حدود کاربرد معادلات حالت گازهای حقیقی

از:

رمضان وحیدی و **مرتضی سهرابی**

مهندس شیمی و پتروشیمی — استادیار انستیتو مهندسی شیمی و پتروشیمی

(پلی‌تکنیک تهران) — (پلی‌تکنیک تهران)

چکیده :

دراین مقاله حدود صحت دو معادلهٔ حالت در محاسبهٔ $p-v-T$ گازهای حقیقی در نواحی اشباع و Superheat مورد بررسی قرارمیگیرد. نتایج حاصل نشان میدهد که معادلات مزبور با ثابت‌های موجود در فواصل محدودی از درجه حرارت و فشار صادق می‌باشند.

تابحال ده‌ها معادلهٔ حالت برای محاسبهٔ تغییرات $p-v-T$ گازهای حقیقی پیشنهاد گردیده که برخی‌ازآنهاتنها جنبه تاریخی‌دارند مانند معادلهٔ(۱۸۷۳) van der Waals ویا معادلهٔ (۱۸۹۹)Dieterici عده‌ای بعلت پیچیدگی شکل معادله و داشتن ثابت‌های متعدد مورد استفاده چندانی واقع نمیشوند ، مثل معادلهٔ (۱۹۰۰) Martin Hou . معادلاتی که تابحال بیش‌ازسایرین بکارگرفته شده‌اند باستثنای معادلهٔ با ضرائب virial ، سه معادلهٔ : Beattie - Bridgeman ، Benedicit - Webb - Rubin و Redlich-Kwong هستند که ازمعادلهٔ اخیربیشتر درمحاسبات تعادل بین‌فازهای مایع و بخار درسیستمهای چندگانه استفاده گردیده است.

این معادلات بصورت زیر می‌باشند :

۱ - Beattie - Bridgeman (B.B.) :

$$P=\frac{RT(1-\varepsilon)}{v^2}(v+B)-\frac{A}{v^2}$$

$$A=A_0(1-a/v)$$

که :

$$B=B_0(1-b/v)$$

$$\varepsilon=C/vT^3$$

۲ - Benedict - Webb - Rudin (B.W.R.)

$$P=\frac{RT}{v}+\frac{RTB_0-A_0-C_0/T^2}{v^2}+\frac{RTb-a}{v^3}+\frac{a\alpha}{v^6}+\frac{C}{v^3T^2}\left(1+\frac{\gamma}{v^2}\right)e^{-\gamma/v^2}$$

$$P=\frac{RT}{v-b}-\frac{a}{v(v+b)T^{1/2}}$$ Redlich - Kwong - ۳

ثابت‌های دو معادلهٔ (B. B.) و (B. W. R.) برای تعدادی ازگازهای حقیقی در جداول ترمودینامیکی داده شده‌اند. بمنظور بررسی حدود صحت و کاربرد معادلات اخیر در محاسبهٔ $p-v-T$ گازها، مطالعاتی انجام گردید که نتایج آن ذیلا ارائه میشود:

با استفاده از کامپیوتر پلی‌تکنیک تهران (IBM 370/115) و در دست داشتن ثابت‌های معادلات اخیر، مقادیر $p-v-T$ تعدادی ازگازها در نواحی Superheat و اشباع محاسبه گردیده و با نتایج تجربی مطابقت داده شده‌اند. باین ترتیب حدود کاربرد این معادلات بدست آمده است.

این نتایج از نظر طراحی دستگاه‌های مهندسی و محاسبات شیمی فیزیکی و ترمودینامیکی حائز اهمیت می‌باشد.

گاز I هلیم:

جدول (۱)

معادلهٔ حالت	ضرائب ثابت معادلهٔ حالت	حدود صدق معادلهٔ حالت: اشباع	حدود صدق معادلهٔ حالت: Super heat	تذکر
B.B.	$A_o=0.0216; a=0.05984$ $B_o=0.01400; b=0.0$ $C=40$	در $T\leq 3.17^{ok}$ صادق است	$\begin{cases}114<P<227^{Bar}\\ T\geq 727^{ok}\end{cases}$ $\begin{cases}P\leq 58^{Bar}\\ \text{درهر دمائی صادق است}\end{cases}$	$P_C=2.23^{Bar}$ $T_C=5.3^{ok}$
B.W.R.	$A_o=0.040961$ $B_o=0.023660$ $C_o=-0.162269$ $a=-0.0005733$ $b=-0.000000197$ $c=-0.0055209$ $\alpha=-0.000007267$ $\gamma=0.00077942$	در $T<316^{ok}$ صادق است	$\begin{cases}205>P>164^{Bar}\\ T>1000^{ok}\end{cases}$ $\begin{cases}164>P>123^{Bar}\\ T>450\end{cases}$ $\begin{cases}P<120^{Bar}\\ \text{درهر دمائی صادق است}\end{cases}$	حدود صدق معادله B.W.R. بهتر از B.B. می‌باشد.

اعداد تجربی و محاسبه شده در شکلهای ۱ و ۲ و ۳ و ٤ داده شده‌اند. با استفاده از این نتایج جدول (۱) تهیه گردیده است. (۱: اعداد تجربی، ۲: محاسبه شده).

گاز II ازت:

اعداد تجربی و محاسبه شده در شکلهای ٥ و ٦ و ۷ و ۸ مشخص شده‌اند و براساس آنها جدول (۲) بدست آمده است.

جدول (۲)

معادلهٔ حالت	ضرائب ثابت معادلهٔ حالت	حدود صدق معادلهٔ حالت		تذکر
		اشباع	Super heat	
B. B.	$A_o=1.3445; a=0.02617$ $B_o=0.05046$ $b=-0.00691$ $c=0.0504\times10^4$	درفشارهای کمتر از 25 آتمسفر صادق است	$P\leq40^{Bar}$ درهر دمائی صادق است	$P_C=35.0^{Bar}$ $T_C=126.2$
B.W.R.	$A_o=1.05364$ $B_o=0.04074$ $C_o=8059.00$ $a=0.02510$ $b=0.00232$ $c=728.409$ $\alpha=0.000127$ $\gamma=0.005299$	درفشارهای کمتراز 10 آتمسفر صادق می‌باشد	$70^{Bar}<40\leq134^{Bar}$ $T\geq7^{oc}$ $30<P\leq65^{Bar}$ $T>-110^{oc}$ $P<20^{Bar}$ درهر دمائی صادق است	حدود صدق معادله کمتر از معادله B. B. می‌باشد.

گاز III اکسیژن:

اعداد تجربی ومحاسبه‌شده مربوط باین گاز در شکلهای ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ وجدول (۳) داده‌شده است.

جدول (۳)

معادلهٔ حالت	ضرائب ثابت معادلهٔ حالت	حدود صدق معادلهٔ حالت		تذکر
		اشباع	Super heat	
B. B.	$A_o=1.4911; a=0.02562$ $B_o=0.04624$ $b=0.004208$ $c=4.80\times10^4$	درفشارهای کمتر از 20 آتمسفر همواره صادق است	درفشارهای کمتر از 5 آتمسفر صادق می‌باشد	آتمسفر $P_C=50.1$ $T_C=154.8^{ok}$
B.W.R.	$A_o=0.95085$ $B_o=0.00000035$ $C_o=32643.589843$ $a=0.16268992$ $b=0.003588347$ $c=12827.371093$ $\alpha=-3.92705822$ $\gamma=0.03009999$	دردماهای کمتر از 140^{ok} صادق می‌باشد	درفشارهای بسیار پائین یعنی $P<1$ آتمسفر صادق می‌باشد	

گاز IV آمونیاك :

در شکلهای ۱۳ و ۱٤ و ۱۵ و ۱٦ و جدول شمارهٔ (٤) نتایج مربوط به گاز آمونیاك ارائه گردیده است.

جدول (٤)

معادلهٔ حالت	ضرائب ثابت معادلهٔ حالت	حدود صدق معادلهٔ حالت		تذکر
		اشباع	Super heat	
B. B.	$A_o = 2.3930, a = 0.17031$ $B_o = 0.03415$ $b = 0.19112$ $c = 476.87 \times 10^4$	در $P < 2.5$ آتمسفر صادق است	درشرایط بکار رفته یعنی: آتمسفر $6.8 < P < 20$ و $26 < T < 168^{ok}$ کاملاً صادق می‌باشد	صدق معادلهٔ B.B. خیلی بهتراز BWR می‌باشد.
B.W.R	$A_o = 3.789281845$ $B_e = 0.051641207$ $C_o = 178570.8750$ $a = 0.103540242$ $b = 0.000719585$ $c = 157.532974$ $\alpha = 0.000004652$ $\gamma = 0.01980515$	بطوریکه ازشکل ۱٤ ب دیده میشود فقط درآتمسفر $7.5 < P < 9.5$ صادق می‌باشد	درشرایط بکار رفته یعنی آتمسفر $6.8 < P < 21$ و $26 < T < 168^{ok}$ صادق نیست	آتمسفر $P_C = 111.3$ $T_C = 405.5^{ok}$

بعنوان نمونه برنامهٔ کامپیوتر محاسبات مربوط به گاز هلیم (معادلهٔ B. W. R) داده میشود.

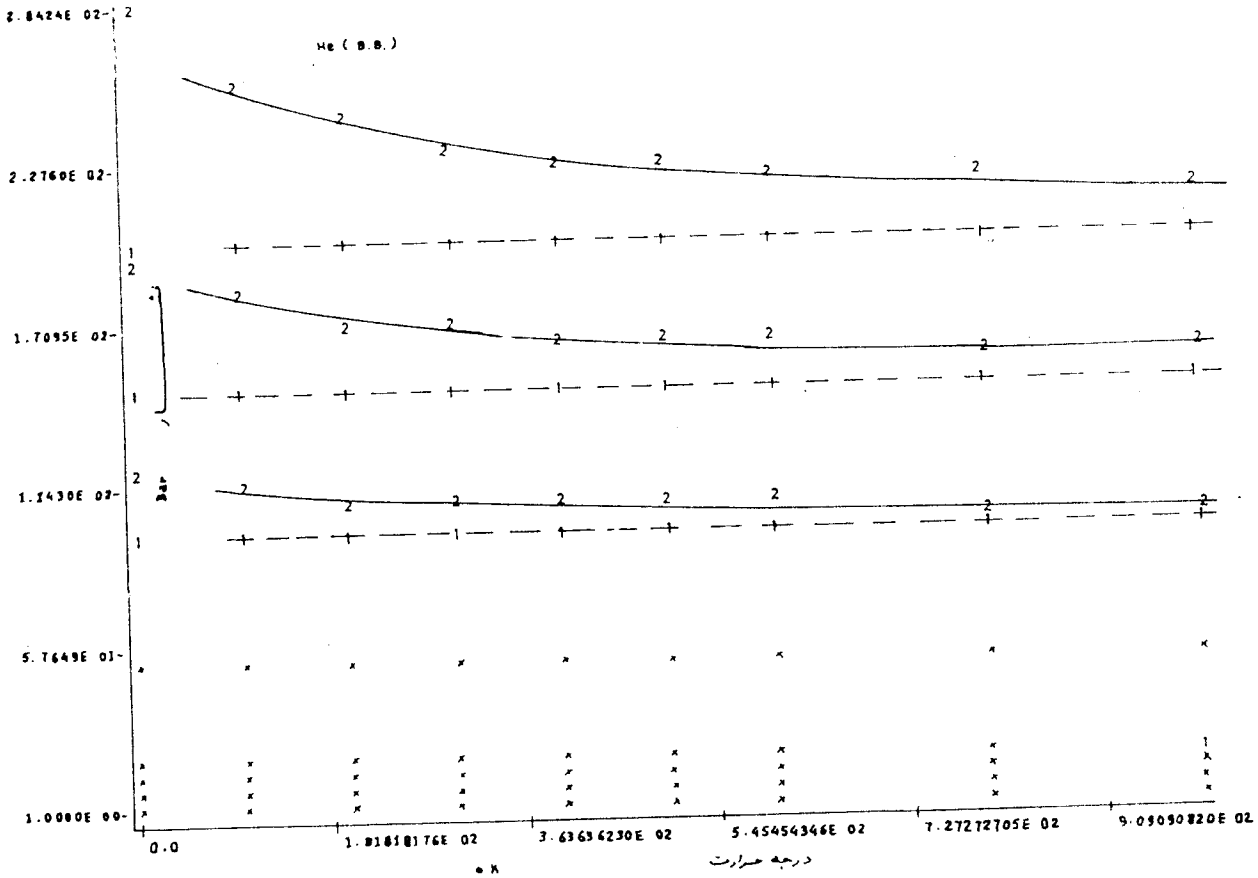
منابع

1—J. Sheng Hsinch : Principles of Thermodynamics , Mc Graw - Hill Book Co , N.Y. , 1975.

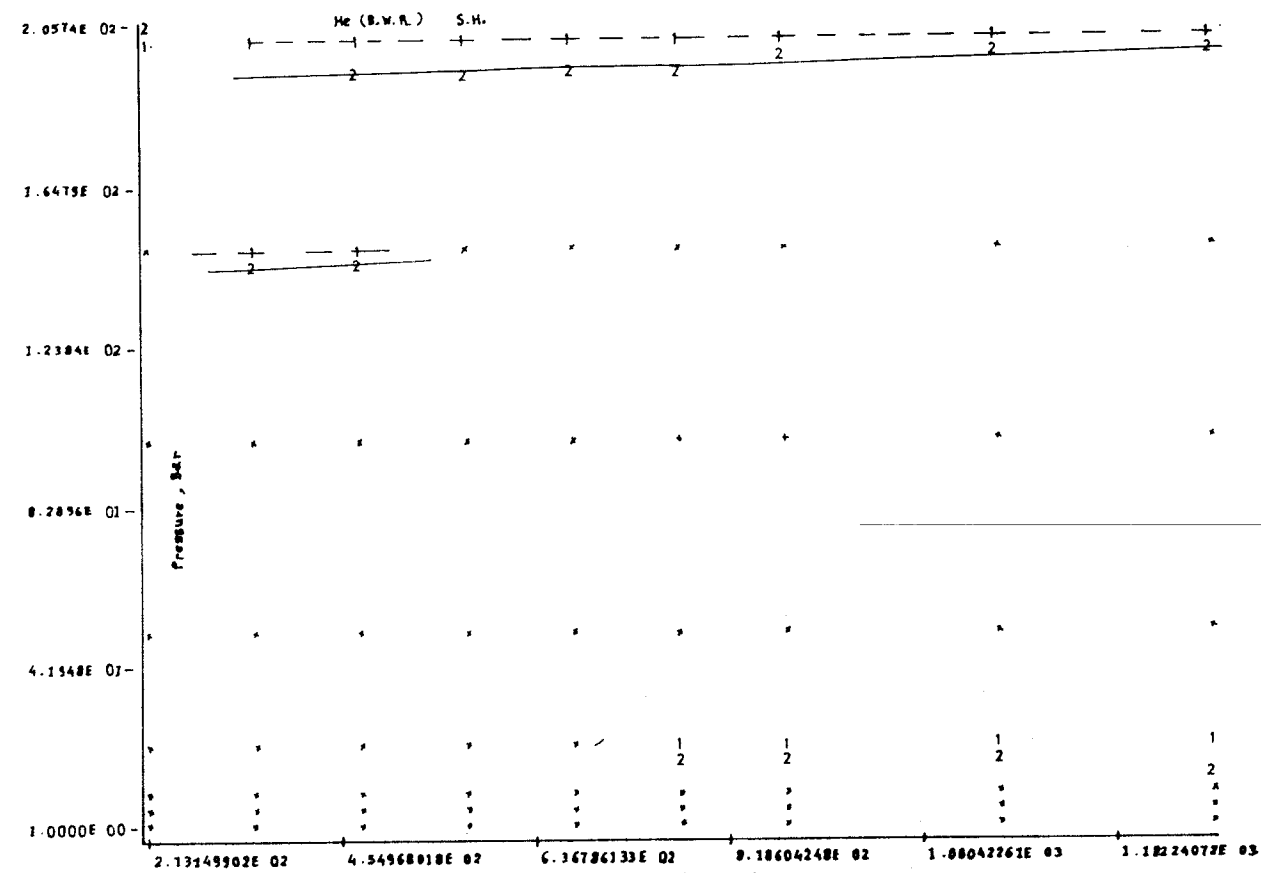
2—J. H. Perry, Chemical Engineering Handbook , 5th Edition , McGraw - Hill Book Company , N.Y. , 1973.

3—G. J. Van Wylen & R.E. Sonntag . Fundamentals of Classical Thermodynamics John Wiley & Sons Inc. N.Y. , 1968.

