

# Luminiscencija kroz karakteristične krive i analitičke formulacije

Stanko Ostojić  
Akademija tehničkih strukovnih studija  
Beograd  
Beograd, Srbija  
[stankoostojic22@gmail.com](mailto:stankoostojic22@gmail.com)

Milanka Pećanac  
Fizički fakultet Univerziteta u  
Beogradu, Deseta gimnazija „Mihajlo  
Pupin”  
Beograd, Srbija  
[milankaknez@gmail.com](mailto:milankaknez@gmail.com)

Bećko Kasalica  
Fizički fakultet Univerziteta u  
Beogradu,  
Beograd, Srbija  
[kasalica@ff.bg.ac.rs](mailto:kasalica@ff.bg.ac.rs)

Aleksander Kovačević  
Institut za fiziku  
Beograd, Srbija  
[Aleksander.Kovacevic@ipb.ac.rs](mailto:Aleksander.Kovacevic@ipb.ac.rs)

Zoran Nedić  
Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta  
u Beogradu  
Beograd, Srbija  
[zoran.ffh@yandex.com](mailto:zoran.ffh@yandex.com)

**Apstrakt**—Generalizovani prilazi karakterističnim krivama iz raspodela raznih individualnih objekata u ansamblima različite dinamike i služe da bi se došlo do glavnih karakteristika zakona, koji određuju čestice/objekte ansambala u makroskopskoj skali. Statistički prilaz je i nastao iz potreba da se nalaze „stariji” atributi, koji će opisati ansambl. Time se u neorganskom, organskom, odnosno biosvetu i dobijaju razne zavisnosti koje su opisane matricnim formalizmom sa rangom po potrebnim i dovoljnim parametrima. Procesima rasejanja raznih snopova elektromagnetskog, akustičkog ili drugog zračenja se iz mnoštva čestica, kapljica, centara rasejanja u molekularnom, atomskom i ćelijskom zapisu, dobija kategorija povezana sa makroskopskim opisima temperature, pritiska i drugih parametara, *atributa*. Tako se dobijaju kvantitativni prilazi, koji vode do različitih interpretacija o statusu, pojedinog elementa ansambla sve do ćelijskog nivoa. Drugi prilaz sledi za interpretacije i generalne postavke, koje se fituju sa Voigtovom krivom, a Gaussian i Lorenzian se pojavljuju kao dva limesa. U mnogo primena, interpretacija rezultata merenja iz raznih *klasičnih* i savremenih mernih metoda, pojavljuje se potreba za traženjem generalizacije raspodela. U ovom radu se analizira jedno od rešenja generalizovane funkcije sa fitovanjem po 4 parametra. Merenja autora u raznim laboratorijama i različitim tehnološkim postupcima iz kojih su dobijeni prahovi, kapljice, to jest objekti/članovi skupa, pojavljuju se praktični zahtevi za generalizacijom prilaza. Sa druge strane, za *stara* merenja, traženi su programi za dobijanje karakterističnih tačaka (gustina uzetih tačaka sa kontinualnih krivih, koja će što manje uticati na promenu generalne analitičke krive. Analiziran je generalniji prilaz familiji krivih, kako bi se fitovali rezultati jedne metode merenja na analogan način sa podešavanjem fitovanja putem četiri parametra.

**Ključne reči**—*luminiscencija, biosvet, rasejanje, Voigtova kriva, ansambl*

## I. UVOD

### *Intenzitet luminescentnog zračenja i dimenzije čestica*

Intenzitet luminescentnog zračenja i dimenzije čestica koje zrače su suštinski povezani na nekoliko načina, u zavisnosti od specifičnog tipa luminescentnog materijala, dinamike uslovnog ansambla čestica i mehanizma luminiscencije. Evo nekoliko mogućih prilaza:

