

TEČNI LASERI

TEČNI LASERI

- ▶ Laseri na bazi tečnosti imaju prednosti i nedostatke u poređenju sa drugim vrstama lasera.
- ▶ Tečnosti su, kao i gasovi, **optički homogenije** od čvrstih tela, tako da su gubici zračenja manji nego u čvrstim telima.
- ▶ **Oblik aktivne sredine** se može birati po želji nalivanjem tečnosti u sud željenog oblika.
- ▶ U tečnim laserima može se postići ista koncentracija aktivnih čestica kao kod čvrstih tela, tako da se može dobiti velika energija zračenja po jedinici zapremine aktivnog tela.
- ▶ Hlađenje aktivne sredine kod tečnih lasera se može postići– cirkulacijom tečnosti (kroz hladnjak), a pri impulsnom režimu rada može se radna zapremina tečnosti u potpunosti obnoviti.

TEČNI LASERI

- ▶ Stabilnost tečnih lasera u odnosu na termička naprezanja je znatno veća nego kod lasera čvrstog stanja.
- ▶ Bitan nedostatak tečnih lasera je vremenska nestabilnost rastvora (već nakon 1–2 meseca rada u rastvoru se stvara talog koji bitno smanjuje lasersku emisiju).
- ▶ Tečni laseri sa neorganskim rastvorima su toksični, pa i o tome treba voditi računa.
- ▶ Termo-optički koeficijent tečnosti je veliki, što dovodi do stvaranja termičkih sočiva čiji fokus se menja u toku impulsa zračenja, tako da divergencija laserskog zraka može iznositi nekoliko stepeni, a povećani su i gubici.

ISTORIJAT

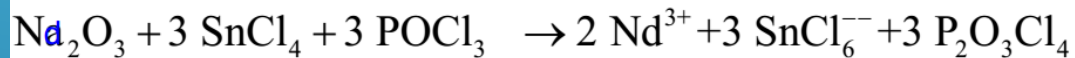
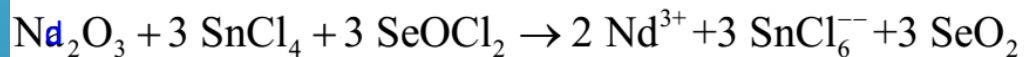
- ▶ 1963. godine - organometalni ili helatni tečni laseri.
- ▶ Primer je europijum helatni laser TTA (tenoltrifluoracetona).
- ▶ Tu je Eu aktivni jon u molekulu organometalnog helata.
- ▶ Helatni molekuli pobuđeni optičkim pumpanjem predaju apsorbovanu energiju (brzim neradijativnim prelazima) ugrađenim jonima europijuma. Time je omogućeno optičko pumpanje spektralno uske linije preko širokih apsorpcionih traka helatnih molekula.
- ▶ Lasersko zračenje talasne dužine odgovara prelazu sa nivoa 5 na donji laserski nivo 7 koji se vrlo brzo prazni neradijativnim prelazima u osnovno stanje.
- ▶ Nedostaci helatnih lasera (zbog kojih oni nemaju veći praktični značaj) je:
 - što se mora raditi na niskim temperaturama da bi se dobilo znatnije pojačanje,
 - i što se talasna dužina laserskog zračenja ne može menjati kontinuirano (kao kod tečnih lasera sa organskim bojama)

TIPOVI TEČNIH LASERA

- ▶ Dva osnovna tipa tečnih lasera su laseri sa neorganskim tečnostima i laseri sa rastvorima organskih boja.
- ▶ Nedostatak lasera sa neorganskim rastvorima je što se kod njih koriste hemijski agresivne tečnosti i što ne mogu da rade u neprekidnom režimu.
- ▶ Tečni laseri sa organskim bojama su otkriveni slučajno 1966. godine prilikom istraživanja stimulisano Ramanovog rasijanja u organskoj boji.
- ▶ 1970. godine otkriven je i prvi kontinualni tečni laser sa organskim bojama.
- ▶ Od svih tečnih lasera najvažniji su tečni laseri sa organskim bojama, zbog mogućnosti kontinualnog menjanja talasne dužine laserske emisije.
- ▶ Tečni laseri se uglavnom pobuđuju optičkim pumpanjem.
- ▶ Njihova snaga u impulsnom režimu je do nekoliko MW.
- ▶ Dužina trajanja impulsa je 1–15 μs kada se pobuđivanje aktivne sredine vrši bljeskalicom, odnosno 10–30 ns ako se pobuda vrši drugim laserom.

