Максвеллийн тэгшитгэлийн, өөрөө цуглуулагч оптик керр орчинд асимптот бөхөх гэрлийн соронзон долгио шийд. Түүний зарим хялбар хэрэглээ.

Г.Очирбат[1,*] ,О.Нямсүрэн[2], Д.Улам-Оргих[1]

[1] *Физикийн тэнхим, Шинжлэх ухааны сургууль, МУИС*

[2] *Шинэ Монгол Технологийн дээд сургууль*

I. УДИРТГАЛ

Оптик холбооны багаж бүтээх зорилттой холбогдулан шугаман биш үе бүхий долгио хөтлөгчөөр гэрлийн долгио тарах асуудлыг судлаачид аль эртнээс сонирхсоор иржээ. Бид харин шугаман биш үе буюу илтсээр гэрлийн соронзон ба цахилгаан долгио тарах бодлого бодоход зориулан нилээд өвөрмөгц арга зүй боловсруулсан билээ[1-3].

Хавтгай дээр татсан тэнхлэг дагуу хавтгай долгио мэт, харин хавтгайд ортогональ тэнхлэгийн координатаас триваль биш хамааралтай сорснзон долгионы оронг дараах хэлбэртэй дүрсэлдэг.

$$E_x = iAe^{i\Phi_A}\varphi,\quad E_z = ee^{i\Phi_e}\varphi,\quad H_y = he^{i\Phi_e}\varphi,\quad \varphi = \exp(-\mathrm{i}\,\omega t + k_0\beta x)$$

Үүнд $A > 0, e > 0, h < 0,$ $k_0 = \omega / c, \beta -$ рефракцийн тогтмол.

Гэрлийн соронзон долгионы орон дахь өөрөө цуглуулагч оптик керр орчины диэлектикийн функц:

$$\mathsf{e} = \varepsilon + A^2 + e^2$$

Үүнд ε -диэлектрикийн тогтмол. Бид максвеллийн тэгшитгэлийг бодохдоо юуны урьд түүний хоёр анхны интегралыг ашиглан диэлектрикийн функцийн координаас хамаарах хамаарлыг олох зорилго тавьдаг; оронгийн амплитуд бүр диэлектрикийн функцээр илэрхийлэгддэг болохоор энэ нь долгионы оронг зураглах нэгэн хувилбар болж чаддаг.

Оронгийн амплитуд бүр диэлектрикийн функцээр дараах байдлаар илэрхийлэгддэг

$$h^2 = \frac{\mathsf{e}}{2\beta^2 - \mathsf{e}}\frac{\mathsf{e}^2 - \varepsilon^2 - 2cnst}{2},\quad A^2 = \mathsf{e} - \varepsilon - \frac{\beta^2}{\mathsf{e}^2}h^2,$$

$$e^2 = \frac{\beta^2}{2\beta^2 - \mathsf{e}}\frac{\mathsf{e}^2 - \varepsilon^2 - 2cnst}{2\mathsf{e}} \qquad (1)$$

Диэлектрикийн функцээс координатаар авсан уламжлал:

$$\frac{d\mathsf{e}}{dz} = \frac{(\mathsf{e} - 2\beta^2)}{\mathsf{e}/2 + e^2}Ah\cos\Delta\Phi,\ \text{где}\ \Delta\Phi = \Phi_e - \Phi_A \qquad (2)$$

$$\frac{1}{2}Ah\sin\Delta\Phi = c0 \qquad (3)$$

(1) ба (3) ийн тусламжтайгаар (2)нь диэлектрикийн функцийн координатаас хамаарах хамаарлыг тодорхойлох тэгшитгэл болж хувирна. Энэ хамаарал нь

$$z - z_0 = \int_{\mathsf{e}_0}^{\mathsf{e}} \frac{(\frac{\mathsf{e}}{2} + e^2)\,d\mathsf{e}}{(\mathsf{e} - 2\beta^2)\,\mathrm{Ah}\cos\Delta\Phi} \qquad (4)$$

Бид энэ битүүлэг интеграл шийдийг $\beta^2, 2cnst, c0$ гурван параметраас хамаарулан дэлгэрэнгүй шинжилсэн болно[1-3].

