

ภาคผนวก ก1

การ Integrate

$$\int \frac{dx}{(a + cx + dx^2)^{1/2}} = \frac{-1}{(-d)^{1/2}} \sin^{-1} \left[\frac{c + 2dx}{(q)^{1/2}} \right] \quad (ก1.1)$$

เมื่อ $q = c^2 = 4ad$ ดังนั้นจัดรูปสมการให้เหมือนกับสมการ ก1.1
ซึ่งจะได้ว่า

$$a = \frac{1}{b^2} \quad ; \quad c = \frac{-\alpha}{E_o b^2} \quad ; \quad d = -1$$

$$q = \frac{4}{b^2} \left[1 + \frac{\alpha^2}{4E_o b^2} \right]$$

$$c + 2dx = -(2u + \frac{\alpha}{E_o b^2})$$

นำค่า $d, c + dx$ และ q ไปแทนทางขวาของสมการ ก1.1 จะได้คำตอบเป็นสมการ

$$\theta = \pi - 2 \left[\sin^{-1} \left(\frac{-(bu + \frac{\alpha}{E_o b^2})}{\left(1 + \frac{\alpha^2}{4b^2 E_o^2} \right)^{1/2}} \right) \right]_{t_{\min}}^{t_{\max}} \quad (2.30)$$

ภาคผนวก ก2

การ Transform มุมกระเจิงจาก CM-system ไปยัง LAB-system

จากความสัมพันธ์ระหว่างมุมกระเจิง θ_L ใน LAB-system และ θ_C ใน CM-system

$$\tan \theta_L = \frac{\sin \theta_C}{\left(\frac{m}{M}\right) + \cos \theta_C}$$

หรือ $\cot \theta_L = \cot \theta_C + x \operatorname{cosec} \theta_C$ เมื่อ $x = \frac{m}{M}$ (ก2.1)

และจำนวนอนุภาคกระสุนที่กระเจิงใน solid angle $2\pi \sin \theta_C d\theta_C$ จะเท่ากับจำนวนของอนุภาคกระสุนที่กระเจิงใน solid angle $2\pi \sin \theta_L d\theta_L$ หรือเขียนได้ว่า

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta_L) \sin \theta_L d\theta_L = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta_C) \sin \theta_C d\theta_C \quad (\text{ก2.2})$$

หรือ

$$\frac{d\sigma(\theta_L)/d\Omega}{d\sigma(\theta_C)/d\Omega} = \frac{\sin \theta_C}{\sin \theta_L} \cdot \frac{d\theta_C}{d\theta_L}$$

จากสมการข้างต้นจะต้องหา $d\theta_C/d\theta_L$ จากสมการ (ก2.1) แต่วิธีที่ง่ายกว่านี้คือเขียนความสัมพันธ์ของสมการ (ก2.1) ใหม่คือ

$$\sin(\Delta) = x \sin \theta_L \quad (\text{ก2.3})$$

เมื่อ $\Delta = \theta_C - \theta_L$ หรือ $\theta_C = \theta_L + \Delta$ และ

$$\frac{d\theta_c}{d\theta_L} = 1 + \frac{d\Delta}{d\theta_L} \quad (ก2.4)$$

จากสมการ (ก2.2) และสมการ (ก2.4) จะได้

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_c}{d\theta_L} &= 1 + \frac{x \cos \theta_L}{\cos \Delta} \\ &= \frac{\sin \theta_L \cos \Delta + x \sin \theta_L \cos \theta_L}{\sin \theta_L \cos \Delta} \\ &= \frac{\sin(\theta_L + \Delta)}{\sin \theta_L \cos \Delta} \\ &= \frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_L \cos \Delta} \end{aligned} \quad (ก2.5)$$

และจากสมการที่ (ก2.2) และ (ก2.5) จะได้

$$\frac{d\sigma(\theta_L)/d\Omega}{d\sigma(\theta_c)/d\Omega} = \left(\frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_L} \right)^2 \cdot \frac{1}{\cos \Delta}$$

หรือ

$$\frac{d\sigma(\theta_c)}{d\Omega} = \left(\frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_L} \right)^2 \cdot \cos \Delta \frac{d\sigma(\theta_L)}{d\Omega} \quad (ก2.6)$$

