ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงตัวอย่างธาตุที่ผลิตไอออนได้ด้วยวิธีอาร์คในสูญญากาศพร้อมอัตราส่วนของ Charge state เมื่อกระแสอาร์คเท่ากับ 100 แอมแปร์[15]

Element	Z	Q=1+	2+	3+	4+	5+	6+	$\overline{Q}_p$
Li	3	100						1.0
C	6	100						1.0
Mg	12	46	54					1.5
Al	13	38	51	11				1.7
Si	14	63	35	2				1.4
Ca	20	8	91	1				1.9
Sc	21	27	67	6				1.8
Ti	22	11	75	14				2.1
V	23	8	71	20	1			2.1
Cr	24	10	68	21	1			2.1
Mn	25	49	50	1				1.5
Fe	26	25	68	7				1.8
Co	27	34	59	7				1.7
Ni	28	30	64	6				18
Cu	29	16	63	20	1			2.0
Zn	30	80	20					1.2
Ge	32	60	40	*				1.4
Sr	38	2	98					2.0
Y	39	5	62	33				2.3
Zr	40	1	47	45	7			2.6
Nb	41	1	24	51	22	2		3.0
Mo	42	2	21	49	25	3		3.1
Pd	46	23	67	9	1			1.9
Ag	47	13	61	25	1			2.1
Cd	48	68	32					1.3
In	49	66	34	*				1.4
Sn	50	47	53					1.5

Element	Z	Q=1+	2+	3+	4+	5+	6+	$\overline{Q}_p$
Ba	56		100					2.0
La	57	1	76	23				2.2
Ce	58	3	83	14				2.1
Pr	59	3	69	28				2.2
Nd	60		83	17				2.2
Sm	62	2	83	15				2.1
Gd	64	2	76	22				2.2
Dy	66	2	66	32				2.3
Ho	67	2	66	32	*			2.3
Er	68	1	63	35	1			2.4
Yb	70	3	88	8				2.1
Hf	72	3	25	51	21	1		2.9
Ta	73	2	33	38	24	3		2.9
W	74	2	23	43	26	5	1	3.1
Ir	77	5	27	46	11	1		2.7
Pt	78	12	69	18	1			2.1
Au	79	14	75	11				2.0
Pb	82	36	64					1.6
Bi	83	83	17					1.2
Th	90		24	64	12			2.9
U	92		12	58	30			3.2

หมายเหตุ : * คือ มีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า 1%

ภาคผนวก ข

1. การแจกแจงแบบโบซ์มานซ์ (Boltzmann's distribution)

$$n_v(E) = n_0 \exp(\frac{-E}{k_B T}) \qquad (ข.1)$$

เมื่อ $n_v(E)$ = ความหนาแน่นของอนุภาคที่ระดับพลังงาน E

n_0 = ความหนาแน่นของอนุภาคทั้งหมด

k_B = Boltzmann's constant

2. การแจกแจงแบบแมกซ์เวล-โบซ์มานซ์ (Maxwell-Boltzmann's distribution)

$$N_v = \frac{dN}{dv} = 4\pi N(\frac{m}{2\pi k_B T})^{3/2} v^2 \exp(\frac{-mv^2}{2k_B T}) \qquad (ข.2)$$

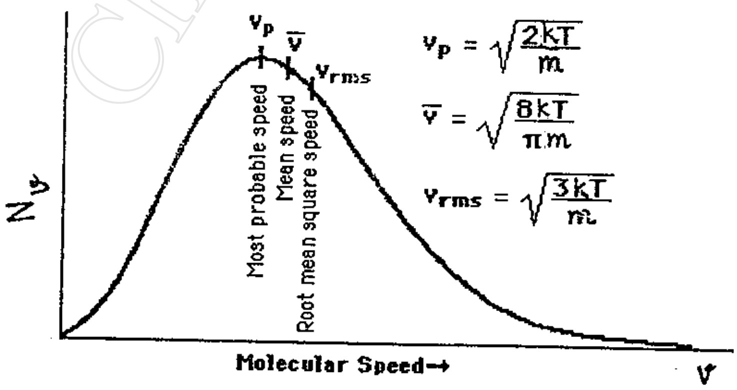
เมื่อ N = จำนวนอนุภาคทั้งหมด

N_v = จำนวนอนุภาคที่มีอัตราเร็ว v

m = มวลของอนุภาค

v = อัตราเร็วของอนุภาค

T = อุณหภูมิ



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงการแจกแจงแบบ Maxwell-Boltzmann's distribution

