

7. gaia: ARGIAREN DISPERTSIOA

Sarrera:

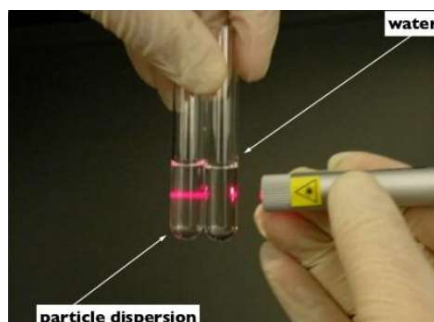
Orokorrean, erradiazio elektromagnetikoak partikula batekin elkarrekitean erradiazioa dispertsatu egiten da.

Dispertsatutako argiaren azterketak, makromolekulen inguruko informazio oso interesgarria ematen du, besteak beste, partikularen tamaina, forma eta mugimenduari buruzko informazioa.

Makromolekulak eragindako argiaren dispertsioa aztertuz, ondorengoak egin daitezke:

- Pisu molekularren determinazioa
- Difusio koefizientearen (D) determinazioa
- Oligomerizazio erreakzioen jarraipena
- Amiloide-en eraketaren jarraipena

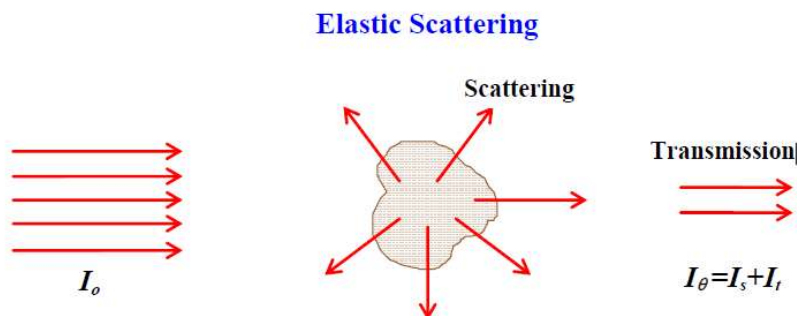
Argazkian ikusten den eskuineko saiodian ez dago makromolekularik, ezkerrekoan aldiz, bai. Makromolekulek erradiazioa dispertsatzen dute eta guk begi hutsez jasotzen dugu, beste angelu batetik, erradiazioak angelu aldaketa bat jasaten baitu.



Argiaren dispertsioa:

Erradiazio eta partikulen elektroik-hodeiaren arteko elkarrekintza dela eta, elektroik-hodeia aldatu eta argia norabide guztietara igortzen da. Azken batean, molekula norabide guztietan argia igortzen duen antena bat bihurtzen da.

Dispertsatzen den argiaren intentsitatea neurtzen da, hau hainbat faktoreren arabera aldatzen delarik, besteak beste, dispertsatutako argiaren intentsitatea elektroien oszilazioaren arabera izango da (polarizabilitatea), besteak beste.

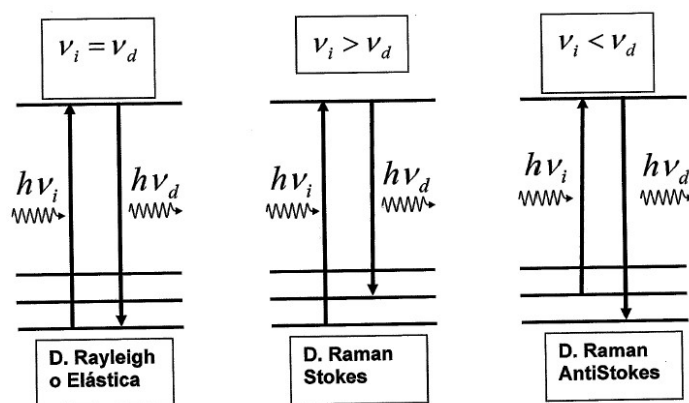


Erradiazioak materiarekin elkarrekitean polarizazio partzial bat sortzen da, handitu egiten da karga banaketa, eta hau izango da argiaren desbideraketa ekarriko duena. Polarizabilitaterik ez badago, argia ezingo da desbideratu.

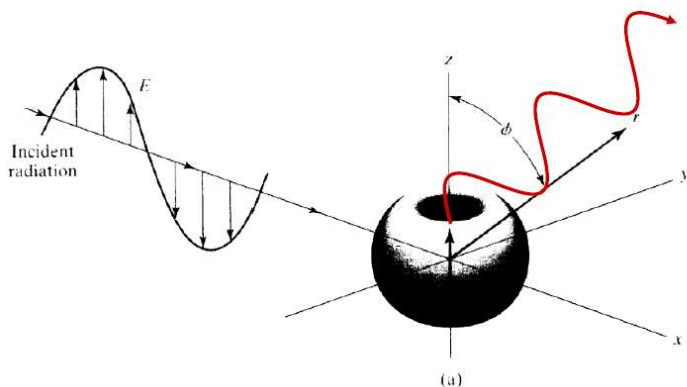
Dispertsio motak:

Bi dispertsio mota nagusi bereizten dira:

- Rayleigh Dispertsioa: energia aldaketarik ematen ez bada, eta argi intzidentearen energia desbideratutakoaren berdina bada (maiztasuna ez da aldatu) Rayleigh dispertsio eman dela esaten da (Raileigh dispertsioa dela eta da zerua urdina).
- Raman Dispertsioa: kasu honetan, energia aldaketa ematen da eta ondorioz, erradiazio intzidentearen eta dispertsatutakoaren maiztasunak desberdina dira.

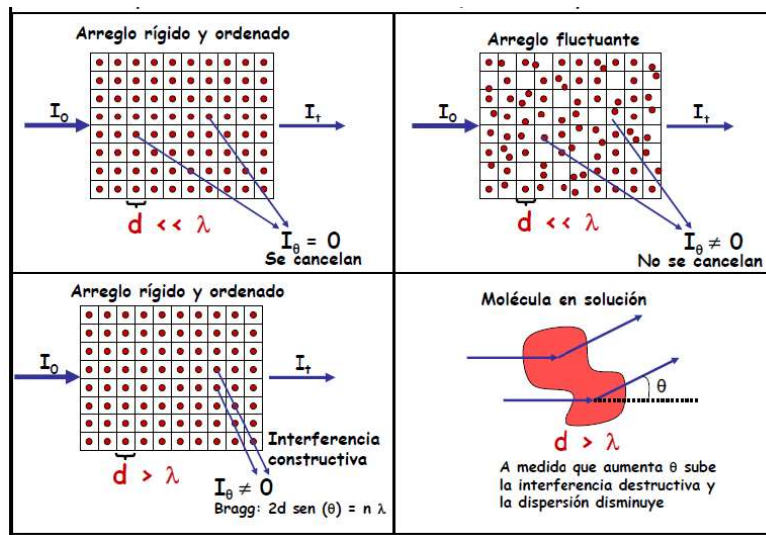


Dispertsio estatikoak (energia aldaketarik ematen ez dena) erradiazioaren norabidea aldatzen du eta erradiazioak Z ardatzarekiko hartzen duen angeluaren arabera definitzen da.