และสำหรับ elastic scattering แล้ว : $E = \frac{M}{m + M} E_o$

หรือ

$$E_0 = (1+x)E \quad (ก2.7)$$

เมื่อ E_0, E คือ พลังงานจลน์เริ่มต้นของอนุภาคกระสุนใน LAB-system

และใน CM-system ตามลำดับ

จากสมการ (2.40), (ก2.6) และ (ก2.7) จะได้

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta_L) = \left(\frac{Z_0 Z C^2}{2E_0} \right)^2 \left[\frac{(1+x) \sin \theta_c}{2 \sin \theta_L \sin^2(\theta_c/2)} \right]^2 / \cos \Delta \quad (ก2.8)$$

จากสมการ (2.8) พบว่ายังคงมีตัวแปร θ_c และ Δ อยู่ จึงจำเป็นต้องกำจัดทิ้งโดย จากสมการ

$$\sin(\Delta) = x \sin \theta_L$$

$$\sin \theta_L + \sin(\Delta) = (1+x) \sin \theta_L$$

$$1+x = \frac{\sin \theta_L + \sin \Delta}{\sin \theta_L}$$

และ

$$\frac{\sin \theta_c}{2 \sin^2 \frac{\theta_c}{2}} = \cot \frac{\theta_c}{2}$$

จากความสัมพันธ์

$$\frac{\sin \theta_L + \sin \Delta}{\cos \theta_L + \cos \Delta} = \frac{2 \sin \frac{1}{2}(\theta_L + \Delta) \cos \frac{1}{2}(\theta_L - \Delta)}{2 \cos \frac{1}{2}(\theta_L + \Delta) \cos \frac{1}{2}(\theta_L - \Delta)} = \tan \frac{\theta_c}{2}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 \frac{(1+x)\sin\theta_c}{2\sin^2\frac{\theta_c}{2}} &= \frac{\sin\Delta + \sin\theta_L}{\sin\theta_L} \cdot \cot\frac{\theta_c}{2} \\
 &= \frac{\sin\Delta + \sin\theta_L}{\sin\theta_L} \cdot \frac{\cos\theta_L + \cos\Delta}{\sin\theta_L + \sin\Delta} \\
 &= \frac{\cos\theta_L + \cos\Delta}{\sin\theta_L} \quad (ก2.9)
 \end{aligned}$$

จากสมการ ก2.8 และ ก2.9 จะได้

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta_L) = \left(\frac{Z_0 Z c^2}{2E_0} \right)^2 \left[\frac{(\cos\theta_L + \cos\Delta)^2}{\sin^4\theta_L \cos\Delta} \right]$$

$$\text{แต่ } \cos\Delta = (1 - \sin^2\Delta)^{1/2} = (1 - x^2 \sin^2\theta_L)^{1/2}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta_L) = \left(\frac{Z_0 Z c^2}{2E_0} \right)^2 \frac{[\cos\theta_L + (1 - x^2 \sin^2\theta_L)^{1/2}]^2}{\sin^4\theta_L (1 - x^2 \sin^2\theta_L)^{1/2}} \quad (2.41)$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสงในสุญญากาศ

ภาคผนวก ข

จากรูป 2.6 ในหัวข้อ 2.1.2.1 สมการที่ 2.12 จะได้

$$v_o^2 = v_1^2 + \frac{M}{m} v_2^2 \quad (\text{ข.1})$$

และจากกฎการอนุรักษ์ของโมเมนตัมเชิงเส้น จะได้

$$m\vec{v}_o + 0 = m\vec{v}_1 + M\vec{v}_2$$

หรือ

$$\vec{v}_o = \vec{v}_1 + \frac{M}{m} \vec{v}_2 \quad (\text{ข.2})$$

จาก dot product ของสมการที่ ข.2

$$\begin{aligned} \vec{v}_o \cdot \vec{v}_o &= \left(\vec{v}_1 + \frac{M}{m} \vec{v}_2 \right) \cdot \left(\vec{v}_1 + \frac{M}{m} \vec{v}_2 \right) \\ v_o^2 &= v_1^2 + 2 \frac{M}{m} \vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 + \left(\frac{M}{m} \right)^2 v_2^2 \end{aligned} \quad (\text{ข.3})$$