2.1 การพิสูจน์หาค่าอัตราเร็ว root mean square (v_{rms})

จากสมการ $$\frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}k_BT \quad (ข.3)$$

$$\bar{v}^2 = \frac{3k_BT}{m}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}} \quad (ข.4)$$

2.2 การพิสูจน์หาค่าอัตราเร็วเฉลี่ย (average speed; $\bar{v}$)

จากสมการ $$\bar{v} = \frac{1}{N}\int_0^\infty v dN \quad (ข.5)$$

ดังนั้น $$\bar{v} = \frac{1}{N}\int v(\frac{m}{2\pi k_BT})^{3/2} v^2 \exp(\frac{-mv^2}{2k_BT})dv \quad (ข.6)$$

ให้ $$A = 4\pi N(\frac{m}{2\pi k_BT})^{3/2} \quad \text{และ} \quad \beta = \frac{m}{2k_BT} \quad (ข.7)$$

จะได้ว่า $$\bar{v} = \frac{1}{N}\int_0^\infty Av^3 \exp(-\beta v^2)dv$$

$$\bar{v} = \frac{A}{N}\int_0^\infty v^3 \exp(-\beta v^2)dv$$

$$\bar{v} = \frac{A}{N}\int_0^\infty v^2 \exp(-\beta v^2)vdv$$

$$\bar{v} = \frac{A}{N}\int_0^\infty v^2 \exp(-\beta v^2)\frac{dv^2}{2}$$

ให้ $$x = v^2$$

$$\bar{v} = \frac{A}{2N}\int_0^\infty x\exp(-\beta x)dx$$

$$= \frac{-A}{2N}\frac{\partial}{\partial\beta}\int_0^\infty x\exp(-\beta x)dx$$

$$\bar{v} = \frac{-A}{2N}\left[\frac{1}{\beta}\int_0^{\infty} x\exp(-\beta x)d(\beta x)\right]$$

$$= \frac{-A}{2N}\frac{\partial}{\partial\beta}(\frac{1}{\beta}(-(\exp(-\beta x))\big|_0^{\infty})$$

$$= \frac{-A}{2N}\frac{\partial}{\partial\beta}(\frac{1}{\beta})$$

$$= \frac{-A}{2N}(\frac{-1}{\beta^2})$$

$$= \frac{A}{2\beta^2 N}$$

แทนค่า A และ β

$$\bar{v} = 4\pi N(\frac{m}{2\pi k_B T})^{3/2}\cdot\frac{1}{2N}\left(\frac{1}{(\frac{m}{2k_B T})^2}\right)$$

$$= \left(\frac{8k_B T}{\pi m}\right)^{1/2} \qquad (ข.8)$$

2.3 *การพิสูจน์หาค่าอัตราเร็วที่มีจำนวนมากสุดของอนุภาค (peak speed; v_p)*

จากสมการ $N_v = \frac{dN}{dv} = 4\pi N(\frac{m}{2k_B T})^{3/2} v^2 \exp(\frac{-mv^2}{2k_B T})$

∵ เป็นตำแหน่งสูงสุดของกราฟ ดังนั้น

$$(\frac{dN_v}{dv})_{v=v_p} = 0 \qquad (ข.9)$$

$$\frac{d}{dv}(4\pi N(\frac{m}{2\pi k_B T})^{3/2} v^2 e^{-mv^2/2k_B T})_{v_p} = 0$$

