เอกสารอ้างอิง

1. Varshni, V.P., "Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors," Physica, 34, 149-154, 1967.

2. Glyde, H.R., Disorder and Optical Absorption near Band Edges, Personal communications.

3. Sze, S.M., Physics of Semiconductor Devices, p. 850, John Wiley & Sons, New York, 2nd ed., 1981.

4. Romeo, N., "Solar Cells Made by Chalcopyrite Materials", Jpn. J. Appl. Phys., 3(19), 5 - 13, 1980.

5. Shay, J.L., and Wernick, J.H., Ternary Chalcopyrite Semiconductor, pp. 1 - 78 , Pergamon Press, London, 1975.

6. Smith, R.A., Semiconductors, p. 3, Cambridge University Press, London, 2nd ed., 1979.

7. Ziman, J.M., Principles of Theory of Solids, pp. 15 - 19, Cambridge University Press, London, 2nd ed., 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. Kittel, C., Introduction to Solid State Physics, pp. 190 - 210, John Wiley & Sons, 5th ed., 1983.

9. Wooten, F. Optical Properties of Solids, pp. 1 - 84, Academic Press, London, 1972.

10. Abeles, F., Optical Properties of Solids, pp. 22 - 58, North-Holland Publishing Company, Netherlands, 1972.

11. Johnson, E.J., Semiconductors and Semimetals Vol. 3 (Willardson, R.K., and Beer, A.C.), pp. 156 - 167, Academic Press, New York, 1967.

12. Cohen, M.L., and Chadi, D.J., Handbook on Semiconductors, Vol 2. (Balkanski, M., and Moss, T.S.), pp. 157 - 177, North-Holland Publishing Company, Netherlands, 1982.

13. Lautenschlager, P., Allen, P.B., and Cardona, M., "Temperature Dependence of Band Gaps in Si and Ge," Phys. Rev. B, 31(4), 2163 - 2171, 1984.

14. Fan, H.V., "Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors," Phys. Rev. B, 82(6), 900 - 905, 1951.

15. Allen, P.B., and Heine, V., "Theory of the Temperature Dependence of Electronic Band Structures," J. Phys. C, 9, 2305 - 2312, 1976.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16. Manoogian, A., and Woolley, J.C., "Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductor," Can. J. Phys., 62, 285 - 287, 1984.

17. Vina, L., Logothetidis, S., and Cardona, M., "Temperature Dependence of the Dielectric Function of Germanium," Phys. Rev. B, 30(4), 1979 - 1991, 1984.

18. Sa-yakanit, V., and Glyde, H.R., "Urbach Tail and Disorder," Comments Cond. Mat. Phys., 13(1), 35 - 48, 1987.

19. Sritrakool, W., Sa-yakanit, V., and Glyde, H.R., "Band Tails in Disordered Systems," Phys. Rev. B, 33(2), 1199 - 1201, 1986.

20. Dow, J.D., and Redfield, D., "Toward a Unified Theory of Urbach's Rule and Exponential Absorption Edges," Phys. Rev. B, 5(2), 594 - 610, 1972.

21. Samuel, L., Brada, Y., Burger, A. and Roth, M., "Urbach Rule in mixed Single Crystals of $Zn_xCd_{1-x}Se$," Phys. Rev. B, 36(2), 1168 - 1173, 1987.

22. Cody, G.D., Tiedje, T., Abeles, B., Brooks, B., and Goldstein, Y., " Disorder and the Optical-Absorption Edge of Hydrogenated Amorphous Sillcon," Phys. Rev. Lett., 47(20), 1480 - 1483, 1981.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23. กัลยา เอี้ยประเสริฐศักดิ์, "การศึกษารอยต่อแบบพี-เอ็นโฮโมจังค์ชั่นของคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

24. Rincon, C., and Gonzalez, J., "Temperature Dependence of the Band Gap in $CuInSe_2$," Solar Cells, 16, 357 - 362, 1986.

25. Endo, S., Irie, T., and Nakanishi, H., "Preparation and some Properties of $CuInSe_2$ Single Crystals," Solar Cells, 16, 1 - 16, 1986.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ชุดคำสั่งสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

ชุดคำสั่งสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมคอมพิวเตอร์แบบแอปเปิลทูให้รับข้อมูลจากเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้า และจัดรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่จะสามารถจะนำไปใช้งานได้สะดวก ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ประกอบด้วยชุดคำสั่งสามชุดคำสั่งด้วยกันคือ

1 ชุดคำสั่งย่อย TRIGGER

ใช้ควบคุมจังหวะการรับข้อมูลจากเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้า โดยรับสัญญาณควบคุมจากเครื่องกำเนิดแสงเอกรงค์ ผ่านเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้ามายังเครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณนี้จะมีช่วงจังหวะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของแสง เช่น ทุก ๆ 4 Å ซึ่งสามารถกำหนดได้จากเครื่องกำเนิดแสงเอกรงค์ ชุดคำสั่งย่อย TRIGGER นี้เป็นชุดคำสั่งในภาษาเครื่องเพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานให้ทันกับจังหวะสัญญาณควบคุม ข้อมูลที่ได้จะมีค่าเป็นเลขฐานสิบหกตั้งแต่ 00 ถึง FF แต่อย่างไรก็ตามการจัดทำชุดคำสั่งในภาษาเครื่องมีความยุ่งยากมากจึงได้ออกแบบให้ชุดคำสั่งนี้ใช้คู่กับชุดคำสั่ง BYTE INTERFACE ซึ่งเป็นชุดคำสั่งในภาษาเบสิก ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยความจำ $	การทำงาน
2000 - 2007	ย้ายข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์ A, รีจีสเตอร์บอกสถานะ P, รีจีสเตอร์ X, และ Y ลงในสแท็ค (stack) และหน่วยความจำ

หน่วยความจำ $	การทำงาน
2008 - 200C	ตรวจสอบสัญญานควบคุม
200D - 2016	กำหนดให้ข้อมูลในหน่วยความจำ $2040 และ $2041 เท่ากับศูนย์
2017 - 201E	สั่งให้เครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้าเริ่มแปลงสัญญาน และรอจนแปลงสัญญานเสร็จ
201F - 2030	อ่านข้อมูลจากเครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้า นำมาบวกกับข้อมูลเดิมของหน่วยความจำ $2040 และ $2041 แล้วเก็บในหน่วยความจำเดิม
2031 - 2039	กลับไปหาหน่วยความจำ $2017 ซ้ำจนครบ 50 ครั้ง
203A - 203C	กลับไปสู่จุดที่เรียกใช้ชุดคำสั่งย่อย TRIGGER

ในกรณีนี้เครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้าจะต้องต่อเชื่อมไว้ที่ช่องต่อเชื่อมที่ 5 ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบแอปเปิลทู ถ้าต้องการที่จะต่อเชื่อมเครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้าที่ช่องต่อเชื่อมอื่นสามารถที่จะกระทำได้ โดยแก้ไขชุดคำสั่งนี้ที่หน่วยความจำ $2009 เป็น n0 และหน่วยความจำ $2019, และ$2021 เป็น CN โดยที่ N คือช่องที่ของช่องต่อเชื่อม และ n = N + 7 แต่ว่าควรจะเป็นช่องต่อเชื่อมที่ 5 จะเหมาะสมที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่งย่อย TRIGGER

```
2000-   48          PHA
2001-   08          PHP
2002-   8E 50 20    STX   $2050
2005-   8C 51 20    STY   $2051
2008-   AD D0 C0    LDA   $C0D0
200B-   30 FB       BMI   $2008
200D-   A2 32       LDX   #$32
200F-   A9 00       LDA   #$00
2011-   8D 41 20    STA   $2041
2014-   8D 40 20    STA   $2040
2017-   8D 00 C5    STA   $C500
201A-   A0 20       LDY   #$20
201C-   88          DEY
201D-   D0 FD       BNE   $201C
201F-   AD 00 C5    LDA   $C500
2022-   18          CLC
2023-   6D 40 20    ADC   $2040
2026-   8D 40 20    STA   $2040
2029-   A9 00       LDA   #$00
202B-   6D 41 20    ADC   $2041
202E-   8D 41 20    STA   $2041
2031-   CA          DEX
2032-   D0 E3       BNE   $2017
2034-   AC 51 20    LDY   $2051
2037-   AE 50 20    LDX   $2050
203A-   28          PLP
203B-   68          PLA
203C-   60          RTS
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 ชุดคำสั่ง BYTE INTERFACE

เป็นชุดคำสั่งในภาษาเบสิก (basic) ใช้ควบคุมการจัดเก็บข้อมูลจากเครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้าให้เป็นระเบียบ โดยใช้คู่กับชุดคำสั่งย่อย TRIGGER และเก็บบันทึกข้อมูลไว้ในแฟ้มข้อมูล ชุดคำสั่ง BYTE INTERRFACE มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

บรรทัดที่	การทำงาน
120	กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำต่ำสุด สำหรับตัวแปรของชุดคำสั่งเพื่อไม่รบกวนชุดคำสั่งย่อย TRIGGER และข้อมูล
180	อ่านชุดคำสั่งย่อย TRIGGER เข้าสู่หน่วยความจำ
200	เรียกบรรทัดที่ 6100 เพื่อเตือนให้ต่อเครื่องแปลงสัญญานไฟฟ้าไว้ที่ช่องเชื่อมต่อที่ 5 เท่านั้น
220	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่อกำหนดพารามิเตอร์สำหรับบอกตำแหน่งหน่วยความจำที่จะเรียกใช้ และเรียกบรรทัดที่ 4100 เพื่อถามอัตราขยายของเครื่องขยายขั้นต้น, ค่าความไวของเครื่องลอคอินแอมปลิไพเออร์, ค่าความยาวคลื่นเริ่มต้น, ช่วงจังหวะของสัญญานควบคุม, และค่าความยาวคลื่นสุดท้าย
380	เรียกบรรทัดที่ 5100 เพื่อแสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ออกทางจอภาพ
400	เรียกบรรทัดที่ 2100 เพื่อเริ่มเก็บข้อมูลจากความยาวคลื่นเริ่มต้นจนถึงความยาวคลื่นสุดท้าย
420	เรียกบรรทัดที่ 3100 เพื่อบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล "TEXT";NAME$ และ "BYET";NAME$ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง BYTE INTERFACE