II. АСИМПТОТ БӨХӨХ СОРОНЗОН ДОЛГИО ШИЙД

(1) ийг ажиглахад $\mathsf{e} \to \varepsilon$ хязгаарт $A^2 \to 0,\quad h^2 \to 0$ болохын тулд $2cnst = 0$ байх нь мэдэгдэнэ. Бас (3) аас харахад $c0 = 0$ болохын тулд

$\sin\Delta\Phi = 0$ буюу $\cos\Delta\Phi = \pm 1$ (5)

(1) илэрхийллүүдийн шинжилгээнээс үзэхэд $A^2 \geq 0 \&\& h^2 \geq 0$ нөхцөлд $\mathsf{e} \to \varepsilon$ хязгаар үүсэх боломж зөвхөн $\beta^2 \geq \varepsilon$ тохиолд e хэмжигдүүн $[\varepsilon, \theta]$ завсарт тодорхойлогдсон байхад л гарч ирдэг. Үүнд

$$\theta = \frac{3}{4}\beta^2 + \sqrt{\frac{9}{16}\beta^4 - 0.5\beta^2\varepsilon} \qquad (6)$$

$[\varepsilon, \theta]$ завсрын доод хил болох ε цэг нь A^2h^2 функцийн хоёрдугаар эрэмбийн тэг цэг, харин дээд хил болох θ цэг нь нэгдүгээр эрэмбийн тэг цэг мөн гэдгийг цохон тэмдэглэе.

Анхны утгын бодлогын (4) шийд интеграл дорх илэрхийлэл дэх Ah функцийн араншингаас ноцтой хамаарах тул тодорхой төсөөлөл өгөхийн

[*] Electronic address:

тулд бид энэ функцийн явцыг график 1-д харуулав.

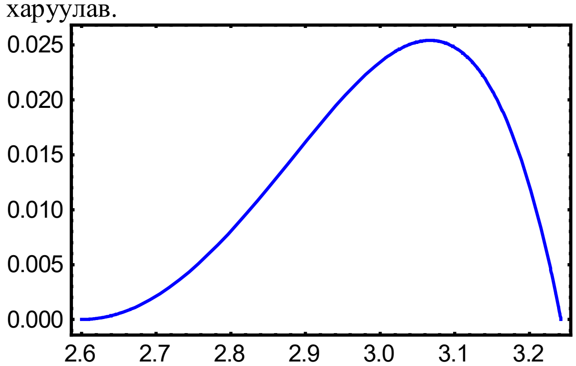

График 1. A^2h^2 функциин график. Параметрууд: $\varepsilon = 2.6,\ \beta^2 = 2.95$ Тодорхойлолтын муж: $(\varepsilon, \theta) = (2.6,\ 3.24214)$. Функц $e = \xi = (4\beta^2 - \varepsilon)/3 = 3.0667$ - цэг дээр максимумтай. $e = \varepsilon = 2.6$ цэг бол энэ функцийн хоёрдугаар эрэмбийн тэг цэг мөн.

Анхны утгын бодлогын (4)-шийд $\cos\Delta\Phi = \pm 1$ ийн тэмдэгийн анхны сонголтоос хамаарч асимптот бөхөх долгио тарах хоёр өөр горимыг дүрсэлнэ.

1R. $\cos\Delta\Phi = -1$ тохиол. 0Z тэнхлэгийн сөрөг чигт диэлектрикийн функц анхны e_0 утгаасаа эхлэн өссөөр хамгийн их θ утгадаа хүрчихээд цааш монотонно буурсаар ε нутга руу эмүүлнэ.Энэтохиолд ярьсан зүйлийг ойлгомжтой болгохын үүлнээс диэлектрикийн функцийн координатаас хамаарах хамааралыг харуулсан жишээ гаргая. График 2-г үзнэ үү.

