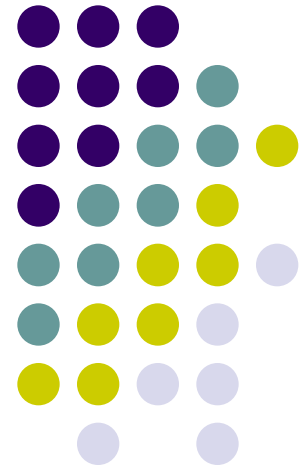


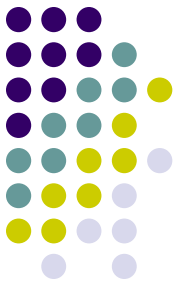
Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών

6ο εξάμηνο

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

4^ο μάθημα

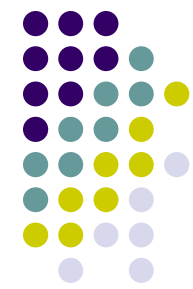




Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ Η ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

9.1 Στοιχειομετρία

9.2 Ορολογία για Εφαρμογές της Στοιχειομετρίας



C_7H_{16}	+	$11 O_2$	\rightarrow	$7 CO_2$	+	$8 H_2O$
Έπτάνιο	αντιδρά μέ	οξυγόνο	και δίνει	διοξειδίο του άνθρακα	και	νερό
Ποιοτικές πληροφορίες						
1 μόριο έπτανίου	αντιδρά μέ	11 μόρια οξυγόνου	και δίνει	7 μόρια διοξειδίου του άνθρακα	και	8 μόρια νερού
6.023×10^{23} μόρια C_7H_{16}	+	$11 (6.023 \times 10^{23})$ μόρια O_2	\rightarrow	$7 (6.023 \times 10^{23})$ μόρια CO_2	+	$8 (6.023 \times 10^{23})$ μόρια H_2O
1 g mole C_7H_{16}	+	11 g mole O_2	\rightarrow	7 g mole CO_2	+	8 g mole H_2O
1 kg mole C_7H_{16}	+	11 kg mole O_2	\rightarrow	7 kg mole CO_2	+	8 kg mole H_2O
1 lb mole C_7H_{16}	+	11 lb mole O_2	\rightarrow	7 lb mole CO_2	+	8 lb mole H_2O
1 ton mole C_7H_{16}	+	11 ton mole O_2	\rightarrow	7 ton mole CO_2	+	8 ton mole H_2O
1 (100) g C_7H_{16}	+	11 (32) g O_2	\rightarrow	7 (44) g CO_2	+	8 (18) g H_2O
100 g		352 g		308 g		144 g
452 g			=	452 g		
452 kg			=	452 kg		
452 lb			=	452 lb		
452 ton			=	452 ton		

Σχήμα Η χημική εξίσωση.

Βάση : 10.0 kg C_7H_{16}

Συστατικό	M. B.
C_7H_{16}	100.1
O_2	32.0
CO_2	44.0
H_2O	18.0

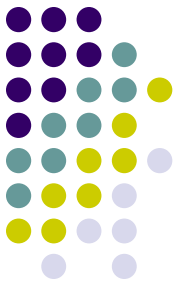
1 kg mole C_7H_{16} + 11 O₂ → 7 kg mole CO_2 + 8 H₂O

$$\frac{10.0 \text{ kg } C_7H_{16}}{100.1 \text{ kg } C_7H_{16}} = 0.100 \text{ kg mole } C_7H_{16} \rightarrow \frac{0.700 \text{ kg mole } CO_2}{44.0 \text{ kg } CO_2} = 30.8 \text{ kg } CO_2$$

10.0 kg C_7H_{16} παράγουν 30.8 kg CO_2

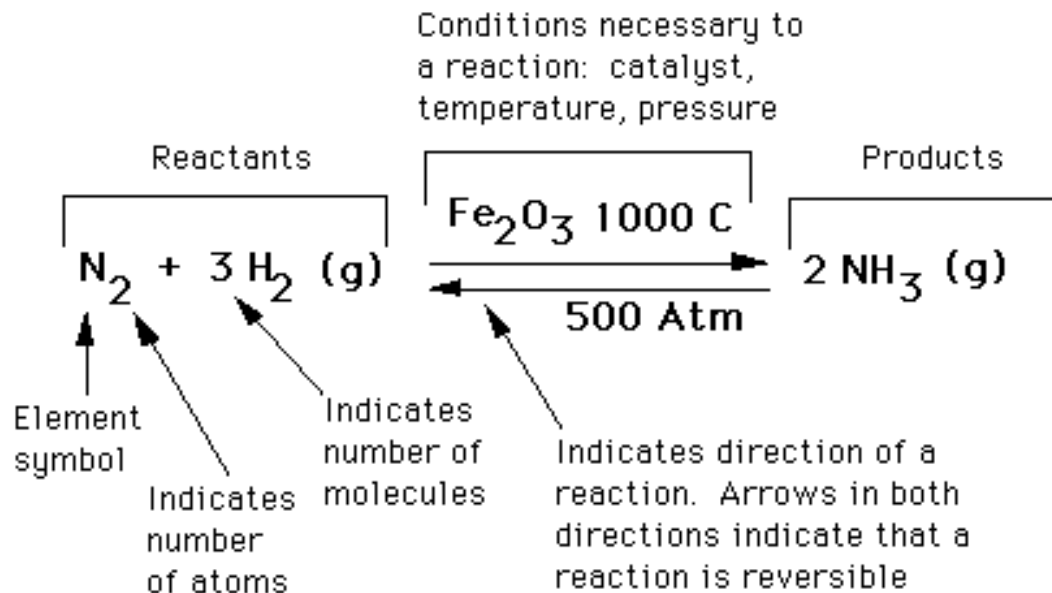
Σχήμα Στοιχειομετρία.

