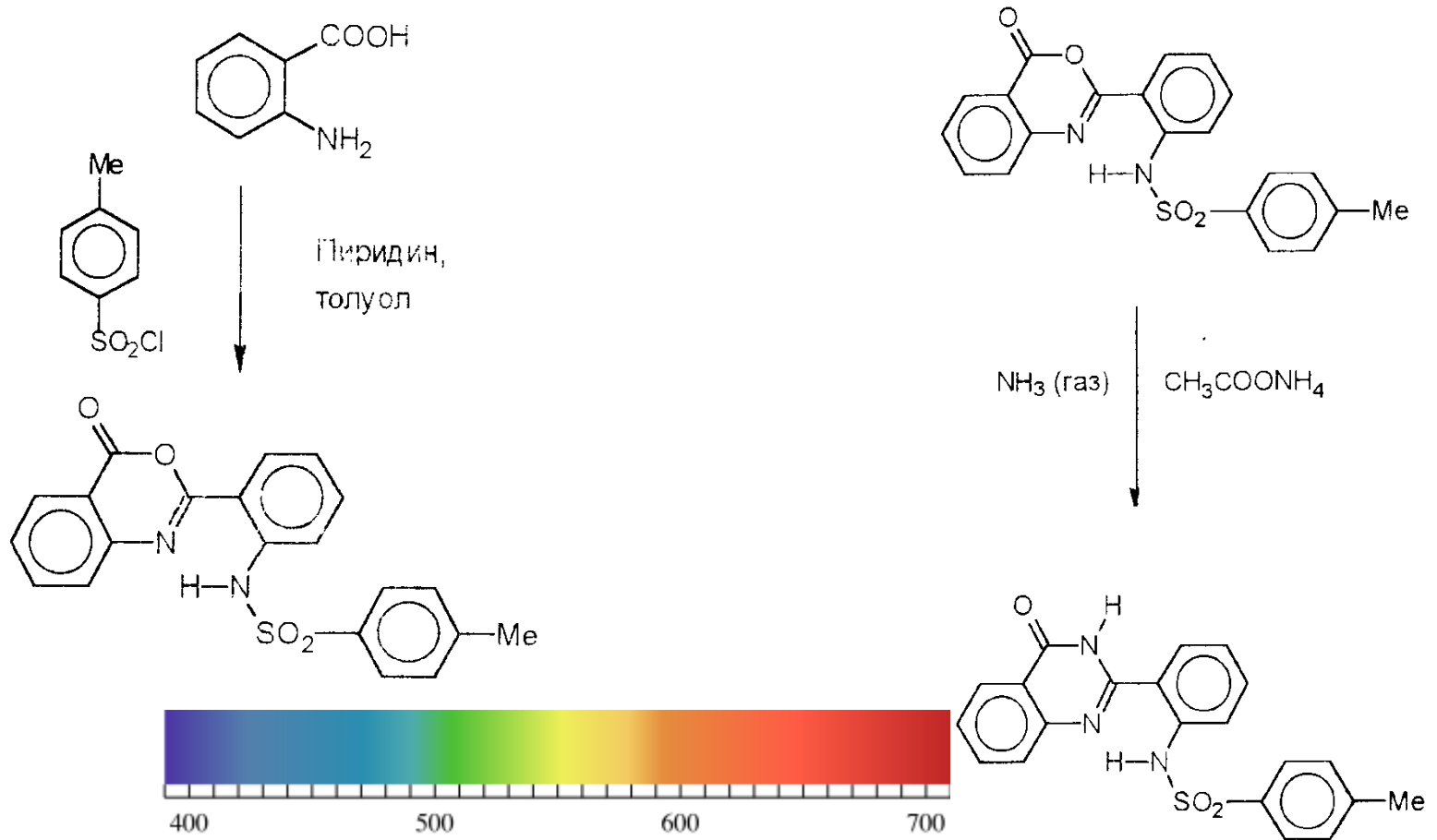
$\lambda_{\text{макс}} = 635$ (этанол)



Примеры синтезов. 8

Синтез 2-(2'-Тозиламинофенил)-4Н-3,1-бензоксазин-4-он и

2-(2'-тозиламинофенил)-хиназолинон-4



Люминесценция :

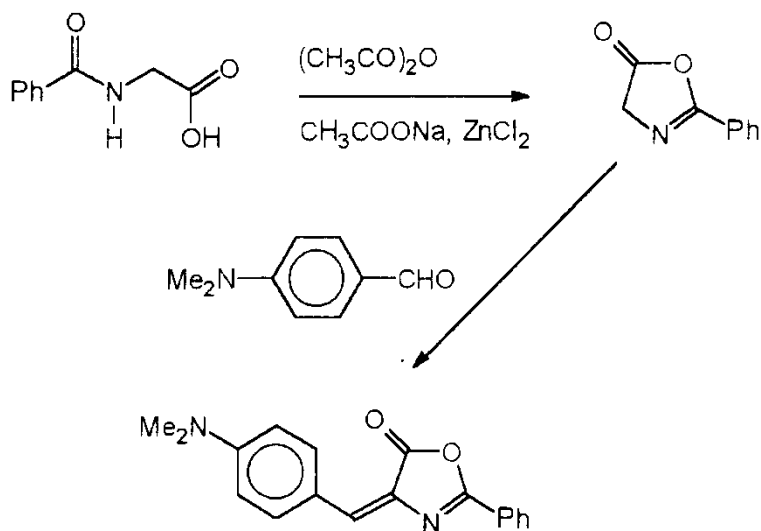
$\lambda_{\text{макс}} = 510$ (тв. сост.)

Люминесценция :

$\lambda_{\text{макс}} = 557$ (дихлорэтан)

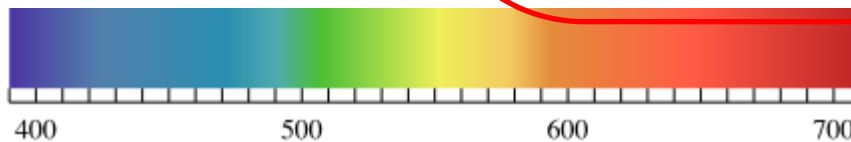
Примеры синтезов. 9

2-Фенил-4-(4-диметиламинобензилиден)оксазол-5-он и

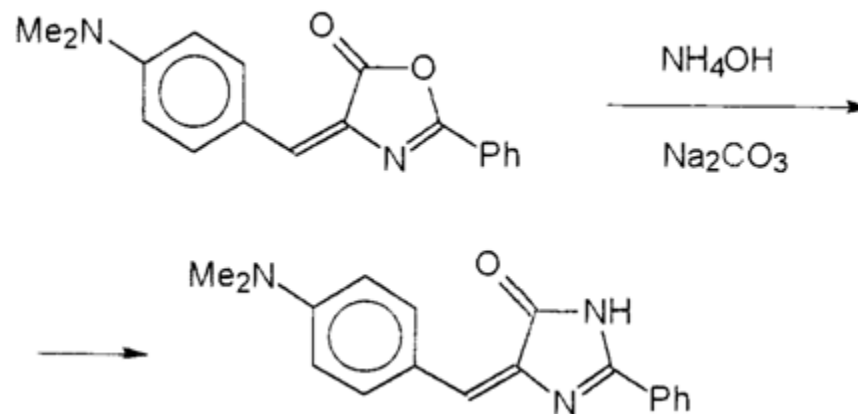


Люминесценция :

$\Lambda_{\text{макс}} = 630$ (тв. сост.)



2-Фенил-4-(4-диметиламинобензилиден)имидазол-5-он

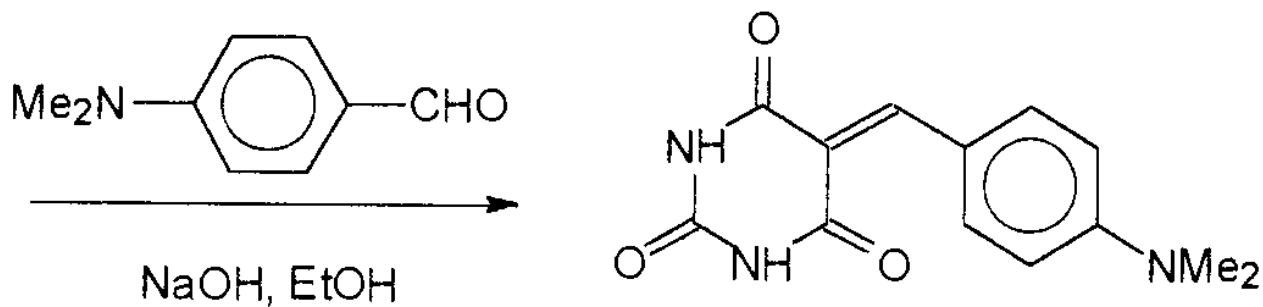
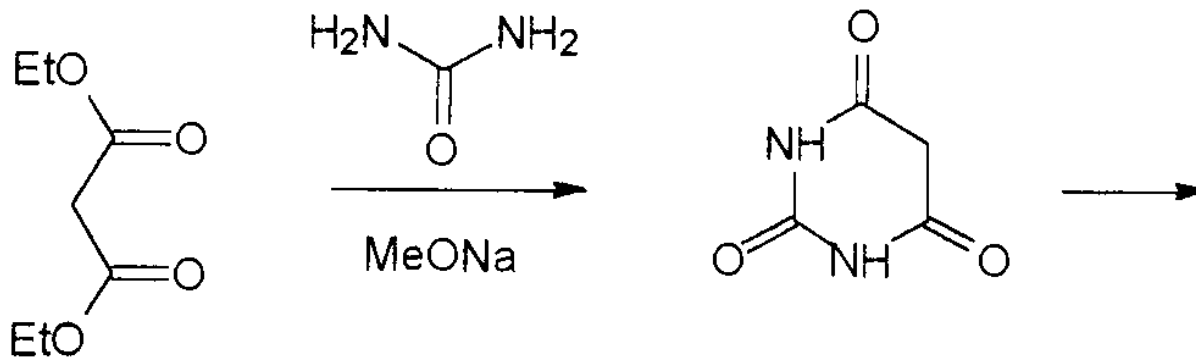


Люминесценция :

$\Lambda_{\text{макс}} = 535$ (толуол)

Примеры синтезов. 10

5-(4'-Диметиламинобензилиден)барбитуровая кислота



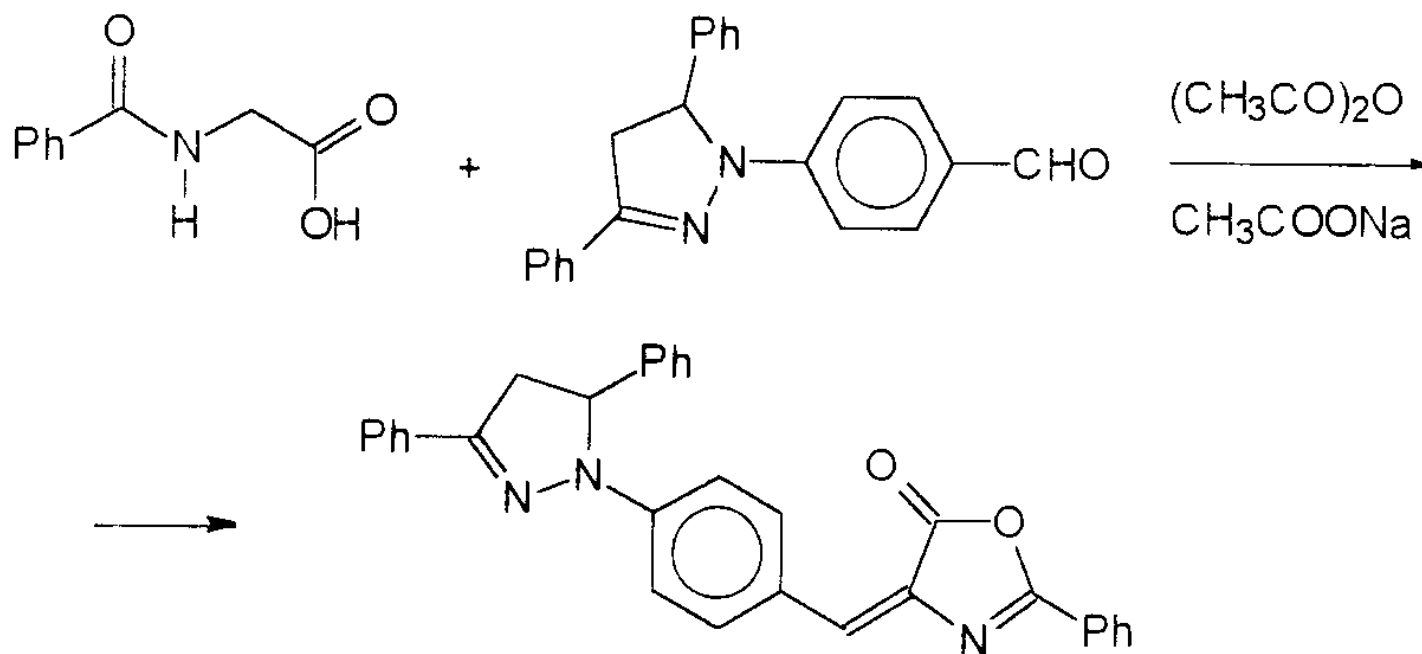
Люминесценция :

$\lambda_{\text{макс}} = 640$ (тв. сост.)



