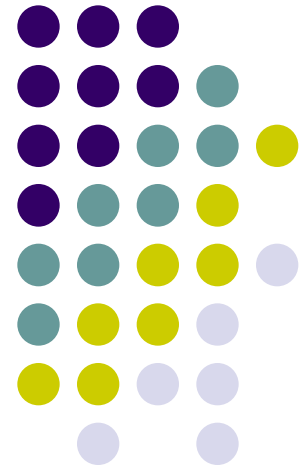


Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών

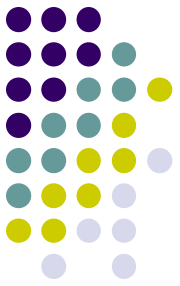
6ο εξάμηνο

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

1^ο μάθημα

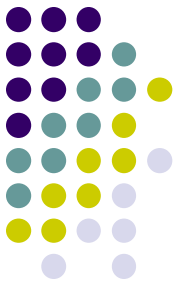


Ποιος είμαι ...



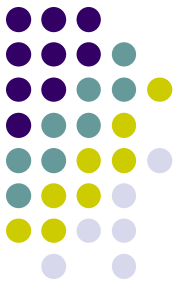
- **Doctor of Philosophy (Ph.D.)**
(Τμήμα Περιβαλλοντικής Χημικής Μηχανικής, Μεταπτυχιακή Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Saitama, Ιαπωνίας)
- **Master of Engineering (M.E.)**
(ομοίως με παραπάνω)
- **Πτυχίο Φυσικής**
(Φυσικό Τμήμα Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)
- **Μεταπτυχιακός Τίτλος Σπουδών στη Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA)**
(Ελληνική Ένωση Διοίκησης Επιχειρήσεων-ΕΕΔΕ)

Που θα με ξανασυναντήσετε ...



- Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών (6^ο εξάμηνο)
- Περιβαλλοντική Μηχανική (8^ο εξάμηνο)
- Διπλωματική εργασία (5-8% πιθανότητα)

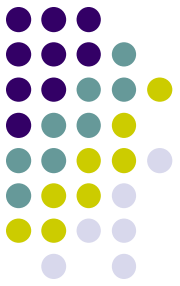
Περιγραφή Μαθήματος



Το μάθημα αυτό είναι οργανωμένο σε τέσσερις ενότητες.

- **Ενότητα 1η** : Προαπαιτούμενες γνώσεις (μονάδες, διαστάσεις, moles, πυκνότητα, συγκέντρωση, θερμοκρασία, πίεση, τεχνικοί υπολογισμοί)
- **Ενότητα 2η** : Ισοζύγια μάζας (εισαγωγή στην έννοια του ισοζυγίου, συστήματα ανοικτά, κλειστά, σταθερής, μη σταθερής κατάστασης, ισοζύγια χωρίς ή με χημική αντίδραση, ανακύκλωση, παράκαμψη, βιομηχανικές εφαρμογές)
- **Ενότητα 3η** : Αέρια, ατμοί, υγρά και στερεά (ιδανικά αέρια, συστήματα ενός συστατικού και δύο φάσεων - τάση ατμών, συστήματα δύο φάσεων αερίων-υγρών, κορεσμός, συμπύκνωση, εξάτμιση μερικός κορεσμός και υγρασία)
- **Ενότητα 4η** : Ισοζύγια ενέργειας (έννοιες, μονάδες, η διατήρηση της ενέργειας, ειδική θερμότητα, ενθαλπία, μεταβολές της ενθαλπίας, ισοζύγια ενέργειας απουσία ή με χημική αντίδραση, θερμότητες διάλυσης και ανάμιξης)

Σκοπός Μαθήματος



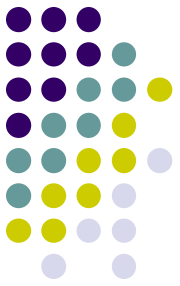
Εισαγωγή των φοιτητών στις έννοιες:

- πυκνότητα, συγκέντρωση, θερμοκρασία, πίεση, ισοζύγια μάζας-υλικών με ή χωρίς χημική αντίδραση, στοιχειομετρία, καύση, διαφασικά συστήματα, κορεσμός, συμπύκνωση, εξάτμιση μερικός κορεσμός, υγρασία, ισοζύγια ενέργειας, ενθαλπία

και εξοικείωση :

- με μονάδες, διαστάσεις και μετατροπές, με επιλογή βάσης υπολογισμών και με τεχνικούς υπολογισμούς, συνύπαρξη φάσεων, με στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων για απλά και πολύπλοκα ισοζύγια μάζας και για ισοζύγια ενέργειας.

Τι αναμέν(ω)εται να ξέρετε ...



Στο τέλος του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να:

Επιλύουν προβλήματα σχετικά με:

- Μετατροπές μονάδων, τεχνικούς υπολογισμούς πίεσης, θερμοκρασίας, ισοζύγια μάζας (ένα ή πολλά συστατικά, με καύση, ανακύκλωση, παράκαμψη), μεταβολές ενθαλπίας (χωρίς ή με αλλαγές φάσεων), θερμοτονισμό αντιδράσεων.

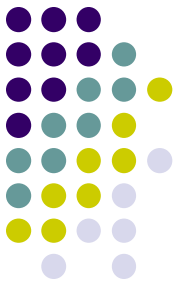
Αναγνωρίζουν

- Συστήματα, ισοζύγια υλικών, αλλαγές και συνύπαρξη φάσεων, συστατικά, συνδετικά συστατικά, φυσικές ιδιότητες ενώσεων (ειδικές θερμότητες, θερμότητες σχηματισμού και καύσης, τάσεις ατμών, θερμοδυναμικά δεδομένα, κτλ.) από τη βιβλιογραφία.

Εφαρμόζουν

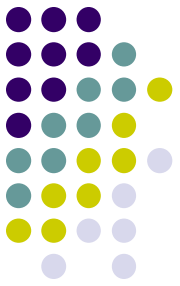
- Τους νόμους διατήρησης μάζας και ενέργειας, ιδανικών και πραγματικών αερίων, τεχνικές επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικές βιομηχανικές διεργασίες,

Αξιολόγηση φοιτητών

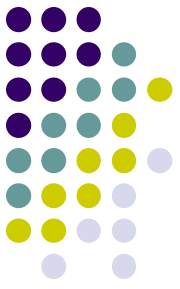


- Γραπτή εξέταση

Συγγράμματα



- Βασικές αρχές και υπολογισμοί στην χημική μηχανική, D. Himmelblau, J. Riggs, Εκδόσεις Τζιόλα.
- Μηχανική Χημικών Διεργασιών, J. M. Smith, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003.
- Βασικές Φυσικές Διεργασίες Μηχανικής, J. M. Smith, W. L. McCabe, P. Harriot, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003.



Εβδομάδα	Θεματική Ενότητα Διάλεξης
1	Μονάδες, διαστάσεις, σημαντικά ψηφία, πυκνότητα, ειδικό βάρος, συγκέντρωση, μοριακό κλάσμα
2	Θερμοκρασία, πίεση
3	Εισαγωγή στα ισοζύγια μάζας, ανοικτά-κλειστά συστήματα, ένα-πολλά συστατικά, συνεχείς-ασυνεχείς διεργασίες
5	Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων ισοζυγίων μάζας (απλές μονάδες χωρίς χημική αντίδραση)
6	Η χημική αντίδραση και η στοιχειομετρία
7	Ισοζύγια μάζας διεργασιών που περιλαμβάνουν χημική αντίδραση με έμφαση στην καύση, περίσσεια. Ισοζύγια μάζας που περιλαμβάνουν πολλαπλές μονάδες εξοπλισμού
8	Ανακύκλωση χωρίς αντίδραση, παράκαμψη, καθαρισμός και βιομηχανικές εφαρμογές των ισοζυγίων μάζας (συνδετικό συστατικό, αραίωση)
9	Αέρια, ατμοί, υγρά και στερεά. Ιδανικά αέρια
10	Συστήματα ενός συστατικού και δύο φάσεων (τάση ατμών). Συστήματα δύο φάσεων αερίων-υγρών (κορεσμός, συμπύκνωση, εξάτμιση, μερικός κορεσμός, υγρασία)
11	Ενέργεια, συστήματα, τύποι – ιδιότητες - κατάσταση θερμοδυναμικών συστημάτων
12	Ειδική θερμότητα, υπολογισμός ειδικών θερμοτήτων, υπολογισμός μεταβολών ενθαλπίας χωρίς αλλαγή φάσης, μεταβολές ενθαλπίας για αλλαγές φάσεων, 1 ^{ος} θερμοδυναμικός νόμος
13	Γενικό ισοζύγιο ενέργειας, θερμοτονισμός αντίδρασης, πρότυπη θερμότητα καύσης

Πρόγραμμα διαλέξεων

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

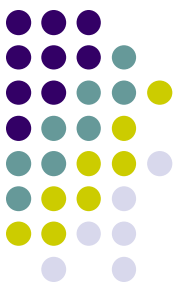


ΕΒΔΟΜΗ ΕΚΔΟΣΗ

*David M. Himmelblau
University of Texas*

*James B. Riggs
Texas Tech University*

Τίτλος πρωτοτύπου: **Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, David M. Himmelblau, James B. Riggs Seventh Edition**



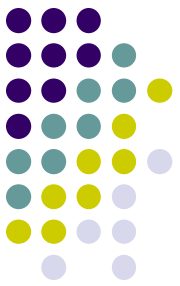
Σε ποιούς Αναγνώστες απευθυνόμαστε

Πιστεύουμε ότι η κύρια κατηγορία αναγνωστών θα είναι οι φοιτητές των Τμημάτων χημικής μηχανικής. Ωστόσο, το βιβλίο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μαθήματα άλλων κλάδων μηχανικών, καθώς και από ανεξάρτητους αναγνώστες, και για εκπαίδευση από απόσταση λόγω των ασκήσεων αυτοαξιολόγησης που διαθέτει.

Οι Στόχοι μας

Το βιβλίο αυτό δεν αποτελεί εισαγωγή στην χημική μηχανική. Κατά την συγγραφή του επικεντρωθήκαμε σε πέντε γενικούς στόχους:

1. Να σας εισάγουμε στις αρχές και τις μεθόδους υπολογισμού που χρησιμοποιούνται στη χημική μηχανική.
2. Να σας εξοικειώσουμε με τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας, καθώς και με την κατάστροψη και επίλυσή τους.
3. Να βοηθηθείτε στην εκμάθηση αποτελεσματικών μεθόδων επίλυσης προβλημάτων, ώστε να μπορείτε να λύνετε προβλήματα κάθε φορά που θα χρειαστεί.
4. Να εξοικειωθείτε με τον καθορισμό προβλημάτων, την συλλογή και ανάλυση δεδομένων, την διάσπασή τους στα μέρη από τα οποία αποτελούνται και με την συλλογή σχετικών πληροφοριών.
5. Να χρησιμοποιείτε συγκεκριμένες πληροφορίες της εφαρμοσμένης φυσικοχημείας.



Διάρθρωση μαθήματος

Οργάνωση και Σκοπός του Βιβλίου

Το βιβλίο αποτελείται από τέσσερα μέρη:

Μέρος 1. Προαπαιτούμενες γνώσεις (Κεφάλαια 1-5)

Μέρος 2. Ισοζύγια μάζας (Κεφάλαια 6-12)

Μέρος 3. Συμπεριφορά αερίων, υγρών, και στερεών (13-20)

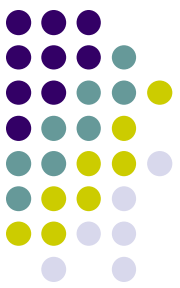
Μέρος 4. Ισοζύγια ενέργειας (Κεφάλαια 21-29)



Μερικά Χρήσιμα Χαρακτηριστικά του Βιβλίου

Με σκοπό να γίνει το βιβλίο πιο χρήσιμο και φιλικό, χρησιμοποιήσαμε χαρακτηριστικά:

1. Λίστα περιεχομένων στην αρχή του κάθε κεφαλαίου.
2. Λίστα των εκπαιδευτικών στόχων στην αρχή του κάθε κεφαλαίου.
3. Σημαντικοί όροι εμφανίζονται με έντονη γραφή.
4. Στο τέλος του κάθε κεφαλαίου υπάρχει ορολογία.
5. Στο τέλος του κάθε κεφαλαίου υπάρχουν συμπληρωματικές αναφορές για περισσότερες πληροφορίες.
6. Στο τέλος του κάθε κεφαλαίου παρατίθεται λίστα με χρήσιμους δια-δικτυακούς τόπους.
7. Τα παραδείγματα είναι απλά και σαφή ώστε το βιβλίο να είναι εύκολο στην διδασκαλία και εύχρηστο κατά την μελέτη.
8. Τα θέματα των κεφαλαίων είναι ανεξάρτητα αλλά συνδέονται μέσω κάποιων αρχών.
9. Τα κεφάλαια παρουσιάζουν στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων.



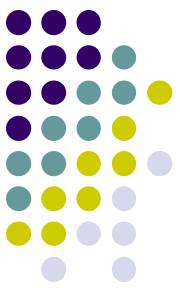
Καλές Πρακτικές Μάθησης (Μαθαίνοντας Πώς να Μάθετε)

Δεν μπορείτε να βάλετε το ίδιο παπούτσι και στα δύο πόδια.
Pubilius Syrus

Όσοι μελετούν τα χαρακτηριστικά της μάθησης καθώς και οι ψυχολόγοι της εκπαίδευσης υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν με την εξάσκηση και τον συλλογισμό, και όχι ακούγοντας και βλέποντας κάποιον που τους λέει αυτά που υποτίθεται πως πρέπει να μάθουν. “Η παράδοση μαθήματος δεν είναι διδασκαλία, ούτε και η παρακολούθηση μάθησης”. Μαθαίνουμε πράττοντας.

Η μάθηση περιλαμβάνει πολλά περισσότερα από την απλή απομνημόνευση

Μην εξισώνετε την απομνημόνευση με την μάθηση. Η καταγραφή, περιγραφή καθώς και η αναγραφή σημειώσεων ή του κειμένου, για την απομνημόνευση των λύσεων των προβλημάτων, ελάχιστα βοηθά στην επίλυση των προβλημάτων ισοζυγίων μάζας και ενέργειας. Η εξάσκηση θα σας βοηθήσει στην εφαρμογή των γνώσεών σας για την επίλυση άγνωστων προβλημάτων.