NEORGANSKI TEČNI LASERI

- ▶ Laseri na bazi rastvorenih soli neodimijuma u neorganskim tečnostima kao što su SeOCl_2 (selenohidroksid) i POCl_3 (fosforoksihlorid) u prisustvu SnCl_4 ili ZrCl_4 .
- ▶ U takvim rastvorima dolazi do hemijskih reakcija tipa



- ▶ Ovde se koristi emisijski i apsorpcijski spektri jona Nd^{3+} , tako da se ova vrsta lasera može tretirati kao varijanta neodimijumskih lasera.
- ▶ Dimenzije epruvete sa aktivnom tečnošću (kivete) su: dužina 152 mm i prečnik 9,3 mm.
- ▶ Tangencijalna efikasnost (ili tzv. diferencijalni koeficijent korisnog djelovanja) ovih lasera je 1–4%.

- ▶ Izlazna snaga u početku raste linearno sa porastom snage pumpanja, a zatim dolazi do povećanja gubitaka i izrazite nelinearnosti.
- ▶ Uzrok tih gubitaka su prostorna nehomogenost pobude i centri boja.
- ▶ Pošto tečnost nije idealno homogena, energija bljeskalice se ne raspoređuje ravnomerno po njenoj zapremini, što dovodi do stvaranja pozitivnih ili negativnih termičkih sočiva sa relativno malim fokusnim rastojanjima.
- ▶ Takvi gubici rastu sa povećanjem snage pumpanja.
- ▶ Pojava termičkih sočiva je osnovni nedostatak ove vrste lasera i od njihove kompenzacije zavisi praktična primena ovih lasera.
- ▶ Drugi uzrok gubitaka je pojava centra boja u aktivnoj sredini pri djelovanju svetlosti bljeskalice.
- ▶ Ovi centri apsorbuju deo zračenja.
- ▶ Kao još jedan nedostatak ovih tečnih lasera treba spomenuti veliku toksičnost rastvarača
- ▶ Neodimijumski tečni laseri se primjenjuju za pojačanje i lasersku emisiju impulsa velikih snaga i energija (npr. pomoću lasera sa aktivnom sredinom tipa $\text{Nd:POCl}_3\text{:ZrCl}_4$ u režimu modulacije dobrote dobijena je snaga impulsa od 50 MW).