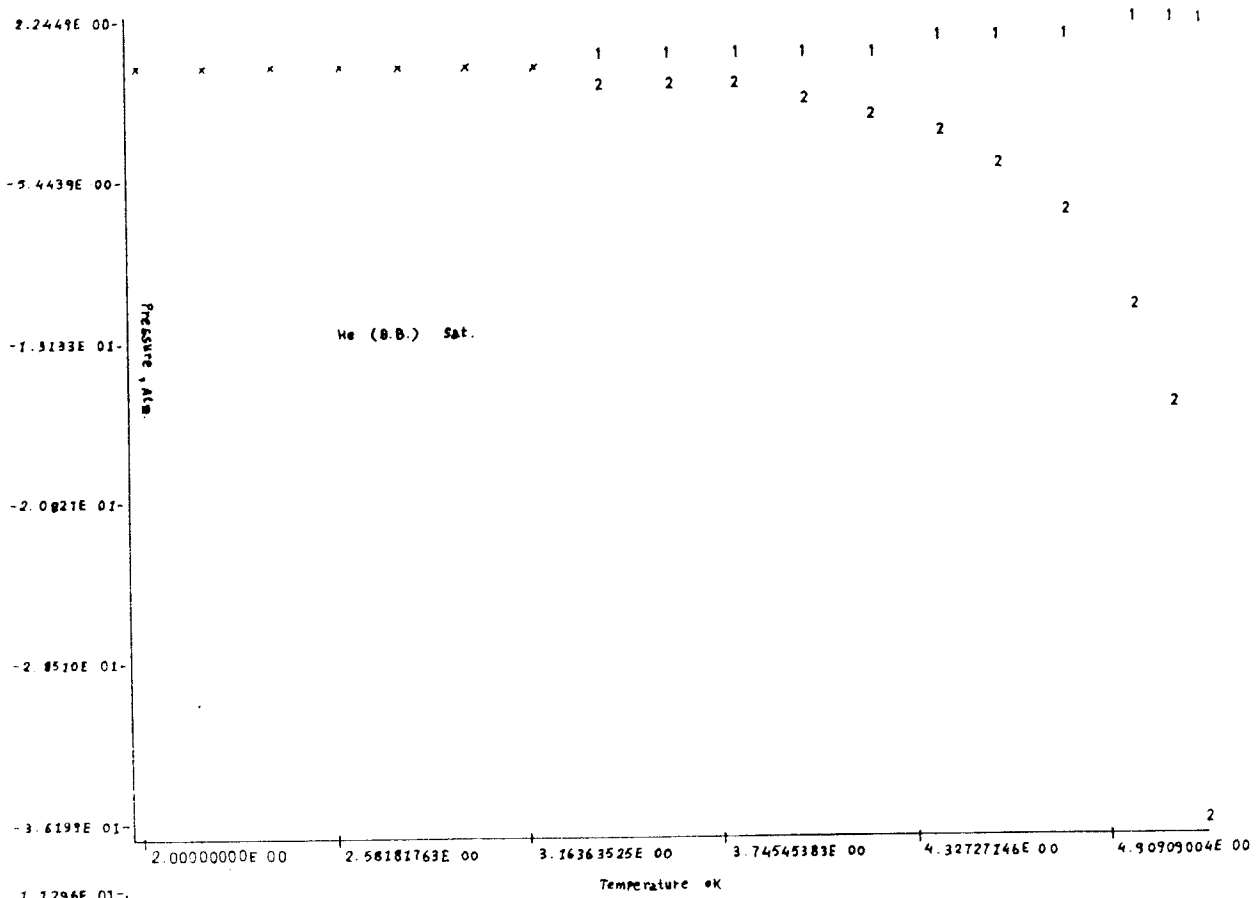
4—W. C. Reynolds & H. C. Perkins , Engineering Thermodynamics , Mc Graw - Hill Book Company , N.Y. , 1970.



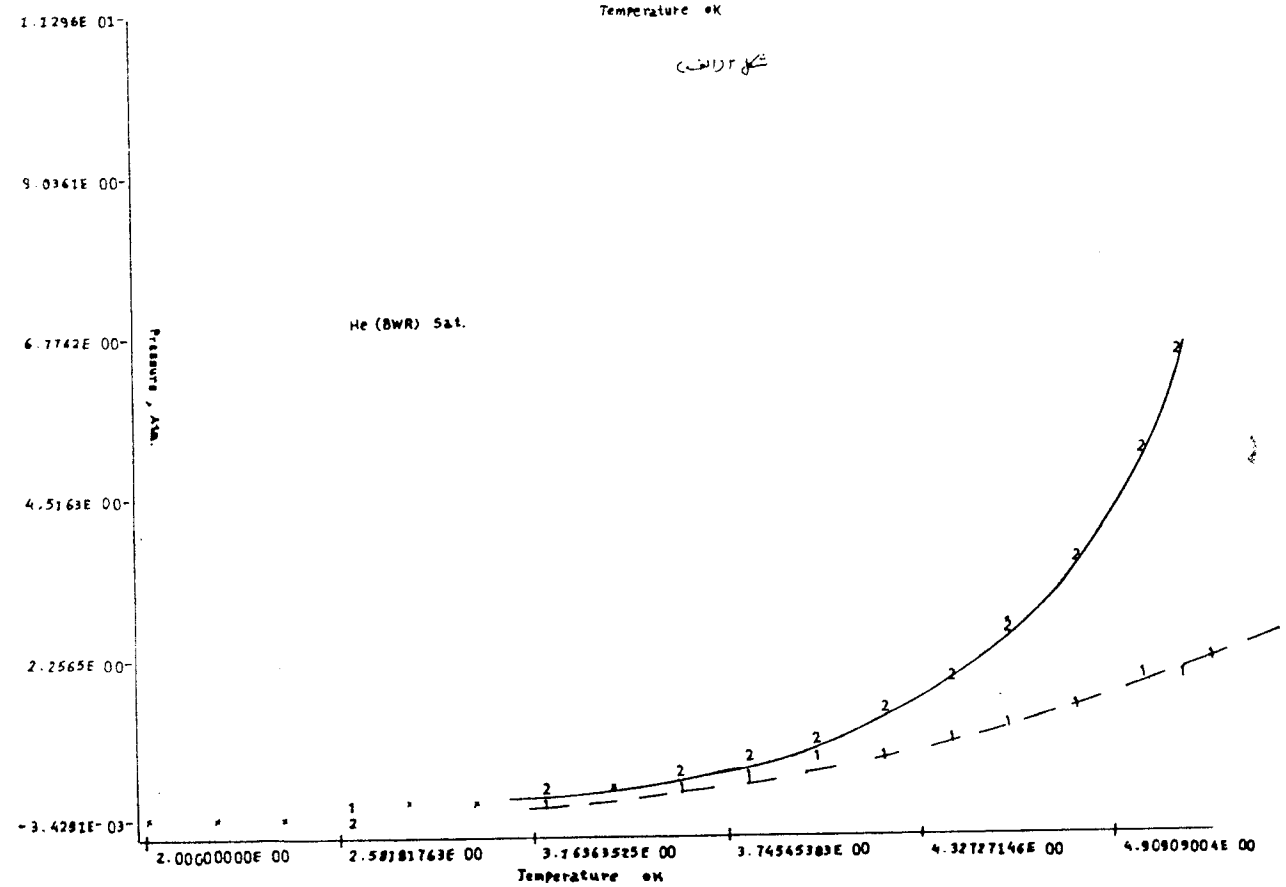
شکل ۱ (الف)



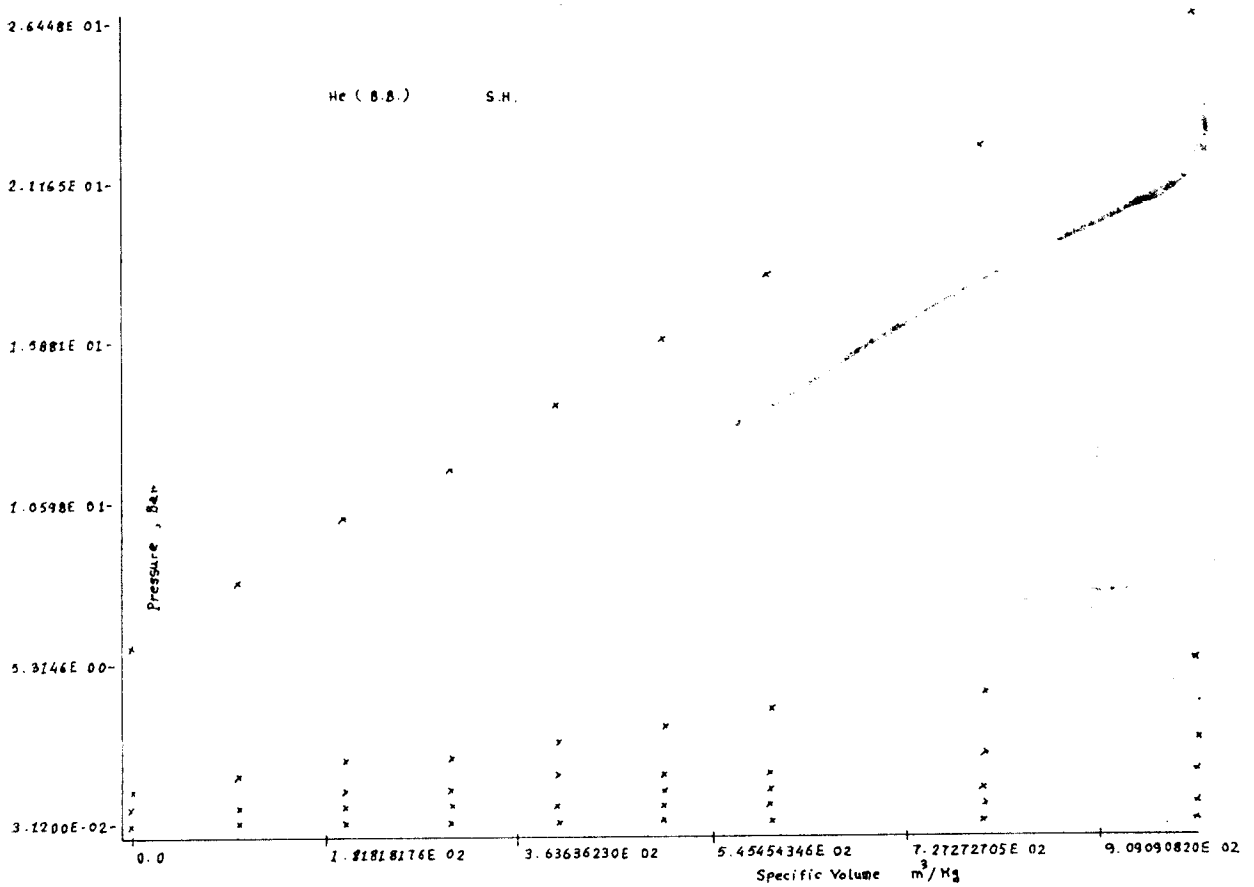
شکل ۱ (ب)



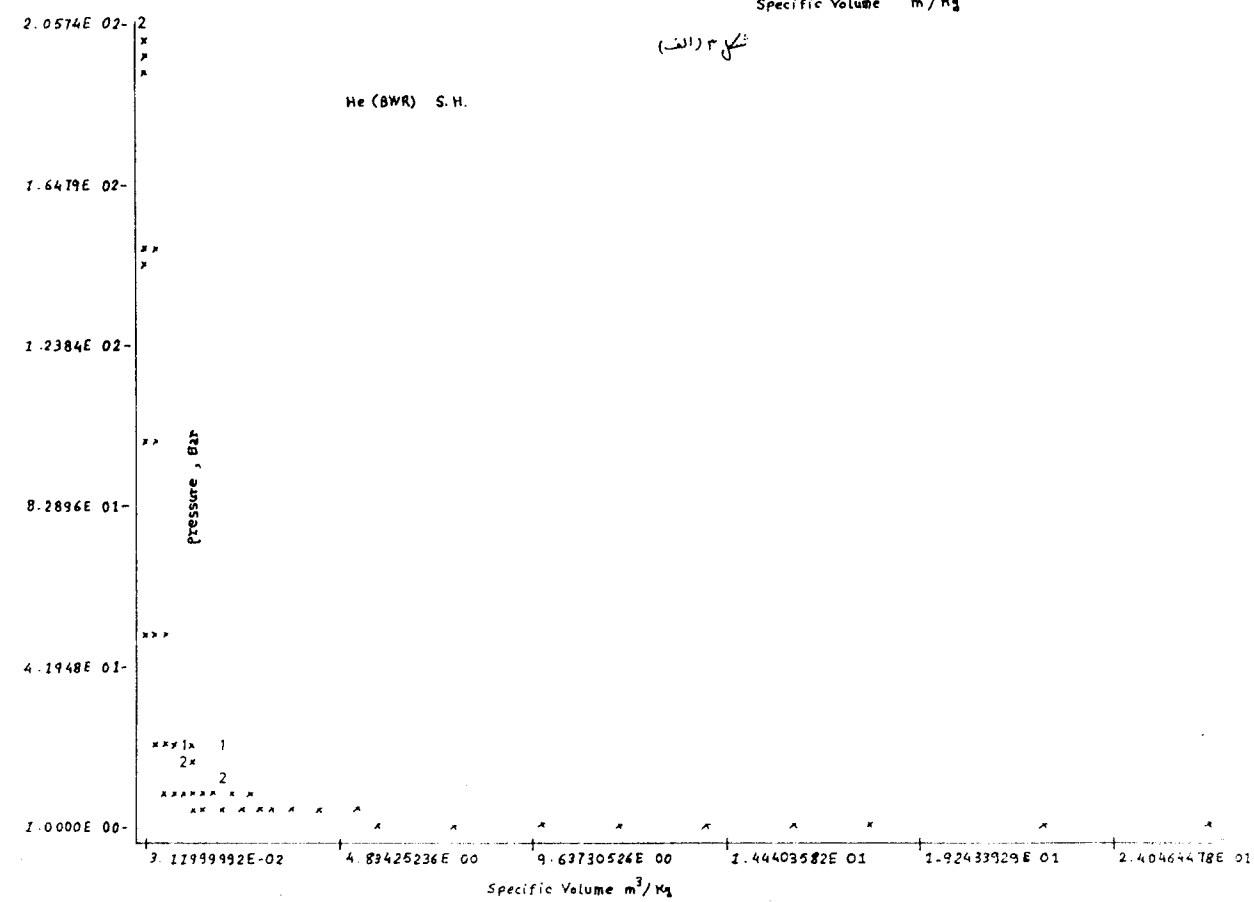
شکل ۲ (الف)



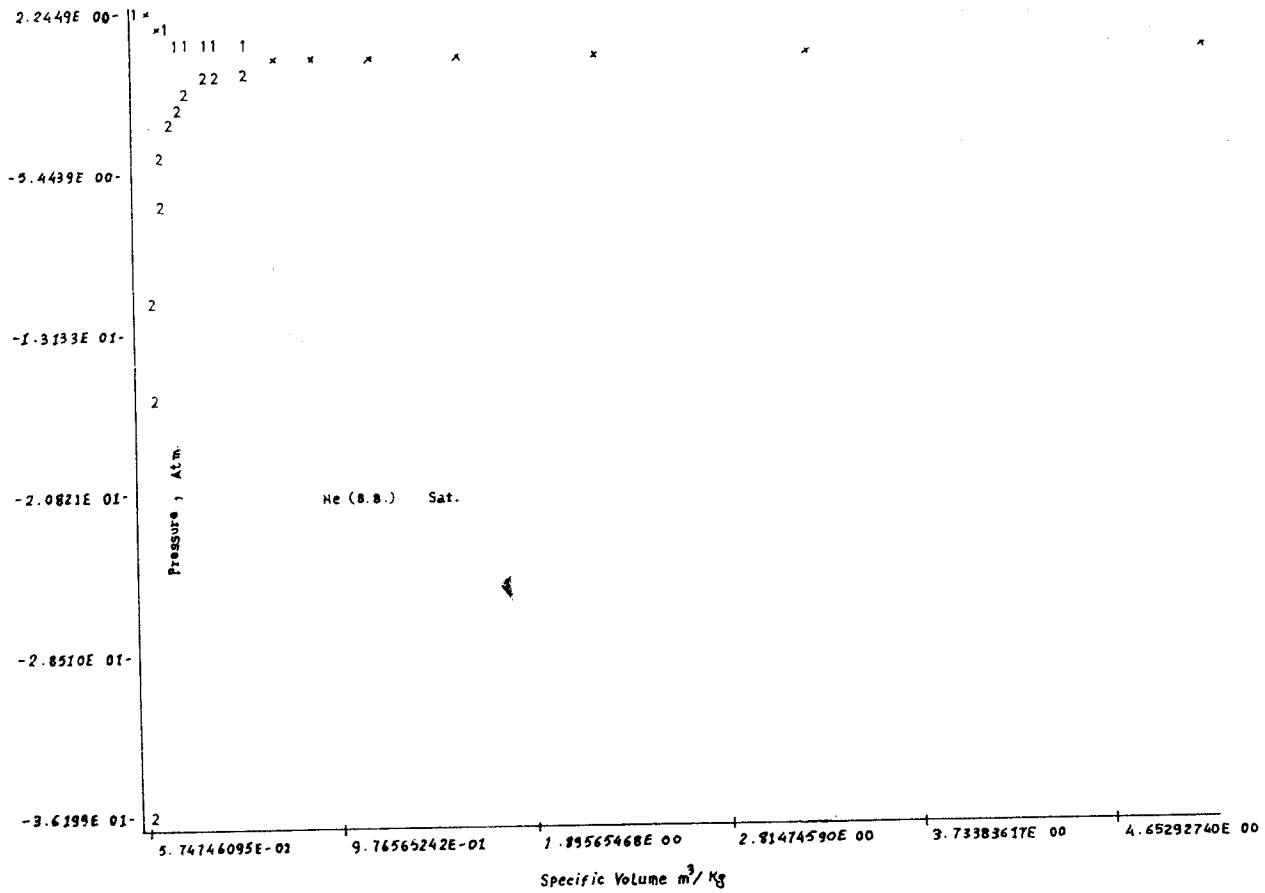
شکل ۲ (ب)