- Velika površina za apsorpciju:** Kod nekih materijala, kao što su polimeri ili nanomaterijali, veće dimenzije čestica obično imaju za rezultat veću *površinu za apsorpciju zračenja raznih vrsta*. To dovodi do većeg intenziteta luminescentnog zračenja, jer se omogućava kvantitativno veća apsorpcija energije/fotona.
- Kvantni prinos luminiscencije:** Kvantni prinos luminiscencije kao odnos između broja emitovanih fotona i broja apsorbovanih fotona materijala, će po definiciji biti modulisan veličinom čestica i tako uticati na kvantni prinos luminiscencije. Uz date pretpostavke, manje čestice mogu imati veći kvantni prinos luminiscencije zbog svojih specifičnih kvantnih svojstava.
- Maksimalna talasna dužina apsorpcije:** Zavisno od veličine čestica, luminescentni materijali mogu imati različite karakteristične maksimalne talasne dužine apsorpcije. Ovaj pojam zaslužuje posebnu diskusiju, što će se u nekom modelovanju usvojiti. Promena u veličini čestica može dovesti do promene maksimalne talasne dužine apsorpcije, što ima uticaj na intenzitet luminescentnog zračenja.
- Stabilnost i distribucija veličine čestica:** Promena dimenzija čestica, može uticati na stabilnost materijala i distribuciju veličine čestica, a to se dalje prenosi na efikasnost luminescentnog procesa i intenzitet zračenja.

Ovi faktori su samo neki od mnogih, koji utiču na povezanost intenziteta luminescentnog zračenja i dimenzija čestica koje zrače. Za svaki specifični materijal i luminescentni proces, potrebno je izvršiti eksperimentalne i teorijske studije, kako bi se bolje razumeo mehanizam i povezanost pojmova. S obzirom na razne mehanizme i procese pobude, istorijski je, čini se, više rađeno na tipu pobude luminiscencije i traženju formalnih matematičkih relacija za ograničen pristup pobude i materijala.

Ispitivanje dimenzija čestica praha na osnovu luminiscencije, može biti izvedeno na nekoliko načina, u zavisnosti od specifičnih karakteristika materijala i tehnika koje se koriste. U savremene metode spadaju:

1. **Spektroskopija luminiscencije:** Tehnika uključuje merenje emitovane svetlosti iz praha posle izlaganja nekom obliku energije; u sprezi koherentne/nekoherentne pobude pojavljuje se zračenje najčešće u vidljivoj ili UV oblasti. Dimenzije čestica mogu uticati na intenzitet i formalni detektovan izlaz u frekventnom ili vremenskom domenu. Detektovan odziv materijala će imati specifične karakteristike, gde se „kriju” razne informacije o materijalu. Promene u ovim karakteristikama, mogu se koristiti za procenu dimenzija čestica.
2. **Time-Resolved Luminescence (TRL):** Razvijene aparature na današnjem stupnju elektronike i računarskih algoritama uspostavljaju vremenski profil luminiscencije posle izlaganja izabranom definisanoj energiji pobude u odgovarajućoj dinamici. Time se obezbeđuje i razlikovanje dinamika manjih i većih čestica bez traženja posebnih uslova. Analizom vremenskog profila luminiscencije, može se proceniti raspodela veličine čestica u prahu.
3. **Luminiscentni markeri:** Ako se organizuje u eksperimentu odabir pogodnih luminiscentnih markera, smatra se da je emisija markera u zavisnosti od sopstvenih dimenzija. Merna aparatura prati spektralni oblik kroz intenzitet što je baza za interpretaciju dimenzija čestica.
4. **Fluorescentna mikroskopija:** Kombinacija fluorescentnih markera sa mikroskopijom, omogućava direktno vizuelizaciju i merenje kroz ocenu dimenzija čestica praha.
5. **Upotreba kalibracionih standarda:** Kalibracioni standardi čestica etalonskih dimenzija uz luminiscentne signale izabranih uzoraka, organizovanom komparacijom, dovode do realnih dimenzija u uzorku.