Ποια Άλλα Βιβλία Μπορώ να Μελετήσω με Παρόμοιο Περιεχόμενο;

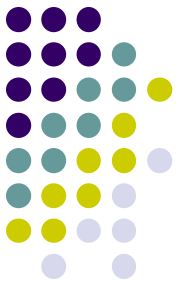
Παρακάτω αναφέρονται τα πιο πρόσφατα, ενώ υπάρχουν και πολλά άλλα που εκδόθηκαν την περίοδο 1950-1980:

Felder, R. M. και R. W. Rousseau. *Elementary Principles of Chemical Processes*, 3η Έκδ. John Wiley, New York (2000).

Luyben, W. L., και L. A. Wenzen. *Chemical Process Analysis: Mass and energy Balances*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1988).

Reklaitis, E. V., και R. Schneider. *Introduction to Material and Energy Balances*. John Wiley, New York (1983).

Shaheen, E. I. *Basic Practice of Chemical Engineering*. Houghton Mifflin, Palo Alto, CA.



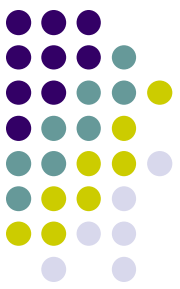
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

Μέρος 1: Προαπαιτούμενες γνώσεις

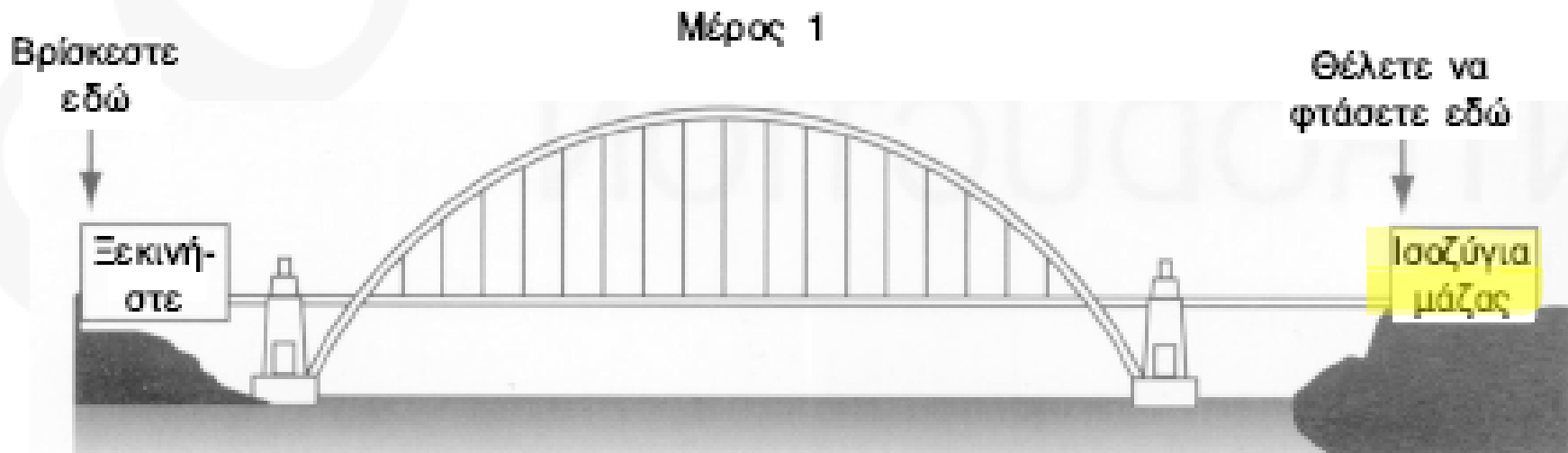
1. Διαστάσεις, Μονάδες και οι Συντελεστές Μετατροπείς τους
2. Moles, Πυκνότητα, και Συγκέντρωση
3. Επιλέγοντας Βάση Υπολογισμών
4. Θερμοκρασία
5. Πίεση

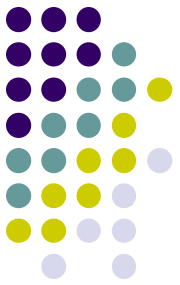
*Αυτό που ακούω, το ξεχνώ
Αυτό που βλέπω, το θυμάμαι
Αυτό που κάνω, το καταλαβαίνω.
Κομφούκιος*



Εισαγωγή

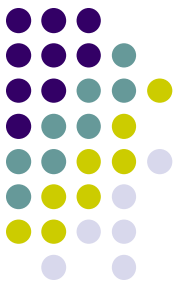
Η καλή εξοικείωση με τις έννοιες που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια αποτελεί εγγύηση για την κατανόηση των πληροφοριών στα κεφάλαια που ακολουθούν. Θα ανακαλύψετε έτσι, ότι η απόκτηση καινούριων ιδεών και τεχνικών είναι κάτι τόσο απλό όσο η επικόληση και αντιγραφή εικόνων σε έναν υπολογιστή.





ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ, ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑ- ΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥΣ

- 1.1 Μονάδες και Διαστάσεις
- 1.2 Χειρισμός των Μονάδων
- 1.3 Μετατροπές των Μονάδων και Συντελεστές Μετατροπής
- 1.4 Συνεπής Διαστασιολόγηση (Ομοιογένεια)
- 1.5 Σημαντικά Ψηφία
- 1.6 Αξιοπιστία της Λύσης ενός Προβλήματος

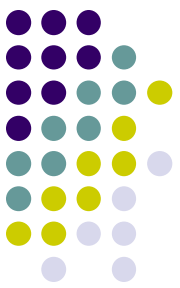


Μονάδες & Διαστάσεις

Οι μηχανικοί και οι επιστήμονες θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν όχι μόνο με τα λόγια αλλά και με προσεκτικά καθορισμένες αριθμητικές περιγραφές. Διαβάστε το ακόλουθο δελτίο τύπου της Wall Street Journal της 6^{ης} Ιουνίου του 2001, στη σελίδα A22:

ΣΕΟΥΛ, Νότια Κορέα – Μία διαφωνία στον θάλαμο διακυβέρνησης, σχετικά με το αν η οδηγία ύψους μετράται σε πόδια ή μέτρα, ήταν, σύμφωνα με τους ειδικούς, η αιτία για την πτώση ενός ναυλωμένου McDonnell Douglas MD-11 των Κορεατικών αερογραμμών.

Και τα τρία μέλη του πληρώματος σκοτώθηκαν κατά την συντριβή του αεροσκάφους. Πέντε άτομα στο έδαφος σκοτώθηκαν και 40 ακόμη τραυματίστηκαν κατά την πτώση του αεροσκάφους, που έγινε υπό βροχή σε οικοδομήσιμη περιοχή κοντά στο Αεροδρόμιο Hongqiao της Σαγκάης.



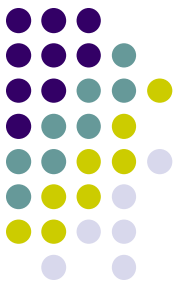
Μονάδες & Διαστάσεις

Σύμφωνα με περίληψη του ανακοινωθέντος που εκδόθηκε από τις αρχές της Νότιας Κορέας, κάποιος Κινέζος ελεγκτής κατηύθηνε τους πιλότους του αεροπλάνου σε ύψος 1500 μέτρων (4950 πόδια). Καθώς το αεροπλάνο ξεκινούσε την ανοδική του πορεία, ο συγκυβερνήτης είπε στον πιλότο ότι θα έπρεπε να ανέβουν σε ύψος 1500 ποδών, δηλαδή 455 μέτρων. Σύμφωνα με τη διεθνή αεροπλοΐα η μονάδα μέτρησης του ύψους είναι το πόδι με αποτέλεσμα ο πιλότος να νομίσει ότι το αεροσκάφος βρισκόταν 1000 μέτρα ψηλότερα απ' ότι έπρεπε και ξεκίνησε την διαδικασία καθόδου. Καθώς το τζετ έχανε ύψος ο πιλότος κατάλαβε το λάθος του, δεν πρόλαβε όμως να το διορθώσει εγκαίρως.

Το Υπουργείο Μεταφορών και Κατασκευών της Νότιας Κορέας απαγόρευσε τη ναύλωση αεροσκαφών των Κορεατικών Αερογραμμών στην διαδρομή Σεούλ-Σανγκάι για τουλάχιστον δύο χρόνια εξαιτίας των λαθών των πιλότων. Οι Κορεατικές Αερογραμμές δήλωσαν ότι θα εφεσιβάλλουν την απόφαση...

Καταλαβαίνετε λοιπόν τη σημασία του προσεκτικού ορισμού των μεγεθών κατά την ανταλλαγή πληροφοριών.

Μονάδες & Διαστάσεις



Οι διαστάσεις αποτελούν βασικά μετρήσιμα μεγέθη όπως το μήκος, ο χρόνος, η μάζα, η θερμοκρασία κτλ. Οι μονάδες αποτελούν τα μέσα με τη βοήθεια των οποίων μπορούμε να μετρήσουμε τις διαστάσεις, όπως τα πόδια ή τα εκατοστά για το μήκος και οι ώρες ή τα δευτερόλεπτα για τον χρόνο. Η χρήση μονάδων για όλα τα μεγέθη παρουσιάζει τα εξής πρακτικά πλεονεκτήματα:

- α. μειώνει την πιθανότητα λαθών κατά τους υπολογισμούς,
- β. ελαττώνει τον χρόνο επίλυσης των προβλημάτων καθώς και τους ενδιάμεσους υπολογισμούς,
- γ. διευκολύνει την λογική προσέγγιση των προβλημάτων και όχι την αποστήθιση τύπων και την απλή αντικατάσταση αριθμών σε τύπους,
- δ. Συμβάλλει στην κατανόηση της φυσικής σημασίας των αριθμών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Μονάδες SI που θα χρησιμοποιηθούν στο βιβλίο αυτό.

Φυσική ποσότητα	Όνομα μονάδας	Σύμβολο μονάδας*	Ορισμός μονάδας
<i>Βασικές μονάδες SI</i>			
Μήκος	Μέτρο	m	
Μάζα	Χιλιόγραμμα	kg	
Χρόνος	Δευτερόλεπτα	s	
Θερμοκρασία	Κέλβιν	K	
Γραμμομοριακή ποσότητα	Γραμμομόριο	mol	
<i>Δευτερεύουσες μονάδες SI</i>			
Ενέργεια	joule	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \rightarrow \text{Pa} \cdot \text{m}^3$
Δύναμη	newton	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \rightarrow \text{J} \cdot \text{m}^{-1}$
Ισχύς	watt	W	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \rightarrow \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$
Πυκνότητα	Χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο		$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Ταχύτητα	Μέτρο ανά δευτερόλεπτο		$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Επιτάχυνση	Μέτρο ανά δευτερόλεπτο		$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Πίεση	Newton ανά τετραγωνικό μέτρο		$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}, \text{Pa}$
Θερμοχωρητικότητα	Joule ανά (Χιλιόγραμμα Κέλβιν)		$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
<i>Εναλλακτικές μονάδες SI</i>			
Χρόνος	Λεπτό, ώρα, ημέρα, έτος	min, h, d, y	
Θερμοκρασία	Βαθμός κελσίου	°C	
Όγκος	Λίτρο (dm^3)	L	
Μάζα	Τόνος (Mg), γραμμάριο	t, g	

* Τα σύμβολα των μονάδων δεν έχουν πληθυντικό αριθμό, εκτός από αυτά που δεν γράφονται με τη μορφή συντομογραφιών. Οι μονάδες που δεν ανήκουν στο SI όπως η μέρα (day, d), το λίτρο (liter ή litre, L) ή ο τόνος (tonne, ton, t) αναγνωρίζονται νομικά και στο SI.

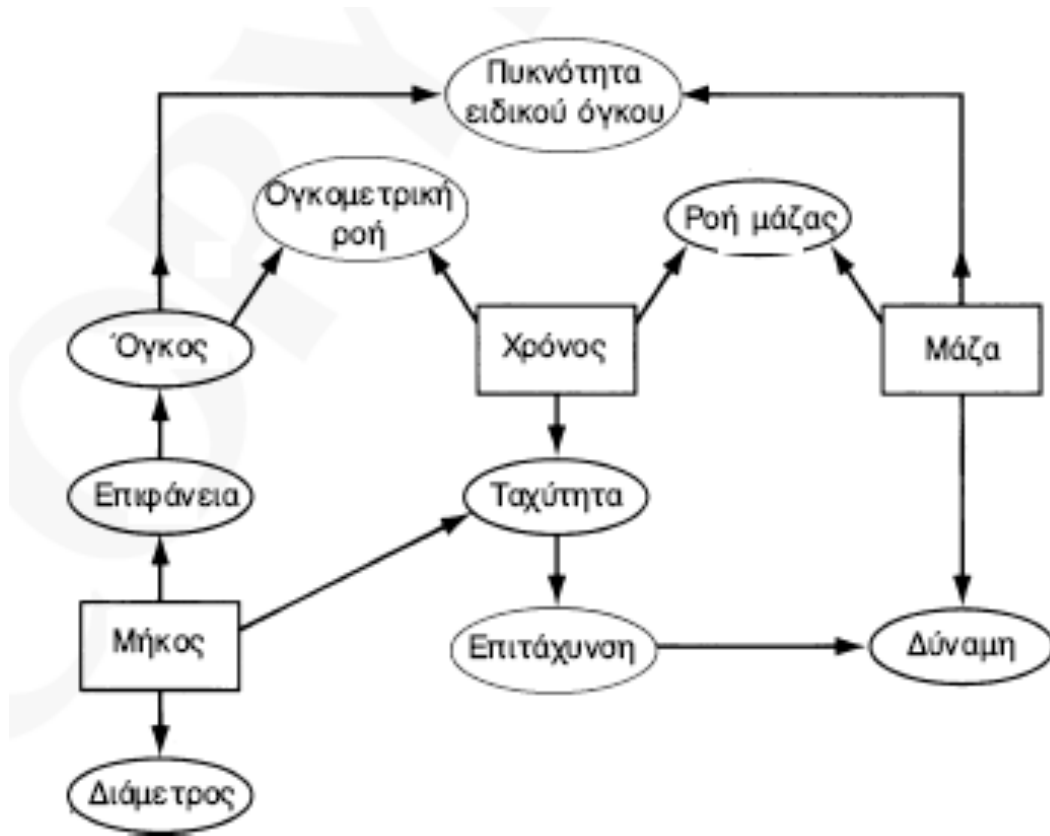
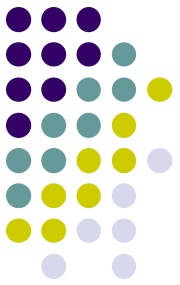


ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Μονάδες του συστήματος **American Engineering (AE)** που θα χρησιμοποιηθούν στο βιβλίο αυτό.