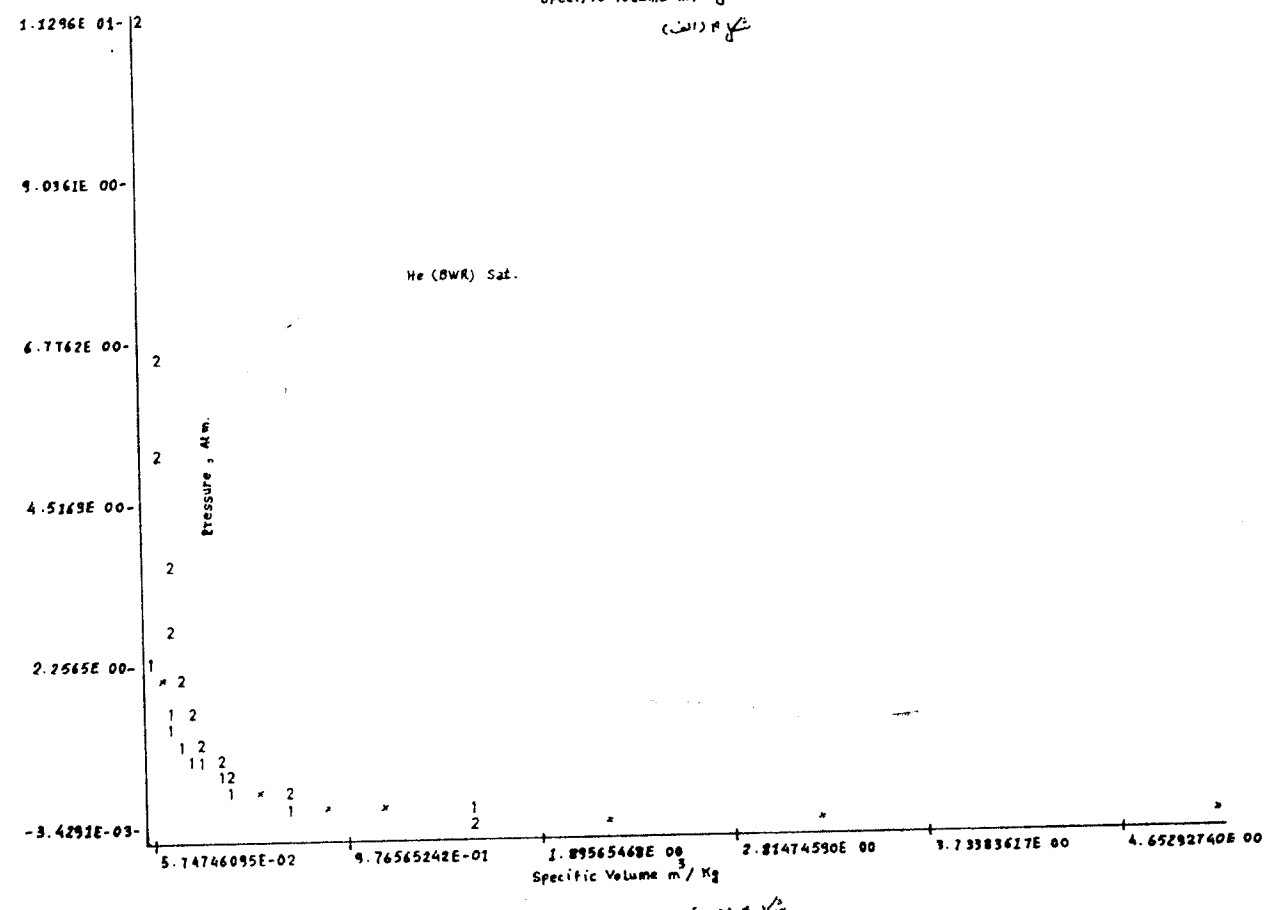
شکل ۳ (الف)



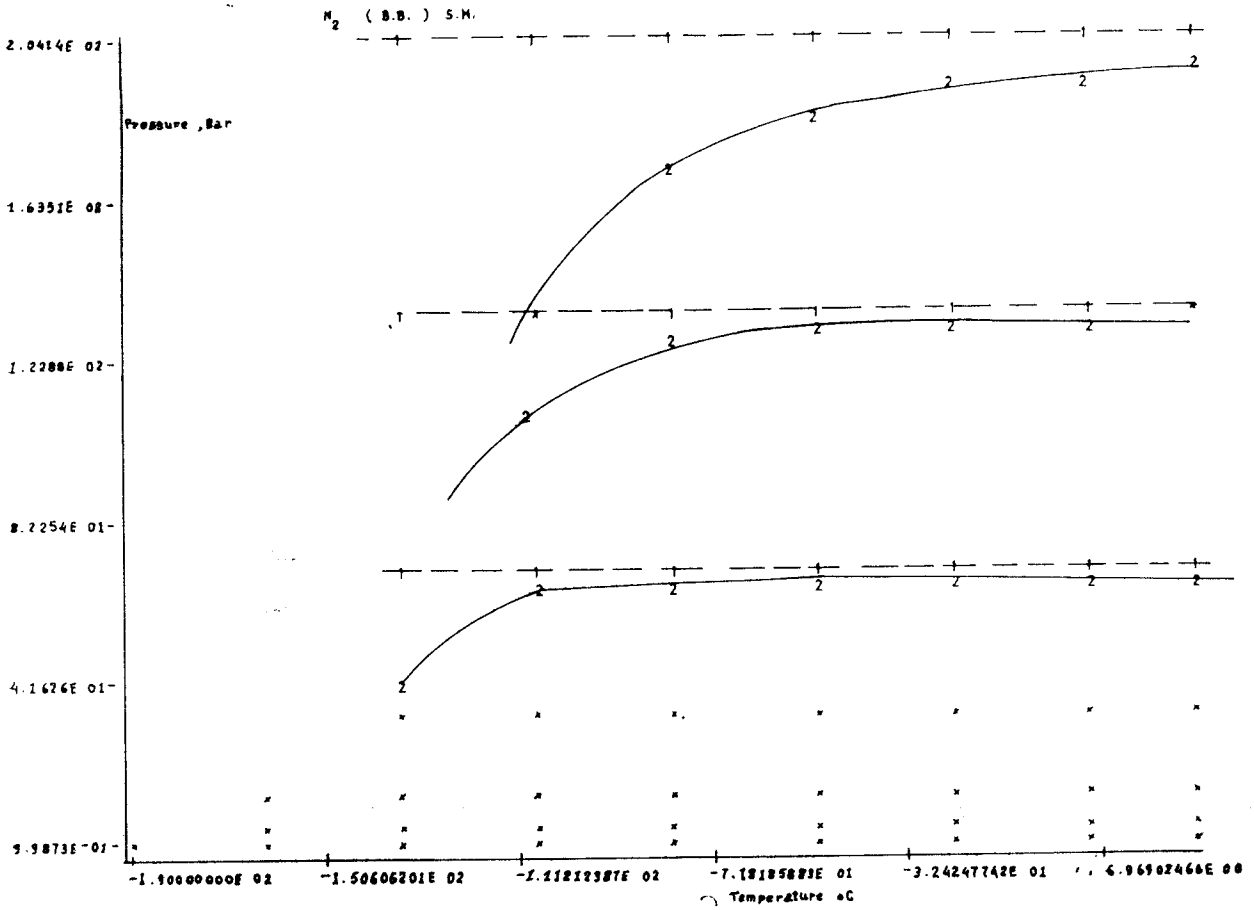
شکل ۳ (ب)



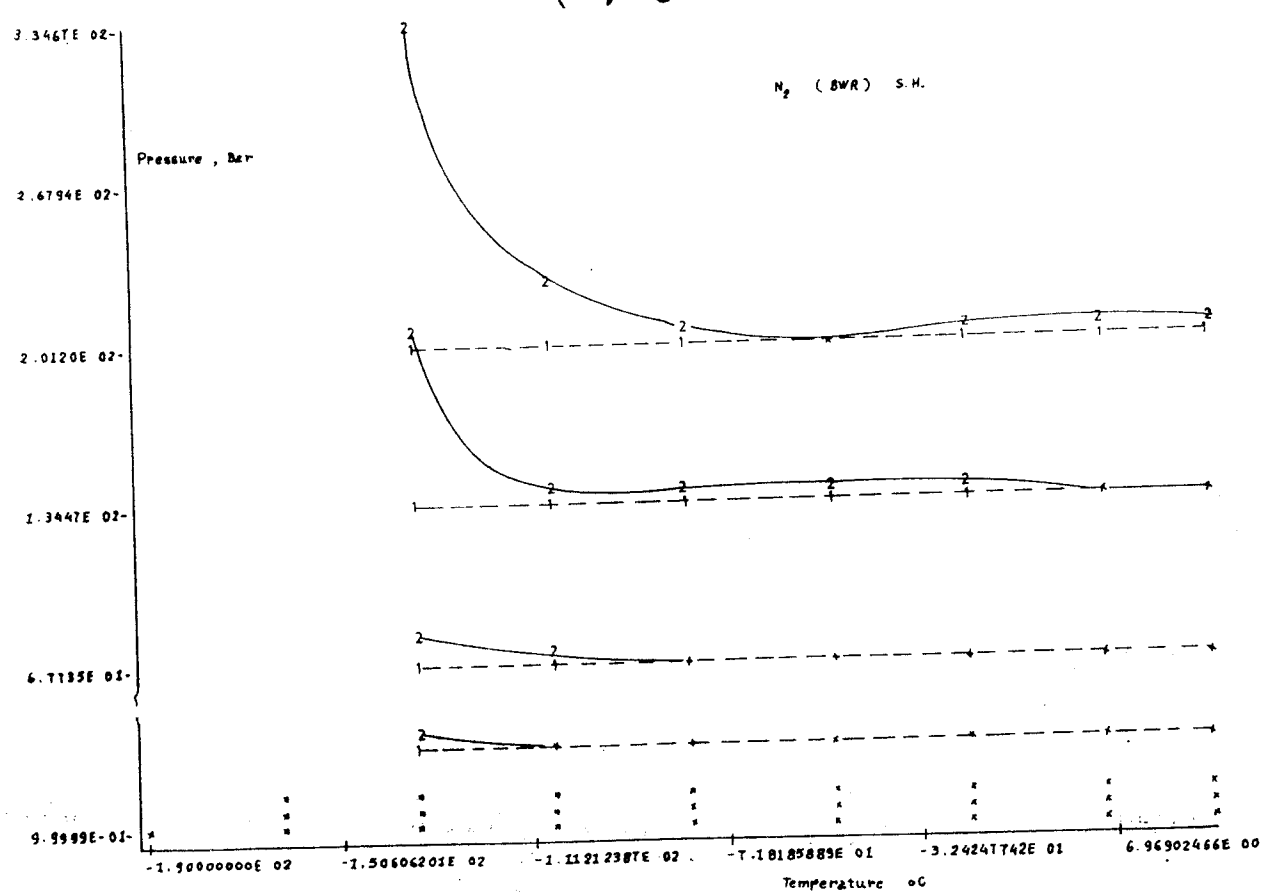
شکل ۴ (الف)



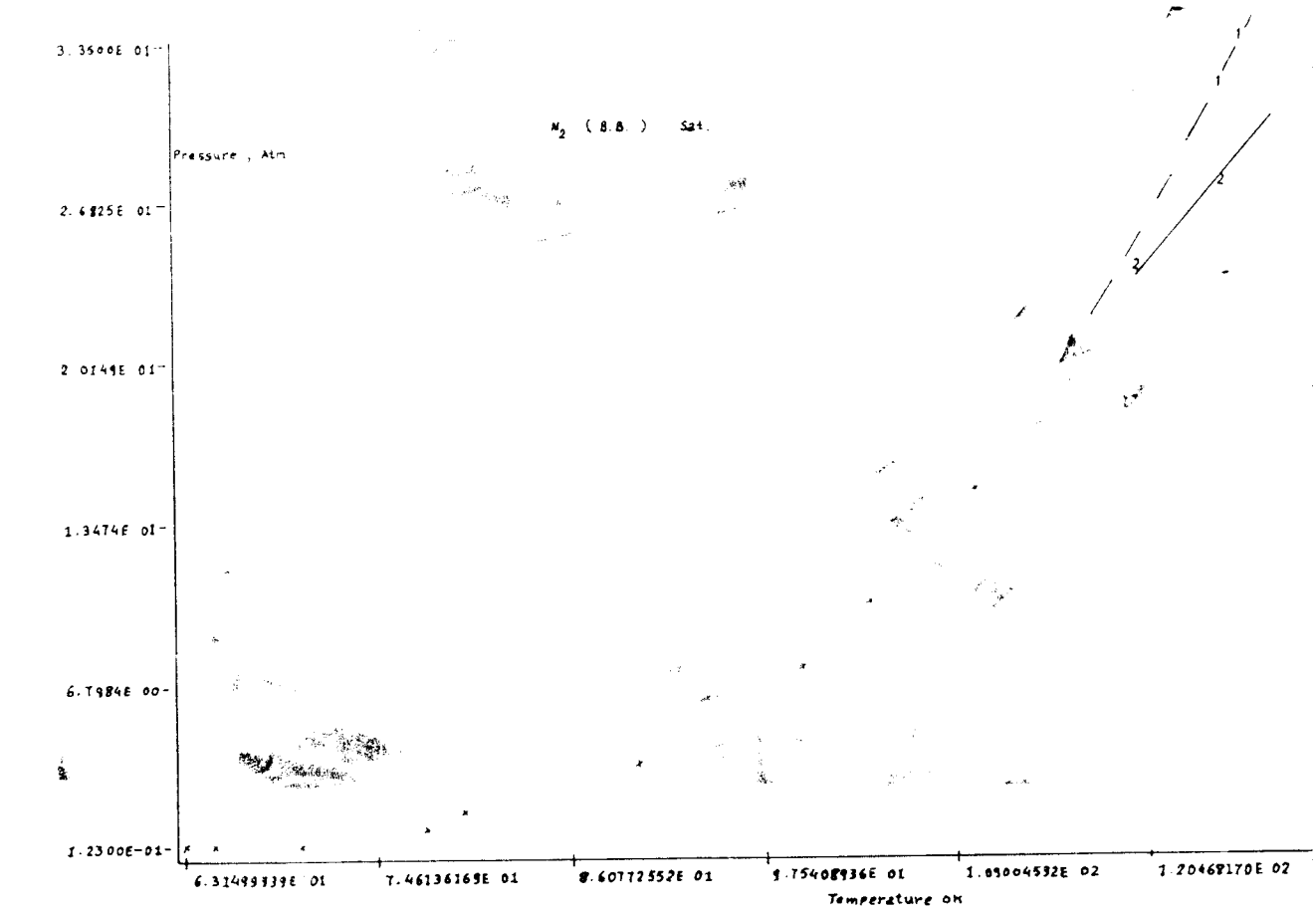
شکل ۴ (ب)



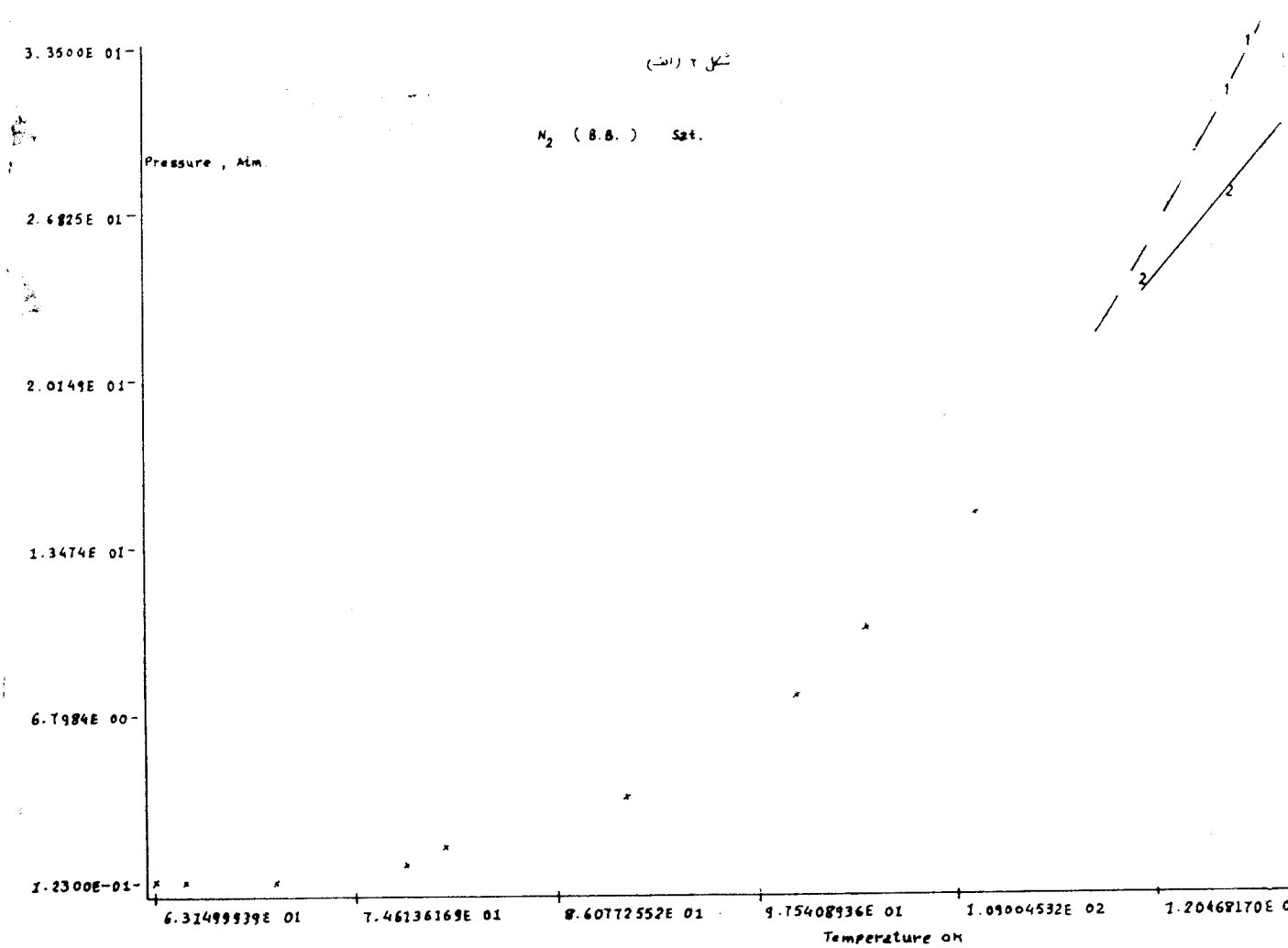
شکل ۵ (الف)