จากสมการ (ข.1) และ (ข.3) จะได้

$$v_1^2 + \frac{M}{m} v_1^2 = v_1^2 + 2 \frac{M}{m} \vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 + \left(\frac{M}{m} \right)^2 v_2^2$$

หรือ

$$v_2^2 \left(1 - \frac{M}{m} \right) = 2 \vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 \quad (\text{ข.4})$$

พิจารณากรณีที่มวลเป้า M คือมวลของอิเล็กตรอน m_e ซึ่ง $m_e \ll m$ จะได้ว่า dot product จะมีค่าเป็นบวกเสมอและ

$$\frac{M}{m} = \frac{m_e}{m} \ll 1$$

ดังนั้นสมการ (ข.4) จะเขียนได้ใหม่เป็น

$$v_e = v_2 \leq 2v_1 \quad (\text{ข.5})$$

และจากสมการที่ (ข.1) จะได้ว่า

$$v_o \cong v_1 \quad (\text{ข.6})$$

จากสมการ (ข.5) และ (ข.6) จะได้

$$v_e \leq 2v_o$$

หรืออิเล็กตรอนมีโมเมนตัมเชิงเส้น p_e คือ

$$p_e = m_e v_e \leq 2m_e v_0 \quad (ข.7)$$

โดยที่ $m_e v_e$ ก็คือ โมเมนตัมเชิงเส้นที่อิเล็กตรอนได้รับหลังจากเกิดการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์กับอนุภาคอิสระ ซึ่งอิเล็กตรอนจะมี p_e มากที่สุดเมื่อการชนกันระหว่างอิเล็กตรอนกับอนุภาคอิสระเป็นแบบ head-on คือ

$$p_e = 2m_e v_0$$

ภาคผนวก ค1

โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Kinematic factor โดยมี input data คือ มุมที่กระเจิงย้อนกลับ, มวลของอนุภาคกระสุนและชนิดของเป้า

```

PROGRAM KINEMATIC
CHARACTER ELEM*2,ELEM1*2
INTEGER*1 ELBY(2),ELBX(2)
INTEGER*2 ZEL
INTEGER ZA
REAL M1,M2,K,MASS
c Backscatterng angle = 149.0 degree
EQUIVALENCE(ELBY,ELEM1)
EQUIVALENCE(ELBX,ELEM)
DATA PI/3.14159/
WRITE(*,*)'Enter the backscattering angle (in degree)'
READ (*,*) ANGL
OPEN(UNIT=1,FILE='KFACTOR.DAT',STATUS='UNKNOWN')
DO 20 I=1,100
  WRITE(*,*)'Enter the target element(enter qq to exit)'
  READ(*,100)ELEM1
  IF(ELEM1.EQ.'QQ') GOTO 30
  WRITE(*,*) 'ENTER Mass of projectile(amu UNIT)'
  READ(*,*) M1
  IF(ELBY(1).GE.97.AND.ELBY(1).LE.122)ELBY(1)=ELBY(1)-32
  IF(ELBY(2).GE.65.AND.ELBY(2).LE.90)ELBY(2)=ELBY(2)+32
C Mass and atomic number of projectile are required from element.dat file
  OPEN(3,FILE='ELEMENT.DAT',STATUS='OLD')

```

```

DO 10 J=1,82
    READ(3,150)ELEM,MASS,ZA
    IF(ELBX(1).GE.97.AND.ELBX(1).LE.122)ELBX(1)=ELBX(1)-32
IF(ELBX(2).GE.65.AND.ELBX(2).LE.90)ELBX(2)=ELBX(2)+32
    IF(ELEM.EQ.ELEM1)M2=MASS
10  CONTINUE
    CLOSE(3)
    ANG=(ANGL*PI)/180
    QUA=SIN(ANG)**2
    DD=SQRT((M2**2)-((M1**2)*QUA))
    AA=(M1*COS(ANG))+DD
    K =(AA/(M1+M2))**2
    WRITE(1,200) ELEM1,K
20  CONTINUE
100  FORMAT(A2)
150  FORMAT(1X,A2,5X,F7.2,5X,I2)
200  FORMAT(1X,A2,2X,F6.4)
30  CLOSE(1)
    END

