



เอกสารอ้างอิง

1. Sands, D.E. Introduction to Crystallography. P. 3, Lexington, Kentueky, 1968.
2. Goldak, J., Barrett, C.S., "structure of Alpha GeTe" The Journal of Chemical Physics. 44, (1966) : 3324.
3. Mazelsky, R., Lubell, M.S., Kramer, W.E., "Phase Studies of the Group IV-A Tellurides" The Journal of Chemical Physics . 37(1962) : 45-46.
4. Woolley, J.C., Nikolic, P., "Some Properties of GeTe-PbTe Alloys" Journal of the Electrochemical Society. 112 (1965):83
5. Woolley, J.C., Nikolic, P., "Some Properties of GeTe-PbTe Alloys" Journal of the Electrochemical Society. 112(1965):84
6. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2 nd ed., P.23, Addison-Wesley, 1978.
7. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography. P.33, Mc Graw-Hill, New York, 1958
8. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2 nd ed., P.33, Addison-Wesley, 1978
9. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2 nd ed., P.36, Addison-Wesley, 1978.
10. Stout, G.H., Jensen, L.H. X-Ray Structure Determination. P.19, Macmillan, New York, 1968.
11. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography. P.6. Mc Graw-Hill, New York, 1958
12. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography. P.8 Mc Graw-Hill, New York, 1958

13. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography. P.15, Mc Graw-Hill, New York, 1958
14. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography. P. 47, Mc. Graw-Hill, New York, 1958
15. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2nd ed, P.181, Addison-Wesley, 1978
16. Taylor, A. X-Ray Metallography.P.202, Wiley & Sons, New-York, 1961
17. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method Method in X-Ray Crystallography.P.22, Mc Graw-Hill, New-York, 1958
18. D'Eye, R.W.M., Wait, E. X-Ray Powder Photography in Inorganic Chemistry. P.60, Butterworths Scientific Publication, 1960
19. Taylor, A. X-Ray Metallography.PP. 180-181, Wiley & Sons, New-York, 1961
20. D'Eye, R.W.M., Wait, E. X-Ray Powder Photography in Inorganic Chemistry. P.43, Butterworths Scientific Publication, 1960
21. Taylor, A., Sinclair, H. "On the Determination of Lattice Parameters by the Debye-Scherrer Method" Proceeding of the Physical Society. 57 (1945): 128
22. Taylor, A., Sinclair, H. "The Influence of Absorption on the shapes and Positions of Lines in Debye-scherrer Powder Photographs" Proceeding of the Physical Society.57, (1945):110-111
23. Taylor, A., Sinclair, H. "The Influence of Absorption on the shapes and Positions of Lines in Debye-scherrer Powder Photographs" Proceeding of the Physical Society.57, (1945):111
24. Taylor, A. Sinclair, H. "The Influence of Absorption on the shapes and Positions of Lines in Debye-scherrer Powder Photographs" Proceeding of the Physical Society.57, (1945):113

25. Taylor, A. Sinclair, H. "The Influence of Absorption on the Shapes and Positions of Lines in Debye-Scherrer Powder Photographs" Proceeding of the Physical Society. 57, (1945):117
26. Taylor, A., Sinclair, H. "The Influence of Absorption on the shapes and Positions of Lines in Debye-Scherrer Powder Photographs" Proceeding of the Physical Society. 57, (1945):122-123
27. Taylor, A. X-ray Metallography P.181, Wiley & Sons, New York, 1961
28. Azaroff, L.V., Buerger, M.J. The Powder Method in X-Ray Crystallography, PP.236-237.
29. Taylor, A. X-Ray Metallography. P.343, Wiley & Sons, New York, 1961.
30. Taylor, A. X-Ray Metallography. P.348, Wiley & Sons, New York, 1961
31. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2nd ed., PP.504-505, Addison-Wesley, 1978
32. Cullity, B.D. Element of X-Ray Diffraction, 2nd ed., p.504, Addison-Wesley, 1978
33. Bennington, R., Blondet, M., Douglass, K., Harlow, W., Motiwalla, S. and Simo, J.C., Science and Engineering Programs Apple II (Heilborn, J. ed.) PP. 28-31. Mc Graw-Hill, 1981
34. Freund, J.E. Modern Elementary Statistics, 2nd ed., pp.351-354, Prentice-Hall, 1960.
35. Mazelsky, R., Lubell, M.S., Kramer, W.E. "Phase Studies of the Group IV-A Tellurides" The Journal of Chemical Physics. 37, (1962):46
36. Bennington, R. Blondet, M. Douglass, K., Harlow, W., Motiwalla, S. and Simo, J.C. Science and Engineering Programs Apple II

(Heilborn, J. ed.) PP.16-18 Mc Graw-Hill, 1981

37. อ่ำพล เจริญพัฒนาไพศาล "การศึกษาโลหะผสม $Pb_{1-x-y}Sn_xGe_yTe$ โดยวิธีการ-
เลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ สำหรับ $y = 0.2$ " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526.

ภาคผนวก ก.