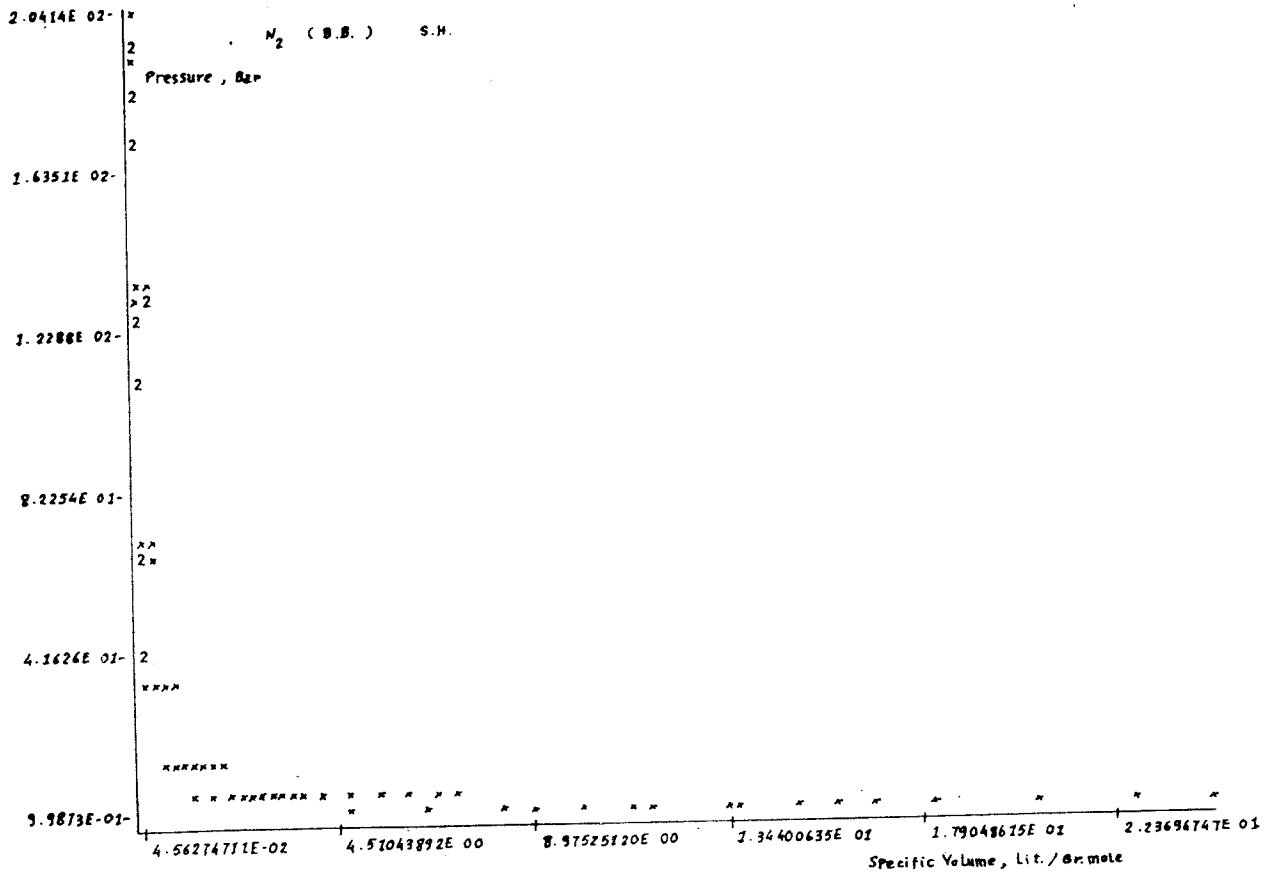
شکل ۵ (ب)



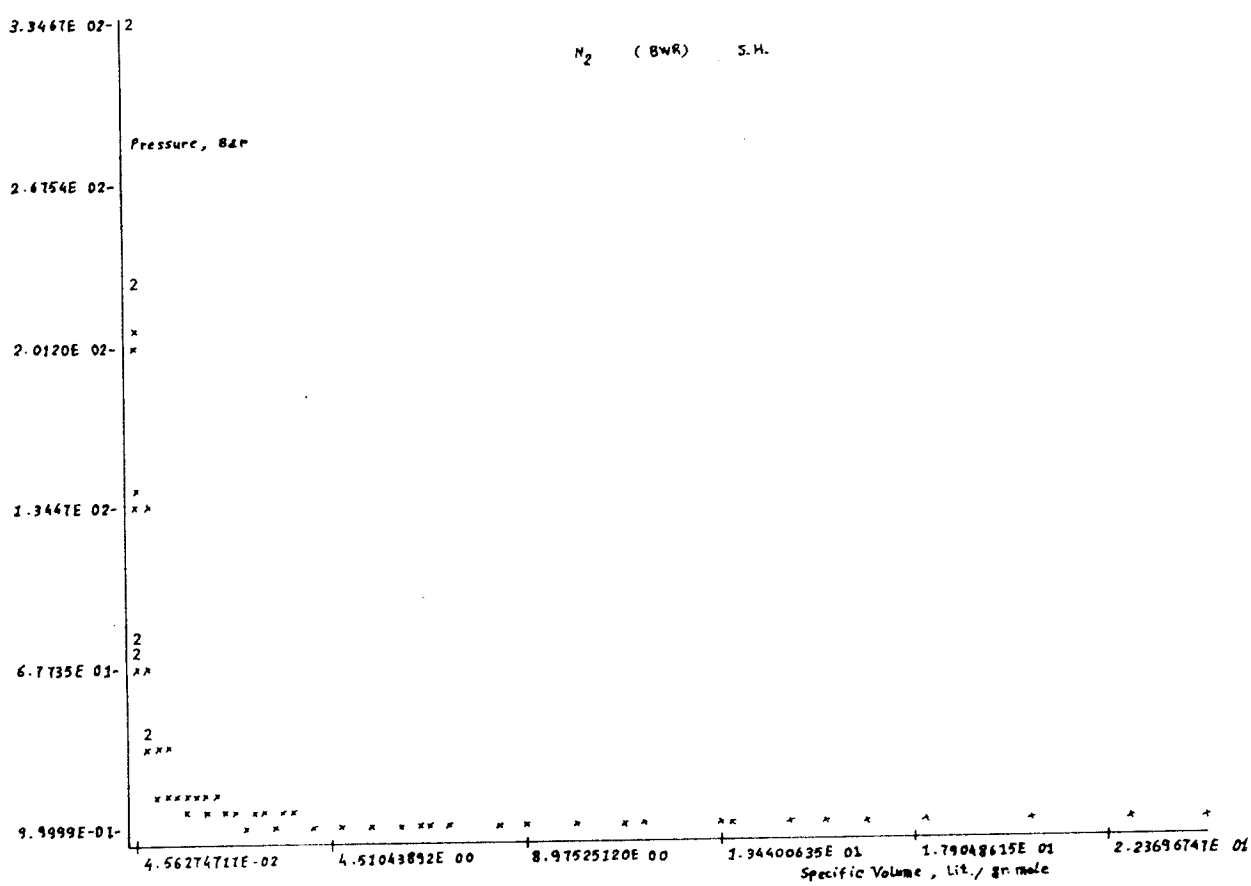
شكل ٦ (الف)



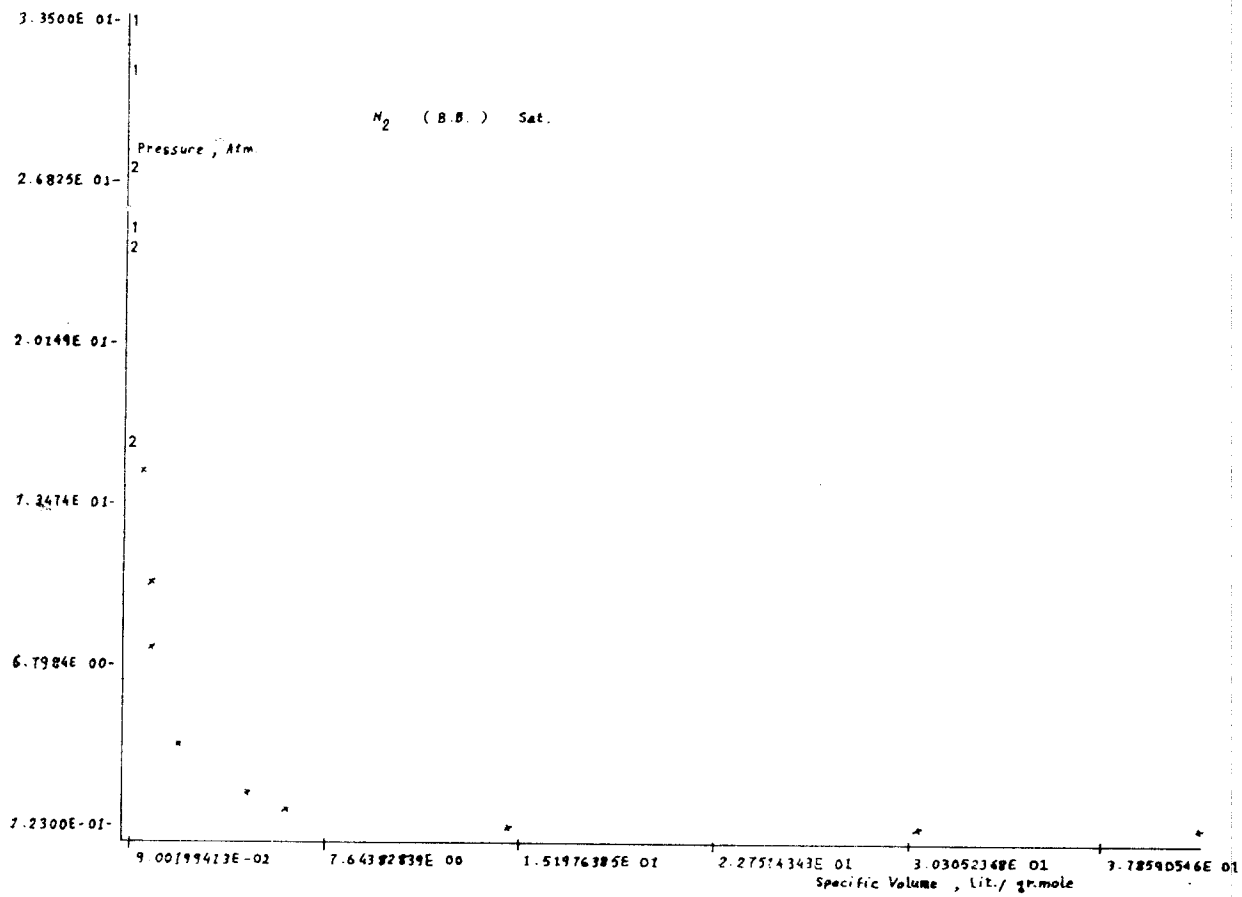
شكل ٦ (الف)



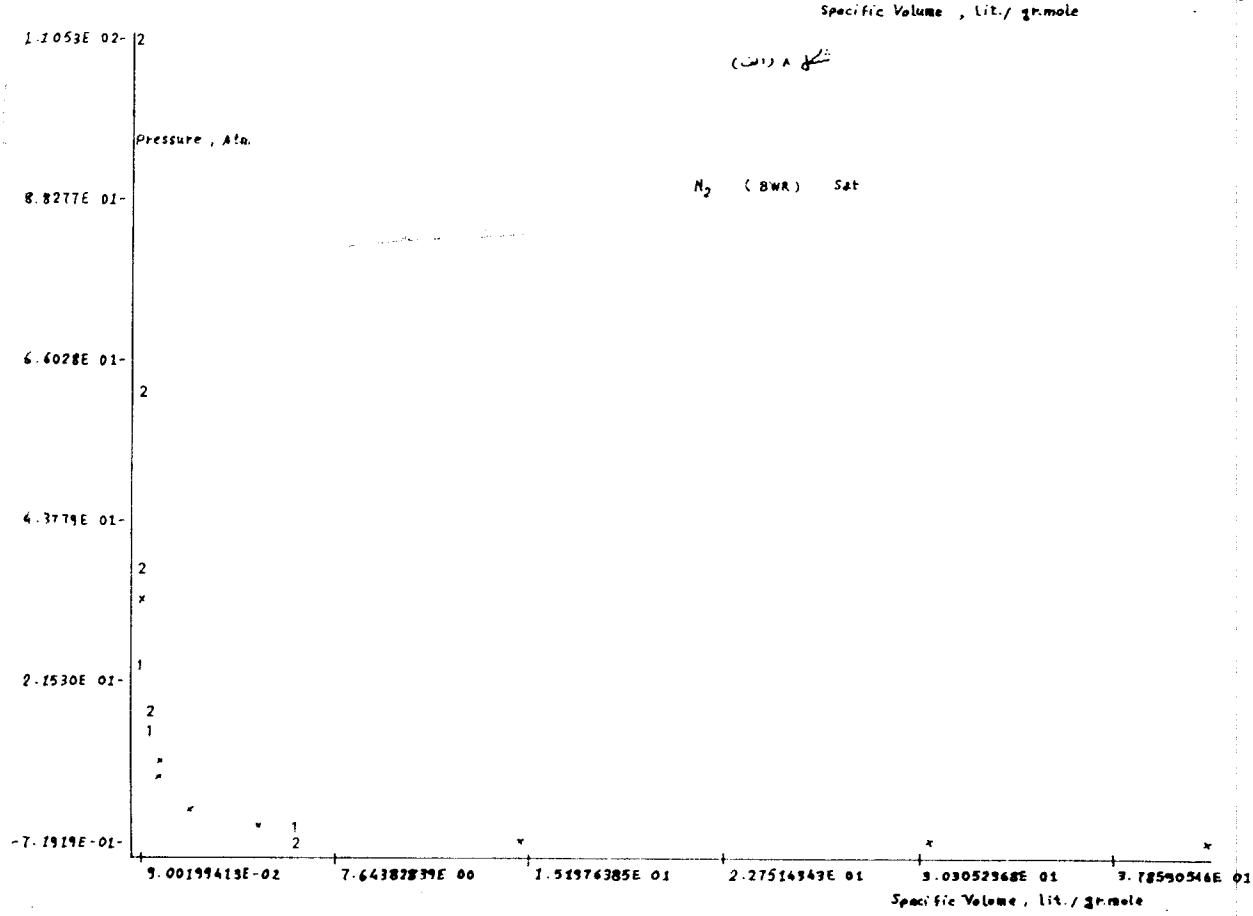
شکل ۷ (الف)



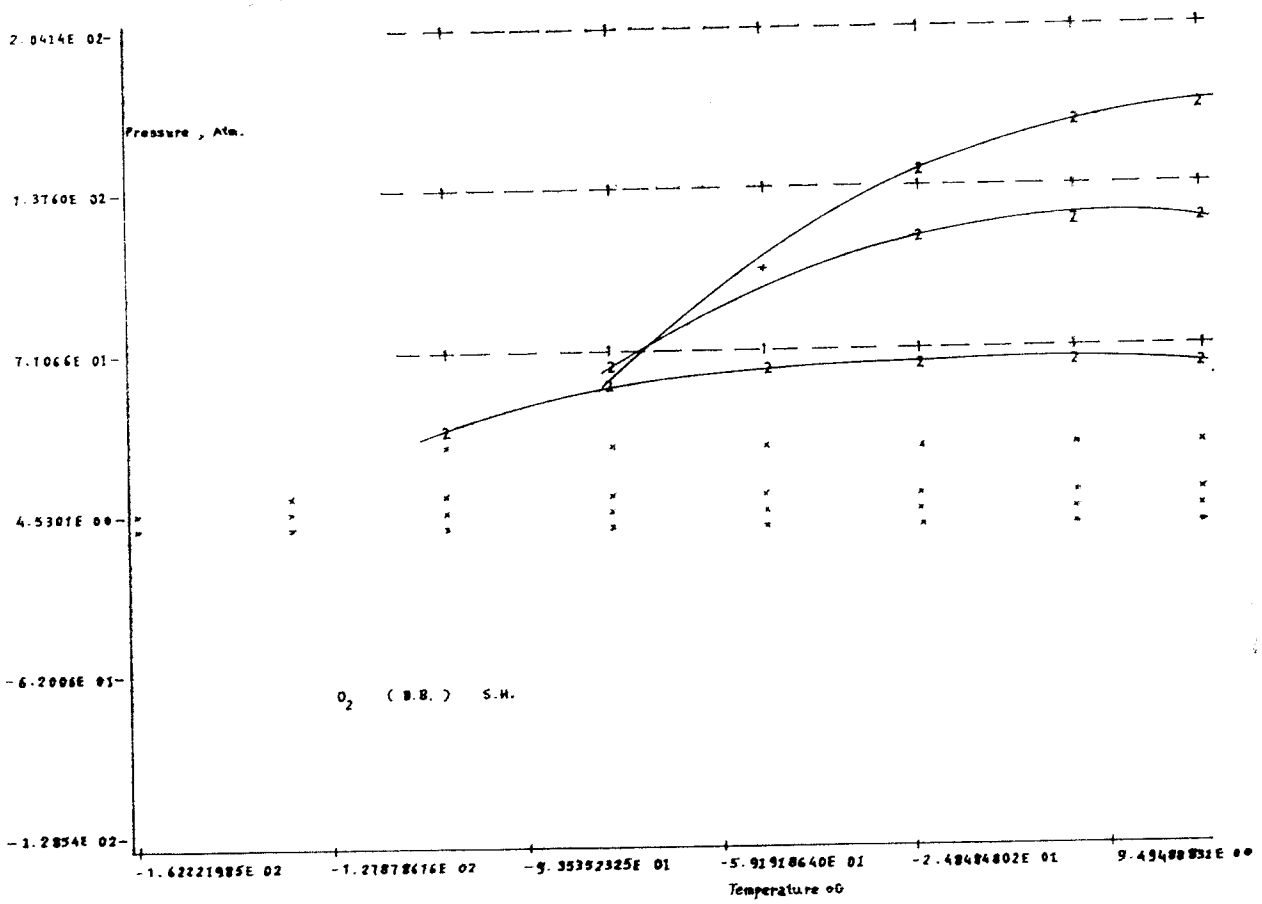
شکل ۷ (ب)


3.3500E 01-
2.6825E 01-
2.0149E 01-
7.3474E 01-
6.7984E 00-
7.2300E-01-
Pressure , Atm.
N_2 (B.B.) Sat.
9.00199413E-02
7.64382839E 00
1.51976385E 01
2.27514343E 01
3.03052348E 01
3.78590546E 01
Specific Volume , lit./ gr.mole

