

ภาคผนวก ก

ค่า cross section

โปรแกรม interpolation

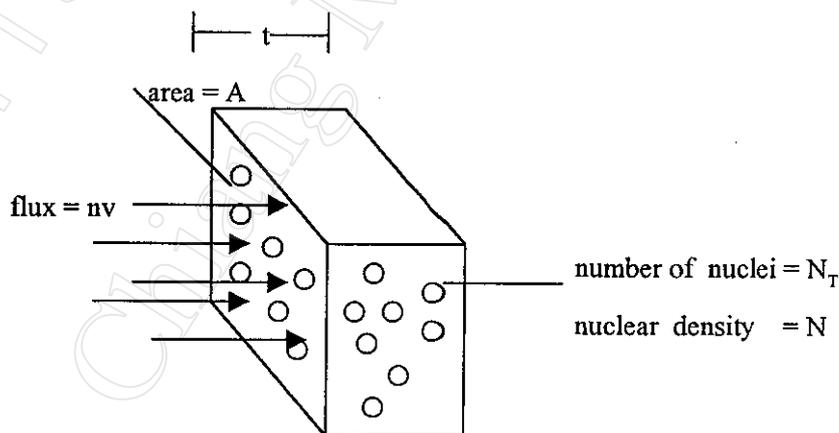
ผลการจากการคำนวณแบบ interpolation

ผ.ก.1 ค่า cross section

ถ้าเราพิจารณานิวเคลียสในรูปทรงกลมรัศมี R เซนติเมตร และพิจารณาอนุภาคที่ตกกระทบเป็นแบบจุด ดังนั้นพื้นที่ของนิวเคลียสที่จะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือค่าภาคตัดขวาง (cross section) ของแต่ละนิวเคลียสคือ (Kaplan, 1969)

$$\sigma = \pi R^2 \text{ cm}^2 \quad (\text{ก.1})$$

และถ้าเราให้อนุภาคตกกระทบแผ่นเป่าบางซึ่งไม่มีการซ้อนทับกันของนิวเคลียสมีพื้นที่ $A \text{ (cm}^2\text{)}$ มีจำนวนนิวเคลียสทั้งหมด N_T ดังรูปที่ ก.1 นั้น



รูปที่ ก.1 แสดงพื้นที่ภาคตัดขวางของธาตุเป่า

$$\text{ความน่าจะเป็นในการชนกับนิวเคลียสของอนุภาคตกกระทบ} = \frac{N_T \sigma}{A} \quad (\text{ก.2})$$

ถ้าให้

- n คือความเข้มข้นของอนุภาคซึ่งตกกระทบแผ่นเป้า (อนุภาค/cm³)
 v คือความเร็วของอนุภาคซึ่งเคลื่อนที่ผ่านแผ่นเป้า (cm/s)
 N คือจำนวนนิวเคลียสเป้าต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
 T คือความหนาของแผ่นเป้า

$$\begin{aligned} \text{อัตราการชน(cm}^{-2}\text{-s}^{-1}) &= \frac{nvN_T\sigma}{A} \\ &= nv\sigma Nt \end{aligned} \quad (\text{ก.3})$$

ดังนั้นค่าภาคตัดขวาง ในการชนซึ่งแสดงถึงความน่าจะเป็นในการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์มีค่าดังสมการ (ก.4)

$$\sigma_{\text{col}} = \frac{\text{อัตราการชน(cm}^{-2}\text{-s}^{-1})}{nvNt} \quad (\text{ก.4})$$

ผ.ก.2 โปรแกรม interpolation (Belvinton,1969)

ถ้าให้

- X,Y คือข้อมูลคิปที่ใช้สำหรับการทำ interpolation
 XIN คือค่าของข้อมูลตามแนวแกน X ที่ต้องการทำการ interpolation
 YOUT คือค่าของข้อมูลตามแนวแกน Y ที่ได้จากการทำการ interpolation

```

DOUBLE PRECISION X,Y,XIN,YOUT,XN
DIMENSION X(500),Y(500),XN(200)
CHARACTER*20 A
CHARACTER*20 BB
WRITE(6,*)'ENTER DATA FILE (*.CC)'
READ(5,10) A
10 FORMAT(A20)
OPEN(1,FILE=A/'*.CC',ACCESS='SEQUENTIAL',STATUS='OLD')
OPEN(2,FILE='EN2',ACCESS='SEQUENTIAL',STATUS='OLD')
  
```

```
OPEN(3,FILE=A//'.DAT',STATUS='UNKNOWN')
OPEN(4,FILE='AB',STATUS='UNKNOWN')
READ(1,90)BB
90  FORMAT(A20)
    READ(1,20)NPTS
20  FORMAT(I4)
    NTERMS=2
    READ(1,30)(X(I),Y(I),I=1,NPTS)
30  FORMAT(3(2E11.6))
c   DO 100 I=1,NPTS
c   Y(I)=Y(I)/(1E-24)
    DO 80 I=1,NPTS
    X(I)=X(I)/1000000.0
80  CONTINUE
    WRITE(4,40)(X(I),Y(I),I=1,NPTS)
40  FORMAT(E11.6,2X,E11.6)
    READ(2,50)(XN(J),J=1,200)
50  FORMAT(1P5E10.3)
    WRITE(3,90) BB
    WRITE(3,20) NPTS,NTERMS
    DO 70 J=1,200
    XIN=XN(J)
    CALL INTERP(X,Y,NPTS,NTERMS,XIN,YOUT)
    IF(YOUT) 1,1,2
1   YOUT=0.0
2   WRITE(3,60)XIN,YOUT
60  FORMAT(E11.6,2X,E11.6)
70  CONTINUE
    STOP
    END
```

```

SUBROUTINE INTERP(X,Y,NPTS,NTERMS,XIN,YOUT)
DOUBLE PRECISION DELTAX,DELTA,A,PROD,SUM,XIN
DOUBLE PRECISION X,Y,YOUT
DIMENSION X(500),Y(500)
DIMENSION DELTA(10),A(10)
C SEARCH FOR APPROPRIATE VALUE OF X(I)
DO 19 I=1,NPTS
IF (XIN-X(I))13,17,19
13 I1=I-NTERMS/2
IF (I1)15,15,21
15 I1=1
GO TO 21
17 YOUT=Y(I)
18 GO TO 61
19 CONTINUE
I1=NPTS-NTERMS+1
21 I2=I1+NTERMS-1
IF (NPTS-I2) 23,31,31
23 I2=NPTS
I1=I2-NTERMS+1
25 IF (I1) 26,26,31
26 I1=1
27 NTERM=I2-I1+1
C EVALUATE DEVIATION DELTA
31 DENOM=X(I1+1)-X(I1)
DELTAX=(XIN-X(I1))/DENOM
DO 35 I=1,NTERMS
IX=I1+I-1
35 DELTA(I)=(X(IX)-X(I1))/DENOM
C ACCUMULATE COEFFICIENTS A

```

```
      40  A(1)=Y(I1)
41  DO 50 K=2,NTERMS
      PROD=1.
      SUM=0.
      IMAX=K-1
      IXMAX=I1+IMAX
      DO 49 I=1,IMAX
      J=K-1
      PROD=PROD*(DELTA(K)-DELTA(J))
49  SUM=SUM-A(J)/PROD
50  A(K)=SUM+Y(IXMAX)/PROD
C ACCUMULAE SUM OF EXPANSION
51  SUM=A(1)
      DO 57 J=2,NTERMS
      PROD=1.
      IMAX=J-1
      DO 56 I=1,IMAX
56  PROD=PROD*(DELTA(J)-DELTA(I))
57  SUM=SUM+A(J)*PROD
60  YOUT=SUM
61  RETURN
      END
```

ผ.ก.3 ผลจากการคำนวณแบบ interpolation

แสดงผลจากการคำนวณแบบ interpolation ระหว่างค่าพลังงานของนิวตรอน (MeV) และค่า cross section (barns) จากเพิ่มข้อมูล ENDF/B-VI ที่สอดคล้องกับช่วงพลังงานที่ใช้ในการทดลอง

$^{115}\text{In}(n,n')^{115\text{m}}\text{In}$ MT=51

.400000E+00.139000E-02 .500000E+00.252000E-02 .600000E+00 .594000E-02
 .700000E+00.161000E-01 .800000E+00.273000E-01 .900000E+00 .480000E-01
 .100000E+01.625000E-01 .110000E+01.680000E-01 .120000E+01 .104000E+00
 .130000E+01.120000E+00.140000E+01.145500E+00.150000E+01.171000E+00
 .160000E+01.187250E+00.170000E+01.197750E+00.180000E+01.212000E+00
 .190000E+01.232667E+00.200000E+01.256000E+00.210000E+01.281000E+00
 .220000E+01.299500E+00.230000E+01.313500E+00.240000E+01.322500E+00
 .250000E+01.328667E+00.260000E+01.334000E+00.270000E+01.337000E+00
 .280000E+01.337000E+00.290000E+01.335000E+00.300000E+01.333000E+00
 .310000E+01.332000E+00.320000E+01.331750E+00.330000E+01.331500E+00
 .340000E+01.331250E+00.350000E+01.331000E+00.360000E+01.329667E+00
 .370000E+01.327500E+00.380000E+01.324200E+00.390000E+01.320600E+00
 .400000E+01.317000E+00.410000E+01.313667E+00.420000E+01.311000E+00
 .430000E+01.310000E+00.440000E+01.310000E+00.450000E+01.311000E+00
 .460000E+01.312000E+00.470000E+01.314000E+00.480000E+01.316000E+00
 .490000E+01.318000E+00.500000E+01.320000E+00.510000E+01.322800E+00
 .520000E+01.325600E+00.530000E+01.328400E+00.540000E+01.331200E+00
 .550000E+01.334000E+00.560000E+01.335200E+00.570000E+01.336400E+00
 .580000E+01.337400E+00.590000E+01.338200E+00.600000E+01.339000E+00
 .610000E+01.339000E+00.620000E+01.339000E+00.630000E+01.338500E+00
 .640000E+01.336333E+00.650000E+01.333000E+00.660000E+01.327800E+00
 .670000E+01.322600E+00.680000E+01.317400E+00.690000E+01.312200E+00
 .700000E+01.307000E+00.710000E+01.302333E+00.720000E+01.299000E+00
 .730000E+01.297000E+00.740000E+01.295667E+00.750000E+01.295000E+00
 .760000E+01.295400E+00.770000E+01.295800E+00.780000E+01.296200E+00
 .790000E+01.296600E+00.800000E+01.297000E+00