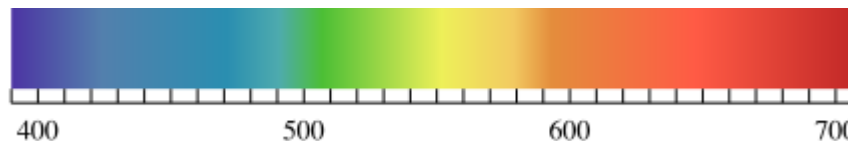
Примеры синтезов. 11

4-(4-(3,5-Дифенил-2-пиразолинил-1)бензилиден)-2-фенилоксазол-5-он

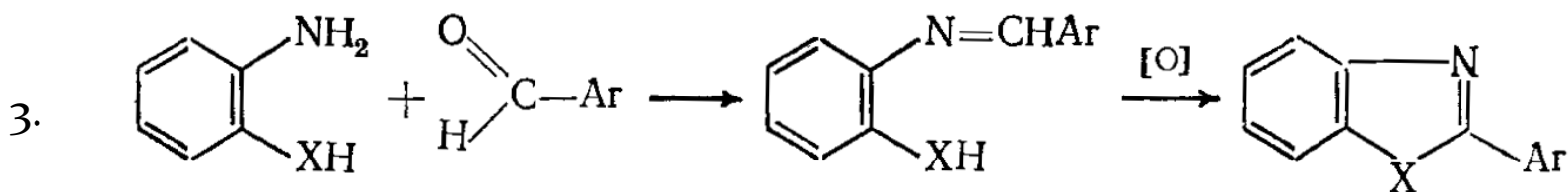
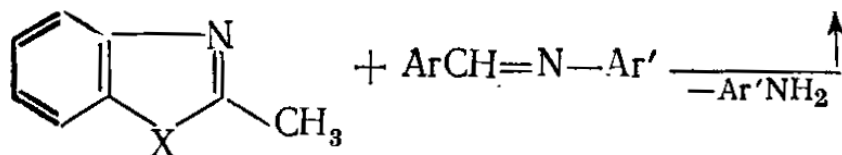
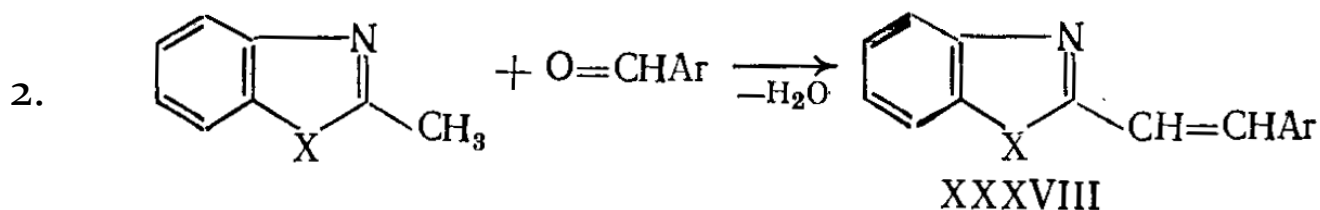
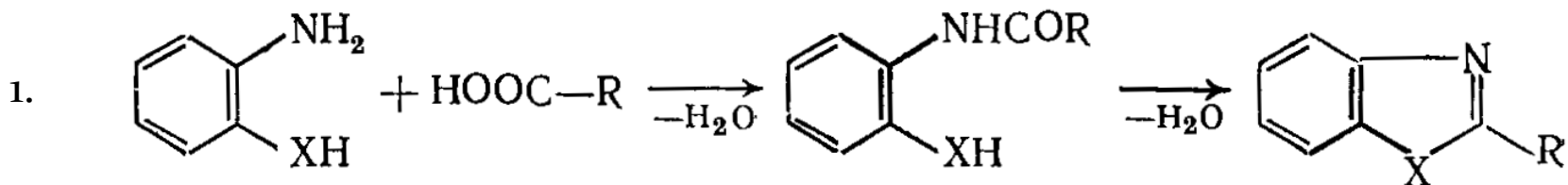


Люминесценция :

$\lambda_{\text{макс}} = 530$ (толуол)



Общие методы получения бензазолов



X = NH, O, S

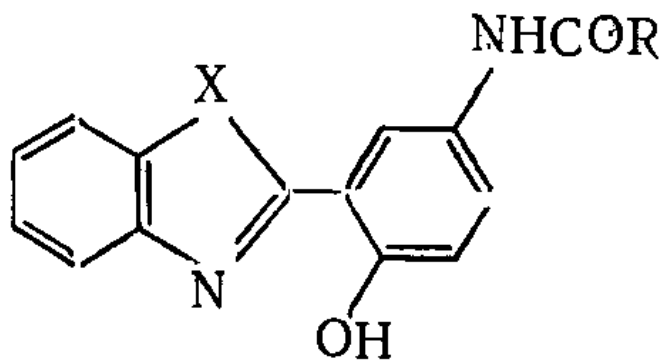
Окислители: тетраацетат свинца, хлоранил, N-бромсукцинимид, бензоилпероксид, перманганат калия.

Окислительная циклизация может проходить и при фотооблучении.

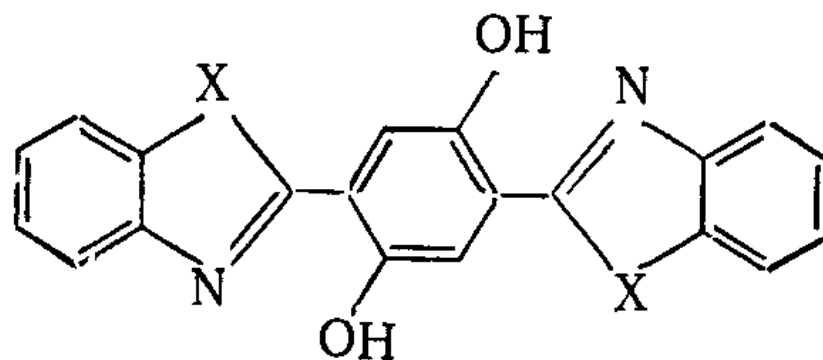
Бензазолы

с внутримолекулярной водородной связью

1.



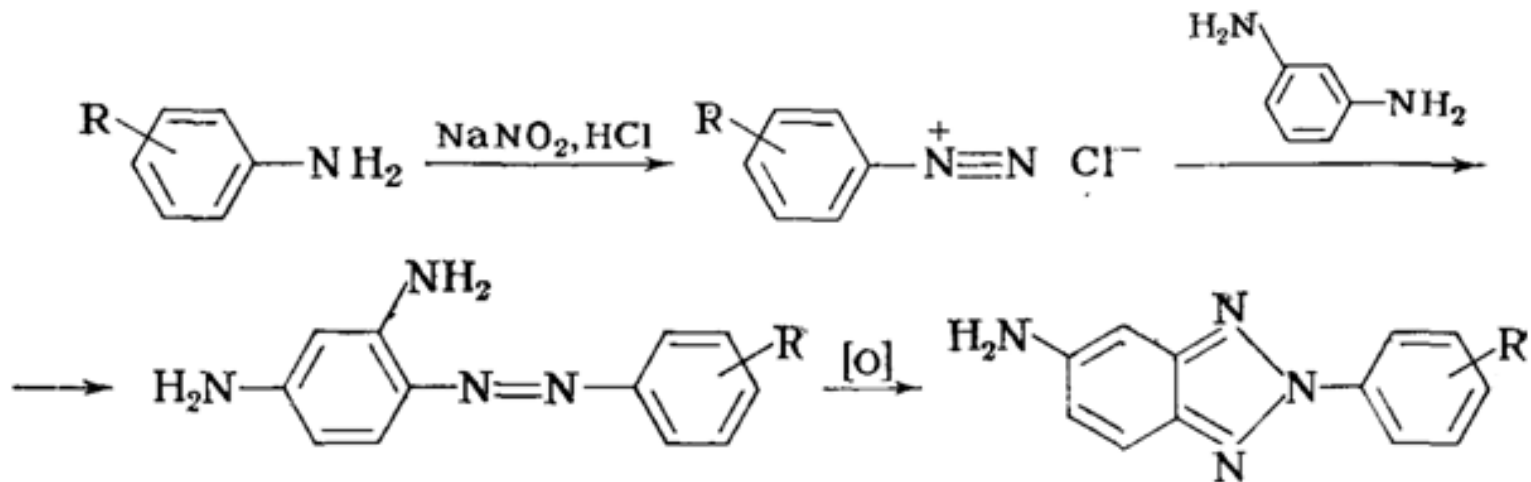
2.



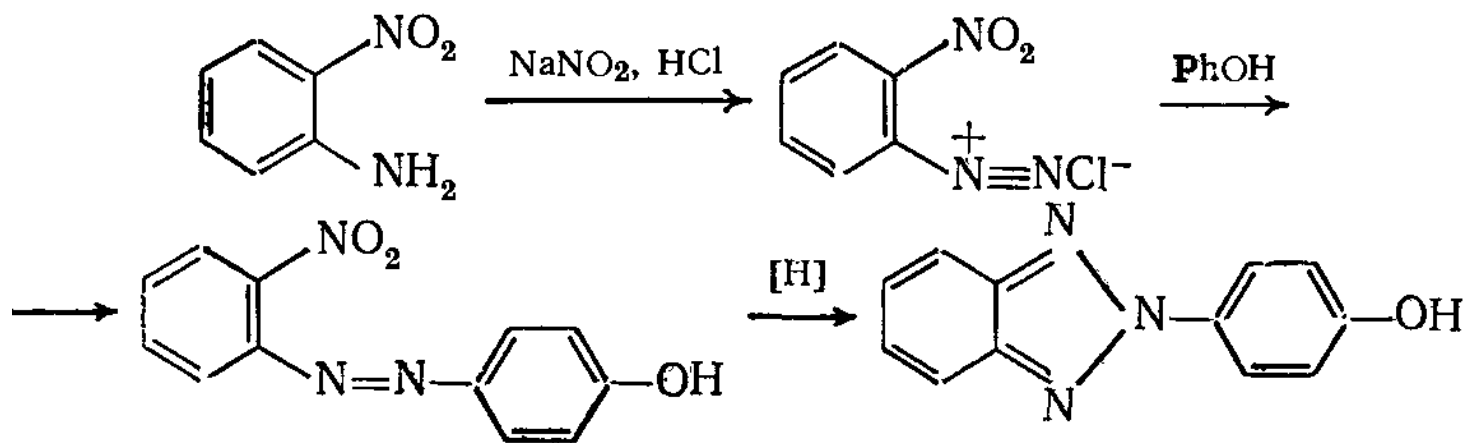
Аномально большой стоксов сдвиг у бензазолов с внутримолекулярной ВС имеют органические люминофоры, бесцветные при дневном освещении, но флуоресцирующие в зеленой, желтой и даже красной областях спектра. Таковы соединения общей формулы **1** ($R=CH_3$, $NHCH_3$; $X=O$, S) с желтой (производные оксазола) и оранжевой (производные тиазола) флуоресценцией.

Производные бензазолов (**2**. $X = O$, S , NH) флуоресцируют в красной и ближней ИК-областях, поглощая свет с длиной волны короче 410 нм.

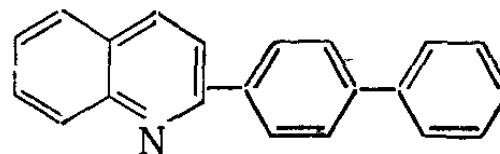
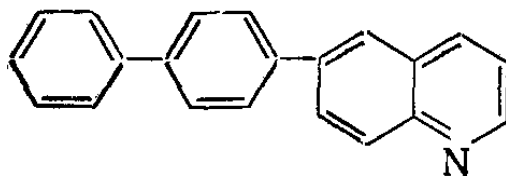
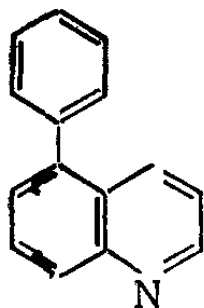
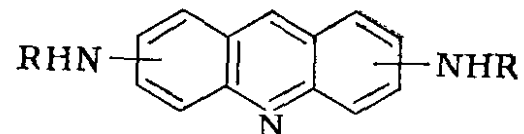
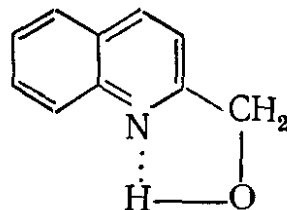
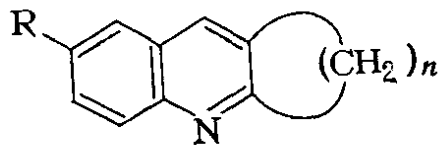
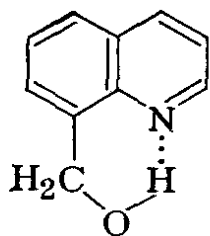
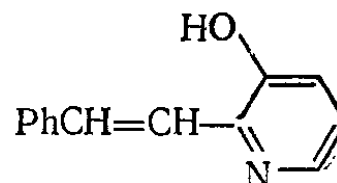
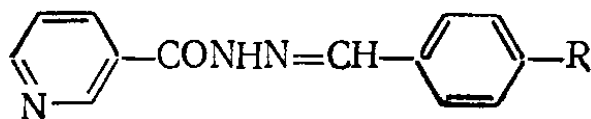
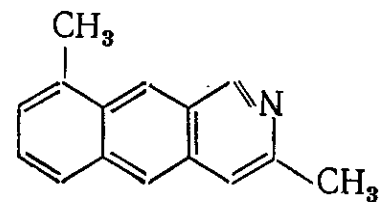
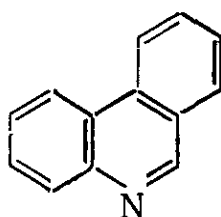
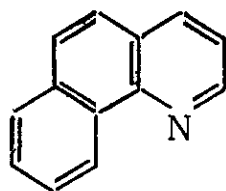
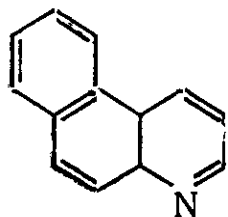
2H-Бензотриазолы и их производные