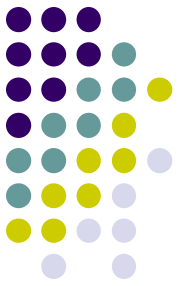


Φυσική ποσότητα	Όνομα μονάδας	Σύμβολο
	<i>Μερικές βασικές μονάδες</i>	
Μήκος	Πόδι	ft
Μάζα	Λίβρα (μάζα)	lb _m
Χρόνος	Δευτερόλεπτο, Λεπτό, ώρα, ημέρα	s, min, h (hr), day
Θερμοκρασία	Βαθμός Rankine ή Βαθμός Φαρενάϊτ	°R ή °F
Γραμμομοριακή ποσότητα	Λίβρα mole	lb mol
	<i>Δευτερεύουσες μονάδες</i>	
Δύναμη	Λίβρα (δύναμης)	lb _f
Ενέργεια	Βρετανική θερμική μονάδα, πόδι λίβρα (δύναμης)	Btu, (ft) (lb _f)
Ισχύς	Ιπποδύναμη	hp
Πυκνότητα	Λίβρα (μάζας) ανά κυβικό πόδι	lb _m /ft ³
Ταχύτητα	Πόδι ανά δευτερόλεπτο	ft/s
Επιτάχυνση	Πόδι ανά δευτερόλεπτο εις το τετράγωνο	ft/s ²
Πίεση	Λίβρα (δύναμης) ανά τετραγωνική ίντσα	lb _f /in. ² , psi
Θερμοχωρητικότητα	Btu ανά λίβρα (μάζας) και ανά βαθμό F	Btu/(lb _m)(°F)

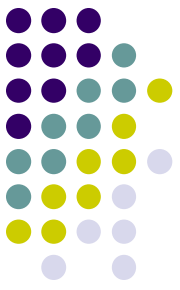
Σχέση μεταξύ βασικών (τετράγωνα) και δευτερευουσών διαστάσεων (ελλείψεις)



Θεμελιώδεις μονάδες του συστήματος SI



Διάσταση	Όνομασία θεμελιώδους μονάδας	Σύμβολο μονάδας
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	Χιλιόγραμμα	kg
Χρόνος	Δευτερόλεπτο	s
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	Ampere	A
Θερμοκρασία	Kelvin	K
Ποσότητα ουσίας	γραμμομόριο (mole)	mol



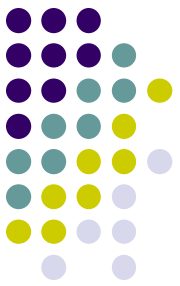
Μονάδες του συστήματος SI που έχουν ειδικές ονομασίες

Διάσταση	Ονομασία	Σύμβολο		Αντιστοιχία
Συχνότητα	hertz	Hz	1 Hz	= 1 s ⁻¹
Δύναμη	newton	N	1 N	= 1 kg·m/s ²
Πίεση	pascal	Pa	1 Pa	= 1 N/m ²
Έργο, Θερμότητα	joule	J	1 J	= 1 N·m
Ισχύς	watt	W	1 W	= 1 J/s
Ηλεκτρικό φορτίο	coulomb	C	1 C	= 1 A·s
Ηλεκτρικό δυναμικό	volt	V	1 V	= 1 J/C
Ηλεκτρική χωρητικότητα	farad	F	1 F	= 1 C/V
Ηλεκτρική αντίσταση	ohm	Ω	1 Ω	= 1 V/A
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	siemens	S	1 S	= 1 Ω ⁻¹

Άλλες μονάδες του συστήματος SI που δεν έχουν ειδικές ονομασίες



Διάσταση	Μονάδες	Σύμβολα
Επιφάνεια	τετραγωνικά μέτρα	m^2
Όγκος	κυβικά μέτρα	m^3
Ταχύτητα	μέτρα ανά δευτερόλεπτο	m/s
Επιτάχυνση	μέτρα ανά δευτερόλεπτο ²	m/s^2
Ειδικός όγκος	κυβικά μέτρα ανά χιλιόγραμμα	m^3/kg
Πυκνότητα, ειδικό βάρος	χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο	kg/m^3
Θερμική αγωγιμότητα	Watt ανά μέτρο και βαθμό Kelvin	W/m·K
Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	Watt ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Kelvin	W/m ² ·K
Ειδική ενέργεια	Joule ανά χιλιόγραμμα	J/kg
Ειδική θερμότητα	Joule ανά χιλιόγραμμα και βαθμό Kelvin	J/kg·K

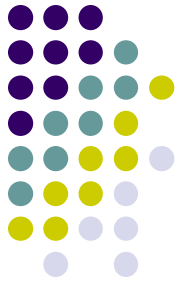


Πολλαπλάσια – υποπολλαπλάσια μονάδων στο SI

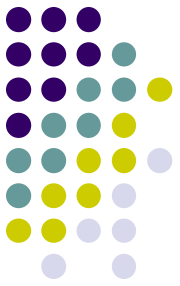
Πολλαπλάσιο / υποπολλαπλάσιο	Σύμβολο	Συντελεστής
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Πίνακας. Χρήσιμοι συντελεστές μετατροπής

Διάσταση	Από	Σε	Συντελεστής μετατροπής
Μήκος	ίντσα (in)	μέτρα (m)	$2.540\ 000 \times 10^{-2}$
	πόδι (ft)	μέτρα (m)	$3.048\ 000 \times 10^{-1}$
	μίλι (mi)	μέτρα (m)	$1.609\ 344 \times 10^3$
Επιφάνεια	τετρ. ίντσα (in ²)	τετρ. μέτρα (m ²)	$6.451\ 600 \times 10^{-4}$
	τετρ. πόδι (ft ²)	τετρ. μέτρα (m ²)	$9.290\ 304 \times 10^{-2}$
Πυκνότητα	pounds/κυβ. ίντσα	kg/m ³	$2.767\ 990 \times 10^4$
	tons (long)/κυβ. γυάρδα	Mg/m ³	$1.328\ 939 \times 10^0$
Ενέργεια	British Thermal Unit (Btu)	kilojoules (kJ)	$1.055\ 056 \times 10^0$
	Κιλοβατώρα (kWh)	megajoules (MJ)	$3.600\ 000 \times 10^0$
	θερμίδα (cal)	Joules (J)	$4.186\ 800 \times 10^0$
Δύναμη	pounds force (lb _f)	Newtons (N)	$4.448\ 222 \times 10^0$
	killograms force (kg _f)	Newtons (N)	$9.806\ 650 \times 10^0$
	tons (short) force (ton _f)	Newtons (N)	$8.896\ 444 \times 10^3$
Μάζα	ουγγιά (oz)	grams (g)	$2.834\ 952 \times 10^1$
	pounds (lb _m)	kilograms (kg)	$4.535\ 924 \times 10^{-1}$
	long ton	megagrams (Mg)	$1.016\ 047 \times 10^0$
	metric ton	megagrams (Mg)	$1.000\ 000 \times 10^0$
Ισχύς	Btu/hr	watts (W)	$2.930\ 711 \times 10^{-1}$
	Ιππος (hp)	killowatts (kW)	$7.456\ 999 \times 10^{-1}$
Πίεση	pounds ανά τετρ. ιντσα (psi)	kilopascals (kPa)	$6.894\ 757 \times 10^0$
	in. H ₂ O	kilopascals (kPa)	$2.490\ 820 \times 10^{-1}$
	ατμόσφαιρα (atm)	kilopascals (kPa)	$1.013\ 250 \times 10^2$
Ταχύτητα	μίλια ανά ώρα (mi/h)	Χιλιόμ./ώρα (km/h)	$1.609\ 344 \times 10^0$
	πόδια ανά λεπτό (ft/min)	μέτρα/δευτερ. (m/s)	$5.080\ 000 \times 10^{-3}$
Ογκος	κυβική ίντσα (in ³)	κυβικά μέτρα (m ³)	$1.638\ 706 \times 10^{-5}$
	κυβικό πόδι (ft ³)	κυβικά μέτρα (m ³)	$2.831\ 685 \times 10^{-2}$
	κυβικό γυάρδα (yd ³)	κυβικά μέτρα (m ³)	$7.645\ 549 \times 10^{-1}$
Ογκος (υγρά)	gallon	κυβικά μέτρα (m ³)	$3.785\ 412 \times 10^{-3}$
	litre	κυβικά μέτρα (m ³)	$1.000\ 000 \times 10^{-3}$
Χρόνος	έτος	δευτερόλεπτα (s)	$3.153\ 600 \times 10^7$

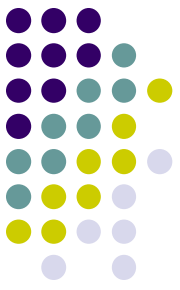


Πράξεις με μονάδες



- $2 + 2 = 4$?
- $2 + 2 = 3,999999999$?
- $21 + 5 = 26$
- $21 + 5 = 2$?
- $2 \text{ μήλα} + 2 \text{ πορτοκάλια} = 4$ ή 1 φρουτοσαλάτα ?
- $3 \text{ χιλιόγραμμα} + 4 \text{ joule} = ?$
- $2 \text{ λίβρες} + 5 \text{ γραμμάρια} = ?$
- $5 \text{ m}^2 / 50 \text{ cm} = 5 \text{ m}^2 / 0,5 \text{ m} = 5/0,5 \text{ (m}^2/\text{m)} = 10 \text{ m}$

Διαστάσεις και Μονάδες (Παράδειγμα)



Προσθέστε τα εξής:

(α) 1 πόδι + 3 δευτερόλεπτα

(β) 1 ίππος ισχύς + 300 watts

Λύση:

Η πράξη

$$1 \text{ hp} + 3 \text{ s}$$

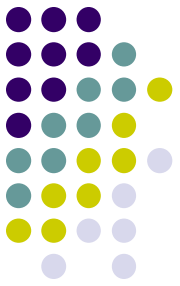
Δεν έχει νόημα αφού οι διαστάσεις των δύο όρων δεν είναι οι ίδιες. Το 1 πόδι έχει διαστάσεις μήκους ενώ τα 3 δευτερόλεπτα έχουν διαστάσεις χρόνου. Στην περίπτωση της πράξης

$$1 \text{ hp} + 300 \text{ watts}$$

οι διαστάσεις είναι ίδιες (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου), αλλά οι μονάδες είναι διαφορετικές. Θα πρέπει να μετατρέψουμε τις δύο ποσότητες ώστε να έχουν τις ίδιες μονάδες, όπως ιπποδύναμη ή watts, πριν από την εκτέλεση των πράξεων. Επειδή $1 \text{ hp} = 746 \text{ watts}$,

$$746 \text{ watts} + 300 \text{ watts} = 1046 \text{ watts}$$

Διαστάσεις και Μονάδες (Ασκήσεις)



- Προσθέστε $1 \text{ cm} + 1 \text{ m}$
- Αφαιρέστε 3 ft από 4 m
- Πολλαπλασιάστε 3 ft με 4 m
- Πολλαπλασιάστε 3 ft με 4 lb
- Διαιρέστε $3 \text{ m}^{1,5}$ με $2 \text{ m}^{0,5}$

Μετατροπή μονάδων και συντελεστές μετατροπής



Αν ένα αεροπλάνο ταξιδεύει με ταχύτητα διπλάσια από την ταχύτητα του ήχου (θεωρείστε ότι η ταχύτητα του ήχου είναι 1100 ft/s), με ποια ταχύτητα ταξιδεύει σε μίλια ανά ώρα;

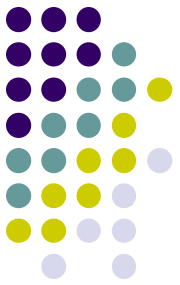
Σχηματοποιούμε την μετατροπή ως εξής:

$$\frac{2 \times 1100 \text{ ft}}{\text{s}} \left| \frac{1 \text{ mi}}{5280 \text{ ft}} \right| \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| \left| \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right|$$

$\frac{\text{ft}}{\text{s}} \quad \frac{\text{mi}}{\text{s}} \quad \frac{\text{mi}}{\text{min}}$

Παρατηρείστε την διάταξη των υπολογισμών. Έχουμε τοποθετήσει έτσι τους υπολογισμούς ώστε οι κάθετες γραμμές να διαχωρίζουν την κάθε αναλογία. Οι γραμμές αυτές έχουν τη σημασία της παρένθεσης ή του σημείου του πολλαπλασιασμού (\cdot ή \times) μεταξύ δύο όρων. Θα χρησιμοποιήσουμε την διάταξη αυτή συχνά στο κείμενο ώστε να κατανοήσετε πλήρως την σημασία των μονάδων στην επίλυση των προβλημάτων. Σας συμβουλεύουμε να αναγράφετε πάντοτε τις μονάδες που ακολουθούν έναν αριθμό (εκτός και αν ο υπολογισμός είναι πολύ απλός) μέχρι να εξοικειωθείτε με τη χρήση των μονάδων και να τις έχετε πάντα υπόψη.