```
10  REM **********************
20  REM **                    **
30  REM ** BYTE INTERRFACE **
40  REM **                    **
50  REM **********************
60  REM
100  REM  ** MAIN CONTROL **
120  LOMEM: 19000
140  TEXT : HOME
160 D$ =  CHR$ (4)
180  PRINT D$;"BLOAD TRIGGER"
200  GOSUB 6100
220  GOSUB 1100
240  HOME :OWL = WL:SIG% = 0
260  VTAB 10: HTAB 14: PRINT "WAVELENGTH    SIGNAL"
280  VTAB 12: PRINT "LAST"
300  VTAB 14: PRINT "NEXT"
320  VTAB 16: PRINT " NEXT #"
340  PRINT "NEXT BYTE "
360 BYTE% = STRGE%:NUM% = 0
380  GOSUB 5100
400  IF FLAG = 1 THEN  GOSUB 2100: GOTO 420
420  GOSUB 3100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** DATA SET UP **
1100 TRIG% = 8192: REM  $2000
1120 ANALG% = 8256: REM $2040
1140 STRGE% = 16384: REM $4000
1160 NUM% = 0: REM  NUMBER OF DATA
1180 ANS = 1
1200  IF ANS THEN  GOSUB 4100: GOTO 1200: REM  INPUT ROUTI
   NE
1220 FLAG = 1
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2000  REM ** TRIGGER DETECT AND DATA READ **
2010  REM
2100  CALL TRIG%
2120 DTA =  PEEK (ANALG%) +  PEEK (ANALG% + 1) * 256
2140 SIG% =  INT (DTA / 50 + .5)
2160 OWL = WL:WL = WL + STP
2170 NUM% = NUM% + 1:BYTE% = STRGE% + NUM%: POKE BYTE%,SIG
   %
2180  GOSUB 5100: REM  SHOW RESULT
2200  IF WL > WEN THEN FLAG = 0
2900  RETURN
2990  REM ------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
3000  REM ** SAVE TO DISK **
3010  REM
3100  HOME : VTAB 5: PRINT "      TOTAL ";NUM%;" DATA"
3110  PRINT "   ANY KEY TO CONTINUE ";
3115  GET A$
3120  PRINT : PRINT
3140  INPUT "       FILENAME : ";NAME$
3180  PRINT D$;"OPEN TEXT";NAME$
3200  PRINT D$;"WRITE TEXT";NAME$
3210  PRINT HV: PRINT GAIN: PRINT SENS
3220  PRINT NUM%: PRINT BEG: PRINT STP: PRINT WEN
3240  PRINT D$;"CLOSE TEXT";NAME$
3260  PRINT D$;"BSAVE BYTE";NAME$;",A$4000,L";NUM% + 5
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM ** INPUT INITIAL **
4010  REM
4100  HOME : VTAB 5: HTAB 1
4110  INPUT " HIGH VOLTAGE = ";HV: PRINT : PRINT : INPUT "
     GAIN OF PRE-AMP ";GAIN: PRINT : PRINT
4115  INPUT " START WITH SENSITIVITY ";SENS: PRINT : PRINT

4120  INPUT " START AT WAVELENGTH ";WL:BEG = WL
4140  PRINT : PRINT
4160  INPUT " STEP OF EACH TRIGGER ";STP
4180  PRINT : PRINT
4200  INPUT " END AT WAVELENGTH ";WEN
4220  PRINT : PRINT
4240  PRINT "  CORRECT [Y/N]";
4260  GET A$: IF A$ < > "Y" AND A$ < > "N" THEN 4260
4280  IF A$ = "Y" THEN ANS = 0
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM ** PRINT DATA **
5100  VTAB 12: HTAB 16: PRINT OWL;"    "
5120  VTAB 12: HTAB 30: PRINT SIG%;"    "
5140  VTAB 14: HTAB 16: PRINT WL;"    "
5260  VTAB 14: HTAB 30: FLASH : PRINT "WAITING"
5280  NORMAL
5300  VTAB 16: HTAB 12: PRINT NUM%;"   "
5320  VTAB 17: HTAB 12: PRINT BYTE%;"    "
5330  IF SIG% > 220 THEN  PRINT  CHR$ (7);: IF SIG% > 240 THEN
     PRINT  CHR$ (7);
5340  PRINT
5900  RETURN
5990  REM --------------------
```

```
6000  REM    ** WARNING MESSEGE **
6100  HOME : FLASH
6120  VTAB 8: HTAB 5: PRINT " INTERFACE CARD MUST BE INSTA
    LLED "
6140  VTAB 10: HTAB 5: PRINT "       IN  SLOT 5 ONLY
          "
6160  NORMAL
6180  VTAB 20: HTAB 10: PRINT " PRESS ANY KEY TO CONTINUE
    : ";
6200  GET A$
6900  RETURN
6999  REM ----------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 ชุดคำสั่ง MAKE TEXT

ใช้ในการแปลงค่าสัญญาณที่อยู่ในรูปของเลขฐานสิบหก ให้เป็นเลขฐานสิบเพื่อสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล และปรับค่าสัญญาณให้อยู่ในอัตราขยายเดียวกัน และเนื่องจากในขณะทำการทดลองได้มีการเปลี่ยนความไวของเครื่องลอคอินแอมปลิไฟเออร์อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณที่มีค่าสูง จึงต้องปรับค่าขนาดสัญญาณเนื่องจากความไวด้วย โดยการนำค่าความไวคูณเข้ากับขนาดสัญญาณ โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล "TEXT";NAME$ และ "BYTE";NAME$ และตัดข้อมูลบางส่วนที่ไม่มีความสำคัญทิ้งเสียบ้าง ดังมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