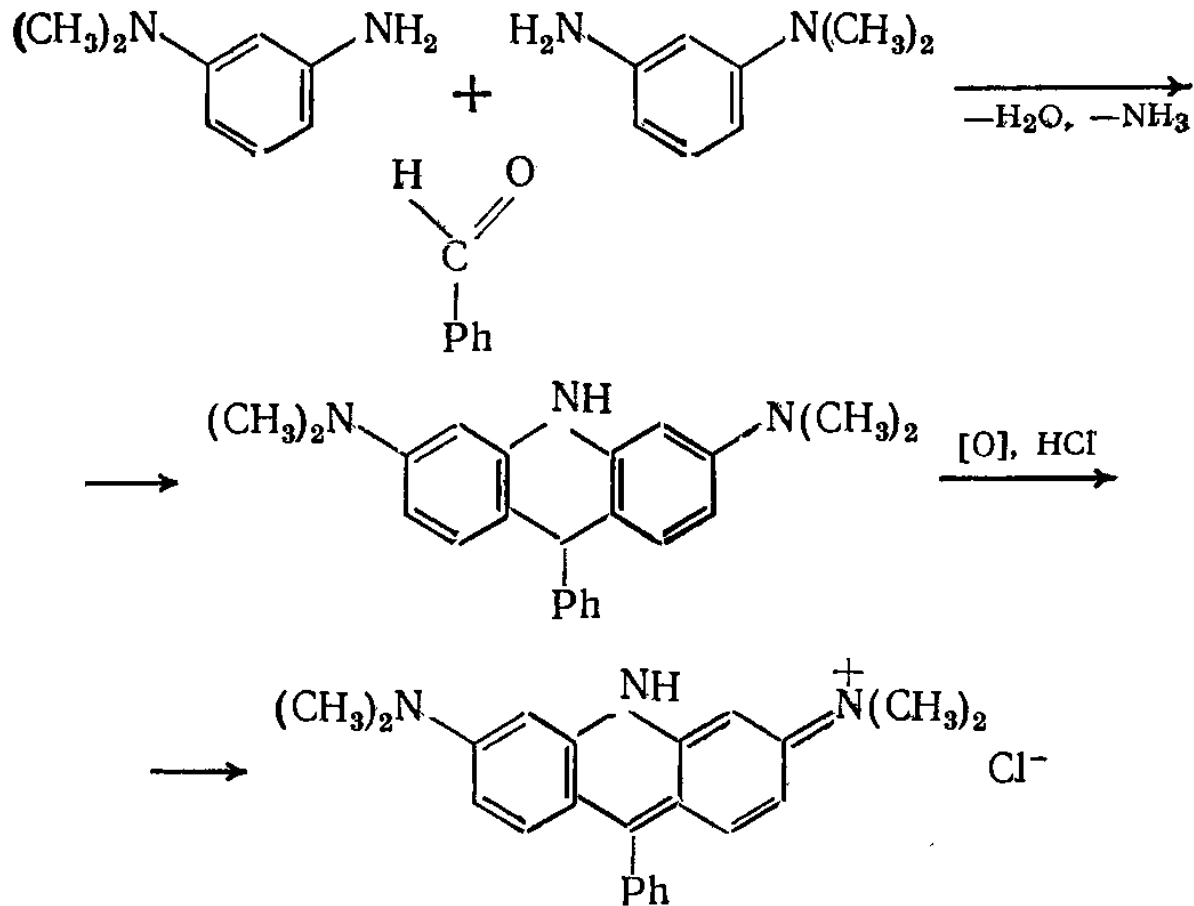
Окислители: гипохлорит натрия. амиакат или ацетат меди и др.



Люминофоры, производные пиридина и хинолина

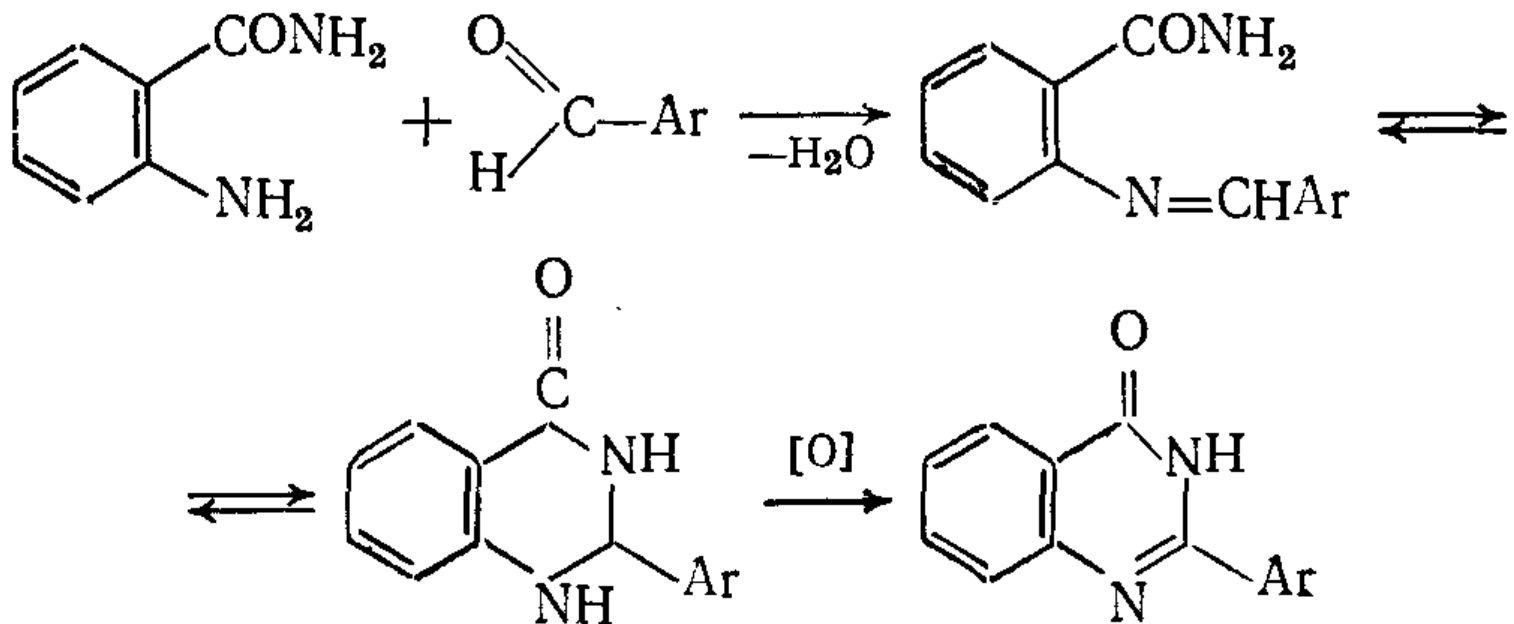


Синтез акридинового оранжевого R



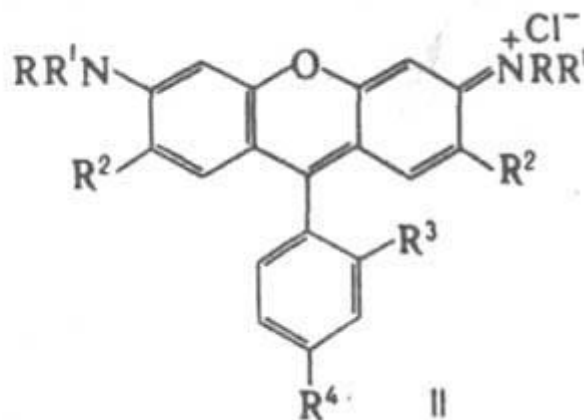
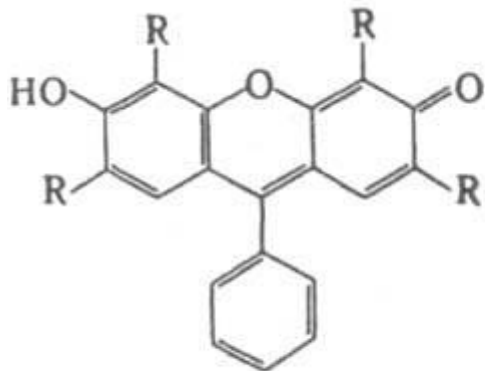
Акридиновые красители – флуоресцентные индикаторы в аналитической химии

2-Замещенные хиназолинона



Кислородсодержащие гетероциклы

Ксантеновые красители



Флуоресцеин (I; R=H) - желтый кислотный краситель. получают конденсацией резорцина с фталевым ангидридом при 175-195°C (кат. - ZnCl₂). Галогенированием флуоресцеина синтезируют более глубоко окрашенные яркие кислотные красители - розовый **эозин и красный эритрозин** (I; R=Br или I соотв.).

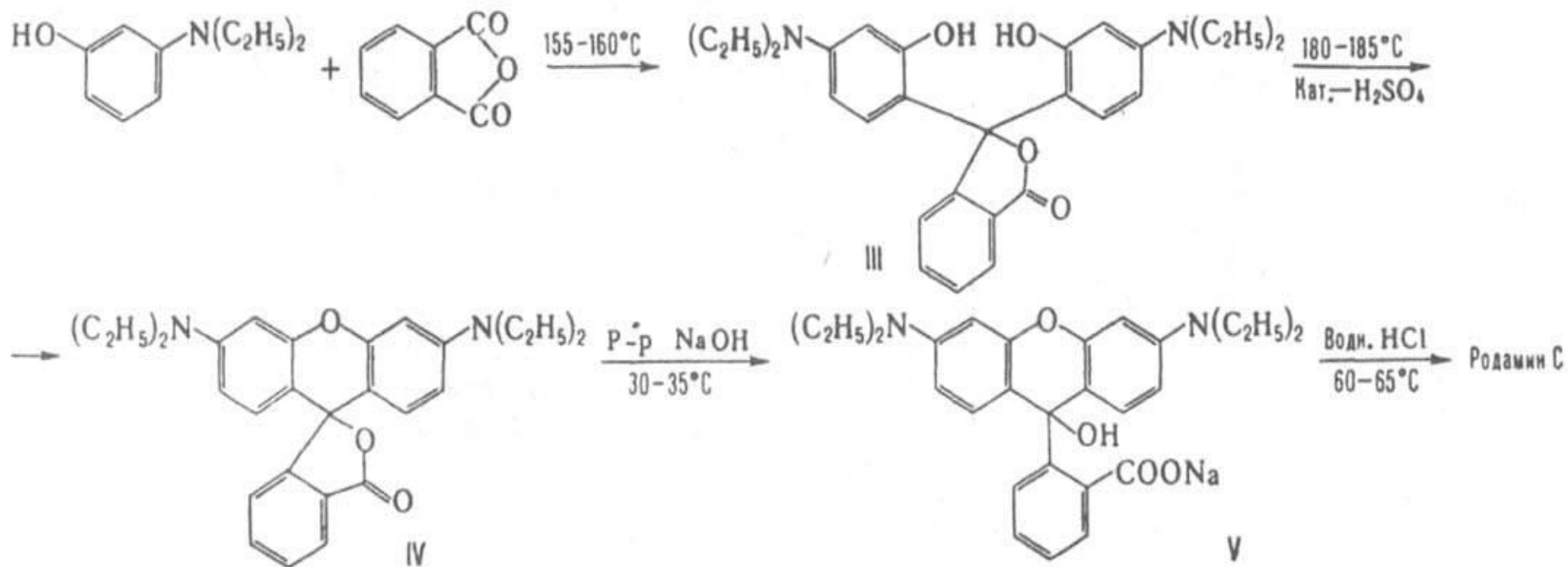
Амино - ксантеновые красители группы родамина. Незамещенный родамин (II; R=R¹=R²=R⁴=H, R³=COOH) - основной краситель. получаемый **конденсацией м-аминофенола с фталевым ангидридом при 180 °C в присутствии H₂SO₄.**

Большее значение имеют его алкилзамещенные - **родамин С, родамин 6Ж** и др., получаемые из фталевого ангидрида и соответствующих N-алкил-м-аминофенолов.

Различают **симметричные родамины (С, Ж, 6Ж, 3С)**, у которых R и R¹ одинаковые алкильные остатки, и **несимметричные** (R и R¹ - разные; например родамины 3ЖО, 4Ж); первые имеют большее значение.

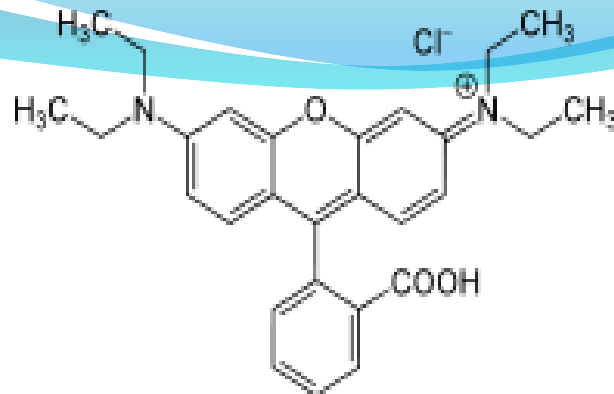
Родамины - красные с различ. оттенками основные красители, флуоресцирующие при комнатной температуре. **Родамин С (II; R = R¹=C₂H₅, R²=R⁴=H, R³=COOH)** - ярко-красный с синим оттенком краситель.