Na našim, a i na inostranim prostorima su velike hemijske farmaceutske kompanije (instituti i fakulteti) imali ograničen broj aparatura za primenu statičkog rasejanja, a za izbor kapljica ili prahova sa dinamičkim rasejanjem su se više bavili poljoprivredni, veterinarski, vojni instituti i ambulante [1-9].

S obzirom da je stara kategorizacija *fine* čestice prebacila u oblast nanotehnologija, smanjene su znatno dimenzije čestica, pošto se proširio broj tehnika kojima se ciljano dobijaju druge kvantitativne vrednosti karakteristike ansambala. Ove i druge tehnike za karakterizaciju praha u području farmaceutskih proizvoda i nanomaterijala su danas proširene i odgovaraju strožijim zahtevima u smislu mernih nesigurnosti.

Ove tehnike mogu biti korisne za karakterizaciju praha u mnogim primenama, uključujući farmaciju, materijale, nanotehnologiju i mnoge druge oblasti. Međutim, važno je napomenuti da su potrebni odgovarajući instrumenti i metodologije za preciznu i pouzdanu analizu.

## II. GRAFIČKA PREDSTAVA REZULTATA MERENJA

Tokom godina, menjala se tehnička podrška i prvobitni relativno jednostavni algoritmi za dokaz standardnijih predstava spektra lasera i spektra ansambla objekata tipa praha (raspršenog), molekula, makromolekula i daljih formacija do koloida. Objekti/elementi ansambala su se proširili sa molekula u biološke ćelije, viruse. U vreme korone, tehnike su prema literaturi uključivale i neelastična rasejanja i Ramanove spektre za razlikovanje kovida-19 od drugih oblika virusa.

Grafici koji se odnose na luminiscenciju često prikazuju intenzitet emitovane svetlosti u funkciji nezavisne promenljive (vreme, talasna dužina, frekventni pomak). Oblici grafika su različite matematičke funkcije, koje predstavljaju luminiscenciju, sa specijalnim tipovima relaksacije materijala: fluorescencija, fosforescencija, elektroluminiscencija i dr. Literatura se odlikuje sa dosta različitih definicija pri poređenju strogih izražavanja sa izabranom matematičkom predstavom ili zadovoljavanja sa samo parametrima karakterističnih krivih kao što je vreme relaksacije.

Grafik fluorescencije, može prikazati intenzitet emitovane svetlosti od strane fluorofora (molekula koji emituje svetlost posle apsorpcije fotona) u zavisnosti od talasne dužine svetlosti ili od vremena, pošto je fluorofor izložen pobudi.

Grafik fosforescencije prikazuje slične podatke, ali za fosforescentne materijale koji emituju zračenje i posle prestanka pobude.

Elektroluminiscentni grafici prikazuju intenzitet svetlosti koji se emituje iz OLED-a ili drugih sličnih uređaja u zavisnosti od električnih parametara.

U ovim i sličnim slučajevima u merenju se traže grafici istog tipa za precizno definisane: pobude, vrstu materijala i time se koriste za analizu karakteristika materijala i procesa koji uključuju luminiscenciju.