LASERI SA ORGANSKIM BOJAMA

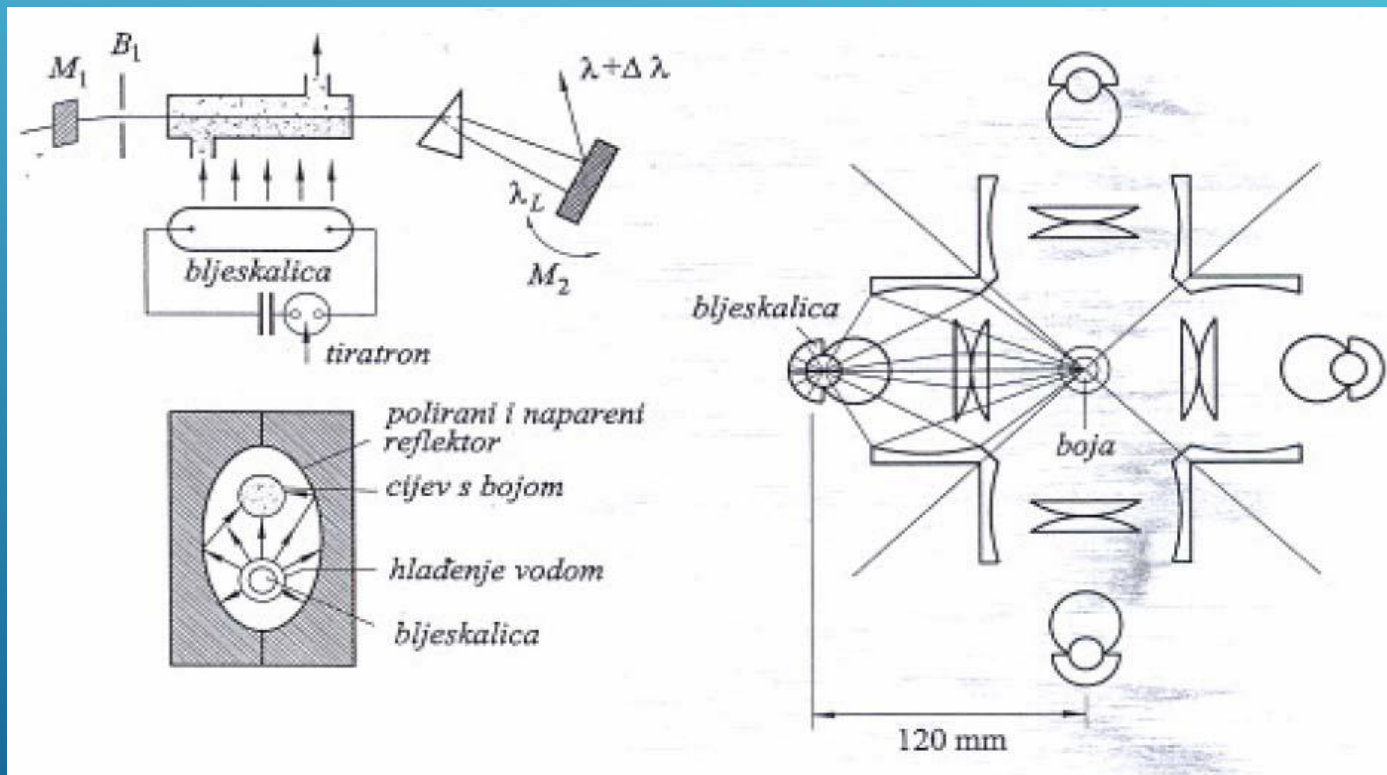
- Laseri na bojama su laseri koji koriste organsku boju kao laserski medijum, obično kao rešenje za tečnost.
- U poređenju sa gasovima i većinom čvrstih stanja laserskih medijuma, boje se obično koriste za mnogo širi opseg talasnih dužina.
- To je posljedica toga što organske boje, za razliku od drugih aktivnih sredina koje imaju relativno uske intervale talasnih dužina laserskih prelaza, imaju fluorescentne trake široke i do 200 nm.
- Tečni laseri sa organskim bojama svojim zračenjem pokrivaju od bliskog ultraljubičastog do bliskog infracrvenog područja spektra.
- Širok opseg ih čini posebno pogodnim za podesive lasere i impulsne lasere.
- Štaviše, boja može biti zamenjena drugom vrstom medijuma kako bi se generisale različite talasne dužine lasera, iako to obično zahteva zamenu drugih optičkih komponenata lasera.
- Lasere na bojama su nezavisno otkrili **PP Sorokin** i **FP Šefera** (i njihove kolege) u 1966. godine.

- Laseri na bojama se sastoje od organskih boja koje se mešaju sa rastvaračima, koje mogu cirkulisati kroz ćelije boja, ili koje se prenose preko otvorenog prostora korišćenjem prenosnika boja.
- Visok energetski izvor svetlosti je potreban da se "pumpa" tečnost van svog laserskog praga. Brzo pražnjenje fleš lampe ili spoljašnji laser se obično koriste za ovu svrhu.
- Izlazno ogledalo je normalno, oko 80 odsto reflektivnog zračenja, dok su sva ostala ogledala obično više od 99% reflektivna.
- Pošto tečni medijum u laserima na boji može da ima bilo koji oblik, postoji mnoštvo različitih konfiguracija koje se mogu koristiti:
 - 1) **Aksijalni impulsni laseri** imaju šuplji, prstenasti oblik fleš lampe, koja okružuje ćeliju boje, koja ima manju induktivnost za kraće osvetljaje i poboljšanu efikasnost prenosa.
 - 2) **Koaksijalni impulsni laseri** imaju prstenastu ćeliju boje koja okružuje fleš lampu, za još bolju efikasnost transfera, ali imaju manju dobit usled difrakcije gubitaka. Blic impulsni laseri mogu se koristiti samo za pulsirajući izlaz.