$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ MT=103

.400000E+00.000000E+00.500000E+00.000000E+00.600000E+00.317540E-03
 .700000E+00.635080E-03 .800000E+00.952620E-03 .900000E+00.127016E-02
 .100000E+01.158770E-02 .110000E+01.402096E-02 .120000E+01.645422E-02
 .130000E+01.888748E-02 .140000E+01.113207E-01 .150000E+01.137540E-01
 .160000E+01.188758E-01 .170000E+01.239976E-01 .180000E+01.291194E-01
 .190000E+01.342412E-01 .200000E+01.393630E-01 .210000E+01.531984E-01
 .220000E+01.670338E-01 .230000E+01.808692E-01 .240000E+01.947046E-01
 .250000E+01.108540E+00.260000E+01.125746E+00.270000E+01.142952E+00
 .280000E+01.160158E+00.290000E+01.177364E+00.300000E+01.194570E+00
 .310000E+01.210782E+00.320000E+01.226994E+00.330000E+01.243206E+00
 .340000E+01.259418E+00.350000E+01.275630E+00.360000E+01.291718E+00
 .370000E+01.307806E+00.380000E+01.323894E+00.390000E+01.339982E+00
 .400000E+01.356070E+00.410000E+01.365964E+00.420000E+01.375858E+00
 .430000E+01.385752E+00.440000E+01.395646E+00.450000E+01.405540E+00
 .460000E+01.413378E+00.470000E+01.421216E+00.480000E+01.429054E+00
 .490000E+01.436892E+00.500000E+01.444730E+00.510000E+01.458110E+00
 .520000E+01.471490E+00.530000E+01.484870E+00.540000E+01.498250E+00
 .550000E+01.511630E+00.560000E+01.525304E+00.570000E+01.538978E+00
 .580000E+01.552652E+00.590000E+01.566326E+00.600000E+01.580000E+00
 .610000E+01.585200E+00.620000E+01.590400E+00.630000E+01.595600E+00
 .640000E+01.600800E+00.650000E+01.606000E+00.660000E+01.607800E+00
 .670000E+01.609600E+00.680000E+01.611400E+00.690000E+01.613200E+00
 .700000E+01.615000E+00.710000E+01.616400E+00.720000E+01.617800E+00
 .730000E+01.619200E+00.740000E+01.620600E+00.750000E+01.622000E+00
 .760000E+01.623000E+00.770000E+01.624000E+00.780000E+01.625000E+00
 .790000E+01.626000E+00.800000E+01.627000E+00

$^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ MT=103

.400000E+00.000000E+00.500000E+00.000000E+00.600000E+00.000000E+00
.700000E+00.000000E+00.800000E+00.579720E-05 .900000E+00.812286E-04
.100000E+01.156660E-03 .110000E+01.475068E-03 .120000E+01.793476E-03
.130000E+01.131438E-02 .140000E+01.203779E-02 .150000E+01.276120E-02
.160000E+01.395572E-02 .170000E+01.515024E-02 .180000E+01.944260E-02
.190000E+01.168328E-01 .200000E+01.242230E-01 .210000E+01.311150E-01
.220000E+01.380070E-01 .230000E+01.460740E-01 .240000E+01.553160E-01
.250000E+01.645580E-01 .260000E+01.793268E-01 .270000E+01.940956E-01
.280000E+01.115210E+00.290000E+01.142670E+00.300000E+01.170130E+00
.310000E+01.181062E+00.320000E+01.191994E+00.330000E+01.188630E+00
.340000E+01.198460E+00.350000E+01.197480E+00.360000E+01.216716E+00
.370000E+01.235952E+00.380000E+01.255490E+00.390000E+01.275330E+00
.400000E+01.295170E+00.410000E+01.297302E+00.420000E+01.299434E+00
.430000E+01.305680E+00.440000E+01.316040E+00.450000E+01.326400E+00
.460000E+01.341624E+00.470000E+01.356848E+00.480000E+01.372072E+00
.490000E+01.387296E+00.500000E+01.402520E+00.510000E+01.408638E+00
.520000E+01.414756E+00.530000E+01.420874E+00.540000E+01.426992E+00
.550000E+01.433110E+00.560000E+01.441164E+00.570000E+01.449218E+00
.580000E+01.457272E+00.590000E+01.465326E+00.600000E+01.473380E+00
.610000E+01.474184E+00.620000E+01.474988E+00.630000E+01.475792E+00
.640000E+01.476596E+00.650000E+01.477400E+00.660000E+01.478204E+00
.670000E+01.479008E+00.680000E+01.479812E+00.690000E+01.480616E+00
.700000E+01.481420E+00.710000E+01.481498E+00.720000E+01.481576E+00
.730000E+01.481654E+00.740000E+01.481732E+00.750000E+01.481810E+00
.760000E+01.481888E+00.770000E+01.481966E+00.780000E+01.482044E+00
.790000E+01.482122E+00.800000E+01.482200E+00

$^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ MT=103

.400000E+00.000000E+00.500000E+00.000000E+00.600000E+00.000000E+00
 .700000E+00.000000E+00.800000E+00.000000E+00.900000E+00.000000E+00
 .100000E+01.000000E+00.110000E+01.000000E+00.120000E+01.000000E+00
 .130000E+01.000000E+00.140000E+01.000000E+00.150000E+01.000000E+00
 .160000E+01.000000E+00.170000E+01.413016E-07.180000E+01.925442E-07
 .190000E+01.143787E-06.200000E+01.195029E-06.210000E+01.246272E-06
 .220000E+01.297515E-06.230000E+01.348757E-06.240000E+01.400000E-06
 .250000E+01.371429E-05.260000E+01.702857E-05.270000E+01.103429E-04
 .280000E+01.209600E-03.290000E+01.604800E-03.300000E+01.100000E-02
 .310000E+01.192000E-02.320000E+01.284000E-02.330000E+01.424000E-02
 .340000E+01.612000E-02.350000E+01.800000E-02.360000E+01.116000E-01
 .370000E+01.152000E-01.380000E+01.188000E-01.390000E+01.224000E-01
 .400000E+01.260000E-01.410000E+01.304000E-01.420000E+01.348000E-01
 .430000E+01.392000E-01.440000E+01.436000E-01.450000E+01.480000E-01
 .460000E+01.530000E-01.470000E+01.580000E-01.480000E+01.630000E-01
 .490000E+01.680000E-01.500000E+01.730000E-01.510000E+01.782000E-01
 .520000E+01.834000E-01.530000E+01.886000E-01.540000E+01.938000E-01
 .550000E+01.990000E-01.560000E+01.104000E+00.570000E+01.109000E+00
 .580000E+01.114000E+00.590000E+01.119000E+00.600000E+01.124000E+00
 .610000E+01.129200E+00.620000E+01.134400E+00.630000E+01.139600E+00
 .640000E+01.144800E+00.650000E+01.150000E+00.660000E+01.154600E+00
 .670000E+01.159200E+00.680000E+01.163800E+00.690000E+01.168400E+00
 .700000E+01.173000E+00.710000E+01.176500E+00.720000E+01.180000E+00
 .730000E+01.183500E+00.740000E+01.187000E+00.750000E+01.190500E+00
 .760000E+01.194000E+00.770000E+01.197500E+00.780000E+01.201000E+00
 .790000E+01.204500E+00.800000E+01.208000E+00

$^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$ MT=103

.400000E+00.000000E+00.500000E+00.000000E+00.600000E+00.000000E+00
.700000E+00.000000E+00.800000E+00.000000E+00.900000E+00.000000E+00
.100000E+01.000000E+00.110000E+01.000000E+00.120000E+01.000000E+00
.130000E+01.000000E+00.140000E+01.000000E+00.150000E+01.000000E+00
.160000E+01.983200E-07.170000E+01 .196640E-06 .180000E+01.450533E-06
.190000E+01.860000E-06.200000E+01 .193200E-05 .210000E+01.440000E-05
.220000E+01.112067E-04.230000E+01 .227400E-04 .240000E+01.390000E-04
.250000E+01.612200E-04.260000E+01 .105000E-03 .270000E+01.191333E-03
.280000E+01.261980E-03.290000E+01 .316940E-03 .300000E+01.371900E-03
.310000E+01.527140E-03.320000E+01 .682380E-03 .330000E+01.921200E-03
.340000E+01.124360E-02.350000E+01 .156600E-02 .360000E+01.193000E-02
.370000E+01.229400E-02.380000E+01 .265800E-02 .390000E+01.302200E-02
.400000E+01.338600E-02.410000E+01 .386880E-02 .420000E+01.435160E-02
.430000E+01.483440E-02.440000E+01 .531720E-02 .450000E+01.580000E-02
.460000E+01.657760E-02.470000E+01 .735520E-02 .480000E+01.813280E-02
.490000E+01.891040E-02.500000E+01 .968800E-02 .510000E+01.102884E-01
.520000E+01.108888E-01.530000E+01 .114892E-01 .540000E+01.120896E-01
.550000E+01.126900E-01.560000E+01 .130500E-01 .570000E+01.134100E-01
.580000E+01.137700E-01.590000E+01 .141300E-01 .600000E+01.144900E-01
.610000E+01.149370E-01.620000E+01 .153840E-01 .630000E+01.158310E-01
.640000E+01.162780E-01.650000E+01 .167250E-01 .660000E+01.171720E-01
.670000E+01.176190E-01.680000E+01 .180660E-01 .690000E+01.185130E-01
.700000E+01.189600E-01.710000E+01 .195670E-01 .720000E+01.201740E-01
.730000E+01.207810E-01.740000E+01 .213880E-01 .750000E+01.219950E-01
.760000E+01.226020E-01.770000E+01 .232090E-01 .780000E+01.238160E-01
.790000E+01.244230E-01.800000E+01 .250300E-01

$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ MT=107

.400000E+00.000000E+00.500000E+00.000000E+00.600000E+00.000000E+00
.700000E+00.000000E+00.800000E+00.000000E+00.900000E+00.000000E+00
.100000E+01.000000E+00.110000E+01.000000E+00.120000E+01.000000E+00
.130000E+01.000000E+00.140000E+01.000000E+00.150000E+01.000000E+00
.160000E+01.000000E+00.170000E+01.000000E+00.180000E+01.000000E+00
.190000E+01.000000E+00.200000E+01.000000E+00.210000E+01.000000E+00
.220000E+01.000000E+00.230000E+01.000000E+00.240000E+01.000000E+00
.250000E+01.000000E+00.260000E+01.000000E+00.270000E+01.000000E+00
.280000E+01.000000E+00.290000E+01.000000E+00.300000E+01.000000E+00
.310000E+01.000000E+00.320000E+01.000000E+00.330000E+01.107455E-20
.340000E+01.311559E-20.350000E+01 .515663E-20 .360000E+01.719767E-20
.370000E+01.923871E-20.380000E+01 .182456E-12 .390000E+01.316508E-12
.400000E+01.377715E-12.410000E+01 .438922E-12 .420000E+01.500129E-12
.430000E+01.560042E-08.440000E+01 .168002E-07 .450000E+01.280000E-07
.460000E+01.104402E-05.470000E+01 .269042E-05 .480000E+01.522931E-05
.490000E+01.921136E-05.500000E+01 .133886E-04 .510000E+01.373545E-04
.520000E+01.640660E-04.530000E+01 .950817E-04 .540000E+01.123082E-03
.550000E+01.151083E-03.560000E+01 .396650E-03 .570000E+01.642217E-03
.580000E+01.911323E-03.590000E+01 .118790E-02 .600000E+01.138882E-02
.610000E+01.207029E-02.620000E+01 .275176E-02 .630000E+01.366504E-02
.640000E+01.487928E-02.650000E+01 .612862E-02 .660000E+01.793583E-02
.670000E+01.979635E-02.680000E+01 .119863E-01 .690000E+01.145601E-01
.700000E+01.171870E-01.710000E+01 .194291E-01 .720000E+01.212930E-01
.730000E+01.232851E-01.740000E+01 .254052E-01 .750000E+01.275254E-01
.760000E+01.305792E-01.770000E+01 .336331E-01 .780000E+01.363335E-01
.790000E+01.386804E-01.800000E+01 .410274E-01

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการคำนวณค่า saturated activity
 ตัวอย่างการคำนวณค่า saturated activity
 สเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการทดลอง

ผ.ข.1 โปรแกรมการคำนวณค่า saturated activity

```

REAL*4 RAMDA,COUNT,ATOM,A,B,W,EFF,TC,ACT
REAL*4 TD,HALF,X,R,C,D,PURE,NT,NA,NB,NC,TA
CHARACTER*16 ANAM,TITLE
OPEN(10,FILE='REAC',ACCESS='SEQUENTIAL',STATUS='UNKNOWN')
AV=6.0223E+23
WRITE(6,*)'TITLE'
READ(5,103)TITLE
103 FORMAT(A16)
WRITE(6,*)'IRRADIATION TIME(min)'
READ(5,5)TA
5 FORMAT(F12.5)
WRITE(6,*)'REACTION NAME'
READ(5,101) ANAM
101 FORMAT(A16)
WRITE(6,*)'HALF LIFE (min)'
READ(5,102)HALF
RAMDA=0.69314/HALF
X=HALF*60
R=0.69314/X
102 FORMAT(F12.5)
WRITE(6,400)RAMDA
400 FORMAT(5X,'RAMDA',F12.5)
WRITE(6,450)R
  
```

```
450 FORMAT(5X,'R',F12.5)
    WRITE(6,*)'COUNT'
    READ(5,104) COUNT
104 FORMAT(F12.5)
105 FORMAT(F12.5)
    WRITE(6,*)'ATOMIC WEIGHT'
    READ(5,106) ATOM
106 FORMAT(F12.5)
    WRITE(6,*)'GAMMA FRACTION'
    READ(5,107) A
107 FORMAT(F12.5)
    WRITE(6,*)'ABUNDANCE'
    READ(5,107) B
    WRITE(6,*)'MASS IN GRAM'
    READ(5,108) W
    WRITE(6,*)'PURITY OF MATERIAL'
    READ(5,105) PURE
108 FORMAT(F12.5)
    WRITE(6,*)'PERCENT EFFICIENCY'
    READ(5,109) EFF
109 FORMAT(E12.5)
    WRITE(6,*)'DECAY TIME (min)'
    READ(5,110) TD
110 FORMAT(F12.5)
    WRITE(6,*)'COUNTING TIME (min)'
    READ(5,110) TC
    WRITE(6,*)'ANAM, RAMDA, COUNT, ERR'
    WRITE(6,111) ANAM, RAMDA, COUNT, ERR
    WRITE(6,*)'ATOM, A, B, W, EFF, TC, TM'
    WRITE(6,112) ATOM, A, B, W, EFF, TC, TM
```

```

111  FORMAT(A16,4F12.5)
112  FORMAT(7F12.5)
      NT= (W*AV*PURE*B)/ATOM
      NA= EXP(-RAMDA*TD)
      NB= (1-EXP(-RAMDA*TC))
      NC= (1-EXP(-RAMDA*TA))
      C=(R*COUNT*ATOM*(EXP(RAMDA*TD)))
      D=(A*B*AV*W*PURE*EFF*(1.0-EXP(-RAMDA*TA))
1    *(1.0-EXP(-RAMDA*TC)))
      ACT=C/D
      WRITE(6,1) C
1    FORMAT(5X,'C',1PE12.5)
      WRITE(6,2) D
2    FORMAT(5X,'D',1PE12.5)
      WRITE(10,*)'OUTPUT TABLE OF REACTION RATE'
      WRITE(10,120)TITLE
120  FORMAT(5X,A16)
      WRITE(10,*)'-----'
      WRITE(10,*)'REACTION NAME    REACTION RATE'
      WRITE(10,*)'-----'
      WRITE(10,410)ANAM,ACT,ER
      WRITE(6,*)'-----'
      WRITE(6,*)'REACTION NAME    REACTION RATE'
      WRITE(6,*)'-----'
      WRITE(6,410)ANAM,ACT,ER
410  FORMAT(2X,A16,3X,1PE12.5,3X,F6.1)
      WRITE(6,*)' NO.OF ATOM    E(-RAMDA*TD) 1- E(-RAMDA*TC)'
      WRITE(6,520)NT,NA,NB
520  FORMAT(3(1PE14.4))
      WRITE(6,*)' 1-EXP(-RAMDA*TA)'

```

WRITE(6,520)NC

END

ผ.ข. 2 ตัวอย่างการคำนวณค่า saturated activity

แสดงการคำนวณค่า saturated activity จากปฏิกิริยา $\text{Ni}^{58}(\text{n,p})\text{Co}^{58}$ ในตัวกลางอากาศที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน Cf-252 2.9 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการอบรังสี 10,136 min

$$E_\gamma = 0.81 \text{ MeV}$$

$$C = 5566 \text{ counts}$$

$$\lambda = 6.74 \times 10^{-6} \text{ min}^{-1} = 1.12 \times 10^{-7} \text{ sec}^{-1}$$

$$t_d = 538 \text{ min} \quad e^{-\lambda t_d} = 9.96 \times 10^{-1}$$

$$t_c = 25 \text{ min} \quad 1 - e^{-\lambda t_c} = 1.68 \times 10^{-4}$$

$$1 - e^{-\lambda t_a} = 6.60 \times 10^{-2}$$

$$I_g = 99\%$$

$$B = 68.3\%$$

$$\epsilon = 1.52\%$$

$$M = 57.935346 \text{ g-mol}$$

$$m = 2.77 \text{ g}$$

$$P = 99.99\%$$

$$K_\Omega = 0.997$$

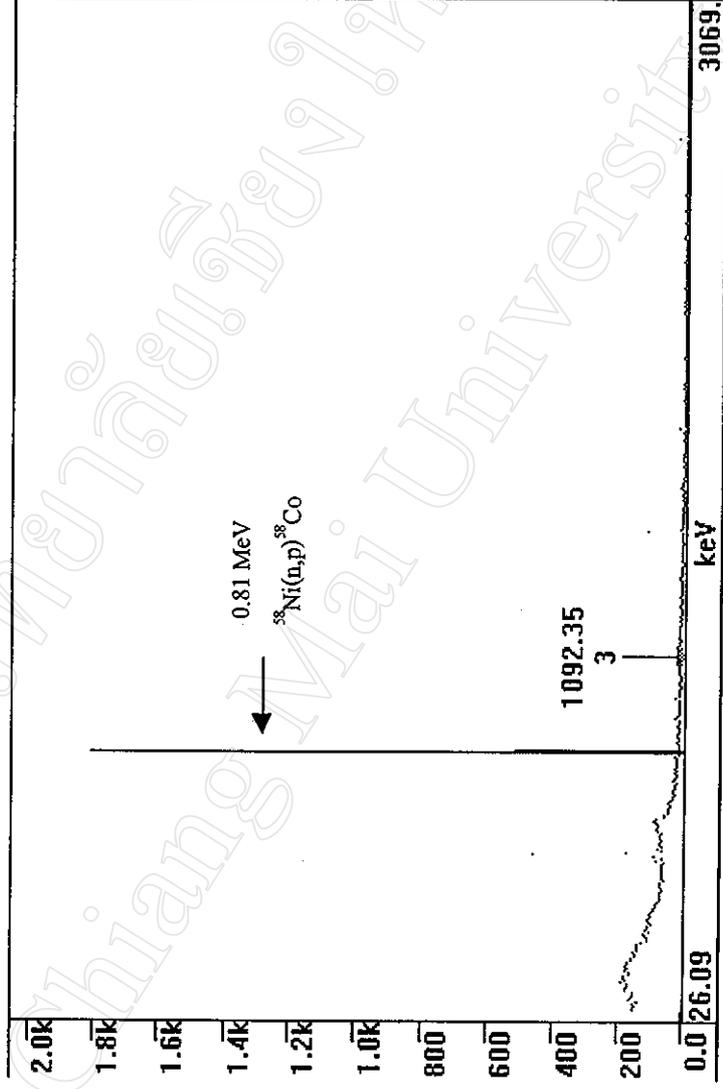
$$N_T = \frac{2.77 \times 0.68 \times 0.99 \times 6.02 \times 10^{23}}{57.935346} = 1.96 \times 10^{22} \quad (\text{ข.1})$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ (2.22)

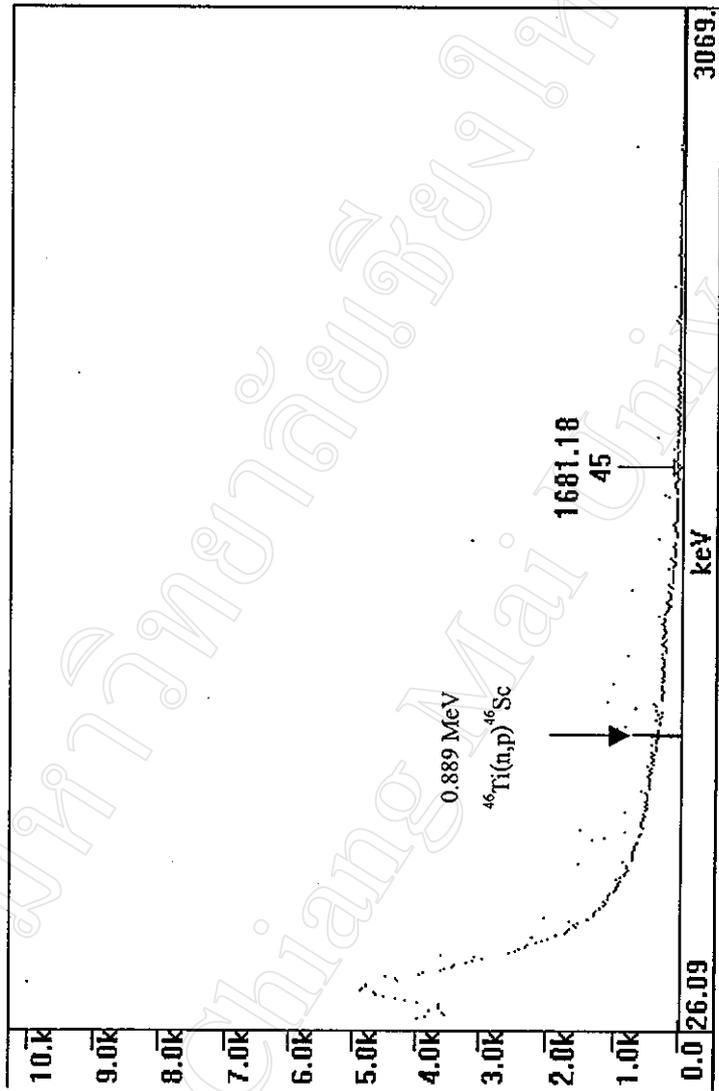
$$\int \sigma_{(E)} \phi_{(E)} dE = \frac{5566 \times 1.12 \times 10^{-7}}{1.96 \times 10^{22} \times 0.99 \times 0.0152 \times 6.60 \times 10^{-2} \times 9.96 \times 10^{-1} \times 1.68 \times 10^{-4} \times 0.997} = 1.91 \times 10^{-19} \quad (\text{ข.2})$$

