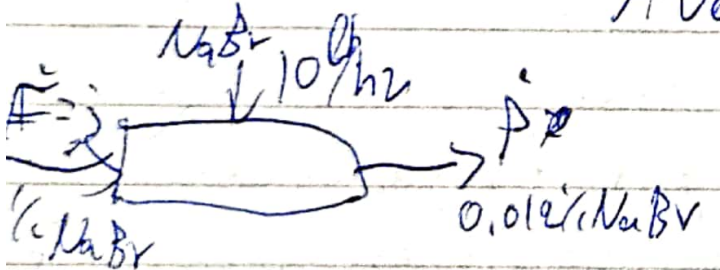


Πρ. 4.1.13 ^{στολολογικό} Για ~~το~~ συμπυκνωμένο υδατικό διάλυμα ενός μερικού ασοβόλου που δεν περιέχει ιόντα Br^- προσθέτουμε 10 lb/hr NaBr για 24 ώρες. Παρακάτω από το σημείο εισαγωγής, όπου NaBr έχει διαλυθεί και αναμειχθεί πλήρως μετράμε τη μάζα συγκέντρωσης του υδατικού διαλύματος με 0.01% NaBr . Η πυκνότητα του υδατικού διαλύματος είναι 60.3 lb/ft^3 ενώ του νερού 62.4 lb/ft^3 . Ποιος είναι ο ρυθμός ροής των υδατικού διαλύματος σε lb/min

Λύση

Ανοιχτό σύστημα, θερμοδυναμικά μονόσταθμο



είσοδοι: $F, P \rightarrow N_{\text{NaBr}} = 0$
 έξοδοι: $2 \text{ M}(\text{NaBr}, \text{υδατικό}) \rightarrow N_{\text{NaBr}} = 2$ } 0 lb/hr

Δουλεύουμε σε βάση της 1 hr (δένδρο) ή σε βάση 1 min (έντρο)

$2 \text{ M}(\text{H}_2\text{O})$: $F + 10 \text{ lb/hr} = P$

$1 \text{ M}(\text{NaBr})$: $0 \cdot F + \frac{10 \text{ lb}}{60 \text{ min}} = 0.00012 P \Rightarrow P = 8.33 \cdot 10^4 \text{ lb/hr} = 1388.33 \frac{\text{lb}}{\text{min}}$

$F = P - 10 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} / 60 \frac{\text{min}}{\text{hr}} = 1388.17 \text{ lb/min}$

150g

$$\xi = \frac{N_{CO}^{out} - N_{CO}^{in}}{N_{CO_2}} = \frac{10 - 0}{1} = 10 \text{ lbmol out/100 lbmol in}$$

$$N_{CO}^{in} = N_{CO}^{out} - N_{CO} \xi = 7 \text{ lbmol} (-1) \cdot 10 \text{ lbmol out/100 lbmol in} = 7 \text{ lbmol CO}$$

$$\text{ανέλαση } N_{O_2}^{in} = N_{O_2}^{out} - N_{O_2} \xi = 3 - (-1) \cdot 10 = 13 \text{ lbmol } O_2$$

πρ 5.34 Η εξαγωγή του προβλεπόμενου ήταν: * (No SiO₂)
 Ξυπό δείγμα ασβεστίου είναι πλήρως διαλυμένο HCl και δεν περιέχει Fe ή Al. Μετά την ανάδραση 100g δείγματος η ανάδραση βρέθηκε με 0.45g. υπολογίστε το ποσοστό του CaCO₃ και του MgCO₃ στον ασβεστίου.