ดัชนีผลเลอรั $\sin^2\theta_{\text{corr}}$ ของเส้นการสะท้อนซึ่งเกิดจากการเลี้ยวเบน
รังสีเอ็กซ์ของโลหะผสม $\text{Pb}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{Ge}_y\text{Te}$ และ $\sin^2\theta_{\text{cal}}$ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์
CSPHCENE

h k l คือ ดัชนีผลเลอรัในระบบรอบโบฮีตรัล หรือคิวบิก

H K L คือ ดัชนีผลเลอรัในระบบเอกซเทกโกนัล

ส่วนผสม		ดัชนีผลเลอรั		$\sin^2\theta_{\text{Corr}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
x	y	h k l	H K L		
0	1	2 0 0	2 0 2	0.066419	0.066411
		2 2 0	2 0 4	0.128846	0.128927
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.136631	0.136716
		2 2 2	0 0 6	0.187515	0.187549
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.203144	0.203127
		4 0 0	4 0 4	0.265726	0.265644
		4 2 0	2 2 6	0.324300	0.324265
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.339821	0.339844
0.2	0.8	2 0 0	2 0 2	0.064772	0.064776
		2 2 0	2 0 4	0.126506	0.126497
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.132552	0.132607
		2 2 2	0 0 6	0.185028	0.185164
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.197308	0.197383
		4 0 0	4 0 4	0.259119	0.259104
		4 2 0	2 2 6	0.317905	0.317771

x	y	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
0.4	0.6	2	0	0	2	0	2	0.063365	0.063287
		2	2	0	2	0	4	0.124438	0.124540
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.128668	0.128608
		2	2	2	0	0	6	0.183807	0.183758
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.191819	0.191894
		4	0	0	4	0	4	0.253205	0.253147
		4	2	0	2	2	6	0.312338	0.312366
0.6	0.4	2	0	0	2	0	2	0.061912	0.061903
		2	2	0	2	0	4	0.122957	0.122969
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.124687	0.124643
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.186438	0.186546
		4	0	0	4	0	4	0.247544	0.247612
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.311258	0.311189
0.7	0.3	2	0	0	2	0	2	0.061303	0.061318
		2	2	0	2	0	4	0.122449	0.122469
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.122859	0.122802
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.184105	0.184120
		4	0	0	4	0	4	0.245266	0.245271
		4	2	0	2	2	6	0.306254	0.306255
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.307062	0.306922

x	y	h k l	H K L	$\sin^2 \theta_{\text{corr}}$	$\sin^2 \theta_{\text{cal}}$
-0.8	0.2	2 2 0	-	0.121060	0.121106
		2 2 2	-	0.181694	0.181659
		4 0 0	-	0.242239	0.242212
		4 2 0	-	0.302705	0.302765
		4 2 2	-	0.363349	0.363319
1.0	0.0	2 0 0	-	0.059284	0.059268
		2 2 0	-	0.118651	0.118537
		2 2 2	-	0.177907	0.177805
		4 0 0	-	0.237077	0.237074
		4 2 0	-	0.296469	0.296342
		4 2 2	-	0.355415	0.355611
0.15	0.8	2 0 0	2 0 2	0.064712	0.064669
		2 2 0	2 0 4	0.126103	0.126091
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.132567	0.132585
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.197068	0.197254
		4 0 0	4 0 4	0.258627	0.258676
		4 2 0	2 2 6	0.316869	0.316850
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.329965	0.329839

x	y	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
0.3	0.6	2	0	0	2	0	2	0.062935	0.062943
		2	2	0	2	0	4	0.123559	0.123687
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.128035	0.128083
		2	2	2	4	0	2	0.190935	0.191026
		4	0	0	4	0	4	0.251824	0.251770
		4	2	0	2	2	6	0.310357	0.310317
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.319154	0.319109
0.45	0.4	2	0	0	2	0	2	0.061480	0.061427
		2	2	0	2	0	4	0.121987	0.121994
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.123707	0.123711
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.185100	0.185138
		4	0	0	4	0	4	0.245749	0.245706
		4	2	0	2	2	6	0.305398	0.305706
		0.525	0.3	2	0	0	2	0	2
2	2			0	2	0	4	0.121203	0.121118
$\bar{2}$	2			0	2	2	0	0.121698	0.121611
$\bar{2}$	2			2	4	0	2	0.182377	0.181309
4	0			0	4	0	4	0.242714	0.182293
4	2			0	2	2	6	0.302926	0.242729
4	$\bar{2}$			0	4	2	8	0.303833	0.303904

x	y	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta$ corr.	$\sin^2\theta$ cal
0.6	0.2	2	0	0	-	-	-	0.060237	0.060025
		2	2	0	-	-	-	0.120148	0.120050
		2	2	2	-	-	-	0.180255	0.180075
		4	0	0	-	-	-	0.240190	0.240100
		4	2	0	-	-	-	0.300299	0.300124
		4	2	2	-	-	-	0.359786	0.360149
0.75	0.0	2	0	0	-	-	-	0.058761	0.058731
		2	2	0	-	-	-	0.117422	0.117461
		2	2	2	-	-	-	0.176013	0.176192
		4	0	0	-	-	-	0.234919	0.234922
		4	2	0	-	-	-	0.293837	0.293653
		4	2	2	-	-	-	0.352330	0.352384
0.1	0.8	2	0	0	2	0	2	0.064457	0.064417
		2	2	2	2	0	4	0.125415	0.125571
		$\bar{2}$	2	0	2	0	0	0.132109	0.132096
		$\bar{2}$	2	2	4	0	4	0.257764	0.196513
		4	0	0	4	0	4	0.257764	0.257667
		4	2	0	2	2	6	0.315588	0.315559
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.328554	0.328609