ผ.ข.3 สเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการทดลอง

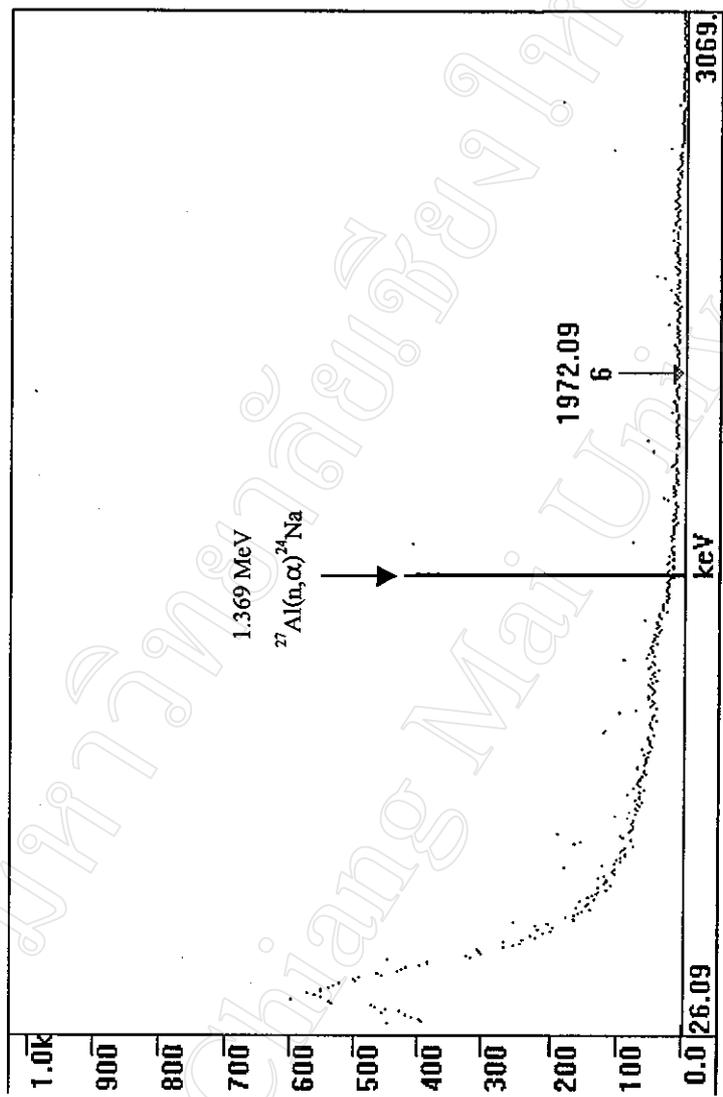
ผ.ข.3.1 สเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการอบแผ่นโลหะด้วยรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางอากาศที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 2.9 เซนติเมตร



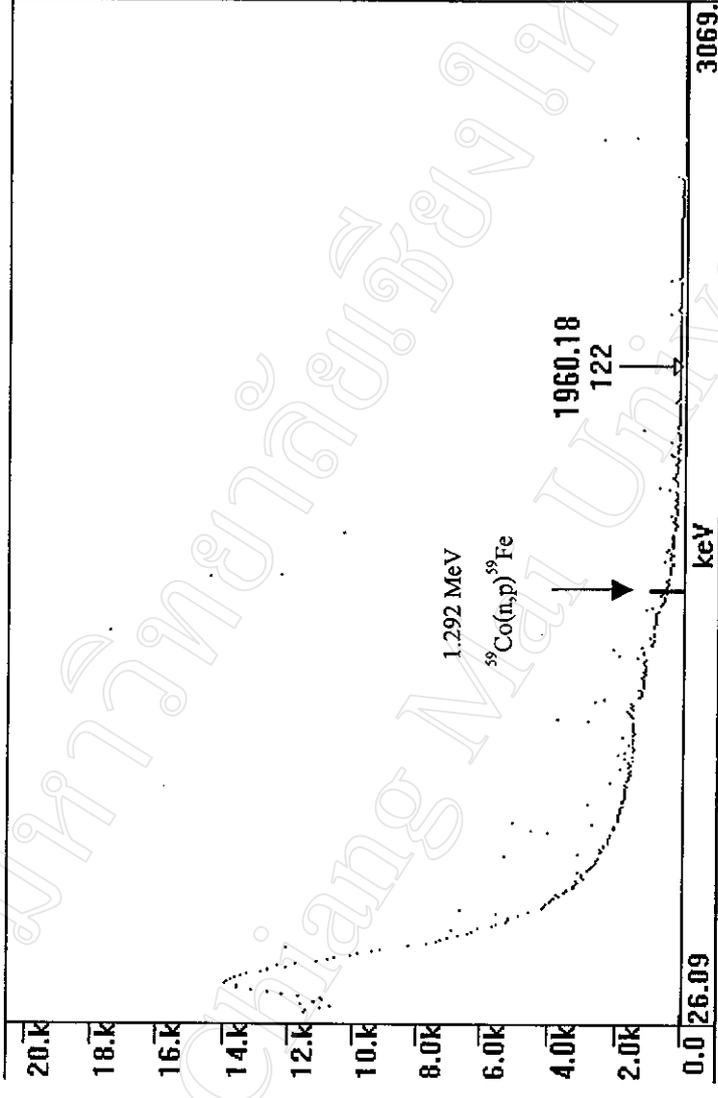
รูปที่ ข.3.1.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในอากาศ



รูปที่ ข.3.1.2 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในอากาศ



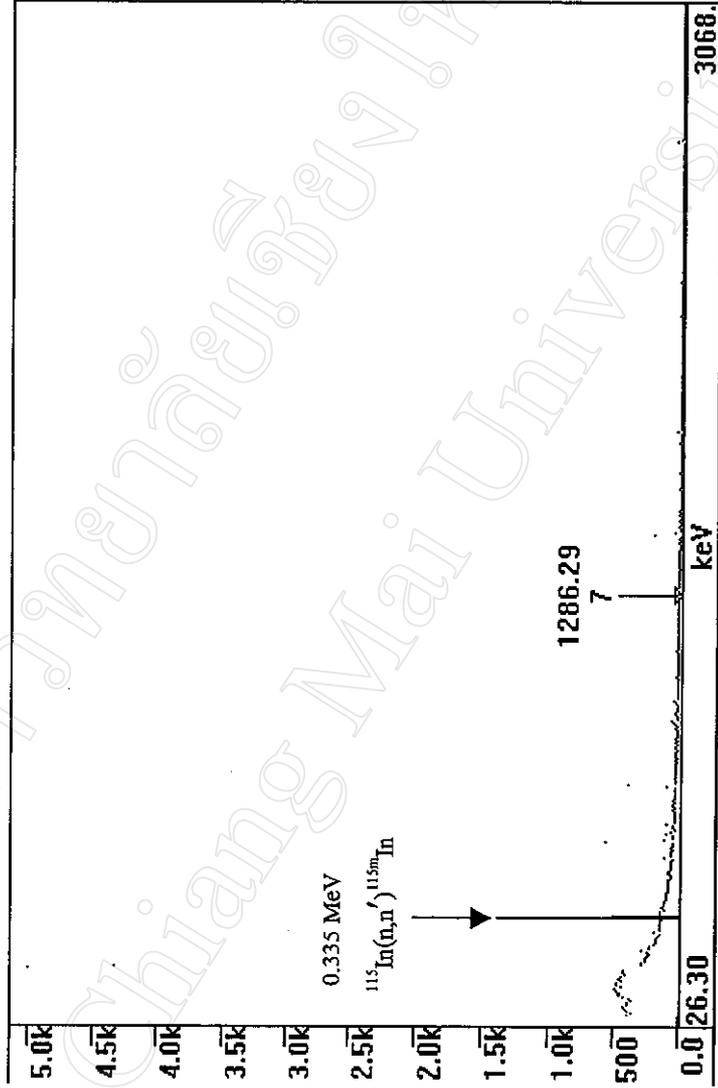
รูปที่ ข.3.1.3 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในอากาศ



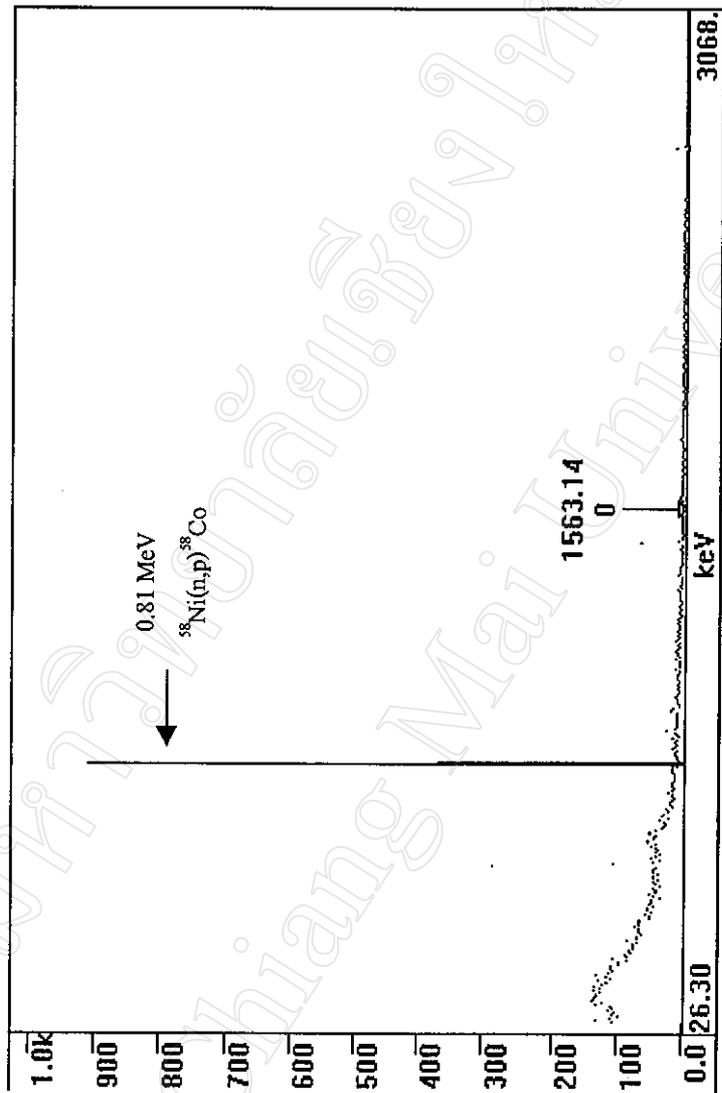
รูปที่ ข.3.1.4 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในอากาศ

ผ.ช.3.2 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการอาบแผ่นโลหะด้วยรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf

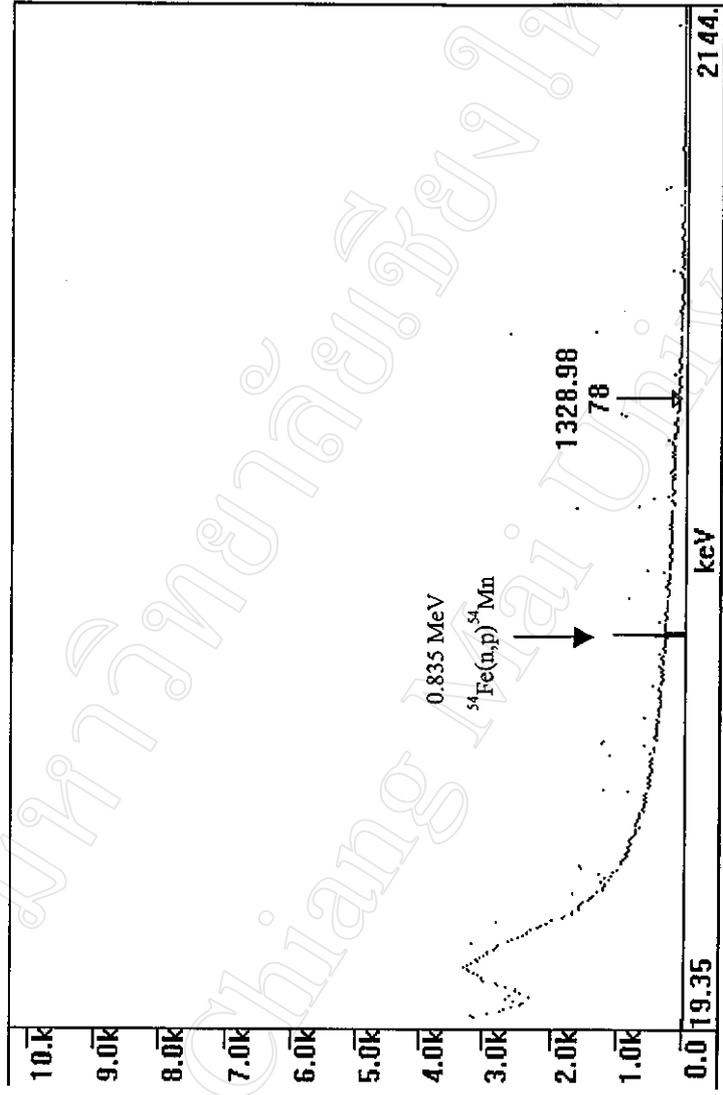
ในตัวกลางน้ำที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 2.9 เซนติเมตร



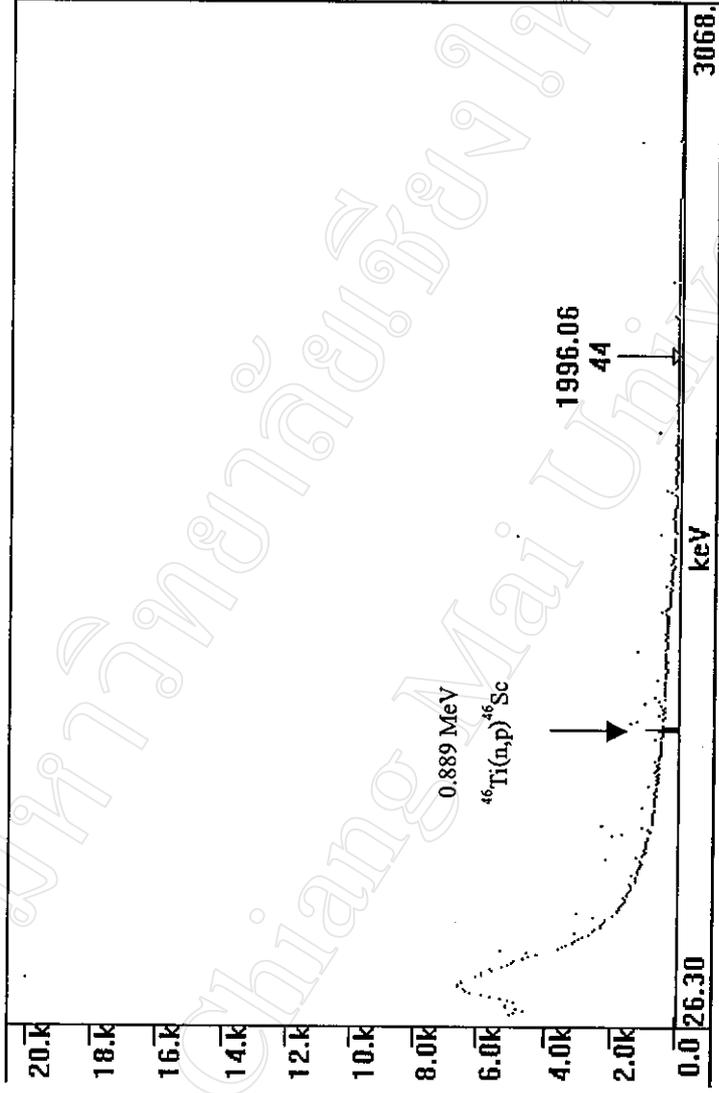
รูปที่ ข.3.2.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{115}\text{In}(n,n')^{115m}\text{In}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในน้ำ



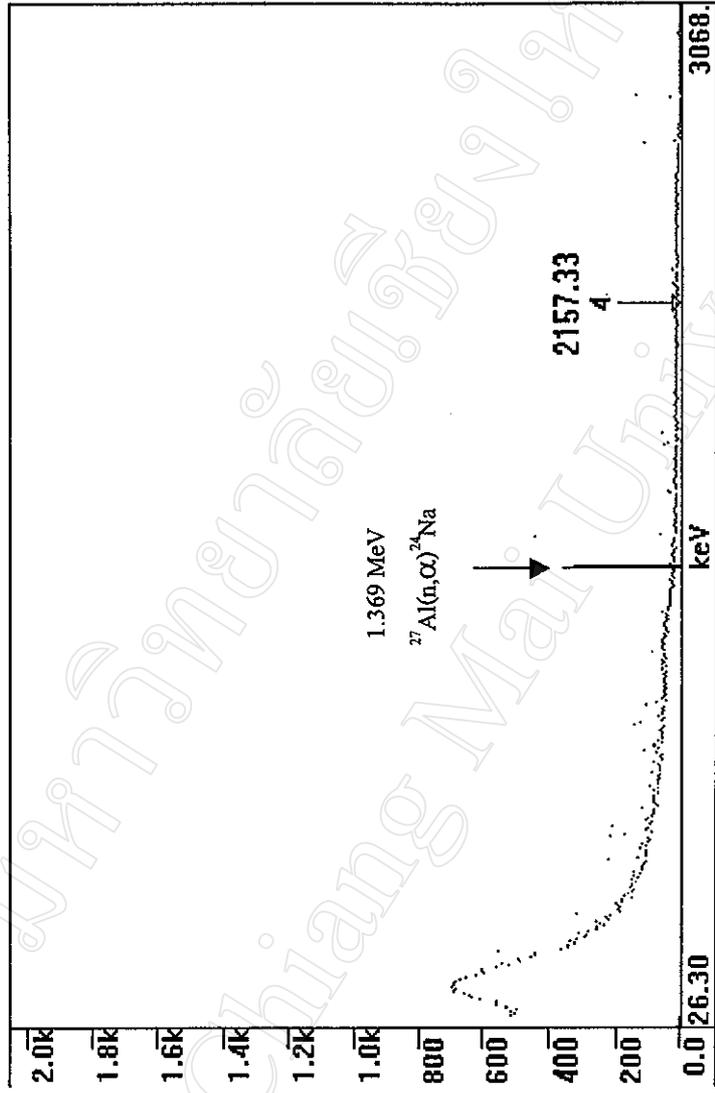
รูปที่ ข.3.2.2 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในน้ำ



รูปที่ ข.3.2.3 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในน้ำ

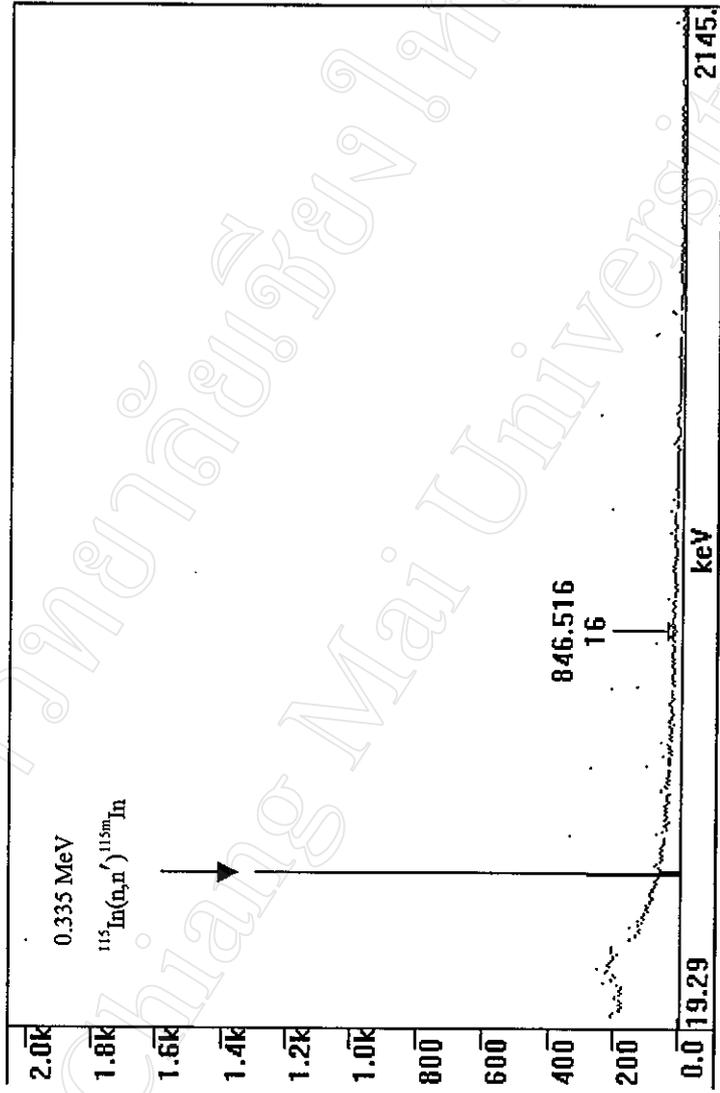


รูปที่ ข.3.2.4 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในน้ำ

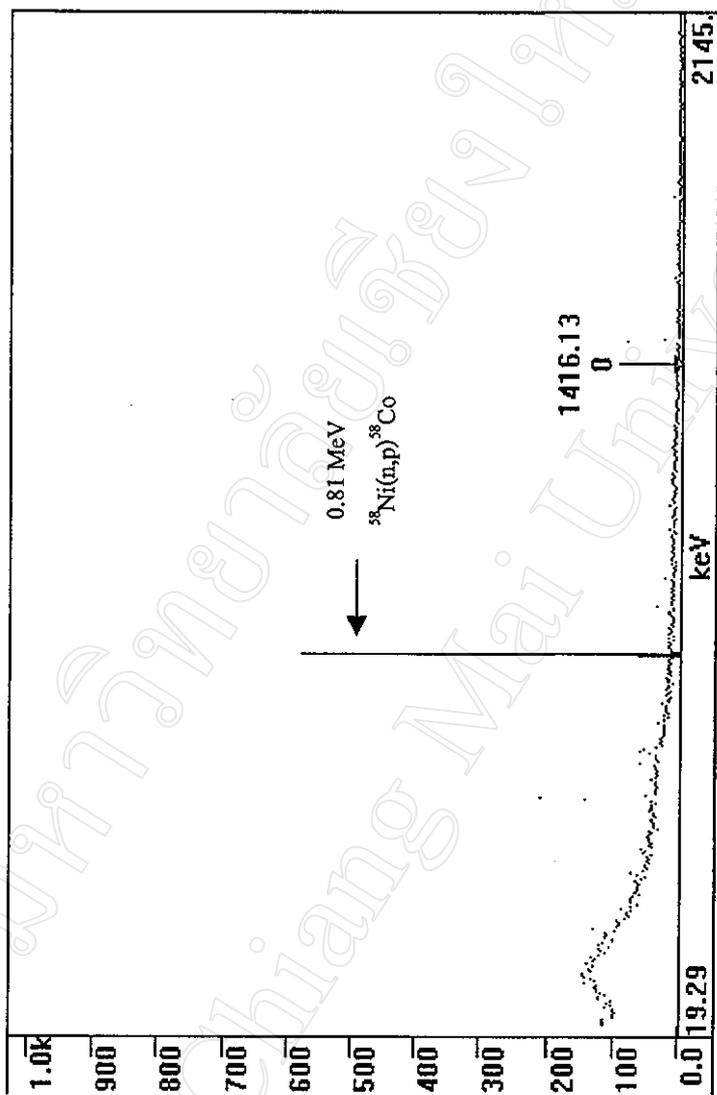


รูปที่ ข.3.2.5 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ ที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร ในน้ำ