บรรทัดที่	การทำงาน
160	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่ออ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล"TEXT";NAME$ และ "BYTE";NAME$
180	เรียกบรรทัดที่ 2100 เพื่อเลือกช่วงต่าง ๆ ของข้อมูล โดยเรียกบรรทัดที่ 5100 ให้แสดงกราฟของข้อมูลระหว่างความยาวคลื่นกับกับค่าสัญญาณดิจิตอล, บรรทัดที่ 6100 เพื่อใช้ในการเลือกช่วงข้อมูลที่ใช้ความไวต่าง ๆ, บรรทัดที่ 9100 เพื่อเลือกช่วงข้อมูลที่ไม่ต้องการให้มีการตัดข้อมูลทิ้ง
200	เรียกบรรทัดที่ 3100 เพื่อบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล "DATA";NAME$ โดยเรียกบรรทัดที่ 4100 เพื่อปรับค่าขนาดสัญญาณและขจัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง MAKE TEXT

```
10  REM ***************
20  REM **             **
30  REM ** MAKE TEXT **
40  REM **             **
50  REM ***************
60  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  LOMEM: 19000
140  TEXT : HOME
160  GOSUB 1100
180  GOSUB 2100
200  GOSUB 3100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** INPUT ROUTINE **
1100  DIM SENS(10),BEG(10)
1120  INPUT "FILENAME  :";NAME$
1130 D$ =  CHR$ (4)
1140  PRINT D$;"OPEN TEXT";NAME$
1150  PRINT D$;"READ TEXT";NAME$
1160  INPUT HV: INPUT GAIN: INPUT SENS
1170  INPUT NUM%: INPUT BEG: INPUT INC: INPUT WEN
1180  PRINT D$;"CLOSE TEXT";NAME$
1200  PRINT D$;"BLOAD BYTE";NAME$;",A$4000"
1210 FLAG = 1
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2000  REM ** SELECT RANGE **
2010  REM
2100 YRGE = 256: GOSUB 5100: REM PLOT GRAPH
2110 RNG = 1:SENS(RNG) = SENS:RNG = RNG + 1
2115 BEG(1) = 0
2120  IF FLAG THEN  GOSUB 6000: GOTO 2120: REM  SELECT
2140  GOSUB 9100: REM SELECT DENSITY RANGE
2900  RETURN
2999  REM --------------------

3000  REM ** MAKE TEXT FILE **
3100  TEXT : HOME
3120  VTAB 10: HTAB 10: FLASH : PRINT " INSERT DISK AND ":
     VTAB 12: HTAB 10: PRINT "  PRESS [RETURN]";
3140  GET A$: IF A$ <  >  CHR$ (13) THEN 3140
3160  PRINT : PRINT
3180  HOME : VTAB 10: PRINT "  PLEASE WAIT"
3190  NORMAL
3200  PRINT : PRINT D$;"OPEN DATA";NAME$
3220  PRINT D$;"WRITE DATA";NAME$
3240  PRINT  INT (NUM% / 5 + 1) + 80
3260  FOR I = 1 TO NUM%: GOSUB 4100: NEXT I: REM SELECT
3280  PRINT D$;"CLOSE DATA";NAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
4000  REM ** SELECT DATA **
4100  IF (I < P1 OR I > P2) AND I -  INT (I / 5) * 5 <  >
    1 THEN 4900
4120  FOR J = MXRG TO 1 STEP  - 1
4130  IF I < BEG(J) THEN 4160
4140 SENS = SENS(J):J = 1
4160  NEXT J
4180 WL = BEG + INC * (I - 1)
4200 SIG =  PEEK (16384 + I) * SENS / GAIN
4220  PRINT WL: PRINT SIG
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM ** PLOT GRAPH **
5010  REM
5100 XSCL = 279 / (WEN - BEG)
5120 YSCL = 159 / (YRGE)
5130  HGR : HCOLOR= 3
5140  FOR I = 1 TO NUM%
5160 PX = I * INC * XSCL
5180 PY = 159 -  PEEK (16384 + I) * YSCL
5200  HPLOT PX,PY
5220  NEXT I
5900  RETURN
5999  REM --------------------

6000  REM **DRAW AND SELECT **
6100  HOME : VTAB 21: PRINT "USE <-,->,A,S AND [RETURN] TO
    SELECT": VTAB 24: HTAB 10: FLASH : PRINT "SELECT SENS
    RANGE";: NORMAL
6110 HC = 3:PNT = 1: GOSUB 7100: GOTO 6210
6120  GET A$: IF A$ <  > CHR$ (13) AND A$ <  > CHR$ (8) AND
   A$ <  > "A" AND A$ <  > "S" AND A$ <  > CHR$ (21) THEN
    6120
6140  IF A$ =  CHR$ (13) THEN  GOSUB 8100: REM  INPUT
6160  IF A$ =  CHR$ (8) THEN HC = 0: GOSUB 7100:PNT = PNT -
   1: IF PNT < 1 THEN PNT = 1: PRINT  CHR$ (7)
6170  IF A$ = "A" THEN HC = 0: GOSUB 7100:PNT = PNT - 10: IF
   PNT < 1 THEN PNT = 1: PRINT  CHR$ (7)
6180  IF A$ =  CHR$ (21) THEN HC = 0: GOSUB 7100:PNT = PNT
    + 1: IF PNT > NUM% THEN 6800
6190  IF A$ = "S" THEN HC = 0: GOSUB 7100:PNT = PNT + 10: IF
   PNT > NUM% THEN 6800
6200 HC = 3: GOSUB 7100: REM  LINE
6210  VTAB 22: HTAB 1: PRINT "NOW SENS = ";SENS(RNG - 1);"
   mV WL = ";BEG + PNT * INC - INC;"  "
6220  GOTO 6120
6800 FLAG =  NOT FLAG
6820 MXRG = RNG - 1
6900  RETURN
6999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
7000  REM ** LINE **
7100  HCOLOR= HC:PX = (INC * (PNT - 1)) * XSCL
7120 PY = 159 -  PEEK (16384 + PNT) * YSCL
7140  HPLOT PX,PY + 5 TO PX,159
7160  HCOLOR= 3: HPLOT PX,PY
7900  RETURN
7999  REM --------------------

8000  REM ** INPUT SENSE **
8100  VTAB 22: HTAB 17: INPUT "   NEXT SENS ";SENS(RNG)
8120 BEG(RNG) = PNT:RNG = RNG + 1
8200  VTAB 22: HTAB 1: PRINT  SPC( 38);
8900  RETURN
8999  REM --------------------

9000  REM ** SELECT HI-DENSITY RANGE **
9100 P1 = 1:P2 = NUM%:PNT = 1
9120  HOME : VTAB 21: PRINT "USE <-,->,A,S AND [RETURN] TO
     SELECT"
9140  VTAB 24: HTAB 10: FLASH : PRINT "SELECT HI-DENSITY R
    ANGE";: NORMAL
9160 HC = 3: GOSUB 7100: REM  LINE
9170 PNT = PNT + 100: GOSUB 7100:PNT = PNT - 100
9200  GET A$: IF A$ <  > "A" AND A$ <  > "S" AND A$ <  >  CHR$
    (21) AND A$ <  >  CHR$ (13) AND A$ <  >  CHR$ (8) THEN
    9200
9210 HC = 0: GOSUB 7100:PNT = PNT + 100: GOSUB 7100:PNT =
    PNT - 100
9220  IF A$ =  CHR$ (13) THEN  GOTO 9400
9240  IF A$ = "A" THEN PNT = PNT - 10: IF PNT < 1 THEN PNT
     = 1: PRINT  CHR$ (7)
9260  IF A$ =  CHR$ (8) THEN PNT = PNT - 1: IF PNT < 1 THEN
    PNT = 1: PRINT  CHR$ (7)
9280  IF A$ =  CHR$ (21) THEN PNT = PNT + 1: IF PNT > NUM%
     THEN PNT = NUM%: PRINT  CHR$ (7)
9290  IF A$ = "S" THEN PNT = PNT + 10: IF PNT > NUM% THEN
    PNT = NUM%: PRINT  CHR$ (7)
9300 HC = 3: GOSUB 7100:PNT = PNT + 100: GOSUB 7100:PNT =
    PNT - 100
9320  VTAB 22: HTAB 1: PRINT  SPC( 38): VTAB 22: HTAB 1
9340  PRINT " SELECT FROM WL = ";BEG + (PNT - 1) * INC;" A
    ";
9360  GOTO 9200
9400 P1 = PNT:P2 = PNT + 100
9420  FOR PNT = P1 TO P2:HC = 3: GOSUB 7100: NEXT PNT
9440  HOME : VTAB 22: PRINT " ACCEPT [Y/N] ";
9460  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 9460
9480  IF A$ = "N" THEN  GOSUB 5100: GOTO 9100
9900  RETURN
9999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

ชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกลุ่มชุดคำสั่งที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน, วิเคราะห์หาขนาดช่องว่างแถบพลังงาน, การเปลี่ยนแปลงขนาดช่องว่างแถบพลังงานกับอุณหภูมิ, และส่วนหางของเออบาค ชุดคำสั่งในกลุ่มนี้บางชุดคำสั่งจะใช้ชุดคำสั่งสำเร็จ SCIPLOT ช่วยในการแสดงผลในลักษณะกราฟ เพื่อความสะดวกในการจัดทำชุดคำสั่ง ชุดคำสั่งในกลุ่มนี้เป็นชุดคำสั่งในภาษาเบสิกทั้งหมด ประกอบด้วยชุดคำสั่งเจ็ดชุดคำสั่งด้วยกันคือ

1 ชุดคำสั่ง ALPHA

ใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ จากสมการ

$$\alpha = (1/d)\ln\{(1 - R)^2 - I_o/I_t\}$$

โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล "DATA":NAME$ ดังมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรทัดที่	การทำงาน
240	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่อถามค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน , ความหนาของชิ้นผลึก , ชื่อแฟ้มข้อมูลแสงที่ผ่าน, และตกกระทบชิ้นผลึก

บรรทัดที่	การทำงาน
260	เรียกบรรทัดที่ 2100 เพื่ออ่านแฟ้มข้อมูล "DATA";NAME$ เก็บไว้ในตัวแปร WL(I) และSIG(I)
300	เรียกบรรทัดที่ 3100 เพื่ออ่านแฟ้มข้อมูล "DATA";INAME$ เก็บไว้ในตัวแปร WL และ IO, เปรียบเทียบตัวแปรระหว่าง WL(I) กับ WL ถ้า WL มีค่าน้อยกว่า WL(I) จะกลับไปอ่านค่า WL เข้ามาใหม่ ถ้ามีค่ามากกว่าจะแสดงความผิดพลาดของข้อมูล, และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น WL(I) เก็บไว้ในตัวแปร SIG (I)
320	เรียกบรรทัดที่ 4100 เพื่อบันทึกข้อมูลในแฟ้มข้อมูล "APLHA";NAME$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง ALPHA

```
20  REM ********************
30  REM **                  **
40  REM ** PROGRAM ALPHA **
50  REM **                  **
60  REM ********************
80  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  TEXT : HOME
140 D$ =  CHR$ (4):D1$ = ",D1":D2$ = ",D1"
160  VTAB 5: HTAB 10: PRINT " DO YOU HAVE 1 OR 2 DRIVE(S)"
    ;
180  GET A$: IF A$ <  > "1" AND A$ <  > "2" THEN 180
200  IF A$ = "2" THEN D2$ = ",D2"
220  HOME
240  GOSUB 1100: REM ** INPUT PARAMETER & FILENAME **
260  GOSUB 2100: REM ** READ DATA **
280 FLAG = 1
300  GOSUB 3100: REM ** COMPUTE ALPHA **
320  IF FLAG = 1 THEN  GOSUB 4100: REM ** SAVE ALPHA **
340  IF FLAG = 0 THEN  PRINT "   ERROR AT WAVELENGTH ";WL(
    I)
900  END
999  REM  --------------------

1000  REM ** INPUT PARAMETER & FILENAME **
1100  INPUT "  CONSTANT  R = ";R
1120  INPUT "  THICKNESS   = ";D
1140 D = D / 1E4:X = 1 - R
1160  INPUT " FILENAME ";NAME$
1180  INPUT " FILENAME OF I0 ";INAME$
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2000  REM ** READ DATA **
2100  PRINT D$;"OPEN DATA";NAME$;D1$
2120  PRINT D$;"READ DATA";NAME$
2140  INPUT NUM
2160  DIM WL(NUM),SIG(NUM)
2180  FOR I = 1 TO NUM
2200  INPUT WL(I): INPUT SIG(I)
2220  NEXT I
2240  PRINT D$;"CLOSE DATA";NAME$
2900  RETURN
2999  REM --------------------