ให้ $A = 4\pi N(\frac{m}{2\pi k_B T})^{3/2}$ และ $\beta = \frac{m}{2k_B T}$

$$\frac{d}{dv}(Av^2 e^{-\beta v^2})_{v_p} = 0$$

$$
\begin{aligned}
A\frac{d}{dv}(v^2e^{-\beta v^2})_{v_p} &= 0 \\
\frac{d}{dv}(v^2e^{-\beta v^2})_{v_p} &= 0 \\
\left((\frac{dv^2}{dv})(e^{-\beta v^2})+v^2\frac{d}{dv}(e^{-\beta v^2})\right)_{v_p} &= 0 \\
\left(2v(e^{-\beta v^2})+v^2(-2\beta v)(e^{-\beta v^2})\right)_{v_p} &= 0 \\
\left(2ve^{-\beta v^2}-2v^3\beta e^{-\beta v^2}\right)_{v_p} &= 0 \\
2v_pe^{-\beta v_p{}^2}-2\beta v_p{}^3e^{-\beta v_p{}^2} &= 0 \\
2v_pe^{-\beta v_p{}^2}(1-\beta v_p{}^2) &= 0
\end{aligned}
$$

เมื่อ $v_p \neq 0$ และ $e^{-\beta v_p{}^2} \neq 0$ แล้ว

$$1-\beta v_p{}^2 = 0$$

ดังนั้น

$$v_p = \sqrt{\frac{1}{\beta}}$$

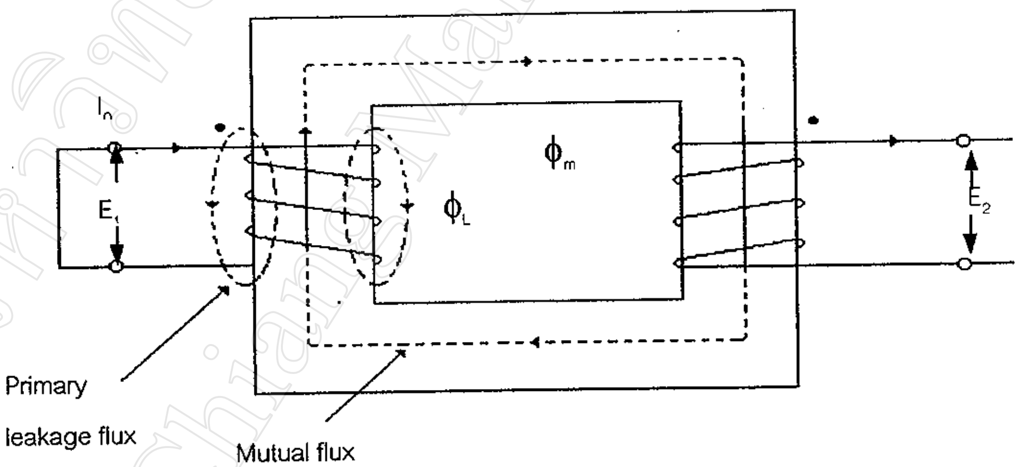
$$v_p = \sqrt{\frac{2k_BT}{m}} \qquad \text{(ข.10)}$$