```

ตารางที่ ค.1 แสดงค่า kinematic factor ของเป่าชนิดต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรมข้างต้น ที่มุมกระเจิง
149 องศา

เป่า	kinematic factor (K) อนุภาคกระสุนดิวเทรียม ($\times 10^{-1}$)	kinematic factor (K) อนุภาคกระสุนอัลฟา ($\times 10^{-1}$)
คาร์บอน (C)	5.3306	2.7524
ซิลิกอน (Si)	7.6579	5.8669
ทองแดง (Cu)	8.8890	7.9111
นิกเกิล (Ni)	8.8035	7.7601
เงิน (Ag)	9.3299	8.7118
ทอง (Au)	9.6273	9.2728

ภาคผนวก ค2

โปรแกรมสำหรับการคำนวณค่า differential scattering cross section
ของอนุภาคตัวที่ร่อน พลังงาน 140 keV

```

PROGRAM CROSS SECTION
CHARACTER ELEM*2,ELEM1*2
INTEGER*1 ELBY(2),ELBX(2)
INTEGER*2 ZEL
INTEGER ZA
REAL M1,M2,MASS
EQUIVALENCE(ELBY,ELEM1)
EQUIVALENCE(ELBX,ELEM)
DATA PI/3.14159/
WRITE(*,*)'Enter the backscattering angle (in degree)'
READ (*,*) ANGL
WRITE(*,*)'Enter the energy of projectile(in keV)'
READ(*,*) E1
OPEN(UNIT=2,FILE='crossec.DAT',STATUS='UNKNOWN')
DO 20 I=1,100
  WRITE(*,*)'Enter the target element(enter qq to exit)'
  READ(*,100)ELEM1
  IF(ELEM1.EQ.'QQ') GOTO 30
  WRITE(*,*) 'ENTER Mass and atomic number of projectile(amu UNIT)'
  READ(*,*) M1,Z1
  IF(ELBY(1).GE.97.AND.ELBY(1).LE.122)ELBY(1)=ELBY(1)-32
  IF(ELBY(2).GE.65.AND.ELBY(2).LE.90)ELBY(2)=ELBY(2)+32
  OPEN(3,FILE='ELEMENT.DAT',STATUS='OLD')
  DO 10 J=1,82

```

```

READ(3,150)ELEM,MASS,ZA
      IF(ELBX(1).GE.97.AND.ELBX(1).LE.122)ELBX(1)=ELBX(1)-32
      IF(ELBX(2).GE.65.AND.ELBX(2).LE.90)ELBX(2)=ELBX(2)+32
      IF(ELEM.EQ.ELEM1)M2=MASS
10  CONTINUE
      CLOSE(3)
      CONS=((Z1*ZA)/(E1))**2
      ANL=(ANGL*PI)/180
      QUA=SIN(ANL)**2
      DD=SQRT(M2**2-(M1**2)*QUA)
      AA=(DD+(M2*COS(ANL)))**2
      GG=DD*M2*(QUA)**2
      CROSSE=5.18275e+6*CONS*(AA/GG)
      WRITE(2,*) CROSSE
20  CONTINUE
100  FORMAT(A2)
150  FORMAT(1X,A2,5X,F7.2,5X,I2)
200  FORMAT(1X,A2,2X,F6.4)
30   CLOSE(1)
      END

```

ตารางที่ ค2 แสดงค่า differential scattering cross section ของอนุภาควิวที่รอน พลังงาน 140 keV ที่มุมกระเจิงย้อนกลับเท่ากับ 149 องศา

ธาตุ	Differential scattering cross - section		
	$^2\text{H}^+$	$^4\text{He}^+$	
	ที่ 140 keV(mb/sr)	ที่ 280 keV(mb/sr)	ที่ 2 MeV(mb/sr)
C	2590.2	2249.6	12.9
Si	14682.9	14503.4	72.9
Cu	63454.7	64035.4	315.4
Ni	59136.4	59625.2	293.9
Ag	166861.0	168953.1	829.3
Au	471624.5	478131.6	2344.1

