



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ I & II

Εργαστηριακή Άσκηση 4: ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ

Σκοπός

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η μελέτη της κλασματικής απόσταξης συνεχούς λειτουργίας για το διαχωρισμό δυαδικού μίγματος οργανικών ενώσεων (μεθανόλη-ισοπροπανόλη) και ο υπολογισμός των θεωρητικών βαθμίδων απόσταξης με τη εφαρμογή των μεθόδων McCabe - Thiele και Fenske – Underwood- Gilliland.

Θεωρία

Απόσταξη καλείται η διεργασία με την οποία γίνεται διαχωρισμός των συστατικών ομογενούς μίγματος υγρού- υγρού ή υγρού στερεού εκμεταλλευόμενη τη διαφορά των πτητικότητων των συστατικών του μίγματος. Ανάλογα με το μίγμα που θέλουμε να αποστάξουμε και τις συνθήκες που εφαρμόζουμε η απόσταξη διακρίνεται σε απλή απόσταξη, κλασματική απόσταξη, απόσταξη με υδρατμούς και απόσταξη σε κενό ή σε ελαττωμένη πίεση.

Η κλασματική απόσταξη χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό ενός πτητικού συστατικού από ένα λιγότερο πτητικό ή, γενικότερα, ενός υγρού μίγματος συστατικών που εμφανίζουν **διαφορετική πτητικότητα**.

Για ένα μίγμα που βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας ισχύει ότι:

$$f_i^V = f_i^L, i = 1, \dots, N$$

όπου $f_i^V = y_i \Phi_i P$ και $f_i^L = x_i \gamma_i P_i^S$

Η σχετική πτητικότητα δύο συστατικών δίνεται από $\alpha_{ij} = \frac{y_i/x_i}{y_j/x_j}$. Με κατάλληλες παραδοχές και απλοποιήσεις τελικά προκύπτει ότι για μια απόσταξη χαμηλών πιέσεων και ιδανικό μίγμα ή μίγμα συστατικών παρόμοιας χημικής σύστασης η **σχετική πτητικότητα** είναι ίση με:

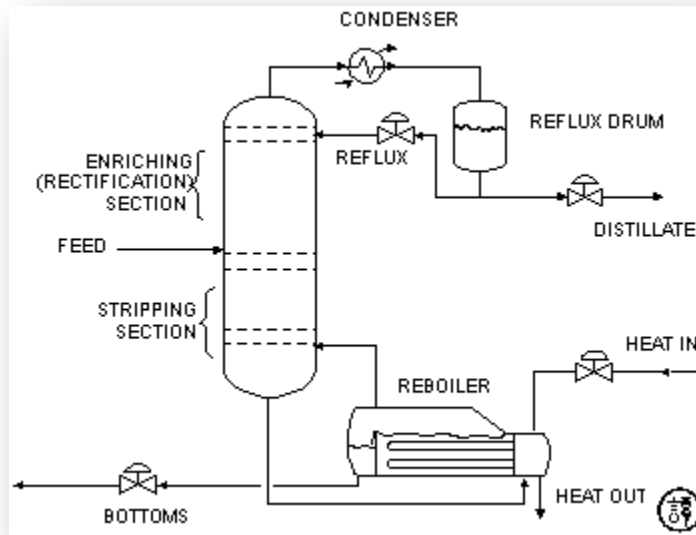
$$\alpha_{ij} = \frac{P_i^S}{P_j^S}$$

όπου P_i^S η τάση ατμών του συστατικού i.

Στο Σχήμα 1 φαίνεται μία τυπική διάταξη κλασματικής απόσταξης η οποία περιλαμβάνει: τη στήλη διαχωρισμού, τον αναβραστήρα, τον συμπυκνωτήρα και το δοχείο αναρροής.