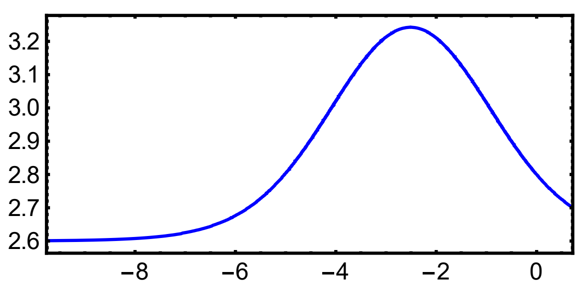

График 2. $e(z)$ функцийн график. $\cos\Delta\Phi = -1$, $\varepsilon = 2.6,\ \beta^2 = 2.95$. Диэлектрикийн функцийн утгуудын муж: $(\varepsilon, \theta) = (2.6,\ 3.24214)$. Анхны утга: $(z_0, e_0) = (0, 2.8)$. OZ тэнхлэгийн сөрөг чиглэлд диэлектрикийн функц анхны e_0 утгаасаа эхлэн өссөөр хамгийн их θ утгадаа хүрчихээд цааш буурсаар ε утга руу тэмүүлнэ.

2R. $\cos\Delta\Phi = +1$ тохиол. 0Z тэнхлэгийн сөрөг чиглэлд диэлектрикийн функц анхны e_0 утгаасаа эхлэн үргэлж буурсаар ε утга руу тэмүүлнэ. 3 графике үзнэ үү

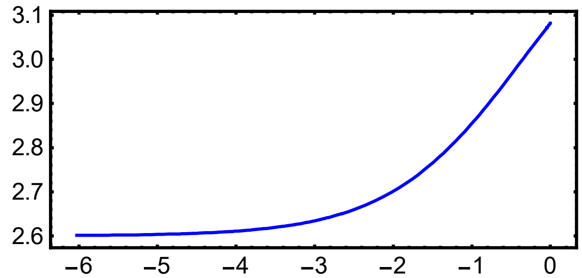

График 3. $e(z)$ функцийн график. $\cos\Delta\Phi = +1$, $\varepsilon = 2.6,\ \beta^2 = 2.95$. Анхны утга: $(z_0, e_0) = (0, 3.0816)$. OZ тэнхлэгийн сөрөг чиглэлд диэлектрикийн функц анхны e_0 утгаасаа эхлэн бууран буурсаар ε утга руу тэмүүлнэ.

III. ГАДАРГУУН ДОЛГИО

Асимптот бөхөх соронзон долгио шийдийг диэлектрик ба өөрөө цуглуулагч керр орчинхоёрын заагт тохиолдох гадаргуун долгионы бодлогод хэрэглэж болно. (z>0) шугаман диэлектрик орчин ба (z<0) өөрөө цуглуулагч керр орчин хоёрын (z=0) зааг хавтгай дагуу тарах гэрлийн соронзон долгио байж болох бүх нөхцөлийг хоёр орчны диэлектрикийн тогтмол $\varepsilon_1, \varepsilon$ ба рефракцийн тогтмол β гэсэн гурван параметраас хамаруулан илрүүлэх зорилт тавья. Энэ зорилгын үүднээс диэлектрикийн функц (z=0) зааг хавтгай дээрх e_0 утгаасаа эхлэн (z<0) өөрөө цуглуулагч керр орчны гүн тийш хувьсахдаа яваандаа ε утга руугаа тэмүүлэх боломжийг судлая.

Шугаман орчинд $z \to \infty$ хязгаарт бөхөх соронзон долгио байх нөхцөл нь $\varepsilon_1 < \beta^2$ мөн гэдгийг юуны урьд тэмдэглэе.

Заагийн нөхцөл ашиглахад $\varepsilon_1, \varepsilon$, β^2 параметрууд ба зааг хавтгай дээрх өөрөө цуглуулагч керр орчны диэлектрикийн функцийн утга e_0 эдгээр дөрвөн хэмжигдүүнээр интегралчлалын тогтмол илэрхийлэгдэнэ.

$$2cnst = -\varepsilon^2 + e_0^2 - \frac{2(2\beta^2 - e_0)(e_0 - \varepsilon)}{e_0((-\varepsilon_1 + \beta^2)/\varepsilon_1^2 + \beta^2/e_0^2)}$$