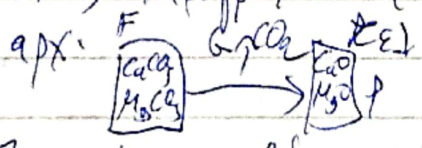
Η αντίδραση που δόθηκε ήταν:

$$\frac{x}{84.3} + \frac{(1-x)}{100} = \frac{0.450}{44} \Rightarrow 100x + 84.3 - 84.3x = 0.45 \cdot 84.3 \cdot 100 / 44$$

$$\Rightarrow x = 0.191 \Rightarrow MgCO_3 = 19.1\%, CaCO_3 = 80.9\%$$

Απαιτήσεις ερωτήσεις:

- α) Ποιες είναι οι πληροφορίες, πρέπει να διαφωτιστούν (ελλείψεις εξαγωγών)
- τα M_r (84.3, 100, 44) βρίσκουμε από την αντίδραση
- οι χημικές αντιδράσεις: CaCO₃ → CaO + CO₂, MgCO₃ → MgO + CO₂
- β) Τι μπορεί να είχε το δείγμα πριν τις διεργασίες; (φτιάξε σχήμα)
- όπως περιγράφεται η ανάδραση είναι συνεχής διεργ.



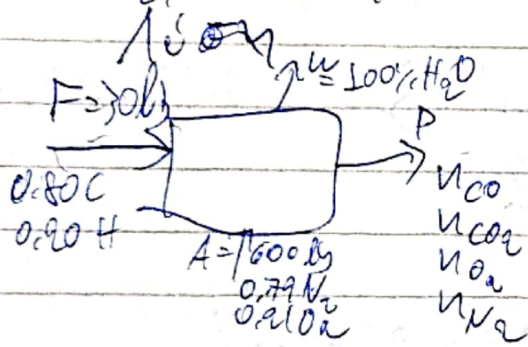
- γ) Ποια ήταν η βάση υπολογισμών στην ανάλυση;
 - 1g δείγματος (συνδυασμός με εφευρ.)
- δ) Ποιες ήταν οι γνωστές μεταβλητές στην εφευρ., οι τιμές και μονάδες;
 - F = 1g, G = 0.45g, δίνεται εφευρ.
- ε) Ποιες ήταν οι άγνωστες μεταβλητές στην εφευρ. και οι μονάδες τους;
 - Τα ποσοστά των MgCO₃ και CaCO₃ (σε %) στο F, και των MgO, CaO στο P (σε %), επίσης το P (σε %), επίσης το P (σε %), επίσης το P (σε %), επίσης το P (σε %).
- ε) Ποια είδη Μ μπορούν να διατηρηθούν σε αυτό το πρόβλημα;
 - Στοιχεία και (Mg, Ca, O, C) και το O₂ (όχι εφευρ. από τα 9.2.2)

δ) Ποιο είδος Ι.Μ. διασπύθρε σε δίοση του;
 - Στάσιος C (καταρρα)

η) Πόσους β. εδ. είχε το σύστημα;
 $N_{μει} = 9$ (4 σωματίδια + P), $N_{εξ} = 5$ (4 Ι.Μ + Σμ₁ = F)
 $\Rightarrow N_{β.εδ} = 0$

θ) Ηταν η δίοση σωστή;
 Ναι!

πρ. 9.5.2 30 lb άνθρακα, με όξωση 80% C, 20% H, αχνωμένη ερίνη
 καίγεται με 600 lb αέρα. Η αναγωγή Orsat δίνει αναλογία
 $CO_2 / CO = 3/2$. Ποιο το ποσοστό περιπτώσεων του αέρα



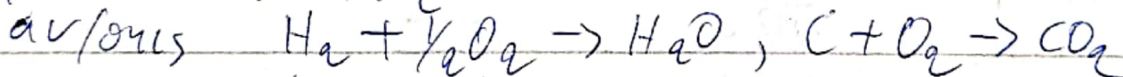
άγνωστοι P, W, # Ni $\rightarrow 6$

έξοχο: 4 στοιχεία Ι.Μ, $\frac{n_{CO_2}}{n_{CO}} = \frac{3}{2}$, Σn_i = P $\rightarrow 6$

(Βάση μολ. αλ 30 lb F)

$30 \text{ lb F} \cdot 0.8 = 24 \text{ lb C} \Rightarrow 2 \text{ mol C}$
 $30 \text{ lb F} \cdot 0.2 = 6 \text{ lb H} \Rightarrow 3 \text{ mol H}_2$