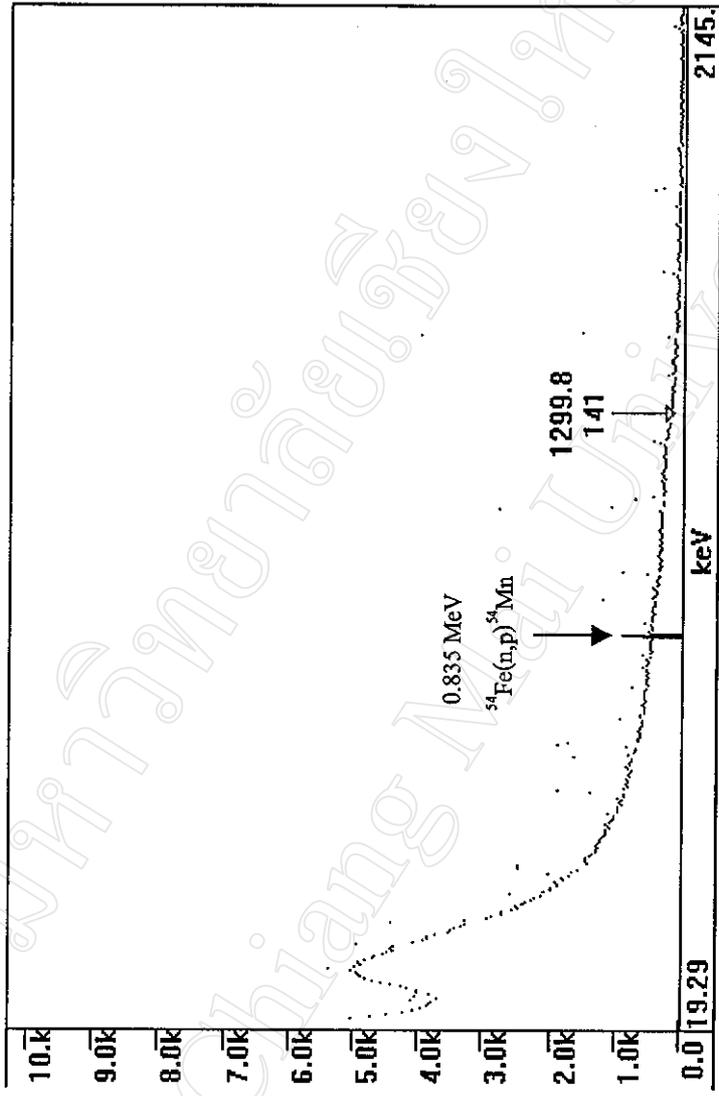
ผ.ข.3.3 สเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการอบแผ่นโลหะด้วยรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางน้ำที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 5 เซนติเมตร



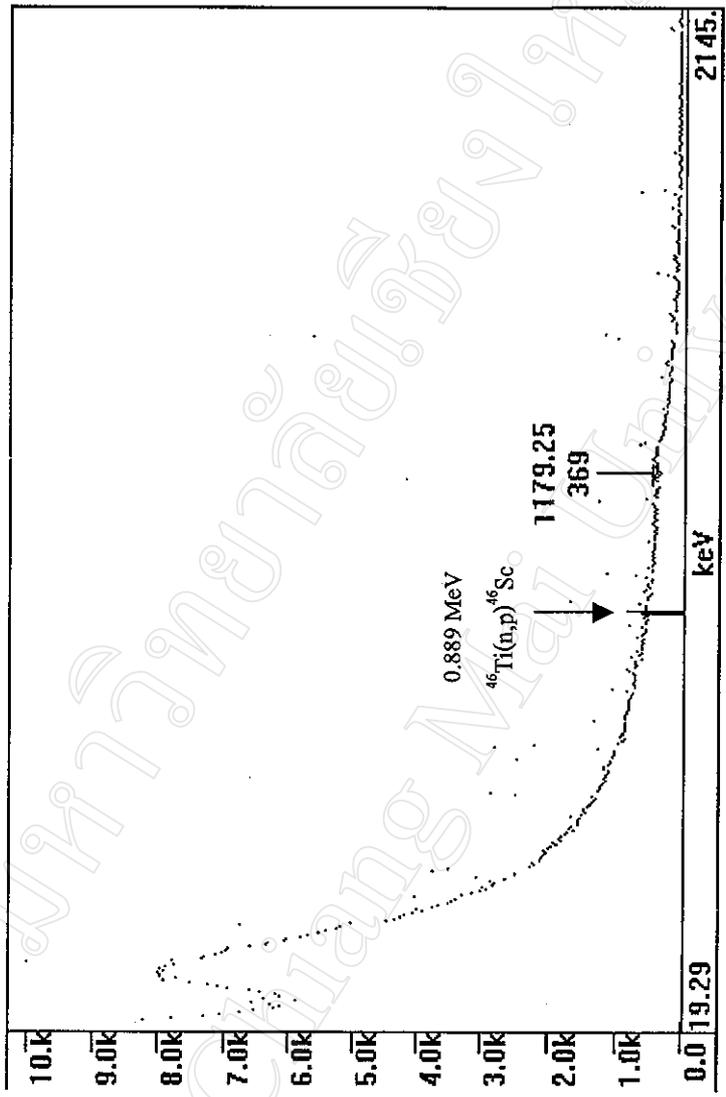
รูปที่ ข.3.3.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการปฏิกิริยา $^{115}\text{In}(n,n')^{115m}\text{In}$ ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ในน้ำ



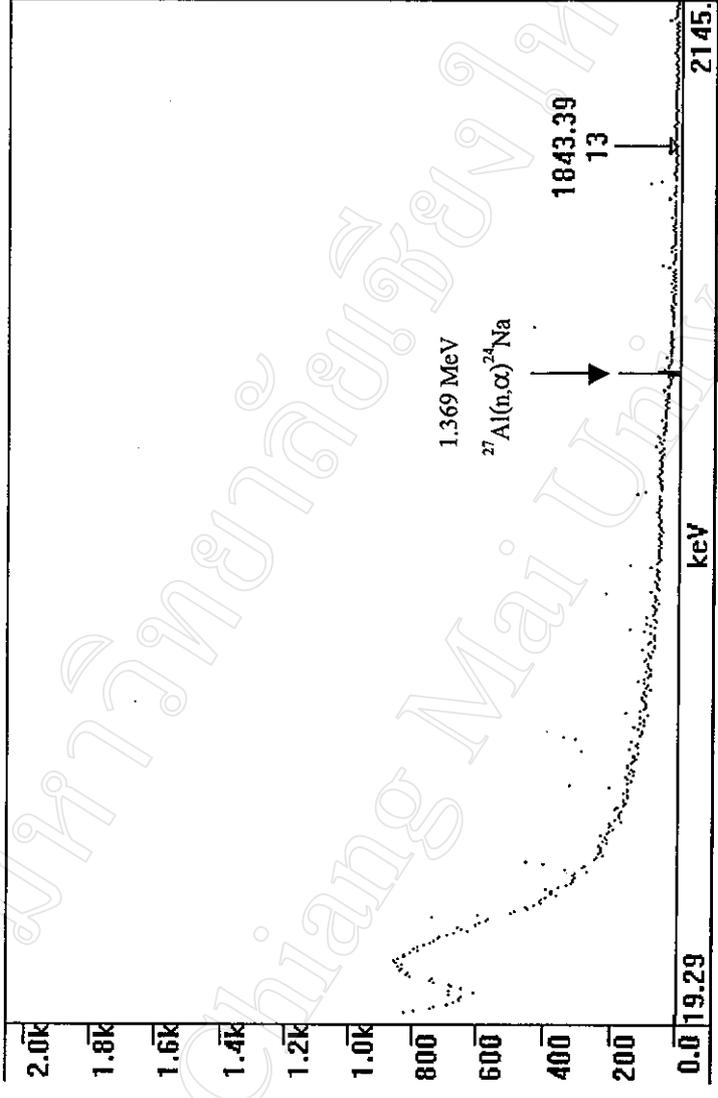
รูปที่ ข.3.3.2 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ในน้ำ



รูปที่ ข.3.3.3 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ในน้ำ



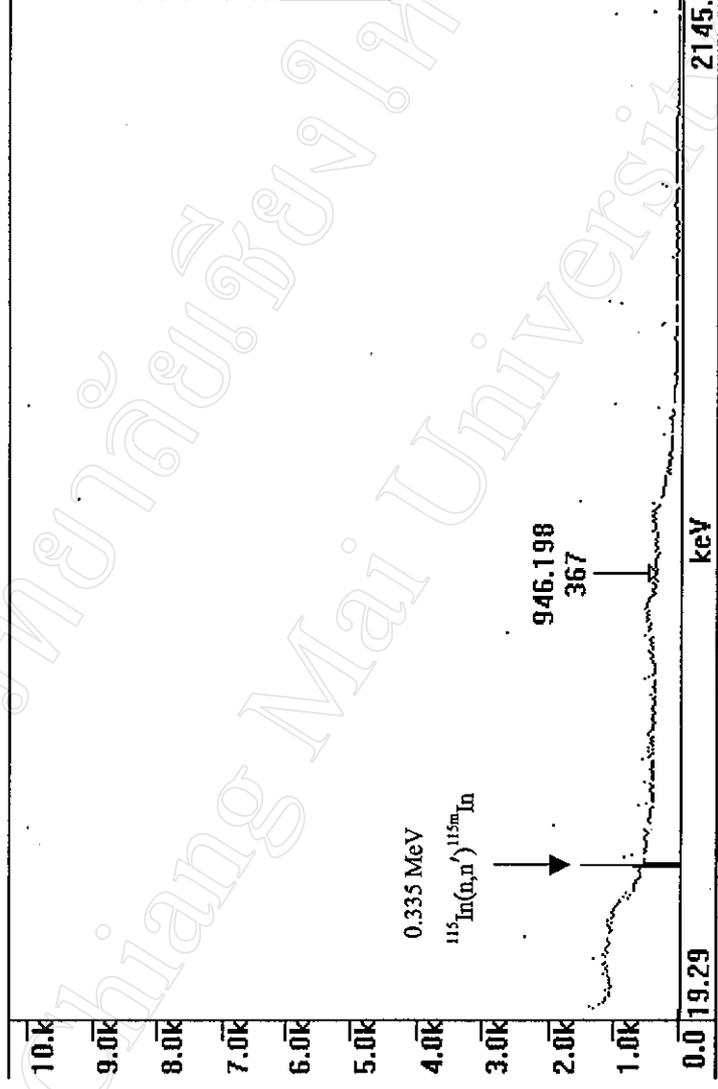
รูปที่ ข.3.3.4 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ในน้ำ