Στο τέλος του σημερινού μαθήματος θα πρέπει να μπορείτε:



1. Να γράφετε και να συμπληρώνετε τους στοιχειομετρικούς συντελεστές στις εξισώσεις των χημικών αντιδράσεων.
2. Να αναγνωρίζετε τα προϊόντα κοινών αντιδράσεων με γνωστά αντιδρώντα.
3. Να προσδιορίζετε τις στοιχειομετρικές ποσότητες των αντιδρώντων και προϊόντων σε moles ή σε μάζα σε μία χημική αντίδραση.
4. Να ορίζετε την περίσσεια αντιδρώντος, το περιοριστικό αντιδρών, την μετατροπή, το βαθμό μετατροπής, την εκλεκτικότητα, την απόδοση και την έκταση μιας αντίδρασης.
5. Να αναγνωρίζετε τα περιοριστικά αντιδρώντα και τα αντιδρώντα σε περίσσεια, και να υπολογίζετε το κλάσμα ή την περιεκτικότητα των αντιδρώντων σε περίσσεια, το ποσοστό μετατροπής και την έκταση μιας αντίδρασης όπου τα αντιδρώντα δεν βρίσκονται σε στοιχειομετρική αναλογία.

THE CHEMICAL EQUATION

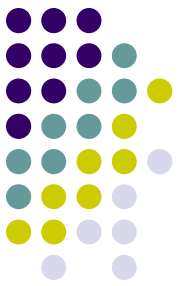


The coefficient values in an equation do not indicate amounts in any particular system of measure. The coefficients in an equation indicate a *proportion* of one reactant to another. For example, if the following values were assigned to the above equation, differing amounts of the same product would result.

1 molecule N₂ + 3 molecules H₂ <-----> 2 molecules NH₃
 1 mole N₂ + 3 moles H₂ <-----> 2 moles NH₃
 28 metric tons N₂ + 6 metric tons H₂ <-----> 34 metric tons NH₃

Source: The Volume Library, Volume One, The SouthWestern Company, Nashville, Tennessee, 1995





Στοιχειομετρία



Έστω ότι σας ζητείται η ποσότητα σε kg του CO_2 που σχηματίζεται αν 10 kg C_7H_{16} αντιδράσουν πλήρως με στοιχειομετρική ποσότητα O_2 . Με βάση τα 10 kg C_7H_{16} :

$$\frac{10 \text{ kg C}_7\text{H}_{16}}{100.1 \text{ kg C}_7\text{H}_{16}} \left| \frac{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}}{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}} \right| \left| \frac{7 \text{ kg mol CO}_2}{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}} \right| \left| \frac{44.0 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kg mol CO}_2} \right| = 30.8 \text{ kg CO}_2$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9.1 Συμπλήρωση Εξίσωσης Βιολογικών Αντιδράσεων

Η κυριότερη πηγή ενέργειας για τα κύτταρα είναι ο αερόβιος καταβολισμός (οξειδωση) της γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$, σάκχαρο). Η συνολική οξειδωση της γλυκόζης οδηγεί στον σχηματισμό CO_2 και H_2O σύμφωνα με την αντίδραση



Προσδιορίστε τις τιμές των a , b και c .

Λύση:

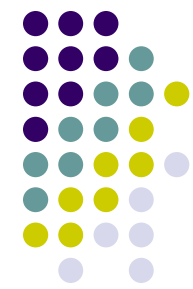
Βάση: Η συγκεκριμένη αντίδραση

Το ισοζύγιο του άνθρακα δίνει $\beta = 6$, το ισοζύγιο του υδρογόνου δίνει $\gamma = 6$ και το ισοζύγιο του οξυγόνου δίνει

$$6 + 2a = 6 \times 2 + 6$$

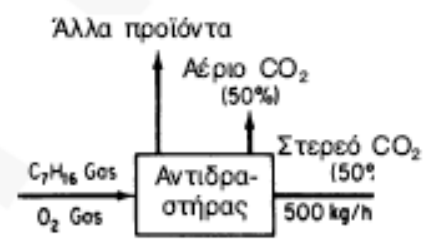
δίνει $\alpha = 6$. Επομένως η συμπληρωμένη αντίδραση έχει ως εξής



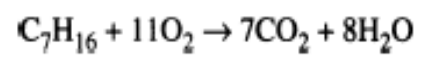


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9.2 Υπολογισμός της Μάζας των Αντιδρώντων από την Μάζα των Προϊόντων με τη χρήση της Εξίσωσης της Χημικής Αντίδρασης

Κατά την καύση του επτανίου, παράγεται CO_2 . Έστω ότι θέλετε να πάρετε 500 kg ξηρού πάγου την ώρα και ότι το 50% του CO_2 μετατρέπεται σε ξηρό πάγο όπως φαίνεται στο Σχήμα E9.2. Πόσα kg επτανίου πρέπει να καίγονται την ώρα;



Σχήμα E9.2

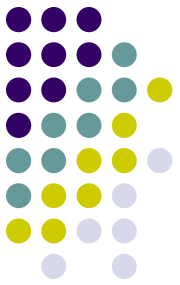


Το επόμενο βήμα σας είναι η επιλογή βάσης.

Βάση: 500 kg ξηρού πάγου (αντιστοιχεί σε 1 hr)

Ο υπολογισμός της ποσότητας C_7H_{16} μπορεί να γίνει με την παρακάτω ακολουθία:

$$\begin{aligned} & \frac{500 \text{ kg dry ice}}{1} \left| \frac{1 \text{ kg CO}_2}{0.5 \text{ kg dry ice}} \right| \left| \frac{1 \text{ kg mol CO}_2}{44.0 \text{ kg CO}_2} \right| \left| \frac{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}}{7 \text{ kg mol CO}_2} \right| \\ & \left| \frac{100.1 \text{ kg C}_7\text{H}_{16}}{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}} \right| = 325 \text{ kg C}_7\text{H}_{16} \end{aligned}$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1.24 Στοιχειομετρία

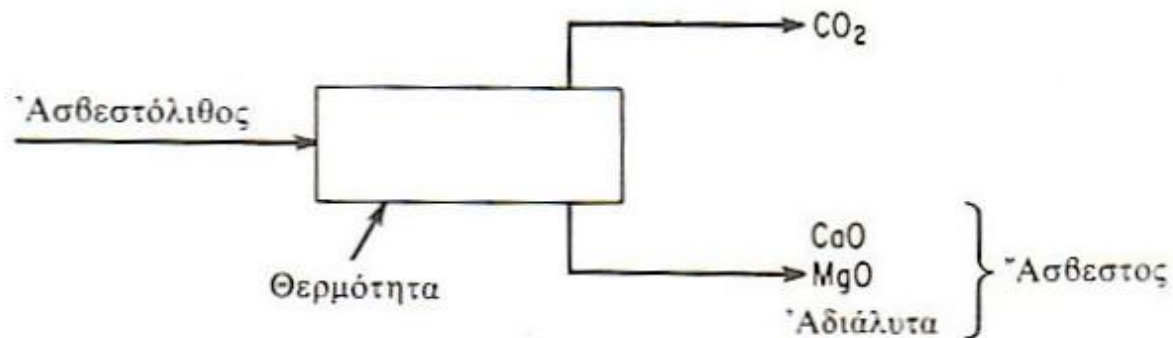
Ἡ ἀνάλυση ἑνὸς ἀσβεστολίθου ἔδωσε :