ภาคผนวก ง

การเตรียมฉากเรืองแสงจากผง Phosphor ($Gd_2O_3:S:Tb$)

อุปกรณ์ที่จำเป็น

- 250 Erlenmeyer ภาชนะก้นแบน และหลอดหยด

สารเคมีที่จำเป็น

- ผง Phosphor ($Gd_2O_3:S:Tb$)
- 1% ของสารละลายแบเรียมอะซิเตรต (Barium acetate)
- สารละลายโปแตสเซียมซิลิเกต (Potassium silicate solution)
- Deionized water

ขั้นตอนการเตรียมฉากเรืองแสง

- 1 ทำความสะอาดอุปกรณ์โดยการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์
- 2 ทำความสะอาดแผ่นอลูมิเนียมด้วยแอลกอฮอล์ แล้วล้างด้วย Deionized water
- 3 เทสารละลายโปแตสเซียมซิลิเกต 4.0 ± 0.05 กรัม และผง Phosphor 0.4 ± 0.04 กรัม ลงใน 50 ± 10 กรัม ของ Deionized water ใน Erlenmeyer flask
- 4 นำแผ่นอลูมิเนียมที่ทำความสะอาดแล้ว วางให้จมอยู่ได้ 70 ± 10 กรัม ของ Deionized water ที่ผสมกับ 4.0 ± 0.05 กรัม ของ 1% ของสารละลาย Barium acetate ในภาชนะที่เตรียมไว้
- 5 เขย่าขวด Erlenmeyer flask เพื่อให้ผง Phosphor ละลายใน Deionized water จนหมด จึงนำไปเทตามผิวในภาชนะที่เตรียมแผ่นอลูมิเนียมไว้แล้ว โดยไม่รบกวนแผ่นอลูมิเนียมนี้
- 6 หลังจากปล่อยให้สาร Phosphor จับตัวบนแผ่นอลูมิเนียมอย่างน้อย 30 นาที แล้วจึงใช้หลอด หยดดูดเอาสารละลายออกจนหมดหลังจากนั้น จึงค่อยนำแผ่นอลูมิเนียมนี้ ออกมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

ภาคผนวก จ

ตัวอย่าง input data ที่นำเข้าในโปรแกรม SIMNRA ที่เป็น ASCII file

Channel number	Backscattering Yields
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	3
14	1022
15	7549
16	8382
17	7819
18	7513
19	6713
20	6363

ภาคผนวก จ

โปรแกรมสำหรับการเปลี่ยนสเปกตรัมไปเป็นสเปกตรัมเชิงพลังงาน ที่เขียนด้วย ภาษาฟอร์แทรน โดยมี input data เป็น channel number และจำนวนอนุภาคตัวที่รอนที่กระเจิงย้อนกลับมาที่มุม 149 องศา ซึ่งได้จากสเปกตรัมของการทดลองที่เป็น data file โดยมีหลักการดังนี้

- 1) สร้าง data file ที่เป็นข้อมูลของพลังงานที่กระเจิงย้อน (E_i) กับโดยแปรค่าทีละ 1 keV และเวลาที่อนุภาคตัวที่รอนใช้ในการเคลื่อนในระยะ (L) 192.25 ซม. จากความสัมพันธ์ $E = \frac{m}{2} \left(\frac{L}{t} \right)^2$
- 2) สร้าง data file จากการทดลองจริง โดยทำการคำนวณค่าพลังงานที่กระเจิงย้อนและเวลาที่อนุภาคตัวที่รอนใช้ในการเคลื่อนในระยะ L จากความสัมพันธ์ $t = t_0 + \frac{32.33L(\text{cm})}{\sqrt{E(\text{keV})}}$
เมื่อ $t_0 = 70.18 \text{ ns}$ ดังนั้น file นี้จะมีข้อมูลเป็น พลังงานที่กระเจิงย้อนกลับของอนุภาคตัวที่รอน (E), เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะ L (t) และจำนวนอนุภาคตัวที่รอนที่กระเจิงย้อนกลับมาด้วยพลังงาน E ที่มุม 149 องศา (count1)
- 3) คำนวณจำนวนอนุภาคตัวที่รอนที่กระเจิงย้อนกลับมาด้วยพลังงาน E_i ที่มุม 149 องศา (counts) โดยการคำนวณจาก data file ในข้อ 2 แล้วจะได้ output file ที่เป็นข้อมูลของ E_i และ counts