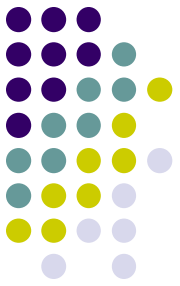
Μετατροπή μονάδων και συντελεστές μετατροπής



Ένας άλλος βολικός τρόπος για να έχετε καθαρές μονάδες στην εξίσωσή σας είναι να απαλοίφετε αυτές που μπορούν να απλοποιηθούν καθώς προχωρείτε με τους υπολογισμούς.

$$\frac{2(1100)\cancel{\text{ft}}}{\cancel{\text{s}}} \left| \frac{1 \text{ mile}}{5280 \cancel{\text{ft}}} \right| \frac{60 \cancel{\text{s}}}{1 \cancel{\text{min}}} \left| \frac{60 \cancel{\text{min}}}{1 \text{ hr}} \right|$$

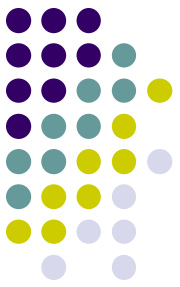
Μετατροπή μονάδων και συντελεστές μετατροπής



Χρησιμοποιείτε τις μονάδες πάντα μαζί με τους αριθμούς για να αποφύγετε ανόητα λάθη όπως το να μετατρέψετε 10 εκατοστά σε ίντσες πολλαπλασιάζοντας με 2,54:

$$\frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ in.}} \left| \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}} \right. \neq 25.4 \text{ in.}, \text{ αντί του } \frac{10 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}} \left| \frac{1 \text{ in.}}{2.54 \text{ cm}} \right. = 3.94 \text{ in.}$$

Μετατροπή μονάδων και συντελεστές μετατροπής



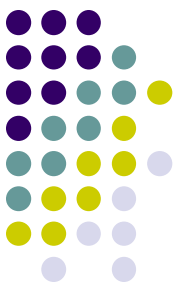
Μετατρέψτε την παροχή των $400 \text{ in}^3/\text{day}$ σε cm^3/min . Παρατηρείστε ότι όχι μόνο οι αριθμοί αλλά και οι μονάδες υψώνονται στις δυνάμεις.

$$\frac{400 \text{ in.}^3}{\text{day}} \left| \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}} \right)^3 \right| \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hr}} \left| \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right| = 4.55 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Με τρεις μεθόδους αποκτούμε τη σοφία: Πρώτα με τον στοχασμό, που είναι η ευγενέστερη, δεύτερο με την μίμηση που είναι η ευκολότερη και τρίτο με την εμπειρία που είναι και η δυσκολότερη.

Κομφούκιος

Μην μπερδεύεστε με τις $l_b_m - l_b_f$



Στο σύστημα American Engineering η μετατροπή των όρων που περιέχουν τις μονάδες λίβρα **μάζας** και λίβρα **δύναμης** απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Ας ξεκινήσουμε τη συζήτηση με τη βοήθεια του νόμου του Νεύτωνα:

$$F = C m a \quad (1.1)$$

όπου:

F = δύναμη

C = σταθερά της οποίας η αριθμητική τιμή και οι μονάδες εξαρτάται από τις επιλεγόμενες τιμές των F , m και a

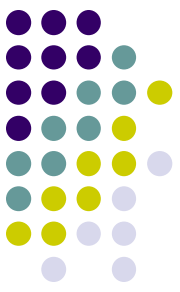
m = μάζα

a = επιτάχυνση

Στο σύστημα SI, όπου σαν μονάδα δύναμης ορίζουμε το Newton (N) όταν 1 Kg επιταχύνεται με 1 m/s^2 , θα πρέπει να εισάγουμε τον συντελεστή μετατροπής $C = 1 \text{ N}/(\text{kg})(\text{m})\text{s}^2$ ώστε η δύναμη να είναι 1 N.

$$F = \frac{1 \text{ N}}{\frac{(\text{kg})(\text{m})}{\text{s}^2}} \left| \frac{1 \text{ kg}}{\tilde{m}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2} \right|_{\tilde{a}} = 1 \text{ N} \quad (1.1)$$

Μην μπερδεύεστε με τις $\text{lb}_m - \text{lb}_f$

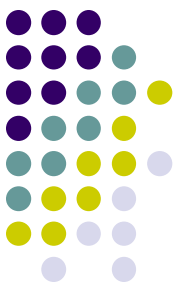


Το σύστημα American Engineering απαιτεί έναν ανάλογο συντελεστή μετατροπής. Ωστόσο για να εξισώσουμε την αριθμητική τιμή της δύναμης και της μάζας στην επιφάνεια της γης, όπου η μάζα είναι ίση με 1 lb_m επιταχύνεται με $g \text{ ft/s}^2$, όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (περίπου ίση με 32.2 ft/s^2 , ανάλογα με τη θέση της μάζας), ορίζουμε την τιμή για τη δύναμη ίση με 1 lb_f αν επιλέξουμε κατάλληλη αριθμητική τιμή και κατάλληλες μονάδες για τον συντελεστή μετατροπής C :

$$F = \left(\frac{1(\text{lb}_f)(s^2)}{32.174(\text{lb}_m)(\text{ft})} \right) \left(\frac{1 \text{ lb}_m \left| \frac{g \text{ ft}}{s^2} \right.}{\tilde{m} \quad \tilde{g}} \right) = 1 \text{ lb}_f \quad (1.2)$$

Η αριθμητική τιμή που ορίστηκε για τον συντελεστή μετατροπής είναι ίση με $1/32.174$ επειδή 32.174 είναι η αριθμητική τιμή της μέσης επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) (9.80665 m/s^2) στην επιφάνεια της θάλασσας και σε γεωγραφικό πλάτος 45° , όταν το g εκφράζεται σε (ft/s^2) . Ως γνωστό, η επιτάχυνση της βαρύτητας μεταβάλλεται κατά μερικά δέκατα του 1% από περιοχή σε περιοχή στην επιφάνεια της γης αλλά μεταβάλλεται σημαντικά στην επιφάνεια της σελήνης.

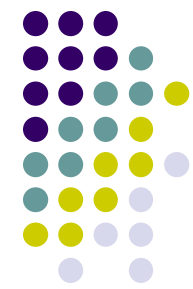
Μην μπερδεύεστε με τις $lb_m - lb_f$



Το αντίστοιχο του συντελεστή μετατροπής, με αριθμητική τιμή 32.174, συμβολίζεται με το ειδικό σύμβολο g_c :

$$g_c = 32.174 \frac{(\text{ft})(lb_m)}{(\text{s}^2)(lb_f)}$$

το οποίο και θα συναντήσετε σε διάφορες εξισώσεις για να σας υπενθυμίζει ότι η αριθμητική τιμή του συντελεστή μετατροπής δεν είναι ενιαία. Για να αποφύγουμε την σύγχυση **δεν θα χρησιμοποιήσουμε το g_c στο παρόν βιβλίο** επειδή χρησιμοποιούμε τόσο το σύστημα SI όσο και το σύστημα American Engineering. Θα ανακαλύψετε ότι η χρήση του **g_c είναι απαραίτητη** στο σύστημα American Engineering όταν ο συντελεστής μετατροπής είναι απαραίτητος για την ρύθμιση των μονάδων όταν τόσο το lb_f όσο και το lb_m βρίσκονται στην ίδια εξίσωση ή όταν το lb_f πρέπει να μετατραπεί σε lb_m , σε μία μονάδα όπως το $psia (lb_f/in^2)$.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1.4 Μία μετατροπή που περιλαμβάνει τόσο το lb_f όσο και το lb_m.

Ποια είναι η δυναμική ενέργεια σε (ft)(lb_f) ενός δοχείου 100 lb σε ύψος 10 ft από την επιφάνεια της γης με επίπεδο αναφοράς την επιφάνεια της γης.

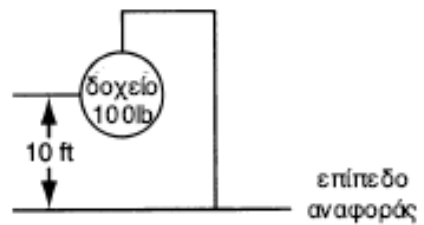
Λύση:

Αρχικά, διαβάζουμε το πρόβλημα με πολλή προσοχή. Ποιες είναι οι άγνωστες ποσότητες; Η δυναμική ενέργεια (PE) είναι άγνωστη. Ποιες είναι οι γνωστές ποσότητες; Η μάζα και το ύψος του δοχείου είναι γνωστά. Πως σχετίζονται μεταξύ τους; Θα πρέπει να αναζητήσετε την σχέση τους εκτός αν τη θυμάστε από τη Φυσική:

$$\text{Δυναμική Ενέργεια} = P = mgh$$

Θεωρήστε ότι 100 lb σημαίνει 100 lb μάζας. Ακόμη $g = \eta$ επιτάχυνση της βαρύτητας $= 32.2 \text{ ft/s}^2$.

Το σχήμα E1.4 αποτελεί ένα σκαρίφημα που περιγράφει το σύστημα.

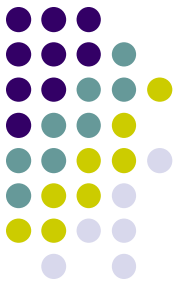


Σχήμα E1.4

Τώρα αντικαταστήστε τις αριθμητικές τιμές των μεταβλητών στην εξίσωση και εκτελέστε τις απαραίτητες μετατροπές μονάδων.

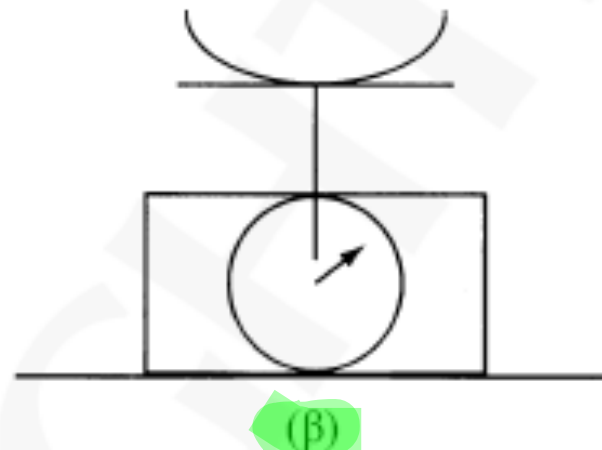
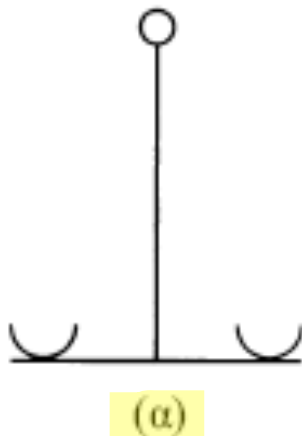
$$P = \left(\frac{100 \text{ lb}_m \left| \frac{32.2 \text{ ft}}{\text{s}^2} \right| 10 \text{ ft}}{32.174 (\text{ft})(\text{lb}_m)} \right) \frac{(\text{s}^2)(\text{lb}_f)}{1} = 1000 (\text{ft})(\text{lb}_f)$$

Παρατηρήστε τώρα ότι στην αναλογία 32.2 ft/s^2 διά $32.174 [(\text{ft})(\text{lb}_m)]/[(\text{s}^2)(\text{lb}_f)]$ οι αριθμητικές τιμές είναι σχεδόν ίσες. Πολλοί μηχανικοί θα έλυναν το πρόβλημα αυτό λέγοντας ότι $100 \text{ lb} \times \text{ft} = 1000 (\text{ft})(\text{lb})$ χωρίς να αναγνωρίζουν ότι κατ' ουσία ακυρώνουν αριθμούς στην αναλογία g/g_c και ότι το lb στην επίλυση, σημαίνει lb_f.

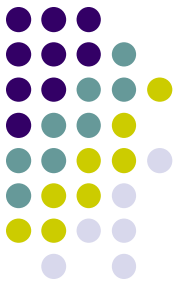


Μάζα - Βάρος

Διαθέτουμε δύο ζυγούς, έναν **ισορροπίας (α)** και έναν με **ελατήριο (β)**. Βαθμονομημένα βάρη τοποθετούνται στον έναν δίσκο της ζυγαριάς ισορροπίας ώστε να εξισορροπηθεί το αντικείμενο που θα ζυγίσουμε στον άλλο δίσκο. Στον ζυγό που φέρει ελατήριο, το αντικείμενο προς ζύγιση τοποθετείται στον δίσκο ενώ το συμπιεσμένο ελατήριο κινεί ένα μετρητή ενδείξεων σε kg.



Αποφασίστε αν το κάθε όργανο **ζυγίζει μάζα ή βάρος**. Δώστε έμφαση στην απάντησή σας. Δικαιολογήστε με μία φράση την απάντησή σας.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1.5 Μετατροπή Μονάδων σχετικών με Βιολογικά Υλικά

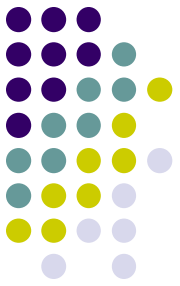
Στα βιολογικά συστήματα, τα ένζυμα χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση συγκεκριμένων βιολογικών αντιδράσεων. Η γλυκοαμυλάση είναι ένα ένζυμο που βοηθά στην μετατροπή του αμύλου σε γλυκόζη (ένα σάκχαρο που χρησιμοποιούν τα κύτταρα για αποθήκευση ενέργειας). Πειράματα έδειξαν ότι $1 \mu\text{g mol}$ γλυκοαμυλάσης σε διάλυμα αμύλου 4% οδηγεί στον σχηματισμό της γλυκόζης με ρυθμό $0.6 \mu\text{g mol}/(\text{mL})(\text{min})$. Προσδιορίστε τον ρυθμό σχηματισμού της γλυκόζης για αυτό το σύστημα σε μονάδες $\text{lb mol}/(\text{ft}^3)(\text{day})$.

Λύση:

Βάση υπολογισμών: 1 min

$$\begin{aligned} & \frac{0.6 \mu\text{g mol}}{(\text{mL})(\text{min})} \left| \frac{1 \text{ g mol}}{10^6 \mu\text{g mol}} \right| \left| \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g mol}} \right| \left| \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \right| \left| \frac{1 \text{ L}}{3.531 \times 10^{-2} \text{ ft}^3} \right| \left| \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \right| \left| \frac{24 \text{ hr}}{\text{day}} \right| \\ & = 0.0539 \frac{\text{lb mol}}{(\text{ft}^3)(\text{day})} \end{aligned}$$

Συνεπής Διαστασιολόγηση

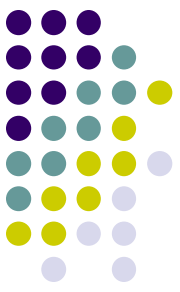


$$\text{Αριθμός Reynolds} = \frac{D\nu\rho}{\mu} = N_{RE} \longrightarrow \frac{du\rho}{\mu} = \frac{m \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{kg}{m^3}}{\frac{N \cdot s}{m^2}} = \frac{m \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{kg}{m^3}}{\frac{kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot s}{m^2}} = \text{αδιάσταστο}$$

- Τι μονάδες πρέπει να έχουν τα **a** και **b** ?