Синтез (как и синтез гидроксиксантеновых красителей) протекает ступенчато через стадии образования диаминодигидрокситриарилметанового красителя (III), бесцветного Лактона (IV) и бесцветного карбинольного соедин. (V) по схеме:



Родамин: [9-(2-carboxyphenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidene]-diethylammonium chloride

Rhodamine 610, C.I. Pigment Violet 1, Basic Violet 10, C.I. 45170



Родамины:

Родамин Ж (I; $R=C_2H_5$, $R^1=R^4=H$, $R^2=CH_3$, $R^3=COOC_2H_5$)

Сульфородамин С (II; $R=R^1=C_2H_5$, $R^2=H$, $R^3=R^4=SO_3H$)

Родамин 6Ж (II; $R=C_2H_5$, $R^1=R^2=R^4=H$, $R^3=COOC_2H_5$)

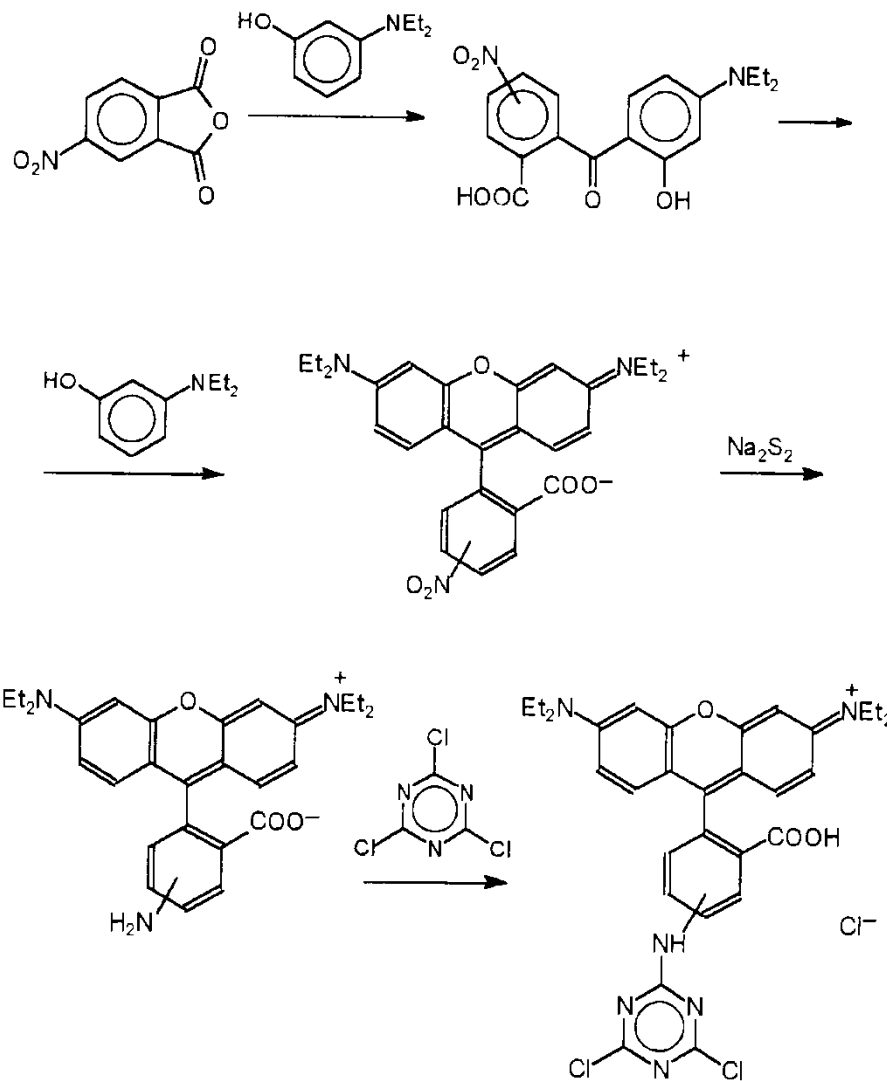
Родамин 4С, или 3С (II; $R=R^1=C_2H_5$, $R^2=R^4=H$, $R^3=COOC_2H_5$)

Родамин 3ЖО (II; слева $R=R^1=H$, $R^2=CH_3$, справа - $R=R^1=C_2H_5$, $R^2=H$, $R^3=COOC_2H_5$, $R^4=H$)

Родамин 4Ж (отличается от предыдущего радикалами слева - $R=C_2H_5$, $R^1=H$)

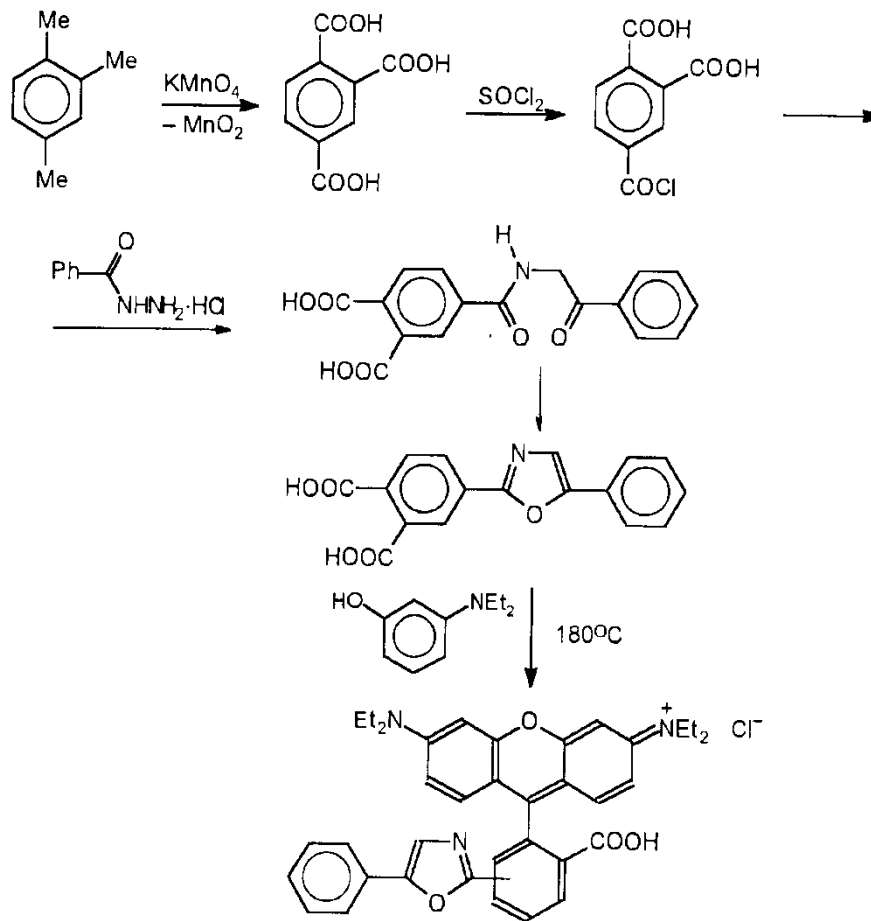
Родамины - высокочувствит. реагенты для экстракционно-флуориметрич. и экстракционно-спектрофотометрического определений элементов. Образуют экстрагируемые бензолом (толуолом) ионные ассоциаты с ацидокомплексами (GaG_4^- , $InBr_4^-$, $TlCl_4^-$, $AuCl_4^-$, $SbCl_5^-$, TaF_5^- и др.) или анионными хелатами металлов (напр., Sc^{3+} , Th^{4+} , UO_2^{2+} , РЗЭ) с салициловой и бензойной кислотами, 1-фенил-3-метил-4-бензоил-5-пиразолоном, 8-гидроксихинолином и его производными.

4(5)-(Дихлор-симм-триазинил) родамин В





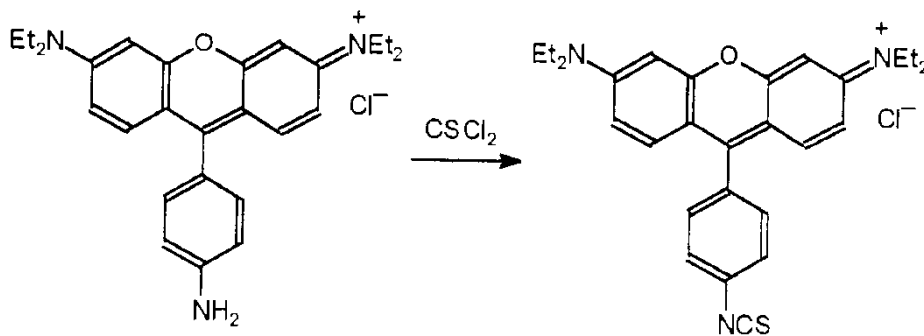
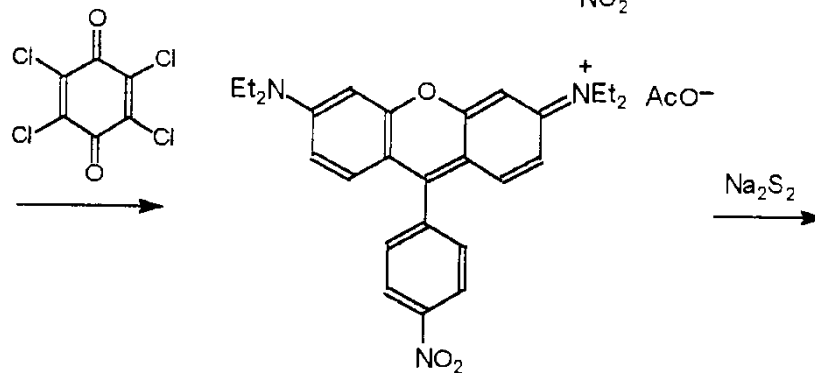
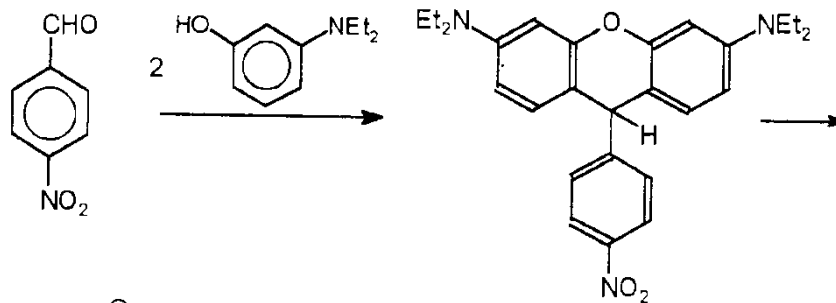
Люминофор оранжево-красный 590РП



Флуоресценция:
 $\lambda_{\text{макс}} = 590$ (этанол)

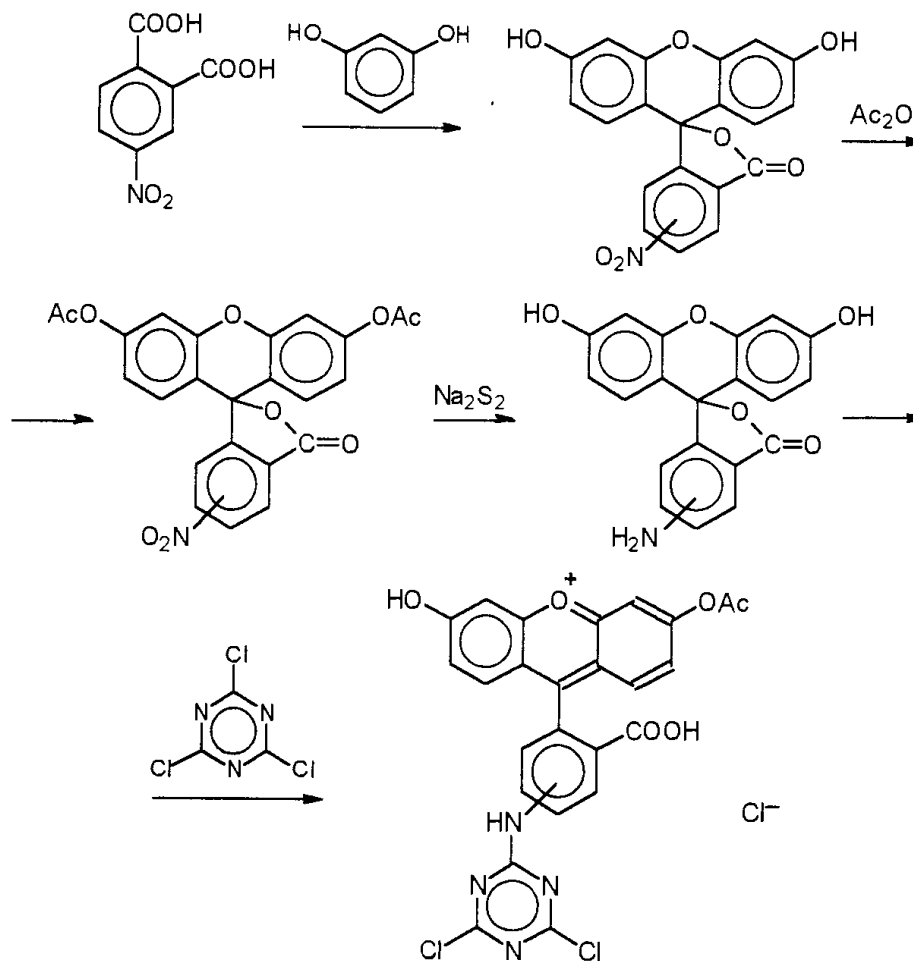


N,N,N,N-Тетраэтилодамин-4-изоцианат



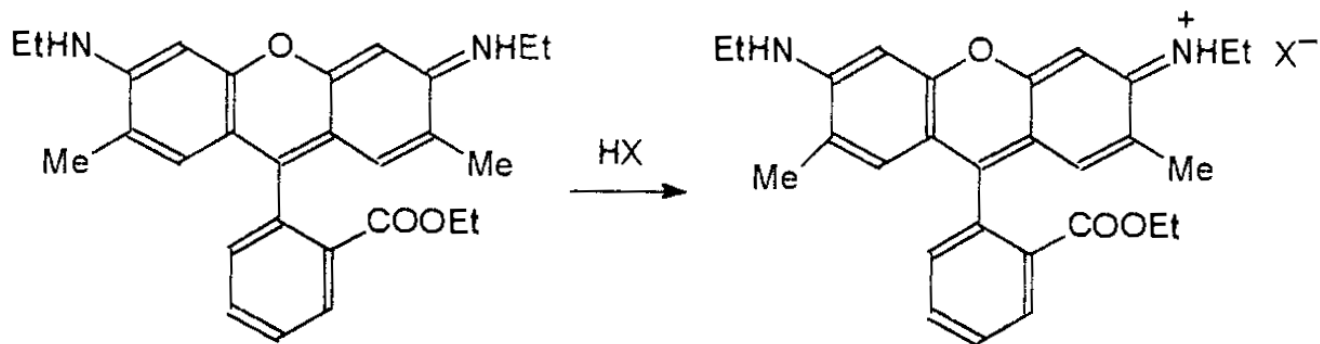
Флуоресценция
малиново-красная (тв. сост.)