Το προς διαχωρισμό μίγμα εισέρχεται από την τροφοδότηση στο μέσο της στήλης, χωρίζοντάς την στο τμήμα εμπλουτισμού (άνω τμήμα) και στο τμήμα εξάντλησης (κάτω τμήμα). Στον πυθμένα της στήλης

υπάρχει ο αναβραστήρας που προκαλεί μερικό βρασμό του κατερχόμενου υγρού. Οι παραγόμενοι ατμοί κατά την άνοδό τους έρχονται σε επαφή με το υγρό στις διαδοχικές βαθμίδες όπου εμπλουτίζονται με το πτητικό συστατικό. Οι εξερχόμενοι ατμοί από την κορυφή της στήλης συμπυκνώνονται πλήρως στον ολικό συμπυκνωτήρα. Μέρος του συμπυκνώματος επιστρέφει στην κορυφή της στήλης ως αναροή και εμπλουτίζει τους ανερχόμενους ατμούς, ενώ του υπόλοιπο μέρος του συμπυκνώματος λαμβάνεται ως απόσταγμα.



Σχήμα 1. Τυπική διάταξη κλασματικής απόσταξης

Η στήλη της απόσταξης χαρακτηρίζεται από την παρουσία διάτρητων (συνήθως) δίσκων όπου σε κάθε δίσκο το υγρό και ο ατμός που έρχονται σε επαφή βρίσκονται σε ισορροπία (θεωρητική βαθμίδα) ή σε ποσοστό της ισορροπίας (απόδοση πραγματικών δίσκων).

Η κλασματική απόσταξη των μιγμάτων μελετάται με μεθοδολογίες που κύριο σκοπό έχουν των υπολογισμό των θεωρητικών βαθμίδων. Οι κύριες κατηγορίες τέτοιων μεθοδολογιών είναι:

- Γραφικές μέθοδοι που εφαρμόζονται κυρίως σε δυαδικά συστήματα
- Αναλυτικές (shortcut) μεθοδολογίες που είναι σύνολα εμπειρικών και ημι-εμπειρικών εξισώσεων που μπορούν να επιλυθούν σχετικά εύκολα ακόμα και σε χαρτί με τη χρήση απλής ή προγραμματιζόμενης αριθμομηχανής.
- Μεθοδολογίες υπολογισμών δίσκου-δίσκου που επιλύονται ισοζύγια μάζας και ενέργειας σε κάθε δίσκο και για κάθε συστατικό. Στις μεθοδολογίες αυτές γίνεται επίλυση συστημάτων πολλών εξισώσεων και μεταβλητών, αλλά λόγω της μορφής του συστήματος που προκύπτει είναι δυνατή και γρήγορη η επίλυσή τους ακόμα και σε συμβατικούς υπολογιστές. Όμως είναι απαραίτητη η χρήση υπολογιστή και κατάλληλου λογισμικού.

Συνηθέστερη γραφική μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι αυτή των McCabe - Thiele η οποία για την απλοποίηση των υπολογισμών χρησιμοποιεί συγκεκριμένες παραδοχές. Για τη κατασκευή του διαγράμματος απαιτείται η χρήση πειραματικών δεδομένων ισορροπίας φάσεων ατμού-υγρού και κατασκευάζονται τρεις ευθείες γραμμές (γραμμές λειτουργίας των δύο τμημάτων της στήλης και γραμμή θερμικής κατάστασης της τροφοδοσίας (q-line)).

Οι γραφικές μέθοδοι υπολογισμού των θεωρητικών βαθμίδων μίας αποστακτικής στήλης δεν είναι ακριβείς όταν η γραμμές λειτουργίας πλησιάζουν τη γραμμή ισορροπίας με συνέπεια το μεγάλο αριθμό θεωρητικών βαθμίδων.

Στις shortcut μεθοδολογίες η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία είναι αυτή των Fenske – Underwood – Gilliland. Η χρήση της είναι απλή αλλά περιορίζεται από την παραδοχή της σταθερής (ή σχεδόν σταθερής) σχετικής πτητικότητας κατά μήκος της στήλης.