~~1.Μ Η: 3 mol H₂~~



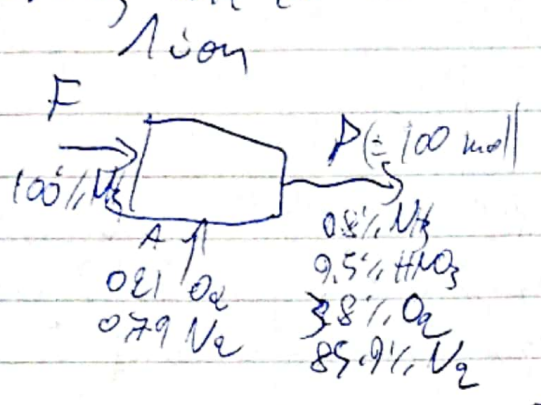
Για τον απαιτούμενο αέρα (O₂) υπολογίζουμε πλήρη καύση!!!
 άρα απαιτ. αέρας:

$3 \text{ mol H}_2 \rightarrow \frac{3}{2} \text{ mol O}_2$
 $2 \text{ mol C} \rightarrow 2 \text{ mol O}_2$
 $\Rightarrow \frac{7}{2} = 3.5 \text{ mol O}_2$ που ατμά
 μας συνδέδεται από
 $\frac{0.79}{0.21} \cdot 3.5 = 13.17 \text{ mol N}_2$

άρα ο απαιτ. αέρας ήταν $13.17 \text{ mol N}_2 \cdot 28 \text{ lb} = 368.67 \text{ lb}$
 $+ 3.5 \text{ mol O}_2 \cdot 32 \text{ lb} = 112 \text{ lb} = 480.67 \text{ lb αέρας}$

Άρα % περίσσεια = $\frac{600 \text{ lb αέρας} - 480.67 \text{ lb αέρας}}{480.67 \text{ lb αέρας}} \cdot 100 = 24.8\%$

Πρ. 5.5.13 Το νιτρώδες οξύ παράγεται από την αντίδραση του NH_3 με αέρα: $NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$. Το αέριο που εισέρχεται από τον αεραγωγό σε ξηρή βάση, έχει σύσταση 0.8% NH_3 , 9.5% H_2O , 38% O_2 , 85.9% N_2 . Προσδιορίστε το ποσοστό μεζυγισμένου NH_3 και το ποσοστό περίσσεια αέρα.



Λύση
 Αν. συστ. μολ. βασ (βασ. εισόδ.)
 αέρα: F_A, P Έστω $P=100 \text{ mol}$
 Το μζωο HNO_3 :

$$n_{NH_3}^{out} = n_{NH_3}^{in} + n_{HNO_3} \Rightarrow 9.5 = 0 + 1 \cdot \xi$$

$$\Rightarrow \xi = 9.5 \text{ mol αέρα}$$

 1. Μ. NH_3 : $n_{NH_3}^{in} = n_{NH_3}^{out} - n_{HNO_3} \Rightarrow 0.8 - (1)9.5$

$$\Rightarrow n_{NH_3}^{in} = 10.3 \text{ mol}$$

 1. Μ. O_2 : $n_{O_2}^{in} = 3.8 \text{ mol} + 2 \cdot 9.5 = 22.8 \text{ mol } O_2$

ο λ. μεζυγισ NH_3 θα είναι
 π.β. μεζ. = $\frac{\xi \cdot n_{NH_3}}{n_{NH_3}^{in}} \cdot 100 = \frac{9.5 \cdot 100}{10.3} = 92.2\%$

απαιτούμενο O_2 : $10.3 \text{ mol } NH_3 \cdot \frac{2}{1} \text{ mol} = 20.6 \text{ mol}$
 άρα % περίσσεια = $\frac{22.8 - 20.6}{20.6} \cdot 100 = 10.84\%$

Πρ. 9.1.4 Η ενέργεια που βρέθηκε στην επιφάνεια της γης με την ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά Μ.Ο. $32 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$. Έχει προκύψει η χρήση διαστημικών σταθμών σε σχήμα σφαιρικής τροχιάς 36,000 km πάνω από τη γη για συλλογή ηλιακής ενέργειας. Μετα η ενέργεια είναι η ενέργεια για να παραχθούν 10^8 W επί το έτος. Υποθέστε 10% μεζωο ή ξ να είναι σε η/ε και ίδια συνθήκες με την επιφάνεια της γης.