$2cnst = 0$ гэж эндээс β^2 г бусад хэмжигдүүнээр нь илэрхийлбэл

$$\beta^2 = \frac{\varepsilon_1 e_0^2(\varepsilon - 2\varepsilon_1 + e_0)}{-3\varepsilon_1^2 e_0 + e_0^3 + \varepsilon(\varepsilon_1^2 + e_0^2)} \qquad (7)'$$

Хэрвээ бид

$$x_0 = e_0/\varepsilon, \quad a = \varepsilon_1/\varepsilon, \quad \mathrm{v}2r = \beta^2/\varepsilon, \quad \theta r = \theta/\varepsilon \qquad (8)$$

гэж тэмдэглэвэл (7)’ нь

$$\text{v}2r = \frac{a x_0^2(1-2a+x_0)}{-3a^2 x_0 + x_0^3 + (a^2 + x_0^2)} \qquad (7)$$

Түүнчлэн гадаргуун соронзон долгио оршин байх

$$\varepsilon_1 < \beta^2, \quad \varepsilon < \beta^2, \quad \varepsilon < \text{e}_0 < \theta \qquad (8)'$$

нөхцөлүүд нь

$$a < \text{v}2r, \quad 1 < \text{v}2r, \quad 1 < x_0 < \theta r \qquad (8)$$

хэлбэртэй бичигдэнэ. Үүнд

$$\theta r = \frac{3}{4}\text{v}2r + \sqrt{\frac{9}{16}\text{v}2r^2 - 0.5\text{v}2r} \qquad (9)$$

Тэгэхлээр одоо $\varepsilon_1, \varepsilon$, β^2 параметруудын өгөгдсөн утгад (8) нөхцөлүүдтэй нийцэх диэлектрикийн функцийн, зааг хавтгай дээрх, x_0 утга олдохуу олдвол эдгээр параметруудаар яаж тодорхойлогдох вэ гэсэн асуултанд хариулах л үлдлээ. Шинжилгээнд (7) илэрхийллийн полюс xp ийн байршил a - параметрийн утгаас хамаарах хамаарал чухал баримжаа болж өгөв. x_0 ийн утгын эерэг мужид полюс үүсгэж чадах a -параметрийн хамгийн бага утга:

$$a0 = 0.847487$$

байдагтай холбогдуулан a -параметрийн утгуудыг

$$0 < a < a0, \quad a0 \le a < 1, \quad a \ge 1$$

3 мужид хувааж муж тус бүрд шинжилгээ үйлдэв. Үүнээс эхний хоёр мужид наад зах нь $\text{v}2r > 1$ нөхцөл хангагдахгүй байв. (7) илэрхийллийн полюс $xp \ge 1$ байлаг сүүлчийн мужийг шинжлэхэд $x_0 \le \theta r$ нөхцлийг хангах x_0 ийн утгын доод хязгаар:

$$x01 = 3a/4 + \sqrt{(3a/4)^2 - .5a} \qquad (10)$$

гэж тогтоогдов. Энэ хязгаарын утгад харгалзах $\text{v}2r$ ийн утга өөрөө a тай тэнцэнэ. Энэ $x01$ утга нь a -параметрийн тухайн утгад харгалзах xp полюсд ойрхон, зүүн талд нь байршина. Харин xp полюс өөрөө, a -параметрийн утгаар, дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$xp = -\frac{1}{3} - \frac{-1-9a^2}{3(-1-27a^2+3\sqrt{3}\sqrt{a^2+18a^4-27a^6})^{1/3}} + \frac{1}{3}(-1-27a^2+3\sqrt{3}\sqrt{a^2+18a^4-27a^6})^{1/3} \qquad (11)$$

(8) нөхцөлүүдийг хангах x_0 -ийн утгуудын муж:

$$(x01,\ x02), \text{ үүнд } x02 = xp$$

Үүнтэй уялдан, (8) нөхцөлүүдийг хангах, $\text{v}2r$ -ийн утгуудын муж: (a, ∞) болно.

x_0 ийн авч болох утгуудын доод ба дээд хязгаар $x01$ ба $x02$ тус бүр a -параметрийн утгаас хамаарах байдлыг график 4-т үзүүлбээс