Σημειώνεται ότι η κλασματική απόσταξη είναι η διεργασία με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη δυναμικότητα στον κόσμο και εφαρμόζεται σε ευρύτατο φάσμα βιομηχανιών, που εκτείνονται από τη διύλιση του πετρελαίου και την πετροχημική βιομηχανία (παραγωγή καυσίμων, οργανικών διαλυτών και αντιδραστηρίων) μέχρι τις βιομηχανίες τροφίμων (παραγωγή αλκοολούχων ποτών και χυμών φρούτων) και την προστασία του περιβάλλοντος (ανάκτηση διαλυτών).

Πειραματικό μέρος

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από:

- γυάλινη στήλη τύπου Oldershaw διαμέτρου 30mm, η οποία περιέχει 10 διάτρητους δίσκους στο **άνω τμήμα (εμπλουτισμού)** και 20 στο **κάτω τμήμα (εξάντλησης)**,
- βελονοειδή βάννα για τη ρύθμιση της **παροχής της τροφοδοσίας** η οποία μετράται σε ογκομετρικό κύλινδρο,
- ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και ηλεκτρικός χρονοδιακόπτης για τη ρύθμιση του **λόγου αναρροής** (reflux ratio),
- **αναβραστήρας** που αποτελείται από σφαιρική φιάλη με ειδική διάταξη εξαγωγής του υπολείμματος,
- ρυθμιζόμενες ηλεκτρικές αντιστάσεις για τη προθέρμανση της τροφοδοσίας και του αναβραστήρα,
- **συμπυκνωτήρας** που ψύχεται με νερό και
- θερμομέτρα σε διάφορα σημεία της στήλης (πυθμένας, δίσκος τροφοδοσίας, κορυφή στήλης) για την παρακολούθηση του φαινομένου.

Για την εκτέλεση του πειράματος, ανοίγεται αρχικά το νερό ψύξης του συμπυκνωτήρα κορυφής και του ψυκτήρα του υπολείμματος. Η τροφοδότηση ρυθμίζεται στην επιθυμητή παροχή και θερμοκρασία και η θέρμανση του αναβραστήρα αρχίζει όταν έχει συλλεχθεί αρκετό υγρό. Η αναρροή ρυθμίζεται στον επιθυμητό λόγο.

Μετά την σταθεροποίηση των θερμοκρασιών, αδειάζεται το δοχείο συλλογής αποστάγματος και η στήλη λειτουργεί σε σταθερές συνθήκες επί 20 λεπτά περίπου. Κατά την μόνιμη λειτουργία καταγράφονται τα εξής στοιχεία:

- Ποσότητα τροφοδοσίας και προϊόντος κορυφής (αποστάγματος).
- Θερμοκρασίες τροφοδοσίας, δίσκου τροφοδοσίας, κορυφής και πυθμένα.
- Σύσταση τροφοδοσίας και αποστάγματος.

Οι θερμοκρασίες καταγράφονται ανά 5 λεπτά και λαμβάνονται οι μέσοι όροι. Οι συστάσεις προσδιορίζονται με μέτρηση του δείκτη διάθλασης στους 25°C, με την βοήθεια διαγράμματος σύστασης-δείκτης διάθλασης (ενότητα C στο Παράρτημα).

Σημειώνεται ότι χρησιμοποιείται δυαδικό μίγμα οργανικών ενώσεων μεθανόλης-ισοπροπανόλης το οποίο θεωρείται ότι παρουσιάζουν παρόμοια απόκλιση από την ιδανική συμπεριφορά στην υγρή φάση. Η απόσταξη γίνεται σε ατμοσφαιρική πίεση.