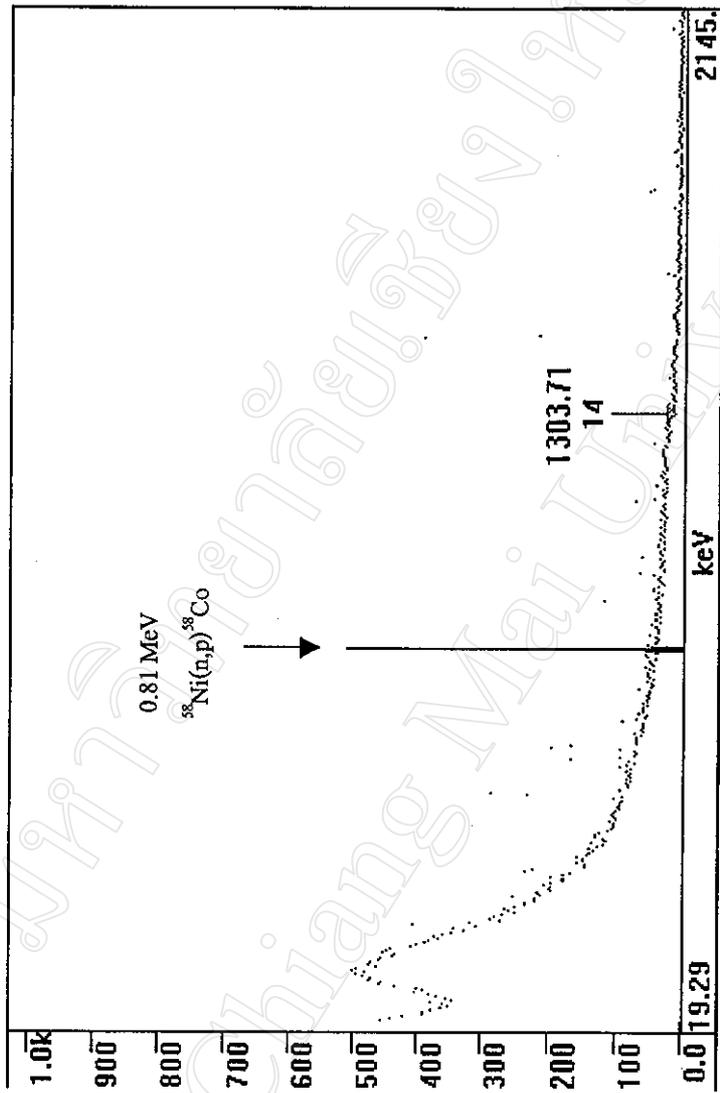
รูปที่ ข.3.3.5 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ในน้ำ

ผ.ข.3.4 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากการอาบแผ่นโลหะด้วยรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf

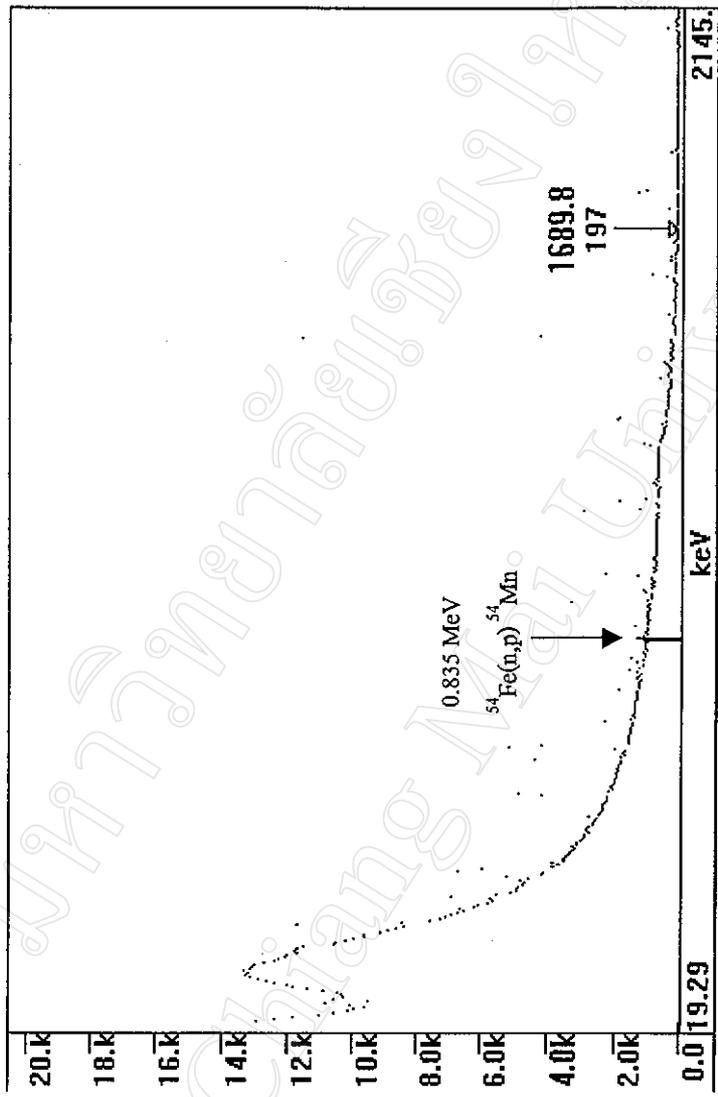
ในตัวอย่างน้ำที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 10.5 เซนติเมตร



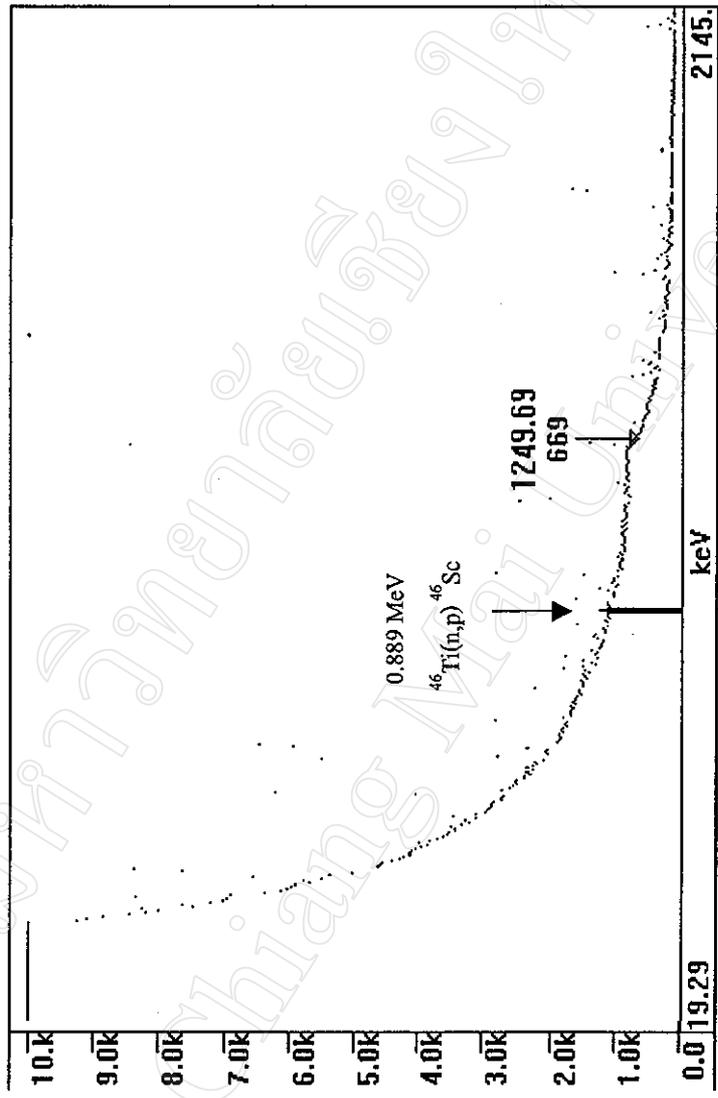
รูปที่ ข.3.4.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{115}\text{In}(n,n')^{115m}\text{In}$ ที่ระยะ 10.5 เซนติเมตร ในน้ำ



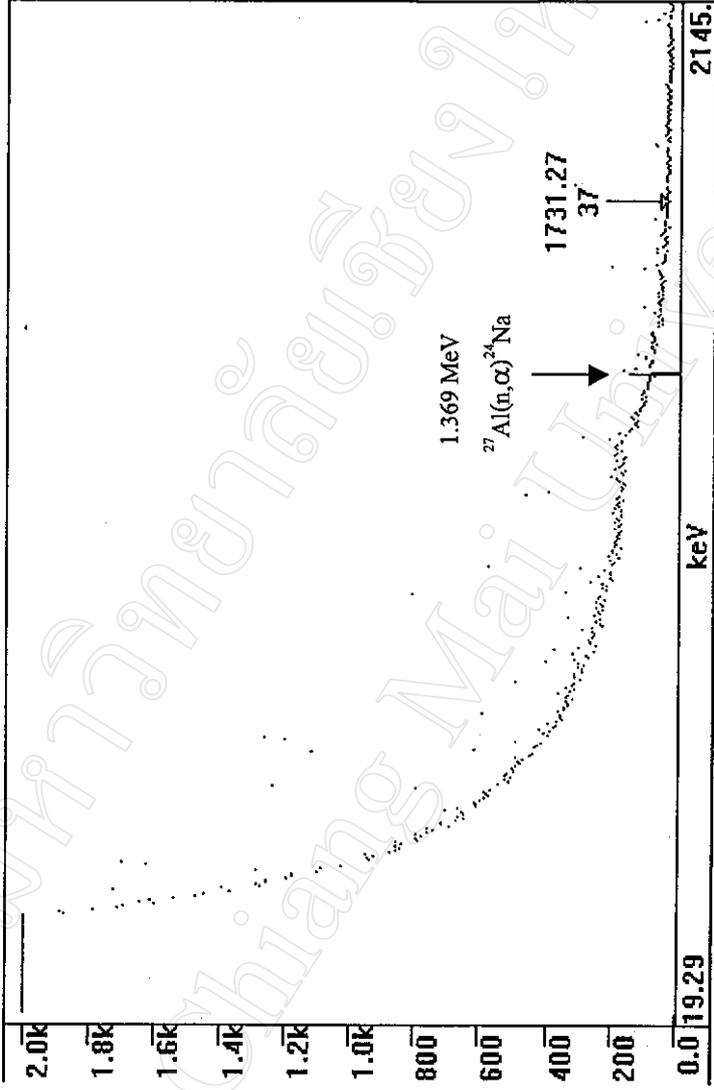
รูปที่ ข.3.4.2 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ที่ระยะ 10.5 เซนติเมตร ในน้ำ



รูปที่ ข.3.4.3 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ ที่ระยะ 10.5 เซนติเมตร ในน้ำ



รูปที่ ข.3.4.4 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$ ที่ระยะ 0.889 เมกวัตต์ในน้ำ



รูปที่ ข.3.4.5 แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากปฏิกิริยา $\text{Al}^{27}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ ที่ระยะ 10.5 เซนติเมตร ในน้ำ

ภาคผนวก ค

ผลการคำนวณสเปกตรัมของรังสีนิวตรอน
จากธาตุ ^{252}Cf ที่ได้จาก SAND II

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าพลังงานและฟลักซ์ของรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางอากาศ
ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 2.9 เซนติเมตร