x	y	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
0.2	0.6	2	0	0	2	0	2	0.062881	0.062807
		2	2	0	2	0	4	0.123405	0.123403
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.127795	0.127826
		2	2	2	0	0	6	0.181762	0.181788
		2	2	2	4	0	2	0.190622	0.190633
		4	0	0	4	0	4	0.251254	0.251229
		4	2	0	0	2	6	0.309623	0.309614
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.318449	0.318458
0.3	0.4	2	0	0	2	0	2	0.060949	0.061065
		2	2	0	2	0	4	0.121099	0.121270
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.122899	0.122992
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.183940	0.184057
		4	0	0	4	0	4	0.244347	0.244262
		4	2	0	2	2	6	0.303661	0.303606
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.307124	0.307049
0.35	0.3	2	2	0	2	0	4	0.119818	0.119826
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.120709	0.120667
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.180669	0.180791
		4	0	0	4	0	4	0.240472	0.240493
		4	2	0	2	2	6	0.299795	0.299775
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.301514	0.301458

x	y	n	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
0.4	0.2	2	0	0	-			0.059580	0.059509
		2	2	0	-			0.118958	0.119017
		2	2	2	-			0.178560	0.178526
		4	0	0	-			0.237925	0.238035
		4	2	0	-			0.297582	0.297544
		4	2	2	-			0.357084	0.357052
0.5	0.0	2	0	0	-			0.058055	0.058055
		2	2	0	-			0.116125	0.116111
		2	2	2	-			0.174000	0.174166
		4	0	0	-			0.232264	0.232221
		4	2	0	-			0.290143	0.290277
		4	2	2	-			0.348686	0.348332
0.05	0.8	2	0	0	2	0	2	0.064219	0.064193
		2	2	0	2	0	4	0.125126	0.125117
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.131732	0.131654
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.195755	0.195847
		4	0	0	4	0	4	0.256751	0.256790
		4	2	0	2	2	6	0.314435	0.314426
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.327522	0.327501

x	y	h k l	H K L	$\sin^2\theta$ corr.	$\sin^2\theta$ cal
0.1	0.6	2 0 0	2 0 2	0.062035	0.062094
		2 2 0	2 0 4	0.122005	0.122046
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.126291	0.126329
		2 2 2	0 0 6	0.179829	0.179857
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.188352	0.188423
		4 0 0	4 0 4	0.248432	0.248376
		4 2 0	2 2 6	0.306219	0.306186
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.314778	0.314753
0.15	0.4	2 0 0	2 0 2	0.060353	0.060411
		2 2 0	2 0 4	0.119444	0.119731
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.121734	0.121913
		2 2 2	0 0 6	0.177886	0.177959
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.182224	0.182324
		4 0 0	4 0 4	0.241752	0.241644
		4 2 0	2 2 6	0.300046	0.299873
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.304287	0.304238
0.175	0.3	2 2 0	2 0 4	0.118779	0.118776
		2 2 2	0 0 6	0.177324	0.177318
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.179524	0.179572
		4 0 0	4 0 0	0.238728	0.238678
		4 2 0	2 2 6	0.297197	0.297221
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.299484	0.299475

x	y	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
0.2	0.2	2	0	0	-			0.058940	0.058953
		2	2	0	-			0.117981	0.117907
		2	2	2	-			0.176853	0.176860
		4	0	0	-			0.235711	0.235813
		4	2	0	-			0.294725	0.194767
		4	2	2	-			0.353818	0.353720
0.25	0.0	2	0	0	-			0.057475	0.057453
		2	2	0	-			0.114873	0.114906
		2	2	2	-			0.172209	0.172359
		4	0	0	-			0.229639	0.229811
		4	2	0	-			0.287280	0.287264
		4	2	2	-			0.344902	0.344717

ภาคผนวก ข.

Multiple Linear Regression

This program finds the coefficients of a multiple-variable linear equation using the method of least squares. The equation is of the following form:

$$Y = C + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_n X_n$$

where: Y = dependent variable
 C = constant
 A_1, A_2, \dots, A_n = coefficients of independent variables X_1, X_2, \dots, X_n

The constant and the coefficients are printed.

You must provide the X and Y coordinates of known data points. Once the equation has been found using the data you enter, you may predict values of the dependent variables for given values of the independent variables.

The dimension statement at line 30 limits the number of known data points the equation may contain. You can change this limit according to the following scheme:

```
30 DIM X(N+1), S(N+1), T(N+1), A(N+1,N+2)
```

where N = the number of known data points.

Example

The table below shows the age, height, and weight of eight boys. Using weight as the dependent variable fit a curve to the data. Estimate the weight of a seven-year-old boy who is 51 inches tall.