ภาคผนวก ค

1. การวิเคราะห์การทำงานของหม้อแปลง

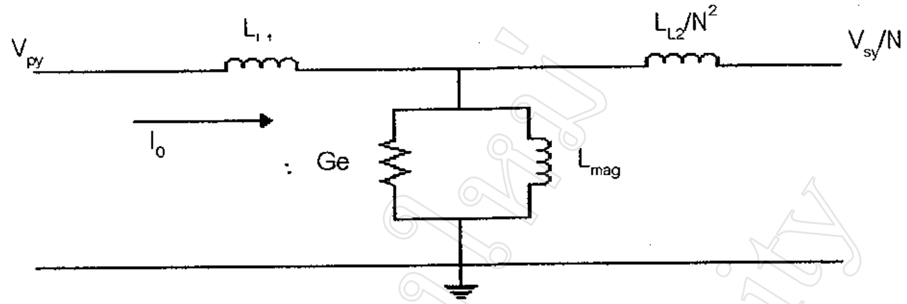
1.1 กรณี Open circuit

หม้อแปลงจะประกอบไปด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิพันรอบแกนหม้อแปลงเดียวกันดังรูปที่ ค.1 ในกรณี Open circuit load เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าสลับตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิทำให้มีกระแส (I_0) ไหลเข้าไปในขดลวดปฐมภูมิ เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก $M=N_1I_0$ ทำให้เกิด Mutual flux และ Leakage flux ขึ้น โดย Mutual flux เป็นฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนหม้อแปลงมีค่าอินดักแตนเป็น L_{mag} ส่วน Mutual flux จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากกระแส (I_0) เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิจึงมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิเป็น E_1 และ E_2 ลำดับ



รูปที่ ค.1 หม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Open circuit load

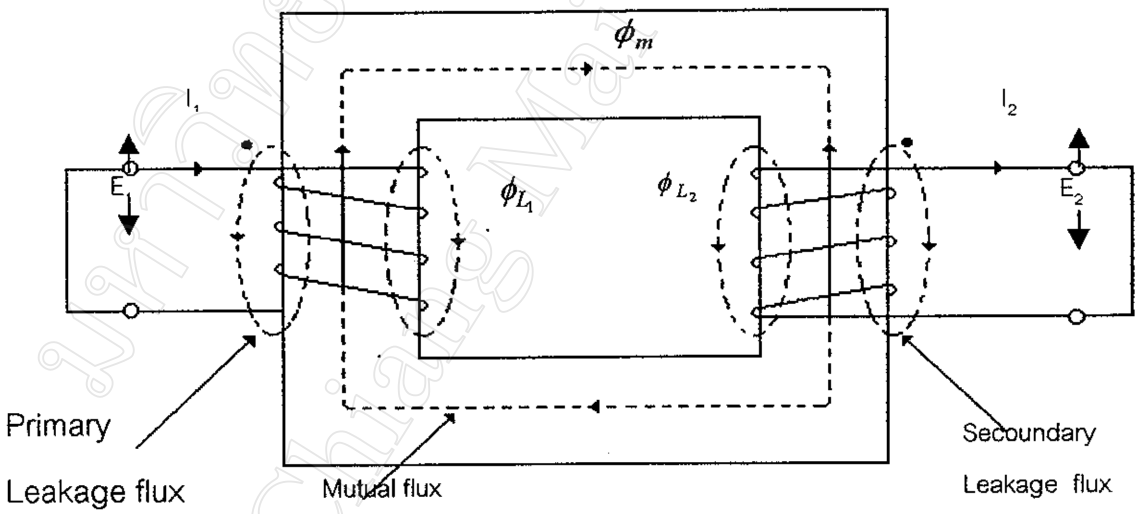
ในกรณี Open circuit ค่าอินดักแตนจาก Leakage flux นั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ L_{mag} ดังนั้นค่าอินดักแตนที่ใช้คำนวณจึงคิดเฉพาะค่า L_{mag} เปรียบเทียบได้กับวงจรเทียบเท่าดังรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 วงจรเทียบเท่าหม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Open circuit load ($L=L_{mag}$)