3000  REM ** COMPUTE ALPHA **
3100  PRINT D$;"OPEN DATA";INAME$
3120  PRINT D$;"READ DATA";INAME$
3140  INPUT NI0
3160  FOR I = 1 TO NUM
3180  INPUT WL,I0: IF WL < WL(I) THEN 3180
3200  IF WL > WL(I) THEN FLAG = 0:I = NUM + 1
3220 T = SIG(I) / I0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
3240  VTAB 10: PRINT I
3260 ALP =  LOG (X * X / T) / D
3280 SIG(I) = ALP
3300  NEXT I
3320  PRINT D$;"CLOSE DATA";INAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM ** SAVE ALPHA **
4100  IF D2$ = ",D1" THEN  GOSUB 5100: REM ** INSERT DISK
    **
4120  PRINT : PRINT
4140  PRINT D$;"OPEN ALPHA";NAME$;D2$
4160  PRINT D$;"WRITE ALPHA";NAME$
4180  PRINT NUM
4200  FOR I = 1 TO NUM
4220  PRINT WL(I): PRINT SIG(I)
4240  NEXT I
4260  PRINT D$;"CLOSE ALPHA";NAME$
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM ** INSERT DISK **
5100  FLASH
5120  HOME : VTAB 10: PRINT " INSERT DISK AND"
5140  PRINT " PRESS [RETURN]";
5160  NORMAL
5180  GET A$: IF A$ <  > CHR$ (13) THEN 5180
5900  RETURN
5999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 ชุดคำสั่ง ALPHA CORRECTION

ใช้ในการแก้ไขค่าสัมประสิทธิ์การดูดแสงที่คำนวณได้จากชุดคำสั่ง ALPHA ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากเราได้ละเลยผลกระทบต่าง ๆ ดังสมการ คือ

$$\alpha = \alpha' + \alpha_0$$

ค่า α_0 สามารถที่จะคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง α' ในช่วงที่การดูดแสงเกิดจากการย้ายสถานะภายในแถบพลังงานเดียวกัน โดยการมีความสัมพันธ์กับพลังงานโฟตอนเป็นแบบเชิงเส้น

บรรทัดที่	การทำงาน
200	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่อถามชื่อแฟ้มข้อมูล และค่าความยาวคลื่นที่อ่านได้จากเครื่องกำเนิดแสงเอกรงค์เมื่อให้แสงสีขาว และอ่านแฟ้มข้อมูลพร้อมกับแปลงค่าความยาวคลื่นให้เป็นพลังงานโฟตอน
260	เรียกบรรทัดที่ 2100 และ 3100 ให้แสดงกราฟระหว่างพลังงานกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง
280	เรียกบรรทัดที่ 7100 เพื่อคำนวณหาค่า ($\alpha' - \alpha_0$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง ALPHA CORRECTION

```
10  REM **********************
20  REM **                    **
30  REM ** ALPHA CORRECTION **
40  REM **                    **
50  REM **********************
60  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  LOMEM: 16384
140  TEXT : HOME
160  DIM EN(500),ALP(500)
180 D$ =  CHR$ (4):AFLAG = 1:HI = 0
200  GOSUB 1100: REM ** READ DATA & CHANGE WL -> EN **
220 ELO = EN(1):EHI = EN(NUM)
240  REM
260  IF AFLAG THEN  GOSUB 2100: GOSUB 3100: GOTO 260
280  GOSUB 7100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** READ DATA & CHANGE WL -> EN **
1100  INPUT " FILENAME : ";NAME$
1120  INPUT "WAVELENGTH AT ZERO ANGLE : ";ZERO
1140  PRINT D$;"OPEN ALPHA";NAME$
1160  PRINT D$;"READ ALPHA";NAME$
1180  INPUT NUM
1200  FOR I = 1 TO NUM
1220 J = NUM - I + 1
1240  INPUT WL: INPUT ALP
1260 EN(J) = 12400 / (WL - ZERO)
1280 ALP(J) = ALP
1300  IF HI < ALP THEN HI = ALP
1320  NEXT I
1340  PRINT D$;"CLOSE ALPHA";NAME$
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2000  REM ** PLOT GRAPH **
2100  HGR : HCOLOR= 3
2120  HPLOT 0,0 TO 0,159 TO 279,159
2140 SCL = 150 / HI
2160 ESCL = 279 / (EHI - ELO)
2180  FOR I = 1 TO NUM
2200 EN = EN(I):ALP = ALP(I)
2220 XX = (EN - ELO) * ESCL
2240 YY = 160 - ALP * SCL
2260  IF I = 1 OR PFLAG = 0 THEN  HPLOT XX,YY
2280  HPLOT  TO XX,YY
2300  NEXT I
2900  RETURN
2999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
3000  REM ** FIND ALPHA0 **
3100 PNT = 1
3120  HOME : VTAB 21: PRINT "USE <- -> AND [RETURN] TO SEL
    ECT"
3140 SFLAG = 1:P1 = 0
3160 X1 = 0:Y1 = 0
3180  IF SFLAG = 1 THEN EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): VTAB
    22: HTAB 5: PRINT "  ENERGY:";EN(PNT);"eV          ";: GOSUB
    4100: GOTO 3180
3200 P1 = PNT:X1 = XX:Y1 = YY:PNT = PNT + 1
3220 SFLAG = 1
3240  IF SFLAG = 1 THEN  VTAB 22: HTAB 1: PRINT " FROM ";E
    N(P1);" eV TO ";EN(PNT);"eV      ";:EN = EN(PNT):ALP =
    ALP(PNT): GOSUB 4100: GOTO 3240
3260 P2 = PNT
3280  GOSUB 5100
3300  HOME : VTAB 22: HTAB 10: PRINT "ACCEPT [Y/N]";
3320  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 3320
3340  IF A$ = "Y" THEN AFLAG = 0
3900  RETURN
3999  REM ----------------------

4000  REM ** PIONTER & SELECT **
4100 XX = (EN - ELO) * ESCL
4120 YY = 160 - ALP * SCL
4140  HCOLOR= 3: HPLOT XX,158 TO XX,YY + 2
4160  HPLOT X1,Y1 TO X1,159
4180  GET A$: IF A$ <  > CHR$ (13) AND A$ <  >  CHR$ (8) AND
    A$ <  >  CHR$ (21) THEN  GOTO 4180
4200  IF A$ =  CHR$ (13) THEN SFLAG = 0
4220  IF A$ =  CHR$ (8) THEN  HCOLOR= 0: HPLOT XX,158 TO X
    X,YY + 2: HCOLOR= 3: HPLOT XX,YY:PNT = PNT - 1: IF PNT
     <  = P1 THEN PNT = P1 + 1
4240  IF A$ =  CHR$ (21) THEN  HCOLOR= 0: HPLOT XX,158 TO
    XX,YY + 2: HCOLOR= 3: HPLOT XX,YY:PNT = PNT + 1: IF PN
    T > NUM THEN PNT = NUM
4900  RETURN
4999  REM ----------------------

5000  REM ** FIND LINE **
5100 X1 = 0:X2 = 0:Y1 = 0:XY = 0:N = 0
5120  FOR I = P1 TO P2
5140 N = N + 1:X1 = X1 + EN(I):X2 = X2 + EN(I) * EN(I)
5160 Y1 = Y1 + ALP(I):XY = XY + ALP(I) * EN(I)
5180  NEXT I
5200 C = X1 * X1 - N * X2
5220 B = (X1 * XY - X2 * Y1) / C
5240 A = (Y1 * X1 - XY * N) / C
5260 EN = EN(P1):ALP = ALP(P1): GOSUB 6100: HCOLOR= 0: HPLOT
    XX,158 TO XX,YY + 2
5280 EN = EN(P2):ALP = ALP(P2): GOSUB 6100: HCOLOR= 0: HPLOT
    XX,158 TO XX,YY + 2
5300 EN = EN(1):ALP = A * EN + B: IF ALP > HI THEN ALP = H
    I:EN = (ALP - B) / A
5320  IF ALP < 0 THEN ALP = 0:EN = (ALP - B) / A
5340  GOSUB 6100:X1 = XX:Y1 = YY
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
5360 EN = EN(NUM):ALP = A * EN + B: IF ALP > HI THEN ALP =
    HI:EN = (ALP - B) / A
5380  IF ALP < 0 THEN ALP = 0:EN = (ALP - B) / A
5400  GOSUB 6100: HCOLOR= 3: HPLOT X1,Y1 TO XX,YY
5900  RETURN
5999  REM --------------------

6000  REM ** CALCULATE POINT **
6100 XX = (EN - ELO) * ESCL
6120 YY = 160 - ALP * SCL
6900  RETURN
6999  REM --------------------

7000  REM ** FIND A-A0 AND SAVE **
7100  HOME : VTAB 22: PRINT " THIS IS ALPHA-ALPHA0"
7120  HCOLOR= 3
7140  FOR I = 1 TO NUM
7160 EN = EN(I):ALP = ALP(I) - A * EN - B: IF ALP < 0 THEN
    ALP = 0
7180 ALP(I) = ALP
7200 XX = (EN - ELO) * ESCL
7220 YY = 160 - ALP * SCL
7240  HPLOT XX,YY
7260  NEXT I
7280  PRINT D$;"DELETE ALPHA";NAME$
7300  PRINT D$;"OPEN ALPHA";NAME$;"*"
7320  PRINT D$;"WRITE ALPHA";NAME$;"*"
7340  PRINT NUM
7360  FOR I = 1 TO NUM
7380  PRINT EN(I): PRINT ALP(I)
7400  NEXT I
7420  PRINT D$;"CLOSE ALPHA";NAME$;"*"
7900  RETURN
7999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 ชุดคำสั่ง FIND GAP

ชุดคำสั่งนี้ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์หาขนาดช่องว่างแถบพลังงานแบบตรงชนิดที่ยอมรับได้ ตามสมการ

$$[(\alpha - \alpha_o)h\nu]^2 = A^2(h\nu - E_g)$$

และวิเคราะห์หาค่าความกว้างเอ็กซ์โปเนนเชียลของส่วนหางของเออบาค ดังสมการ

$$\alpha = \alpha_1 \exp((h\nu - E_1)/E_o) \quad \text{หรือ} \quad \ln(\alpha) = \ln(\alpha_1) - E_1/E_o + h\nu/E_o$$

บรรทัดที่	การทำงาน
500	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่ออ่านแฟ้มข้อมูล "ALPHA";NAME$
660	เรียกบรรทัดที่ 8100 และ 9100 เพื่อแสดงกราฟระหว่างพลังงานกับสัมประสิทธิ์การดูดกลืนคูณพลังงานกำลังสอง, และเรียกบรรทัดที่ 4100 เพื่อเลือกช่วงข้อมูลบริเวณขอบการดูดกลืนแสงพื้นฐาน และเรียกบรรทัดที่ 12100 เพื่อทำการคำนวณหาขนาดช่องว่างแถบพลังงาน
720	เรียกบรรทัดที่ 5100 เพื่อแสดงกราฟระหว่างพลังงานกับ log ของสัมประสิทธิ์การดูดกลืน เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากขนาดช่องว่างแถบพลังงานที่คำนวณได้ และเลือกช่วงข้อมูลที่จะนำนำมาแสดงกราฟขยายให้ดูชัดขึ้น เพื่อเลือกช่วงข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์หาความกว้างเอ็กซ์โปเนนเชียลของส่วนหางของเออบาค
800	เรียกบรรทัดที่ 6100 คำนวณหาค่าความกว้างเอ็กซ์โปเนนเชียล และแสดงผลการคำนวณต่าง ๆ ออกทางเครื่องพิมพ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง FIND GAP