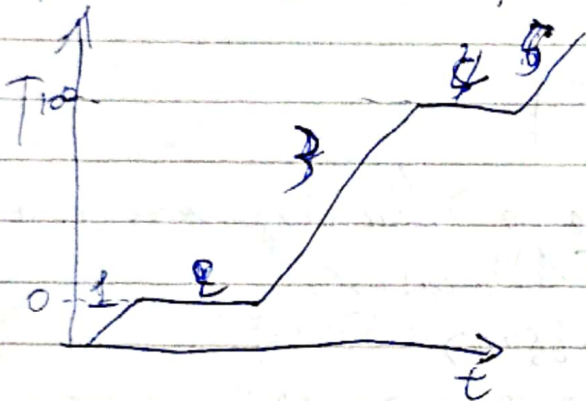
Λύση
 (Ανατρέχοντας στους πιν. βλ. π.β. μεζωο βρισκόμαστε στην αντιστοιχία)
 $\frac{10^8 \text{ W}}{5} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \cdot \frac{1}{4.184 \text{ cal}} = 1.43 \cdot 10^9 \frac{\text{cal}}{\text{min}}$
 $\frac{1.43 \cdot 10^9 \text{ cal}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{100 \text{ cm}^2}{\text{m}^2} = 4,481 \text{ m}^2$
 $4,481 \text{ m}^2 \cdot 0.1 = 44,813.6 \text{ m}^2$

Πρ. 9.1.14 Τρένορας με 5 κιν. στο οριζόντιο σιδηροδρομικό κομμάτι μήκους 400 κ.μ. Πόσο μακριά πρέπει να τρέξουν για να καίξουν 1 kg λίπους; Δίνεται η ισοδυναμία $1 \text{ kcal} = 4.18 \text{ kJ}$

Λύση
 Αφού οι 700 θερμίδες του λίπους πρόκειται για 700 kcal
 $= 2927 \text{ kJ}$

Για να καταναλώσουμε αυτή την ενέργεια πρέπει να τρέξουμε
 $\frac{2927 \text{ kJ}}{400 \text{ kJ/κμ}} = 80.5 \text{ κμ}$ και θα μας πάρει λίγο > 16.1 h

Πρ. 9.2.26 Ένα καθαρό ομογενές θερμάνεται με σταθερό μ.Θ. και αντιστοιχεί τους αριθμούς



α) θέρμανση αερίου, β) θέρμανση υγρού
 γ) θέρμανση στερεού, δ) \rightarrow - \leftarrow - \leftarrow - \leftarrow
 ε) \rightarrow - \leftarrow - \leftarrow - \leftarrow
 και συμπύκνωση της T_3 και T_4

Πρ. 9.3.7 Νερό θερμαίνεται σε κλειστό δοχείο πάνω σε εστία θέρμανσης ενώ αναδύεται. Στη διάρκεια της μελέτης 30 kg μεταφέρονται από το εστιασμένο νερό και 5 kg αέρα από το νερό στον αέρα ή ανάδευση παροίει 500 J έργο. Αν η αρχική ενέργεια του νερού ήταν 10 kJ, υπολογίστε την τελική ενέργεια.

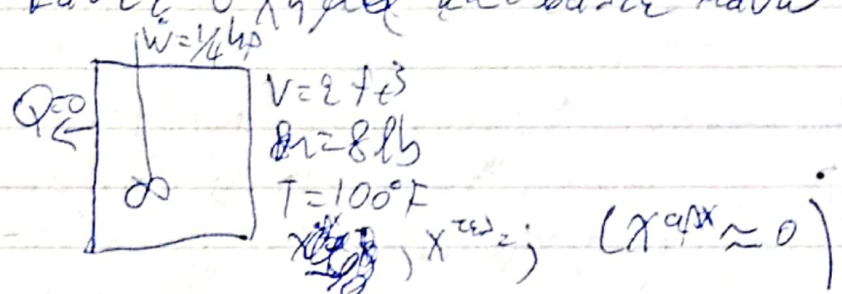
Λύση
 1. Έ. για κλειστό σύστ. σε μη-μον. κατ. μας δίνει
 $\Delta E = \Delta(U + P + K) = Q + W$