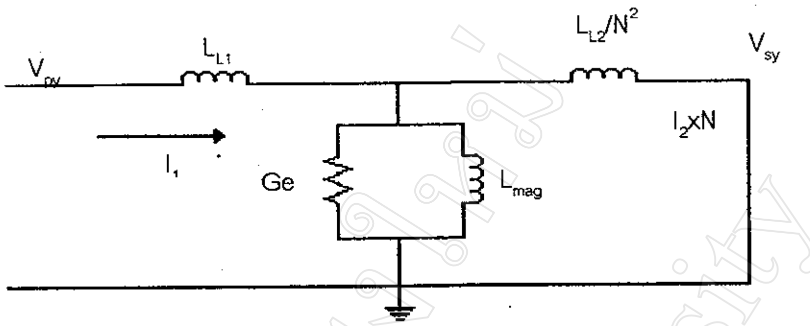
1.2 กรณี Short circuit

ในกรณี Short circuit load จะมีกระแส I_2 ไหลในขดลวดทุติยภูมิทำให้ มีฟลักซ์แม่เหล็กต้านกับ Mutual flux ดังรูปที่ ค.3



รูปที่ ค.3 หม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Short circuit load

เมื่อมีกระแส (I_2) ทางด้านทุติยภูมิ ทำให้ขนาดของฟลักซ์แม่เหล็กในแกนแม่เหล็กจึงมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ Leakage flux ดังนั้นค่าอินดักแตนที่ใช้คำนวณในกรณี Shot circuit load จึงคิดเฉพาะค่า Leakage inductance (L_L) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $L_{L1}+L_{L2}/N^2$ เมื่อ L_{L1} เป็น Leakage inductance ทางด้านปฐมภูมิ และ L_{L2} เป็น Leakage inductance ทางด้านทุติยภูมิ และ N คือค่า Turns ratio ของหม้อแปลง ซึ่งเปรียบเทียบได้กับวงจรเทียบเท่าดัง รูปที่ ค.4



รูปที่ ค.4 วงจรเทียบเท่าหม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Short circuit load ($L=L_L$)

เมื่อนำหม้อแปลงคอย์จุดระเบิดรถยนต์มาใช้ในวงจรทริกเกอร์โดยต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ (C_1) ดังรูปที่ ค.5 เมื่อเริ่มต้นการทำงานจะมีการอัดประจุของตัวเก็บประจุ C_1 ผ่านตัวต้านทาน R_1 จนเต็ม หากมีสัญญานทริกเข้ามาทริกที่ขาเกทของไทริสเตอร์ (Thyristor) จะทำให้ไทริสเตอร์มีสภาวะเป็น "ON" ทำให้วงจรปิดเกิดกระแสไหลจากตัวเก็บประจุผ่านไปยังหม้อแปลง จึงเกิดการเรโซแนนท์ขึ้นระหว่าง ตัวเก็บประจุ C_1 กับ Inductor L ของหม้อแปลงทำให้มีความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงที่ขดลวดทุติยภูมิจากการเหนี่ยวนำจากขดลวดปฐมภูม เมื่อกระแสที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิมีค่าน้อยกว่ากระแสโฮลของไทริสเตอร์ จะทำให้ไทริสเตอร์มีสภาวะเป็น "OFF" ก็จะมีการเริ่มอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุ C_1 อีกครั้งนสภาวะ "OFF" เป็นการเริมต้นอัดประจุของตัวเก็บประจุ C_1 อีกครั้ง

จากวงจร กรณีไม่คิด R สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$-L\frac{d}{dt}i(t)-\frac{i(t)}{C}dt=0$$

$$L\frac{d}{dt}i(t)+\frac{i(t)}{C}dt=0 \qquad (ค.1)$$

หาอนุพันธ์เทียบกับเวลา (t) ได้

$$L\frac{d^2}{dt^2}i(t)+\frac{i(t)}{C}=0 \qquad (ค.2)$$

นำ L หารตลอด $$\frac{d^2}{dt}i(t)+\frac{i(t)}{LC}=0$$

ให้ $$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (ค.3)$$

จะได้ $$\frac{d^2}{dt}i(t)+\omega^2 i(t)=0 \qquad (ค.4)$$

รูปแบบคำตอบทั่วไปเป็น $$i(t)=e^{-\alpha t} \qquad (ค.5)$$

จะได้
$$\alpha^2 + \omega^2 = 0$$
$$\alpha = \frac{\pm\sqrt{-4\omega^2}}{2}$$
$$\alpha = \sqrt{-\omega^2}$$
$$\alpha = \pm i\omega \qquad \text{(ค.6)}$$