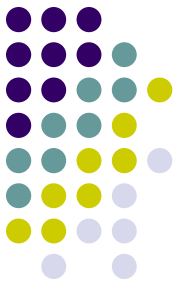
CaCO ₃	92.89
MgCO ₃	5.41
Ἄδιάλυτα	1.70

- (α) Πόσα kg ὀξειδίου τοῦ ἀσβεστίου παράγονται ἀπὸ 5 τόννους αὐτοῦ τοῦ ἀσβεστολίθου ;
- (β) Πόσα kg CO₂ σχηματίζονται ἀνά kg ἀσβεστολίθου ;
- (γ) Πόσα kg ἀσβεστολίθου ἀπαιτοῦνται γιὰ τὴν παραγωγή 1 t ἀσβέστου ;

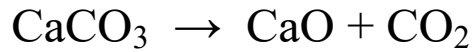
Λύση :

Ἡ ἄσβεστος περιέχει ὅλες τὶς προσμίξεις τοῦ ἀσβεστολίθου μετὰ τὴν ἀπομάκρυνση τοῦ CO₂.





Αντιδράσεις:



Μοριακά Βάρη

$$\text{MB}_{\text{CaCO}_3} : 100$$

$$\text{MB}_{\text{MgCO}_3} : 84.3$$

$$\text{MB}_{\text{CaO}} : 56$$

$$\text{MB}_{\text{MgO}} : 40.3$$

$$\text{MB}_{\text{CO}_2} : 44$$

Αναλυτικός Πίνακας

Αντιδρώντα	Kg = %	Kg-mole	Προϊόντα	Kg-mole	Kg
CaCO ₃	92.89	0.9289	CaO	0.9289	52.02
MgCO ₃	5.41	0.0641	MgO	0.0641	2.58
			CO ₂	0.9289+0.0641=0.9930	43.69
Αδιάλυτα	1.70		Αδιάλυτα		1.70
Σύνολο	100.00	0.9930		1.9860	100.00



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9.3 Εφαρμογή της Στοιχειομετρίας Όταν Πραγματοποιούνται Περισσότερες από Μία Χημικές Αντιδράσεις

Από μία ανάλυση ασβεστόλιθου παίρνουμε τα εξής δεδομένα (% κατά βάρος)

CaCO_3 92.89 %, MgCO_3 5.41 %, Αδρανή 1.70 %

Με θέρμανση του ασβεστόλιθου λαμβάνονται οξείδια, που αποτελούν τον ασβέστη.

- (α) Πόσες λίβρες οξειδίου του ασβεστίου μπορούν να παραχθούν από 1 τόνο αυτού του ασβεστόλιθου;
- (β) Πόσες λίβρες CO_2 ανακτώνται ανά λίβρα ασβεστόλιθου;
- (γ) Πόσες λίβρες ασβεστόλιθου απαιτούνται για τον σχηματισμό 1 τόνου ασβέστη;

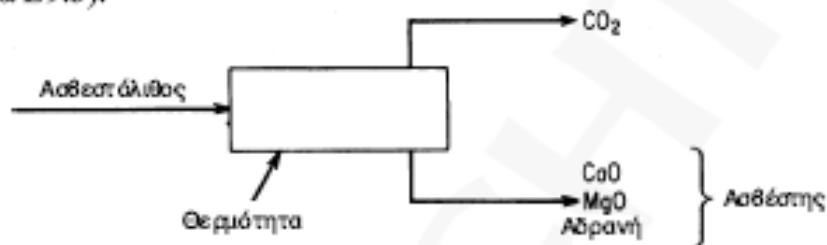


Βήματα 1, 2 και 3

Διαβάστε το πρόβλημα προσεχτικά ώστε να καταλάβετε τι ακριβώς σας ζητείται. Τα ανθρακικά άλατα διασπώνται σε οξειδία. Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι ο ασβέστης (οξειδία του Ca και του Mg) περιέχει και αδρανή συστατικά που προέρχονται από τον ασβεστόλιθο που απομένει μετά την απομάκρυνση του CO₂.

Βήμα 2

Στη συνέχεια, κάντε ένα σχήμα σχετικό με το τι συμβαίνει στην διεργασία αυτή (Σχήμα E9.3).



Σχήμα E9.3

Βήμα 4

Για να συμπληρώσετε την προκαταρκτική ανάλυση χρειάζεστε τις ακόλουθες χημικές εξισώσεις:



Άλλα δεδομένα που πρέπει να αναζητήσετε (ή να υπολογίσετε) είναι τα μοριακά βάρη των ενώσεων:

	CaCO ₃	MgCO ₃	CaO	MgO	CO ₂
Mol. Wt.:	100.1	84.32	56.08	40.32	44.0

Βάση: 100 lb ασβεστόλιθου

Η βάση αυτή επιλέχτηκε γιατί οι λίβρες θα είναι ίσες με το ποσοστό επί τοις εκατό. Θα μπορούσατε επίσης να επιλέξετε 1 lb ασβεστόλιθου ή 1 ton.