Age	8	9	6	10	8	9	9	7
Height	48	49	44	59	55	51	55	50
Weight	59	55	50	80	61	75	67	58

```
RUN
MULTIPLE LINEAR REGRESSION

NUMBER OF KNOWN POINTS?8
NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES?2
POINT1
  VARIABLE1?8
  VARIABLE2?48
  DEPENDENT VARIABLE?59
POINT2
  VARIABLE1?9
  VARIABLE2?49
  DEPENDENT VARIABLE?55
POINT3
  VARIABLE1?6
  VARIABLE2?44
  DEPENDENT VARIABLE?50
POINT4
  VARIABLE1?10
  VARIABLE2?59
  DEPENDENT VARIABLE?80
POINT5
  VARIABLE1?8
  VARIABLE2?55
  DEPENDENT VARIABLE?61
POINT6
  VARIABLE1?9
  VARIABLE2?51
  DEPENDENT VARIABLE?75
POINT7
  VARIABLE1?9
  VARIABLE2?55
  DEPENDENT VARIABLE?67
POINT8
  VARIABLE1?7
  VARIABLE2?50
  DEPENDENT VARIABLE?58
```


POINT4
 VARIABLE1?10
 VARIABLE2?59
 DEPENDENT VARIABLE?80

POINT5
 VARIABLE1?8
 VARIABLE2?55
 DEPENDENT VARIABLE?61

POINT6
 VARIABLE1?9
 VARIABLE2?51
 DEPENDENT VARIABLE?75

POINT7
 VARIABLE1?9
 VARIABLE2?55
 DEPENDENT VARIABLE?67

POINT8
 VARIABLE1?7
 VARIABLE2?50
 DEPENDENT VARIABLE?58

EQUATION COEFFICIENTS:
 CONSTANT: -15.7021277
 VARIABLE(1): 3.68085106
 VARIABLE(2): .943262412

COEFFICIENT OF DETERMINATION
 (R^2) = .715697404
 COEFFICIENT OF MULTIPLE
 CORRELATION = .845989009
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 6.42887917

INTERPOLATION: (ENTER 0 TO END PROGRAM)
 VARIABLE1?7
 VARIABLE2?51
 DEPENDENT VARIABLE = 58.1702128

VARIABLE1?0

END OF PROGRAM

Program Listing

```

5  HOME
10  PRINT "MULTIPLE LINEAR REGRESSION"
20  PRINT
30  DIM X(9),S(9),T(9),A(9,10)
40  PRINT "NUMBER OF KNOWN POINTS";
50  INPUT N
60  PRINT "NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES";
70  INPUT V
80  X(1) = 1
90  FOR I = 1 TO N
100 PRINT "POINT";I
110 FOR J = 1 TO V

```

```

120 PRINT " VARIABLE";J;
130 INPUT X(J + 1)
131 M = INT (T)
140 NEXT J
150 PRINT " DEPENDENT VARIABLE";
160 INPUT X(V + 2)
170 FOR K = 1 TO V + 1
180 FOR L = 1 TO V + 2
190 A(K,L) = A(K,L) + X(K) * X(L)
200 S(K) = A(K,V + 2)
210 NEXT L
220 NEXT K
230 S(V + 2) = S(V + 2) + X(V + 2) ^ 2
240 NEXT I
250 FOR I = 2 TO V + 1
260 T(I) = A(1,I)
270 NEXT I
280 FOR I = 1 TO V + 1
290 J = I
300 IF A(J,I) < > 0 THEN 340
305 J = J + 1
310 IF J < = V + 1 THEN 300
320 PRINT "NO UNIQUE SOLUTION"
330 GOTO 810
340 FOR K = 1 TO V + 2
350 B = A(I,K)
360 A(I,K) = A(J,K)
370 A(J,K) = B
380 NEXT K
390 Z = 1 / A(I,I)
400 FOR K = 1 TO V + 2
410 A(I,K) = Z * A(I,K)
420 NEXT K
430 FOR J = 1 TO V + 1
440 IF J = I THEN 490
450 Z = - A(J,I)
460 FOR K = 1 TO V + 2
470 A(J,K) = A(J,K) + Z * A(I,K)
480 NEXT K
490 NEXT J
500 NEXT I
510 PRINT
520 PRINT "EQUATION COEFFICIENTS:"
525 PRINT "      CONSTANT:"A(1,V + 2)
530 FOR I = 2 TO V + 1
540 PRINT "VARIABLE(";I - 1;"):";A(I,V + 2)
550 NEXT I
560 P = 0
570 FOR I = 2 TO V + 1
580 P = P + A(I,V + 2) * (S(I) - T(I) * S(1) / N)
590 NEXT I
600 R = S(V + 2) - S(1) ^ 2 / N
610 Z = R - P
620 L = N - V - 1
630 I = P / V

```



```
640 PRINT
650 I = F / R
660 PRINT "COEFFICIENT OF ";
661 PRINT "DETERMINATION "
665 PRINT "      (R^2) ="; I
670 PRINT "COEFFICIENT OF MULTIPLE"
675 PRINT "CORRELATION ="; SQR (I)
680 PRINT "STANDARD ERROR OF ESTIMATE = ";
681 PRINT SQR ( ABS ( Z / L ) )
PRINT
PRINT "INTERPOLATION: ";
701 PRINT "(ENTER 0 TO END PROGRAM)"
710 P = A(1,V + 2)
720 FOR J = 1 TO V
730 PRINT "VARIABLE";J;
740 INPUT X
750 IF X = 0 THEN 810
760 P = P + A(J + 1,V + 2) * X
770 NEXT J
780 PRINT "DEPENDENT VARIABLE =";P
790 PRINT
800 GOTO 710
810 PRINT : PRINT : PRINT "END OF PROGRAM"
820 END
```

Nth Order Regression

This program finds the coefficients of an N th order equation using the method of least squares. The equation is of the following form:

$$Y = C + A_1X + A_2X^2 + \dots + A_nX^n$$

where: Y = dependent variable
 C = constant
 A_1, A_2, \dots, A_n = coefficients of independent variables X, X^2, \dots, X^n , respectively

The equation coefficients, coefficient of determination, coefficient of correlation, and standard error of estimate are printed.