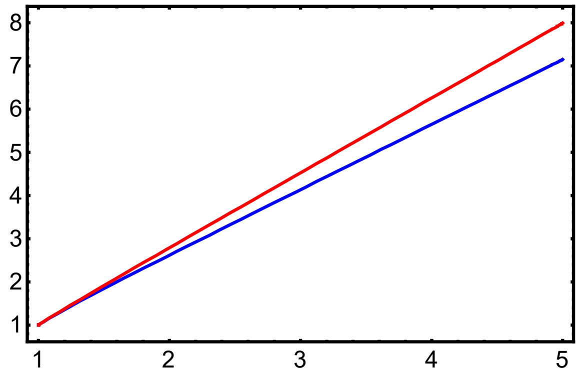

График 4. График 4-өөс харахад зааг хавтгай дээр диэлектрикийн функцийн авч болох утгуудын мужийн хэмжээ нь a -параметрийн утга ихсэхийн хирээр өргөсдөг, харин $a \to 1$ хязгаартаа тэг болдог байна. Энэ нь $\varepsilon_1 = \varepsilon$ байхад гадаргуун соронзон долгио үүсэхгүй, харин a ийн утга 1 ээс ялимгүй их болоход л x_0-ийн авч болох утгын маш нарийханмуж бий болно,үүнтэй уялдан $\text{v}2r$ хэмжигдүүн энэ маш нарийхан завсарт а -аас эхлэн хязгааргүй хүртэл утга авч болно. Ерөөс аль ч а $(a>1)$ -д $\text{v}2r$ ийн зөвшөөрөгдөх утгуудын мужийн доод хязгаар $\text{v}2r = a$ өөрөө зөвшөөрөгдөх утга биш ээ.

Яригдсан зүйлээс дараах дүгнэлт гарна. ε_1 диэлектрикийн тогтмолтой диэлектрик, ε диэлектрикийнл тогтмолтой өөрөө цуглуулагч керр орчин хоёрын зааг хавтгай дагуу тарах гадаргуун соронзон долгио байж болох ерөнхий нөхцөл нь $a > 1$ (буюу)

$$\beta^2 > \varepsilon_1 > \varepsilon \qquad (12)$$

Гадаргуун соронзон долгионы бодлогод, бүр анхнаасаа , $\varepsilon_1 / \varepsilon$ харьцаа ба зааг хавтгай дээрх e_0 утгаар β^2 -г тодорхойлох зорилго тавигддаггүй байж таараа,харин өгөгдсөн $\varepsilon_1 / \varepsilon$ харьцаа ба рефракцийн тогтмолын өгөгдсөн β утгаар зааг хавтгай дээрх e_0 утгыг олох шаардлага үүсэх нь мэдээж. Үүнтэй холбогдуулан $a > 1$ ба $\text{v}2\text{r} \in (a, \infty)$ нөхцөлд $x_0 = \text{e}_0 / \varepsilon$ -ийг a ба $\text{v}2r$ ээр тодорхойлох томъёо толилуулъя.