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
6.0E-01	6.10E+05
7.0E-01	6.14E+05
8.0E-01	6.12E+05
9.0E-01	6.05E+05
1.0E+00	5.95E+05
1.1E+00	5.81E+05
1.2E+00	5.66E+05
1.3E+00	5.49E+05
1.4E+00	5.31E+05
1.5E+00	5.12E+05
1.6E+00	4.93E+05
1.7E+00	4.74E+05
1.8E+00	4.54E+05
1.9E+00	4.35E+05
2.0E+00	4.16E+05
2.1E+00	3.98E+05
2.2E+00	3.80E+05
2.3E+00	3.62E+05
2.4E+00	3.46E+05
2.5E+00	3.30E+05
2.6E+00	3.14E+05
2.7E+00	3.00E+05
2.8E+00	2.84E+05
2.9E+00	2.68E+05
3.0E+00	2.53E+05

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
3.1E+00	2.38E+05
3.2E+00	2.24E+05
3.3E+00	2.11E+05
3.4E+00	1.98E+05
3.5E+00	1.86E+05
3.6E+00	1.74E+05
3.7E+00	1.62E+05
3.8E+00	1.52E+05
3.9E+00	1.42E+05
4.0E+00	1.33E+05
4.1E+00	1.25E+05
4.2E+00	1.17E+05
4.3E+00	1.10E+05
4.4E+00	1.04E+05
4.5E+00	9.74E+04
4.6E+00	9.17E+04
4.7E+00	8.64E+04
4.8E+00	8.14E+04
4.9E+00	7.67E+04
5.0E+00	7.21E+04
5.1E+00	6.78E+04
5.2E+00	6.36E+04
5.3E+00	5.97E+04
5.4E+00	5.61E+04
5.5E+00	5.26E+04
5.6E+00	4.91E+04
5.7E+00	4.59E+04

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
5.8E+00	4.28E+04
5.9E+00	4.00E+04
6.0E+00	3.74E+04
6.1E+00	3.48E+04
6.2E+00	3.23E+04
6.3E+00	3.00E+04
6.4E+00	2.78E+04
6.5E+00	2.58E+04
6.6E+00	2.38E+04
6.7E+00	2.21E+04
6.8E+00	2.04E+04
6.9E+00	1.89E+04
7.0E+00	1.75E+04
7.1E+00	1.63E+04
7.2E+00	1.52E+04
7.3E+00	1.41E+04
7.4E+00	1.32E+04
7.5E+00	1.23E+04
7.6E+00	1.15E+04
7.7E+00	1.07E+04
7.8E+00	9.95E+03
7.9E+00	9.30E+03
8.0E+00	8.68E+03

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าพลังงานและฟลักซ์ของรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางน้ำ
ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 2.9 เซนติเมตร

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
4.0E-01	5.75E+05
5.0E-01	5.87E+05
6.0E-01	5.82E+05
7.0E-01	5.90E+05
8.0E-01	5.91E+05
9.0E-01	5.88E+05
1.0E+00	5.75E+05
1.1E+00	5.50E+05
1.2E+00	5.31E+05
1.3E+00	5.11E+05
1.4E+00	4.92E+05
1.5E+00	4.73E+05
1.6E+00	4.49E+05
1.7E+00	4.25E+05
1.8E+00	4.05E+05
1.9E+00	3.88E+05
2.0E+00	3.70E+05
2.1E+00	3.48E+05
2.2E+00	3.27E+05
2.3E+00	3.08E+05
2.4E+00	2.90E+05
2.5E+00	2.73E+05
2.6E+00	2.57E+05
2.7E+00	2.43E+05
2.8E+00	2.29E+05

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
2.9E+00	2.17E+05
3.0E+00	2.05E+05
3.1E+00	1.92E+05
3.2E+00	1.79E+05
3.3E+00	1.67E+05
3.4E+00	1.55E+05
3.5E+00	1.44E+05
3.6E+00	1.34E+05
3.7E+00	1.25E+05
3.8E+00	1.17E+05
3.9E+00	1.09E+05
4.0E+00	1.02E+05
4.1E+00	9.52E+04
4.2E+00	8.86E+04
4.3E+00	8.27E+04
4.4E+00	7.73E+04
4.5E+00	7.23E+04
4.6E+00	6.78E+04
4.7E+00	6.36E+04
4.8E+00	5.96E+04
4.9E+00	5.59E+04
5.0E+00	5.24E+04
5.1E+00	4.90E+04
5.2E+00	4.58E+04
5.3E+00	4.28E+04
5.4E+00	4.00E+04
5.5E+00	3.74E+04

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
5.6E+00	3.49E+04
5.7E+00	3.27E+04
5.8E+00	3.05E+04
5.9E+00	2.85E+04
6.0E+00	2.67E+04
6.1E+00	2.49E+04
6.2E+00	2.32E+04
6.3E+00	2.16E+04
6.4E+00	2.01E+04
6.5E+00	1.87E+04
6.6E+00	1.74E+04
6.7E+00	1.62E+04
6.8E+00	1.51E+04
6.9E+00	1.41E+04
7.0E+00	1.31E+04
7.1E+00	1.22E+04
7.2E+00	1.14E+04
7.3E+00	1.07E+04
7.4E+00	1.00E+04
7.5E+00	9.35E+03
7.6E+00	8.74E+03
7.7E+00	8.17E+03
7.8E+00	7.64E+03
7.9E+00	7.15E+03
8.0E+00	6.69E+03

ตารางที่ ค.3 แสดงค่าพลังงานและฟลักซ์ของรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางน้ำ
ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 5 เซนติเมตร

Energy (MeV)	Neutron flux ($\text{n/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{MeV}$)
4.0E-01	1.59E+05
5.0E-01	1.64E+05
6.0E-01	1.65E+05
7.0E-01	1.67E+05
8.0E-01	1.67E+05
9.0E-01	1.65E+05
1.0E+00	1.62E+05
1.1E+00	1.56E+05
1.2E+00	1.51E+05
1.3E+00	1.46E+05
1.4E+00	1.40E+05
1.5E+00	1.35E+05
1.6E+00	1.29E+05
1.7E+00	1.22E+05
1.8E+00	1.16E+05
1.9E+00	1.10E+05
2.0E+00	1.05E+05
2.1E+00	9.88E+04
2.2E+00	9.31E+04
2.3E+00	8.78E+04
2.4E+00	8.27E+04
2.5E+00	7.79E+04
2.6E+00	7.33E+04
2.7E+00	6.90E+04
2.8E+00	6.48E+04

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
2.9E+00	6.10E+04
3.0E+00	5.74E+04
3.1E+00	5.40E+04
3.2E+00	5.08E+04
3.3E+00	4.77E+04
3.4E+00	4.49E+04
3.5E+00	4.21E+04
3.6E+00	3.96E+04
3.7E+00	3.71E+04
3.8E+00	3.49E+04
3.9E+00	3.28E+04
4.0E+00	3.08E+04
4.1E+00	2.89E+04
4.2E+00	2.72E+04
4.3E+00	2.55E+04
4.4E+00	2.40E+04
4.5E+00	2.26E+04
4.6E+00	2.12E+04
4.7E+00	1.99E+04
4.8E+00	1.88E+04
4.9E+00	1.76E+04
5.0E+00	1.66E+04
5.1E+00	1.56E+04
5.2E+00	1.46E+04
5.3E+00	1.37E+04
5.4E+00	1.29E+04
5.5E+00	1.21E+04

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
5.6E+00	1.13E+04
5.7E+00	1.05E+04
5.8E+00	9.83E+03
5.9E+00	9.19E+03
6.0E+00	8.58E+03
6.1E+00	7.97E+03
6.2E+00	7.40E+03
6.3E+00	6.85E+03
6.4E+00	6.33E+03
6.5E+00	5.85E+03
6.6E+00	5.39E+03
6.7E+00	4.96E+03
6.8E+00	4.57E+03
6.9E+00	4.21E+03
7.0E+00	3.89E+03
7.1E+00	3.60E+03
7.2E+00	3.35E+03
7.3E+00	3.11E+03
7.4E+00	2.89E+03
7.5E+00	2.69E+03
7.6E+00	2.50E+03
7.7E+00	2.32E+03
7.8E+00	2.16E+03
7.9E+00	2.01E+03
8.0E+00	1.88E+03

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าพลังงานและฟลักซ์ของรังสีนิวตรอนจาก ^{252}Cf ในตัวกลางน้ำ
ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 10.5 เซนติเมตร

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
4.0E-01	1.58E+04
5.0E-01	1.64E+04
6.0E-01	1.67E+04
7.0E-01	1.68E+04
8.0E-01	1.68E+04
9.0E-01	1.66E+04
1.0E+00	1.63E+04
1.1E+00	1.59E+04
1.2E+00	1.54E+04
1.3E+00	1.50E+04
1.4E+00	1.45E+04
1.5E+00	1.40E+04
1.6E+00	1.34E+04
1.7E+00	1.29E+04
1.8E+00	1.24E+04
1.9E+00	1.20E+04
2.0E+00	1.15E+04
2.1E+00	1.10E+04
2.2E+00	1.05E+04
2.3E+00	1.00E+04
2.4E+00	9.53E+03
2.5E+00	9.08E+03
2.6E+00	8.65E+03
2.7E+00	8.24E+03
2.8E+00	7.84E+03

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
2.9E+00	7.46E+03
3.0E+00	7.07E+03
3.1E+00	6.65E+03
3.2E+00	6.23E+03
3.3E+00	5.81E+03
3.4E+00	5.40E+03
3.5E+00	5.02E+03
3.6E+00	4.65E+03
3.7E+00	4.32E+03
3.8E+00	4.02E+03
3.9E+00	3.74E+03
4.0E+00	3.48E+03
4.1E+00	3.23E+03
4.2E+00	2.99E+03
4.3E+00	2.77E+03
4.4E+00	2.58E+03
4.5E+00	2.40E+03
4.6E+00	2.24E+03
4.7E+00	2.09E+03
4.8E+00	1.95E+03
4.9E+00	1.82E+03
5.0E+00	1.70E+03
5.1E+00	1.59E+03
5.2E+00	1.48E+03
5.3E+00	1.38E+03
5.4E+00	1.29E+03
5.5E+00	1.20E+03

Energy (MeV)	Neutron flux (n/cm ² .s.MeV)
5.6E+00	1.13E+03
5.7E+00	1.06E+03
5.8E+00	9.91E+02
5.9E+00	9.29E+02
6.0E+00	8.71E+02
6.1E+00	8.17E+02
6.2E+00	7.67E+02
6.3E+00	7.21E+02
6.4E+00	6.80E+02
6.5E+00	6.41E+02
6.6E+00	6.05E+02
6.7E+00	5.72E+02
6.8E+00	5.41E+02
6.9E+00	5.12E+02
7.0E+00	4.85E+02
7.1E+00	4.57E+02
7.2E+00	4.31E+02
7.3E+00	4.06E+02
7.4E+00	3.83E+02
7.5E+00	3.61E+02
7.6E+00	3.41E+02
7.7E+00	3.21E+02
7.8E+00	3.03E+02
7.9E+00	2.85E+02
8.0E+00	2.68E+02

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสุภรพรรณ ชูถิ่น
วัน เดือน ปี เกิด	8 มีนาคม 2516
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก เมื่อปีการศึกษา 2531 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก เมื่อปีการศึกษา 2534 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อปีการศึกษา 2538