Ζητούμενα

1. Να σχεδιασθεί το μεθοδολογικό διάγραμμα ροής και οργάνων.
2. Να γίνει το ολικό ισοζύγιο μάζας και τα ισοζύγια μάζας των επί μέρους συστατικών του μίγματος.
3. Να υπολογισθεί γραφικά (μέθοδος McCabe - Thiele) ο απαιτούμενος αριθμός των θεωρητικών βαθμίδων της απόσταξης από τα δεδομένα σύστασης της τροφοδοσίας και των προϊόντων κορυφής και πυθμένα, για το λόγο αναρροής του πειράματος.
4. Να υπολογισθεί ο αριθμός των θεωρητικών βαθμίδων για τα δεδομένα του πειράματος με την αναλυτική μέθοδο Fenske – Underwood – Gilliland.
5. Να συγκριθούν τα αποτελέσματα των θεωρητικών υπολογισμών 3 και 4 με τους πραγματικούς δίσκους την στήλη και να υπολογισθούν οι αντίστοιχοι συνολικοί βαθμοί απόδοσης.
6. Ποίες οι προϋποθέσεις για την ισχύ των εξισώσεων Fenske – Underwood – Gilliland και της μεθόδου McCabe – Thiele.
7. Πότε μία αποστακτική στήλη εμφανίζει μεγαλύτερη διαχωριστική ικανότητα, με θερμική μόνωση ή χωρίς μόνωση.
8. Η λειτουργία της αποστακτικής στήλης είναι συμφέρουσα με ολικό η μερικό συμπυκνωτήρα.
9. Αυξάνεται ή ελαττώνεται η διαχωριστική ικανότητα της αποστακτικής στήλης όταν αυξηθεί η πίεση. (Αναφέρατε και άλλες τυχόν επιδράσεις)

Βιβλιογραφία

1. Perry R.H. and Green D.W., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, 1997.
2. Coulson J.M. and Richardson J.F., *Chemical Engineering*, vol.2, 4th ed., Pergamon Press, 1991
3. McCabe W.L., Smith J.C. and Harriott P., *Βασικές Φυσικές Διεργασίες Μηχανικής*, 6^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2003.
4. Treybal R.E., *Mass Transfer Operations*, 3rd ed., McGraw-Hill, 1980.
5. Σαραβάκου Γ.Δ., *Τεχνική Φυσικών Διαχωρισμών*, Β' έκδοση, έκδοση ΕΜΠ, 1985.
6. <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/distil/distil0.htm>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A. Θερμοφυσικές ιδιότητες ουσιών (DIPPR, 1997)

V. KEY FOR EQUATION FORMS

Number	Equation
100	$Y = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$
101	$Y = \exp \left[A + \frac{B}{T} + C \ln T + DT^E \right]$
102	$Y = \frac{AT^B}{1 + \frac{C}{T} + \frac{D}{T^2}}$
103*	$Y = A + B \exp \left[\frac{-C}{T^D} \right]$
104	$Y = A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^3} + \frac{D}{T^8} + \frac{E}{T^9}$
105	$Y = A/B^{(1+(1-T/C)^D)}$
106	$Y = A(1 - T_r)^{(B+CT_r+DT_r^2+ET_r^3)}$
107**	$Y = A + B [(C/T)/\sinh (C/T)]^2 + D [(E/T)/\cosh (E/T)]^2$
114	$Y = \frac{A^2}{t} + B - 2ACt - ADt^2 - \frac{C^2t^3}{3} - \frac{CDt^4}{2} - \frac{D^2t^5}{5}$ where $t = (1 - T_r)$

**Integration of Equation 107

$$C_p^* = A + B \left[\left[\frac{C}{T} \right] / \sinh \left(\frac{C}{T} \right) \right]^2 + D \left[\left[\frac{E}{T} \right] / \cosh \left(\frac{E}{T} \right) \right]^2$$

$$H^* = AT + BC \coth (C/T) - DE \tanh \left(\frac{E}{T} \right) + HCON$$

$$S^* = A \ln T + B \left[\left[\frac{C}{T} \right] \coth \left(\frac{C}{T} \right) - \ln \sinh \left(\frac{C}{T} \right) \right]$$

$$- D \left[\left[\frac{E}{T} \right] \tanh \left(\frac{E}{T} \right) - \ln \cosh \left(\frac{E}{T} \right) \right] + SCON$$

HCON and SCON are integration constants

* Not used currently.