Дихлор-симм-триазиниламинофлуоресцеин I



Флуоресценция
зеленая

Соли Родамина 6Ж



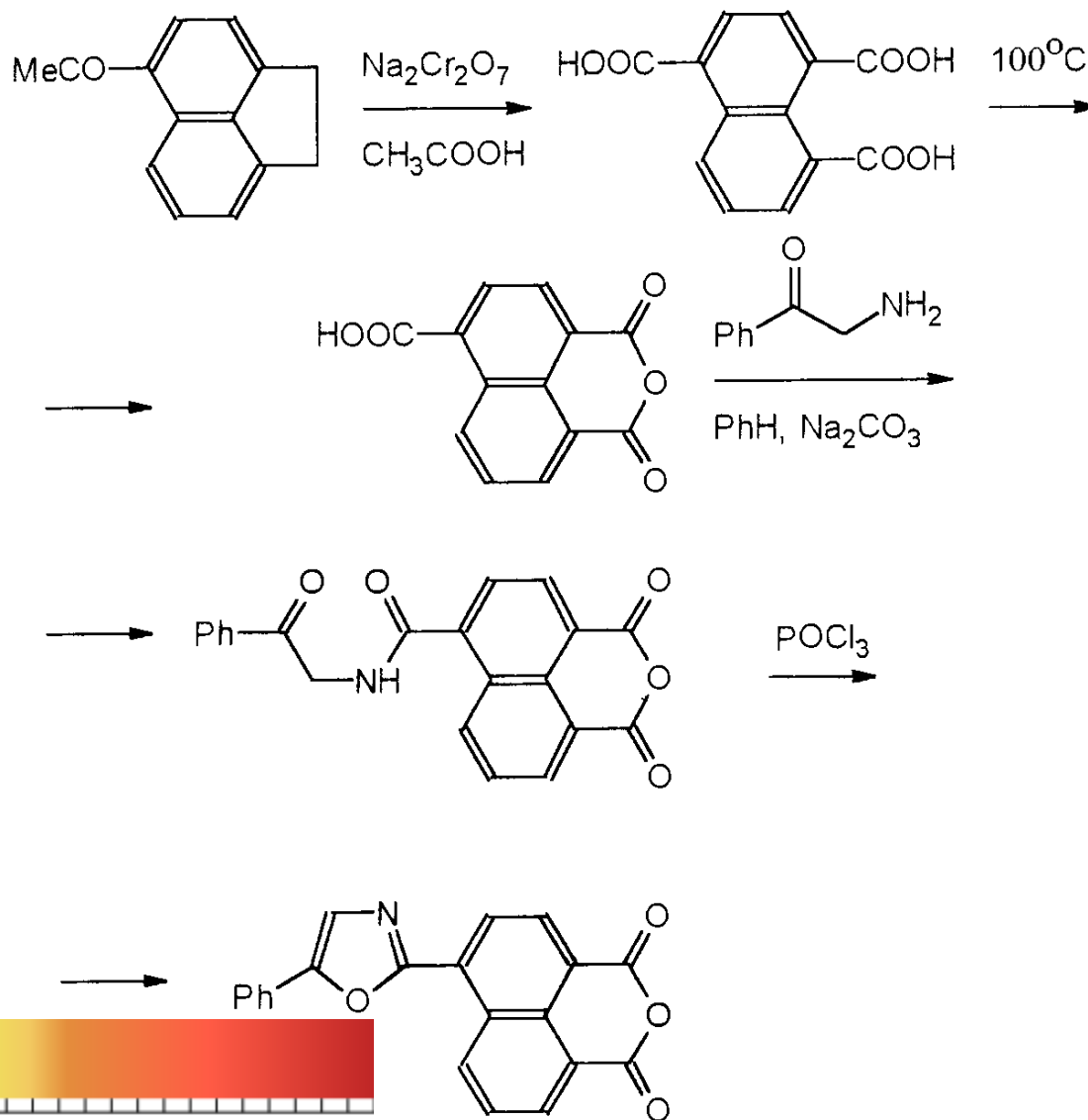
Родамин 6Ж бромид. Растворяют 0,5 г (1,1 М) основания родамина 6Ж при нагревании (70°) в 30 мл бензола, добавляют 3 мл 48% НВг, перемешивают 20 мин и охлаждают до комнатной температуры. Выпавший осадок отфильтровывают и сушат при 100°. Выход 0,5 г (90%).

Аналогично – обработкой концентрированной НСl (2 мл), 57% Нl (3,5 мл), 57% НСlO₄ (3 мл), ННО₃ (2 мл), НВF₄ (0,5 г) получают соответственно родамин 6Ж хлорид, иодид, перхлорат, нитрат, борфторид.

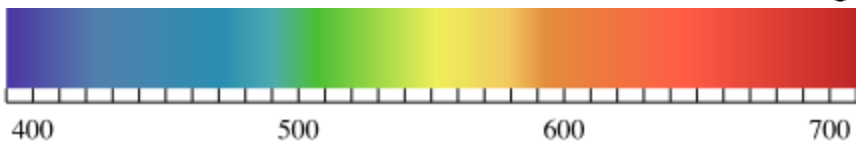
Обработкой ледяной АсОН (2 мл), (Me)₃СООН (2 г), (Me)₂СНСООН (0,5 мл), Me(CH₂)₇СООН (2 г), Me(CH₂)₂₀СООН (2 г), PhСООН (0,7 г), C₅H₄NCOOH (0,15 г), CF₃СООН (0,7 г), CH₂=C(Me)СООН (0,5 мл), Me(CH₂)₁₆СООН (1,2 г) кислотами получают соответственно родамин 6Ж ацетат, триметилацетат, изобутират, пеларгонат, бегенат, бензоат, изоникотинат, трифторацетат, метакрилат, стеарат.

Все соединения имеют в этаноле $\lambda_{\text{макс}} = 530$ нм. Выход соединений составляет 70-90% в зависимости от природы аниона.

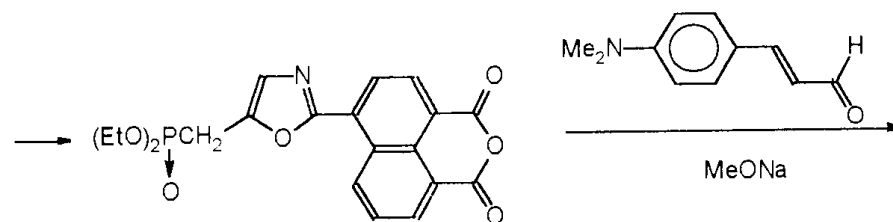
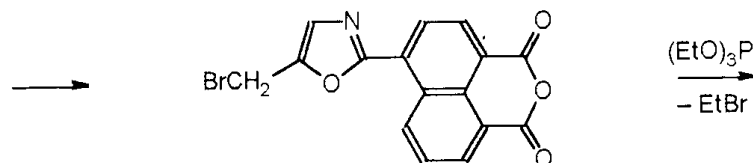
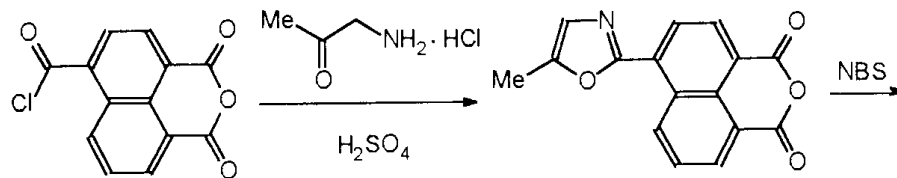
4-(5-Фенилоксазол-2)нафталевый ангидрид



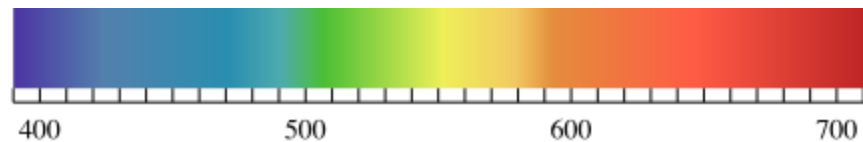
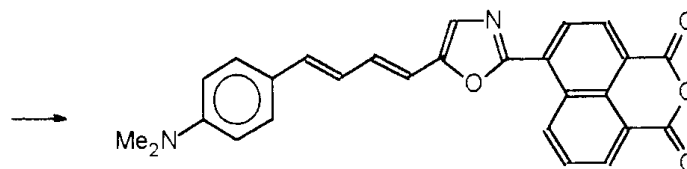
Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 480$ (толуол)



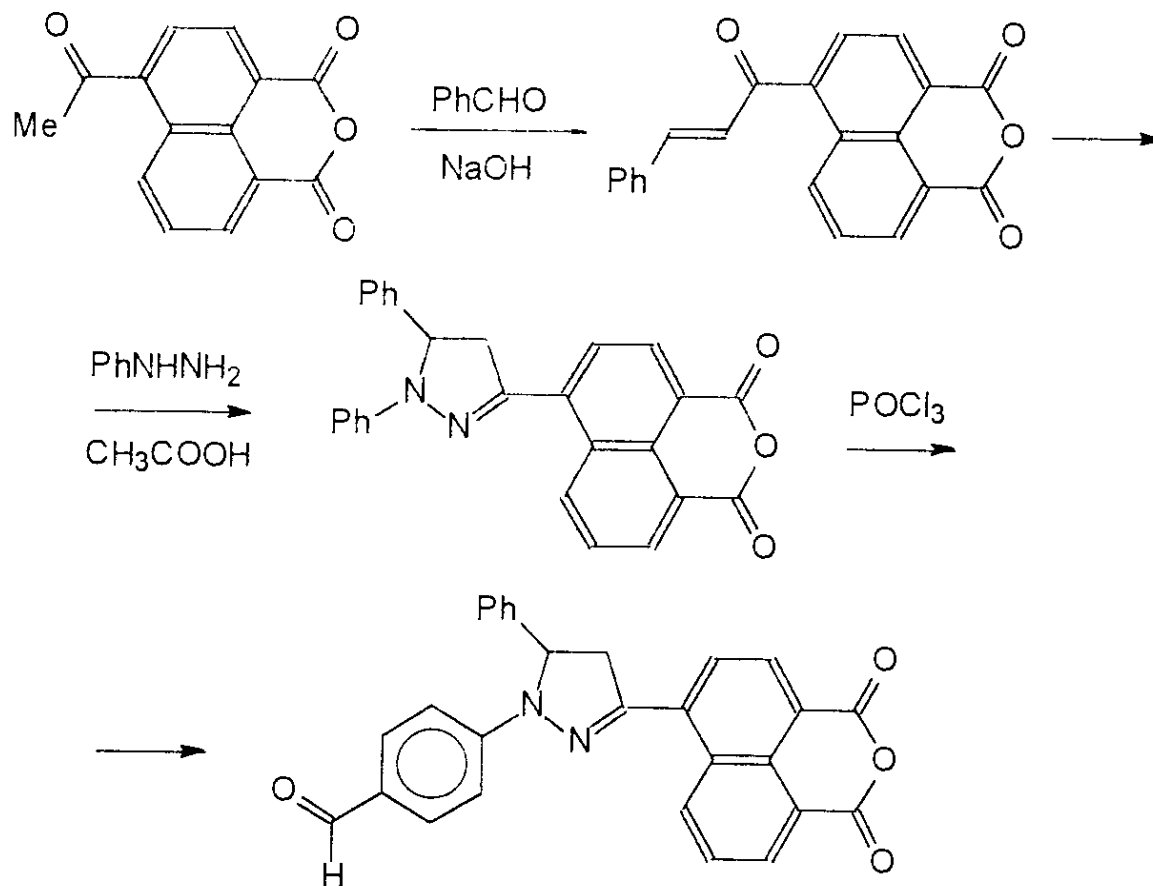
4-(5-(4-Диметиламинобутадиенилилоксазолил-2) нафталевый ангидрид



Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 710$ (толуол)