Dispertsioa partikularen tamaina, antolaketa eta erabilitako uhin-luzeraren arabera da. Horregatik, dispertsioaren azterketa egiteko partikularen tamaina zein den jakitea garrantzitsua da, baita partikularen antolaketa ere (kristalak osatzen, disoluzioan... dauden). Partikula bat handia dela esaten da, partikularen tamaina erradiazioaren uhin-luzeraren antzekoa bada. Txikiagoa bada, partikula hori txikia dela esaten da.

Gu disoluzioan dauden partikulen azterketan oinarrituko gara.



Erabiltzen den erradiazio mota:

Kitzikatzeko erabiltzen den erradiazioa nagusiki hiru motakoa izan daiteke:

- Ikuskorra (disoluzioetara aplikatuta bereziki)
- X-izpiak (kristalei aplikatuta, difrakzioa)
- Neutroiak

Gu argi ikuskorra erabiliz egindako espektroen azterketan zentratuko gara.

Argiaren dispersioan eragiten duten faktoreak ondorengoak dira:

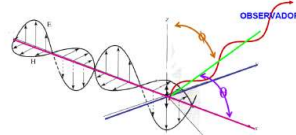
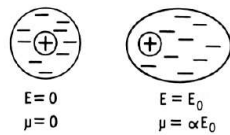
- Sistema mota: partikularen antolaketa, polarizabilitatea...
- Partikularen tamaina
- Argiaren uhin luzera
- Detektagailuaren distantzia
- Argiaren polarizazioa
- Partikulen kontzentrazioa
- Partikulen pisu molekularra

Partikula txiki bat ($r \ll \lambda$)

Erradiazio elektromagnetikoak elektroien desplazamendu bat eragiten du. Ematen den desplazamendua, polarizabilitate (α) molekularren eta erradiazio elektromagnetikoaren maiztasunaren menpekota izango da.

Oszilatzen duen elektroiak $E_0 \cos(2\pi \nu t)$ -rekiko proportzionala den momentu dipolar bat sortzen du.

Argiaren intentsitatea kalkulatu daiteke ondorengo formula bati jarraituta.

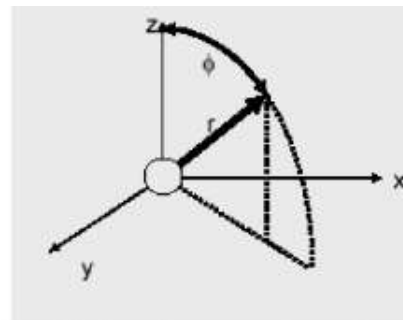


$$E_{\theta} = \frac{1}{c^2} \frac{d}{dt^2} \alpha E_0 \cos(2\pi \nu t) \sin \theta r = \frac{1}{c^2} \alpha E_0 4\pi^2 \nu^2 \cos(2\pi \nu t) \sin \theta r$$

$$I = \frac{I_0 8\pi^4 \alpha^2 (1 + \cos^2 \theta)}{r^2 \lambda^4} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \frac{16\pi^4 \alpha^2 (\cos^2 \theta)}{r^2 \lambda^4}$$

Intentsitatean eragina duten ezaugarriak erradiazioa neurtzeko erabilitako angelua (detektorea angelu batera kokatzen da, θ), uhin luzera, eta molekula eta detektagailuaren arteko distantzia dira bestak beste. Formulak ikus daitekeenez, erradiazioaren uhin-luzerarekiko menpekotasun handia du (λ^4).

$$\frac{I}{I_0} = \frac{16\pi^4 \alpha^2 \sin^2 \phi}{r^2 \lambda^4}$$



- α : molekularen polarizabilitatea
- ϕ : argiaren polarizazio norabidearen (z) eta detektagailuaren arteko angelua.
- λ : uhin luzera
- r: molekula eta detektagailuaren arteko distantzia.

- Dispersio maximoa $\phi = 90^\circ$
- Dispersio minimoa $\phi = 0^\circ$
- r^2 -rekiko inbertsoki proportzionala,
- $\phi = 0$ ($\sin 0 = 0$) denean, minimoa izango da,
- Uhin-luzerarekiko menpekotasuna (λ^4).

I_0 =kitzikatzeko erabiltzen ari garen argiaren intentsitatea.

Eskema:

Argi iturria \rightarrow filtroak (uhin luzera hautatu eta intentsitatea ajustatzeko) \rightarrow lagina \rightarrow detektagailua

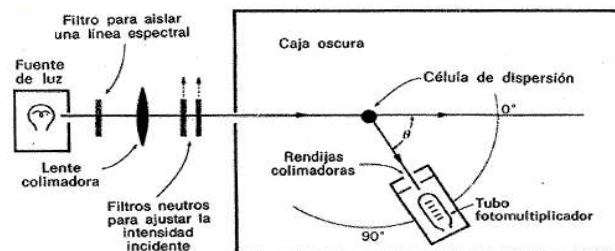


Figura II.2.1.3. Esquema de un fotómetro de dispersión de luz. El fotomultiplicador está montado en una plataforma giratoria que permite la observación desde cualquier ángulo θ . La intensidad del rayo incidente (reducida por filtros neutros) se compara con la intensidad dispersada a varios ángulos.

Neurketak angelu desberdinetan egin daitezke, informazio desberdina lortuko dugularik.

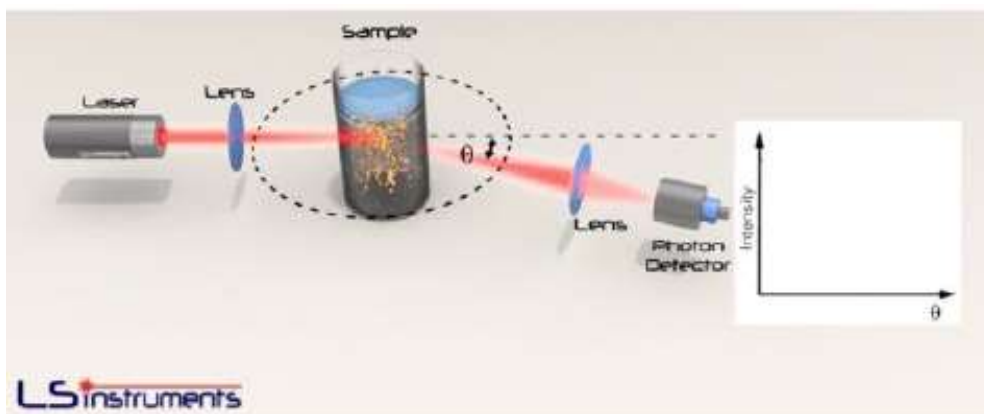
Partikula bat, argi ez polarizatua:

Argi ez polarizatua erabiltzen badugu, erradiazioaren intentsitatearen banaketa, xz eta xy planoetan dispersatutako argiaren baturatik kalkulatu daiteke.