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

Σημαντικά Ψηφία



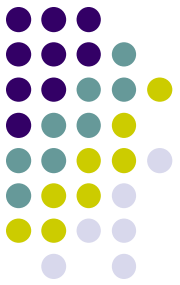
Θα έχετε ίσως ακούσει την ιστορία για τον Αιγύπτιο ξεναγό ο οποίος ανέφερε στους τουρίστες που αντίκρυζαν με δέος μία πυραμίδα, ότι η ηλικία της πυραμίδας ήταν 5013 χρόνων. “Πέντε χιλιάδων και δεκατριών! Πως το ξέρετε;” “Λοιπόν, όταν ξεκίνησα να δουλεύω εδώ πριν από δεκατρία χρόνια μου είπαν ότι η πυραμίδα ήταν 5000 χρόνων.”

Υπεύθυνοι φυσικοί επιστήμονες και μηχανικοί συμφωνούν ότι η μέτρηση θα πρέπει να περιέχει τριών ειδών πληροφορίες:

- α. το μέγεθος της μετρούμενης μεταβλητής
- β. τις μονάδες της
- γ. μία εκτίμηση της αβεβαιότητας

Η τελευταία μπορεί να διαχωριστεί από τις δύο πρώτες ή να αγνοηθεί πλήρως. Αν δεν γνωρίζετε την ακρίβεια μιας μέτρησης ή ενός αριθμού, μία συντηρητική επιλογή είναι να θεωρήσετε το τελευταίο ψηφίο εντός ενός ανώτερου και ενός κατώτερου ορίου. Για παράδειγμα το 1.43, μας δίνει μία τιμή 1.43 ± 0.005 , κυμαίνεται δηλαδή μεταξύ 1.425 και 1.435. Μία άλλη ερμηνεία του 1.43 είναι ότι σημαίνει 1.43 ± 0.001 .

Σημαντικά Ψηφία



$$\begin{array}{r} 110.3 \\ + \underline{0.038} \\ \hline 110.338 \end{array}$$

Άνω όριο Κάτω όριο

$$\begin{array}{r} 110.3 + 0.05 = 110.35 \\ 0.038 + 0.0005 = \underline{0.0385} \\ \hline 110.3885 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110.3 - 0.05 = 110.25 \\ 0.038 - 0.005 = \underline{0.0375} \\ \hline 110.2875 \end{array}$$

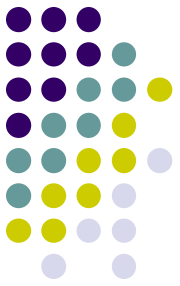
ΜΟ: 110.338

$$\begin{array}{r} \frac{98}{93.01} = 1.1 \\ = 1.05 \\ = 1.054 \\ = 1.0537 \end{array}$$

98±1 σφάλμα περίπου 1%

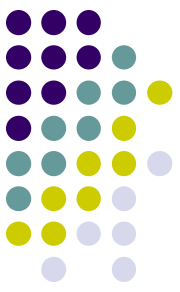
1.1±0.1 σφάλμα περίπου 10%

Σημαντικά Ψηφία



Να θυμάστε ότι μερικοί αριθμοί είναι ακριβείς, όπως το $\frac{1}{2}$ στην σχέση $KE = \frac{1}{2} mv^2$ και το 2 όταν είναι εκθέτης σε τετραγωνική ρίζα. Θα συναντήσετε επίσης και ακέραιους όπως τους 1, 2, 3 κτλ οι οποίοι σε μερικές περιπτώσεις είναι ακριβείς (2 αντιδραστήρες, 3 εισαγόμενα ρεύματα), αλλά σε άλλες αποτελούν σύντομα υποκατάστατα για αναμενόμενα ακριβείς μετρήσεις κατά τη λύση προβλημάτων (3 moles, 10 kg).

Όταν αναφερόμαστε σε μάζα 10 kg, όπου δεν υπάρχει δεκαδικό σημείο, παρά τα σχόλια μας για τα τελευταία μηδενικά, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι λίγα σημαντικά ψηφία χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της μάζας σε σχέση με άλλες τιμές παραμέτρων σε προβλήματα.

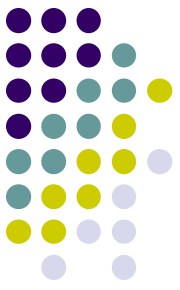


Αξιοπιστία της λύσης ενός προβλήματος

Τεκμηρίωση ή επαλήθευση είναι ο έλεγχος της ορθότητας των λύσεων, καθώς και η αξιολόγηση των διαδικασιών επίλυσης.

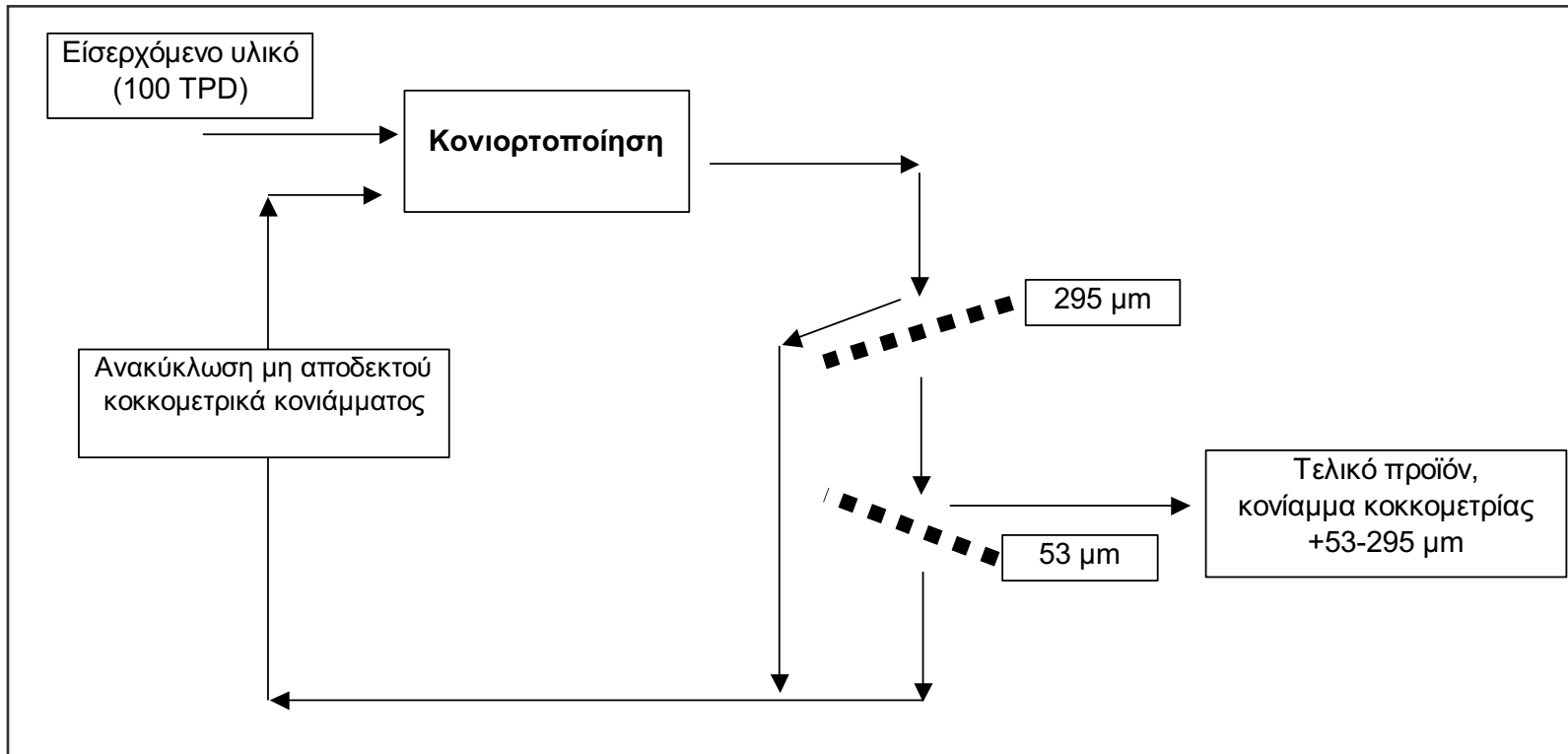
Προτεινόμενοι τρόποι επαλήθευσης:

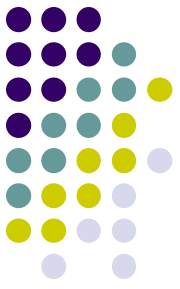
1. Επαναλάβετε τους υπολογισμούς πιθανά με άλλο τρόπο.
2. Ξεκινήστε από την απάντηση και κάντε τον υπολογισμό κατά την αντίστροφη πορεία.
3. Επανελέγξτε την ορθότητα των υποθέσεων και της διαδικασίας επίλυσης. Σιγουρευτείτε ότι δύο σφάλματα δεν αναιρούν το ένα το άλλο.
4. Συγκρίνετε τις αριθμητικές τιμές με πειραματικά δεδομένα ή με δεδομένα από βάσεις δεδομένων (βιβλία, διαδίκτυο).
5. Εξετάστε την συμπεριφορά της υπολογιστικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείτε διαφορετική αρχική τιμή και σιγουρευτείτε ότι το αποτέλεσμα μεταβλήθηκε ανάλογα.
6. Ελέγξτε αν η απάντηση σας φαίνεται λογική, με βάση το τι γνωρίζετε για το πρόβλημα και το υπόβαθρό του.



(3 μονάδες)

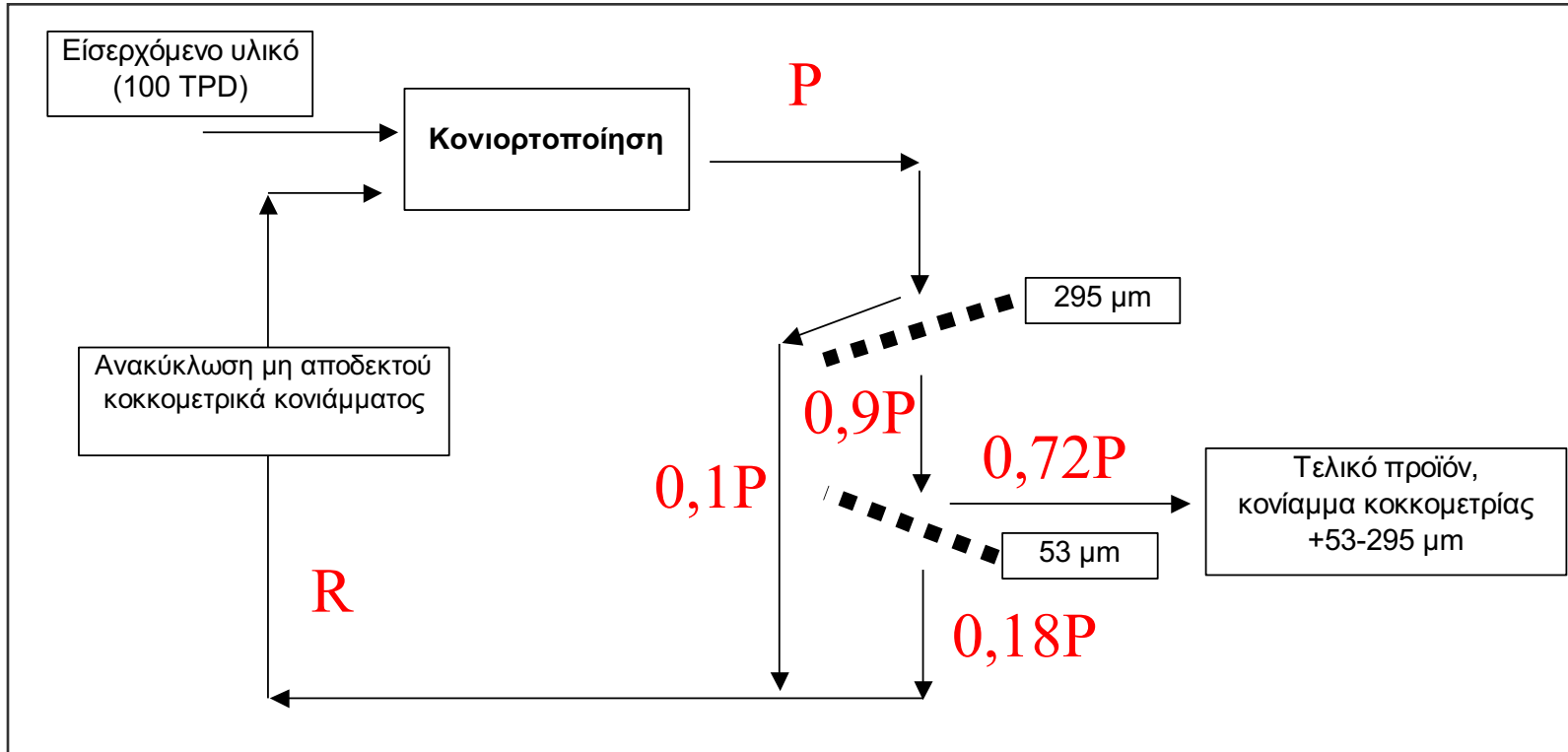
Θεωρείστε μια βιομηχανική μονάδα παρασκευής κονιαμάτων με αποδεκτή διάμετρο κόκκων +53-295 μm . Μετά την αρχική κονιορτοποίηση το κονίαμα περνά από ένα σύστημα κόσκινων τέτοιο ώστε το 10% του εισερχόμενου υλικού να μην περνά το κόσκινο των 295 μm και να ανακυκλώνεται, ενώ το 20% του υλικού που περνά το κόσκινο 295 μm , περνά και το κόσκινο των 53 μm και επίσης ανακυκλώνεται. Υπολογίστε το ποσοστό ανακύκλωσης και την απόδοση της μονάδας.