Y = the property in units shown on page III-1

T = temperature in kelvins; T_r = reduced temperature

A, B, C, D, E = Specific constants for compound and property listed in equation coefficient tables

Ισοπροπανόλη

PROPERTY CONSTANTS

PROPERTY				UNITS	VALUE	NOTE	QUAL CODE	ACCEPTED REFERENCE(S)	REJECTED REFERENCE(S)
Chemical Abstracts Name: 2-PROPANOL									C3H8O
IUPAC NAME: 2-PROPANOL									ISOPROPANOL
Synonyms: DIMETHYL CARBINOL									
ISOHOL									
1-METHYLETHYL ALCOHOL									
PROPANE, 2-HYDROXY-									2-HYDROXYPROPANE
PROPAN-2-OL									ISOPROPYL ALCOHOL
Hsec-PROPYL ALCOHOL									PETROHOL
Chemical Abstracts Number: 67-63-0									sec-PROPANOL
Structural Formula: CH3CHOHCH3									n-PROPAN-2-OL
*Molecular Weight				kg/kmol	60.096	1		1	
Critical Temperature				K	508.31		XE2	30 22 3	
Critical Pressure				Pa	4.7643E+06		XE3	30 3 22	
Critical Volume				m**3/kmol	0.22013		XE4	30 22 533	
Crit Compress Factor					0.248		D	3	
Melting Point				K	185.28	2	P 2	PS 30 3	
Triple Pt Temperature				K	185.28		XU2	472 305	
Triple Pt Pressure				Pa	3.2000E-02		P 3P	PS	
Normal Boiling Point				K	355.41		XE3	30 3 22	
Liq Molar Volume				m**3/kmol	0.076784		X 1P	PS	
IG Heat of Formation				J/kmol	-2.7242E+08		XE2	30 3	
IG Gibbs of Formation				J/kmol	-1.7339E+08		XE1	30 3	
IG Absolute Entropy				J/kmol*K	3.0991E+05		XE1	30 3 2498	
Heat Fusion at Melt Pt				J/kmol	5.4099E+06		XE2	3 305 2865	363
Stand Net Heat of Comb				J/kmol	-1.8300E+09		XE2Y	400	
Acentric Factor					0.6689		D	PS 22	11
Radius of Gyration				m	2.8070E-10		D 3	1112 11 12	
Solubility Parameter				(J/m**3)**.5	2.3575E+04		D 3	PS	
Dipole Moment				C*m	5.5372E-30		XE1Z	25 39 4	
van der Waals Volume				m**3/kmol	0.04216		D 2	72	
van der Waals Area				m**2/kmol	6.2700E+08		D 2	72	
Refractive Index					1.3752		XE1	30 3 8	
Flash Point				K	284.82		XU0	256 39	
Flammability Limits				vol %	2.0 TO 12.0		XU0	256	
Autoignition Temp				K	672.04		XU0	256	

Issue Date: JULY 1981

NOTES: 1. Acutely toxic chemical identified by EPA.
6, 1986.
2. Estimated to be equal to the triple point temperature.