You must provide the X and Y coordinates for known data points. Once the equation has been computed you may predict values of Y for given values of X .

The dimension statement at line 20 limits the degree of the equation. You can change this limit according to the following scheme:

```
20 DIM A(2 * D + 1), R(D + 1, D + 2), T(D + 2)
```

where D = maximum degree of equation.

Example

The table below gives the stopping distance (reaction plus braking distance) of an automobile at various speeds. Fit an exponential curve to the data. Estimate the stopping distance at 55 m.p.h.

M.p.h.	20	30	40	50	60	70
Stopping distance	54	90	138	206	292	396

```
RUN
N'TH ORDER REGRESSION
```

```
DEGREE OF EQUATION?2
NUMBER OF KNOWN POINTS?6
X,Y OF POINT1?20,54
X,Y OF POINT2?30,90
X,Y OF POINT3?40,138
X,Y OF POINT4?50,206
X,Y OF POINT5?60,292
X,Y OF POINT6?70,396
```

```
CONSTANT =41.7714472
1DEGREE COEFFICIENT =-1.09571524
2DEGREE COEFFICIENT =.0878571531
```

```
COEFFICIENT OF DETERMINATION
(R^2) =.999927959
CORRELATION COEFFICIENT =.999963979
```

STANDARD ERROR ESTIMATE =1.42094106

INTERPOLATION: (ENTER 0 TO END)

X =255

Y =247.274998

X =20

Program Listing

```

5  HOME
10  PRINT "NTH ORDER REGRESSION"
20  DIM A(13),R(7,8),T(8)
30  PRINT
40  PRINT "DEGREE OF EQUATION":
50  INPUT D
60  PRINT "NUMBER OF KNOWN POINTS":
70  INPUT N
80  A(1) = N
90  FOR I = 1 TO N
100 PRINT "X,Y OF POINT":I;
110 INPUT X,Y
120 FOR J = 2 TO 2 * D + 1
130 A(J) = A(J) + X ^ (J - 1)
140 NEXT J
150 FOR K = 1 TO D + 1
160 R(K,D + 2) = T(K) + Y * X ^ (K - 1)
170 T(K) = T(K) + Y * X ^ (K - 1)
180 NEXT K
190 T(D + 2) = T(D + 2) + Y ^ 2
200 NEXT I
210 FOR J = 1 TO D + 1
220 FOR K = 1 TO D + 1
230 R(J,K) = A(J + K - 1)
240 NEXT K
250 NEXT J
260 FOR J = 1 TO D + 1
270 FOR K = J TO D + 1
280 IF R(K,J) < > 0 THEN 320
290 NEXT K
300 PRINT "NO UNIQUE SOLUTION"
310 GOTO 790
320 FOR I = 1 TO D + 2
330 S = R(J,I)
340 R(J,I) = R(K,I)
350 R(K,I) = S
360 NEXT I
370 Z = 1 / R(J,J)
380 FOR I = 1 TO D + 2
390 R(J,I) = Z * R(J,I)
400 NEXT I
410 FOR K = 1 TO D + 1
420 IF K = J THEN 470
430 Z = - R(K,J)
440 FOR I = 1 TO D + 2
450 R(K,I) = R(K,I) + Z * R(J,I)

```

```

460 NEXT I
470 NEXT K
480 NEXT J
490 PRINT
495 PRINT "          CONSTANT =";
496 PRINT R(1,D + 2)
500 FOR J = 1 TO D
510 PRINT J;"DEGREE COEFFICIENT =";
511 PRINT R(J + 1,D + 2)
520 NEXT J
530 PRINT
540 P = 0
550 FOR J = 2 TO D + 1
560 P = P + R(J,D + 2) * (T(J) - A(J) * T(1) / N)
570 NEXT J
580 Q = T(D + 2) - T(1) ^ 2 / N
590 Z = Q - P
600 I = N - D - 1
620 PRINT
630 J = P / Q
640 PRINT "COEFFICIENT OF ";
641 PRINT "DETERMINATION"
645 PRINT "(R^2) =";J
650 PRINT "CORRELATION COEFFICIENT =";
651 PRINT SQR (J)
660 PRINT "STANDARD ERROR ESTIMATE =";
661 PRINT SQR (Z / I)
670 PRINT
680 PRINT "INTERPOLATION: ";
681 PRINT "(ENTER 0 TO END)"
690 P = R(1,D + 2)
700 PRINT "X =";
710 INPUT X
720 IF X = 0 THEN 790
730 FOR J = 1 TO D
740 P = P + R(J + 1,D + 2) * X ^ J
750 NEXT J
760 PRINT "Y =";P
770 PRINT
780 GOTO 690
790 END

```

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลในการอภิบาลเส้นโค้งจากการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของผลึกผงซิลิกอนที่อุณหภูมิสูง

$$a = \frac{\lambda \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}{2 \sin \theta}$$

มุม $\theta > 50^\circ$

$f(\theta)$ คือ เนลสัน-โรเลย์ฟังก์ชัน หรือ เทเลอร์-ซินแคลร์ฟังก์ชัน

$$f(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + \frac{\cos^2 \theta}{\theta} \right)$$

อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	h	k	l	a(\AA)	f(θ)
28	4	4	0	5.42005	0.410
	5	3	1	5.42163	0.322
	6	2	0	5.42577	0.195
	5	3	3	5.42710	0.128
	4	4	4	5.43006	0.029
95	4	4	0	5.42071	0.410
	5	3	1	5.42283	0.322
	6	2	0	5.42607	0.195
	5	3	3	5.42795	0.128
	4	4	4	5.43084	0.029
200	4	4	0	5.42166	0.410
	5	3	1	5.42390	0.322
	6	2	0	5.42725	0.196
	5	3	3	5.42918	0.128
	4	4	4	5.43238	0.031

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	a(\AA)	f(θ)
300	4	4	0	5.42314	0.410
	5	3	1	5.42566	0.324
	6	2	0	5.42896	0.196
	5	3	3	5.43042	0.128
	4	4	4	5.43388	0.031
410	4	4	0	5.42551	0.412
	5	3	1	5.42771	0.324
	6	2	0	5.43102	0.196
	5	3	3	5.43276	0.130
	4	4	4	5.43576	0.032
520	4	4	0	5.42821	0.415
	5	3	1	5.43006	0.324
	6	2	0	5.43297	0.198
	5	3	3	5.43531	0.131
	4	4	4	5.43784	0.032
620	4	4	0	5.42901	0.412
	5	3	1	5.43191	0.316
	6	2	0	5.43438	0.198
	5	3	3	5.43645	0.131
	4	4	4	5.43900	0.032

ข้อมูลในการคำนวณเลขที่สัฟรามีเตอร์ของ GeTe ที่อุณหภูมิ 28°C ถึง 500°C

h k l ศัขณิกเลอรัในระบบบรอมโบฮีดรัล หรือคิวบิก

H K L ศัขณิกเลอรัในระบบเอกแปกโกนัล

$\sin^2\theta_{cal}$ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CSPHCENE

เฟล	อุณหภูมิ (°C)	h k l	H K L	$\sin^2\theta_{corr.}$	$\sin^2\theta_{cal}$
รอมโบฮีดรัล	28	2 0 0	2 0 2	0.066440	0.066434
		2 2 0	2 0 4	0.128916	0.129031
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.136753	0.136704
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.203196	0.203138
		4 0 0	4 0 4	0.265792	0.265736
		4 2 0	2 2 6	0.324524	0.324496
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.339761	0.339843
รอมโบฮีดรัล	100	2 0 0	2 0 2	0.066360	0.066323
		2 2 0	2 2 0	0.136222	0.136335
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.202775	0.202658
		4 0 0	4 0 4	0.265249	0.265291
		4 2 0	2 2 6	0.324237	0.327235
รอมโบฮีดรัล	190	2 0 0	2 0 2	0.066076	0.066183
		2 2 0	2 0 4	0.128781	0.128949
		$\bar{2}$ 2 0	2 2 0	0.135390	0.135783
		$\bar{2}$ 2 2	4 0 2	0.201937	0.201966
		4 0 0	4 0 4	0.264705	0.264732
		4 2 0	2 2 6	0.324159	0.324081
		$\bar{4}$ 2 0	4 2 2	0.337952	0.337749

เฟส	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโบซิทรัล	285	2	0	0	2	0	2	0.065897	0.066156
		2	2	0	2	0	4	0.128977	0.129294
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.134917	0.135329
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.201035	0.201485
		4	0	0	4	0	4	0.264440	0.264623
		4	2	0	2	2	6	0.324987	0.324743
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.337331	0.336815
ควอค	445	2	0	0	—	—	—	0.066197	0.066189
		2	2	0	—	—	—	0.132638	0.132378
		2	2	2	—	—	—	0.220356	0.264755
		4	0	0	—	—	—	0.264591	0.330944
		4	2	2	—	—	—	0.397082	0.397133
ควอค	500	2	2	0	—	—	—	0.132218	0.132273
		2	2	2	—	—	—	0.198195	0.198410
		4	0	0	—	—	—	0.264301	0.264547
		4	2	0	—	—	—	0.330610	0.330683
		4	2	2	—	—	—	0.397171	0.396820

ข้อมูลในการคำนวณเลขที่การแผ่รังสีของ $\text{Pb}_{0.05}\text{Sn}_{0.15}\text{Ge}_{0.8}\text{Te}$ ที่อุณหภูมิ 28°C ถึง 475°C

เพล	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโพซิตรัล	28	2	0	0	2	0	2	0.064712	0.064669
		2	2	0	2	0	4	0.126103	0.126091
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.132567	0.132585
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.197068	0.197254
		4	0	0	4	0	4	0.258672	0.258676
		4	2	0	2	2	6	0.316868	0.316850
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.329965	0.329839
รวมโพซิตรัล	95	2	0	0	2	0	2	0.064481	0.064527
		2	2	0	2	0	4	0.125683	0.126151
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.131567	0.131958
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.196382	0.196486
		4	0	0	4	0	4	0.258466	0.258109
		4	2	0	2	2	6	0.316887	0.316829
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.328516	0.328444
รวมโพซิตรัล	210	2	0	0	2	0	2	0.064318	0.064399
		2	2	0	2	0	4	0.126169	0.126454
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.130924	0.131144
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.195333	0.195543
		4	0	0	4	0	4	0.257851	0.257597
		4	2	0	2	2	6	0.317341	0.317307
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.326793	0.326687