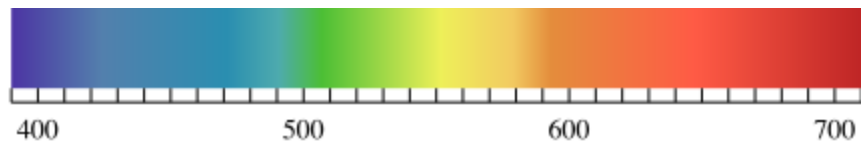


4-[1-(4'-Формилфенил)-5-фенил-2-пиразолин-3)] нафталеновый ангидрид

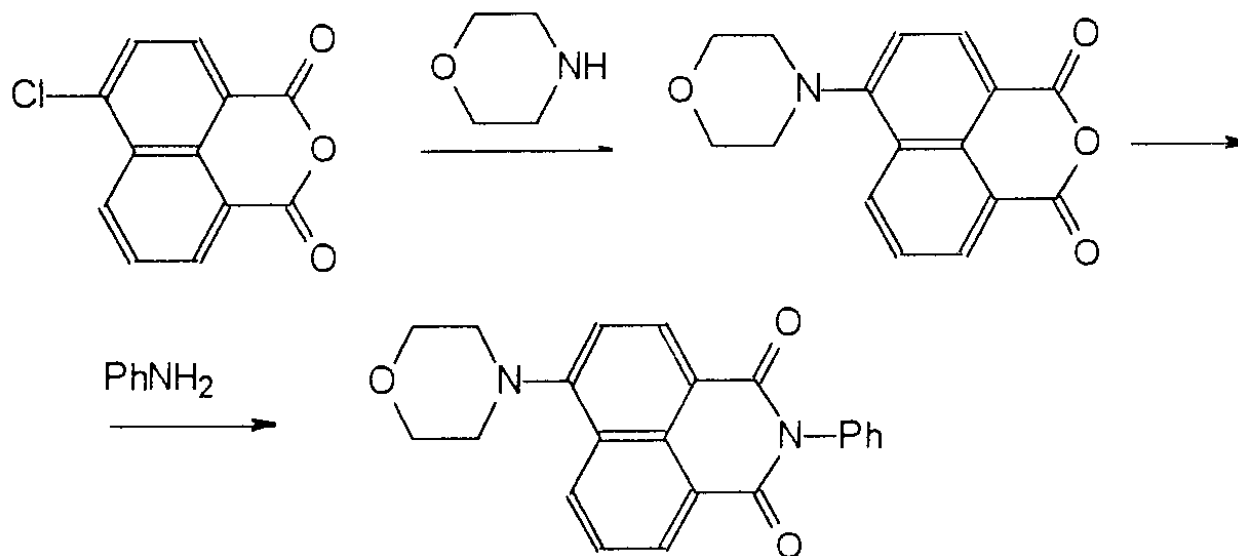


Люминесценция :

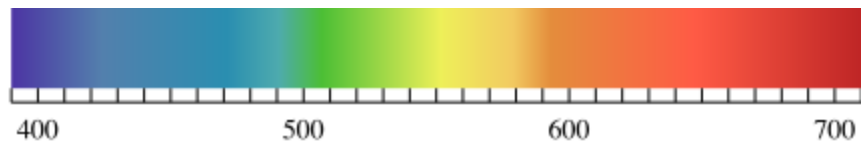
$\lambda_{\text{макс}} = 510$ (вода)



N-Фенилимид 4-морфолинонафталевой кислоты

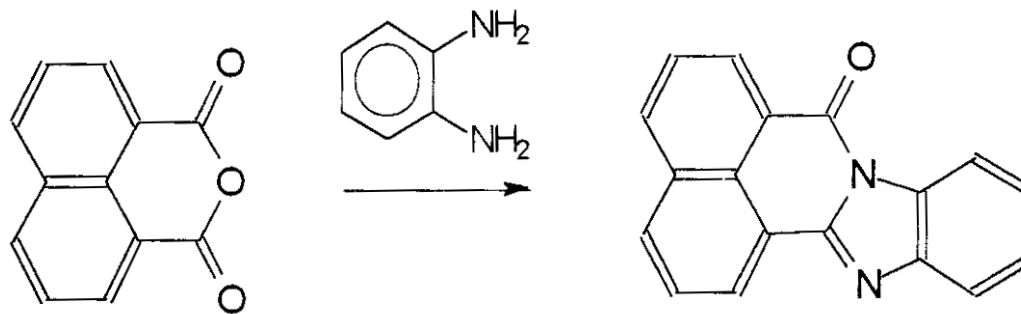


Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 495$ (толуол)

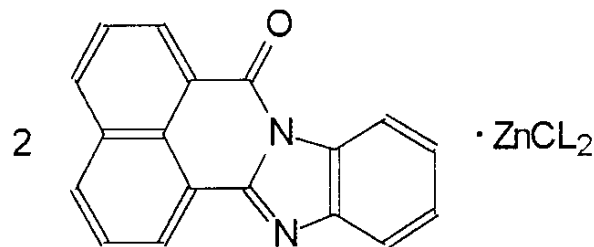
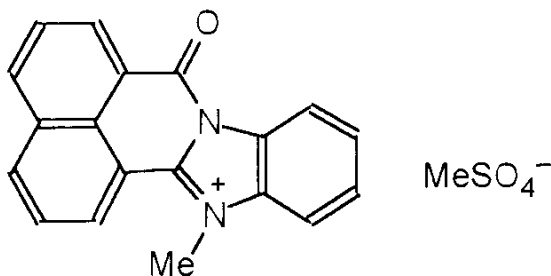
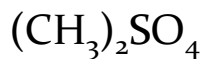




1,8-Нафтоилен-1',2'-бензимидазол



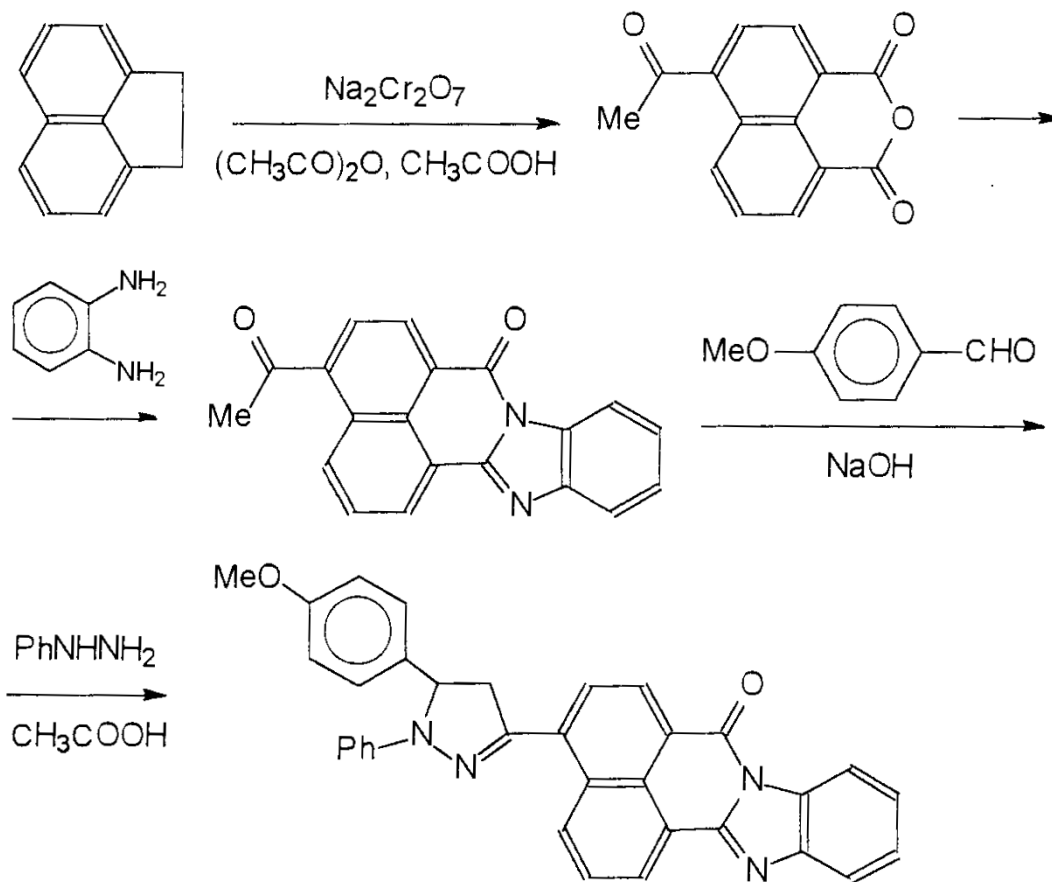
Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 490$ (толуол)



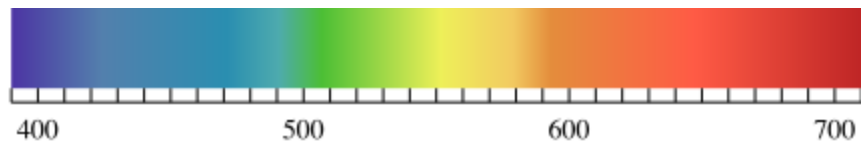
Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 485$ (вода)

Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 518$ (ДМФА)

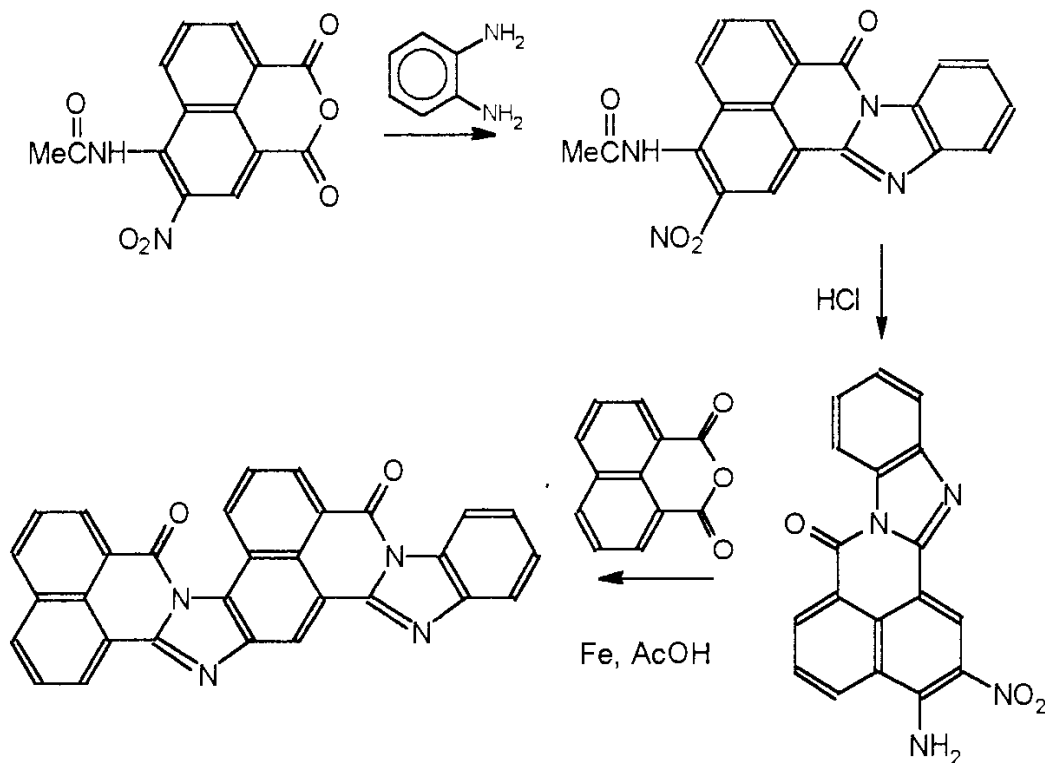
4(5)-(1,5-Дифенил-пиразолин-3)-1,8-нафтоилен-1',2'-бензимидазол



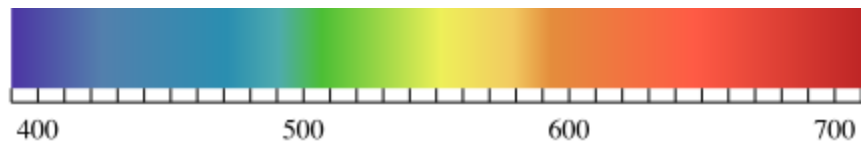
Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 600$ (толуол)