Ασβεστόλιθος			Χημική ένωση		
Συστατικό	lb = % Ποσοστό	lb mol	Στερεά προϊόντα	lb mol	lb
CaCO ₃	92.89	0.9280	CaO	0.9280	52.04
MgCO ₃	5.41	0.0642	MgO	0.0642	2.59
Αδρανή	1.70		Αδρανή		1.70
Σύνολο	100.00	0.9920	Σύνολο	0.9920	56.33

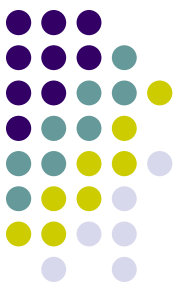
Το CO₂ που παράγεται είναι:

0.9280 lb mol CaO είναι ισοδύναμο με 0.9280 lb mol CO₂

0.0642 lb mol MgO είναι ισοδύναμο με 0.0642 lb mol CO₂

Σύνολο 0.992 lb mol CO₂

$$\frac{0.992 \text{ lb mol CO}_2}{1 \text{ lb mol CO}_2} \left| \frac{44.0 \text{ lb CO}_2}{1 \text{ lb mol CO}_2} \right. = 44.65 \text{ lb CO}_2$$



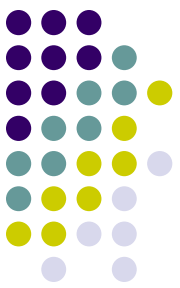
Εναλλακτικά, θα μπορούσατε να υπολογίσετε τις lb του CO₂ από το ολικό ισοζύγιο : $100 - 56.33 = 44.67$. Σημειώστε ότι οι ολικές λίβρες όλων των προϊόντων ισοδυναμούν με 100 lb εισαγόμενου ασβεστόλιθου. Αν δεν ίσχυε αυτό, τι θα μπορούσατε να κάνετε; Ελέγξτε τις τιμές των μοριακών βαρών και τους υπολογισμούς σας.

Τώρα, για να υπολογίσετε τις ποσότητες που ζητήθηκαν αρχικά:

$$\text{(α) παραγόμενο CaO} = \frac{52.04 \text{ lb CaO}}{100 \text{ lb ασβεστόλ.θ}} \left| \frac{2000 \text{ lb}}{1 \text{ ton}} \right. = 1041 \text{ lb CaO/ton (ασβεστόλιθος)}$$

$$\text{(β) ανακτόμενο CO}_2 = \frac{\overset{4}{\cancel{43.65}} \text{ lb CO}_2}{100 \text{ lb ασβεστόλ.θ}} = \overset{4}{0.437} \text{ lb CO}_2/\text{lb (ασβεστόλιθος)}$$

$$\text{(γ) ασβεστόλιθος που απαιτείται} = \frac{100 \text{ lb ασβεστόλ.θ}}{56.33 \text{ lb lime}} \left| \frac{2000 \text{ lb}}{1 \text{ ton}} \right. = \frac{3550 \text{ lb ασβεστόλ.θ.}}{\text{ton lime}}$$



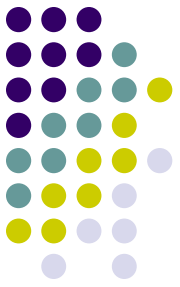
Ερώτηση κρίσεως

Κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος ένας εργαζόμενος έχασε τη ζωή του. Ένας μεγάλος εξατμιστήρας από χάλυβα που περιείχε εσωτερικούς σωλήνες θέρμανσης έπρεπε να καθαριστεί για να γίνει συντήρηση με χλωριούχο μαγνήσιο. Έτσι, σφραγίστηκε, αδειάστηκε και πλύθηκε. Την επόμενη μέρα δύο εργαζόμενοι που ανέλαβαν την συντήρηση μπήκαν στην δεξαμενή για να επισκευάσουν τους σωλήνες. Έπεσαν αναίσθητοι, πιθανόν εξαιτίας της έλλειψης οξυγόνου. Αργότερα, ο ένας εργαζόμενος συνήλθε αλλά ο άλλος δεν ανέκτησε ποτέ τις αισθήσεις του και πέθανε μερικές ημέρες αργότερα.

Τι προκάλεσε κατά τη γνώμη σας το ατύχημα (η έλλειψη οξυγόνου);



Ορισμοί



Περιοριστικό αντιδρόν

Το αντιδρόν που βρίσκεται στοιχειομετρικά στη μικρότερη ποσότητα

Αντιδρόν σε περίσσεια

Το αντιδρόν που βρίσκεται σε ποσότητα μεγαλύτερη από το περιοριστικό

Βαθμός μετατροπής

Το ποσοστό % (ή το κλάσμα) της τροφοδοσίας ή κάποιου υλικού της τροφοδοσίας που μετατρέπεται σε προϊόντα.

Εκλεκτικότητα (βαθμός απόδοσης, απόδοση μετατροπής)

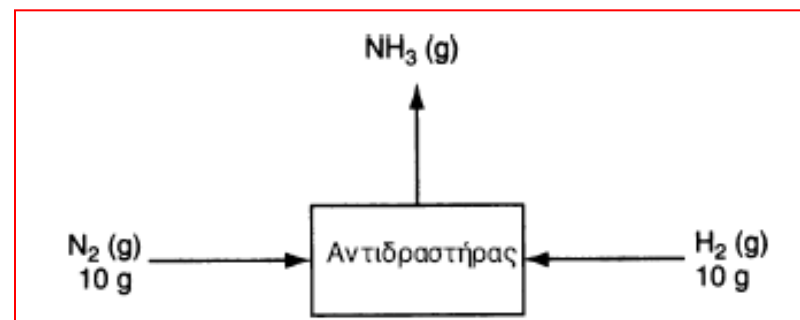
Εκφράζει την ποσότητα του επιθυμητού προϊόντος σαν ποσοστό επί της συνολικής ποσότητας προϊόντων που προκύπτουν θεωρητικά.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9.5 Υπολογισμός του Περιοριστικού Αντιδρώντος και του Αντιδρώντος σε Περίσσεια από τη Μάζα των Αντιδρώντων



Αν ένας αντιδραστήρας τροφοδοτηθεί με 10 g αέριου N_2 και 10 g αέριου H_2 :

- Ποιος είναι η μέγιστη ποσότητα σε g NH_3 που μπορεί να παραχθεί;
- Ποιο είναι το περιοριστικό αντιδρών;
- Ποιο είναι το αντιδρών σε περίσσεια;



	$N_2(g)$	+	$3H_2(g)$	→	$2NH_3(g)$
Δεδομένα g:	10		10		0
ΜΒ:	28		2.016		17.02
g mol που υπολογίζονται:	0.357		4.960		0