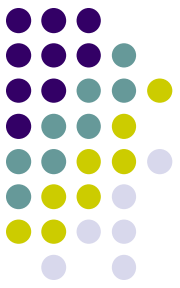




(3 μονάδες)

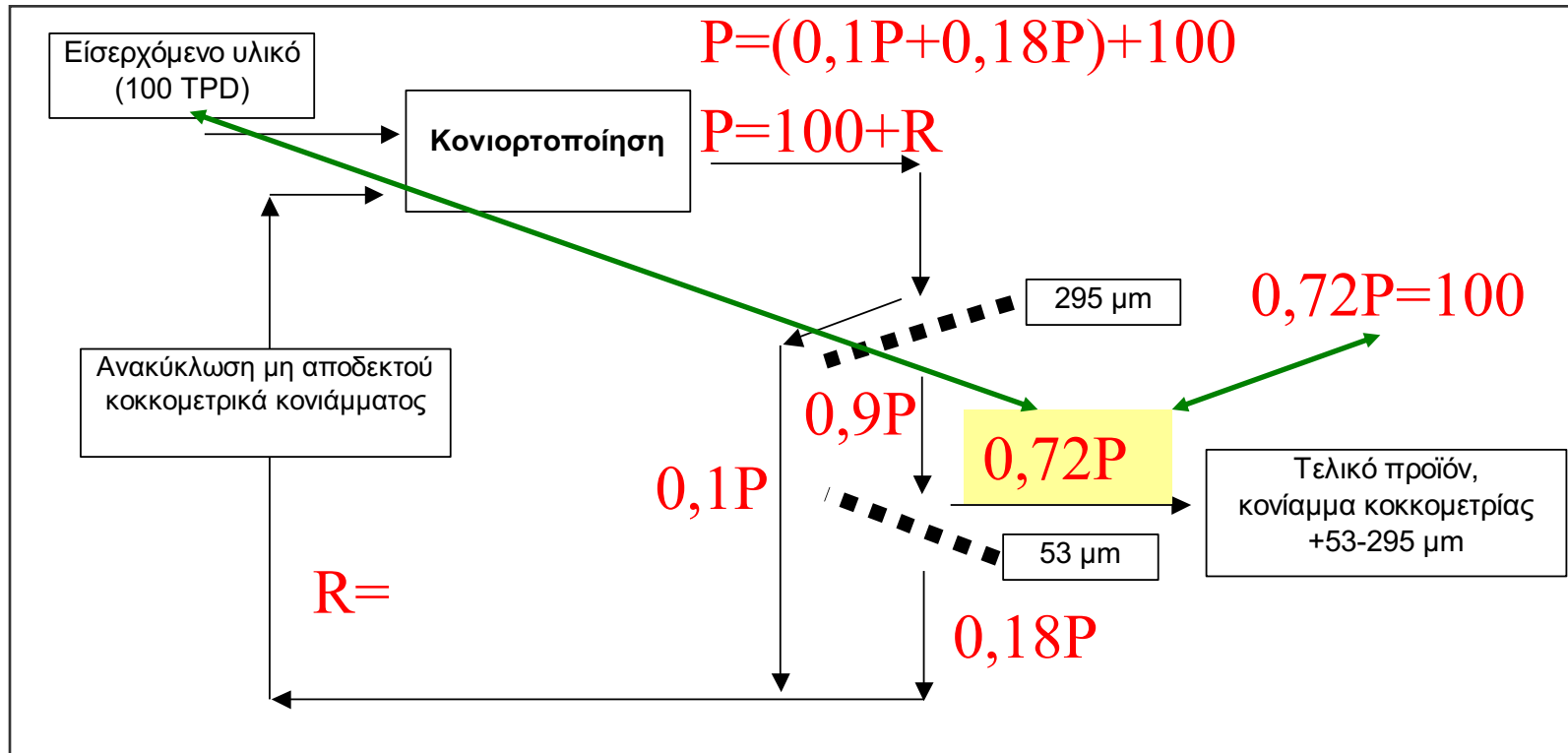
Θεωρείστε μια βιομηχανική μονάδα παρασκευής κονιαμάτων με αποδεκτή διάμετρο κόκκων +53-295 μm . Μετά την αρχική κονιορτοποίηση το κονίαμα περνά από ένα σύστημα κόσκινων τέτοιο ώστε το 10 % του εισερχόμενου υλικού να μην περνά το κόσκινο των 295 μm και να ανακυκλώνεται, ενώ το 20 % του υλικού που περνά το κόσκινο 295 μm , περνά και το κόσκινο των 53 μm και επίσης ανακυκλώνεται. Υπολογίστε το ποσοστό ανακύκλωσης και την απόδοση της μονάδας.





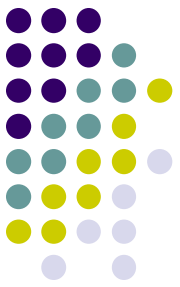
(3 μονάδες)

Θεωρείστε μια βιομηχανική μονάδα παρασκευής κονιαμάτων με αποδεκτή διάμετρο κόκκων +53-295 μm . Μετά την αρχική κονιορτοποίηση το κονίαμα περνά από ένα σύστημα κόσκινων τέτοιο ώστε το 10 % του εισερχόμενου υλικού να μην περνά το κόσκινο των 295 μm και να ανακυκλώνεται, ενώ το 20 % του υλικού που περνά το κόσκινο 295 μm , περνά και το κόσκινο των 53 μm και επίσης ανακυκλώνεται. Υπολογίστε το ποσοστό ανακύκλωσης και την απόδοση της μονάδας.



$P=139$

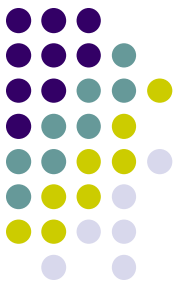
$R=39$



MOLES, ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ

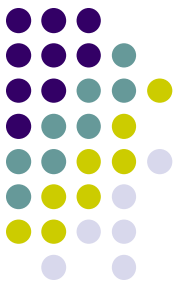
- 2.1 Το Mole
- 2.2 Πυκνότητα
- 2.3 Ειδικό βάρος
- 2.4 Ρυθμός Ροής
- 2.5 Μοριακό κλάσμα και κλάσμα μάζας (βάρος)
- 2.6 Αναλύσεις Σύνθετων Διαλυμάτων και Μιγμάτων
- 2.7 Συγκέντρωση

To mole



Η λέξη mole οφείλεται στον William Ostwald που το 1896, χρησιμοποίησε τον Λατινικό όρο mole που σημαίνει “σωρός”. Έτσι, αν σκεφτείτε τον όρο mole σαν έναν μεγάλο σωρό από σωματίδια θα έχετε μία γενική ιδέα. Ένας περισσότερο ακριβής ορισμός δόθηκε το 1969, από την Διεθνή Επιτροπή Μέτρων και Σταθμών που όρισε το mole (ή mol στο Διεθνές Σύστημα SI) “σαν την ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει τόσα στοιχειώδη σωματίδια (6.022×10^{23}) όσα άτομα υπάρχουν σε 0.012 kg του άνθρακα 12”. Τα στοιχειώδη σωματίδια μπορεί να είναι άτομα, μόρια, ιόντα, ή άλλου είδους σωματίδια. Έτσι, ένα mole αυγών αποτελείται από 6.023×10^{23} αυγά!

To mole



$$\text{To g-mol} = \frac{\text{μάζα σε g}}{\text{μοριακόβάρος}}$$

$$\text{To lb-mol} = \frac{\text{μάζα σε lb}}{\text{μοριακόβάρος}}$$

και

$$\text{μάζα σε g} = (\text{MB}) (\text{g mol})$$

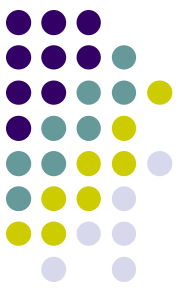
$$\text{μάζα σε lb} = (\text{MB}) (\text{lb mol})$$

Για παράδειγμα

$$\frac{100.0 \text{ g H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} \left| \frac{1 \text{ g mol H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} \right. = 5.56 \text{ g mol H}_2\text{O}$$

$$\frac{6.0 \text{ lb mol O}_2}{1 \text{ lb mol O}_2} \left| \frac{32.0 \text{ lb O}_2}{1 \text{ lb mol O}_2} \right. = 192 \text{ lb O}_2$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.2 Χρήση των Μοριακών Βαρών στην Μετατροπή Μάζας σε Moles



Αν σε ένα δοχείο υπάρχουν 2.00 lb NaOH, πόσα:

- (α) Λίβρα-moles NaOH περιέχονται;
- (β) Γραμμο-moles NaOH περιέχονται;

Λύση:

Θέλετε να μετατρέψετε λίβρες σε λίβρα-moles, και στη συνέχεια να μετατρέψετε τις τιμές αυτές σε μονάδες του συστήματος SI.

Βρείτε το μοριακό βάρος του NaOH ή υπολογίστε το από τα ατομικά βάρη. Είναι ίσο με 40.

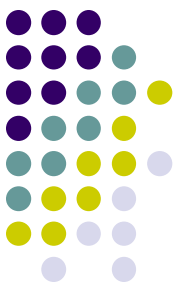
$$(α) \frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{1} \left| \frac{1 \text{ lb mol NaOH}}{40.0 \text{ lb NaOH}} \right| = 0.050 \text{ lb mol NaOH}$$

$$(β_1) \frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{1} \left| \frac{1 \text{ lb mol NaOH}}{40.0 \text{ lb NaOH}} \right| \left| \frac{454 \text{ g mol}}{1 \text{ lb mol}} \right| = 22.7 \text{ g mol}$$

$$(β_2) \frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{1} \left| \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ lb}} \right| \left| \frac{1 \text{ g mol NaOH}}{40.0 \text{ g NaOH}} \right| = 22.7 \text{ g mol}$$

Ελέξτε την απάντησή σας. Μετατρέψτε τις 2.00 lb του NaOH πρώτα στο σύστημα SI και μετά κάντε τους υπολογισμούς.

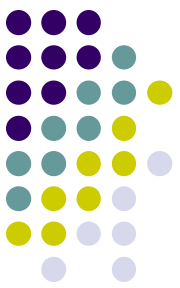
Πυκνότητα (μπράβο στο μηχανικό !)



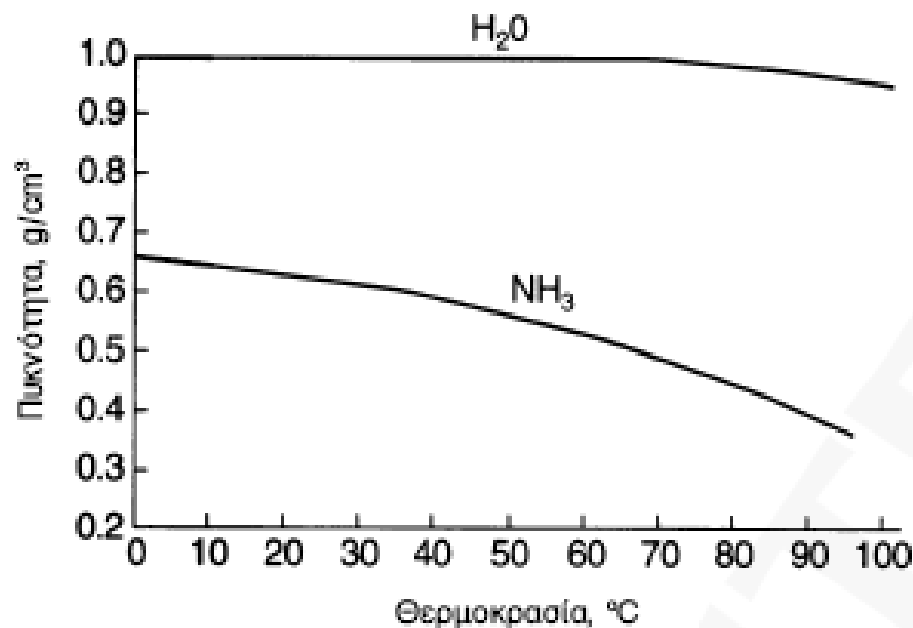
Από το κατώτερο ακροφύσιο εξόδου μιας αποθηκευτικής δεξαμενής γεμάτης με λιπαντικό που βρισκόταν σε θερμοκρασία $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ξεκίνησε ξαφνικά μια διαρροή καθώς χαλάρωσε η φλάντζα του ακροφυσίου. Εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του υλικού, δεν μπορούσε κανείς να πλησιάσει στη δεξαμενή και να επιδιορθώσει τη βλάβη.

Μετά από ένα χρονικό διάστημα σύγκρισης, είδαμε τον υπεύθυνο μηχανικό να κατευθύνεται στο γραφείο του και να δίνει οδηγίες στο προσωπικό λέγοντάς τους να ρίξουν νερό από το επάνω μέρος της δεξαμενής με τη βοήθεια μιας μάνικας. Μετά από λίγο αντί για λιπαντικό από το σημείο της διαρροής ανάβλυζε ζεστό νερό. Αργότερα, καθώς το εισερχόμενο νερό μείωσε τη θερμοκρασία της δεξαμενής, μπορούσαμε να κάνουμε τις επισκευές.

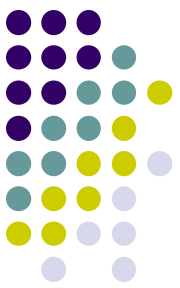
Πυκνότητα



Πυκνότητα είναι το πηλίκο της μάζας ανά μονάδα όγκου, π.χ. kg/m^3 ή lb/ft^3 . Η πυκνότητα έχει τόσο αριθμητική τιμή όσο και μονάδες. Για να προσδιοριστεί η πυκνότητα μιας ουσίας θα πρέπει να είναι γνωστά τόσο ο όγκος όσο και μάζα του. Η πυκνότητα των στερεών και των υγρών δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την πίεση, μεταβάλλεται όμως με την θερμοκρασία όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Συνήθως, η επίδραση της θερμοκρασίας στην πυκνότητα των υγρών δεν λαμβάνεται υπόψη.



Πυκνότητα



Ειδικός όγκος είναι το αντίστροφο της πυκνότητας, δηλαδή m^3/kg ή ft^3/lb . Σε τι χρησιμεύει η πυκνότητα; Στον υπολογισμό του όγκου μιας ορισμένης μάζας, ή της μάζας ενός ορισμένου όγκου ενός υλικού. Για μία ένωση

$$\rho = \text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκος}} = \frac{m}{V}$$

$$\hat{V} = \text{ειδικός όγκος} = \frac{\text{όγκος}}{\text{μάζα}} = \frac{V}{m}$$

έτσι, μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος μιας ορισμένης μάζας μιας ένωσης με δεδομένη την πυκνότητα της ένωσης. Αν για παράδειγμα η πυκνότητα της n-προπυλικής αλκοόλης είναι ίση με 0.804 g/cm^3 , ποιος είναι ο όγκος 90.0 g της αλκοόλης; Ο υπολογισμός είναι

$$\frac{90.0 \text{ g}}{0.804 \text{ g}} \left| \frac{1 \text{ cm}^3}{0.804 \text{ g}} \right. = 112 \text{ cm}^3$$



Πρόβλημα για συζήτηση

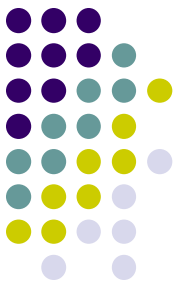
1. Από το περιοδικό *Chemical and Engineering News*, 1 Οκτωβρίου 1992, σελ. 10:

Δύο ολλανδοί επιστήμονες κέρδισαν την κρατική και βιομηχανική υποστήριξη για να εξετάσουν την δυνατότητα ανύψωσης του εδάφους σε παραθαλάσσιες περιοχές της χώρας τους με μετατροπή του υπόγειου ασβεστόλιθου σε γύψο χρησιμοποιώντας απόβλητο θειικό οξύ.