Laseri s bojom pobuđeni bljeskalicama

- Može se pobuditi veliki broj boja
- Velike snage
- Jednostavniji za proizvodnju od CW lasera

Da bi se dobila uska spektralna linija ugrađuju se prizme, optičke rešetke, interferencijski filteri i FP –interferometri.

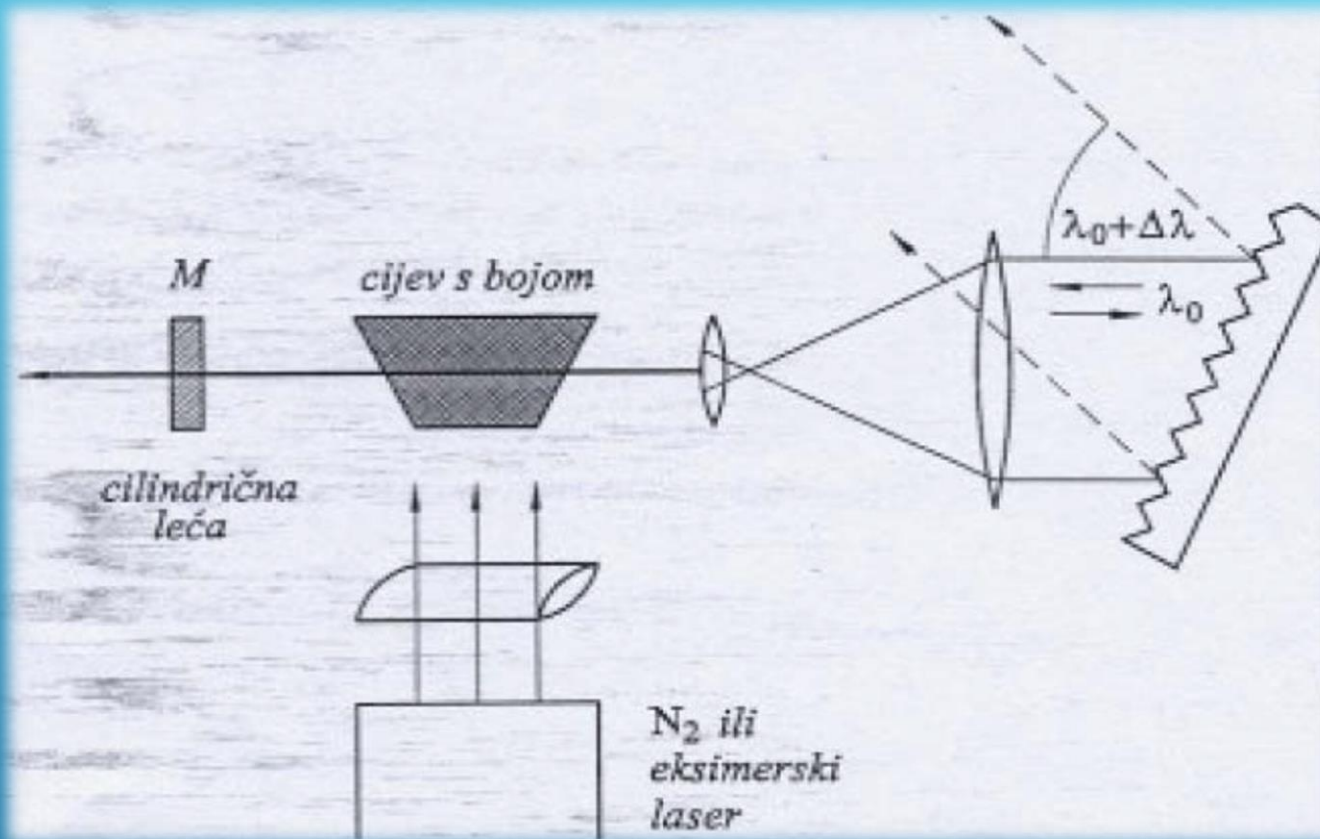


Na prvoj slici geometrija eliptičnog reflektora omogućuje pobudu protočnog rastopa boje putem ksenonske bljeskalice, dok je na drugoj pokazana mogućnost pobude sa četiri bljeskalice.