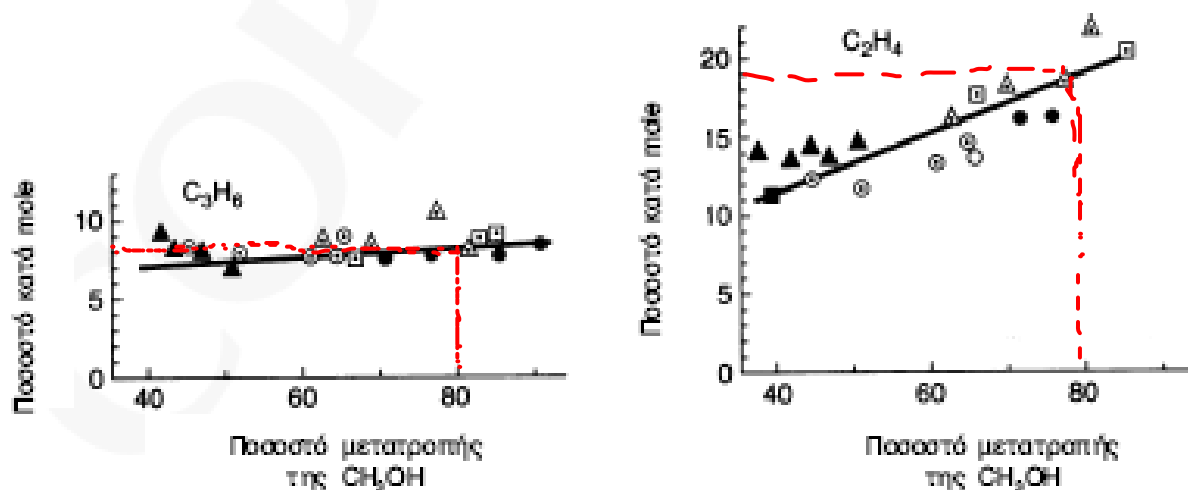
N2	3 H2	2 NH3
g mol		
0,357	4,960	
0,357	1,071	0,714
1,653	4,960	

Ορισμοί

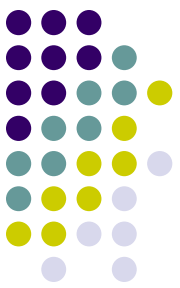
Εκλεκτικότητα είναι το κλάσμα των moles ενός συγκεκριμένου (συνήθως του επιθυμητού) προϊόντος που παράγεται προς τα moles ενός άλλου προϊόντος, συνήθως μη επιθυμητού ή παραπροϊόντος, σε μία ομάδα αντιδράσεων. Για παράδειγμα, η μεθανόλη μπορεί να μετατραπεί σε αιθυλένιο ή προπυλένιο σύμφωνα με τις αντιδράσεις



Βεβαίως, για να έχουμε μία οικονομικά συμφέρουσα διεργασία, οι τιμές των προϊόντων πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές των αντιδρώντων. Εξετάστε τα δεδομένα του Σχήματος 9.1 για τις συγκεντρώσεις των προϊόντων των αντιδράσεων. Ποια είναι η εκλεκτικότητα του C_2H_4 σε σχέση με το C_3H_6 για μετατροπή 80% της CH_3OH ; Προχωρήστε από την μετατροπή 80% προς τα πάνω για να πάρετε για το $\text{C}_2\text{H}_4 \cong 19 \text{ mole } \%$ και για το $\text{C}_3\text{H}_6 \cong 8 \text{ mole } \%$. Επειδή η βάση και για τις δύο τιμές είναι η ίδια, μπορείτε να υπολογίσετε την εκλεκτικότητα $19/8 \cong 24 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4$ ανά mol C_3H_6 .



Ορισμοί



Δεν υπάρχουν παγκόσμια αποδεκτοί ορισμοί για την απόδοση μιας αντίδρασης, στην πραγματικότητα συμβαίνει το αντίθετο. Τρεις κοινοί ορισμοί είναι οι εξής:

- **Απόδοση (που βασίζεται στην τροφοδοσία):** Το ποσό (μάζα ή moles) του επιθυμητού προϊόντος που λαμβάνεται προς το ποσό του βασικού (συχνά του περιοριστικού) αντιδρώντος της τροφοδοσίας.
- **Απόδοση (που βασίζεται στο αντιδρών που καταναλώνεται):** Το ποσό (μάζα ή moles) του επιθυμητού προϊόντος που λαμβάνεται προς το ποσό του βασικού (συχνά του περιοριστικού) αντιδρώντος που καταναλώνεται.
- **Απόδοση (που βασίζεται στην θεωρητική κατανάλωση του περιοριστικού αντιδρώντος):** Το ποσό (μάζα ή moles) του επιθυμητού προϊόντος που λαμβάνεται προς το θεωρητικό (αναμενόμενο) ποσό του προϊόντος που θα λαμβανόταν με βάση το περιοριστικό αντιδρών, στην εξίσωση της χημικής αντίδρασης, εάν αυτό καταναλωνόταν πλήρως.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1.25 Περιοριστικό αντιδρόν και άτελής αντίδραση

Τό αντιμόνιο παρασκευάζεται θερμαίνοντας κονιοποιημένο αντιμονίτη και άπορρίματα σιδήρου, όποτε τό αντιμόνιο άπομακρύνεται σάν ύγρό άπό τόν πυθμένα του δοχείου της αντίδρασης :

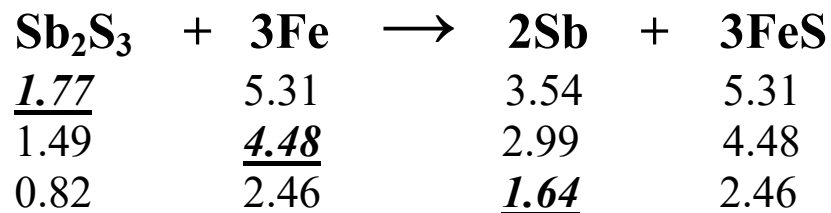


Άν 0.600 kg αντιμονίτη και 0.250 kg ριτισμάτων σιδήρου θερμαίνονται, και δίνουν 0.200 kg μεταλλικού Sb, βρείτε :

- (α) Τό περιοριστικό αντιδρόν.
- (β) Τό αντιδρόν σε περίσσεια και τήν % περίσσειά του.
- (γ) Τόν βαθμό μετατροπής της αντίδρασης.
- (δ) Τόν % βαθμό μετατροπής.
- (ε) Τήν % έκλεκτικότητα.
- (στ) Τήν άπόδοση.