เฟลล์	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโบฮีตรัล	300	2	0	0	2	0	2	0.064316	0.064323
		2	2	0	2	0	4	0.126662	0.127005
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.130090	0.130286
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.194314	0.194608
		4	0	0	4	0	4	0.257208	0.257291
		4	2	0	2	2	6	0.318546	0.318334
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.325179	0.324894
รวมโบฮีตรัล	340	2	0	0	2	0	2	0.064176	0.064277
		2	2	0	2	0	4	0.127686	0.127770
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.129187	0.129330
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.193681	0.193615
		4	0	0	4	0	4	0.257201	0.257108
คิวบิก	400	2	0	0	-	-	-	0.064302	0.064307
		2	2	0	-	-	-	0.128517	0.128615
		2	2	2	-	-	-	0.193011	0.192922
		4	0	0	-	-	-	0.257214	0.257230
คิวบิก	475	2	0	0	-	-	-	0.064277	0.064391
		2	2	0	-	-	-	0.128544	0.128782
		2	2	2	-	-	-	0.193422	0.193173
		4	2	0	-	-	-	0.321923	0.321954

ข้อมูลในการคำนวณแลตทิซพารามิเตอร์ของ $\text{Pb}_{0.1}\text{Sn}_{0.3}\text{Ge}_{0.6}\text{Te}$

ที่อุณหภูมิ 28 °C ถึง 350 °C

เพล	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโบฮิตรัล	28	2	0	0	2	0	2	0.063000	0.063036
		2	2	0	2	0	4	0.123728	0.123874
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.128112	0.128271
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.191321	0.191308
		4	0	0	4	0	4	0.252298	0.252146
รวมโบฮิตรัล	150	2	0	0	2	0	2	0.062953	0.062900
		2	2	0	2	0	4	0.124410	0.124318
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.127161	0.127280
		2	2	2	0	0	6	0.184203	0.184256
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.190133	0.190179
		4	0	0	4	0	4	0.251534	0.251598
		4	2	0	2	2	6	0.311797	0.3311536
รวมโบฮิตรัล	175	2	0	0	2	0	2	0.062946	0.062801
		2	2	0	2	0	4	0.124262	0.124405
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.126892	0.126799
		2	2	2	0	0	6	0.184870	0.184812
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.189539	0.189599
		4	0	0	4	0	4	0.251194	0.251203

เฟส	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{corr.}$	$\sin^2\theta_{cal}$
ควอด	265	2	0	0	-			0.062856	0.062753
		2	2	0	-			0.125648	0.125395
		2	2	2	-			0.188404	0.188372
		4	0	0	-			0.250976	0.251013
		4	2	0	-			0.313434	0.313544
ควอด	350	2	0	0	-			0.062690	0.062580
		2	2	0	-			0.125160	0.125160
		2	2	2	-			0.188057	0.187739
		4	0	0	-			0.250357	0.250319
		4	2	0	-			0.312612	0.312899
		4	2	2	-			0.375515	0.375478



ข้อมูลในการคำนวณเลขที่สัฟรามีเตอร์ของ $\text{Pb}_{0.15} \text{Sn}_{0.45} \text{Ge}_{0.4} \text{Te}$ ที่อุณหภูมิ 28°C ถึง 380°C

เฟส	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโบฮิตรัล	28	2	0	0	2	0	2	0.061459	0.061442
		2	2	0	2	0	4	0.121720	0.121918
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.123752	0.123848
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.185266	0.185290
		4	0	0	4	0	4	0.246110	0.245766
		4	2	0	2	2	6	0.305224	0.305277
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.309046	0.309138
รวมโบฮิตรัล	60	2	0	0	2	0	2	0.061513	0.061416
		2	2	0	2	0	4	0.122217	0.122182
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.123353	0.123482
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.184938	0.184898
		4	0	0	4	0	4	0.245775	0.245664
		4	2	0	2	2	6	0.305701	0.305779
		$\bar{4}$	2	0	4	2	2	0.308363	0.308379
คิวบิก	100	2	0	0	-	-	-	0.0614161	0.061495
		2	2	0	-	-	-	0.122748	0.122990
		2	2	2	-	-	-	0.184758	0.184484
		4	0	0	-	-	-	0.245461	0.245979
		4	2	2	-	-	-	0.369271	0.368969

เฟส	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
ควอต	200	2	0	0	-			0.061262	0.061208
		2	2	0	-			0.122337	0.122416
		2	2	2	-			0.183749	0.183625
		4	0	0	-			0.244781	0.244833
		4	2	0	-			0.306259	0.306041
		4	2	2	-			0.367058	0.367249
ควอต	285	2	0	0	-			0.061019	0.061071
		2	2	0	-			0.122195	0.122142
		2	2	2	-			0.183363	0.183213
		4	0	0	-			0.244305	0.244285
		4	2	0	-			0.305477	0.305356
		4	2	2	-			0.366229	0.366427
ควอต	380	2	0	0	-			0.057640	0.060858
		2	2	0	-			0.120569	0.121716
		2	2	2	-			0.182030	0.182574
		4	0	0	-			0.243384	0.243432
		4	2	0	-			0.304453	0.304290
		4	2	2	-			0.365203	0.365148

ข้อมูลในการคำนวณแลตทิสพารามิเตอร์ของ $\text{Pb}_{0.175} \text{Sn}_{0.525} \text{Ge}_{0.3} \text{Te}$ ที่อุณหภูมิ 28°C ถึง 400°C