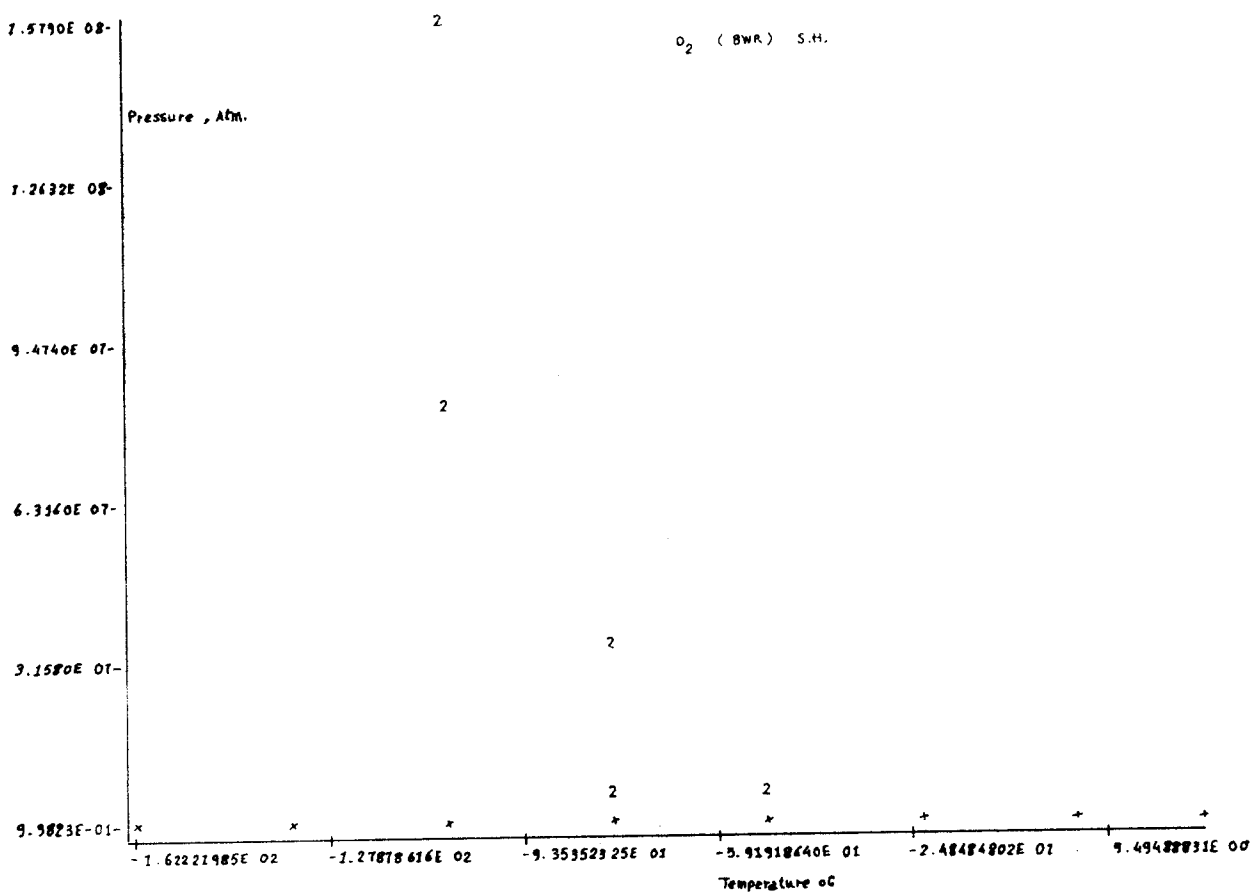
شکل A (ب)


1.1053E 02-
8.8277E 01-
6.6028E 01-
4.3779E 01-
2.1530E 01-
-7.1919E-01-
Pressure , Ata.
N_2 (BWR) Sat
9.00199413E-02
7.64382839E 00
1.51976385E 01
2.27514343E 01
3.03052368E 01
3.78590546E 01
Specific Volume , lit./ gr.mole

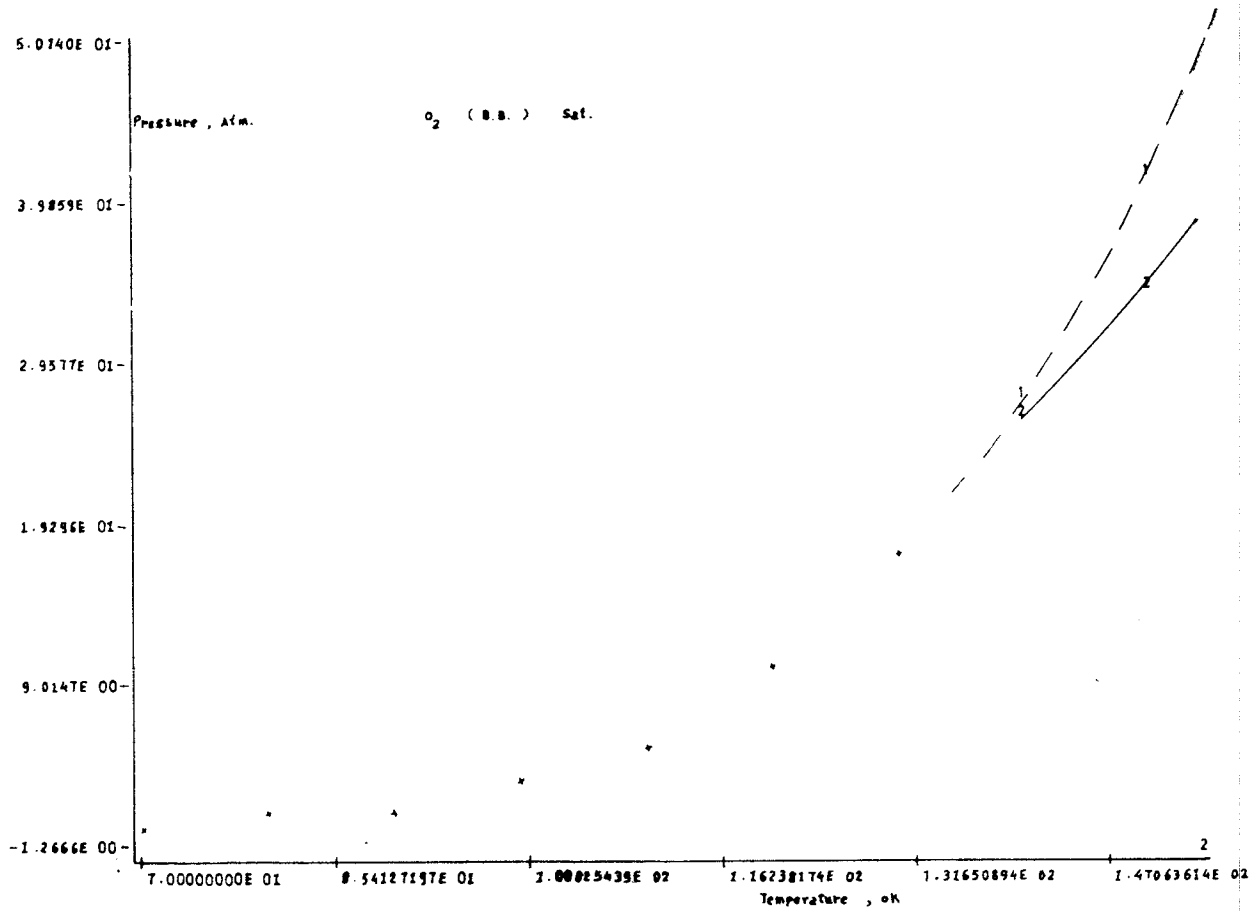
شکل A (ب)



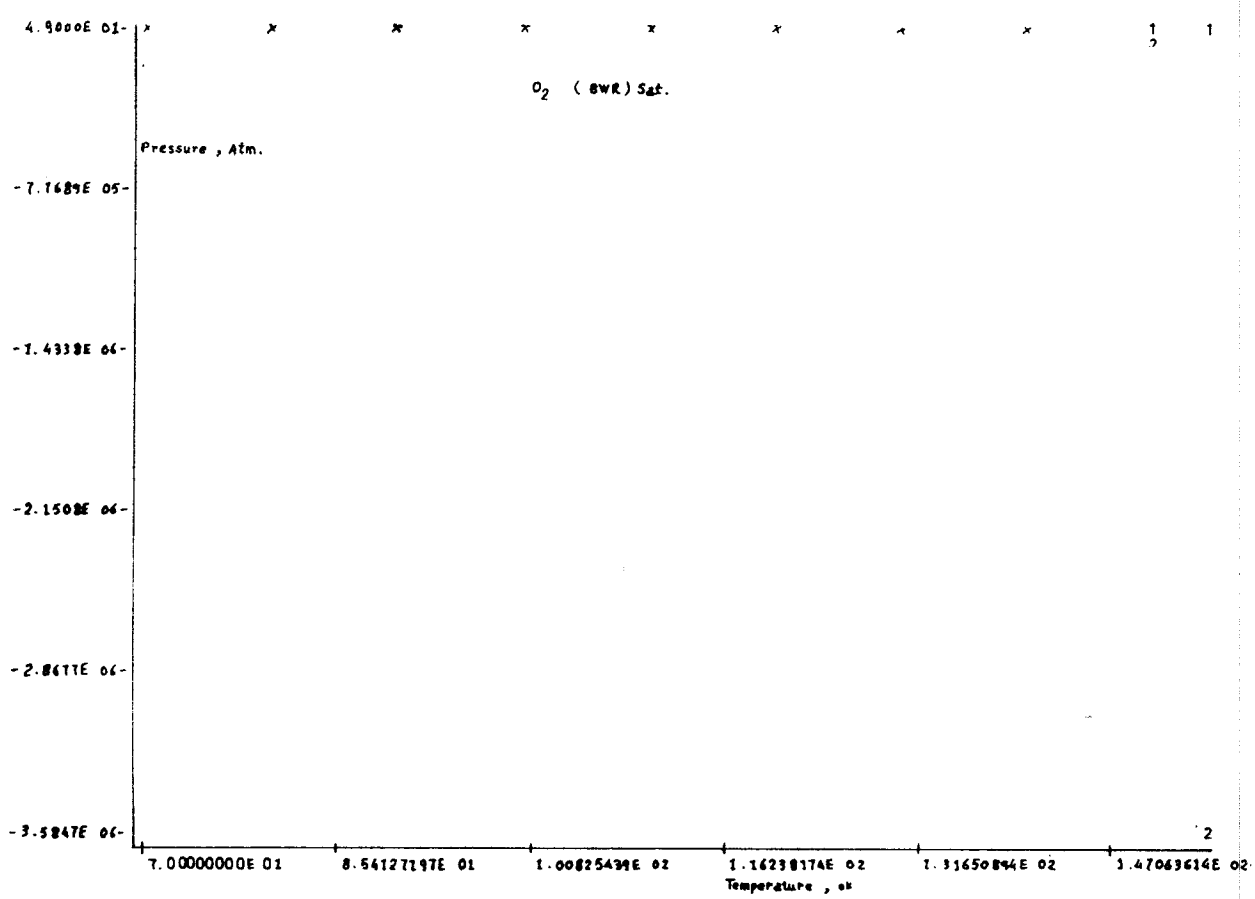
شکل ۹ (الف)



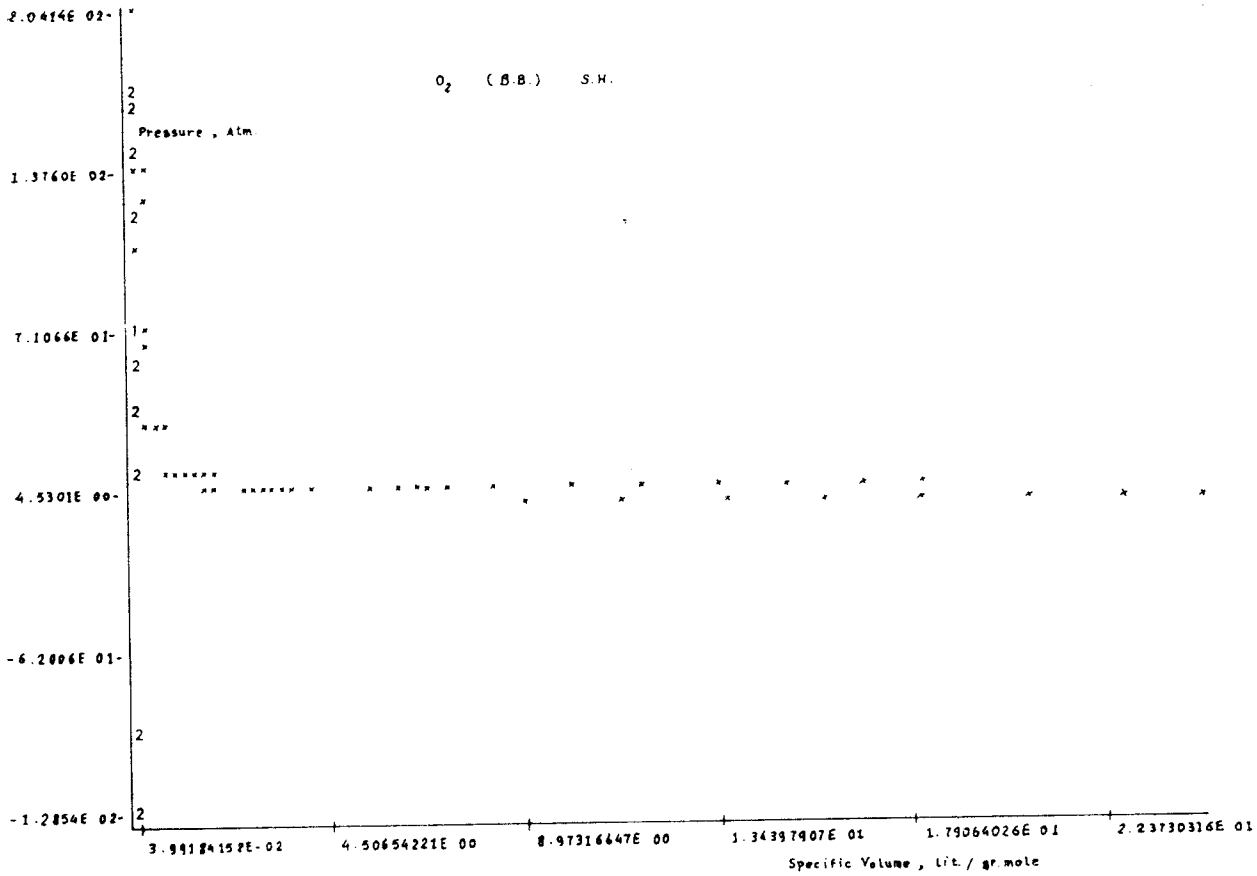
شکل ۹ (ب)



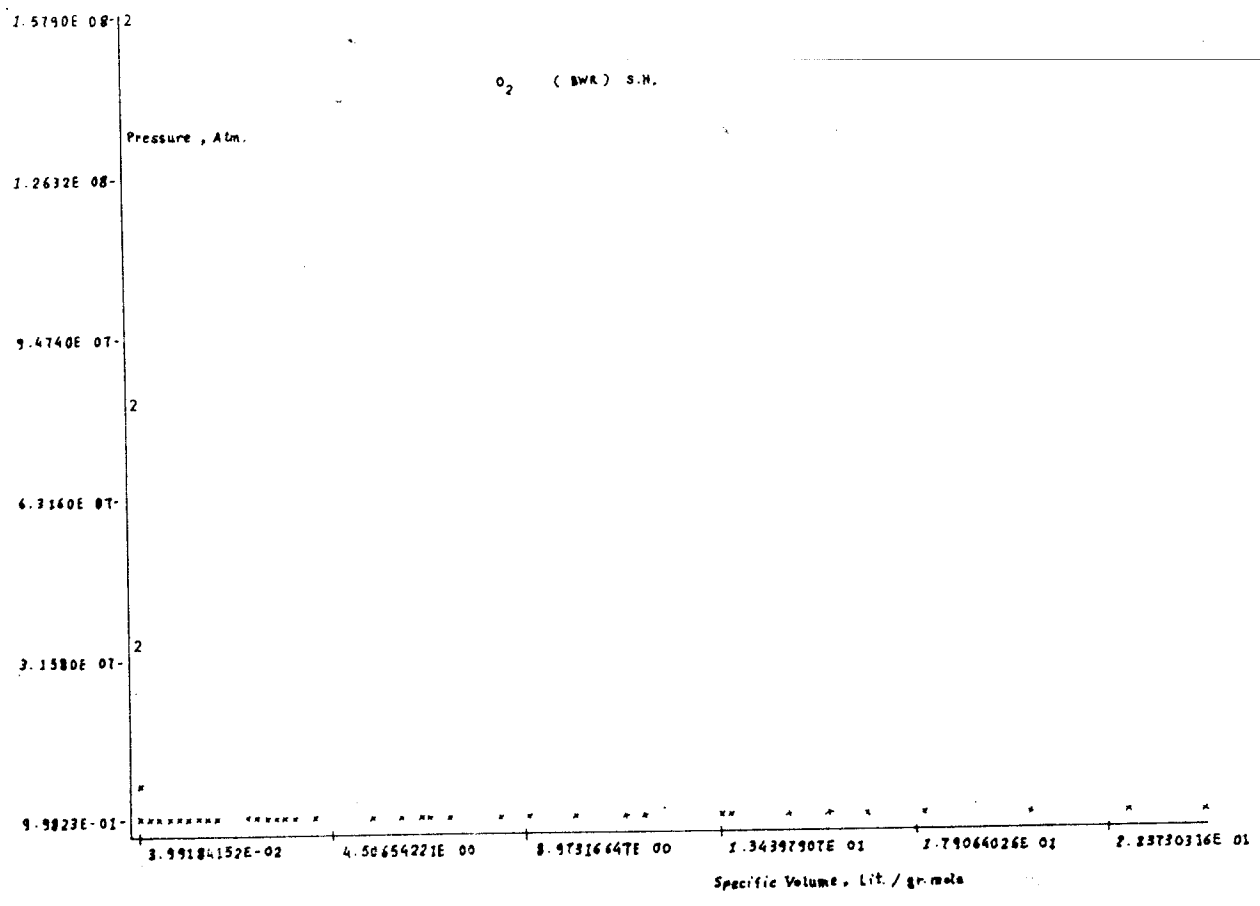
شکل ۱۰ (الف)