Ένωση / Στοιχείο	g	MB	g-mole
Sb ₂ S ₃	600	340	1.77
Fe	250	56	4.48
Sb	200	122	1.64
FeS		88	



α) Περιοριστικό αντιδρών = Fe

β) Αντιδρών σε περίσσεια = Sb₂S₃,
 % περίσσεια = [(1.77-1.49)/1.49]×100 = 18.8% περίσσεια Sb₂S₃

γ), δ) Για την παραγωγή 1.64 g-mole Sb (προϊόν) αντιδρούν 2.46 g-mole Fe
 APA: Βαθμός Μετατροπής = 2.46 / 4.48 = 0.55 ή 55 % του Fe σε FeS
 = 0.82 / 1.77 = 0.46 ή 46 % του Sb₂S₃ σε Sb

ε) εκλεκτικότητα = ποσότητα επιθυμητού προϊόντος συγκριτικά με το θεωρητικό ποσό που μπορεί να παραχθεί = (1.64 / 2.99) × 100 = 55 %

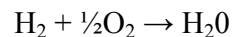
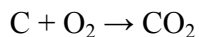
στ) Απόδοση = (Βάρος Τελικού Προϊόντος) / (Βάρος αρχικού αντιδρώντος) =
 = 0.200 / 0.600 = 33%

Παράδειγμα

Να υπολογιστεί η θεωρητική ποσότητα αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση 1 kg κώκ (ανάλυση κώκ, C : 89 %, H : 1 %, τέφρα : 10 %).

Λύση

Αντιδράσεις



Πίνακας

Ένωση / Στοιχείο	Kg	Kg-mole
κώκ	1	
C	0,89	0,074
H	0,01	0,005

Η θεωρητική ποσότητα του απαιτούμενου O_2 : $0,074 + (1/2)0,005 = 0,0765 \text{ Kg-mole}$
 $= 2,448 \text{ Kg}$

Η θεωρητική ποσότητα του απαιτούμενου αέρα: $0,0765 \times (100/21) = 0,36 \text{ Kg-mole}$
 $= 10,56 \text{ Kg αέρα}$
 $= 8,06 \text{ m}^3 \text{ σε ΚΣ}$

Αν απαιτείται περίσσεια αέρα 10 % τότε η ποσότητα του αέρα θα είναι:
 $0,36 \times 1,1 = 0,407 \text{ kg-mole αέρα}$

Αν 0,407 kg-mole αέρα χρησιμοποιούνται για την καύση 1 kg κώκ και από την καύση προκύπτει CO ποια είναι η περίσσεια του αέρα?

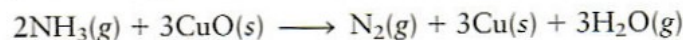
Επειδή ως περίσσεια ορίζεται η ποσότητα που απαιτείται για την πλήρη αντίδραση (καύση), η % περίσσεια είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις.



Nitrogen gas can be prepared by passing gaseous ammonia over solid copper(II) oxide at high temperatures. The other products of the reaction are solid copper and water vapor. If 18.1 g of NH_3 is reacted with 90.4 g of CuO , which is the limiting reactant? How many grams of N_2 will be formed?

Solution

The description of the problem leads to the balanced equation



Next, we must compute the moles of NH_3 and of CuO :

$$18.1 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17.0 \text{ g NH}_3} = 1.06 \text{ mol NH}_3$$

$$90.4 \text{ g CuO} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{79.5 \text{ g CuO}} = 1.14 \text{ mol CuO}$$

The limiting reactant is determined by using the mole ratio for CuO and NH_3 :

$$1.06 \text{ mol NH}_3 \times \frac{3 \text{ mol CuO}}{2 \text{ mol NH}_3} = 1.59 \text{ mol CuO}$$

Thus 1.59 mol of CuO is required to react with 1.06 mol of NH_3 . Since only 1.14 mol of CuO is actually present, the amount of CuO is limiting.

We can verify this conclusion by comparing the mole ratio of CuO and NH_3 required by the balanced equation,

$$\frac{\text{mol CuO}}{\text{mol NH}_3} \text{ (required)} = \frac{3}{2} = 1.5$$

with the mole ratio actually present,

$$\frac{\text{mol CuO}}{\text{mol NH}_3} \text{ (actual)} = \frac{1.14}{1.06} = 1.08$$

Since the actual ratio is too small (smaller than 1.5), CuO is the limiting reactant.

Because CuO is the limiting reactant, we must use the amount of CuO to calculate the amount of N_2 formed:

$$1.14 \text{ mol CuO} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{3 \text{ mol CuO}} = 0.380 \text{ mol N}_2$$

Using the molar mass of N_2 , we can calculate the mass of N_2 produced:

$$0.380 \text{ mol N}_2 \times \frac{28.0 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 10.6 \text{ g N}_2$$





The sulfide ore of zinc (ZnS) is reduced to elemental zinc by “roasting” it (heating it in air) to give ZnO and then heating the ZnO with carbon monoxide. The two reactions can be written as



Suppose 5.32 kg of ZnS is treated in this way and 3.30 kg of pure Zn is obtained. Calculate the theoretical yield of Zn and its actual percentage yield.

Solution

From the molar mass of ZnS (97.46 g mol^{-1}), the chemical amount of ZnS initially present is

$$\frac{5320 \text{ g ZnS}}{97.46 \text{ g mol}^{-1}} = 54.6 \text{ mol ZnS}$$

Because each mole of ZnS gives 1 mol of ZnO in the first chemical equation, and each mole of ZnO then gives 1 mol of Zn, the theoretical yield of Zn is 54.6 mol. In grams, this is

$$54.6 \text{ mol Zn} \times 65.39 \text{ g mol}^{-1} = 3570 \text{ g Zn}$$

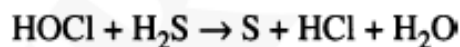
The ratio of actual yield to theoretical yield, multiplied by 100% gives the percentage yield of Zn:

$$\% \text{ yield} = (3.30 \text{ Kg} / 3.57 \text{ Kg}) \times 100 \% = 92.4 \%$$