## III. MATEMATIČKE FUNKCIJE

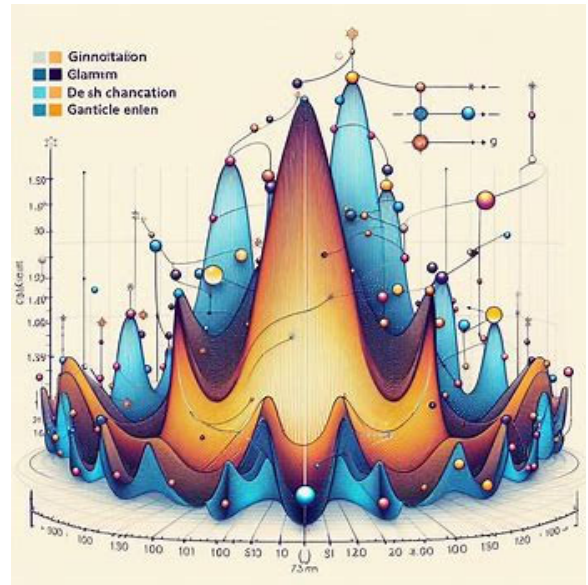
Postoji niz matematičkih modela, koji opisuju vezu i formalizme intenziteta luminescentnog zračenja, dimenzija čestica i drugih mogućih mernih parametara. Precizna matematička funkcija, koja bi opisala veze direktno će varirati zavisno od konkretnih karakteristika materijala i luminescentnog procesa, odnosno pobude. Primena odabrane metode merenja koja bi se koristila u izabranom slučaju bi se uključila sa interfejsom dela programa za interpretaciju mernih rezultata, ako se ne radi samo o zahtevu glavnih statističkih sakupljenih podataka i obrade na uobičajen način određene laboratorije. Među modelima su česte podele na empirijske, fizičke i teorijske (ova podela bi mogla da bude predmet diskusije):

**Empirijski modeli** se temelje na eksperimentalnim podacima i koriste za opisivanje veze između dimenzija čestica i intenziteta luminescentnog zračenja. Koriste se funkcije u obliku polinoma, eksponencijalne funkcije ili drugi oblici funkcija, koje se prilagođavaju eksperimentalnim podacima vezano za prethodno fitovanje mernih podataka i pretpostavljenu klasu funkcija koja se bira.

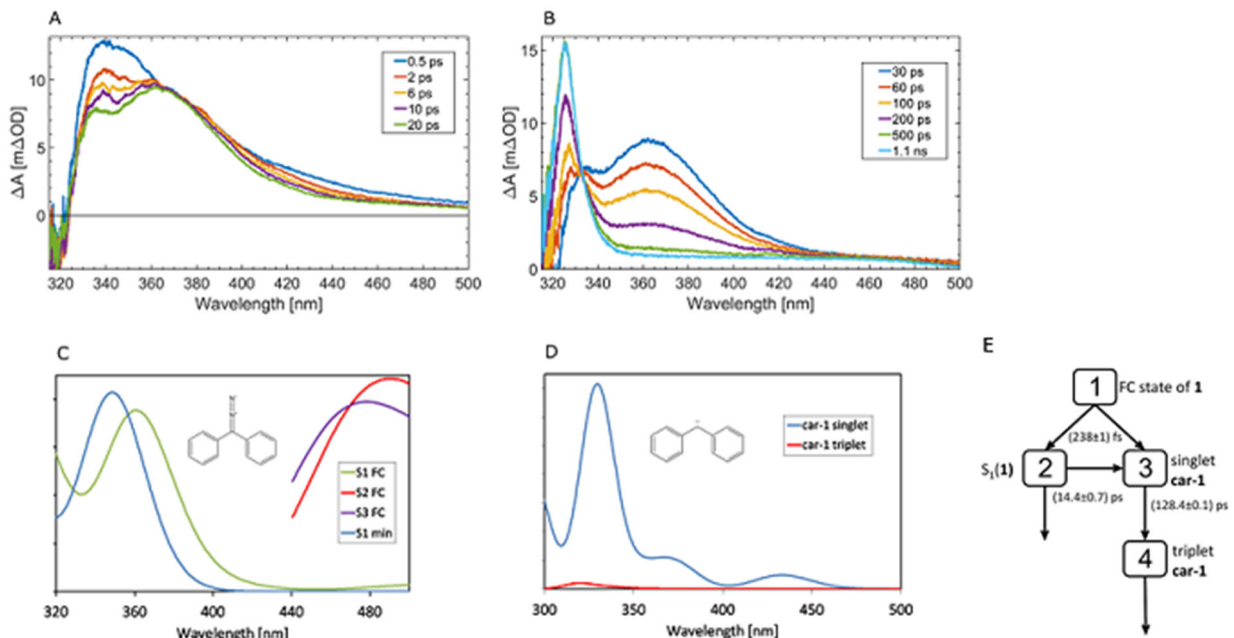
**Fizički modeli** se temelje na fundamentalnim fizičkim principima, koji opisuju interakciju svetlosti s materijalom i procese koji dovode do luminiscencije. Posebno se razvijaju modeli koji mogu uključivati kvantno-mehaničke efekte, efekte površine, strukture materijala i drugih atributa/parametara.