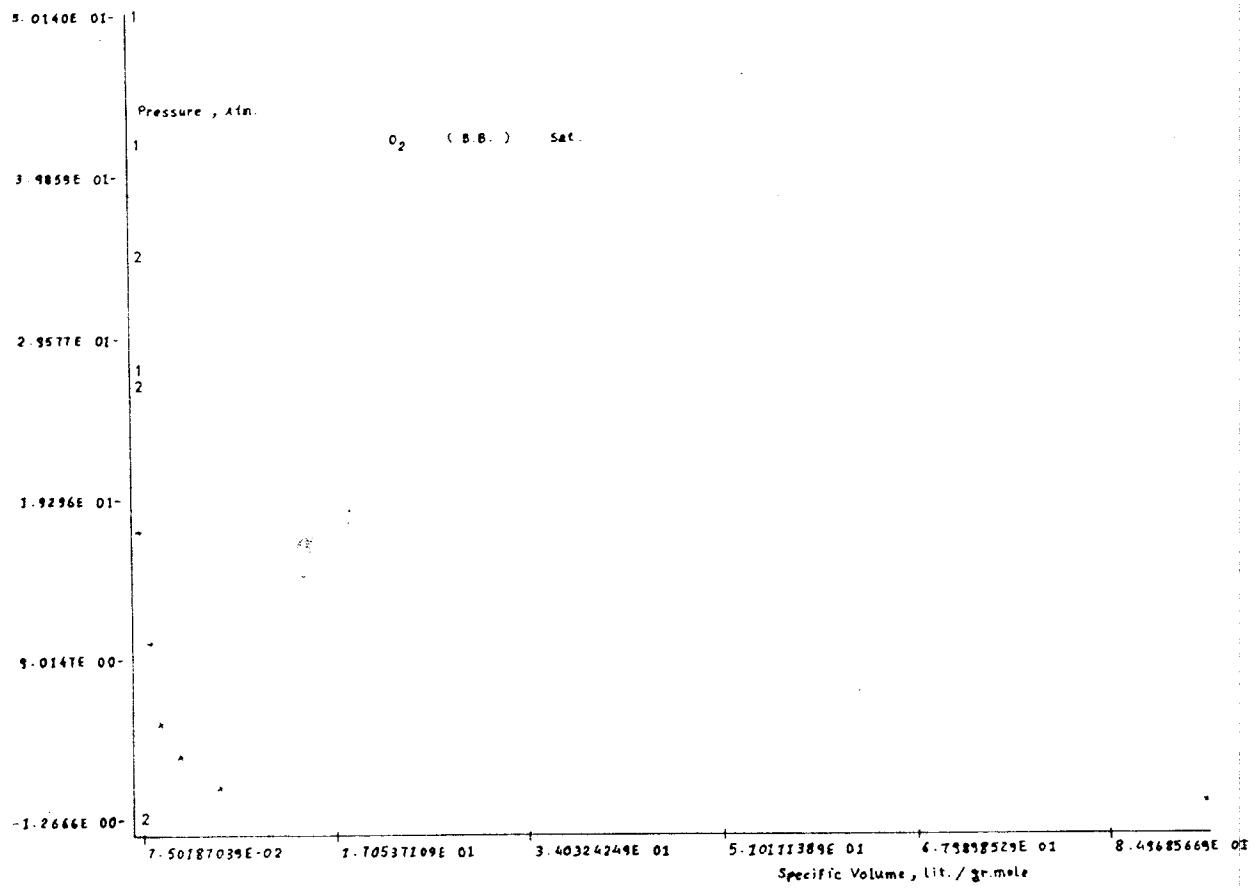
شکل ۱۰ (ب)



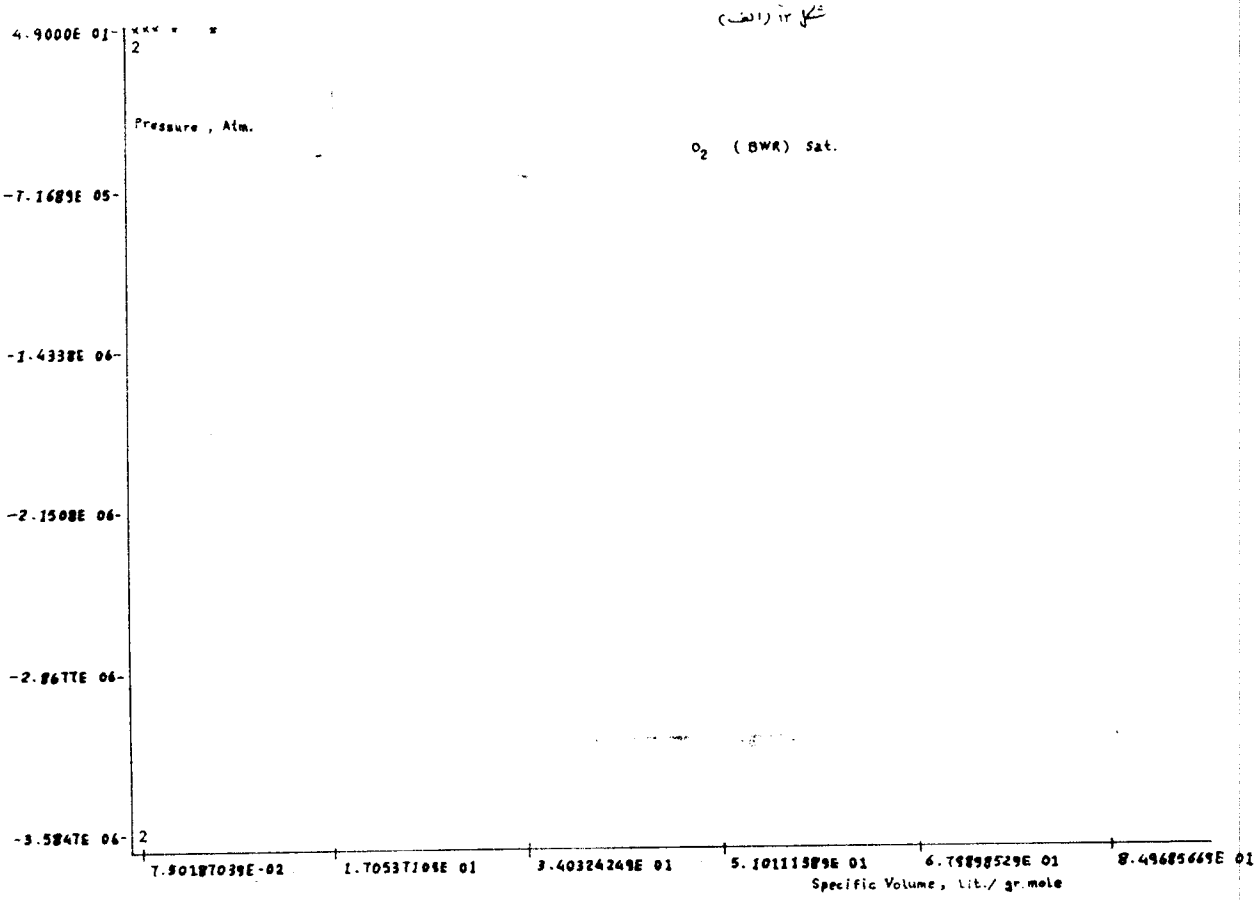
شکل ۱۱ (الف)



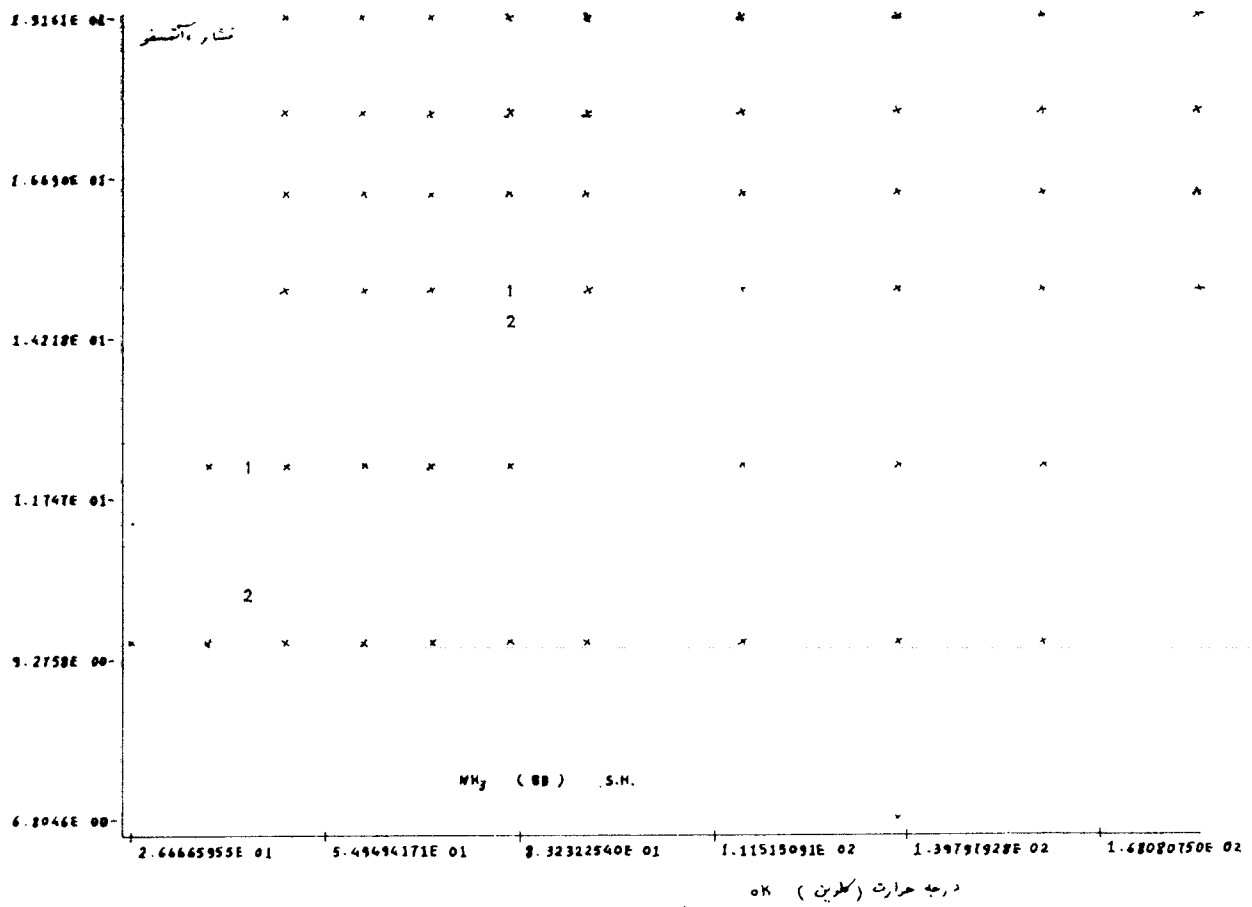
شکل ۱۱ (ب)



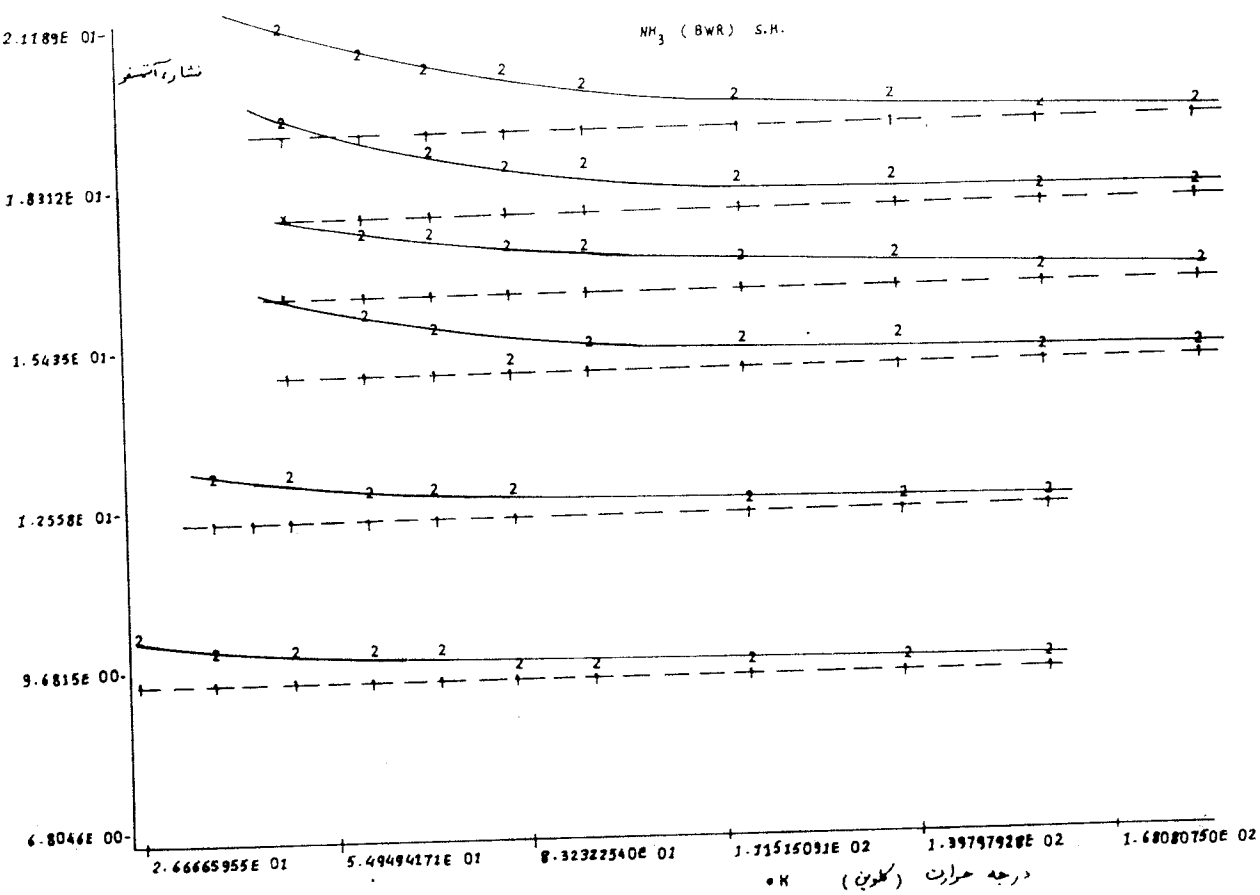
شکل ۱۲ (الف)



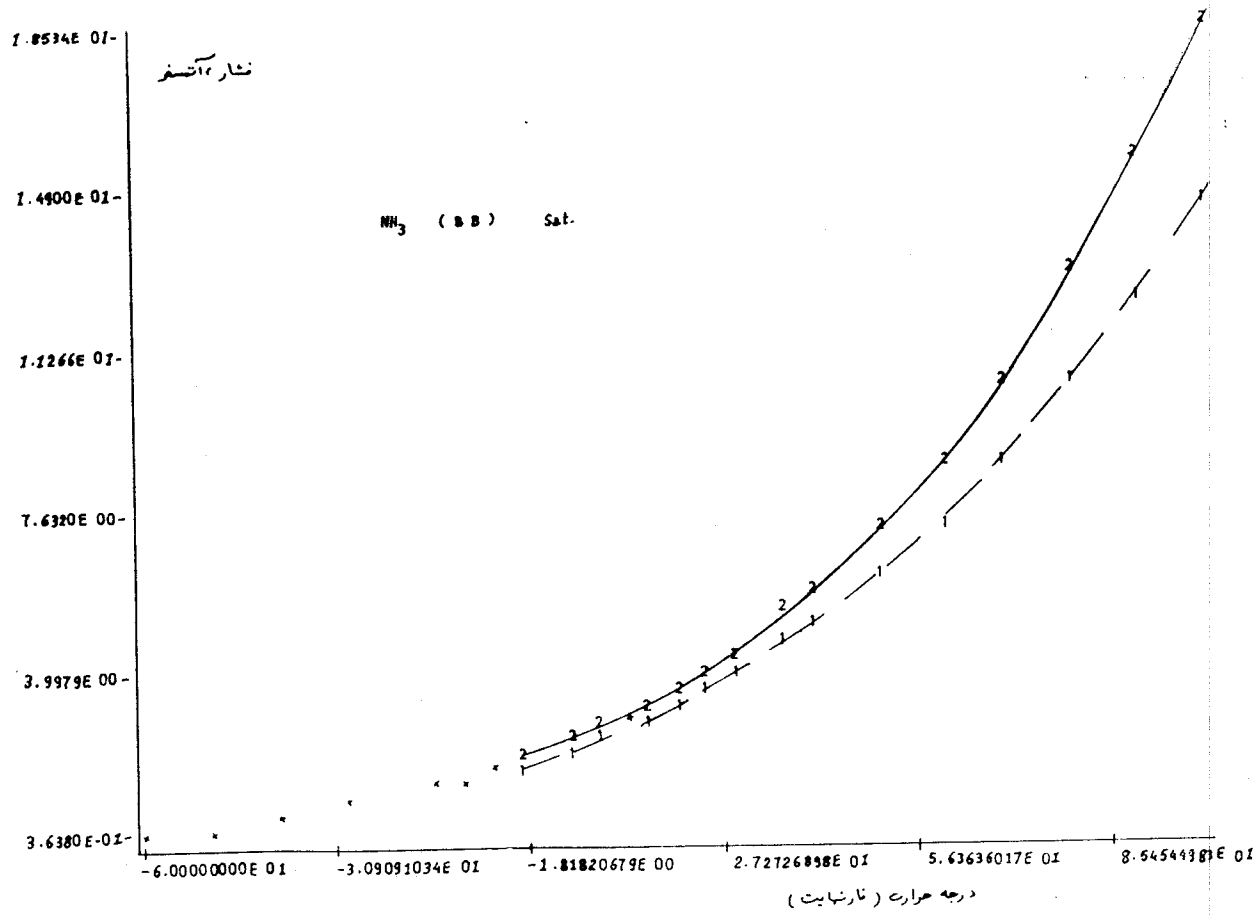
شکل ۱۲ (ب)