```
100  LOMEM: 16384
150  TEXT : HOME
200  DIM EN(500),ALP(500)
250 D$ =  CHR$ (4)
500  GOSUB 1100
550 D1 = 1:D2 = NUM
650 AFLAG = 1
660  IF AFLAG THEN  GOSUB 8100: GOSUB 9100: GOSUB 4100: GOTO
    660
680  GOSUB 13100
690  GOTO 720
700  PRINT D$;"PR#1": PRINT "    Eg = ";EG$;"eV": PRINT D$;
    " PR#0"
720  GOSUB 5100
800  GOSUB 6100
900  END
999  REM  ------------

1000  REM
1100  INPUT " FILENAME : ";NAME$
1110 NAME$ = NAME$ + "*"
1150  PRINT D$;"OPEN ALPHA";NAME$
1200  PRINT D$;"READ ALPHA";NAME$
1300  INPUT NUM
1350  FOR I = 1 TO NUM
1500  INPUT EN(I): INPUT ALP(I)
1650  NEXT I
1700  PRINT D$;"CLOSE ALPHA";NAME$
1750 ELO = EN(1):EHI = EN(NUM)
1800 HI = 0
1820  FOR I = 1 TO NUM
1840 ALP = ALP(I) * EN(I)
1860 ALP(I) = ALP * ALP: IF ALP(I) > HI THEN HI = ALP(I)
1880  NEXT I
1900  RETURN
1999  REM  ------------

4000  REM
4100 PNT =  INT (NUM / 2)
4150  HOME : VTAB 21: PRINT " SELECT INTERVAL TO FIND Eg A
    ND A"
4200 SFLAG = 1:P1 = 0:X1 = 0:Y1 = 0
4250 EN$ =  LEFT$ ( STR$ (EN(PNT) + 5E - 4),5): VTAB 22: HTAB
    1: PRINT "FROM ";EN$;:EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): GOSUB
    10100: GOSUB 11100
4260 ALP$ =  LEFT$ ( STR$ ( SQR (ALP) / EN),6): VTAB 23: HTAB
    1: PRINT "ALPHA = ";ALP$;" PER cm ";: IF SFLAG THEN 42
    50
4300 P1 = PNT:SFLAG = 1:X1 = XX:Y1 = YY:PNT = PNT + 1:EM$ =
    EN$
4320 EN$ =  LEFT$ ( STR$ (EN(PNT) + 5E - 4),5): VTAB 22: HTAB
    1: PRINT " FROM ";EM$;" eV  TO ";EN$;" eV";:EN = EN(PN
    T):ALP = ALP(PNT): GOSUB 10100: GOSUB 11100
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
4340 ALP$ =  LEFT$ ( STR$ ( SQR (ALP) / EN),6): VTAB 23: HTAB
    1: PRINT "ALPHA = ";ALP$;" PER cm ";: IF SFLAG THEN 43
    20
4360 P2 = PNT:K1 = 1:K2 = NUM: GOSUB 12100
4380 EG =  - B / A:EG$ =  STR$ (EG)
4400  PRINT : PRINT : PRINT "          AGREE WITH Eg
   = ";EG$;"eV  [Y/N]";
4420  GOSUB 14150
4440 AA =  SQR (A)
4900  RETURN
4999  REM  ------------

5000  REM
5100  PRINT "  CONTINUED!! "
5120 HI = 0
5140  FOR I = 1 TO NUM
5160 ALP =  SQR (ALP(I)) / EN(I)
5180  IF ALP > 1 THEN ALP(I) =  LOG (ALP): IF HI < ALP(I) THEN
   HI = ALP(I)
5200  IF ALP <  = 1 THEN ALP(I) = 0
5220  NEXT I
5230 HI = HI * 1.25
5240  GOSUB 8100
5260 D1 = 1:D2 = NUM:PFLAG = 0: GOSUB 9100
5300  GOSUB 7100
5310  GOSUB 13100
5320  HOME : VTAB 21: PRINT "USE <- -> AND RETURN SELECT "
   : PRINT "      MAGNIFIED RANGE"
5340 SFLAG = 1:P1 = 0:X1 = 0:Y1 = 0:PNT =  INT (NUM / 2)
5360  IF SFLAG THEN EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): GOSUB 101
   00: GOSUB 11100: GOTO 5360
5380 P1 = PNT:X1 = XX:Y1 = YY:PNT = PNT + 1
5400 SFLAG = 1
5420  IF SFLAG THEN EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): GOSUB 101
   00: GOSUB 11100: GOTO 5420
5440 EHI = EN(PNT):ELO = EN(P1): GOSUB 8100:D1 = P1:D2 = P
   NT: GOSUB 9100: GOSUB 7100
5900  RETURN
5999  REM ---------------

6000  REM
6100 PNT =  INT (D1 + (D2 - D1) / 4)
6110  GOSUB 13100
6120  HOME : VTAB 21: PRINT " USE <- -> AND [RETURN] TO SE
   LECT": PRINT "     'TAIL' RANGE ";
6140 SFLAG = 1:P1 = D1:X1 = 0:Y1 = 0
6160  IF SFLAG THEN EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): GOSUB 101
   00: GOSUB 11100: GOTO 6160
6180 P1 = PNT:PNT = PNT + 1:X1 = XX:Y1 = YY:SFLAG = 1
6200  IF SFLAG THEN EN = EN(PNT):ALP = ALP(PNT): GOSUB 101
   00: GOSUB 11100: GOTO 6200
6220 P2 = PNT:K1 = D1:K2 = D2: GOSUB 12100
6240  VTAB 23: HTAB 1: INPUT "PLEASE INPUT TEMPERATURE (K)
   ";TEMP
6260 GMMA =  - 1 / (A * TEMP)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
6280  GOSUB 13100
6290  PRINT " PRINTER <Y/N>";:
6295  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 6295
6300  PRINT : IF A$ = "Y" THEN  PRINT D$;"PR#1": POKE 1657
    ,80
6320  PRINT "  Eg    = ";EG$
6340  PRINT "  A     = ";AA
6360  PRINT " GAMMA = ";GMMA
6370  PRINT "ln (a) = ";A;"hv + ";B
6380  IF A$ = "Y" THEN  PRINT D$;"PR#0"
6900  RETURN
6999  REM --------------

7000  REM  PLOT LOG ALPHA
7010  REM
7100 EN = EG:ALP = 0: GOSUB 10100: HCOLOR= 3: HPLOT XX,YY
7120 EN = EN + 1 / ESCL
7140 ALP =  LOG (AA *  SQR (EN - EG) / EN)
7160  IF ALP > 1 THEN  GOSUB 10100
7170  IF ALP < 1 THEN 7120
7180  IF XX < 279 AND YY > 0 THEN  HPLOT  TO XX,YY
7200  IF XX < 279 AND YY > 0 THEN 7120
7300  HOME : VTAB 22: PRINT "    GOT  A = ";AA;"     "
7900  RETURN
7999  REM ----------------

8000  REM
8100 SCL = 150 / HI
8150 ESCL = 279 / (EHI - ELO)
8200  HGR : HCOLOR= 3
8250  HPLOT 0,0 TO 0,159 TO 279,159
8900  RETURN
8999  REM  ------------

9000  REM
9100  FOR I = D1 TO D2
9150 EN = EN(I):ALP = ALP(I): GOSUB 10100
9200  IF I = D1 OR PFLAG = 0 THEN  HPLOT XX,YY
9250  HPLOT  TO XX,YY
9300  NEXT I
9900  RETURN
9999  REM  ------------

10000  REM
10100 XX = (EN - ELO) * ESCL
10150 YY = 160 - ALP * SCL
10800 FR =  FRE (0)
10900  RETURN
10999  REM  ------------

11000  REM
11100  HCOLOR= 3: HPLOT XX,158 TO XX,YY + 2
11150  HPLOT X1,Y1 TO X1,159
11200  GET A$: IF A$ <  >  CHR$ (13) AND A$ <  >  CHR$ (8)
    AND A$ <  >  CHR$ (21) THEN  GOTO 11200
11250  IF A$ =  CHR$ (13) THEN SFLAG = 0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
11300  IF A$ =  CHR$ (8) THEN  HCOLOR= 0: HPLOT XX,158 TO
    XX,YY + 2: HCOLOR= 3: HPLOT XX,YY:PNT = PNT - 1: IF PN
    T <  = P1 THEN PNT = P1 + 1
11350  IF A$ =  CHR$ (21) THEN  HCOLOR= 0: HPLOT XX,158 TO
    XX,YY + 2: HCOLOR= 3: HPLOT XX,YY:PNT = PNT + 1: IF PN
    T > NUM THEN PNT = NUM
11900  RETURN
11999  REM  ------------