เฟส	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
รวมโบซิทรัล	28	2	0	0	2	0	2	0.06072	0.060682
		2	2	0	2	0	4	0.121201	0.012118
		$\bar{2}$	2	0	2	2	0	0.121691	0.121611
		$\bar{2}$	2	2	4	0	2	0.182370	0.181309
		4	0	0	4	0	4	0.242710	0.182293
		4	2	0	2	2	6	0.302925	0.242729
		4	2	0	4	2	2	0.303833	0.303904
คิวบิก	50	2	2	0	-	-	-	0.121103	0.121491
		2	2	2	-	-	-	0.182475	0.182245
		4	0	0	-	-	-	0.242716	0.242993
		4	2	0	-	-	-	0.303984	0.303742
คิวบิก	95	2	2	0	-	-	-	0.120802	0.121315
		2	2	2	-	-	-	0.181830	0.181972
		4	0	0	-	-	-	0.242708	0.242630
		4	2	0	-	-	-	0.303366	0.303287
		4	2	2	-	-	-	0.364069	0.363945

เฟส	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
ควอต	275	2	2	0	-			0.120457	0.120602
		2	2	2	-			0.180780	0.180903
		4	0	0	-			0.241460	0.241204
		4	2	0	-			0.301496	0.301505
		4	2	2	-			0.361753	0.361806
ควอต	400	2	2	0	-			0.120142	0.120198
		2	2	2	-			0.180316	0.180297
		4	0	0	-			0.240243	0.240396
		4	2	0	-			0.300594	0.300495
		4	2	2	-			0.360624	0.360594

ข้อมูลในการคำนวณแลททิซพารามิเตอร์ของ $\text{Pb}_{0.2}\text{Sn}_{0.6}\text{Ge}_{0.2}\text{Te}$

ที่อุณหภูมิ 28 °C ถึง 420 °C

เพล	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
ควอต	28	2	2	0	-			0.120344	0.120225
		2	2	2	-			0.180462	0.180337
		4	0	0	-			0.240471	0.240450
		4	2	0	-			0.300423	0.300562
ควอต	95	2	2	0	-			0.119733	0.119826
		2	2	2	-			0.180119	0.179739
		4	0	0	-			0.239827	0.239652
		4	2	0	-			0.299804	0.299565
		4	2	2	-			0.359006	0.359005
ควอต	285	2	0	0	-			0.059609	0.059622
		2	2	0	-			0.119189	0.119293
		2	2	2	-			0.178855	0.178865
		4	0	0	-			0.238351	0.238487
		4	2	0	-			0.298156	0.298109
		4	2	2	-			0.357808	0.357731

เฟส	อุณหภูมิ (°C)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
	420	2	0	0	-			0.059018	0.059300
		2	2	0	-			0.118545	0.118600
		2	2	2	-			0.17797	0.177900
		4	0	0	-			0.237193	0.237200
		4	2	0	-			0.296479	0.296500
		4	2	2	-			0.355849	0.355800

เฟส	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
ควอค	300	2	0	0	-			0.058192	0.058213
		2	2	0	-			0.116253	0.116426
		2	2	2	-			0.174796	0.174639
		4	0	0	-			0.231829	0.232852
		4	2	0	-			0.291106	0.291065
		4	2	2	-			0.349545	0.349279
ควอค	400	2	0	0	-			0.058025	0.058027
		2	2	0	-			0.116019	0.116053
		2	2	2	-			0.174040	0.174080
		4	0	0	-			0.232175	0.232107
		4	2	0	-			0.290192	0.290133
		4	2	2	-			0.348098	0.348160
ควอค	515	2	0	0	-			0.057846	0.057873
		2	2	0	-			0.115334	0.115745
		2	2	2	-			0.173608	0.173618
		4	0	0	-			0.231446	0.231491
		4	2	0	-			0.289386	0.289364
		4	2	2	-			0.347395	0.347237

ข้อมูลในการคำนวณเลขที่สัฟรามีเตอร์ของ $\text{Pb}_{0.25}\text{Sn}_{0.75}\text{Te}$ ที่อุณหภูมิ 28°C ถึง 515°C

เฟส	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	h	k	l	H	K	L	$\sin^2\theta_{\text{corr.}}$	$\sin^2\theta_{\text{cal}}$
ควอตซ์	28	2	0	0	-			0.058540	0.058749
		2	2	0	-			0.117308	0.117499
		2	2	2	-			0.176210	0.176248
		4	0	0	-			0.235118	0.234998
		4	2	0	-			0.293904	0.293747
		4	2	2	-			0.352403	0.352456
ควอตซ์	110	2	0	0	-			0.058525	0.058619
		2	2	0	-			0.117067	0.117239
		2	2	2	-			0.175716	0.175858
		4	0	0	-			0.234645	0.234477
		4	2	0	-			0.293137	0.293096
		4	2	2	-			0.351714	0.351716
ควอตซ์	210	2	0	0	-			0.058419	0.058369
		2	2	0	-			0.116669	0.116738
		2	2	2	-			0.174898	0.175708
		4	0	0	-			0.233404	0.233477
		4	2	0	-			0.292008	0.291846
		4	2	2	-			0.350249	0.350215

ประวัติผู้เขียน

นาย บัญญา ศิลป์สกุลสุข เกิดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2498 ที่ แขวง คลองเตย
เขต พระโขนง จังหวัด กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาฟิสิกส์)
จาก มหาวิทยาลัยรามคำแหง เมื่อมีการศึกษา 2520