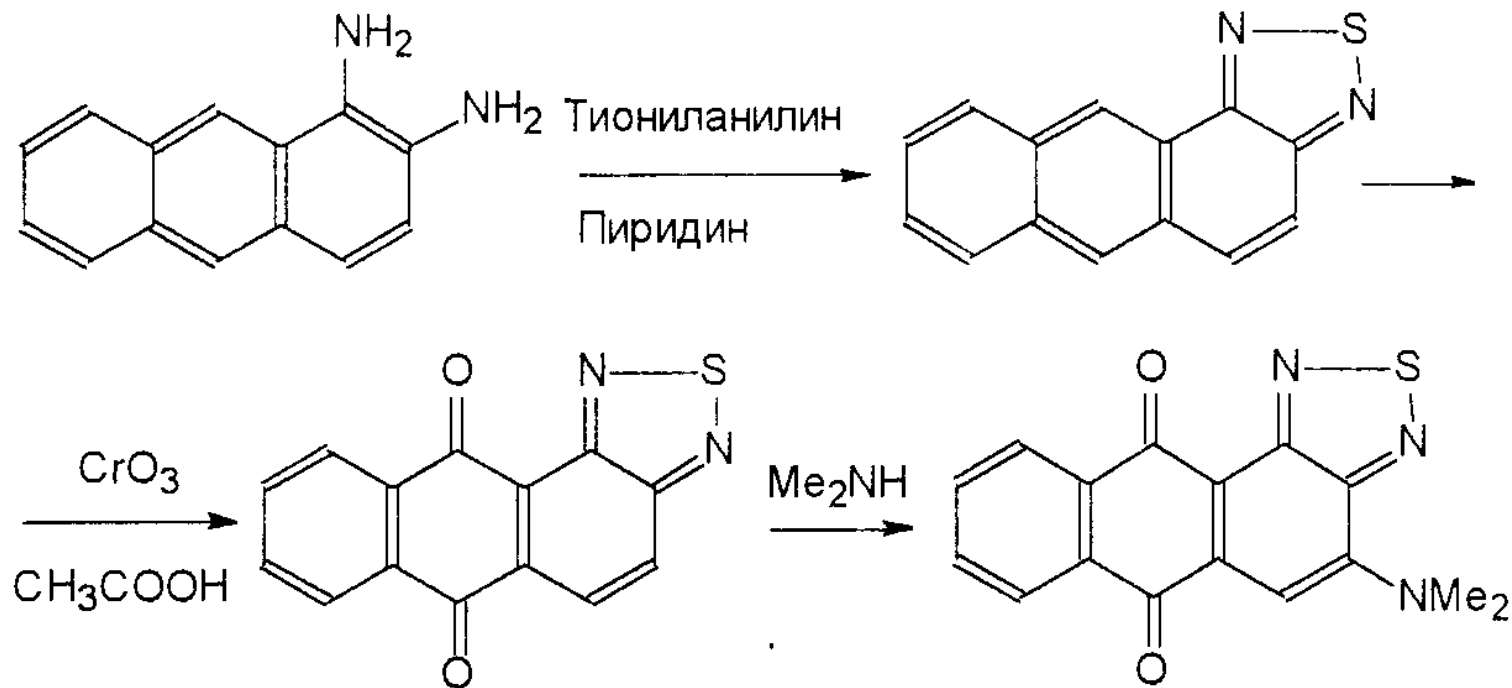
Люминор желто-оранжевый 575 РЛП



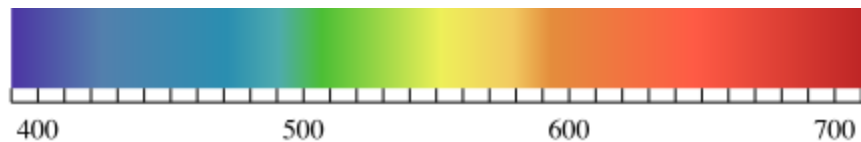
Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 575$ (толуол)



4-Диметиламиноантра[1,2-с][1,2,5]тиадиазол-6-он



Люминесценция :
 $\lambda_{\text{макс}} = 625$ (толуол)



Аналитическое использование люминофоров

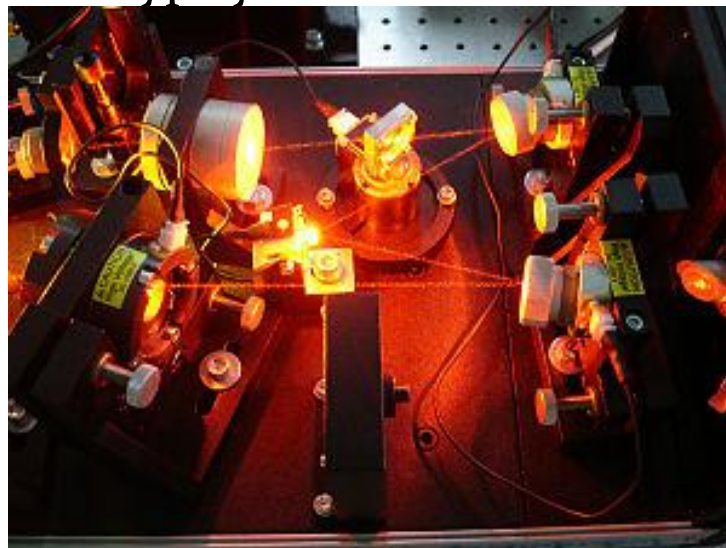
Кислотно-основные индикаторы

| Индикатор | pH области перехода | Цвет флуоресценции | |
|---------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| | | до перехода | после перехода |
| 3,6-Дигидроксифталимид | 0,0—2,4 | Синий | Зеленый |
| Эозин | 0,0—3,0 | — | Желто-зеленый |
| 4-Этоксинакридон | 1,4—3,2 | Зеленый | Синий |
| 1,5-Нафтиламинсульфамид | 2,0—4,0 | — | Желто-оранжевый |
| 2-Нафтиламин | 2,8—4,4 | — | Фиолетовый |
| Диметилиафтэйродин | 3,2—3,8 | Фиолетовый | Оранжевый |
| 1-Нафтиламин | 3,4—4,8 | — | Синий |
| Акридин | 4,8—6,6 | Зеленый | Фиолетовый |
| Нейтральный красный | 5,0—7,4 | Фиолетовый | Оранжевый |
| 4-Метилумбеллиферон | 5,8—7,5 | — | Синий |
| 3,6-Дигидроксифталимид | 6,0—8,0 | Зеленый | Желто-зеленый |
| 2,3-Дицианогидрохинон | 6,8—8,8 | Синий | Зеленый |
| 2-Нафтол-6,8-дисульфонат калия | 7,4—9,0 | — | Синий |
| 2-Нафтол-3,6-дисульфонат натрия | 8,0—10,6 | Зеленый | » |
| Акридиновый оранжевый | 8,4—10,4 | Оранжевый | Зеленый |
| 1,5-Нафтиламинсульфамид | 9,5—13,0 | Желто-оранжевый | » |
| 1-Амино-8-нафтол-2,4-дисульфокислота, монокалиевая соль | 10,0—12,0 | Фиолетовый | Зеленый |

Лазеры на красителях

Лазеры на красителях — лазеры, использующие в качестве **активной среды органические красители**, обычно в форме жидкого раствора. Они принесли революцию в лазерную спектроскопию и стали родоначальником нового типа лазеров с длительностью импульса менее пикосекунды (Лазеры сверхкоротких импульсов).

В качестве накачки сегодня обычно применяют другой лазер, например Nd:YAG с диодной накачкой, или аргоновый лазер или азотный. Очень редко можно встретить лазер на красителях с накачкой лампой-вспышкой. Основная особенность лазеров на красителях — очень большая ширина контура усиления.



Важнейшие классы

наиболее эффективных люминофоров для лазеров на красителях

- ксантены,
- полиметины,
- оксазины,
- кумарины,
- антрацены,
- акридины,
- азины,
- фталоцианины.

Поиски среды красителей активных сред связаны с решением проблемы химической и фотохимической неустойчивости применяемых красителей, а также с подбором подходящих растворителей.

В качестве растворителя в настоящее время используют: воду, этанол, метанол, циклогексан, толуол, глицерин, бензол, ацетон и другие жидкости.

| Краситель ⇄ | Центр линии люминесценции, нм ⇄ | Рабочая область лазера, нм ⇄ | Область накачки, нм ⇄ | Приемлемая концентрация, ммоль/л ⇄ |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Карбостирил 165 | 445 | 419—485 | 350—365 | 2,5 |
| Кумарин 2 | 450 | 435—485 | 340—365 | 3 |
| Кумарин 1 | 470 | 450—495 | 350—365 | 3 |
| Кумарин 102 | 495 | 470—515 | 400—420 | 1 |
| Кумарин 30 | 515 | 495—545 | 400—420 | 1 |
| Кумарин 7 | 535 | 505—565 | 400—420 | 5 |
| Кумарин 6 | 538 | 521—551 | 458—514 | 12,5 |
| Флуоресцин | 552 | 538—573 | 458—514 | 2,7 |
| Родамин 110 (R110) | 570 | 540—600 | 458—514 | 12,5 |
| Родамин 6Ж (R6G) | 590 | 570—650 | 458—514 | 2 |
| Родамин Б (RB) | 630 | 601—675 | 458—514 | 2 |
| R101/R6G | 645 | 620—690 | 458—514 | 1,5 R101 1,5 R6G |
| Крезил-виолет/R6G | 695 | 675—708 | 458—514 | 2,4 |
| Нильский голубой | 750 | 710—790 | 647—? | 1 |
| Оксазин 1(4) | 750 | 695—801 | 647—672 | 0,6 |
| DEOTC-P(4) | 795 | 765—875 | 647—672 | 0.6 |
| НТС-P(4) | 875 | 840—940 | 647—672 | 0.74 |

Схема энергетических уровней молекулы люминофора (органического красителя (а)) и упрощенные варианты (в) и (с)

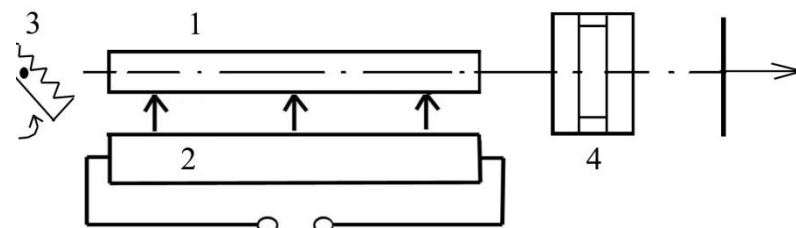
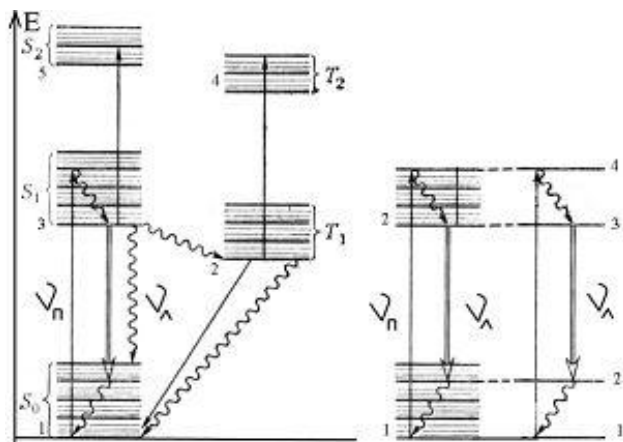


Схема лазера на красителях с плавной перестройкой длины излучения: 1-краситель, 2-лампа накачки; 3-дифракционная решетка, 4-интерферометр Фабри-Перо

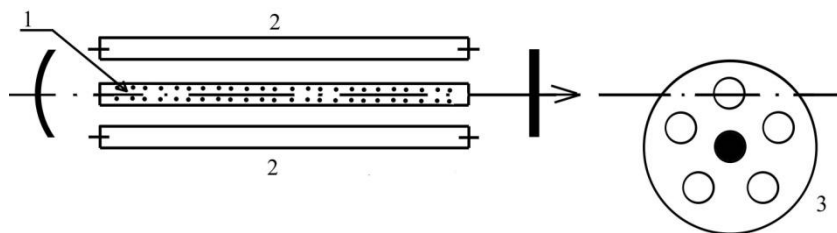
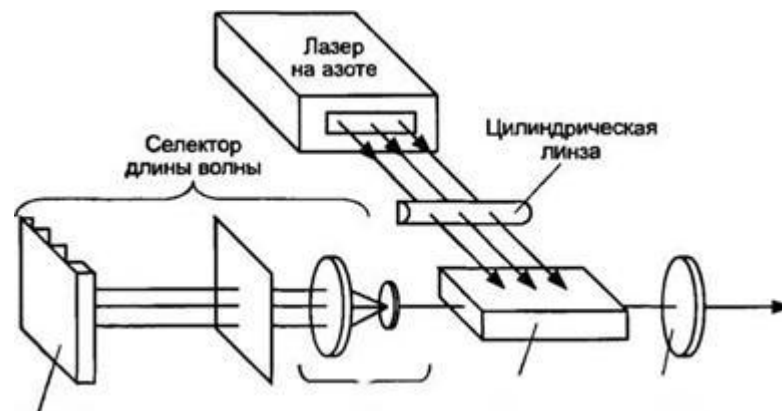
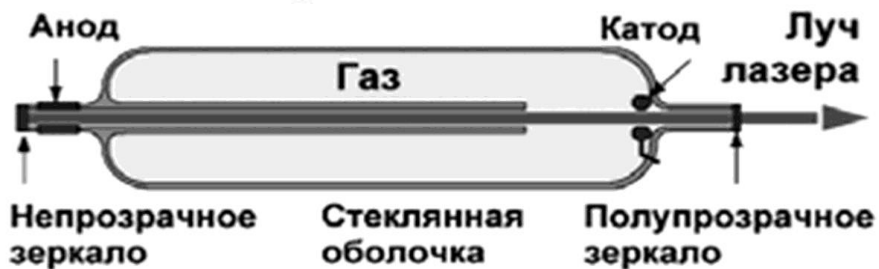
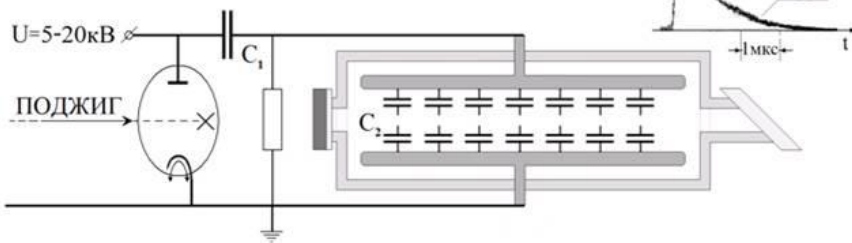
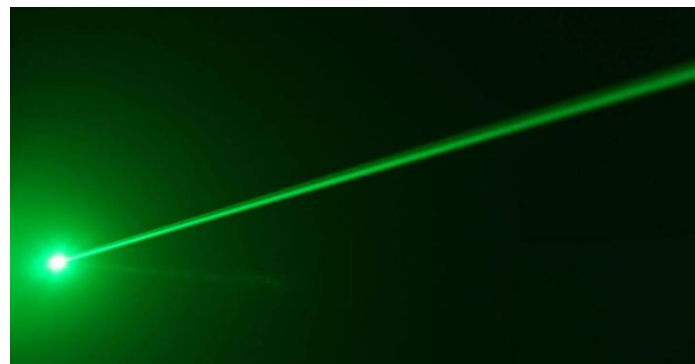
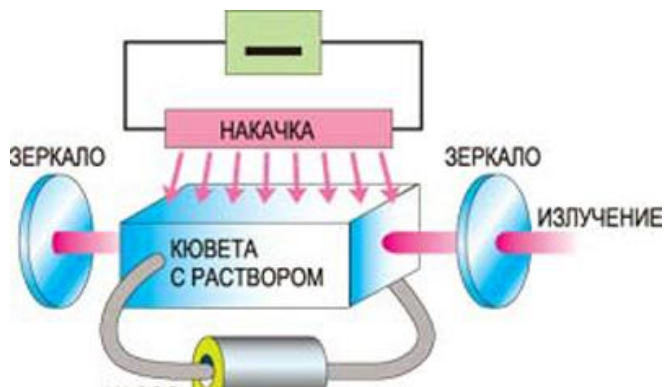
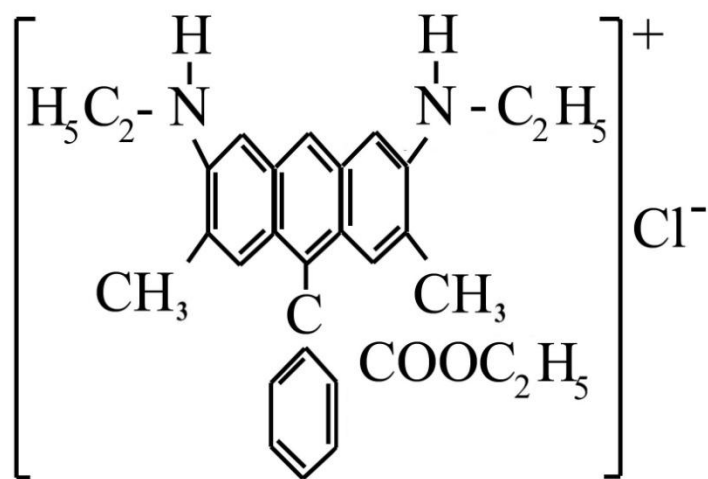