Πρόβλημα



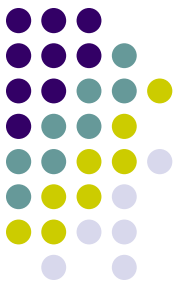
Οι οσμές στα απόνερα οφείλονται κυρίως σε προϊόντα αναερόβιας αναγωγής του οργανικού αζώτου και των θειούχων ενώσεων. Το υδρόθειο αποτελεί το κύριο συστατικό των οσμών αυτών. Ωστόσο, η ένωση αυτή δεν αποτελεί την μόνη πηγή οσμών αφού άσχημες οσμές έχουν παρατηρηθεί και απουσία της. Η οξείδωση του αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση των οσμών, αλλά συνήθως προτιμάται η χρήση του χλωρίου γιατί όχι μόνο καταστρέφει το H₂S και άλλες ενώσεις με έντονη οσμή, αλλά επίσης επιβραδύνει τα βακτήρια στα οποία οφείλεται ο σχηματισμός των ενώσεων αυτών. Για παράδειγμα, το HOCl αντιδρά με το H₂S όπως φαίνεται παρακάτω, σε διαλύματα χαμηλού pH



Αν σε πραγματικές συνθήκες μιας βιομηχανικής μονάδας απαιτείται 100% περίσσεια HOCl (για να είναι σίγουρη η διάσπαση του H₂S λόγω της αντίδρασης του HOCl με άλλες ενώσεις), πόσο HOCl (διάλυμα 5%) πρέπει να προστεθεί σε 1 L διαλύματος που περιέχει 50 ppm H₂S;

Βάση: 1 lit διαλύματος 50 ppm H₂S

0,05 gr H ₂ S	1 g mol H ₂ S	1 g mol HOCl	48,5 gr HOCl	0,1 lit διαλ. HOCl	× 2 (100% περίσ.)	≈0,0028 lit διαλ HOCl
	34 g H ₂ S	1 g mol H ₂ S	1 g mol HOCl	5 gr HOCl		

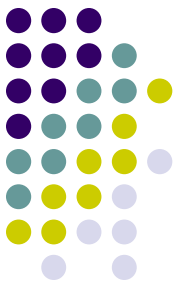


Πρόβλημα

Υποθέστε ότι ένα μέσο αυτοκίνητο καταναλώνει 10 lit/100 Km, διασχίζει 20.000 Km/έτος και ζυγίζει 1.500 Kg. Επιπλέον υποθέστε ότι η βενζίνη ζυγίζει 0,7 Kg/lit και περιέχει 85 % κβ άνθρακα.

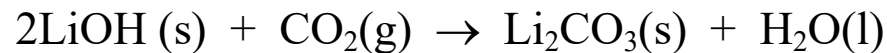
Είναι αληθής η δήλωση ότι κάθε αυτοκίνητο εκπέμπει το βάρος του σε CO₂ κάθε χρόνο ;

20.000 Km	10 lit	0.7 Kg	85 % C	44	= 4.363 Kg CO ₂
year	100 km	lit		12	year



Θέμα 2^ο (2 μονάδες)

Η απομάκρυνση του CO₂ από επανδρωμένα διαστημόπλοια γίνεται με απορρόφησή του από LiOH σύμφωνα με την αντίδραση:



1. Αν σχηματίζεται 1 kg CO₂ ανά μέρα και ανά άτομο, πόσα kg LiOH ανά μέρα και ανά άτομο απαιτούνται;
2. Πόση θα είναι η αύξηση βάρους του οχήματος αν το LiOH αντικατασταθεί με NaOH που είναι φθηνότερο;

ΜΒ: LiOH (24), CO₂(44), Li₂CO₃ (74), H₂O(18)

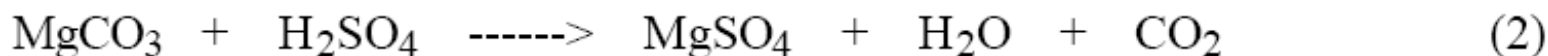
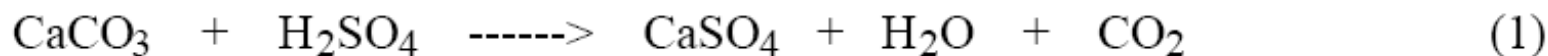
Problem 9.1

Gypsum (plaster of Paris : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) is produced by the reaction of calcium carbonate and sulfuric acid. A certain lime stone analyzes: CaCO_3 96.89 %; MgCO_3 1.41 %; inerts 1.70 %. For 5 metric tons of limestone reacted completely, determine:

- kg of anhydrous gypsum (CaSO_4) produced.
 - kg of sulfuric acid solution (98 wt%) required.
 - kg of carbon dioxide produced.
- (MW : CaCO_3 100.1; MgCO_3 84.32; H_2SO_4 98; CaSO_4 136; MgSO_4 120; H_2O 18; CO_2 44)

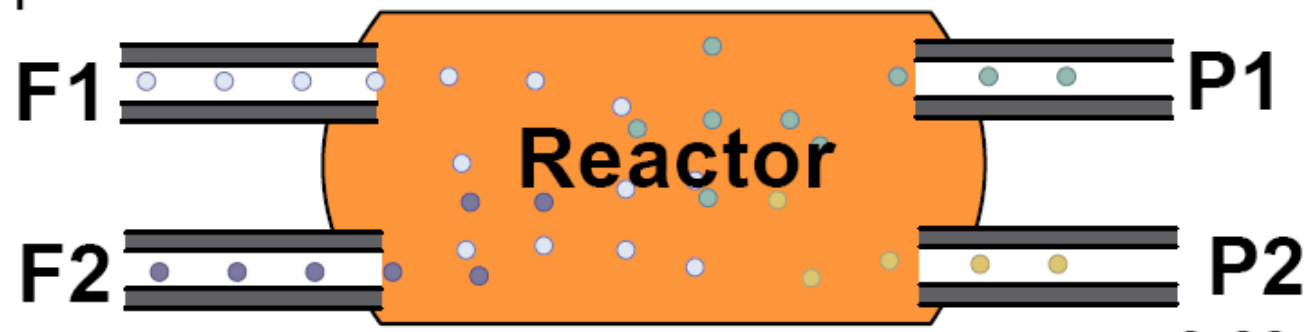
Solution

The problem involves 2 reactions. Both calcium carbonate and magnesium carbonate react with sulfuric acid. The stoichiometric equations are