LASERI S' BOJOM POBUĐENI IMPULSNIM LASERIMA

- Najčešće se koristi azotov laser s talasnom dužinom od 337nm.
- - Dovoljna snaga za inverziju naseljenosti
- - Pobuđuje boje florescentnim spektrom od bliskog ultraljubičastog do bliskog infracrvenog spektra
- - Može biti transverzalni ili longitudinalni
- Koriste se još i excimerski laseri, Nd:YAG ili Nd:staklo laseri, te laseri sa Cu parama.

LASERI S' BOJOM POBUĐEN IMPULSNIM LASERIMA



Transverzalna pobuda

Ako odabir talasne dužine vršimo rešetkom, treba voditi računa da je moc razlučivanja rešetke proporcionalna umnošku Nm , gdje je N broj osvetljenih zarezna na rešetci, a m je red spektra.

Zato laserski zrak treba proširiti, a i zbog toga da ne bi oštetili površinu rešetke zbog snažnog osvetljenja

LASERI S' BOJOM KONSTANTNOG TALASA (CW)

- ▶ **Skoro uvek se koristi argon jonski laser za pobudu:**
 - Ima široki spektar od ultraljubičastog do plavo – zelenog spektra
 - Mogu biti realizovani pomoću rezonatora sa stojećim talasom ili kao “kružni” laseri s bojom kod kojih se dobija veća snaga u ‘single’ – modu rada.
- ▶ **Moguće je podešavanje na nekoliko načina da bismo dobili željenu talasnu dužinu:**
 - Promena boje koju koristimo
 - Promena rastvarača koji koristimo za mešanje s bojom
 - Menjanje dužine aktivnog medija
- ▶ **Konkretne primene:**
 - Medicina (lečenje opekotina prouzrokovanih suncem, itd.)
 - Spektroskopija, holografija
 - Auto industrija (dijagnoza izduvnih gasova motora)
 - Analiza hemijskih reakcija
 - Merenje brzih PIN fotodioda i MSM (metal-poluvodikmetal) fotodetektora.

RUKOVANJE LASERIMA NA BOJAMA



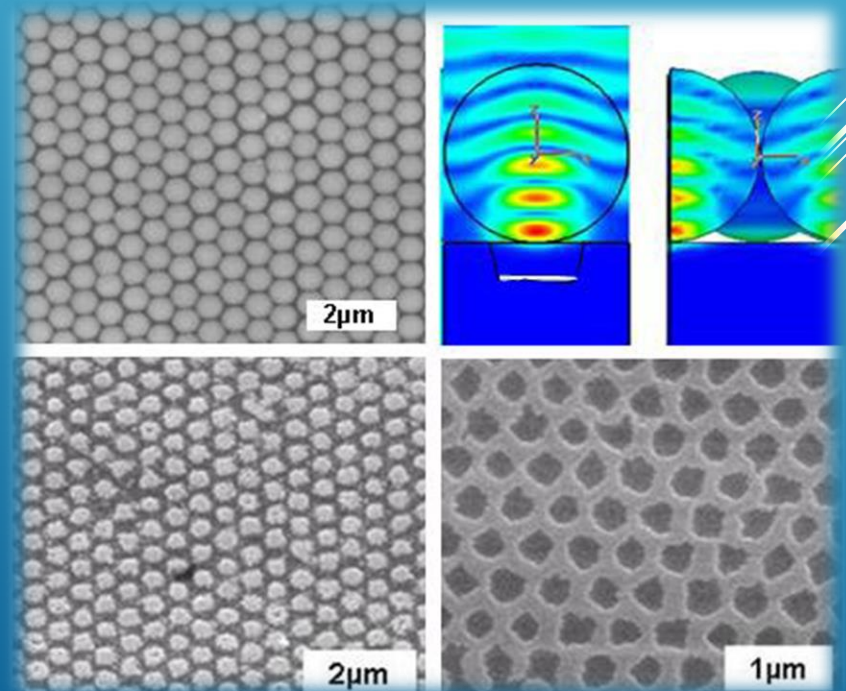
- Boje koje se koriste u ovim laserima sadrže prilično velike organske molekule koji imaju sposobnost fluorescencije.
- Dolazna svetlost aktivira molekule privremene boje u stanje spremnosti da emituju zračenje.
- U ovom stanju, molekuli emituju svetlost preko fluorescencije, a boja je transparentna za lasersku talasnu dužinu.
- U okviru mikrosekundi, ili manje, molekuli će se promeniti u njihovo trostruko stanje.
- Samim tim svetlo se emituje preko fosforescentnosti, a molekuli apsorbuju lasersku talasnu dužinu, što je neprozirna boja.