$$x_0 = -\frac{-a+2a^2+\mathrm{v}2r}{3(-a+\mathrm{v}2\mathrm{r})} - (2^{1/3}(-9a^2\mathrm{v}2r(-a+\mathrm{v}2r)-(-a+2a^2+\mathrm{v}2r)^2))/$$
$$(3(-a+\mathrm{v}2r)(2a^3-12a^4+24a^5-16a^6-6a^2\mathrm{v}2r+24a^3\mathrm{v}2r-78a^4\mathrm{v}2r+54a^5\mathrm{v}2r+$$
$$6a\mathrm{v}2r^2-12a^2\mathrm{v}2r^2+108a^3\mathrm{v}2r^2-54a^4\mathrm{v}2r^2-2\mathrm{v}2r^3-54a^2\mathrm{v}2r^3+$$
$$\sqrt{((}2a^3-12a^4+24a^5-16a^6-6a^2\mathrm{v}2r+24a^3\mathrm{v}2r-78a^4\mathrm{v}2r+54a^5\mathrm{v}2r+$$
$$6a\mathrm{v}2r^2-12a^2\mathrm{v}2r^2+108a^3\mathrm{v}2r^2-54a^4\mathrm{v}2r^2-2\mathrm{v}2r^3-54a^2\mathrm{v}2r^3)^2+$$
$$4(-9a^2\mathrm{v}2r(-a+\mathrm{v}2r)-(-a+2a^2+\mathrm{v}2r)^2)^3))^{1/3})+\frac{1}{3\,2^{1/3}(-a+\mathrm{v}2\mathrm{r})} \quad (13)$$
$$(2a^3-12a^4+24a^5-16a^6-6a^2\mathrm{v}2r+24a^3\mathrm{v}2r-78a^4\mathrm{v}2r+54a^5\mathrm{v}2r+$$
$$6a\mathrm{v}2r^2-12a^2\mathrm{v}2r^2+108a^3\mathrm{v}2r^2-54a^4\mathrm{v}2r^2-2\mathrm{v}2r^3-54a^2\mathrm{v}2r^3+$$
$$\sqrt{((}2a^3-12a^4+24a^5-16a^6-6a^2\mathrm{v}2r+24a^3\mathrm{v}2r-78a^4\mathrm{v}2r+54a^5\mathrm{v}2r+$$
$$6a\mathrm{v}2r^2-12a^2\mathrm{v}2r^2+108a^3\mathrm{v}2r^2-54a^4\mathrm{v}2r^2-2\mathrm{v}2r^3-54a^2\mathrm{v}2r^3)^2+$$
$$4(-9a^2\mathrm{v}2r(-a+\mathrm{v}2r)-(-a+2a^2+\mathrm{v}2r)^2)^3))^{1/3}$$

Сая үзсэн диэлектрик ба өөрөө цуглуулагч керр орчин хоёрын зааг хавтгайг дагах гадаргуун соронзон долгио шугаман аналоггүй юм. Хэрвээ бид хоёр өөр шугаман орчны зааг авч үзсэнсэн бол (7) ийн оронд

$$\mathrm{v}2r = \frac{a}{1+a} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon+\varepsilon_1} \quad (14)$$

гарах байлаа. Энэ дүн бас (7)-д $x_0 = 1$ гэж тавихад гарч ирнэ. (14) аас харахад хэрвээ $\varepsilon_1 > 0 \,\&\&\, \varepsilon > 0$ бол гадаргуун соронзон долгио үүсэх $\mathrm{v}2r > 1$ нөхцөл яав ч биелэхгүй.
Харин $a = \varepsilon_1/\varepsilon < -1$ бөгөөд $\varepsilon_1 < 0 \,\&\&\, \varepsilon > 0$ байваас $(\mathrm{z} < 0)$ суурь орчины хувьд $\mathrm{v}2r > 1$ нөхцөл хангагдах нь тодорхой байна. Энэ нь метал-диэлектрик зааг $a < -1$ тохиолд гадаргуун соронзон долгиог дэмждэг гэсэн үг. Үүнийг лавшруулан бид металл-өөрөө цуглуулагч керр орчин заагийн тохиолд гадаргуун соронзон долгио байх боломжийг шинжилэв.
$\beta^2 > \varepsilon_1$ нөхцөл триваль биелэгдэнэ, яагаад гэвэл, $\varepsilon_1 < 0$. Бас $a = \varepsilon_1/\varepsilon < -1$ байхад (7) ба (9) илэрхийллүүд

$$1 < \mathrm{v}2r, \quad 1 < x_0 < \theta r$$

нөхцөлүүдтэй нийцэхийн тулд $x_0 \in (1, xp)$ байвал зохино, үүнд xp нь (7) илэрхийллийн полюс, түүнийг бас (10) томъёогоор бодож тодорхойлно. Хэрвээ $\mathrm{v}2r$ -г x_0 оос функц гэх юм бол $(1, xp)$ интервал дээр $a/(1+a)$ утгаас эхлэн хязгааргүй болтлоо монотонно өснө. Иймээс $a = \varepsilon_1/\varepsilon < -1$ тохиолд β^2 ийн $a/(1+a)$ аас их утгад гадаргуун долгионы бодлого цорын ганц шийдтэй. Үүнд (4) шийдэд $z_0 = 0$ зааг хавтгай дээрх диэлектрикийн функциин e_0 утгыг (12) томъёогоор тодорхойлж бас $\cos\Delta\Phi = -1$ гэж тавих хэрэгтэй. (4) шийдээр илэрхийлэгдэж буй өөрөө цуглуулагч керр орчинд асимптот бөхөх соронзон долгио нь 1R горимоор явагдах болно.