	<u>mass fr</u>
CaCO ₃	0.9689
MgCO ₃	0.0141
Inerts	0.0171

	<u>mass fr</u>
CO ₂	0.1.00

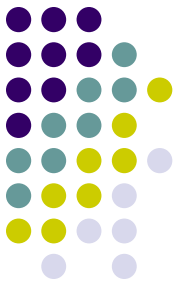


	<u>mass fr</u>
H ₂ SO ₃	0.98
H ₂ O	0.02
Inerts	0.0171

	<u>mass</u>
CaSO ₄	m1
MgSO ₄	m2
H ₂ O	m3
Inerts	m4

Click on image for animation

Basis : 5000 kg limestone



a. CaSO₄ produced

$$\frac{5000 \text{ kg limestone}}{100 \text{ kg limestone}} \left| \frac{96.89 \text{ kg CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \right| \frac{1 \text{ kg mol CaCO}_3}{3} \left| \frac{1 \text{ kg mol CaSO}_4}{3} \right| \frac{136 \text{ kg CaSO}_4}{1 \text{ kg mol CaSO}_4} = 6600 \text{ kg CaSO}_4$$

b. Sulfuric acid required

Both CaCO₃ and MgCO₃ react with sulfuric acid in a 1 to 1 molar ratio.

$$\frac{5000 \text{ kg limestone}}{100 \text{ kg limestone}} \left| \frac{96.89 \text{ kg CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \right| \frac{1 \text{ kg mol CaCO}_3}{3} \left| \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4}{3} \right| \frac{98 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4} = 4740 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$$

$$\frac{5000 \text{ kg limestone}}{100 \text{ kg limestone}} \left| \frac{1.41 \text{ kg MgCO}_3}{84.32 \text{ kg MgCO}_3} \right| \frac{1 \text{ kg mol MgCO}_3}{3} \left| \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4}{3} \right| \frac{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4} = 81.94 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{total acid required} = 4739.9 + 81.94 \text{ kg} = 4822 \text{ kg } 100 \% \text{ acid.}$$

We need to correct for the fact that acid is available as a 98 % solution.

$$\frac{4821.84 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4} = 4920 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 \text{ solution}$$

c. Carbon dioxide generated

Both CaCO₃ and MgCO₃ react with sulfuric acid to produce carbon dioxide.

$$\frac{5000 \text{ kg limestone}}{100 \text{ kg CaCO}_3} \left| \frac{96.83 \text{ kg CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \right| \frac{1 \text{ kg mol CaCO}_3}{3} \left| \frac{1 \text{ kg mol CO}_2}{3} \right| \frac{44 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kg mol CO}_2} +$$

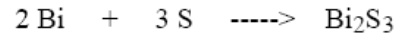
$$\frac{5000 \text{ kg limestone}}{100 \text{ kg MgCO}_3} \left| \frac{1.41 \text{ kg MgCO}_3}{84.32 \text{ kg MgCO}_3} \right| \frac{1 \text{ kg mol MgCO}_3}{3} \left| \frac{1 \text{ kg mol CO}_2}{3} \right| \frac{44 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kg mol CO}_2}$$

$$= 2128.1 + 36.8 = 2165 \text{ kg CO}_2$$

Problem 9.3

Five pounds of bismuth (MW = 209) is heated along with one pound of sulfur to form Bi_2S_3 (MW = 514). At the end of the reaction, the mass is extracted and the free sulfur recovered is 5 % of the reaction mass. Determine

- the limiting reactant.
- the percent excess reactant.
- the percent conversion of sulfur to Bi_2S_3 .

**Solution**

- a. Find the Limiting reactant

Ratio in the feed

$$\frac{\text{Bi}}{\text{S}} = \frac{\frac{5.00 \text{ lb Bi}}{1.00 \text{ lb S}} \left| \frac{1 \text{ lbmol Bi}}{32 \text{ lb S}} \right.}{\frac{1 \text{ lbmol Bi}}{209 \text{ lb Bi}}} = \frac{0.0239 \text{ mol Bi}}{0.0313 \text{ mol S}} = 0.774$$

$$\text{Ratio in the chemical equation} = \frac{2 \text{ lb mol Bi}}{3 \text{ lb mol S}} = 0.667$$

Compare the two ratios; **S is the limiting reactant.**

- b. % Excess reactant

$$\text{Bi required} = \frac{1 \text{ lb S}}{32 \text{ lb S}} \left| \frac{1 \text{ lb mol S}}{3 \text{ mol S}} \right. \left| \frac{2 \text{ mol Bi}}{3 \text{ mol S}} \right. = 0.0208 \text{ lb mol Bi}$$

$$\% \text{ excess Bi} = \frac{(0.0239 - 0.0208)}{0.0208} \times 100 = 14.9 \%$$

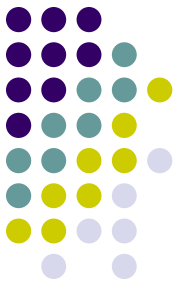
- c. We will assume that no gaseous products are formed, so that the total mass of the reaction mixture is conserved at 6 lb (5 lb Bi + 1 lb S). The free sulfur at the end of the reaction = 5%.

$$\frac{6.00 \text{ lb rxn mass}}{100 \text{ lb rxn mass}} \left| \frac{5.00 \text{ lb S}}{32.0 \text{ lb S}} \right. = 0.00938 \text{ lb mol S}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Conversion} &= \frac{\text{moles of feed that react}}{\text{moles of feed introduced}} \times 100 \\ &= \frac{0.0313 - 0.00938}{0.0313} \times 100 = 70.0 \% \end{aligned}$$



Στο τέλος του σημερινού μαθήματος θα πρέπει να μπορείτε:



1. Να γράφετε και να συμπληρώνετε τους στοιχειομετρικούς συντελεστές στις εξισώσεις των χημικών αντιδράσεων.
2. Να αναγνωρίζετε τα προϊόντα κοινών αντιδράσεων με γνωστά αντιδρώντα.
3. Να προσδιορίζετε τις στοιχειομετρικές ποσότητες των αντιδρώντων και προϊόντων σε moles ή σε μάζα σε μία χημική αντίδραση.
4. Να ορίζετε την περίσσεια αντιδρώντος, το περιοριστικό αντιδρών, την μετατροπή, το βαθμό μετατροπής, την εκλεκτικότητα, την απόδοση και την έκταση μιας αντίδρασης.
5. Να αναγνωρίζετε τα περιοριστικά αντιδρώντα και τα αντιδρώντα σε περίσσεια, και να υπολογίζετε το κλάσμα ή την περιεκτικότητα των αντιδρώντων σε περίσσεια, το ποσοστό μετατροπής και την έκταση μιας αντίδρασης όπου τα αντιδρώντα δεν βρίσκονται σε στοιχειομετρική αναλογία.