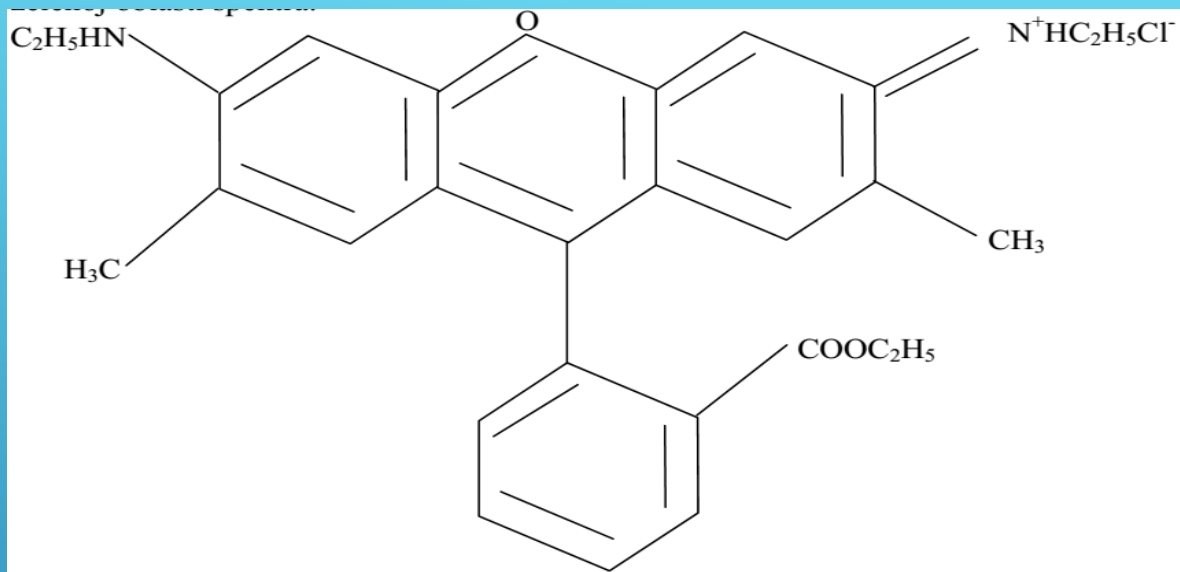
- Tečne boje i imaju izuzetno visok laserski prag.
- Fleš lampe impulsnih lasera, zahtevaju bljesak izrazito kratkog trajanja, da dostavi velike količine energije potrebne da donese prošli nivo pre apsorpcije što prevazilazi singlet emisiju.
- Laseri na bojama sa spoljnom pumpom lasera mogu da usmere dovoljnu energiju pravilne talasne dužine u boju sa relativno malom količinom unosa energije.
- Boja mora biti dostavljena sa velikim brzinama da bi molekuli izašli iz snopa.
- Organske boje imaju tendenciju da se raspadaju pod uticajem svetlosti.
- Rešenje za boje je da ona normalno cirkuliše iz velikog rezervoara, odnosno kroz stakleni kontejner.
- Sa staklenim kontejnerom, se izbegavaju gubici refleksije od staklenih površina i kontaminacija na zidovima.