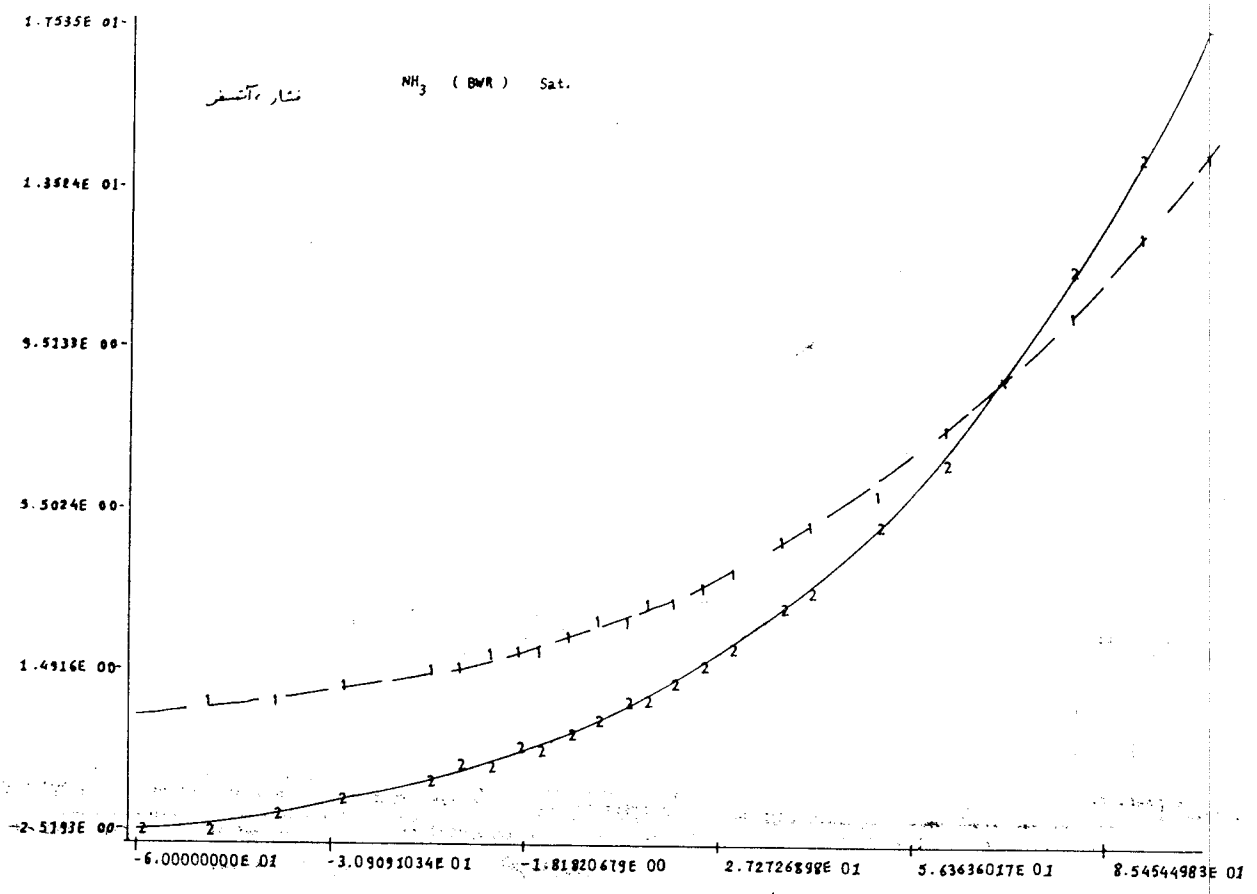
شکل ۱۳ (الف)



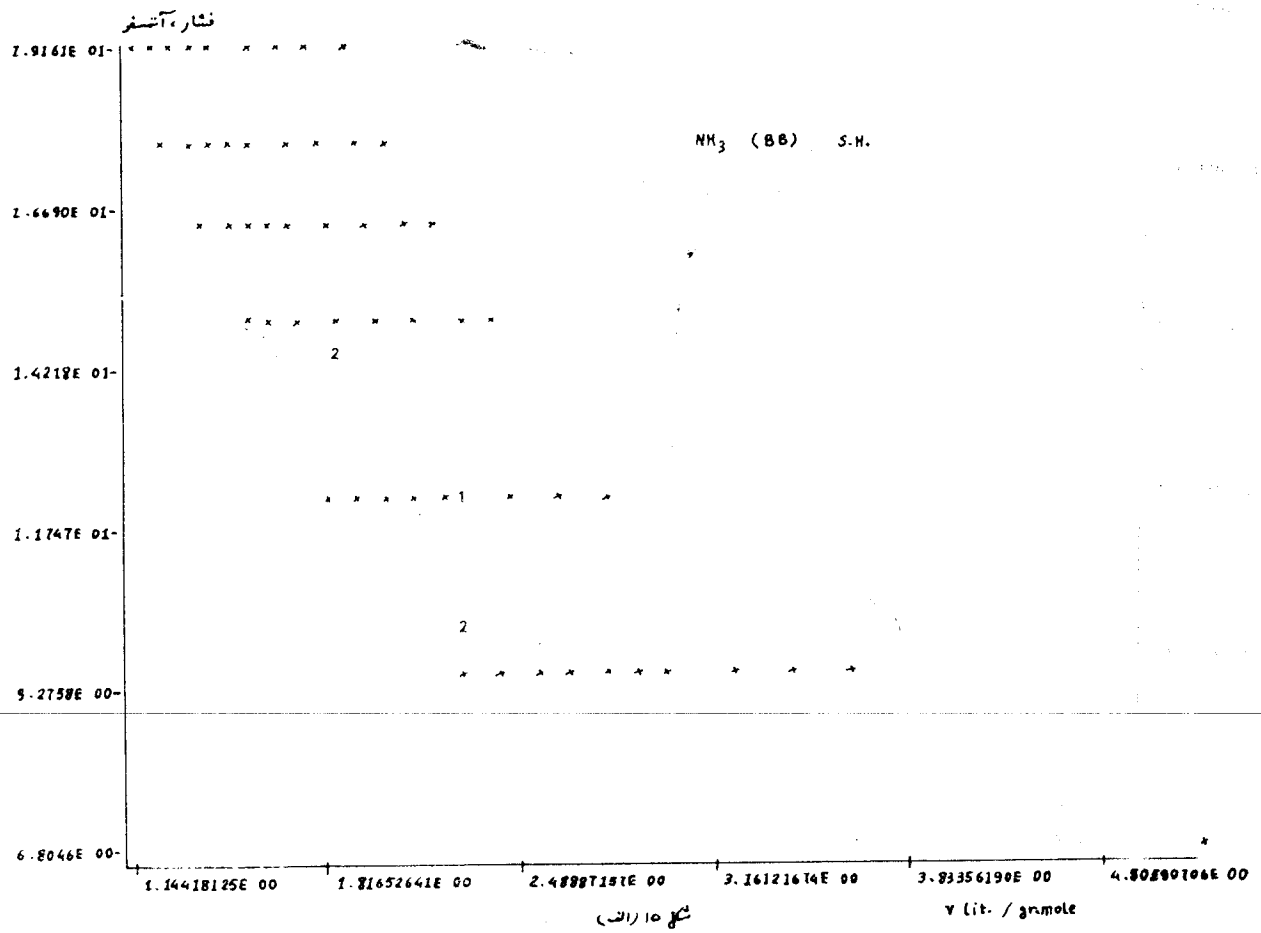
شکل ۱۳ (ب)



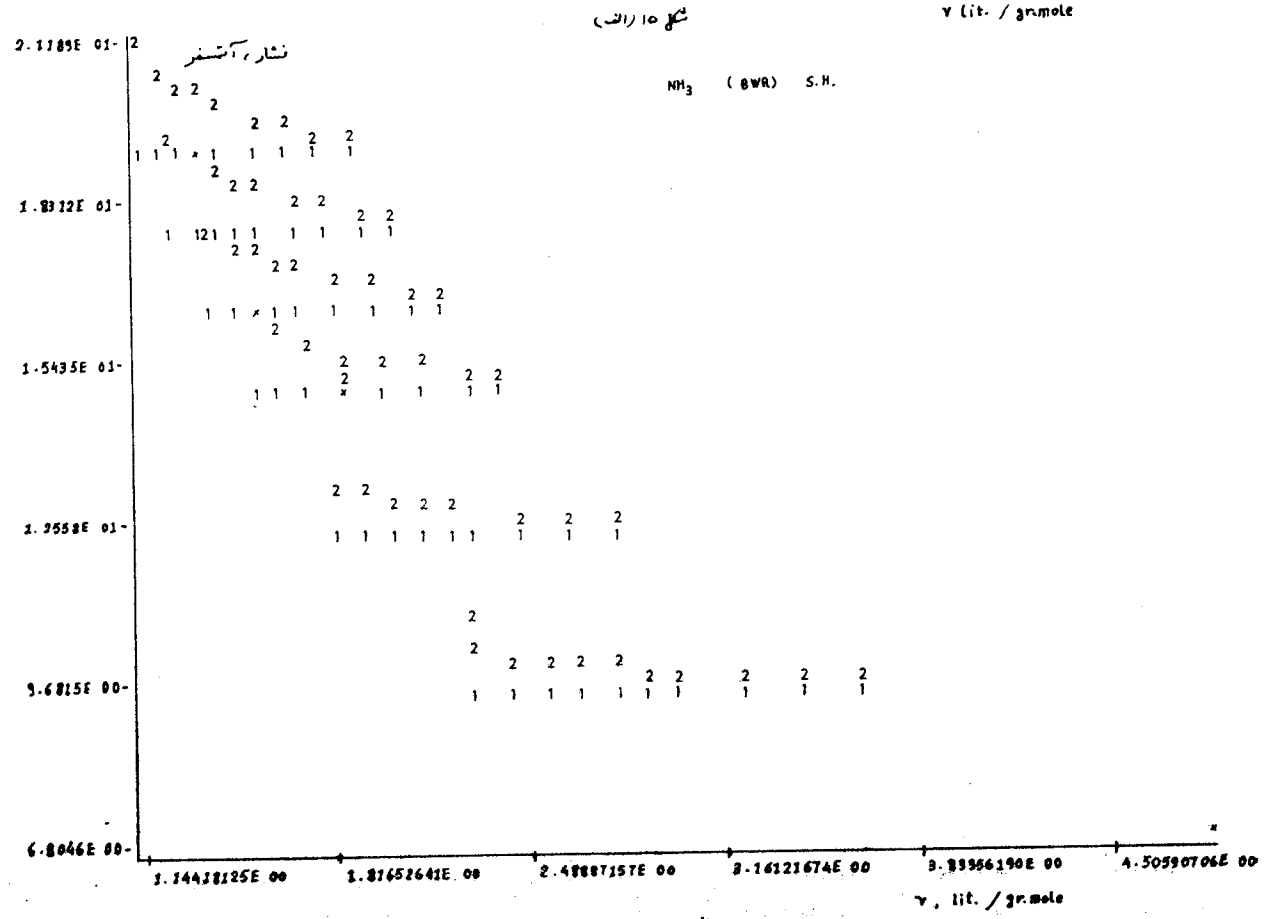
شکل ۱۴ (الف)



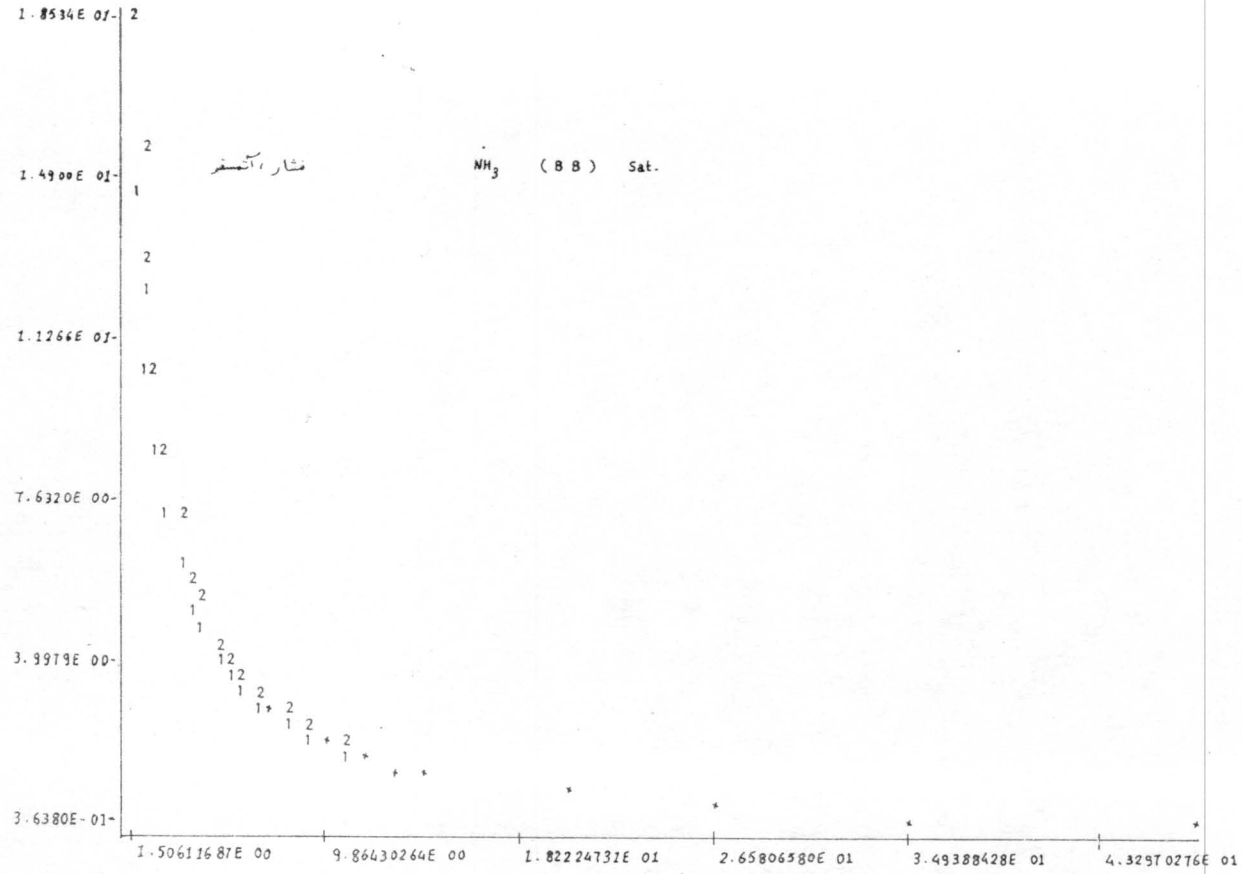
شکل ۱۴ (ب)



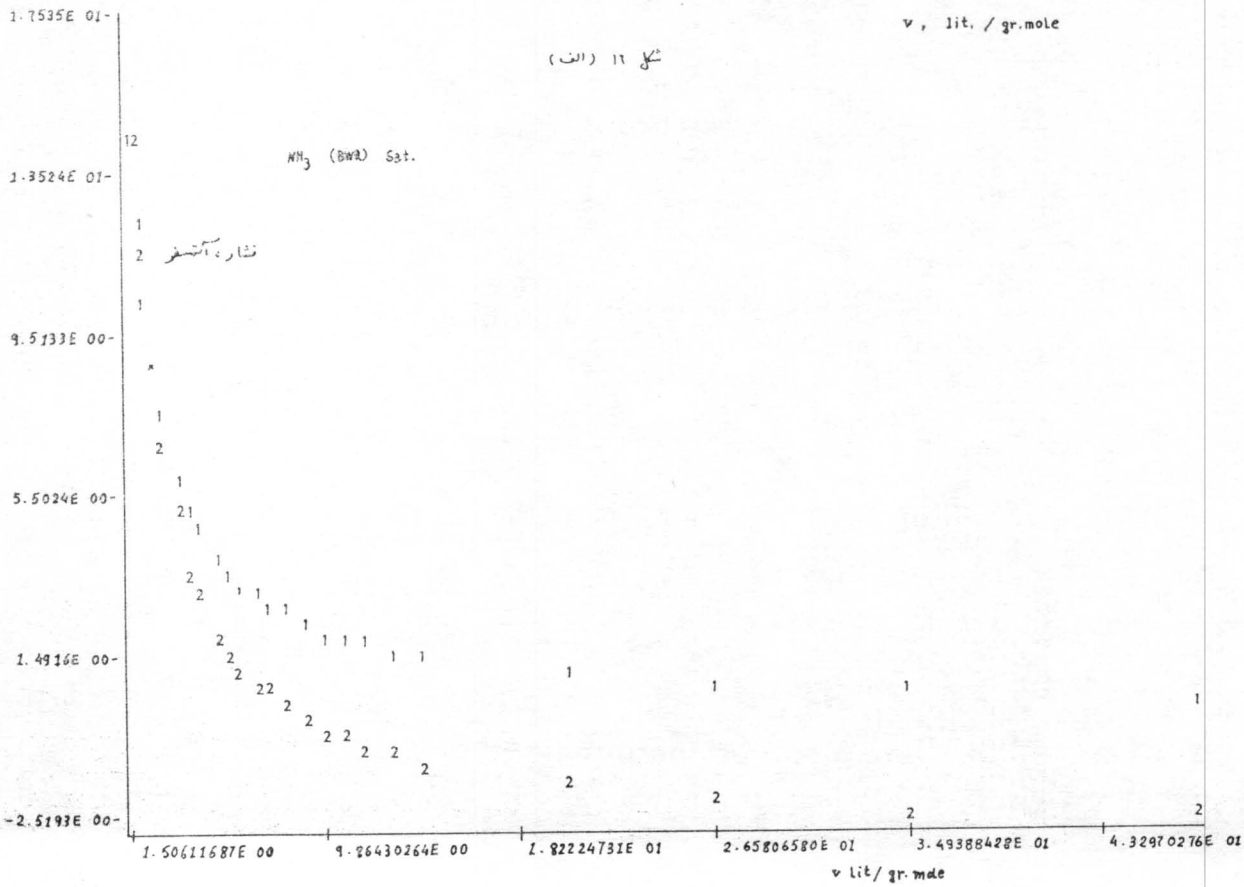
شکل ۱۵ (الف)