Revision Date: AUG. 1987
C & EN, p. 20, January

EQUATION COEFFICIENTS

Chemical Abstracts Name: 2-PROPANOL				COEFFICIENTS					C3H8O	ISOPROPANOL
Property	NTE	EQN	Q	A	B	C	D	E		
Solid Density Only one value available (185.28, 1.7100E+01)	1	100	6	1.7100E+01						
Liquid Density Min(185.28, 1.4656E+01) Max(508.31, 4.4570E+00)		105	2	1.1800E+00	2.6475E-01	5.0831E+02	2.4300E-01			
Vapor Pressure Min(185.28, 3.2000E-02) Max(508.31, 4.7673E+06)	2	101	3	9.2935E+01	-8.1771E+03	-1.0031E+01	3.9988E-06	2.0000E+00		
Heat of Vaporization Min(185.28, 5.2121E+07) Max(508.31, 0.0000E+00)	3	106	3	5.6980E+07	8.7000E-02	3.0070E-01				
Solid Heat Capacity Min(12.00, 1.8460E+03) Max(176.66, 9.1821E+04)		100	3	-8.5000E+03	8.7600E+02	-8.1000E-01	-3.0250E-02	1.4130E-04		
Liquid Heat Capacity Min(188.32, 1.1277E+05) Max(463.15, 2.7174E+05)		100	3	4.6640E+05	-4.1086E+03	1.4506E+01	-1.4126E-02			
*Ideal Gas Heat Capacity Min(100.00, 4.8262E+04) Max(1500.00, 2.1652E+05)		107	3	4.7460E+04	1.9350E+05	1.1240E+03	9.3800E+04	4.6000E+02		
Second Virial Coefficient Min(279.58, -4.8942E+00) Max(2541.60, 2.5100E-02)		104	4	3.0200E-02	-6.2900E+00	-4.3100E+07	1.9860E+20	-8.6100E+22		
Liquid Viscosity Min(187.35, 3.0037E-01) Max(354.45, 5.1389E-04)		101	5	-8.2300E+00	2.2822E+03	-9.8495E-01				
Vapor Viscosity Min(200.00, 4.8683E-06) Max(1000.00, 2.5019E-05)		102	5	1.9930E-07	7.2330E-01	1.7800E+02				
Liq Thermal Conductivity Min(185.28, 1.6069E-01) Max(410.00, 1.0950E-01)		100	3	2.0290E-01	-2.2780E-04					
Vap Thermal Conductivity Min(355.41, 2.2388E-02) Max(450.00, 3.2427E-02)		102	3	-8.0642E+01	-1.4549E+00	-6.0442E+02				
Surface Tension Min(273.15, 2.2894E-02) Max(355.41, 1.6387E-02)	4	100	2	3.8180E-02	-3.8180E-05	-6.5100E-08				

Issue Date: JULY 1981

Revision Date: AUG. 1987

NOTES: 1. Estimated by Project Staff from liquid density at the triple point.
2. Data predicted by Riedel's method used in regression.
3. Data calculated from Clapeyron equation used in regression.
4. Data regressed with equation 100 because regression with equation 106 produces B coefficient less than 1.0 while theoretical universal constant should be 1.2. (see ref. #1008).

Μεθανόλη

PROPERTY CONSTANTS

PROPERTY						UNITS	VALUE	NOTE	QUAL CODE	ACCEPTED REFERENCE(S)	REJECTED REFERENCE(S)	
Chemical Abstracts Name: METHANOL CH4O METHANOL												
IUPAC NAME: METHANOL												
Synonyms: CARBINOL COLONIAL SPIRIT HYDROXYMETHANE												
COLUMBIAN SPIRIT METHYL ALCOHOL MONOHYDROXYMETHANE												
METHYL ALCOHOL WOOD ALCOHOL WOOD SPIRIT												
MONOHYDROXYMETHANE												
WOOD NAPHTHA Structural Formula: CH3OH												
Chemical Abstracts Number: 67-56-1												
PROPERTY						UNITS	VALUE	NOTE	QUAL CODE	ACCEPTED REFERENCE(S)	REJECTED REFERENCE(S)	
Molecular Weight	kg/kmol						32.042	1		1		
Critical Temperature	K						512.64		XE2	3843	3 4680	
Critical Pressure	Pa						8.0970E+06		XE3	3843	3 38	
Critical Volume	m**3/kmol						0.11800		XE4	3843	3 29	
Crit Compress Factor							0.224		D	PS 3843	3	
Melting Point	K						175.47		XE2	30	3 7	2 4
Triple Pt Temperature	K						175.47		XE2	30		
Triple Pt Pressure	Pa						1.1147E-01		P 4	PS		
Normal Boiling Point	K						337.85		XE2	30	6 3	
Liq Molar Volume	m**3/kmol						0.040581		X 2	PS		
H _f Heat of Formation	J/kmol						-2.0094E+08		XE2	3565	30 3	
IG Gibbs of Formation	J/kmol						-1.6232E+08	2	D 2	PS 1511	30	
IG Absolute Entropy	J/kmol**K						2.3988E+05		XE2	3565	15 3	
Heat Fusion at Melt Pt	J/kmol						3.2150E+06		XE1Z	2865	30	29 382
Stand Net Heat of Comb	J/kmol						-6.3820E+08	3	P 2	PS 400		
Acentric Factor							0.5640		D	PS 11	12	
Radius of Gyration	m						1.5520E-10		D 3	1112	11 12	
Solubility Parameter	(J/m**3)**.5						2.9590E+04		D 3	PS		
Dipole Moment	C**m						5.6700E-30		XE2Z	25		
van der Waals Volume	m**3/kmol						0.02171		D 2	72		
van der Waals Area	m**2/kmol						3.5800E+08		D 2	72		
Refractive Index							1.3265		XE1	3	39 1492	
Flash Point	K						284.00		XU0	256		
Flammability Limits	vol %						7.3 TO 36.0	4	XU0	256		
Autoignition Temp	K						737.00		XU0	256		