IV. ДОТООД БҮРЭН ОЙЛТ

Асимптот бөхөх соронзон долгио шийдийг бас дотоод бүрэн ойлтын бодлогод хэрэглэж болно. ε_1 диэлектрикийн тогтмолтой $(\mathrm{z} > 0)$ орчиноос гэрлийн соронзон хавтгай долгио $(\mathrm{z} < 0)$ өөрөө цуглуулагч керр орчны ($\mathrm{z} = 0+$) хавтгай гадаргуу дээр тусч ойж байгаа гэж төсөөлөн бодъё. Энэ тохиолд рефракцийн тогмолын квадрат β^2 тусгалын өнцөг ϑ хоёр хоорондоо $\beta^2 = \varepsilon_1 \sin^2\vartheta$, гэж холбогдоно.
Шугаман орчинд орон нь туссан ба ойсон долгио тус бүрийн орны нийлбэртэй тэнцүү тул $z = 0+$ дээр соронзон орны y компонент:

$$H_{1,y\,tot} = H_{1,y}(1+\mathrm{r}),$$

үүнд, $H_{1,y}$ -туссан долгионы соронзон орны y-компонент , r – ойлтын фактор.
$z = 0+$ дээр цахилгаан орны x компонентыг Максвеллийн тэгшитгэл хэрэглэн тодорхойлбол

$$E_{1,x,\mathrm{tot}} = (\mathrm{r}-1)\sqrt{1/\varepsilon_1}\cos\vartheta H_{1,v}$$

$z = 0\pm$ дээр $H_y / E_{\mathrm{x}},$ харьцаа тасралтгүй байх нөхцөл:

$$\frac{1+r}{r-1}\frac{\sqrt{\varepsilon_1}}{\cos\vartheta}=\frac{h\exp(\mathrm{i}\,\Phi_e)}{iA\exp(\mathrm{i}\,\Phi_A)} \qquad (15)$$

Дотоод бүрэн ойлтын тохиолд $r=\exp(\mathrm{i}\,\sigma)$, σ - өнцөг туйлширлын өөрчлөлтийг тусгана. (15) аас

$$\Delta\Phi=\Phi_e-\Phi_A,\quad \sin\Delta\Phi=0,\ \text{буюу}\ \cos\Delta\Phi=\pm1 \qquad (16)$$

$$tg\frac{\sigma}{2}=\sqrt{\varepsilon_1}\frac{1}{\cos\vartheta}\frac{h}{A}\cos\Delta\Phi \qquad (17)$$

$\cos\Delta\Phi=\pm1$ ийн тэмдгийн сонголтоос σ өнцгийн тэмдэг тодийгүй $(z<0)$ өөрөө цуглуулагч керр орчинд асимптот бөхөх долгио тарах горим хамаарна. A^2 ба h^2 ийн (1) илэрхийлэлүүд ашиглан $tg^2\frac{\sigma}{2}$ -ийг диэлектрикийн функциин $z=0-$ зааг хавтгай дээрх e_0 утгаар илэрхийлбэл

$$tg^2\frac{\sigma}{2}=\frac{-\varepsilon\beta^2+(3\beta^2-2\mathsf{e}_0)\mathsf{e}_0}{\mathsf{e}_0^2(\varepsilon+\mathsf{e}_0)}\frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_1-\beta^2} \qquad (18)$$

Зааг хавтгай дээр туссан энергийн урсгал (хэмжээсгүй)

$$s=\frac{1}{8}(\varepsilon_1\mathrm{A}^2+\mathrm{h}^2\frac{\varepsilon_1-\beta^2}{\varepsilon_1})\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_1-\beta^2}}$$