Το σχέδιο βασίζεται στο γεγονός ότι ο γύψος, $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, καταλαμβάνει τον διπλάσιο όγκο από αυτόν που καταλαμβάνει αντίστοιχη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει την γεώτρηση σε βάθος 1 km σε επιλεγμένα σημεία που βρίσκονται πάνω από τον ασβεστόλιθο με σκοπό τη διοχέτευση του θειικού οξέος. Ο σχηματιζόμενος γύψος θα πρέπει να ανυψώσει το έδαφος αρκετά μέτρα. Η διόγκωση του εδάφους με διοχέτευση θειικού οξέος έχει ήδη πραγματοποιηθεί στην Ολλανδία, σε βιομηχανική περιοχή κοντά στο Ρότερνταμ.

Νομίζετε ότι η ιδέα αυτή είναι εφικτή;

Ειδικό Βάρος

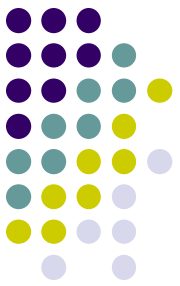


Το ειδικό βάρος θεωρείται σαν μία αδιάστατη αναλογία. Στην πραγματικότητα είναι το πηλίκο δύο πυκνοτήτων-της ουσίας A που μας ενδιαφέρει προς την πυκνότητα κάποιας ουσίας αναφοράς:

$$\text{ειδ. β. του } A = \text{ειδικό βάρος του } A = \frac{(\text{g/cm}^3)_A}{(\text{g/cm}^3)_{ref}} = \frac{(\text{kg/m}^3)_A}{(\text{kg/m}^3)_{ref}} = \frac{(\text{lb/ft}^3)_A}{(\text{lb/ft}^3)_{ref}}$$

Για να είμαστε ακριβείς, όταν αναφερόμαστε στο ειδικό βάρος, τα δεδομένα θα πρέπει να δίνονται τόσο μαζί με την θερμοκρασία της ουσίας που μας ενδιαφέρει όσο και με τη θερμοκρασία μέτρησης της ουσίας αναφοράς. Έτσι για τα στερεά και τα υγρά το ειδικό βάρος δίνεται από τη σχέση

$$\text{ειδ.β.} = 0.73 \frac{20^\circ}{4^\circ}$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.4 Υπολογισμός της Πυκνότητας από το Ειδικό Βάρος

Αν ένα διάλυμα γλυκερόλης 70 % (κατά βάρος) έχει ειδικό βάρος 1.184 στους 15 °C, πόση είναι η πυκνότητα του διαλύματος (α) σε g/cm^3 ; (β) σε lb_m/ft^3 και (γ) σε kg/m^3 ;

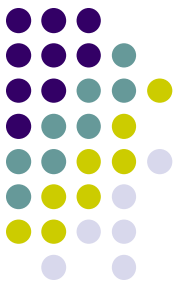
Λύση:

Χρησιμοποιείστε το ειδικό βάρος για τον υπολογισμό της πυκνότητας μέσω μιας ουσίας αναφοράς.

Επειδή δεν δίνονται θερμοκρασίες για την ουσία αναφοράς (θεωρούμε ότι είναι το νερό), για λόγους ευκολίας θεωρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού είναι 4 °C και ότι η πυκνότητα του νερού είναι $1.00 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$. Οι απαντήσεις είναι:

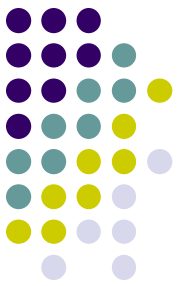
$$\text{ειδικό βάρος του } A = \frac{(\text{g/cm}^3)_A}{(\text{g/cm}^3)_{ref}} = \frac{(\text{kg/m}^3)_A}{(\text{kg/m}^3)_{ref}} = \frac{(\text{lb/ft}^3)_A}{(\text{lb/ft}^3)_{ref}} \dots\dots\dots$$

Test



Είναι οι επόμενες απαντήσεις σωστές ή λάθος;

- α. Η πυκνότητα του υδραργύρου είναι ίση με το ειδικό βάρος του.
- β. Το ειδικό βάρος είναι το πηλίκο δύο πυκνοτήτων.
- γ. Αν γνωρίζετε την τιμή της πυκνότητας αναφοράς μπορείτε να υπολογίσετε την πυκνότητα μιας ουσίας με πολλαπλασιασμό με το ειδικό βάρος,
- δ. Το ειδικό βάρος είναι μία αδιάστατη ποσότητα.



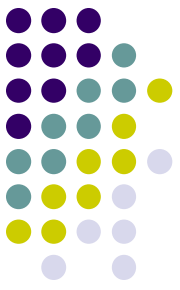
Μοριακό κλάσμα και κλάσμα μάζας

Το **μοριακό κλάσμα** είναι ο αριθμός των moles μιας ένωσης σε ένα μίγμα ή διάλυμα προς τον ολικό αριθμό moles του μίγματος ή του διαλύματος. Ο ορισμός ισχύει για αέρια, υγρά, και στερεά. Παρόμοια, το **κλάσμα μάζας (βάρους)** είναι η μάζα (βάρους) μιας ένωσης προς την ολική μάζα (βάρους) όλων των ενώσεων του μίγματος ή του διαλύματος. Αν και ο όρος κλάσμα μάζας είναι πιο σωστός, στη μηχανική χρησιμοποιείται συχνά και ο όρος **κλάσμα βάρους**. Μαθηματικά, εκφράζουμε τους όρους αυτούς ως εξής:

$$\text{Γραμμομοριακό κλάσμα του A} = \frac{\text{moles του A}}{\text{συνολικά moles}}$$

$$\text{Κλάσμα μάζας (βάρους) του A} = \frac{\text{μάζα του A}}{\text{ολική μάζα}}$$

Ρυθμός ροής



Για συνεχείς διεργασίες ο ρυθμός ροής ενός ρεύματος της διεργασίας είναι ίσος με τον ρυθμός μετακίνησης ενός υλικού μέσα σε έναν αγωγό. Στο βιβλίο αυτό θα χρησιμοποιούμε μία άνω τελεία για να δηλώνουμε τον ρυθμό, εκτός από τον ρυθμό ογκομετρικής ροής F . Ο ρυθμός ροής μάζας (\dot{m}) ενός ρεύματος μίας διεργασίας είναι ίσος με την μάζα (m) που μετακινείται στον αγωγό ανά μονάδα χρόνου (t).

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Ο ογκομετρικός ρυθμός ροής (F) ενός ρεύματος διεργασίας είναι ίσος με την μετακίνηση ενός όγκου (V) στην μονάδα του χρόνου (t).

$$F = \frac{V}{t}$$

Ο γραμμομοριακός ρυθμός ροής (F) ενός ρεύματος μίας διεργασίας είναι ίσος με την μετακίνηση σε ένα αγωγό n moles στην μονάδα του χρόνου (t).

$$\dot{n} = \frac{n}{t}$$

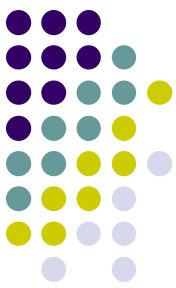


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.6 Μετατροπές μεταξύ Κλάσματος Μάζας (Βάρους) και Γραμμομοριακού Κλάσματος

Ένας βιομηχανικός αγωγός καθαρισμού περιέχει 5.00 kg νερού και 5.00 kg NaOH. Ποιο είναι το γραμμομοριακό κλάσμα και το κλάσμα μάζας (βάρους) του κάθε συστατικού στο κοντέινερ του αγωγού;

Βάση: 10.0 kg συνολικού διαλύματος

Συστατικό	kg	Κλάσμα βάρους	mol. wt.	kg. mol	Γραμμομοριακό κλάσμα
H ₂ O	5.00	$\frac{5.00}{10.0} = 0.500$	18.0	0.278	$\frac{0.278}{0.403} = 0.69$
NaOH	<u>5.00</u>	$\frac{5.00}{10.00} = \underline{0.500}$	40.0	<u>0.125</u>	$\frac{0.125}{0.403} = \underline{0.31}$
Σύνολο	10.00	1.000		0.403	1.00



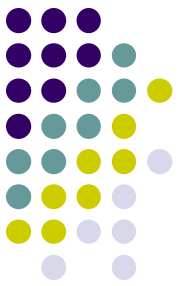
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.7 Το Απαιτούμενο Άζωτο για την Ανάπτυξη των Κυττάρων

Υπό κανονικές συνθήκες, τα ζωντανά κύτταρα λαμβάνουν το άζωτο που έχουν ανάγκη από τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών (κατανάλωση των πρωτεϊνών μέσα στα κύτταρα). Κατά την κοινή καλλιέργεια κυττάρων το $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ είναι η πιο συνηθισμένη πηγή αζώτου. Υπολογίστε την ποσότητα του $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ που καταναλώνεται σε ένα μέσο ζύμωσης στο οποίο η τελική συγκέντρωση κυττάρων είναι ίση με 35 g/L σε 500 L του μέσου ζύμωσης. Υποθέστε ότι τα κύτταρα περιέχουν 9 wt. % N, και ότι το $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ είναι η μόνη πηγή αζώτου.

Λύση:

Βάση: 500 L διαλύματος που περιέχουν 35 g/L

$$\frac{500 \text{ L}}{1} \left| \frac{35 \text{ g cell}}{\text{L}} \right| \frac{0.09 \text{ g N}}{1 \text{ g cell}} \left| \frac{1 \text{ g mol N}}{14 \text{ g N}} \right| \times \frac{1 \text{ g mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{1 \text{ g mol N}} \left| \frac{132 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{1 \text{ g mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \right| = 14,850 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$



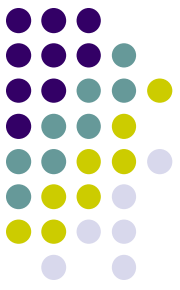
Αναλύσεις σύνθετων διαλυμάτων και μιγμάτων

Στο βιβλίο αυτό η σύσταση των αερίων θα αναφέρεται πάντα σε γραμμομοριακά κλάσματα, εκτός αν δηλώνεται ξεκάθαρα κάτι διαφορετικό.

Η σύσταση των υγρών και των στερεών θα δίνεται σε κλάσμα ή ποσοστό μάζας (ή βάρους), εκτός αν αναφέρεται κάτι άλλο, όπως γίνεται στην βιομηχανία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Σύσταση Καθαρού, Ξηρού Αέρα κοντά στην Επιφάνεια της Θάλασσας

Συστατικό	Ποσοστό κατά mole	Συστατικό	Ποσοστό
Άζωτο	78.084	Ξένον	0.0000087
Οξυγόνο	20.9476	Όζον	
Αργό	0.934	Καλοκαίρι	0-0.000007
Διοξείδιο του άνθρακα	0.0350	Χειμώνας	0-0.000007
Νέον	0.001818	Αμμωνία	0-trace
Ήλιο	0.000524	Μονοξείδιο του άνθρακα	0-trace
Μεθάνιο	0.0002	Ιώδιο	0-0.000001
Κρυπτό	0.000114	Διοξείδιο του αζώτου	0-0.000002
Υποξείδιο του αζώτου	0.00005	Διοξείδιο του θείου	0-0.001
Υδρογόνο	0.00005		



Αναλύσεις σύνθετων διαλυμάτων και μιγμάτων

Στο βιβλίο αυτό η σύσταση των αερίων θα αναφέρεται πάντα σε γραμμομοριακά κλάσματα, εκτός αν δηλώνεται ξεκάθαρα κάτι διαφορετικό.

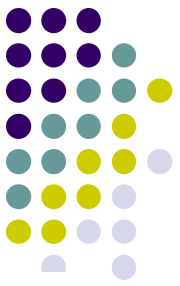
Η σύσταση των υγρών και των στερεών θα δίνεται σε κλάσμα ή ποσοστό μάζας (ή βάρους), εκτός αν αναφέρεται κάτι άλλο, όπως γίνεται στην βιομηχανία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 Χημική Ανάλυση Διαφόρων Αποβλήτων Επί τοις Εκατό

Υλικό	Ακα- τέργα- στο χαρτί	Απαν- θρακω- μένο χαρτί	Ελα- στικά τροχών	Ξηρά απόβλητα υπονόμων	Απανθρα- κωμένα απόβλητα υπονόμων	Απανθρα- κωμένη κοπριά ζώων	Μίγμα σκουπι- διών Α	Μίγμα σκουπι- διών Β
Υγρασία	3.8	0.8	0.5	13.6	1.2	0.0	3.4	12.3
Υδρογόνο*	6.9	3.1	4.3	6.7	1.4	5.4	6.6	7.0
Άνθρακας	45.8	84.9	86.5	28.7	48.6	41.2	57.3	44.4
Άζωτο	—	0.1	—	2.6	3.7	1.5	0.5	0.4
Οξυγόνο*	46.8	8.5	4.6	26.5	—	26.0	22.1	42.1
Θείο	0.1	0.1	1.2	0.6	—	0.4	0.4	0.2
Στάχτη	0.4	2.5	3.4	34.9	45.7	25.5	10.2	5.9

* Οι τιμές υδρογόνου και οξυγόνου αντανακλούν τις ποιότητες τους στο νερό που υπάρχει όσο και στο υλικό που δεν περιέχει υγρασία.