**Teorijski modeli** koriste analitičke koncepte i računarske simulacije kako bi se predvidelo ponašanje luminescentnih materijala na osnovu njihovih strukturnih i elektronskih svojstava. Uključeno je modelovanje energijskih nivoa u materijalu, interakcije fotona i elektrona i efekti veličine i oblika čestica zavisno od traženih izlaznih parametara opisa čestica po ustaljenoj nomenklaturi (80 parametara) [6].

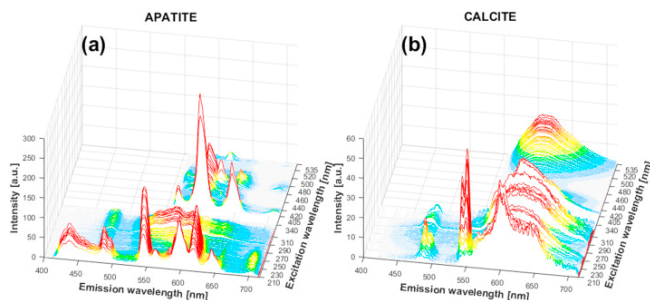
Za konkretne primene, postoji literatura, koja je isključivo vezana za određenu vrstu luminiscencije prema pobudi ili prema klasi luminiscentnih materijala. Laboratorije su razvile svoje interesne kalibracije prema svojim *budžetima* i prema praktičnim zahtevima istraživača ili massmedia primena. I uvek se sve svodi na potrebu da se dobiju korisni i praktični postupci za *friendly* upotrebu date aparature/sistema tima, koji radi na aparaturi i priprema eksperimente. Ilustracija težine interpretacije luminiscentnih procesa i mogućih mernih rezultata je predstavljena na Sl. 1-3, od kojih su uključeni i stimulisani procesi [7].



Sl. 1 Predstava složenijeg skupa mernih podataka iz literature (3D)



Sl. 2 Drugi način predstave luminiscentnih merenja iz literature sa drugim karakterističnim krivama iz originalne literature gde su intenzitet i talasna dužina vezani za singletne i tripletne prelaze



Sl. 3 Emisije i ekscitacije luminiscencije (EEM) iz apatita (a) i kalcita (b), putem ekscitacije sa UV (210–340 nm) i vidljive svetlosti (405–535 nm) sa korakom od 1 nm. Vreme kašnjenja je bilo 50 ms, a prozor 500 ms.

#### A. Generalizovani prilaz problematici sa izborom potrebnih specifičnih funkcija

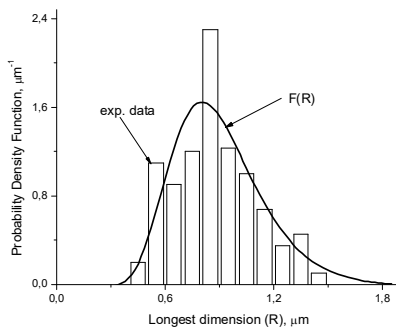
Prema postavljenim premisama u postupku generalizovanog prilaza ansamblima objekata koji mogu biti neograničenih atributa (prahovi, mikroorganizmi, kapljice,...) koji se odlikuju specifičnim oblicima: uniformnih, anizotropnih, višeslojnih struktura, koji se za praktičnu upotrebu i danas dalje razvijaju. Konkretno, može se pretpostaviti da je element skupa pravilna/nepravilna matematička aproksimacija sfere ili kugle, cilindar ili valjak i dalje praviti kombinacije sa spomenutim pretpostavkama o uniformnosti zahvaćene zapremine, višeslojnosti i sl. [4]. U osnovi razvijanja *fitovanja* pošlo se od

Gausove i Log-normalne raspodele, pošto intuitivno ne radimo sa malim brojem čestica. Iz niza predviđenih matematičkih koraka od generalizovane funkcije do LG4.

Nova generalizovana logaritamska jednačina je definisana sa četiri parametra, nazvana LG4. Formulirana je i predložena za opisivanje distribucije veličine i oblika čestica. Za poseban izbor parametara LG4 je redukovana na logaritamsku distribuciju LG2 definisanu sa dva parametra, pa se omogućava odabir srednje vrednosti raspodele kao parametra i ona se kao parametar pojavljuje eksplicitno u funkciji distribucije. LG2 je predložen kao funkcija gustine verovatnoće za veličinu i oblik raspodele čestica („četvrto stanje materije“ prema Hejvudovoj definiciji) kao, na primer, metalne i keramičke čestice koje privlače veliku pažnju javnosti, kao novi materijali visokih performansi za magnetne materijale, koji obećavaju, a zatim hemijski katalizatori, materijali koji promovišu sinterovanje, senzori, itd. Oblik i sličnost čestica za neke svrhe su veoma važni. Ukupna zapremina, ukupna površina ili bilo koje drugo korisno svojstvo uzorka može biti vezano za oblik i veličinu pojedinih čestica. Ako su sve čestice geometrijski slične, sav naknadni tretman je znatno pojednostavljen u pogledu oblika. Uvođenjem parametra oblika čestice, generalizovana sličnost i eliptički faktor sklopa čestica, primena LG2 za proučavanje raspodele oblika projektovane čestice sprovodi se formalizam u ovom radu..

Srednja vrednost, kao parametar veličine, pojavljuje se eksplicitno distribuciji LG2. Parametri se određuju fitovanjem empirijske raspodele različitih projektovanih čestica (najduže i najkraće dimenziji površina čestica). LG2 jednačina je usvojena kao model za distribuciju oblika čestice. Međutim, izvedeno modelovanje može biti korisno za različite primene bez obzira na vrste čestica. Parametar oblika čestice je uveden i zatim uopštena sličnost čime su definisani eliptički faktori sklopa čestica. Primenom LG2 distribucije dobijena je distribucija najduže i najkraće dimenzije parametara oblika. Metoda za razmatranje sličnosti čestica je razvijena. Postupak ove metode je jednostavan, lak i brz, ali metoda je ograničenog opsega primene i može biti od koristi za opis eliptične čestice.

Na osnovu prethodnih formalizama, izvršeno je fitovanje u definisanu krivu F(R) koja je fitovana prema eksperimentalnoj raspodeli najduže dimenzije čestice (Slika 4)



Slika 4. Kriva F(R) fitovana prema eksperimentalnoj raspodeli najduže dimenzije čestice

$$f_{LG4(p,x_{1p},x_{2p},\zeta_p)} = f_p(x) = \frac{x^p \exp \left[ -\frac{(\ln x - \ln x_{1p})(\ln x - \ln x_{2p})}{2\zeta_p^2} \right]}{x_{1p}^{p+1} \zeta_p \sqrt{2\pi} \exp \left\{ \frac{[2(p+1)\zeta_p^2 - \ln(x_{1p}/x_{2p})]^2}{8\zeta_p^2} \right\}}$$

$$\langle x_p \rangle = x f_p(x) dx = \frac{\int_0^\infty x^{p+1} \exp \left[ -\frac{(\ln x - \ln x_{1p})(\ln x - \ln x_{2p})}{2\zeta_p^2} \right]}{x_{1p}^{p+1} \zeta_p \sqrt{2\pi} \exp \left\{ \frac{[2(p+1)\zeta_p^2 - \ln(x_{1p}/x_{2p})]^2}{8\zeta_p^2} \right\}} dx = \sqrt{x_{1p} x_{2p}} \exp \left( \frac{(2p+3)\zeta_p^2}{2} \right)$$

$$\langle x^2 \rangle = \int_0^\infty x^2 f_p(x) dx = x_{1p} x_{2p} \exp [2(p+2)\zeta_p^2]$$

$$\langle \sigma^2 \rangle = \int_0^\infty (x - \bar{x})^2 f_p(x) dx$$

$$x_g = \exp \left( \int_0^\infty (\ln x) f_p(x) dx \right) = \sqrt{x_{1p} x_{2p}} \exp [(p+1)\zeta_p^2]$$

$$f(x) = \frac{x^{-\frac{3}{2}} \exp \left[ -\frac{(\ln x - \ln x_1)(\ln x - \ln(x^2/x_1))}{2\zeta^2} \right]}{x_1^{-\frac{1}{2}} \zeta \sqrt{2\pi} \exp \left\{ \frac{[\zeta^2 - \ln(x_1/x_2)]^2}{8\zeta^2} \right\}}$$

$$f(x) = \frac{x^{-3/2} \exp \left[ -\frac{(\ln x - \ln x_1)(\ln x - \ln x_2)}{2\zeta^2} \right]}{x_1^{-1/2} \zeta \sqrt{2\pi} \exp \left\{ \frac{[\zeta^2 + \ln(x_1/x_2)]^2}{8\zeta^2} \right\}} \quad i$$

$$\bar{x} = \sqrt{x_1 x_2}$$

Za slučaj generalizovane funkcije LG4 [1] izveden je detaljno potreban formalizam do dobijanja raspodele čestica za slučaj magnetnih čestica NdFeB, materijal koji je vrlo važan za gabarite savremenih magneta [8,9].

Pošto je iskorišćen prilaz sa generalizovanom funkcijom i deo primene sproveden sa LG4, odnosno LG2 i povezan sa eksperimentalnom krivom, vratimo se na teorijski put putem kernela. On se uvodi za rešavanje problematike koja bi povezala luminiscenciju sa raspodelom čestica koje luminisciraju.

Ako postoji f(x) zasnovano na eksperimentalnim merenjima i ako znamo funkciju transformacije parametara K(x,y) (kernel), onda se teorijski dobija funkcija g(y), koja može da predstavlja funkciju raspodele čestica. Uključena je i funkcija greške ε(x),

$$f(x) = \int K(x,y) g(y) dy + \varepsilon(x)$$

Za slučaj da je upotrebljena merna angularna raspodela za procese Mieovog rasejanja [3,4]

$$f(x) = I_{sca}(\theta)$$

Raspodela dimenzija čestica se u principu može predstaviti sledećim raspodelama: Rosin-Rammler, Nukiyama-Tanasawa,

Log-normalna, što se može direktno povezati sa razvijenom LG4 koja je definisana sa 4 parametra, na početku ovih planiranih operacija, sa varijacijama LG3, LG2.

#### Zaključak

Poznavanje dinamike procesa za slučaj velikih ansambala je složena problematika i sa eksperimentalne i sa teorijske strane. Izazivanjem procesa emisije fotona (spontano ili stimulirano) je jedan od načina za povezivanje formalizama adekvatnih spektroskopija i planiranje potrebnih osobina novih materijala. U ovom radu je na osnovu predložene generalizovane funkcije raspodele prikazan postupak i rezultati za magnetne materijale

Luminiscentne pojave imaju više različitih načina pobude i čini se da bi bilo interesantno povezati različite krive koje se pojavljuju u literaturi sa generalnijom bazom funkcija i po mogućstvu ih sa gledišta izbora sa fitovanjem sa četiri parametra, kao što je skicirano u ovom radu predstaviti za širu upotrebu.

Različite krive (matematičke formule) se pojavljuju i u savremenim knjigama posvećenim luminiscenciji, i u fitovanju za date familije luminiscentnih materijala .