12000  REM
12100 X1 = 0:X2 = 0:Y1 = 0:XY = 0:N = 0
12150  FOR I = P1 TO P2
12200 N = N + 1:X1 = X1 + EN(I):X2 = X2 + EN(I) * EN(I)
12250 Y1 = Y1 + ALP(I):XY = XY + ALP(I) * EN(I)
12300  NEXT I
12350 C = X1 * X1 - N * X2
12400 B = (X1 * XY - X2 * Y1) / C
12450 A = (Y1 * X1 - XY * N) / C
12500 EN = EN(P1):ALP = ALP(P1): GOSUB 10100: HCOLOR= 0: HPLOT
    XX,158 TO XX,YY + 2
12550 EN = EN(P2):ALP = ALP(P2): GOSUB 10100: HCOLOR= 0: HPLOT
    XX,158 TO XX,YY + 2
12600 EN = EN(K1):ALP = A * EN + B: IF ALP > HI THEN ALP =
    HI:EN = (ALP - B) / A
12620  IF ALP < 0 THEN ALP = 0:EN = (ALP - B) / A
12640  GOSUB 10100:X1 = XX:Y1 = YY
12660 EN = EN(K2):ALP = A * EN + B: IF ALP > HI THEN ALP =
    HI:EN = (ALP - B) / A
12680  IF ALP < 0 THEN ALP = 0:EN = (ALP - B) / A
12700  GOSUB 10100: HCOLOR= 3: HPLOT X1,Y1 TO XX,YY
12900  RETURN
12999  REM  ------------

13000  REM
13100  HOME : VTAB 22
13120  PRINT "  [P]-PRINT OR [C]-CONTINUE";
13150  GET A$: IF A$ <  > "P" AND A$ <  > "C" THEN  GOTO 1
    3150
13200  IF A$ = "C" THEN  GOTO 13300
13250  PRINT : PRINT D$;"PR#1": PRINT : PRINT  CHR$ (17): PRINT
    D$;"PR#0"
13300  PRINT : PRINT
13900  RETURN
13999  REM  ------------

14000  REM
14100  HOME : VTAB 22: HTAB 10: PRINT "ACCEPT [Y/N]";
14150  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 14150
14200  IF A$ = "Y" THEN AFLAG = 0
14900  RETURN
14999  REM  ------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4 ชุดคำสั่ง VARSHNI

ชุดคำสั่งนี้ใช้ในการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาดช่องว่างแถบพลังงานตามอุณหภูมิ ตามสูตรเอ็มไพริแคลของวาร์ชนีคือ

$$E_g(T) = E_g(0) - aT/(T^2 + b)$$

บรรทัดที่	การทำงาน
180	เรียกบรรทัดที่ 1100 เพื่อถามว่าข้อมูลที่จะใช้ขณะนี้อยู่ในแฟ้มข้อมูลหรือไม่ ถ้าใช่จะเรียกชุดคำสั่งย่อยที่บรรทัด 2100 เพื่อถามชื่อแฟ้มข้อมูล และอ่านข้อมูลจากแฟ้ม"EG";NAME$ แต่ถ้าไม่ใช่จะเรียกบรรทัดที่ 3100 เพื่อทำการรับข้อมูลจากแป้นพิมพ์ และบันทึกลงในแฟ้มข้อมูล "EG";NAME$
200 - 300	คำนวณหาขนาดช่องว่างแถบพลังงานที่อุณหภูมิ 0 K และค่าคงที่ A และ B ที่ดีที่สุด โดยเรียกบรรทัดที่ 4100
320	คำนวณหาค่าขนาดช่องว่างแถบพลังงานอุณหภูมิต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 ชุดคำสั่ง EINSTEIN

ชุดคำสั่งนี้มีจุดประสงค์และขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกับชุดคำสั่ง VARSHNI แตกต่างกันที่ชุดคำสั่งนี้ทำการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องว่างแถบพลังงานกับอุณหภูมิโดยใช้สมการ

$$E_g(T) = c + d[1 + 2\{\exp(\theta/T) - 1\}^{-1}]$$

ชุดคำสั่ง VARSHNI

```
10  REM **************
20  REM **          **
30  REM ** VARSHNI **
40  REM **          **
50  REM **************
60  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  TEXT : HOME : CLEAR
140  DIM EG(20),TEMP(20)
160 D$ =  CHR$ (4)
180  GOSUB 1100
200 MERR = 9E37:M1 = 0
220  TEXT : HOME : PRINT : HTAB 12: PRINT "CALCULATION  PR
    OCESS": PRINT LN$: POKE 34,3
240  FOR I = 1 TO NUM
260 M1 = M1 + TEMP(I) * TEMP(I) * TEMP(I) * TEMP(I)
280  NEXT I
300  FOR I = 1 TO STP:EG(0) = EN + INC * (I - 1): GOSUB 41
    00: NEXT I
320  GOSUB 5100
900  END
990  REM ------------------
999  REM

1000  REM ** INPUT DATA **
1100 LN$ = "----------------------------------------"
1120  VTAB 2: HTAB 15: PRINT "INPUT DATA": PRINT LN$: POKE
    34,3
1140  VTAB 12: HTAB 5: PRINT "DATA FROM <D>ISK OR <K>EYBOA
    RD ";
1160  GET A$: IF A$ <  > "D" AND A$ <  > "K" THEN 1160
1180  PRINT
1200  IF A$ = "D" THEN  GOSUB 2100
1220  IF A$ = "K" THEN  GOSUB 3100
1240  HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT ENERGY GAP AT 0
    K": PRINT LN$
1260  POKE 34,3
1280  INPUT "ESTIMATE MIN. ENERGY GAP AT 0 K ";EN
1300  INPUT "ESTIMATE MAX. ENERGY GAP AT 0 K ";EM
1320  INPUT "HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";STP
1340 INC = (EM - EN) / (STP - 1)
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2000  REM ** READ FROM DISK **
2100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 12: PRINT "READ DATA FORM
    DISK": PRINT LN$
2120  VTAB 10: INPUT " FILENAME OF ENERGY GAP ";NAME$
2140  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
2160  PRINT D$;"READ EG";NAME$
2180  INPUT NUM:NUM = NUM / 2
2200  FOR I = 1 TO NUM
2220  INPUT TEMP(I)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
2240  INPUT EG(I)
2260  NEXT I
2300  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
2900  RETURN
2999  REM --------------------

3000  REM ** READ FROM KEYBOARD **
3100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT DATA": PRINT
    LN$: POKE 34,3
3120  INPUT " HOW MANY TEMP.(<21):";NUM
3140  FOR I = 1 TO NUM
3160  PRINT " TEMP.(";I;")";: INPUT " = ";TEMP(I)
3180  PRINT "ENERGY GAP(";I;")";: INPUT " = ";EG(I)
3200  NEXT I
3220  PRINT : PRINT  TAB( 10);"SAVE  DATA  <Y/N>";
3240  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 3240
3260  PRINT : PRINT
3280  IF A$ = "N" THEN  GOSUB 3900
3300  INPUT "  FILENAME ";NAME$
3320  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
3340  PRINT D$;"WRITE EG";NAME$
3360  PRINT NUM * 2
3380  FOR I = 1 TO NUM
3400  PRINT TEMP(I)
3420  PRINT EG(I)
3440  NEXT I
3460  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM ** CALCULATION **
4100 M2 = 0:M3 = 0:M4 = 0:M5 = 0:M6 = 0
4120  VTAB 8: PRINT "CALCULATING FOR Eg(0) = ";EG(0);" eV"
    : VTAB 12: PRINT  SPC( 118)
4140  FOR J = 1 TO NUM
4160 DE = EG(0) - EG(J)
4180 M2 = M2 + DE * TEMP(J) * TEMP(J)
4200 M4 = M4 + DE * DE
4220 M5 = M5 + DE * TEMP(J) * TEMP(J) * TEMP(J)
4240 M6 = M6 + DE * DE * TEMP(J)
4260  VTAB 18: PRINT " ";J;" DATA COLLECTED FOR ALPHA AND
   BETA"
4280  NEXT J
4300 M2 = M2 * ( - 1)
4320 M3 = M2
4340 M6 = M6 * ( - 1)
4360 MDET = M1 * M4 - M2 * M3
4380 ADET = M5 * M4 - M2 * M6
4400 BDET = M1 * M6 - M5 * M3
4420 A = ADET / MDET
4440 B = BDET / MDET
4460  VTAB 12: PRINT "GET ALPHA = ";A: PRINT : PRINT "GET
   BETA  = ";B
4480 ERR = 0
4500  FOR J = 1 TO NUM
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
4520 ERR = ERR + (EG(J) - EG(0) + A * TEMP(J) * TEMP(J) /
    (B + TEMP(J))) ^ 2
4540  VTAB 18: PRINT " ";J;"DATA COLLECTED FOR ERROR"
4560  NEXT J
4580  IF ERR < MERR THEN MERR = ERR:ALPHA = A:BETA = B:E0 =
   EG(0)
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM ** PRINT RESULT & SAVE **
5100  TEXT : HOME : PRINT : PRINT  TAB( 10);"RESULT  VALUE
   S DISPLAY": PRINT LN$: POKE 34,3
5120  VTAB 7: PRINT "RESULTS ARE. . ."
5140  PRINT : PRINT "ENERGY GAP AT 0 K = ";E0;" eV     "
5160  PRINT : PRINT "WITH STANDARD ERROR ";MERR
5180  PRINT : PRINT "  GET ALPHA = ";ALPHA: PRINT : PRINT "
   GET BETA = ";BETA
5200  PRINT : PRINT
5220  PRINT D$;"OPEN VAR";NAME$
5240  PRINT D$;"WRITE VAR";NAME$
5260  PRINT 600
5280  FOR T = 1 TO 300
5300 EG = E0 - (ALPHA * T * T / (BETA + T))
5320  PRINT T: PRINT EG
5340  NEXT T
5360  PRINT D$;"CLOSE VAR";NAME$
5900  RETURN
5999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง EINSTEIN