Η δυναμ. (P) και η κινητ. (K) ενέργεια δεν αλλάζουν.
 Έστω (U) αν $\Delta U = U_{\text{εστ}} - U_{\text{αρχ}} = U_{\text{εστ}} - 10 \text{ kJ}$
 $Q = 30 \text{ kJ} - 5 \text{ kJ} (= Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}) = 25 \text{ kJ}$, $W = 500 \text{ J} = 0.5 \text{ kJ}$
 οπότε, αντικαθιστούμε στο 1. Έ.

$U_{\text{εστ}} = U_{\text{αρχ}} + 25 \text{ kJ} + 0.5 \text{ kJ} = 35.5 \text{ kJ}$

Πρ. 9.3.19) Μια μονοατομική ιδεατή αέρια περιέχει νερό (8 lb) αναδύεται $\frac{1}{4}$ hp αναδύεται νερό για 1 h. Ποιο το κέρδος (προϊόντα) θερμότητας στο ζέθος της αέριας; Θεωρήστε ότι το έργο της αναδύσεως εισέρχεται στο σύστημα.

- Αν δεν μπορείτε να βρείτε αριθμητική λύση κάνετε τα παρακάτω:
- Αναφέρετε το σύστημα: 8 lb νερού μέσα στο δοχείο
 - Καθορίστε αν είναι ανοικτό/κλειστό και σε ποια κατάσταση: κλειστό σύστημα, μη-μον. κατάσταση
 - Κάντε σχήμα και βάλτε πάνω τα δεδομένα και τα ζητούμενα



δ) Γράψτε το 1.Ε και αποδομήστε το διαιολογώντας τις αλλαγές.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta P + \Delta K = Q + W + \Delta H_{\text{αναδ. μάζας}}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{μάζα}}$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{μάζα} \cdot \text{εξου.}}$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{εξουδ.}}$

- Η κινητ. ενρ (K) δεν αλλάζει γιατί το σύστημα παραμένει ακίνητο (όχι αλλαγή το δοχείο) ($\Delta P = 0$)
 - Η θερμότητα που αναδύεται είναι 0 γιατί μόνο κίνηση στο σύστημα ($Q = 0$)
 - Το έργο που αναδύεται είναι θετικό γιατί εισέρχεται στο σύστημα
 - Η ενθαλπία αναδύσεως είναι 0 γιατί η ποσότητα δέξαμενης $\Delta H = 0$
- Αρα το 1.Ε γράφεται: ~~$W = \Delta H - \Delta P$~~ $W = \Delta H - \Delta P$
- $-\Delta U = \Delta H - \Delta(PV) = \Delta H - v\Delta P$ (επειδή $\Delta v = 0$)

ε) Υπολογίστε το έργο:

$$W = W \Delta t = \frac{1}{4} \text{ hp} \cdot 1 \text{ h} \cdot 0.7068 \frac{\text{Btu/s}}{\text{hp}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 636 \text{ Btu}$$

στ) Γράψτε τις εξισώσεις που χρειάζονται για να βρούμε τον αριθμό των ημερών που χρειάζονται για να αναδύσει το νερό και εξηγήστε τη διαδικασία χωρίς να το λύσετε:

~~Από 1.Ε γράφεται $W_{\text{αε}} - W_{\text{αε}} = 636 \text{ Btu}$~~

→ $H_{\text{αρχ}} \approx H_{\text{ε, 100°F}}$ (πίνακες) κορ. νερού

$H_{\text{αρχ}} \approx H_{\text{ε, 100°F}}$ (πίνακες) κορ. νερού $P_{\text{αρχ}} = \frac{P^s}{100°F}$

→ οι εξισώσεις:

(1) $636 \text{ Btu} = 8 \text{ lb} (\hat{H}_{\text{αε,2}} - 67.97 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}) + 9 \text{ ft}^3 (P_{\text{αε,2}} - 0.9457 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}) \cdot \frac{144 \text{ in}^2}{748 \text{ Btu}} \cdot \frac{1 \text{ ft}^3}{\text{ft}^3}$

(2) $\frac{9 \text{ ft}^3}{8 \text{ lb}} = 0.95 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} = V_{\text{αε,2,l}} (1 - \chi_{\text{αε,2}}) + V_{\text{αε,2,v}} \chi_{\text{αε,2}}$
 $(\hat{H}_{\text{αε,2}} = (1 - \chi_{\text{αε,2}}) \hat{H}_l + \chi_{\text{αε,2}} \hat{H}_v)$

- Παράδειγμα:

Ψάχνουμε σε πίνακα κορεσμένου νερού μια θερμοκρασία ($T > 100°F$) οσηνοσσία οι ειδικό όγκοι του υγρού ($\hat{V}_{\text{αε,2,l}}$) και του αερίου ($\hat{V}_{\text{αε,2,v}}$) να δίνουν μια τιμή $\chi_{\text{αε,2}}$ μεταξύ 0 και 1 και του τόχρου η πίεση $P_{\text{αε,2}} = \frac{P^s}{T}$ και οι ειδικές ενθαλπίες (μαζί με το $\chi_{\text{αε,2}}$ που προκύπτει από την εξ. (2)) να είναι το ίδιο με την εξ. (1)

Πρ. 10.4.6. Τα αέρια της διάλυσης του πετρελαίου έχουν τη σύνθεση
 σ-δοσαση: 0. ολ) Υπολογίσε την ανώτερη θερμότητα $\Delta H_{\text{αε,2}}$
 C₂H₄ 88% σε Btu/lb, Btu/lbmol και Btu/ft³ @ 60°F
 C₃H₆ 8% 760 Torr
 C₃H₈ 4% β) Υπολογίσε την κατώτερη θερμότητα $\Delta H_{\text{αε,2}}$
 C₄H₁₀ 2% στις ίδιες μονάδες.

Λύση

Έστω 100 lb mol αερίων, η κ.σ. σ-δοσαση Ξ μετρον $\frac{\text{κατω}}{\text{mol}}$

Από το παράρτημα A βρίσκουμε τις ενθαλπίες καύσης για τα 4 αέρια, ενώ από το παράρτημα B υπολογίζουμε τα M_r (Ar: C=12, H=1)

αέριο	Mr	lb/mol	m(lb)	$-\Delta H_c^\circ$ (Btu/mol)	LHV (Btu/lbm)
CH ₄	16	88	1408	890.4	
C ₂ H ₆	30	6	180	1559.9	
C ₃ H ₈	44	4	176	2990.0	2994.0
C ₄ H ₁₀	58	2	116	2878.52	2878.8
		100	1880		

Εξορισμός η ενθαλπιακών ~~παι~~ ^{ισούται} με την ανώτερη Θερμότητα Δύναμη (για αυτό μπαίνουν ορισμούς) οπότε η ανώτερη Θερμ. Δύ. θα είναι ο σταθμισμένος Μ.Ο. των ενθαλπιών καύσης. Ο πιο απλός τρόπος είναι να πολλαπλασιάσουμε την ζέση της του μίγματος με τις εξακολουθεί καθαρές δόσεις των ενθαλπιών για 100 mol και να διαλέξουμε με 1000.

$$\bar{\Delta H}_{c,αερίου} = \frac{(88 \cdot 890.4 + 6 \cdot 1559.9 + 4 \cdot 2990.0 + 2 \cdot 2878.52)}{100}$$

mol CH₄ kJ/mol αέριο προα. βασ. mol αερίων

$$\Delta H_{c,αερίων} = -1023.52 \text{ kJ/mol}$$

$$a) HHV_1 = -\Delta H_c^\circ = 1023.52 \text{ kJ/mol} \cdot \frac{454 \text{ mol/lbmol}}{1.055 \text{ kJ/Btu}} = 440453 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol}}$$

$$HHV_a = \frac{HHV_1}{M_{αερίου}} = \frac{440453}{18.8} = 23428 \text{ Btu/lb}$$