Схема лазера на красителе «Радуга».
1 – краситель, 2 – лампа накачки,
3 – револьверное устройство смены красителей

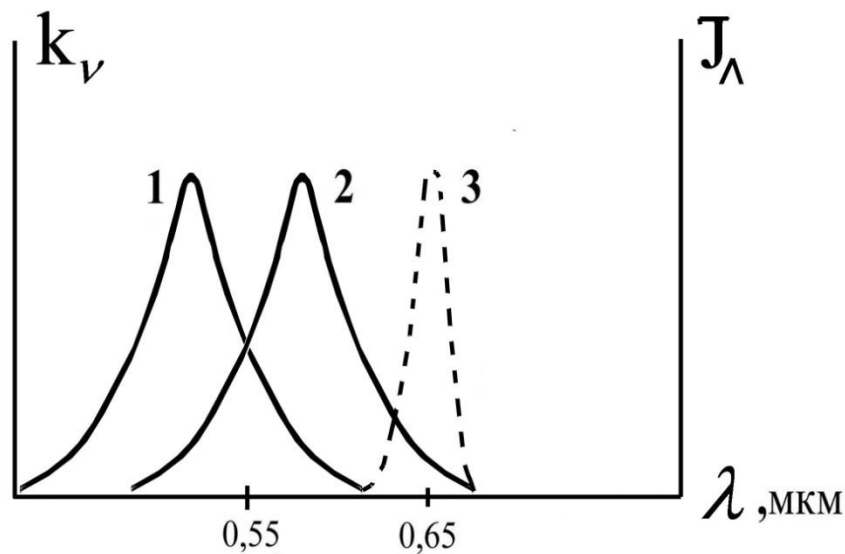
Схемы лазеров – оптических квантовых генераторов



Структурная формула (а) и спектры (б) поглощения (1), люминесценции (2) и генерации (3) родамина 6Ж,



а



б

Активные среды лазера на основе $Ar-CO-CH=CH-C_6H_4-N(CH_3)_2$

Генерационные характеристики активных сред

| № соединения | Арил-, гетарил- или R | Погл. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | Флуор. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | Генерация в широкополосном резонаторе | | | Генерация в резонаторе с дифр. реш. | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | | $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | КПД, % $\lambda_m = 337$ | КПД, % $\lambda_m = 448$ | $\lambda_1, \text{нм}$ | $\lambda_2, \text{нм}'$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I-Арил-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде | | | | | | | | |
| СII | фенил | 422 | 522 | 543 | 10 | 22 | 525 | 600 |
| СIV | 4-метоксифенил | 412 | 526 | 530 | 14 | 23 | 520 | 580 |
| CV | 4-хлорфенил | 426 | 558 | 565 | 13 | 20 | 555 | 610 |
| CVI | 4-бромфенил | 427 | 561 | 555 | 12 | 16 | 540 | 620 |
| CVII | 2-нафтил | 427 | 565 | 577 | 13 | 23 | 536 | 635 |
| I-Гетарил-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде | | | | | | | | |
| CVIII | 2-фурил | 423 | 540 | 545 | 13 | 28 | 525 | 605 |
| CXXXVIII | 2-селениенил | 435 | 575 | 578 | 7,5 | 17 | 550 | 630 |

Активные среды лазера на основе



| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | I-(5-R-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в диметилформамиде | | | | | | | |
| CX | водород | 427 | 555 | 560 | I7 | 24 | 535 | 6I7 |
| CXI | метил | 422 | 549 | 550 | I8 | 25 | 520 | 620 |
| CXII | хлор | 437 | 582 | 585 | I4 | 25 | 545 | 660 |
| CXIII | бром | 438 | 586 | 595 | I0 | 33 | 555 | 650 |
| CXIV | йод | 437 | 584 | 575 | 2,5 | I5 | 540 | 6I0 |
| CXV | фенил | 439 | 605 | 620 | I0 | 23 | 5I0 | 680 |
| CXVI | 4-толил | 439 | 597 | 620 | 7,0 | 20 | 540 | 650 |
| CXVII | 4-метоксифенил | 438 | 590 | 620 | 6,0 | I8 | 585 | 650 |
| CXVIII | 4-хлорфенил | 44I | 620 | 630 | 7,0 | I7 | 590 | 680 |
| CXIV | 4-бромфенил | 442 | 624 | 642 | 3,0 | I7 | 600 | 720 |
| CXX | 4-цианфенил | 444 | 642 | 660 | I,0 | 5,0 | 633 | 760 |

Активные среды лазера на основе



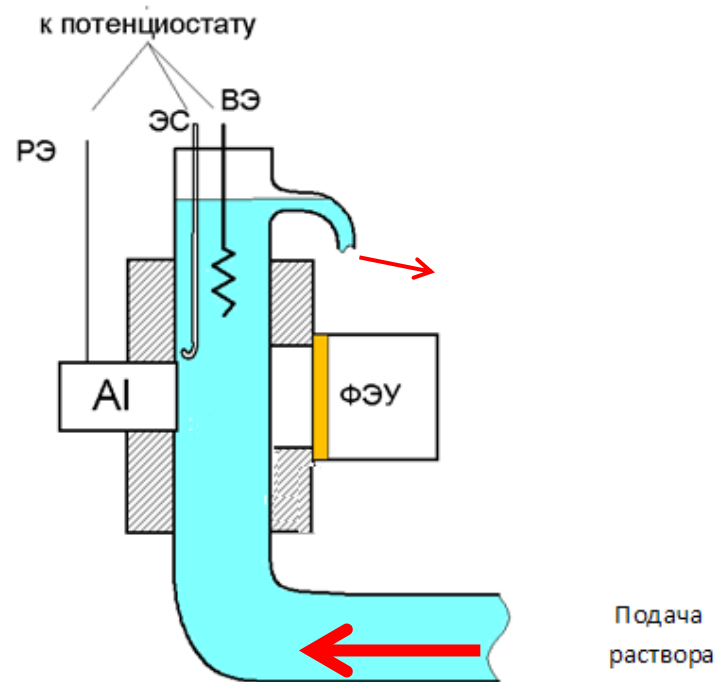
| № соединения | Арил-, гетарил- или R | Погл. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | Флуор. $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | Генерация в широкополосном резонаторе | | | Генерация в резонаторе с дифр. реш. | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | | $\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$ | КПД, % $\lambda_m = 337$ | КПД, % $\lambda_m = 448$ | $\lambda_1, \text{нм}$ | $\lambda_2, \text{нм}'$ |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I-(5-R-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)пропен-I-оны в ацетоне | | | | | | | | |
| СXI | метил | 414 | 534 | 540 | 20 | 30 | 515 | 600 |
| СXII | хлор | 428 | 563 | 570 | 18 | 32 | 535 | 640 |
| СXIII | бром | 429 | 567 | 575 | 19 | 30 | 535 | 640 |
| СXIV | йод | 429 | 567 | 575 | 2,0 | 15 | 540 | 610 |
| СXV | фенил | 430 | 586 | 610 | 10 | 24 | 570 | 660 |
| СXVI | 4-толил | 429 | 578 | 615 | 9,0 | 13 | 580 | 650 |
| СXVII | 4-метоксифенил | 428 | 569 | 600 | 5,0 | 16 | 570 | 640 |
| СXVIII | 4-хлорфенил | 432 | 600 | 620 | 9,0 | 20 | 590 | 655 |
| СXIV | 4-бромфенил | 433 | 603 | 620 | 8,0 | 16 | 590 | 660 |
| Базовые красители (для сравнения) | | | | | | | | |
| | Родамин В | - | - | 620 | 9,5 | 9,0 | 610 | 660 |
| | Родамин 6Ж | - | - | 585 | 14 | 15 | 575 | 620 |

Генерационные характеристики для I-(5-хлор-2-тиенил)-3-(4-диметиламинофенил)-пропен-I-она в различных растворителях и их смесях

| № п/п | Растворитель или смесь раствор-й | Генерация в широкополосном резонаторе | | | Генерация в резонаторе с дифракционной решеткой | |
|----------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|
| | | $\lambda_{\text{макс}}$, нм | КПД, % $\lambda_{\text{нак}} = 337$ | КПД, % $\lambda_{\text{нак}} = 448$ | λ_1 , нм | λ_2 , нм |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I | Диоксан | 528 | 6,0 | 15 | 515 | 555 |
| 2 | Этилацетат | 545 | 15 | 28 | 520 | 600 |
| 3 | Циклогексанон | 560 | 8,0 | 30 | 535 | 625 |
| 4 | Метилэтилкетон | 567 | 12 | 28 | 525 | 610 |
| 5 | Ацетон | 570 | 18 | 32 | 535 | 640 |
| 6 | I-Метил-2-пирролидон | 585 | 12 | 25 | 540 | 635 |
| 7 | Гексаметапол | 580 | 15 | 25 | 535 | 650 |
| 8 | Диметилформаид | 585 | 14 | 25 | 545 | 660 |
| 9 | Ацетонитрил | 590 | 7,0 | 17 | 560 | 625 |
| 10 | Диметилсульфоксид | 610 | 7,0 | 25 | 565 | 670 |
| II | Д (20 %) - АН 80 % | 585 | 5,0 | 15 | 555 | 640 |
| I2 | Д (33 %) - АН 67 % | 578 | 5,0 | 15 | 545 | 640 |
| I3 | Д (50 %) - АН 50 % | 570 | 7,0 | 15 | 538 | 640 |
| I4 | Д (67 %) - АН 33 % | 565 | 12 | 27 | 540 | 620 |
| I5 | Д (80 %) - АН 20 % | 560 | 13 | 22 | 535 | 615 |
| I6 | Д (89 %) - АН II % | 555 | 15 | 22 | 527 | 597 |

Д - диоксан АН - ацетонитрил

Электрохемилюминесценция



Электролюминесценция 2-пиразолинов

| № соединения | Арил- или гетарил- | I вариант | | | II вариант | | | Цвет свечения |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | V ₁ , В | V ₂ , В | I _{свеч} , отн. ед | V ₁ , В | V ₂ , В | I _{свеч} , отн. ед | |
| I,5-дифенил-3-(2-(5-арил-2-фурил)винил)-2-пиразолины | | | | | | | | |
| CXXVIII | фенил | +2 | -3 | 300 | +4 | -5 | 3000 | желтый |
| CXXIX | 4-толил | +2 | -3 | 3 | +4 | -5 | 1500 | желтый |
| CXXX | 4-метоксифенил | +2 | -3 | 200 | +4 | -5 | 2700 | желтый |
| CXXXI | 4-хлорфенил | +2 | -3 | 110 | +4 | -5 | 1000 | желтый |
| CXXXII | 2-хлорфенил | +2 | -3 | 600 | +4 | -5 | 1000 | желтый |
| I,5-дифенил-3-гетарил-2-пиразолины - известные композиции | | | | | | | | |
| - | 2-(5-фенил-2-оксазолил)-винил- | +2 | -3 | 0 | +4 | -5 | 60 | желто-зеленый |
| - | 4-(5-фенил-2-оксазолил)-стирил | +2 | -3 | 15 | +4 | -5 | 120 | желтый |
| - | 4-(5-(4-метоксифенил)-2-оксазолил)стирил | +2 | -3 | 7 | +4 | -5 | 110 | желто-оранжевый |