โปรแกรมการเปลี่ยนสเปกตรัมไปเป็นสเปกตรัมเชิงพลังงาน

```

PROGRAM SS2
REAL E(800),T(800),EEN(1050),TTR(1050),COUNT(200),DELTA,EMAX
INTEGER NUM,COUN(1050)
OPEN(UNIT=1,FILE='SS1.DAT',STATUS='UNKNOWN')
EMAX=161.0
DO 10 I=1,160
  E(I)=EMAX-1.0
  IF(E(I).LE.0) THEN
    T(I)=0.0
  ELSE
    T(I)=6215.44/SQRT(E(I))
  
```

```

ENDIF
    WRITE(1,250) E(I),T(I)
    EMAX=E(I)
10  CONTINUE
    OPEN(UNIT=4,FILE='SP1.DAT',STATUS='UNKNOWN')
    OPEN(UNIT=2,FILE='sumcuau.dat',STATUS='OLD')
    DO 30 I=1,1024
        CH1=REAL(I)
        READ(2,*) NUM
        TIM=CH1*1.656
        TR=TIM-70.54
        IF(TR.LE.0) goto 30
        EN=(3.86e+7)/(TR)**2
        WRITE(4,*) EN,NUM
30  CONTINUE
    CLOSE(2)
    CLOSE(4)
    OPEN(4,FILE='SP1.DAT',STATUS='OLD')
    DO 50 I=1,1024
        READ(4,*,ERR=55) EEN(I),COUN(I)
50  CONTINUE
55  CLOSE(4)
    N=I-1
    OPEN(6,FILE='SP2.DAT',STATUS='UNKNOWN')
    OPEN(1,FILE='SS1.DAT',STATUS='OLD')
    DO 70 J=1,L
        OPEN(4,FILE='SP1.DAT',STATUS='OLD')
        DO 60 JJ=1,N
            IF(E(J).EQ.EEN(JJ)) THEN
                COUNT(J)=COUN(JJ)
            ELSE

```

```

        GOTO 60
    ENDIF
60    CONTINUE
    CLOSE(4)
    WRITE(6,*) E(J),COUNT(J)
70    CONTINUE
    CLOSE(1)
    OPEN(6,FILE='SP2.DAT',STATUS='OLD')
    DO 120 I=1,1
    OPEN(4,FILE='SP1.DAT',STATUS='OLD')
    DO 100 II=1,N
        IF(EEN(II).IT.E(I).AND.EEN(II).GT.E(I+1)) THEN
            DE=E(I)-EEN(II)
            DEL=EEN(II)-E(I+1)
            DELTA=DE+DEL
            COUNT(I)=COUNT(I)+(COUN(II)*(DEL/DELTA))
            COUNT(I+1)=COUNT(I+1)+(COUN(II)*(DE/DELTA))
        ENDIF
100    CONTINUE
    CLOSE(4)
    WRITE(6,*) E(I),COUNT(I)
120    CONTINUE
    CLOSE(1)
    CLOSE(6)
    OPEN(6,FILE='SP2.DAT',STATUS='OLD')
    DO 200 K=L,1,-1
        IF(COUNT(K).EQ.0) GOTO 200
        WRITE(6,*) E(K),COUNT(K)
200    CONTINUE
    END

```

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นางสาวสมใจ ชื่นเจริญ

วัน เดือน ปี เกิด

26 เมษายน 2520

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอุดรดิตถ์ครุณี
จังหวัดอุดรดิตถ์ ปีการศึกษา 2537
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2541

ประสบการณ์

เป็นผู้ช่วยนักวิจัยของศูนย์วิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ที่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เป็นผู้ช่วยสอนในรายวิชา 207408 และ 207306