οπότε τον πύναμα προκύπτει ότι το $M_{αερίου} = \frac{1880 \text{ lb}}{100 \text{ lbmol}} = 18.8 \frac{\text{lb}}{\text{lbmol}}$

Για τον γορλιανό όγκο στον 60°F και ~~760 Torr Hg~~ ^{760 Torr Hg} μπορούμε να μετατρέψουμε τη θερμοκρασία σε °R (+460) και την πίεση σε psia (=14.7) ή σε in Hg (διαφέρουμε 25.4 mm/in) * και να χρησιμοποιήσουμε την αντίστοιχη τιμή της σταθεράς των αερίων στην Κ.Ε.Ι. δ.α.α.

$$V_m = 10.73 \frac{\text{psia ft}^3}{\text{lbmol}^\circ\text{R}} \cdot (60+460)^\circ\text{R} / 14.7 \text{ psia} = 379.6 \frac{\text{ft}^3}{\text{lbmol}}$$

* ή οποιαδήποτε άλλο συνδυασμό μονάδων για τον υπολογισμό (π.χ. σε SI)

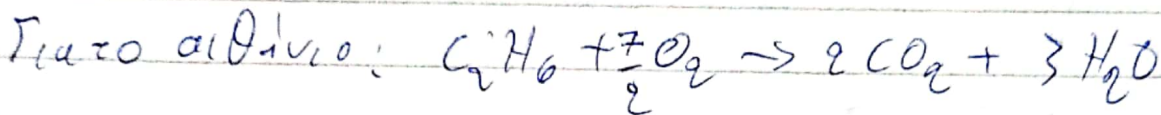
$$\text{Έτσι } HHV_3 = \frac{HHV_1}{V_m} = \frac{440453 \text{ Btu/lbmol}}{379.6 \text{ ft}^3/\text{lbmol}} = 1160.3 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}$$

β) Για να υπολογίσουμε τις αντίστοιχες ^{αέρια} LHV πρέπει να υπολογίσουμε τις LHV των επιμέρους ενώσεων.

Για το μεθάνιο



$$\text{LHV}_{\text{CH}_4} = \text{HHV}_{\text{CH}_4} - 2 \cdot \Delta H_{\text{vap, H}_2\text{O}} = 890.4 - 2 \cdot 43.9 = 802.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



$$\text{LHV}_{\text{C}_2\text{H}_6} = \text{HHV}_{\text{C}_2\text{H}_6} - 3 \cdot \Delta H_{\text{vap, H}_2\text{O}} = 1559.9 - 3 \cdot 43.9 = 1428.2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Για το προπύνη: $\text{LHV}_{\text{C}_3\text{H}_8} = 2220.0 - 4 \cdot 43.9 = 2044.4 \text{ kJ/mol}$

και για το βουτένη: $\text{LHV}_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 2878.52 - 5 \cdot 43.9 = 2659.02 \text{ kJ/mol}$

Ομοίως $\text{LHV}_{\text{αερίου}} \cdot 100 \text{ mol} = 88 \cdot 802.6 + 6 \cdot 1428.2 + 9044.4 \cdot 4 + 2 \cdot 2659.02$

$\rightarrow \text{LHV}_{\text{αερίου}} = 926.9 \text{ kJ/mol αερίου}$

και στα ζυγάδια:

$$\text{LHV}_1 = 926.9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{454 \frac{\text{mol}}{\text{lb mol}}}{1,055 \frac{\text{Btu}}{\text{kJ}}} = 398890 \text{ Btu/lb mol}$$

$$\text{LHV}_2 = \frac{\text{LHV}_1}{\text{Μπάρη}} = \frac{398890 \text{ Btu/lb mol}}{18.8 \text{ lb/lb mol}} = 212176 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{LHV}_3 = \frac{\text{LHV}_1}{V_m} = \frac{398890 \text{ Btu/lb mol}}{379.6 \text{ ft}^3/\text{lb mol}} = 1050.8 \text{ Btu/ft}^3 @ 60^\circ\text{F} 760 \text{ Torr}$$