Issue Date: JULY 1981

Revision Date: AUG. 1994

- NOTES: 1. Acutely toxic chemical identified by EPA. C & EN, p. 20, January 6, 1986.
 2. Calculated from the enthalpy of formation and the absolute entropy.
 3. Value derived from enthalpy of formation.
 4. WARNING: FLAMMABILITY LIMITS ARE DETERMINED AT 298 K AND 1 ATMOSPHERE. HIGHER TEMPERATURES AND/OR HIGHER PRESSURES WILL LOWER THE LOWER LIMIT AND RAISE THE UPPER LIMIT.

EQUATION COEFFICIENTS

PROPERTY						UNITS	EQN	Q	COEFFICIENTS					
PROPERTY						UNITS	EQN	Q	A	B	C	D	E	
Solid Density							100	3	3.0585E+01					
Only one value available														
Min(163.15, 3.0585E+01)														
Liquid Density							105	2	2.2880E+00	2.6850E-01	5.1264E+02	2.4530E-01		
Min(175.47, 2.7912E+01)														
Max(512.64, 8.5214E+00)														
Vapor Pressure							101	2	8.1768E+01	-6.8760E+03	-8.7078E+00	7.1926E-06	2.0000E+00	
Min(175.47, 1.1147E-01)														
Max(512.64, 8.1402E+06)														
Heat of Vaporization							106	3	5.2390E+07	3.6820E-01				
Min(175.47, 4.4900E+07)														
Max(512.64, 0.0000E+00)														
Solid Heat Capacity							1	100	3	-1.2706E+04	9.5878E+02	-5.2332E+00	1.3152E-02	
Min(25.00, 8.1982E+03)														
Max(150.00, 5.7752E+04)														
Liquid Heat Capacity							100	2	1.0580E+05	-3.6223E+02	9.3790E-01			
Min(175.47, 7.1117E+04)														
Max(400.00, 1.1097E+05)														
Ideal Gas Heat Capacity							2	107	2	3.9252E+04	8.7900E+04	1.9165E+03	5.3654E+04	8.9670E+02
Min(200.00, 3.9802E+04)														
Max(1500.00, 1.0533E+05)														
Second Virial Coefficient							104	4	1.3000E-02	-1.4400E+01	-2.0600E+07	7.6000E+19	-4.6200E+22	
Min(298.15, -2.0770E+00)														
Max(1500.00, -2.7019E-03)														
Liquid Viscosity							101	4	-2.5317E+01	1.7892E+03	2.0690E+00			
Min(175.47, 1.1928E-02)														
Max(337.85, 3.4423E-04)														
Vapor Viscosity							102	5	3.0663E-07	6.9655E-01	2.0500E+02			
Min(240.00, 7.5232E-06)														
Max(1000.00, 3.1281E-05)														
Liq Thermal Conductivity							100	3	2.8370E-01	-2.8100E-04				
Min(175.47, 2.3439E-01)														
Max(337.85, 1.8876E-01)														
Vap Thermal Conductivity							102	4	-7.7630E+00	1.0279E+00	-7.4360E+07	6.7700E+09		
Min(273.00, 1.3652E-02)														
Max(1000.00, 1.3927E-01)														
Surface Tension							3	100	2	3.5130E-02	-7.0400E-06	-1.2160E-07		
Min(273.10, 2.4138E-02)														
Max(503.15, 8.0358E-04)														