ดังนั้น
$$i(t) = c_1 e^{i\omega t} + c_2 e^{-i\omega t} \qquad \text{(ค.7)}$$
$$i(t) = c_1 \cos\omega t + c_1 \sin\omega t + c_2 \cos\omega t - c_2 i \sin\omega t$$
$$i(t) = (c_1 + c_2)\cos\omega t + (c_1 - c_2) i \sin\omega t$$

เมื่อ t = 0, I(t) = 0 จะได้ $(c_1 + c_2) = 0$
$$i(t) = (c_1 - c_2) i \sin\omega t$$
ให้
$$I(t) = i(c_1 - c_2)$$
$$i(t) = I_{pk} \sin\omega t \qquad \text{(ค.9)}$$

หาอนุพันธ์เทียบกับเวลา(t) ได้ $\frac{d}{dt} i(t) = I_{pk}\omega \cos\omega t$

เมื่อ t = 0, $\frac{d}{dt} i(t) = -\frac{V_{dc}}{L}$
$$-\frac{V_{dc}}{L} = I_{pk}\omega$$
$$I_{pk} = -\frac{V_{dc}}{L\omega}$$
$$= -\frac{V_{dc}\sqrt{LC}}{L}$$
$$= -\frac{V_{dc}\sqrt{C}}{\sqrt{L}} \qquad \text{(ค.10)}$$

จะได้
$$i(t) = -\frac{V_{dc}}{\sqrt{L_L / C}} \sin\omega t \qquad ; \ \omega = \frac{1}{\sqrt{L_L C}}$$

ดังนั้น
$$\frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{L_L C}}$$
$$T = 2\pi\sqrt{L_L C} \qquad \text{(ค.11)}$$

จาก

$$\begin{aligned} V_L &= -L_L \frac{d}{dt} i(t) \\ &= -L\left(-\frac{V_{dc}\sqrt{C}}{\sqrt{L}}\right)\frac{d}{dt}\sin\omega t \\ &= \sqrt{L_L C}\,V_{dc}\,\omega\cos\omega t \\ &= V_{dc}\cos\omega t \end{aligned} \quad (ค.12)$$

สรุป

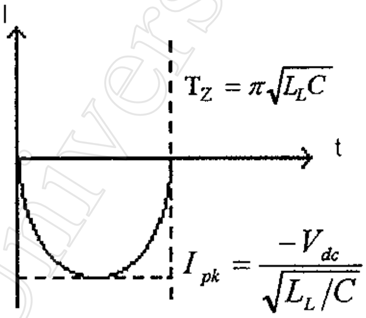
$$i(t) = -\frac{V_{dc}}{\sqrt{L_L / C}}\sin\omega t$$

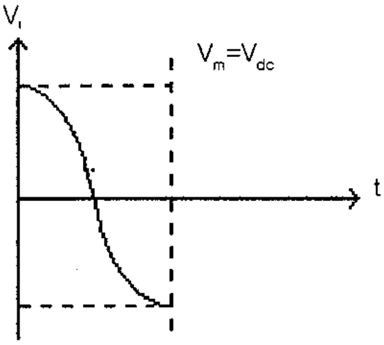
$$V_L(t) = V_{dc}\cos\omega t$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_L C}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{L_L C}$$

$$T_Z = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{L_L C}$$





ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นางสาวเพ็ญศรี ประมุขกุล
วัน เดือน ปีเกิด	17 เมษายน พ.ศ. 5217
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่โรงเรียนอาเวมารีอา จ.อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2527
	สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนอนุบาลอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2529
	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนนารีนุกูล จ.อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2532
	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนสตรีวิทยา จ.กรุงเทพฯ เมื่อปีการศึกษา 2535
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2539