```
10  REM **************
20  REM **            **
30  REM ** EINSTEIN **
40  REM **            **
50  REM **************
60  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  TEXT : HOME : CLEAR
140  DIM EG(20),TEMP(20)
150 D$ =  CHR$ (4)
160  DEF  FN X(TEMP) = (1 + 2 / ( EXP (THETA / TEMP) - 1))

180  GOSUB 1100
200 MERR = 9E37:SOLN = 0
220  TEXT : HOME : PRINT : HTAB 12: PRINT "CALCULATION  PR
    OCESS": PRINT LN$: POKE 34,3
240  FOR T = 1 TO STP:THETA = MNT + INC * (T - 1): GOSUB 4
    100: NEXT T
260  GOSUB 5100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** INPUT DATA **
1010  REM
1100 LN$ = "----------------------------------------"
1120  VTAB 2: HTAB 15: PRINT "INPUT DATA": PRINT LN$: POKE
    34,3
1140  VTAB 12: HTAB 5: PRINT "DATA FROM <D>ISK OR <K>EYBOA
    RD ";
1160  GET A$: IF A$ <  > "D" AND A$ <  > "K" THEN 1160
1180  PRINT
1200  IF A$ = "D" THEN  GOSUB 2100
1220  IF A$ = "K" THEN  GOSUB 3100
1240  HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT THETA PARAMETER
    ": PRINT LN$
1260  POKE 34,3
1280  INPUT "MIN. CHARACTERISTIC TEMP.";MNT
1300  INPUT "MAX. CHARACTERISTIC TEMP.";MXT
1320  INPUT "HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";STP
1340 INC = (MXT - MNT) / (STP - 1)
1490  RETURN
1499  REM .....................

2000  REM ** READ FROM DISK **
2100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 12: PRINT "READ DATA FROM
    DISK": PRINT LN$: POKE 34,3
2120  VTAB 10: INPUT "  FILENAME OF ENERGY GAP ";NAME$
2140  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
2160  PRINT D$;"READ EG";NAME$
2180  INPUT NUM:NUM = NUM / 2: FOR I = 1 TO NUM: INPUT TEM
   P(I): INPUT EG(I): NEXT I
2200  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
2900  RETURN
2999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
3000  REM ** READ FROM KEYBOARD **
3100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT DATA": PRINT
    LN$: POKE 34,3
3120  INPUT " HOW MANY TEMP.(<21):";NUM
3140  FOR I = 1 TO NUM
3160  PRINT " TEMP.(";I;")";: INPUT " = ";TEMP(I)
3180  PRINT "ENERGY GAP(";I;")";: INPUT " = ";EG(I)
3200  PRINT : PRINT  TAB( 10);"SAVE  DATA  <Y/N>";
3220  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 3220
3240  IF A$ = "N" THEN  GOSUB 3900
3260  PRINT : INPUT " FILENAME ";NAME$
3280  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
3300  PRINT D$;"WRITE EG";NAME$
3320  PRINT NUM * 2: FOR I = 1 TO NUM: PRINT TEMP(I): PRINT
    EG(I): NEXT I
3340  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM  ** CALCULATION **
4100 X2 = 0:XY = 0:SX = 0:SY = 0
4120  VTAB 8: PRINT "CALCULATING FOR THETA = ";THETA;" K "
    : VTAB 12: PRINT  SPC( 118)
4140  FOR I = 1 TO NUM
4160 TEMP = TEMP(I):Y = EG(I)
4180 X =  FN X(TEMP)
4200 SX = SX + X:SY = SY + Y
4220 X2 = X2 + X * X
4240 XY = XY + X * Y
4260  VTAB 18: HTAB 1: PRINT I;"DATA COLLECTED FOR PARAMET
    ER"
4280  NEXT I
4300 AA = (SY * X2 - XY * SX) / (NUM * X2 - SX * SX)
4320 BB = (NUM * XY - SX * SY) / (NUM * X2 - SX * SX)
4340  VTAB 12: PRINT " GET A = ";AA: PRINT : PRINT " GET B
    = ";BB
4360 ERR = 0
4380  FOR I = 1 TO NUM
4400 TEMP = TEMP(I):Y = EG(I)
4420 DFRNT = Y - AA - BB *  FN X(TEMP)
4440 ERR = ERR + DFRNT * DFRNT
4460  VTAB 18: PRINT I;" DATA COLLECTED FOR ERROR       "
4480 NEXT I
4500  IF ERR < MERR THEN MERR = ERR:SOLN = THETA:A = AA:B =
    BB
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM  ** PRINT RESULT **
5100  TEXT : HOME : PRINT : PRINT  TAB( 10);"RESULT  VALUE
    S DISPLAY": PRINT LN$: POKE 34,3
5120  VTAB 7: PRINT "RESULTS ARE . . ."
5140  PRINT : PRINT "THETA  = ";SOLN;" KELVIN"
5160  PRINT : PRINT "WITH STANDARD ERROR ";MERR
5180  PRINT : PRINT "GET A = ";A: PRINT : PRINT "GET B = "
    ;B
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
5200  PRINT : PRINT D$;"OPEN EI";NAME$
5220  PRINT D$;"WRITE EI";NAME$
5240  PRINT 580
5260 THETA = SOLN
5280  FOR T = 11 TO 300
5300 EG = A + B *  FN X(T)
5320  PRINT T: PRINT EG
5340  NEXT T
5360  PRINT D$;"CLOSE EI";NAME$
5900  RETURN
5999  REM ----------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6 ชุดคำสั่ง MANOOGIAN

ชุดคำสั่งนี้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดช่องว่างแถบพลังงานตามสมการของแมนนูเกน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกับชุดคำสั่ง VARSHNI

7 ชุดคำสั่ง CODY

เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างเอ็กซ์โปเนนเชียลกับอุณหภูมิ โดยใช้สมการของโคดี และเนื่องจากลักษณะสมการมีความคล้ายคลึงกับสมการในชุดคำสั่ง EINSTEIN ดังนั้นจึงมีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง MANOOGIAN

```
10  REM ****************
20  REM **              **
30  REM ** MANOOGIAN   **
40  REM **              **
50  REM ****************
60  REM
100  REM ** MAIN CONTROL **
120  TEXT : HOME : CLEAR
140  DIM EG(20),TEMP(20)
150 D$ =  CHR$ (4)
160  DEF  FN Y(TEMP) = THETA * 2 / ( EXP (THETA / TEMP) -
    1)
180  GOSUB 1100
200 MERR = 9E37:SOLN = 0
220  TEXT : HOME : PRINT : HTAB 12: PRINT "CALCULATION  PR
    OCESS": PRINT LN$: POKE 34,3
240  GOSUB 4100
260  GOSUB 5100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** INPUT DATA **
1010  REM
1100 LN$ = "----------------------------------------"
1120  VTAB 2: HTAB 15: PRINT "INPUT DATA": PRINT LN$: POKE
    34,3
1140  VTAB 12: HTAB 5: PRINT "DATA FROM <D>ISK OR <K>EYBOA
    RD ";
1160  GET A$: IF A$ <  > "D" AND A$ <  > "K" THEN 1160
1180  PRINT
1200  IF A$ = "D" THEN  GOSUB 2100
1220  IF A$ = "K" THEN  GOSUB 3100
1240  HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT THETA PARAMETER
    ": PRINT LN$
1260  POKE 34,3
1280  INPUT "MIN. CHARACTERISTIC TEMP.";TN
1300  INPUT "MAX. CHARACTERISTIC TEMP.";TM
1320  INPUT "HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";TS
1340 TI = (TM - TN) / (TS - 1)
1360  INPUT "MIN. ENERGY GAP AT 0 K ";EN
1380  INPUT "MAX. ENERGY GAP AT 0 K ";EM
1400  INPUT "HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";ES
1420 EI = (EM - EN) / (ES - 1)
1440  INPUT "MIN. PARAMETER S ";SN
1460  INPUT "MAX. PARAMETER S ";SM
1480  INPUT "HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";SS
1500 SI = (SM - SN) / (SS - 1)
1900  RETURN
1999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
2000  REM ** READ FROM DISK **
2100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 12: PRINT "READ DATA FROM
    DISK": PRINT LN$: POKE 34,3
2120  VTAB 10: INPUT " FILENAME OF ENERGY GAP ";NAME$
2140  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
2160  PRINT D$;"READ EG";NAME$
2180  INPUT NUM:NUM = NUM / 2: FOR I = 1 TO NUM: INPUT TEM
   P(I): INPUT EG(I): NEXT I
2200  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
2900  RETURN
2999  REM --------------------

3000  REM ** READ FROM KEYBOARD **
3100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT DATA": PRINT
   LN$: POKE 34,3
3120  INPUT " HOW MANY TEMP.(<21):";NUM
3140  FOR I = 1 TO NUM
3160  PRINT " TEMP.(";I;")";: INPUT " = ";TEMP(I)
3180  PRINT "ENERGY GAP(";I;")";: INPUT " = ";EG(I)
3200  PRINT : PRINT  TAB( 10);"SAVE  DATA  <Y/N>";
3220  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 3220
3240  IF A$ = "N" THEN  GOSUB 3900
3260  PRINT : INPUT " FILENAME ";NAME$
3280  PRINT : PRINT D$;"OPEN EG";NAME$
3300  PRINT D$;"WRITE EG";NAME$
3320  PRINT NUM * 2: FOR I = 1 TO NUM: PRINT TEMP(I): PRINT
   EG(I): NEXT I
3340  PRINT D$;"CLOSE EG";NAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM  ** CALCULATION **
4100  FOR I = 1 TO ES
4101  VTAB 4: HTAB 1
4102 EG(0) = EN + EI * (I - 1)
4103  VTAB 6: PRINT "ENERGY GAP 0 K = ";EG(0);"          "
4104  FOR J = 1 TO SS
4105  VTAB 7: HTAB 1
4106 S = SN + SI * (J - 1)
4107  PRINT "PARAMETER S = ";S;"          "
4108  FOR K = 1 TO TS
4110 THETA = TN + TI * (K - 1)
4112 M1 = 0:M2 = M1:M3 = M1:M4 = M1:M5 = M1:M6 = M1
4115  VTAB 8
4120  PRINT "CALCULATING FOR THETA = ";THETA;" K      "
4140  FOR L = 1 TO NUM
4160 TEMP = TEMP(L)
4180 Y =  FN Y(TEMP)
4200 X = TEMP ^ S
4220 DE = EG(L) - EG(0)
4240 M1 = M1 + X * X
4260 M2 = M2 + X * Y
4280 M4 = M4 + Y * Y
4300 M5 = M5 + DE * X
4320 M6 = M6 + DE * Y
4340  NEXT L
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
4360 M3 = M2
4380 UU = (M5 * M4 - M6 * M3) / (M1 * M4 - M2 * M3)
4400 VV = (M1 * M6 - M2 * M5) / (M1 * M4 - M2 * M3)
4410  HTAB 1
4420  VTAB 12: PRINT "GET U = ";UU: PRINT : PRINT "GET V =
    ";VV
4440 ERR = 0
4460  FOR L = 1 TO NUM
4480 TEMP = TEMP(L)
4500 X = TEMP ^ S:Y =  FN Y(TEMP)
4520 DFRNT = EG(L) - EG(0) - UU * X - VV * Y
4540 ERR = ERR + DFRNT * DFRNT
4560  NEXT L
4580  IF ERR < MERR THEN MERR = ERR:SOLN = THETA:U = UU:V =
   VV:PS = S:E0 = EG(0)
4600  NEXT K,J,I
4900  RETURN
4999  REM --------------------

5000  REM  ** PRINT RESULT **
5100  TEXT : HOME : PRINT : PRINT  TAB( 10);"RESULT  VALUE
   S DISPLAY": PRINT LN$: POKE 34,3
5110  PRINT D$;"PR#1"
5120  VTAB 7: PRINT "RESULTS ARE . . ."
5130  PRINT : PRINT "ENERGY GAP 0 K = ";E0
5140  PRINT : PRINT "THETA  = ";SOLN;" KELVIN"
5150  PRINT : PRINT "PARAMETER S = ";PS
5160  PRINT : PRINT "WITH STANDARD ERROR ";MERR
5165  PRINT D$;"PR#0": PRINT
5180  PRINT : PRINT "GET U = ";U: PRINT : PRINT "GET V = "
   ;V
5200  PRINT : PRINT D$;"OPEN MAN";NAME$
5220  PRINT D$;"WRITE MAN";NAME$
5240  PRINT 194
5260 THETA = SOLN
5280  FOR T = 11 TO 300 STEP 3
5300 EG = E0 + U * T ^ PS + V *  FN Y(T)
5320  PRINT T: PRINT EG
5340  NEXT T
5360  PRINT D$;"CLOSE MAN";NAME$
5900  RETURN
5999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดคำสั่ง CODY