Issue Date: JULY 1981

Revision Date: AUG. 1989

- NOTES: 1. Coefficients are for Crystal II; for Crystal I in the range 157.35 K to 175.61 K use the coefficients: A = 3.3425E+05, B = -3.7493E+03, C = 1.2214E+01. The transition point is at 157.4 K with heat of transition of 645600 J/kmol. (Ref. 383)
 2. In the temperature range 50 K to 200 K use equation 100 with A = 3.0270E+04, B = 8.4640E+01, C = -1.8800E-01.
 3. Data regressed with equation 100 because regression with equation 106 produces B coefficient less than 1.0 while theoretical universal constant should be 1.2. (see ref. 1008).

B. Δεδομένα Ισορροπίας Φάσεων Ατμού – Υγρού Μεθανόλης - Ισοπροπανόλης

```

(1) METHANOL
-----
(2) 2-PROPANOL
-----

+++++ ANTOINE CONSTANTS          REGION +++++
(1)   8.08097 1582.271 239.726 15- 84 C
(2)   8.87829 2010.330 252.636 -26- 83 C

PRESSURE= 760.00 MM HG ( 1.013 BAR )

LIT: KOHOUTOVA J.,SUSKA J.,NOVAK J.P.,PICK J.
    COLLECT.CZECH.CHEM.COMMUN.35,3210(1970).

CONSTANTS:      A12      A21      ALPHA12

MARGULES      -0.1583      0.0002
VAN LAAR      -0.1836      -0.0464
WILSON      -243.2630      909.7965
    NRTL      1198.4651      -809.2601      0.3012
UNIQUAC      801.9938      -465.4250

      EXPERIMENTAL DATA          MARGULES
      T DEG C      X1      Y1      DIFF T      DIFF Y1

      81.70 0.0450 0.0740 -0.10 -0.0010
      80.30 0.1200 0.1910 -0.12 -0.0069
      79.40 0.1685 0.2640 -0.07 -0.0103
      76.10 0.3430 0.5030 0.23 -0.0130
      73.50 0.4890 0.6530 0.58 -0.0203
      72.90 0.5245 0.6850 0.66 -0.0208
      71.00 0.6385 0.7840 0.86 -0.0132
      70.50 0.6680 0.8070 0.87 -0.0110
      69.40 0.7370 0.8550 0.93 -0.0079
      69.00 0.7650 0.8710 0.98 -0.0087
      68.30 0.8070 0.8980 0.94 -0.0057
      67.20 0.8785 0.9390 0.92 -0.0027
      66.70 0.9045 0.9550 0.80 0.0003
      66.30 0.9265 0.9680 0.72 0.0025
      65.90 0.9665 0.9770 0.89 -0.0075

      MEAN DEVIATION:      0.64 0.0088
      MAX. DEVIATION:      0.98 0.0208
    
```

Εξίσωση Antoine: $\log P^s = A - \frac{B}{t + C}$, P^s in mmHg, t in °C

C. Καμπύλη αναφοράς για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης μεθανόλης σε μίγμα μεθανόλης / 2-προπανόλης με χρήση του δείκτη διάθλασης στους 25°C