شکل ۱۵ (ب)



شکل ۱۲ (الف)



شکل ۱۲ (ب)

```
OOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          GRAPH2          DATE   16/01/35     TIME    08.33.05      PAGE 0002
0064            YMIN=AMIN1(YMIN,YMIN)
0065            YMAX=AMAX1(YMAX,YMAX)
0066            IF(YMAX-YMIN)150,150,120
0067        150 DO 120 K=1,111
0068            LINE(K)=MLIN
0069        120 CONTINUE
0070            GO TO 130
0071        100 WRITE(3,1400) LINE
0072            GO TO 150
0073        130 LYA=LYA-1
0074            DO 140 K=1,111
0075            LINE(K)=JLIN
0076        140 CONTINUE
0077            DO 160 K=1,111,20
0078            LINE(K)=ILIN
0079        160 CONTINUE
0080            WRITE(3,180)LINE
0081            DO 190 K=1,111
0082            LINE(K)=MLIN
0083        190 CONTINUE
0084      5     DO 200 K=1,111,20
0085            LINE(K)=AMIN+K1*FLOAT(K-1)
0086        200 CONTINUE
0087            WRITE(3,210)(LINE(K),K=1,111,20)
0088            WRITE(3,501)
0089        110 FORMAT(1X,1PE11.4,3H-1,111A1)
0090        140 FORMAT(13X,1H1,111A1)
0091        150 FORMAT(13X,1H1,111A1)
0092        210 FORMAT(9X,6(1PE20.8)///)
0093        300 FORMAT(20X,2(E10.5X),2(E20.5,5X))
0094        500 FORMAT(1H1)
0095        501 FORMAT(1H )
0096            RETURN
0097            END
```

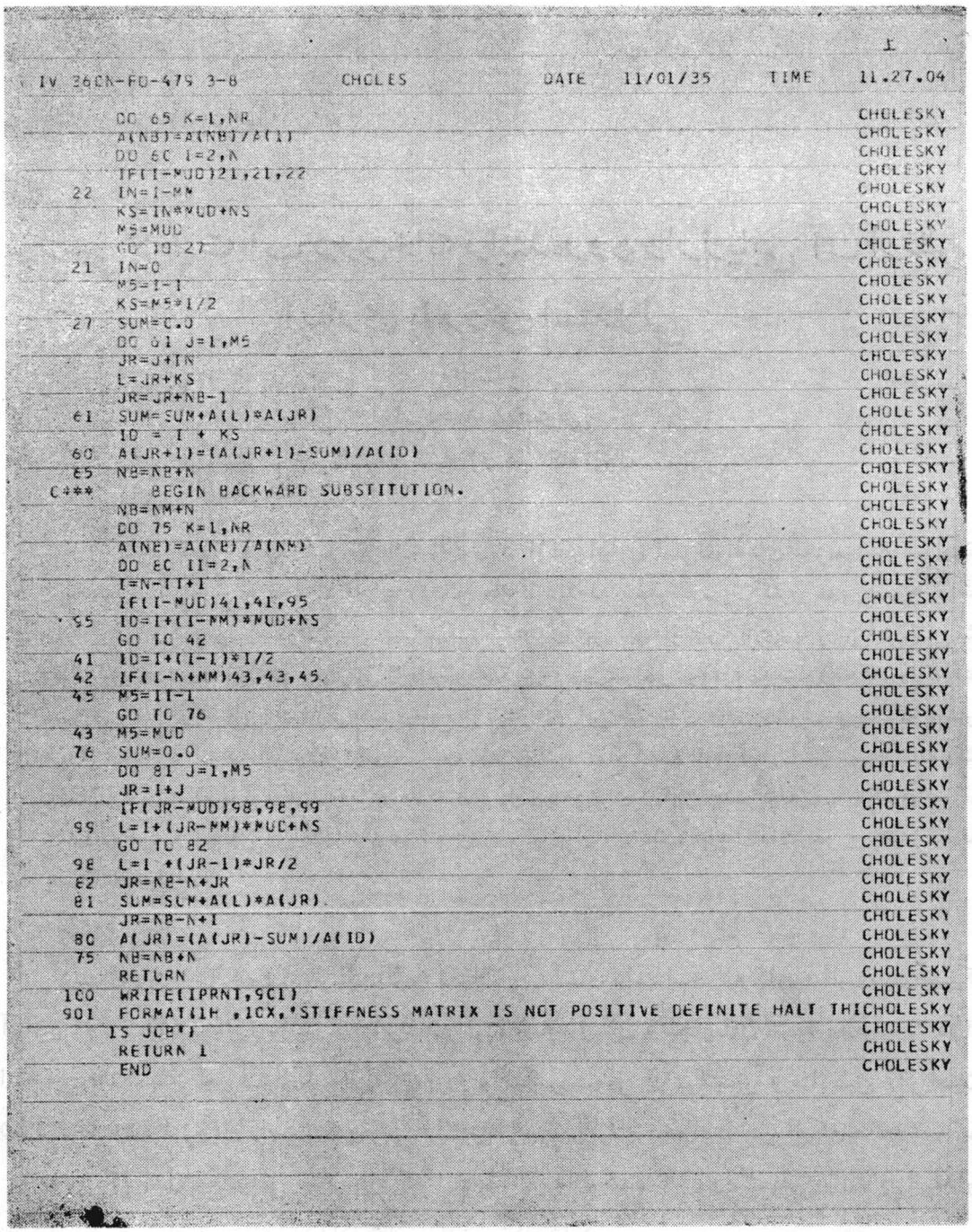
```
OOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          MAINPGM         DATE   16/01/35     TIME    08.32.27      PAGE 0001
0001            DIMENSION TC(72),V(72),TK(72),P(72),PBAR(72),PTHEO(72)
0002            DIMENSION X(2,72),Y(2,72),ICON(2)
0003            REAL *
0004            R=0.082064
0005            M=4.2
0006            READ(1,222)AL,AO,BL,BO,CL,CO,ALPHA,GAMMA
0007        222 FORMAT(4F20.5/,4F20.9)
0008            WRITE(3,333)AL,AO,BL,BO,CL,CO,ALPHA,GAMMA
0009        333 FORMAT(10X,'AL',F20.9,10X,'AO',F20.9,10X,'BL',F20.9,10X,'BO',
                1F20.9,//,10X,'CL',F20.9,10X,'CO',F20.9,10X,'ALPHA',F20.9,
                210X,'GAMMA',F20.9)
0010            WRITE(3,4)
0011            N=N/M
0012            READ(1,8)(PTHEO(N),N=1,72)
0013            DO 10 I=1,72
0014        2   READ(1,3)(TC(I),V(I))
0015            TK(I)=TC(I)+273.15
0016            P(I)=((R*TK(I))/V(I))+((BO*R*TK(I)-AO-(CO/(TK(I)**2)))*
                1(1.0/(V(I)**2)))+(((BL*R*TK(I))-AL)*(1.0/(V(I)**3)))+((AL*
                2ALPHA)/(V(I)**6))+(((CL*(1.0+(GAMMA/(V(I)**2))))/(TK(I)**2))*
                3(1.0/(V(I)**3))*(EXP(-GAMMA/(V(I)**2)))
0017            PBAR(I)=(P(I)/0.967)
0018            WRITE(3,11)TC(I),PTHEO(I),PBAR(I),V(I)
0019        10  CONTINUE
0020            NMAX=72
0021            ICON(1)=72
0022            ICON(2)=72
0023            DO 8888 I=1,72
0024            X(1,I)=TK(I)
0025            X(2,I)=TK(I)
0026            Y(1,I)=PTHEO(I)
0027            Y(2,I)=PBAR(I)
0028        8888 CONTINUE
0029            CALL GRAPH2(X,Y,2,ICON,MMAX)
0030            DO 66 I=1,72
0031            X(1,I)=V(I)
0032            X(2,I)=V(I)
0033            Y(1,I)=PTHEO(I)
0034            Y(2,I)=PBAR(I)
0035         66 CONTINUE
0036            CALL GRAPH2(X,Y,2,ICON,MMAX)
0037          1 FORMAT(///,4(20X,F10.4))
0038          3 FORMAT(F6.1,F7.4)
0039          8 FORMAT(8F5.1)
0040          4 FORMAT('1',//////,20X,'TC(I)',25X,'PTHEO(I)',22X,'PBAR(I)',23X,
                1'V(I)')
0041            STOP
0042            END
```

```
OCS FORTRAN IV 360N-FO-475 4.0        CRAPEZ                DATE   72/07/25     TIME    08.33.25      PAGE 0001

0001              SUBROUTINE  CRAPEZ(X,Y,NFIT,ICON,MMAX)
0002              DIMENSION(ONX(NFIT),MMAX),Y(NFIT,MMAX),ICON(NFIT),ICHECK(11),ILIN(101
0003              REAL*4/Z,LINE,ILIN,MLIN,JLIN,LLIN,NLIN
0004              DATA MLIN,NLIN,LLIN,JLIN,ILIN/1H ,1H*,1H-,1H+,1H?,1H4,1H5,
                 1 1H6,1H7,1H8,1H9/
0005              M=1
0006              N=1
0007              BMAX=X(M,N)
0008              BMIN=X(M,N)
0009              BMAX=Y(M,N)
0010              BMIN=Y(M,N)
0011              DO  10  M=1,NFIT
0012              ICM=ICON(M)
0013              DO  20  N=1,ICM
0014              WRITE(3,3000)N,X(M,N),Y(M,N)
0015              IF(X(M,N).GT.BMAX)  GO  TO 1
0016              IF(X(M,N).LT.BMIN)  GO  TO 2
0017            5 IF(Y(M,N).GT.BMAX)  GO  TO  3
0018              IF(Y(M,N).LT.BMIN)  GO  TO 4
0019              GO  TO  20
0020            1 BMAX=X(M,N)
0021              GO  TO  5
0022            2 BMIN=X(M,N)
0023              GO  TO  5
0024            3 BMAX=Y(M,N)
0025              GO  TO  20
0026            4 BMIN=Y(M,N)
0027           20 CONTINUE
0028           10 CONTINUE
0029              R1=BMAX-BMIN
0030              R1=R1/110.
0031              R2=BMAX-BMIN
0032              R2=R2/50.
0033              DO  40  K=1,111
0034              LINE(K)=MLIN
0035           40 CONTINUE
0036              WRITE(3,5000)
0037              LYN=51
0038              DO  30  J=1,51
0039              VALY=0.
0040              DO  60  M=1,NFIT
0041              ICM=ICON(M)
0042              DO  70  N=1,ICM
0043              LN=(Y(M,N)-BMIN)/R2+1.5
0044              IF(LN.EQ.LYN)GO  TO  80
0045              GO  TO  70
0046           80 K=(X(M,N)-BMIN)/R1+1.5
0047              IF(LINE(K).NE.MLIN)GO  TO  81
0048              LINE(K)=ILIN(M)
0049              GO  TO  70
0050           81 LINE(K)=NLIN
0051           70 CONTINUE
0052           60 CONTINUE
0053              IF(MOD(LYN,10).NE.1)GO TO100
```

```
\ IV 360N-FO-479 3-8          CHOLES                DATE   11/01/35      TIME    11.27.0
```

```
      SUBROUTINE CHOLES(A,N,MM,IB,NT,IPRNT,*)                                  CHOLESKY
      DIMENSION A(1)                                                           CHOLESKY
      DOUBLE PRECISION S1,T1                                                   CHOLESKY
C***  A IS THE ARRAY CONTAINING THE ELEMENTS OF THE LOWER HALF BAND            CHOLESKY
C***  OF THE SYMMETRIC STRUCTURE STIFFNESS MATRIX.                             CHOLESKY
C***  N=NUMBER OF EQUATIONS OR NUMBER OF UNKNOWN DISPLACEMENTS.                CHOLESKY
C***  MM=HALF BAND WIDTH + DIAGONAL ELEMENT OR MUD + 1                         CHOLESKY
      MUD=MM-1                                                                 CHOLESKY
      NS=MUD*MM/2                                                              CHOLESKY
      NM=N*MM-NS                                                               CHOLESKY
      IF(NT-1)30,30,31                                                         CHOLESKY
   30 DO 20 J=1,N                                                              CHOLESKY
      IF(J-MUD)1,1,2                                                           CHOLESKY
    2 IN=J-MUD                                                                 CHOLESKY
      L=IN+(J-MM)*MUD+NS                                                       CHOLESKY
      GO TO 7                                                                  CHOLESKY
    1 IN=1                                                                     CHOLESKY
      L=IN+(J-1)*J/2                                                           CHOLESKY
    7 IF(J-N+MUD)103,103,105                                                   CHOLESKY
  105 M5=N                                                                     CHOLESKY
      GO TO 104                                                                CHOLESKY
  103 M5 = J+MUD                                                               CHOLESKY
  104 S1=0.0                                                                   CHOLESKY
      J1=J-1                                                                   CHOLESKY
      J2=J+1                                                                   CHOLESKY
      IF(J1)4,4,3                                                              CHOLESKY
    3 DO 6 K=IN,J1                                                             CHOLESKY
      T1 = A(L)                                                                CHOLESKY
      S1=S1+T1**2                                                              CHOLESKY
    6 L=L +1                                                                   CHOLESKY
    4 T1=A(L)                                                                  CHOLESKY
      IF(T1-S1.LT.0.) GO TO 100                                                CHOLESKY
      T1=DSQRT(T1-S1)                                                          CHOLESKY
      A(L) = T1                                                                CHOLESKY
      IF(J-N)19,20,20                                                          CHOLESKY
   19 DO 18 I= J2,M5                                                           CHOLESKY
      SUM=0.0                                                                  CHOLESKY
      IF(I-MUD)68,68,71                                                        CHOLESKY
   71 IN =I-MUD                                                                CHOLESKY
      LL = IN+(I-MM)*MUD +NS                                                   CHOLESKY
      GO TO 5                                                                  CHOLESKY
   68 IN=1                                                                     CHOLESKY
      LL=IN + (I-1)*I/2                                                        CHOLESKY
    5 IF(J1)18,18,8                                                            CHOLESKY
    8 IF(IN-J1)53,53,18                                                        CHOLESKY
   53 DO 17 K=IN,J1                                                            CHOLESKY
      LM=L+K-J                                                                 CHOLESKY
      SUM=SUM+A(LL)*A(LM)                                                      CHOLESKY
   17 LL=LL+1                                                                  CHOLESKY
   18 A(L)=(A(L)-SUM)/A(L)                                                     CHOLESKY
   20 CONTINUE                                                                 CHOLESKY
C***     BEGIN FORWARD SUBSTITUTION.                                           CHOLESKY
   31 NR=IB+1                                                                  CHOLESKY
      NB=NM+1                                                                  CHOLESKY
```



```
IV 360N-FO-475 3-8          CHOLES          DATE   11/01/35     TIME    11.27.04

      DO 65 K=1,NR                                                    CHOLESKY
      A(NB)=A(NB)/A(1)                                                CHOLESKY
      DO 60 I=2,N                                                     CHOLESKY
      IF(I-MUD)21,21,22                                               CHOLESKY
   22 IN=I-MM                                                         CHOLESKY
      KS=IN*MUD+NS                                                    CHOLESKY
      M5=MUD                                                          CHOLESKY
      GO TO 27                                                        CHOLESKY
   21 IN=0                                                            CHOLESKY
      M5=I-1                                                          CHOLESKY
      KS=M5*I/2                                                       CHOLESKY
   27 SUM=0.0                                                         CHOLESKY
      DO 61 J=1,M5                                                    CHOLESKY
      JR=J+IN                                                         CHOLESKY
      L=JR+KS                                                         CHOLESKY
      JR=JR+NB-1                                                      CHOLESKY
   61 SUM=SUM+A(L)*A(JR)                                              CHOLESKY
      ID = I + KS                                                     CHOLESKY
   60 A(JR+1)=(A(JR+1)-SUM)/A(ID)                                     CHOLESKY
   65 NB=NB+N                                                         CHOLESKY
C***    BEGIN BACKWARD SUBSTITUTION.                                  CHOLESKY
      NB=NM+N                                                         CHOLESKY
      DO 75 K=1,NR                                                    CHOLESKY
      A(NB)=A(NB)/A(NM)                                               CHOLESKY
      DO 80 II=2,N                                                    CHOLESKY
      I=N-II+1                                                        CHOLESKY
      IF(I-MUD)41,41,95                                               CHOLESKY
   95 ID=I+(I-MM)*MUD+NS                                              CHOLESKY
      GO TO 42                                                        CHOLESKY
   41 ID=I+(I-1)*I/2                                                  CHOLESKY
   42 IF(I-N+MM)43,43,45                                              CHOLESKY
   45 M5=II-1                                                         CHOLESKY
      GO TO 76                                                        CHOLESKY
   43 M5=MUD                                                          CHOLESKY
   76 SUM=0.0                                                         CHOLESKY
      DO 81 J=1,M5                                                    CHOLESKY
      JR=I+J                                                          CHOLESKY
      IF(JR-MUD)98,98,99                                              CHOLESKY
   99 L=I+(JR-MM)*MUD+NS                                              CHOLESKY
      GO TO 82                                                        CHOLESKY
   98 L=1 +(JR-1)*JR/2                                                CHOLESKY
   82 JR=NB-N+JR                                                      CHOLESKY
   81 SUM=SUM+A(L)*A(JR)                                              CHOLESKY
      JR=NB-N+I                                                       CHOLESKY
   80 A(JR)=(A(JR)-SUM)/A(ID)                                         CHOLESKY
   75 NB=NB+N                                                         CHOLESKY
      RETURN                                                          CHOLESKY
  100 WRITE(IPRNT,901)                                                CHOLESKY
  901 FORMAT(1H ,10X,'STIFFNESS MATRIX IS NOT POSITIVE DEFINITE HALT THICHOLESKY
     1S JOB')                                                         CHOLESKY
      RETURN 1                                                        CHOLESKY
      END                                                             CHOLESKY
```