

Лазерийн динамик сарнилын аргаар зарим усан дахь нанобөөмийн хэмжээ ба тэдгээрийн тархалтыг судалсан нь

Г.Оюунгэрэл^{1*}, Г.Батдэмбэрэл²

¹МУБИС, Математик Байгалийн Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

²ШУТИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн Салбар

Фотоны хөндлөн корреляцийн спектроскоп (PCCS with Nanophox) багаж нь тунгалаг бус суспенз ба эмульсийн доторх нанобөөмүүдээс сарнисан лазерийн гэрлийн эрчмийн флукуацийг тооцоолдог. Энэхүү флукуац нь тогтонги хөдөлгөөнд орших Броуны бөөмийн хөдөлгөөний үр дүн юм. Усанд үүсдэг байгалийн нанобөөмс газар сайгүй байдаг. Эдгээр бөөмсийн хэмжээ 1-100нм бөгөөд маш хөдөлгөөнтэй, хамгийн идэвхи сайтай. Нанобөөмс байгаль хамгаалалийн системийн цөм бөгөөд хортой металлын концентрацыг багасгах, биохимийн урвал явагдахад металлыг дэмжих хосолсон үүрэгтэй байдаг. Ундны ус хэдэн сая тооны бөөмсийг агуулдаг. Том бөөмөөс гадна 1-100нм хэмжээтэй нанобөөмс агуулагдсан байдаг.

Түлхүүр үг: бөөмийн хэмжээ, бөөмийн тархалт, бөөмсийн кумулятив тархалт, нягтын тархалт, суспенз, PCCS, Nanophox.

1. ОРШИЛ

Нанобөөмс нь агаар мандал, усан мандал, газрын гадаргуу ба гүний ус, хөрс, ихэнх тохиолдолд амьд организмд, цаашилбал, уургуудад түгээмэл тархсан байдаг. 1-100нм хэмжээтэй бөөмийг нанобөөм гэж нэрлэдэг. Нанобөөмийн хэмжээ багасахад онцгой шинж чанартай болдог. Нанобөөм нь маш их хувийн гадаргуугийн талбайтай учраас урвалын өндөр идэвхтэй байдаг. Орчин үеийн материалуудын үзүүлэлтүүд үргэлж нанобөөмүүдийн шинж чанараар тодорхойлогддог. Энэ хамаарал нь тухайн юмс, объект дахь нанобөөмийн хэмжээг хянаж удирдахад чиглэгдсэн маш хурдан өсч байгаа салбар юм. Нанобөөмүүд нь ер бусын хосгүй давуу талуудтай бөгөөд үйлдвэр, арилжаа, хэрэглэгчийн бүтээгдэхүүн зэрэг олон тооны хамгийн ойрын хэрэглэгээг бий болгодог. Нанометрийн мужид бөөмийн хэмжээсийн шинж чанарыг хэмждэг олон тооны багажууд байдаг. Үүнээс нанобөөмийн хэмжээсийг судлахад PCCS, AFM, TEM гурван төрлийн багажыг ашиглаж байна.

Байгалийн нанобөөмс нь галт уулын үнс, далайн давалгаа, нарийн ширхэгтэй элс, тоосонцор, хөрс болон вирус гэх мэт биологийн төрөл зүйлд оршин байдаг. Байгалийн нанобөөмсийг хоёр ангилж болно. Үүнд: органик: гумин бодис (хөрс, ус болон нуурын тунадас, хүрэн нүүрс, занар гэх мэт геологийн органик орд), нүүрс,

бактер, мөөгөнцөр гэх мэт, органик бус: силикат, ислүүд, карбонат, металлын сульфид гэх мэт.

Усанд үүсдэг байгалийн нанобөөмс газар сайгүй байдаг. Эдгээр бөөмсийн хэмжээ 1-100нм бөгөөд маш хөдөлгөөнтэй, хамгийн идэвхи сайтай. Нанобөөмс байгаль хамгаалалийн системийн цөм бөгөөд хортой металлын концентрацыг багасгах, биохимийн урвал явагдахад металлыг дэмжих хосолсон үүрэгтэй байдаг.

Ундны ус хэдэн сая тооны бөөмсийг агуулдаг. Том бөөмөөс гадна 1-100нм хэмжээтэй нанобөөмс агуулагдсан байдаг. Гэвч ундны усанд хичнээн тооны нанобөөмс байдгийг тогтоох нь чухал юм.

Энэхүү ажлын зорилго нь лазерийн спектроскоп буюу “Nanophox” (PCCS) багажаар зарим усан дахь бөөмүүдийн дундаж диаметр, бөөмийн хэмжээсийн тархалт, хувийн гадаргуугийн талбай зэргийг тодорхойлоход оршино.

Судалгааны арга:

Фотоны хөндлөн корреляцийн спектроскоп (PCCS with Nanophox) багаж нь тунгалаг бус суспенз ба эмульсийн доторх нанобөөмүүдээс сарнисан лазерийн гэрлийн эрчмийн флукуацийг тооцоолдог. Энэхүү флукуац нь тогтонги хөдөлгөөнд орших Броуны бөөмийн хөдөлгөөний үр дүн юм.

NANOPHOX гэж нэрлэгдэх Герман улсын Симпатек компанид бүтээгдсэн шинэ багажийн тусламжтайгаар өндөр концентрац бүхий

* Electronic address: gere10124@msue.edu.mn

суспенз ба эмульс доторх бөөмийн хэмжээ, түүний түгэлтийг ийн мужид найдвартай хэмжиж, тодорхойлоход оршино. (1-р зураг).



1-р зураг. Лазерийн спектроскопи (PCCS with Nanophox).

2. ТУРШИЛТ

Бид усан мандал дахь нанобөөмсийн судалгаандаа дараахь 9 дээжийг хамруулсан: Давхар нэрсэн ус, Нэг удаа нэрсэн ус, Оргил рашаан, Жанчивлан рашаан, Булган аймгийн Уньтын рашаан, Крантны ус, Цэвэр цасны ус, Улаанбаатар хотын төвийн цасны ус, Байгалийн нефтийн ус. Тус туршилтанд метилийн спирт дотор усны бөөмүүдээ хийж суспензийн орчноо бүрдүүлсэн.

Нэгэн төрлийн суспензийг Хэт авианы үүсгүүр KS-900F-аар 3 минутын турш үйлчилж бэлтгэсэн. Бэлтгэсэн суспензийн бөөмийн хэмжээ ба хэмжээсийн түгэлтийг Фотоны

хөндлөн корреляцийн спектроскопоор (Sympatec GmbH, Germany) тодорхойлов. NANOPHOX-ийн хэмжилтэнд зориулсан суспензийн дээжийг 12.5мм өргөнтэй, 12.5мм-ийн гүнтэй, 36мм-ийн өндөртэй, 50мкл-2.000мкл хүртэл дүүргэх эзлэхүүн бүхий нэг удаагийн тунгалаг пластик уветт (Eppendorf UVette, Sympatec Item No.NZ0020) саванд хийж түүнийг термостаттай 0,2 мкм шүүлтүүрээр шүүсэн цэвэр устай ваннанд хийсэн. Дээж бүхий уветтийг 632.8нм долгионы урттай HeNe-лазерийн цацрагийн замд ортогональ байхаар термостатийн тохируулга бүхий цэвэр устай саванд хийж төхөөрөмж дотор байрлуулдаг. Термостат бүхий савыг 0.22мкм шүүлтүүрээр шүүсэн усаар өндрийн $\frac{3}{4}$ байхаар дүүргэдэг.

Эцсийн байдлаар гарган авсан суспензийн дээж дахь бөөмсийн диаметр, түүний тархалтыг Фотоны хөндлөн корреляцийн спектроскоп (NANOPHOX (NX0061), (ХБНГУ, Симпатеке компани)-оор NNLS горимд гүйцэтгэсэн. Хэмжилтийн үр дүнг боловсруулахад WINDOX 5 програмыг ашигласан.

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

NANOPHOX багажаар хэмжсэн дээжүүд дахь бөөмсийн кумулятив тархалт, нягтын тархалтын тоон утгуудын заримыг нь эмхэтгэн харуулав.

Судалгааны дээж: Давхар нэрсэн ус
Суспензийн орчин: метилийн спирт
Соронзон хутгуур: 3 минут

**NANOPHOX (NX0061), Cross correlation
LATEX**

2014-01-20, 12:45:56,359

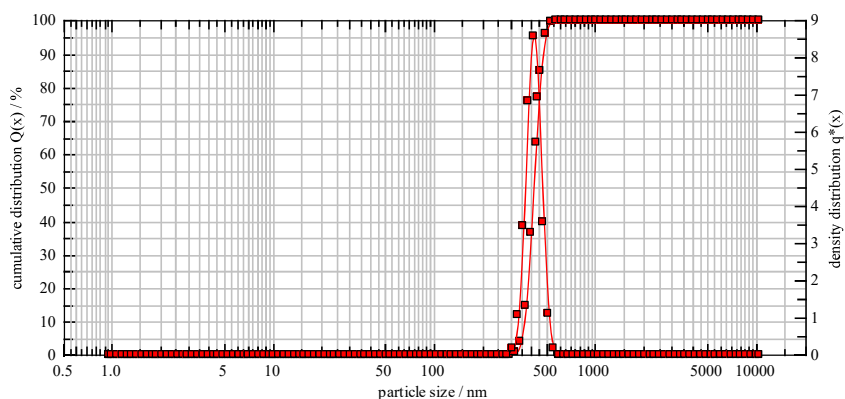
$x_{10}=357.88$ nm
 $x_{16}=370.67$ nm

$x_{50}=412.00$ nm
 $x_{84}=457.29$ nm

$x_{90}=474.43$ nm
 $x_{99}=524.88$ nm

SMD=409.77 nm
 $S_v=14.64$ m²/cm³

VMD=414.28 nm



product: LATEX

liquid: methanol

refraction: 1.590 - 0.00000 i

refraction: 1.329

viscosity: 0.543 mPas

measuring cond.: 100/15/cc/120/rep0

evaluation: WINDOX 5.5.4.0

duration: 1737.59 s

rule: 1..10000nm:128(log) auto robust

temperature: 25.00 °C

mode: NNLS

laser power: 102.00 %

measured correlation function:

amplitude: 7.87 %
 mean count rate ch.1: 7.18 kcps
 mean count rate ch.2: 7.23 kcps
 single scattering ratio: 38.79 %

user parameters:

Parameter 1: Давхар нэрсэн ус
 Parameter 2: Г.Батдэмбэрэл ШУТИС МТС
 Parameter 3: суспенз : метилийн спирт
 Parameter 4: соронзон хутгуур 3 минут

Судалгааны дээж: Нэг удаа нэрсэн ус

Суспензийн орчин: метилийн спирт

Соронзон хутгуур: 3 минут

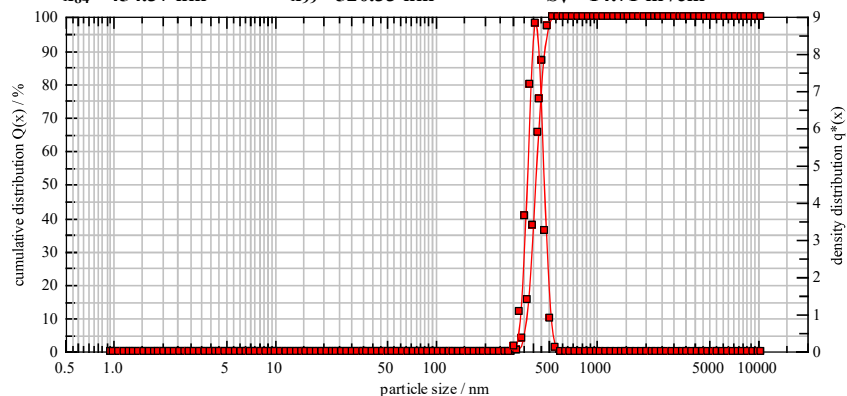
**NANOPHOX (NX0061), Cross correlation
LATEX**

2014-01-20, 13:34:47,578

 $x_{10} = 357.37 \text{ nm}$ $x_{50} = 409.90 \text{ nm}$ $x_{90} = 469.44 \text{ nm}$

SMD= 407.76 nm

VMD= 411.96 nm

 $x_{16} = 370.03 \text{ nm}$ $x_{84} = 454.37 \text{ nm}$ $x_{99} = 520.33 \text{ nm}$ $S_v = 14.71 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ 

Судалгааны дээж: Оргил рашаан

Суспензийн орчин: метилийн спирт

Соронзон хутгуур: 3 минут

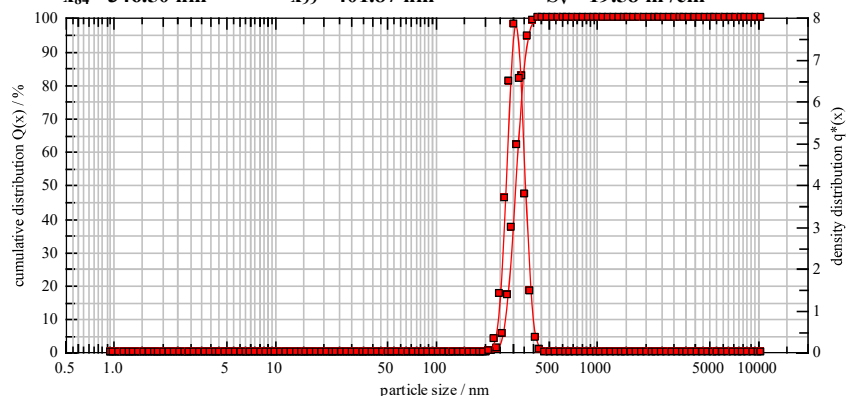
**NANOPHOX (NX0061), Cross correlation
LATEX**

2014-01-20, 14:30:56,640

 $x_{10} = 264.44 \text{ nm}$ $x_{50} = 308.34 \text{ nm}$ $x_{90} = 359.61 \text{ nm}$

SMD= 306.38 nm

VMD= 310.45 nm

 $x_{16} = 274.48 \text{ nm}$ $x_{84} = 346.50 \text{ nm}$ $x_{99} = 401.87 \text{ nm}$ $S_v = 19.58 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ 

Судалгааны дээж: Крантны ус

Суспензийн орчин: метилийн спирт

Соронзон хутгуур: 3 минут

**NANOPHOX (NX0061), Cross correlation
LATEX**

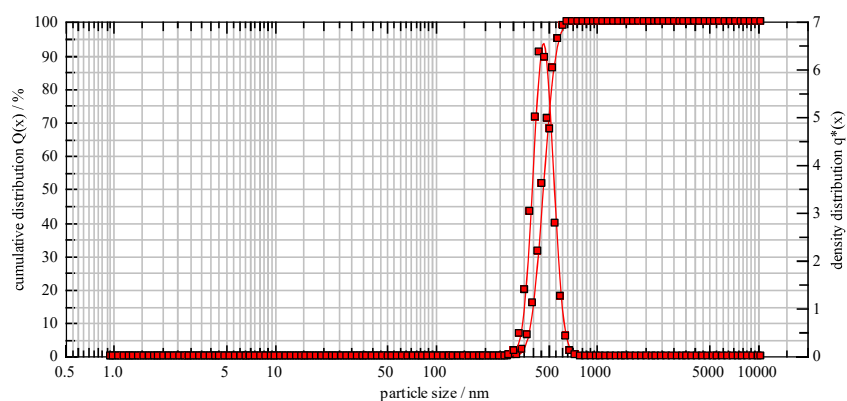
2014-01-20, 13:20:34,062

 $x_{10} = 380.12 \text{ nm}$ $x_{50} = 456.47 \text{ nm}$ $x_{90} = 549.11 \text{ nm}$

SMD= 452.45 nm

VMD = 461.30 nm

 $x_{16} = 397.32 \text{ nm}$ $x_{84} = 525.53 \text{ nm}$ $x_{99} = 633.93 \text{ nm}$ $S_v = 13.26 \text{ m}^2/\text{cm}^3$



Судалгааны дээж: Улаанбаатар хотын цасны ус

Суспензийн орчин: метилийн спирт

Соронзон хутгуур: 3 минут

NANOPHOX (NX0061), Cross correlation

LATEX 2014-01-20, 14:56:37,015

x₁₀ = 1209.95 nm

x₅₀ = 1454.25 nm

x₉₀ = 1750.50 nm

SMD= 1440.67 nm

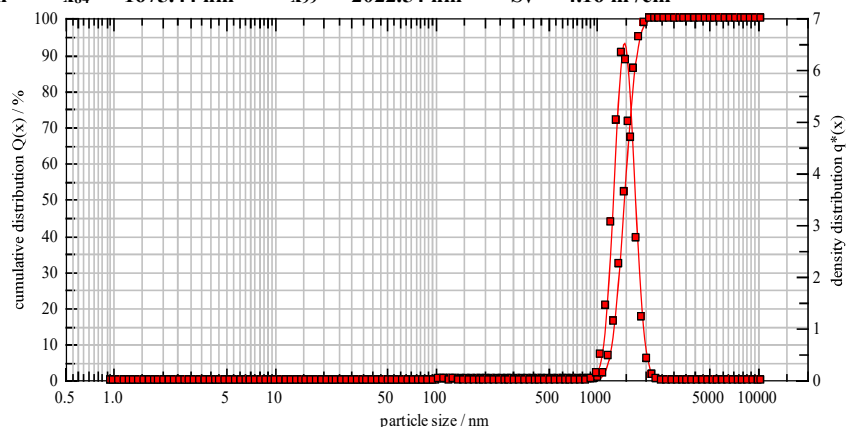
VMD= 1469.55 nm

x₁₆ = 1265.24 nm

x₈₄ = 1675.44 nm

x₉₉ = 2022.54 nm

S_v = 4.16 m²/cm³



Дээжүүдийн бөөмийн дундаж диаметр, хэмжээсийн тархалтын өргөн, бөөмийн хувийн гадаргуугийн талбай (S_v) зэрэг утгуудыг 1-р хүснэгтэд эмхэтгэн үзүүлэв.

Усан мандал дахь дээжүүд	Бөөмийн дундаж диаметр, x ₅₀ , нм	Бөөмийн хэмжээсийн тархалтын муж, нм	Бөөмийн хувийн гадаргуугийн талбай, S _v [м ² /см ³]
Давхар нэрсэн ус	412	319-570	14.64
Нэг удаа нэрсэн ус	409	319-570	14.71
Оргилын рашаан	308	222-458	19.58
Жанчивлан рашаан	963	708-1.4мкм	6.27
Булган аймгийн Уньтын рашаан	428	296-708	14.13
Крантны ус	456	296-761	13.26
Цэвэр цасны ус	242	69-343	24.86
УБ хотын цасны ус	1.4мкм	947-2.4мкм	4.16
Байгалийн нефтийн ус	491	74-819	12.33

1-р хүснэгтээс харахад давхар нэрсэн ус, крантны ус, оргилын рашаан, байгалийн нефтийн ус, Булган аймгийн Уньтын рашааны бөөмсийн дундаж диаметр 200-400нм, харин жанчивлангийн рашааны бөөмийн дундаж

хэмжээ 963нм, Улаанбаатар хотын төв дэх цасны усны бөөмийн дундаж хэмжээ 1.4мкм байхаар тус тус тодорхойлогдов. Цэвэр цасны усны бөөмийн хэмжээсийн тархалт нь бусад дээжүүдээс өргөн байсан: 69-343нм. Тус

дээжийн хувьд 69-100нм-ийн хэмжээтэй бөөмүүд эзэлхүүний 0.01%-ийг эзэлж байв.

Am Pulverhuas 1, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland.

4. ДҮГНЭЛТ

Усан мандал дахь нанобөөмсийн судалгааны хувьд

1. Цэвэр цасны усны бөөмийн хэмжээсийн тархалт нь бусад дээжүүдээс өргөн 69-343нм. Тус дээжийн хувьд 69-100нм-ийн хэмжээтэй бөөмүүд эзэлхүүний 0.01%-ийг эзэлж байв.
2. Лазерийн спектроскопын (PCCS) арга нь байгалийн болон элдэв төрлийн хэрэглээний усан дахь нанобөөмсийн хэмжээг судлахад нэн тохиромжтой арга болох нь харагдаж байна.
3. Цаашид усан мандлын болон технологийн зориулалттай усны чанарт нанобөөмс, түүний хэмжээ хэрхэн нөлөөлөхийг судлан тогтооход чиглэсэн судалгааг явуулах нь зүйтэй гэж үзэж байна.

НОМЗҮЙ

- [1] Г.Батдэмбэрэл, Н.Ганбямба, Ш.Чадраабал. Нанотехнологийн эхлэл. Улаанбаатар, “Жиком пресс”, 2011 он. х.52.
- [2] Г.Батдэмбэрэл, Н.Ганбямба, Ш.Чадраабал, Г.Цэрмаа., Нанохими ба наноматериал. Улаанбаатар, “Адмон”, 2012 он. х.64.
- [3] NSF Workshop Report on “Emerging Issues on Nanoparticles Aerosol Science and Technology (NAST)”, University of California, Los Angeles, June 27-28, 2003.
- [4] Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол. Дэлхийн банк, Хэлэлцүүлгийн баримт бичиг. 2009 оны 12 сар.
- [5] Bernd Nowack, Thomas D. Bucheli, ”Occurance, behavior and effects of nanoparticles in the environment”, Environmental Pollution 5-22,150, 2007.
- [6] W.Li, Y.He, J.Wu and J.Hu, “Extraction and characterization of natural soil nanoparticles form Chinese soils”, European Journal of Soil Science, 63, 754-761, October 2012.
- [7] G.Tsermaa, T.Enkhtuya, G.Batdemberel, Ts.Otgontuul, A Study of Nanoparticles in Ulaanbaatar Soil. The 8th International Forum on Strategic Technology 2013. Proceedings (Volume: I). June 28-July, 2013. □2013 IEEE. ISBN: 978-1-4799-0931-5. pp.150-151.
- [8] Nanophox Operating Instructions. © 2008, Sympatec GmbH, System-Partikel-Technik,