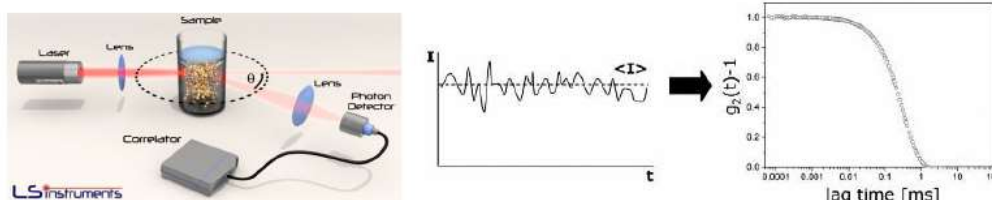
Dispersioa neurtzeko moduak:

Dispersioaren neurketak egiterako orduan, bi funtzionatzeko modu daude:

1. Intentsitatearen batz-besteakoarekin (SLS, *static light scattering*): Estatikoa.



2. Intentsitatearen denboran zeharreko aldaketak neurtuz (DLS, *dynamic light scattering*): Dinamikoa. Kasu honetan, neurketa angelu finko batean egiten da eta beste mota bateko informazioa ematen digu.



Dispersio estatikoa (SLS):

Makromolekula batek disoluzioan dispersaturiko argiaren intentsitatea masa molekularra eta kontzentrazioarekiko proportzionala da.

N partikula ditugunean (interferentziarik gabe, disoluzio oso diluituetan) intentsitateen zatidura ondorengoa da:

$$\frac{i_0}{I_0} = \frac{2\pi^2 n_0^2 (dn/dC)^2}{r^2 \lambda^4 N} CM(1 + \cos^2 \theta)$$

Lehenago kontuan hartu ez diren zenbait parametro sartu dira ekuazioan. Avogadroren zenbakia, disoluzioaren errefrakzio-indizea (disolbatzailearena eta disoluzioarena (dn/dC) baina konstanteak dira), distantzia, uhin-luzera eta angeluarekiko menpekoak dira.

Dispersio estatikoa Rayleigh-ren ekuazioan oinarritzen da.

$$\frac{KC}{R_{\theta}} = \left(\frac{1}{M} + 2A_2C \right) P_{\theta}$$

K = konstante optikoa
M = masa molekularra
A₂ = 2. koefiziente biriala
C = Kontzentrazioa (g/L)
R_θ = Rayleigh erlazioa
P(θ) = forma faktorea

$$R_{\theta} = \frac{i_{\theta}}{I_0} \frac{r^2}{(\cos^2 \theta) r^2 \lambda^4}$$

$$\frac{i_{\theta}}{I_0} = \frac{2\pi^2 n_0^2 (dn/dc)^2}{r^2 \lambda^4} CM (1 + \cos^2 \theta)$$

$$R_{\theta} = \frac{2\pi^2 n_0^2 (dn/dc)^2}{N \lambda^4} CM = KCM$$

$$\frac{KC}{R_{\theta}} = \frac{1}{M} \quad \text{Disoluzio idealetan}$$

$$\frac{KC}{R_{\theta}} = \left(\frac{1}{M} + 2A_2C + \dots \right) P_{\theta} \quad \text{Disoluzio errealeetan}$$

Ekuazioak bi forma ditu disoluzio idealetan eta errealetan aplikatzen direnak. Guk disoluzio errealak aztertuko ditugu. Kasu honetan, kontzentrazioa aldagaia da guretzat eta formari dagokion faktorea ere badu.

$$\frac{KC}{R_{\theta}} = \left(\frac{1}{M} + 2A_2C \right) P_{\theta}$$

$$R_{\theta} = \frac{I_A n_o^2}{I_T n_T^2} R_T$$

I_A = Intensity of analyte (sample I – solvent I)
n_o = Solvent RI
I_T = Intensity of standard (toluene)
n_T = Standard (toluene) RI
R_T = Rayleigh ratio of standard (toluene)

Rayleigh-ren erlazioa

Konstantea

$$K = \frac{2\pi^2}{\lambda_o^4 N_A} \left(n_o \frac{dn}{dc} \right)^2$$

λ_o = laser wavelength
N_A = Avogadro's number
n_o = Solvent RI
dn/dc = differential RI increment

Formari dagokion faktorea

$$P_{\theta} = 1 + \frac{16\pi^2 n_o^2 R_g^2}{3\lambda_o^2} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

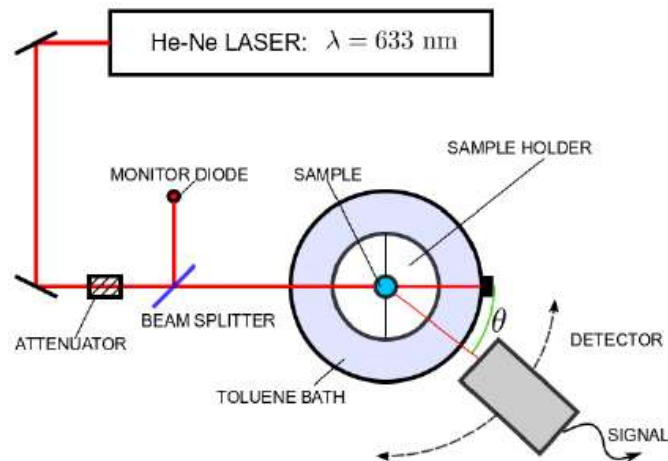
R_g = Radius of gyration
θ = Measurement angle

Rayleigh dispersatzaileetan P=1

K konstante optikoa da.

Rayleigh dispersatzaileetan P=1 izaten da, hau da, forma faktorea bat da.

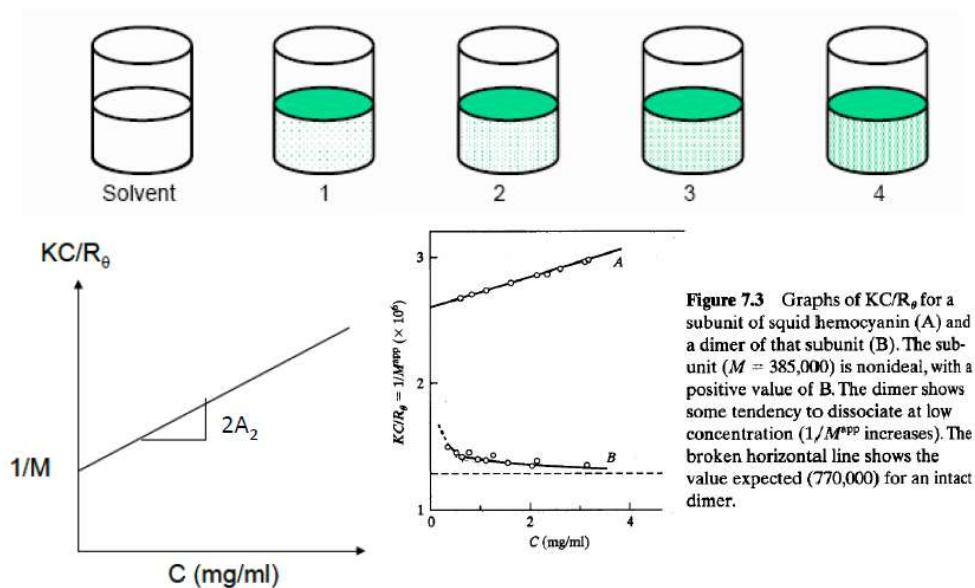
Erabilitako erradiazioaren uhin-luzera finkoa da, eta laginak dispersatzen duen argia angelu desberdinetan neurtzen da, angelu bakoitzean dispersioaren intentsitatea desberdina izango delarik.



Debye-ren irudikapena:

Disoluzio ez idealetan partikulen kontzentrazio desberdinak neurtu behar izaten dira.

Kc/R_θ vs C irudikapena eginez gero, zuzen baten ekuazioa lortzen da. A lerroari alderatuz, monomero baten kontzentrazio desberdineko disoluzioek eragiten duten argiaren dispersioa neurtu da. Zuzenak Y ardatza moztzen duen puntua $1/M$ izango da, masa molekularren alderantzizkoa, eta malda $2A_2$ aldagaia. B lerroa aldiz, partikulen dimeroei egin denez, ez da zuzen bat lortzen. Kontzentrazioa jaisten goazen heinean, lerroak gorantz egiten du, kontzentrazio baxuetan partikula monomero moduan egongo denaren seinale. Hau horrela, ezin izango da dimeroen kontzentrazioa irudikapenetik zehaztu.



Masa molekularren kalkulua:

Adibidean, lisozimaren masa molekularren kalkulua azaltzen da. Lortutako balioak grafiko batean irudikatu dira. Kasu honetan, aurrekoan ez bezala, zuzenaren malda (koefiziente birialaren arabera) negatiboa da. Hau makromolekularen eta disolbatzailearen arteko elkarrekintzaren arabera da, elkarrekintzen indarraren inguruko ideia bat ematen digularik.

Lisozima (PBStan)

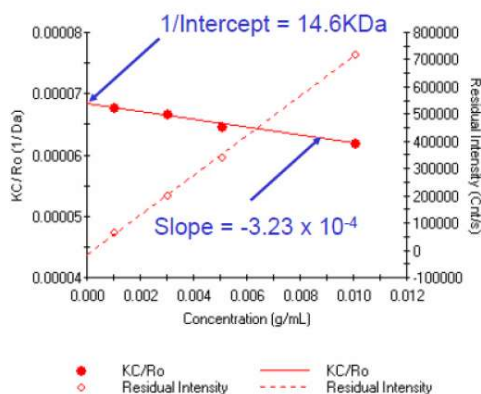
$$\frac{dn}{dc} = 0.185(\text{mL/g})$$

$$I_{\text{tot}} = 192630 \text{ (counts/sec)}$$

$$I_{\text{sol}} = 21870 \text{ (counts/sec)}$$

Lysozyme Concentration (mg/mL)	Measured Intensity (counts/sec)	Intensity of Analyte (counts/sec)	KC/R ₀ (1/Da)
1.006	87,830	65,960	6.1994 x 10 ⁻⁵
3.018	222,900	201,030	6.4765 x 10 ⁻⁵
5.029	366,770	344,900	6.6682 x 10 ⁻⁵
10.059	742,570	720,700	6.7743 x 10 ⁻⁵

Lisozima (PBStan)

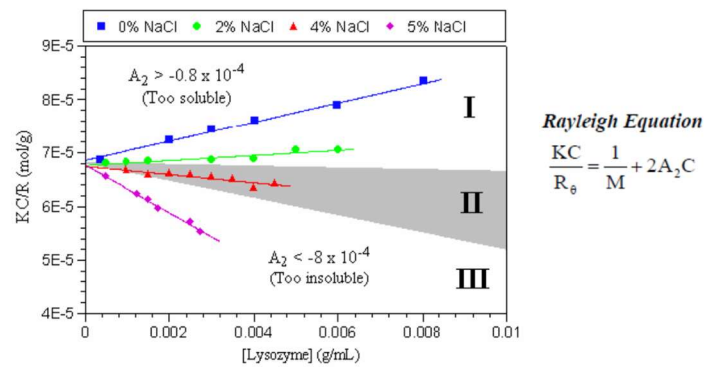


Koefiziente birialari dagokionez (A_2), molekula eta disolbatzailearen elkarrekintzaren arteko indarra zehazten duen ezaugarri termodinamikoa da.

- **$A_2 > 0$ bada**, molekula disolbatzailearekin egonkortzen da, hau da, bien arteko elkarrekintza sendoa da, partikula disolbatzaile horretan gustura dago, egonkorra da eta ez da hauspeatuko.
- **$A_2 = 0$ bada**, molekula eta disolbatzailearen arteko elkarrekintzak molekula-molekula artekoak bezain sendoak dira.
- **$A_2 < 0$ bada**, partikula eta disolbatzailearen artean elkarrekintza ahula da eta ondorioz, proteinak hauspeatzeko joera du.

Adibide honetan, proteina kristalizatzeko baldintza egokienak zein diren aztertu da. Horretarako, gatz kontzentrazio desberdineko disoluzioetan lisozimak eragindako dispertsioa neurtu da. Gatzik gabeko soluzioan, proteina oso solugarria da, oso egonkor dago, eta ondorioz, baldintza horietan ez da kristalik eratuko. Gatz kontzentrazio altuetan aldiz, malda oso negatiboko zuzena lortzen da, disoluzioan oso solugarritasun baxua duenaren seinale. Hau horrela, baldintza horietan hauspeatze prozesu azkar bat ematen dela pentsa dezakegu, eta konplexu amorfo bat lortuko dugula. Beraz, baldintza hauek ere ez dira kristalak lortzeko egokiak izango.

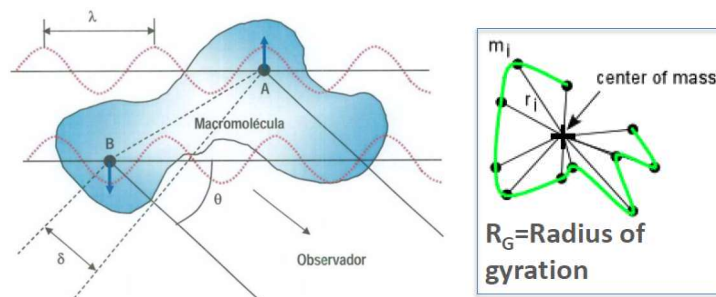
Crystallization Window: $-0.8 > A_2 > -8 \times 10^{-4} \text{ mol mL} / \text{g}^2$ *



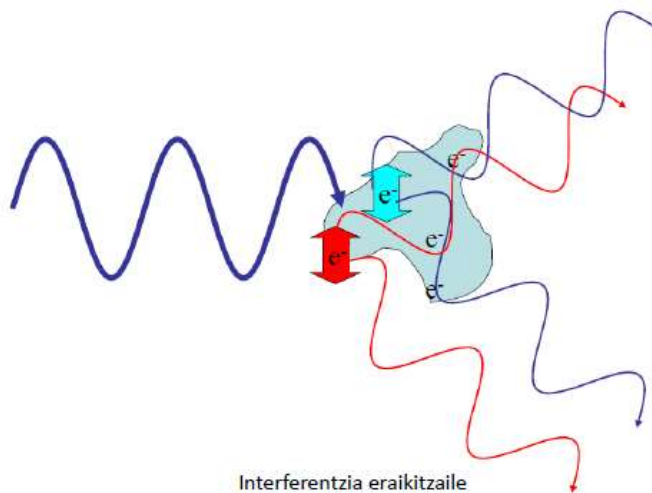
*George, A.; Wilson, W.W. "Predicting protein crystallization from a dilute solution property", *Acta Crystallogr* 1994, D50, 361-365.

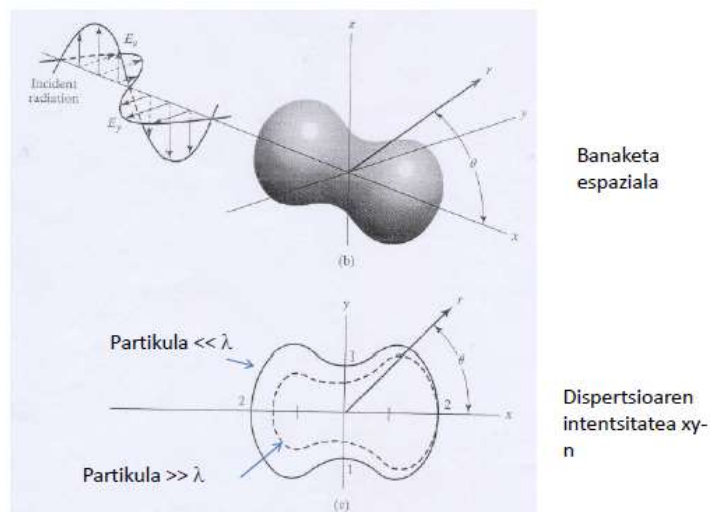
Tamaina handiko partikulak, $d \gg \lambda$, $R_G > \lambda/50$ (ikuskorrean $R_G > 80A$)

Partikula batek tamaina handia badu, dispersioa beraien artean urrun dauden puntuetan gertatzen da eta dispersatutako erradiazioen artean interferentziak eman daitezke. Interferentzia horiek suntsitzaile edo eraikitzaileak izan daitezke.



Interferentzia suntsitzaileak



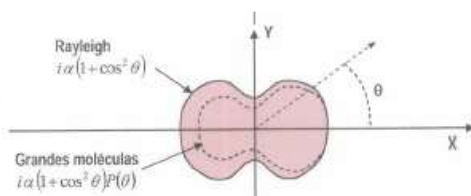


Argi ikuskorra erabiliz gero, kontuan izan behar da molekularen erradioa 8 nm baino handiagoa denean ezin dela P_θ aldagaia arbuia (soilik partikula txikietan arbuia daiteke).

Angeluarekiko dispersioak duen menpekotasuna adierazteko P_θ definitzen da.

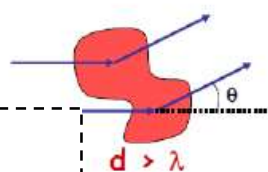
$$P(\theta) = \frac{\text{Partikula "erreal" baten dispersioa } \theta \text{ angelura}}{\text{Partikula "txiki" baten dispersioa } \theta \text{ angelura}}$$

$P_\theta = 1$ izango da $\theta=0$ denean



$$P_\theta = 1 + \frac{16\pi^2 n_o^2 R_g^2}{3\lambda_o^2} \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

R_g = Radius of gyration
 θ = Measurement angle



- R_g = biraketa erradioa
- $R_g = \sqrt{\frac{\sum m_i r_i^2}{\sum m_i}}$
- m_i = masa, r_i = molekularen masa zentrotik dagoen distantzia.

Forma faktorea partikula erreal baten eta partikula txiki baten dispersio angeluaren arteko zatidura da. Kasu honetan ere, neurtzen ari garen angeluarekiko menpekotasuna du, interferentziak desberdinak izango baitira. Biraketa erradioari dagokion aldagaia ere badago.

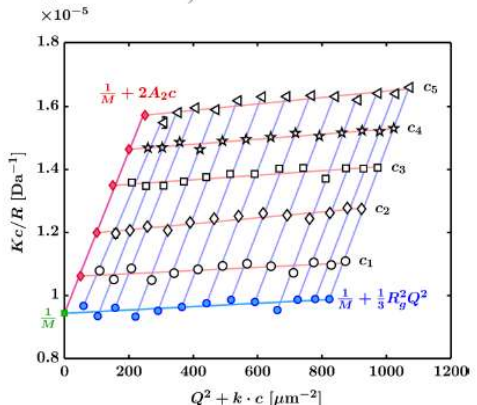
Biraketa erradioa: partikula bat errotatzen ari bada, masa zentrotik biraketa horren ardatzera dagoen distantzia da.

Zimm Irudikapena:

P₀ arbuigarria ez denean, beste hainbat hurbilketa egiten dira.

$$\frac{KC}{R_\theta} = \left(\frac{1}{M} + 2A_2C \right) P_\theta = \left(\frac{1}{M} + 2A_2C \right) \left(1 + \frac{16\pi^2 n_0^2 R_g^2}{3\lambda_0^2} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)$$

$$\frac{KC}{R_\theta} = \frac{1}{M} \left(1 + \frac{16\pi^2 n_0^2 R_g^2}{3\lambda_0^2} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \right) + 2A_2C \left(1 + \frac{16\pi^2 n_0^2 R_g^2}{3\lambda_0^2} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \right) \quad Q = (4\pi n/\lambda) \sin(\theta/2)$$

$$\frac{KC}{R_\theta} = \frac{1}{M} \left(1 + \frac{R_g^2 Q^2}{3\lambda_0^2} \right) + 2A_2C \left(1 + \frac{R_g^2 Q^2}{3\lambda_0^2} \right)$$


Azken formula oso erabilia da. Aplikazio irudikapen motaren arabera izango da, baina guztiak formula honetan oinarritzen dira.

Zimm irudikapena molekularen koefiziente biriala eta tamaina ezagutzeko aproposa da. Dispersio balio desberdinak lortzen dira kontzentrazio (c1, c2, c3...) eta angelu ezberdinetara. Neurketa bakoitzak (kontzentrazio eta angelu jakinekoa) puntu bat emango digu. Ondoren, puntu erreal horiek hartu eta estrapolatu egiten dira angelua eta kontzentrazioa 0 diren puntura arte (esperimentalki ezin da lortu, baldintza horietan ez baita dispersiorik ematen). Puntu horretan funtzioaren beste ekuazio bat lortzen da, formula aplikagarriagoa dena, bertatik parametro desberdinen balioak lortu ahal izateko.

Angelua zero denean, Q zero da. Ebaki puntua, 1/M da, eta malda 2A₂ izango dira.

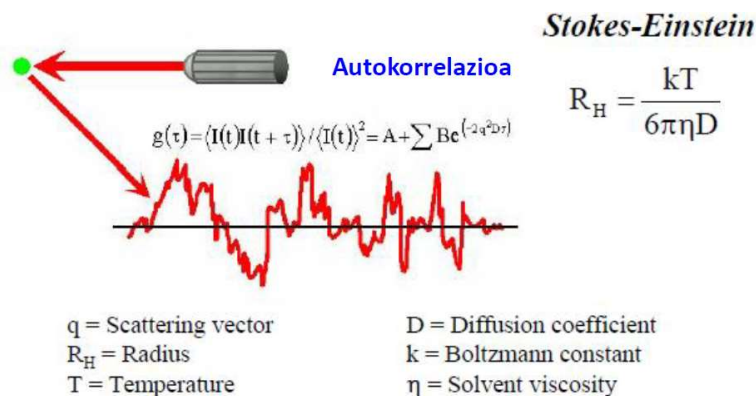
Dispersio Dinamikoa (DLS)

Dispersio mota honetan dispersatutako argiaren intentsitate aldaketak neurtzen dira denboran zehar. Molekulari buruzko informazio dinamikoa lor daiteke, hauen artean:

- Translazioa difusioaren koefizientea, zeinak partikularen mugimenduari buruzko informazioa emango digun.
- Erradio hidrodinamikoa.

Dispersio mota hau oso erabilia da nanoteknologian.

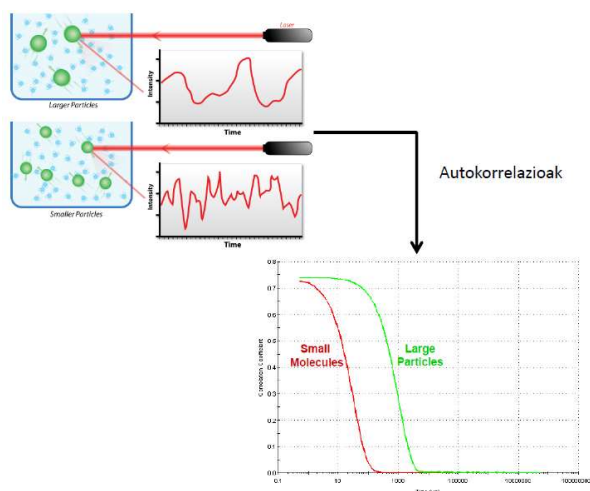
Esan bezala, argiaren dispersioaren intentsitate neurtzen da denboran zehar. Intentsitate aldaketak **mugimendu brownianoaren**, difusio koefizientearen eta tamainaren arabera dira eta horrez gain, neurketetan tenperatura eta medioaren biskositatea ere kontutan hartu beharko ditugu.



Neurtzen den intentsitate aldaketa partikularen tamainaren arabera izango da. Laserrak erabiltzen dira eta partikula ezberdinek ematen duten intentsitate aldaketen patroiak ezberdinak izango dira, hau da, partikula tamainaren arabera korrelazioa ezberdina izango da.

Grafikoetan y ardatzean korrelazio koefizientea adierazten da eta x ardatzean denbora. Ikus dezakegun bezala, hasieran korrelazioa handia da baina denboran zehar beherakada nabarmena gertatzen da.

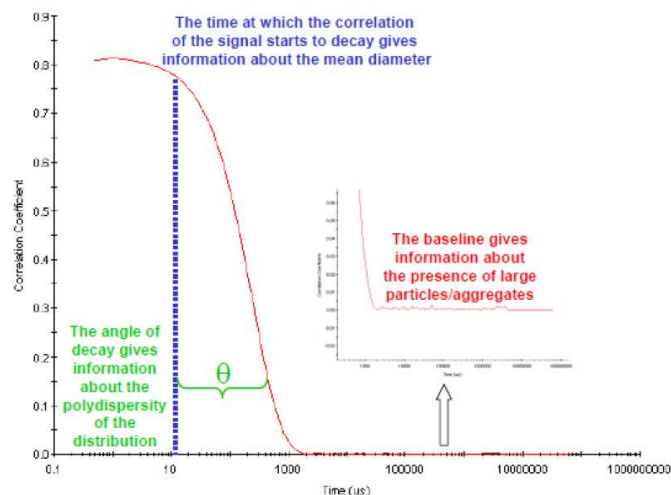
Tamainaren arabera, kurbaren itxura desberdina da. Partikula txikien korrelazioa askoz azkarrago jaisten da, izan ere difunditzeko erraztasun gehiago dute.



Korrelogramen interpretazioa: korrelazio faktorearen beherakada noiz hasten den begiratuta, partikularen tamainaren inguruko informazioa jasoko dugu, diametroaren inguruko informazioa. Horrez gain, korrelazioa 0-raino jaisten denean ematen duen tarte edo angelua nahastearen homogeneotasunarekin erlazionaturik dago.

- Korrelazioa bat-batean jaisten bada: nahastea homogeneoa da, partikulak oso antzekoak dira, korrelazioa galtzeko joera berdina dute denek. Homogeneoa den zerbait polidispersitate txikikoa dela esaten da.
- Kurba luzeagoa bada: nahastea heterogeneoagoa izango da, polidispersitate handiagoa. Beraz, osatzen den angelua ere handiagoa izango da, kurba zabalagoa baita.

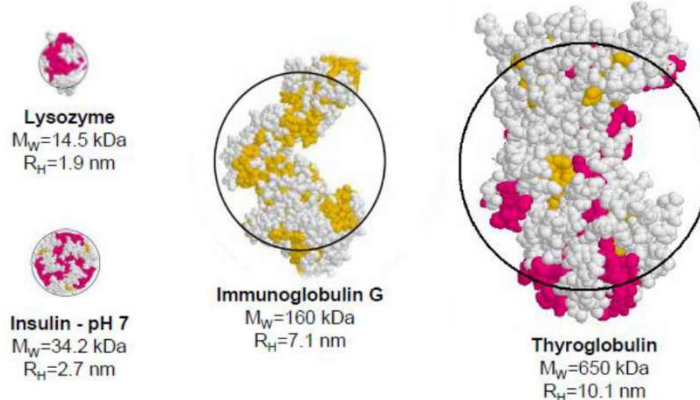
Korrelazio faktorea 0-ra jaisten denean, honek seinale gisa jardungo du, kasu honetan agregatuak daudela adieraziz.



Beraz aipatu bezala, DLS-ak aplikazio edo erabilera ezberdinak izango ditu:

Proteina ezberdinen erradio hidrodinamikoak:

Erradio hidrodinamikoa tamainarekin nola aldatzen den aztertzeak, ez digu konformazioaren inguruko informazioa ematen. Horrez gain, erradio hidrodinamikoa eta partikularen masa molekularra ez dira beti proportzionala izaten.

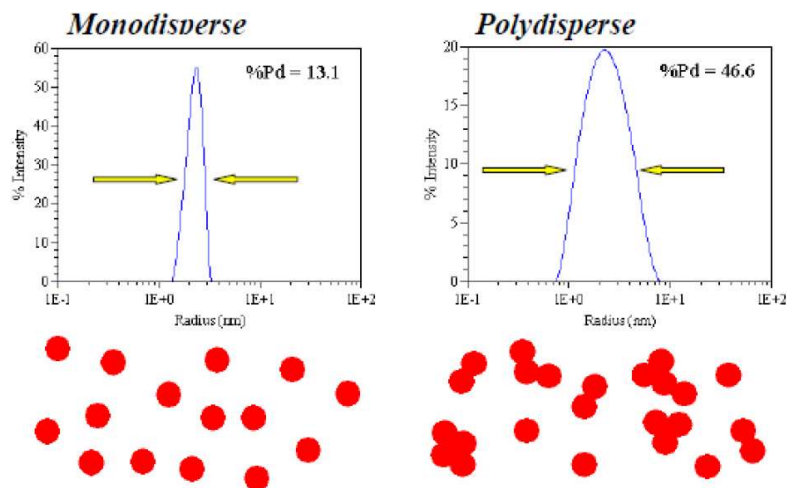


Homogeneotasunaren azterketa:

DLS bidez gure nahastea homogeneoa ala heterogeneoa den jakin daiteke. Polidispersitate faktorea zenbat eta handiagoa izan, orduan eta nahaste heterogeneoagoa izango dugu eta alderantziz.

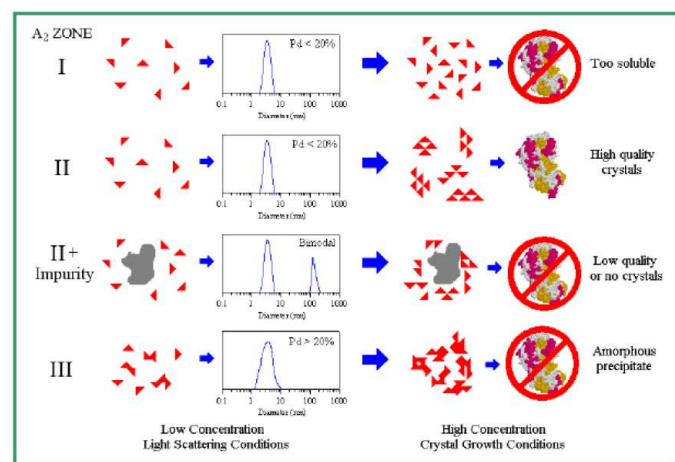
Polidispersitate handia → nahaste heterogeneoa → kurbaren itxura zabalagoa (partikula kopuru handiagoa). Maximoak partikula nagusia zein den esango digu.

Polidispersitate txikia → nahaste homogeneoa → histogrametan seinale estuak lortzen dira.



Jarraian dagoen irudian I eta II kasuetan polidispersitate berdineko nahasteak ditugu. Aldiz II+ kasuan intereseko partikulaz gain (triangelu gorriak), agregatu batzuk agertzen dira, 120 nm-tara beste bigarren piko bat agertzen baita, tamaina handiagoko partikula bat dagoela adierazten digu. III kasuan aldiz, I eta II kasuekin alderatuta, batzaz besteko tamaina pixka bat desplazatzen dela ikusten digu, eta pikoaren zabalera ere handitu egiten da. Azken lagin hau tamaina ezberdineko partikulez osatuta dago, monomeroak zein dimeroak daudela ondorioztatu daiteke.

Beraz, argiaren dispersio dinamikoak gure lagina nolako den esateko balioko digu.



🚦 Egitura kuaternarioaren identifikazioa:

DLS-ak ere polipeptidoen arteko elkarrekintzak ikusteko balio du. Kasu honetan, giza eta behi intsulina aztertu dira pH ezberdinetan neurketak eginez.

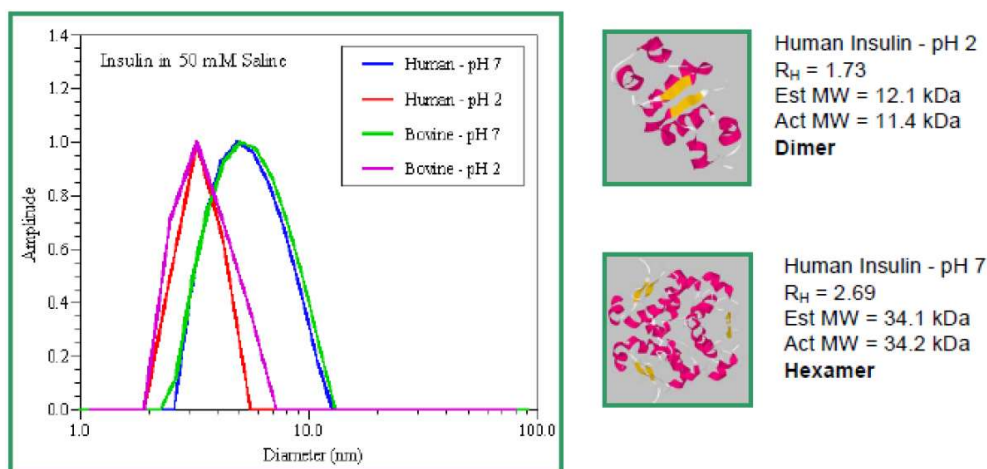
Lerro urdina: Giza intsulina pH 7-an.

Lerro berdea: Behi intsulina pH 7-an.

Lerro gorria: Giza intsulina pH 2-an.

Lerro morea: Behi intsulina pH 2-an.

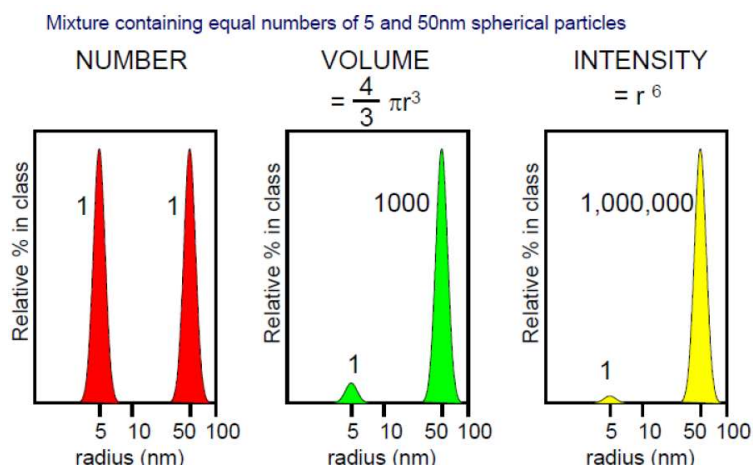
Irudian ikusten den modura, insulina pH 2-an dimero moduan agertzen da; pH7-an aldiz, hexamero moduan. Hori dela eta, pH bakoitzean pikoak x ardatzean kokaleku ezberdina izango dute, euren tamainaren arabera.



Beheko irudian 5 eta 50 nm-tako kopuru berdineko partikulen nahastea agertzen da. Grafiko bakoitzean neurketa ezberdinak egin dira: partikula kopurua, bolumena eta intentsitatea:

x ardatzean erradioa jartzen da eta y ardatzean tamaina bakoitzean dauden partikula kopurua. Berez 5 eta 50nm-tako partikula kopuru berdina dugu, tamaina da desberdintasuna. Beraz, ezingo gara intentsitateaz soilik baliatu. Izan ere, partikula handiek argi gehiago dispersatzen dute eta ondorioz seinale gehiago ematen dute.

Aparatuak neurtzen duena berez intentsitatea da. Partikulak ez balira esferikoak izango balioak ez lirake zuzenak izango.

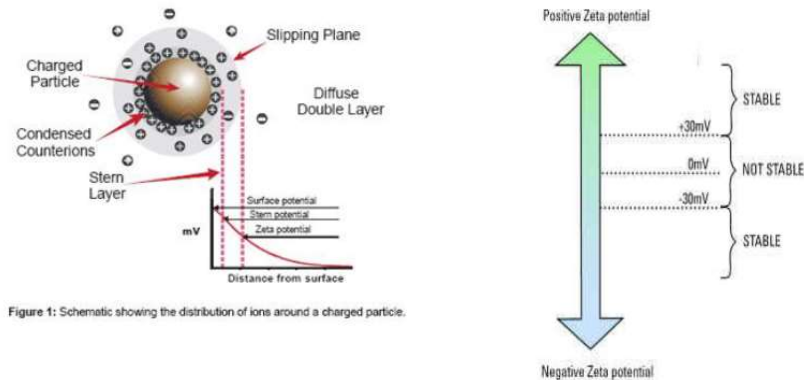


Behin DLS-aren inguruko informazioa jakinik, hainbat abantaila dituela esan daiteke:

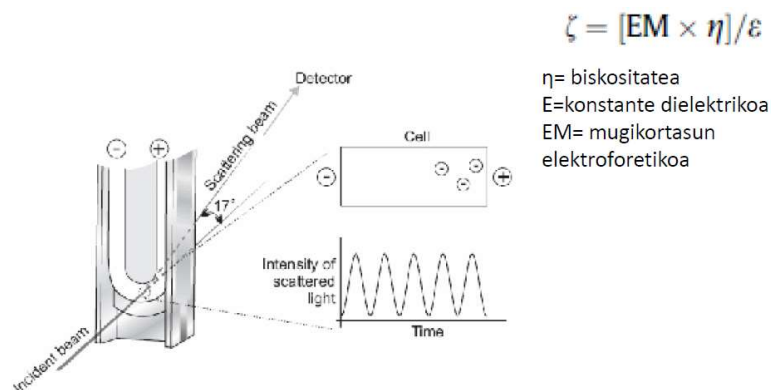
- Ez-inbasiboa da: ez diozu ezer sartu behar laginari, zundak esaterako, lagina zuzenean kubetan sartzen da.
- Sentsibilitate handia du: laginak nahiko diluituak sartu behar dira eta hau abantaila handia da.
- Bolumen txikiak erabiltzen dira: 20 µl nahikoa dira.

- Tamaina handiko molekulekiko oso sentikorraenez, oso kontzentrazio txikitan agregatuen presentzia detekta daiteke.

Z potentziala: oinarrian dispartzio dinamikoaren erabiltzen da, eta partikulen inguruko informazioa ematen digu. Zenbat eta Z potentzial handiagoa izan, orduan eta egonkorragoa izango da partikula, eta alderantziz. Parametro hau nanopartikulen ezaugarri garrantzitsua da.



ζ potentziala: eremu elektriko bat aplikatzen da eta partikulak bertan mugitzen dira. Oinarrian argiaren dispartzioa dago baina neurketak beste mota batekoak izaten dira. Mugikortasuna neurtzen da eta honek egonkortasunari buruzko informazioa ematen digu.



Transmisioaren norabidean dispartsatutako argiaren efektua:

- Dispartzioa dela eta, intentsitatearen galera eman daiteke. Lagin bat erradiazio elektromagnetiko bidez kitzikatzean dispartzio oso handia eman daiteke eta ondorioz transmitantziaren galera bat ematea posible da. Dispartzio handia bada, horrek erroreak ekar ditzake xurgapenaren neurketan, izan ere berez duen xurgapena baino handiagoa emango luke, transmitantzia galerari dagokiona delako. Baina makinak xurgapen moduan interpretatuko luke.
- Uhertasuna: $T = -\ln(I/I_0)$
- Uhertasuna eta dispartzioa Rayleigh-en zatikiaren (R_θ) bidez erlazionatzen dira:

$$T = (16 \pi / 3) R_\theta \quad \theta = 90^\circ$$