Үүнийг $z=0-$ зааг хавтгай дээрх диэлектрикийн функциин e_0 утгаар илэрхийлбэл

$$s=\frac{(\varepsilon-\mathsf{e}_0)(\varepsilon(-\varepsilon_1^2\beta^2+\mathsf{e}_0^2(\varepsilon_1-\beta^2))+\mathsf{e}_0(\varepsilon_1^2(3\beta^2-2\mathsf{e}_0)+\mathsf{e}_0^2(\varepsilon_1-\beta^2)))}{16\varepsilon_1\mathsf{e}_0(-2\beta^2+\mathsf{e}_0)\sqrt{\varepsilon_1-\beta^2}} \qquad (19)$$

$tg\frac{\sigma}{2}=-\sqrt{tg^2\frac{\sigma}{2}}\cos\Delta\Phi$ ба s хоёулаа нэгэн e_0 хэмжигдүүнээр илэрхийлэгдэж байгаа болохлоор дотоод бүрэн ойлт зааг хавтгай дээр туссан энергийн урсгалаас хамаардаг гэсэн үг. Энэ хамаарал заримдаа нэгэн утгатай биш байдаг, энэ нь ижилхэн хэмжээтэй энергийн урсгал өөр, өөр ойлт өдөөх боломжтой гэсэн хэрэг. Үүнийг гайхаад байх хэрэггүй, учир нь гэвэл,иймэрхүү гистерезисийн үзэгдэл шугаман биш динамикт элбэг тохиолддог юм. Жишээ болгож $\varepsilon_1=3.01$, $\varepsilon=2.5$, $\beta^2=2.95$, $\cos\Delta\Phi=-1$ тохиолд дотоод бүрэн ойлт зааг хавтгай дээр туссан энергийн урсгалаас хамаарах хамаарлыг график 5-д үзүүлэв.

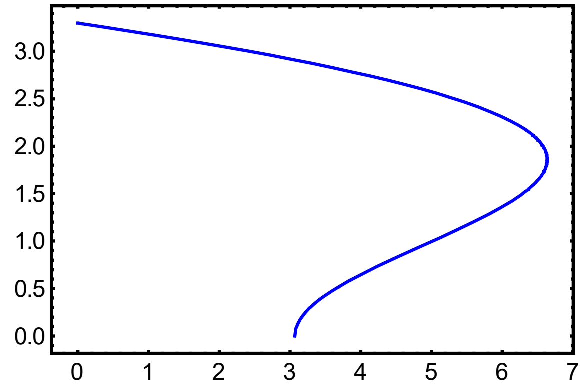

График 5. Муруй шугам сүүл хэсэгтээ хоёр утгат холбоог илэрхийлж байна. Хэрвээ бүр анхнаасаа $\cos\Delta\Phi=+1$ гэж сонгосон бол энэ графикт зөвхөн σ өнцгийн тэмдэг л өөр байх байсан.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү ажлыг гүйцэтгэхэд дэмжлэг үзүүлж суурь судалгааны SSA_017/2016 төслийг санхүүжүүлсэн ШУТС болон БСШУСЯ талархал илэрхийлье. Гэрэл бодисын харилцан үйлчлэл сэдвийн хүрээнд явуулдаг манай судалгаанд ач холбогдол өгч дэмжиж тусалсаар ирсэн проф. Ж.Даваасамбууд баярлалаа гэж хэлье, эрдмийн ажилд нь их амжилт хүсье.

НОМ ЗҮЙ

[1] Г.Очирбат, О. Нямсүрэн. Өөрөө цуглуулагч керр орчин дахь гэрлийн стационар ТМ асимптот босоо долгио МУИС, ЭШБ 2006 №282(14) 80-81.

[2] Г.Очирбат, О. Нямсүрэн. Өөрөө цуглуулагч керр орчин дахь гэрлийн стационар ТМ долгионы оронд диэлектрикийн функц параметруудаас хамаарах нь МУИС, ЭШБ 2006 №282(14) 64-73.

[3] О. Нямсүрэн, Г.Очирбат. Гэрлийн стационар соронзон босоо долгио. Товчоо МУИС, ЭШБ 2009 №309(15) 122-125.