- **Tečne boje** imaju veoma visok prirast kao laserski medijimi.
- Zrak samo treba da napravi nekoliko prolaza kroz tečnosti da dostigne punu snagu, a time i visoku prozračnost kroz izlaznu spojnicu.
- Visoko pojačanje takođe dovodi do visokih gubitka, jer refleksija sa privremenom bojom zidova ćelija ili fleš lampom reflektora, neće dramatično smanjiti količinu energije na raspolaganju za gredu.
- Pumpe šupljina su obložene često, eloksiranom, ili na drugi način napravljena od materijala koji neće odraziti na laserski talasnoj dužini, dok odražava pumpe talasnoj dužini.

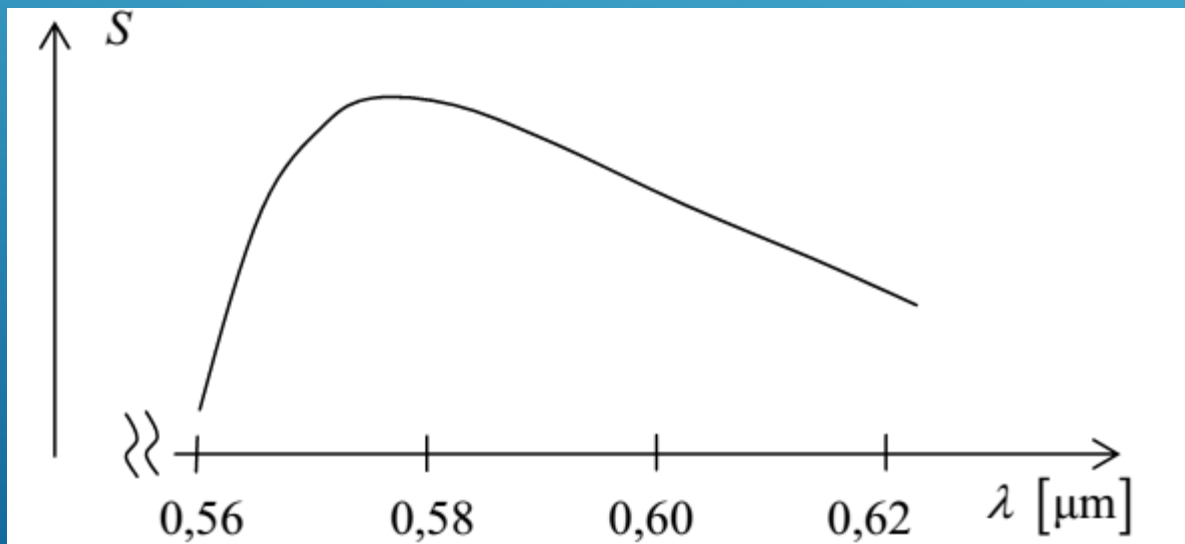
HEMIKALIJE ZA BOJE

- ❑ Neki od laserskih boja su Rodamin, fluorescentne boje, kumarin, stilbene, umbelliferone, tetracene, malahit zeleno, i druge.
- ❑ Dok se neke boje zapravo koriste u prehrambenoj industriji, većina boja su veoma često toksične i kancerogene.
- ❑ Mnoge boje, kao što su Rodamin 6G, (u obliku hlorida), mogu biti vrlo korozivne za sve metale osim za one od nerđajućeg čelika.
- ❑ Raznovrsni rastvarači mogu da se koriste, iako će se neke boje rastvoriti u nekim rastvaračima bolje nego u drugima.
- ❑ Neki od rastvarača koji se koriste su voda, glikol, etanol, metanol, heksan, cikloheksan, ciklodektrin, i mnogi drugi.
- ❑ Rastvarači su često veoma toksični, i može ponekad da se direktno apsorbuju preko kože ili preko inhalacione pare.
- ❑ Mnogi rastvarači su takođe izuzetno zapaljivi.





Strukturna formula rodamina 6G (ksantenska boja)



Spektar zračenja rodamina 6G (ksantenska boja)