#### REFERENCE/LITERATURA

- [1] S. Ostojić, R. Šašić, "The Particle distribution functions and Applications", JOAM, vol.8,No.4, pp.1402-1409, 2006
- [2] S. Ostojić, Ž. Tomić, N. Slavković, M. Davidović, N. Bundaleski, „Generalizacija u prilazu raspodele čestica od interesa u biologiji i ekologiji“, Zbornik radova XLV Konf ETRAN, Bukovačka Banja, pp.256-259., 2001
- [3] S. Ostojić, S. Ristić, Lj. Vulićević, Ž. Tomić, J. Mirčevski, Z. Stojiljković, P. Pavlović, D. Nikolić, „Dimenzionisanje čestica od interesa u biomedicini i tehnike dijagnosticiranja“, Zbornik radova konferencije ETRAN, Zlatibor, pp.187-190, 1999.
- [4] S. Ostojić, Doktorska teza, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2000.
- [5] M. Srećković, A. Bugarinović, M. Pećanac i dr. "Laser Interaction of Interes for Materials in Systems and Components in Energy Transformation in Linear and Nonlinear Ranges", Proc. 11th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, pp. 359-367, 2023.
- [6] Lj. Vulićević, M. Srećković, S. Ostojić, S.Ristić, P. Ružičić, S. Arandjelović, "Shape and Size Distribution Analysis of Particles and Some Real Powders", Contemporary agriculture, vol. 46, Novi Sad, pp.273-277,1998.
- [7] S. Romppanen, H. Häkkänen, S. Kaski, "Laser-induced time-resolved luminescence in analysis of rare earth elements in apatite and calcite", Journal of Luminescence, vol. 233, May 2021, 117929
- [8] D. Nedeljković, Magistarska teza, TMF, Beograd, 2004.
- [9] J.T.Stajić-Trošić, A.S.Grujić, Permanentni magnetni materijali Nd-Fe-B, dobijeni metodom brzog hlađenja, Beograd, 2015, IHTM.
- [10] V.Brusar, M.Forjan, I.Ljubić, M.Alešković, K.Becker, and S.Vdović, "Ultrafast Photoelimination of Nitrogen from Upper Excited States of Diazoalkanes and the Fate of Carbenes Formed in the Reaction", Journal of Organic Chemistry vol. 88,( 7), pp.4286-4300, 2023. DOI: 10.1021/acs.joc.2c02875

#### ABSTRACT

Generalized approaches to characteristic curves from the distribution of various individual objects in ensembles of different dynamics and serve to arrive at the main characteristics of the law, which determine the particles/objects of the ensemble on a macroscopic scale. The statistical approach was born out of the need to find "older" attributes that will describe the ensemble. In this way, various dependencies are obtained in the inorganic, organic, i.e. bio world, which are described by the matrix formalism with the rank according to the necessary and sufficient parameters. Through the scattering processes of various beams of electromagnetic, acoustic or other radiation, a category associated with macroscopic descriptions of temperature, pressure and other parameters and attributes is obtained from the multitude of particles, droplets, scattering centers in the molecular, atomic and cellular record. Thus, quantitative approaches are obtained, which lead to different interpretations of the status of a single element of the ensemble down to the cellular level. Another approach follows for interpretations and general propositions, which are fitted with the Voigt curve, and Gaussian and Lorentzian appear as two limes. In many applications, the interpretation of measurement results from various classical and modern measurement methods, there is a need to search for the generalization of distributions. In this paper, one of the solutions of the generalized function with 4-parameter fitting is analyzed. The author's measurements in various laboratories and various technological procedures from which powders, droplets, that is, objects/members of the set were obtained, show practical requirements for the generalization of the approach. On the other hand, for old measurements, programs were requested for obtaining characteristic points (the density of points taken from continuous curves, which will affect the change of the general analytical curve as little as possible). A more general approach to the family of curves was analyzed, in order to fit the results of one method of measurement on analog mode with fit adjustment via four parameters.

*Key words*—luminescence, bio world, scattering, Voigt curve, ensemble

**Luminescence through characteristic curves and analytical formulations**