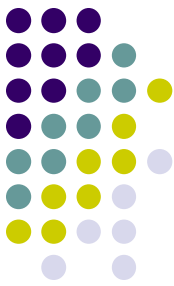
Συγκέντρωση



Η συγκέντρωση γενικά αναφέρεται στην ποσότητα μίας ουσίας ανά μονάδα όγκου, ενώ χρησιμοποιούνται και άλλες σχετικές μονάδες για να εκφραστεί η συγκέντρωση ενός υλικού όπως φαίνεται παρακάτω:

- α. Μάζα ανά μονάδα όγκου (lb διαλυμένης ουσίας/ ft^3 διαλύματος, g διαλυμένης ουσίας/ L , lb διαλυμένης ουσίας/βαρέλι, kg διαλυμένης ουσίας/ m^3)
- β. Moles ανά μονάδα όγκου (lb mole διαλυμένης ουσίας/ ft^3 διαλύματος, g mol διαλυμένης ουσίας/ L , g mole διαλυμένης ουσίας/ cm^3 .)
- γ. Μέρη στο εκατομμύριο (**ppm**) ή στο δισεκατομμύριο (**ppb**) για την έκφραση της συγκέντρωσης σε πολύ αραιά διαλύματα. Για τα στερεά και τα υγρά το ppm είναι ισοδύναμο με το κλάσμα μάζας (βάρους) γιατί η συνολική ποσότητα του διαλύματος είναι μεγαλύτερη από αυτή της διαλυμένης ουσίας. Για τα αέρια είναι ισοδύναμο με το γραμμομοριακό κλάσμα. Γιατί;
- δ. Μέρη ανά εκατομμυριοστά όγκου (**ppmv**) και μέρη ανά δισεκατομμυριοστά όγκου (**ppbv**).
- ε. Άλλες γνωστές εκφράσεις της συγκέντρωσης είναι η μοριακότητα (g mol/L), η molality (mole διαλυμένης ουσίας/ kg διαλύματος) και η κανονικότητα (ισοδύναμα/ L).

Συγκέντρωση



Ένα τυπικό παράδειγμα χρήσης των παραπάνω εκφράσεων της συγκέντρωσης, αποτελούν οι οδηγίες της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) για τον καθορισμό των ανώτερων επιπέδων των πέντε πιο συνηθισμένων αερίων, πάνω από τα οποία υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία, μετά από καθορισμένες χρονικές περιόδους.

- α. Διοξείδιο του θείου:** $365 \mu\text{g} / \text{m}^3$ κατά μέσο όρο για περίοδο 24 hr.
- β. Αιωρούμενα σωματίδια:** ($10 \mu\text{g}$ ή μικρότερα): $150 \mu\text{g} / \text{m}^3$ κατά μέσο όρο για περίοδο 24 hr.
- γ. Μονοξείδιο του άνθρακα:** $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (9 ppm) κατά μέσο όρο για περίοδο 24 hr, $40 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (35 ppm) κατά μέσο όρο για περίοδο 1 hr.
- δ. Διοξείδιο του αζώτου:** $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ κατά μέσο όρο για περίοδο πάνω από 1 χρόνο.
- ε. Όζον:** 0.12 ppm για περίοδο 1 hr.

Μετατροπή ppm (vol) \leftrightarrow $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Αν υποθεθεί ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο, τότε:

$$1 \text{ ppm (vol) A} = \frac{\begin{array}{l} 1 \text{ lit A} \\ 10^6 \text{ lit αέρα} \end{array}}{\begin{array}{l} = 1/22,4 \times \text{MB}_A \times 10^6 \mu\text{g} \\ = 10^6 \times (298/273) \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{array}} = 40,9 \times \text{MB}_A \mu\text{g/ m}^3$$

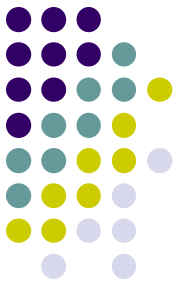
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.8 Χρήση του ppm

Το ισχύον όριο επικινδυνότητας του HCN στον αέρα για περίοδο 8 hr είναι 10.0 ppm. Η θανατηφόρα δόση του στον αέρα (σύμφωνα με τον κατάλογο της Merck) είναι ίση με 300 mg/kg σε θερμοκρασία δωματίου. Πόσα mg HCN/kg αέρα είναι τα 10.0 ppm; Σε ποιο κλάσμα της θανατηφόρας δόσης αντιστοιχούν τα 10.0 ppm;

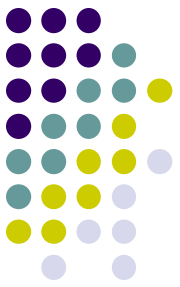
$$\text{Τα } 10.0 \text{ ppm είναι } \frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 (\text{air} + \text{HCN}) \text{ g mol}} = \frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 \text{ g mol air}}$$

$$\begin{aligned} \alpha. \quad & \frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 \text{ g mol air}} \left| \frac{27.03 \text{ g HCN}}{1 \text{ g mol HCN}} \right| \frac{1 \text{ g mol air}}{29 \text{ g air}} \left| \frac{1000 \text{ mg HCN}}{1 \text{ g HCN}} \right| \\ & \times \frac{1000 \text{ g air}}{1 \text{ kg air}} = 9.32 \text{ mg HCN/kg air} \end{aligned}$$

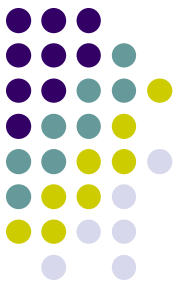
$$\beta. \quad \frac{9.32}{300} = 0.031$$



Πρόβλημα για συζήτηση



Συγκεκριμένα ιχνοστοιχεία είναι γνωστά για την τοξικότητά τους στους ανθρώπους αλλά την ίδια στιγμή είναι απαραίτητα για την υγεία. Θα πίνετε, για παράδειγμα, ένα ποτήρι νερό, αν γνωρίζατε ότι περιέχει 50 ppb αρσενικού; Το ανθρώπινο σώμα κανονικά περιέχει 40 με 300 ppb. Το κρασί περιέχει από 5 έως 116 ppb αρσενικού. Τα ψάρια περιέχουν 2,000 με 8,000 ppb. Θα πρέπει να σταματήσετε να τρώτε ψάρια; Μία άλλη ένωση που είναι απαραίτητη στους ανθρώπους και τα ζώα είναι το σελήνιο. Γνωρίζουμε ότι 0.1 με 0.3 ppm σεληνίου είναι απαραίτητα για την διαίτα, ενώ τα 5 έως 10 ppm αποτελούν τοξική δόση. Η συνθήκη Delaney του νόμου για τα Πρόσθετα των Τροφίμων απαγορεύει την προσθήκη κάθε καρκινογόνου ουσίας στα τρόφιμα. Θα μπορούσαν το σελήνιο και το αρσενικό να προστεθούν στην διαίτα σας με βιταμινούχα χάπια;



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.10 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Διεργασιών για την Παραγωγή του Μεθακρυλικού μεθυλεστέρα

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε2.10

Διεργασία	Ενώσεις που χρησιμοποιήθηκαν	Lb	Αξία (\$/lb)	TLV* (ppm)	OITF**
(α)	Ακετόνη	0.68	0.43	750	?
	Υδροακνάνιο	0.32	0.67	10	1000
	Μεθανόλη	0.37	0.64	200	10
	Θεικό οξύ	1.63	0.04	2	10,000
	Παραγόμενος μεθακρυλικός μεθυλεστέρας	1.00	0.78	100***	10
(β)	Ισοβουτυλένιο	1.12	0.31	200	?
	Μεθανόλη	0.38	0.064	200	10
	Πεντάνιο	0.03	0.112	600	?
	Θεικό οξύ	0.01	0.04	2	10,000
	Παραγόμενος μεθακρυλικός μεθυλεστέρας	1.00	0.78	100***	10

TLV*: (Threshold Limit Value) Οριακή τιμή έκθεσης σε χώρους εργασίας. Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των ενώσεων όπου δεν αναμένονται επικίνδυνες επιπτώσεις στην ζωή των εργαζομένων.

OITF**: (Overall Inhalation Toxicity Factor) ολικός αναπνευστικός τοξικός παράγοντας ορισμένος από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ.

***PEL αντί του TLV. PEL επιτρεπτό όριο έκθεσης όπως ορίζεται από την Διοίκηση Εργασίας και Ασφάλειας των ΗΠΑ.

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα Ε2.10, ποια διεργασία θα προτεινάτε για την παραγωγή του μεθακρυλικού μεθυλεστέρα;



$$\text{Διεργασία (α) καθαρή αξία} = 1(\$0.78) - 0.68(\$0.43) - 0.32(\$0.67) - 0.37(\$0.064) - 1.63(\$0.04) = \$0.18$$

$$\text{Διεργασία (β) καθαρή αξία} = 1(\$0.78) - 1.12(\$0.31) - 0.38(\$0.64) - 0.03(\$0.112) - 0.01(\$0.04) = \$0.19$$

$$\text{Δείκτης TLV} = \sum_i \frac{m_i}{\text{TLV}_i}$$

$$\text{Δείκτης OITF} = \sum_i (m_i)(\text{OITF})_i$$

Για την διεργασία (α)

$$\text{Δείκτης TLV} = \frac{0.68}{750} + \frac{0.32}{10} + \frac{0.37}{200} + \frac{1.63}{2} + \frac{1}{100} = 0.86$$

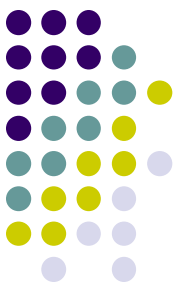
$$\text{Δείκτης OITF} = 0.68(?) + 0.32(1000) + 0.37(10) + 1.63(10,000) + 1(10) \cong 16,600$$

Για την διεργασία (β)

$$\text{Δείκτης TLV} = \frac{1.12}{200} + \frac{0.38}{200} + \frac{0.03}{600} + \frac{0.01}{2} = 0.01$$

$$\text{Δείκτης OITF} = 1.12(?) + 0.38(10) + 0.021(?) + 0.01(10,000) + 1(10) \cong 114$$

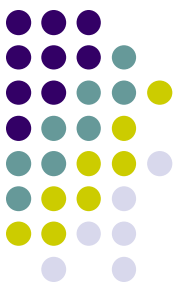
Ποια διεργασία θα προτείνετε?



ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΒΑΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Η βάση υπολογισμού είναι το σημείο αναφοράς των υπολογισμών που απαιτείται να πραγματοποιηθούν για την επίλυση οποιουδήποτε προβλήματος, ενώ η σωστή επιλογή της συμβάλλει στην ευκολότερη επίλυση. Η βάση μπορεί να είναι κάποια χρονική περίοδος, π.χ. ώρες, ή η μάζα κάποιου υλικού, π.χ. 5 kg CO₂, ή κάποια άλλη κατάλληλη και βολική ποσότητα. Για την σωστή επιλογή της βάσης (η οποία σε πολλά προβλήματα είναι προκαθορισμένη ενώ σε άλλα δεν είναι γνωστή) θα πρέπει να τεθούν τα παρακάτω ερωτήματα:

- α. Ποια είναι τα δεδομένα του προβλήματος; (π.χ. έχω 100 lb λάδι ή 46 kg λίπασμα).
- β. Ποιο είναι το ζητούμενο του προβλήματος; (π.χ. πόσο προϊόν παράγεται ανά ώρα).
- γ. Ποια είναι η καταλληλότερη βάση; (Για παράδειγμα, θεωρήστε ότι τα γραμμομοριακά κλάσματα μιας ποσότητας ενός υλικού είναι γνωστά. Επομένως η επιλογή 100 kg moles του υλικού σαν βάση φαίνεται λογική. Από την άλλη, αν τα κλάσματα μάζας ενός υλικού είναι γνωστά, τα 100 kg του υλικού είναι η καταλληλότερη βάση).



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.1 Επιλέγοντας Βάση Υπολογισμών

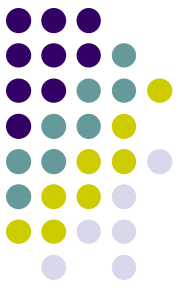
Η αφυδρογόνωση των κατώτερων αλκανίων μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας καταλύτη οξειδίου του Δημητρίου (CeO). Ποιο είναι το κλάσμα μάζας και ποιο το γραμμομοριακό κλάσμα του Ce και του O του καταλύτη;

Λύση:

Ξεκινήστε την λύση με την επιλογή της βάσης υπολογισμών. Αφού δεν καθορίζεται κάποια συγκεκριμένη ποσότητα υλικού, το ερώτημα σχετικά με τα δεδομένα δεν βοηθά στην επιλογή της βάσης. Το ίδιο συμβαίνει και με το ερώτημα που σχετίζεται με την επιθυμητή απάντηση. Τι γνωρίζετε για το CeO ; Από τον τύπο της ένωσης φαίνεται ότι ένα mole Ce ενώνεται με ένα mole O . Συνεπώς ή επιλογή βάσης 2 kg mole (ή 2 g mole ή 2 lb mole κ.τ.λ) φαίνεται λογική. Μπορείτε να βρείτε τα ατομικά βάρη των Ce και O στο Παράρτημα Β, και μετά να υπολογίσετε τις σχετικές μάζες του Ce και του O στο CeO . Οι υπολογισμοί φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Βάση: 2 kg mol CeO

Συστατικό	kg mol	Γραμμομοριακό			Κλάσμα μάζας
		κλάσμα	Mol. wt.	kg	
Ce	1	0.50	140.12	140.12	0.90
O	1	0.50	16.0	16.0	0.10
Σύνολο	2	1.00	156.1	156.1	1.00



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.2 Επιλέγοντας Βάση Υπολογισμών

Οι περισσότερες διεργασίες σύνθεσης αερίων καυσίμων υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, ή βενζίνης από άνθρακα περιλαμβάνουν ένα στάδιο αεριοποίησης για την παραγωγή υδρογόνου ή αερίου σύνθεσης. Η αεριοποίηση με πίεση είναι προτιμότερη εξαιτίας της υψηλότερης απόδοσης που επιτυγχάνεται σε μεθάνιο και του υψηλότερου ρυθμού αεριοποίησης.

Αν δίνεται ότι 50.0 kg αερίου δείγματος περιέχουν κατά μέσο όρο 10.00 % H₂, 40% CH₄, 30% CO και 20% CO₂, ποιο είναι το μέσο μοριακό βάρος του αερίου;

Βάση: 100 kg mol ή lb mol αερίου.

Συστατικό	Ποσοστό % = kg mol ή lb mol	Mol wt.	kg ή lb
CO ₂	20.0	44.0	880
CO	30.0	28.0	840
CH ₄	40.0	16.04	642
H ₂	10.0	2.02	20
Συνολικά	100.0		2382

$$\text{Μέσο μοριακό βάρος} = \frac{2382 \text{ kg}}{100 \text{ kg mol}} = 23.8 \text{ kg/kg mol}$$

Ελέγξτε την λύση παρατηρώντας ότι ένα μέσο μοριακό βάρος ίσο με 23.8 είναι λογικό αφού τα μοριακά βάρη των συστατικών κυμαίνονται μεταξύ 10 και 40.