```
10  REM **********
20  REM **      **
30  REM ** CODY **
40  REM **      **
50  REM **********
60  REM
120  TEXT : HOME : CLEAR
140  DIM GT(20),TEMP(20)
160 D$ =  CHR$ (4)
180  DEF  FN X(TEMP) = THETA * ((1 + 0) / 2 + 1 / ( EXP (T
    HETA / TEMP) - 1))
200  GOSUB 1100
220 MERR = 9E37:SOLN = 0:SGMA = 0
240  TEXT : HOME : PRINT : PRINT "            CALCULATION  P
    ROCESS": PRINT LN$: POKE 34,3
260  FOR T = 1 TO STP:THETA = MNT + INC * (T - 1): GOSUB 4
    100: NEXT T
280  GOSUB 5100
900  END
999  REM --------------------

1000  REM ** INPUT DATA **
1100 LN$ = "----------------------------------------"
1120  VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT DATA": PRINT LN$: POKE
    34,3
1140  VTAB 12: HTAB 5: PRINT "DATA FROM <D>ISK OR <K>EYBOA
    RD ";
1160  GET A$: IF A$ <  > "D" AND A$ <  > "K" THEN 1160
1180  IF A$ = "D" THEN  GOSUB 2100
1200  IF A$ = "K" THEN  GOSUB 3100
1240  HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT THETA PARAMETER
    ": PRINT LN$
1260  POKE 34,3
1280  INPUT "MIN. CHARACTERISTIC TEMP.";MNT
1300  INPUT "MAX. CHARACTERISTIC TEMP.";MXT
1320  INPUT " HOW MANY STEP FROM MIN TO MAX ";STP
1340 INC = (MXT - MNT) / (STP - 1)
1900  RETURN
1999  REM --------------------

2100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "READ DATA FROM
    DISK": PRINT LN$: POKE 34,3
2120  VTAB 10: INPUT " FILENAME OF GAMMA-T ";NAME$
2140  PRINT : PRINT D$;"OPEN GAMMAT";NAME$
2160  PRINT D$;"READ GAMMAT";NAME$
2180  INPUT NUM:NUM = NUM / 2: FOR I = 1 TO NUM: INPUT TEM
    P(I): INPUT GT(I): NEXT I
2200  PRINT D$;"CLOSE GAMMAT";NAME$
2900  RETURN
2999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
3100  TEXT : HOME : VTAB 2: HTAB 10: PRINT "INPUT DATA": PRINT
    LN$: POKE 34,3
3120  PRINT : PRINT : PRINT " DO YOU HAVE <1> T VS. GAMMA"
    : PRINT : PRINT "           OR <2> T VS. GAMMA*T"
3140  GET A$: IF A$ <  > "1" AND A$ <  > "2" THEN 3140
3160 FLAG = 0: IF A$ = "1" THEN FLAG = 1
3180  INPUT " HOW MANY TEMP.(<21):";NUM
3200  FOR I = 1 TO NUM
3220  PRINT " TEMP.(";I;")";: INPUT " = ";TEMP(I)
3240  PRINT "GAMMAT(";I;")";: INPUT " = ";GT(I)
3260  PRINT : IF FLAG THEN GT(I) = GT(I) * TEMP(I)
3280  NEXT I
3300  PRINT : PRINT  TAB( 10);"SAVE  DATA  <Y/N>";
3320  GET A$: IF A$ <  > "Y" AND A$ <  > "N" THEN 3320
3340  IF A$ = "N" THEN  GOSUB 3900
3360  PRINT : INPUT " FILENAME ";NAME$
3380  PRINT : PRINT D$;"OPEN GAMMAT";NAME$
3400  PRINT D$;"WRITE GAMMAT";NAME$
3420  PRINT NUM * 2: FOR I = 1 TO NUM: PRINT TEMP(I): PRINT
   GT(I): NEXT I
3440  PRINT D$;"CLOSE GAMMAT";NAME$
3900  RETURN
3999  REM --------------------

4000  REM  ** CALCULATION **
4100 X2 = 0:XY = 0
4120  VTAB 8: PRINT "CALCULATING  FOR THETA = ";THETA;" K
      ": VTAB 12: PRINT  SPC( 39)
4140  FOR I = 1 TO NUM
4160 TEMP = TEMP(I):Y = GT(I)
4180 X =  FN X(TEMP)
4200 X2 = X2 + X * X
4220 XY = XY + X * Y
4240  VTAB 18: HTAB 1: PRINT I;"DATA COLLECTED FOR SIGMA"
4260  NEXT I
4280 SIGMA = X2 / XY
4300  VTAB 12: PRINT " GET SIGMA = ";SIGMA
4320 ERR = 0
4340  FOR I = 1 TO NUM
4360 TEMP = TEMP(I):Y = GT(I)
4380 DFRNT =  FN X(TEMP) / SIGMA - Y
4400 ERR = ERR + DFRNT * DFRNT
4420  VTAB 18: PRINT I;" DATA COLLECTED FOR ERROR      "
4440  NEXT I
4460  IF ERR < MERR THEN MERR = ERR:SOLN = THETA:SGMA = SI
   GMA
4900  RETURN
4999  REM --------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
5000  REM  ** PRINT RESULT **
5100  TEXT : HOME : PRINT : PRINT  TAB( 10);"RESULT  VALUE
    S DISPLAY": PRINT LN$: POKE 34,3
5120  VTAB 7: PRINT "RESULTS ARE. . ."
5140  PRINT : PRINT "THETA  = ";SOLN;" KELVIN"
5160  PRINT : PRINT "WITH STANDARD ERROR ";MERR
5180  PRINT : PRINT " GET SIGMA = ";SGMA
5200  PRINT : PRINT D$;"OPEN CODY ";NAME$
5220  PRINT D$;"WRITE CODY ";NAME$
5240  PRINT 580
5260 THETA = SOLN
5280  FOR T = 11 TO 300
5300 E0 =  FN X(T) / SGMA
5320  PRINT T: PRINT E0
5340  NEXT T
5380  PRINT D$;"CLOSE CODY ";NAME$
5900  RETURN
5999  REM ---------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายธนา สุทธิโอภาส เกิดเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2506 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2529 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ในระหว่างศึกษาอยู่ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการยูนิตเซลล์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2529 - 2530

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย