

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:

**«Μονάδες, διαστάσεις, σημαντικά ψηφία, πυκνότητα,
ειδικό βάρος, συγκέντρωση, μοριακό κλάσμα,
θερμοκρασία, πίεση»**

**Διδάσκοντες:
Γκαϊντατζής Γεώργιος
Δούναβης Αθανάσιος**

Ξάνθη, Εαρινό Εξάμηνο 2025

Παράδειγμα 2.1. Χρήση των συντελεστών μετατροπής

Μετατρέψτε τα 400 in³/ημέρα σε cm³/min.

Λύση

$$\frac{400 \text{ in}^3}{\text{ημέρα}} \left| \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \right)^3 \right| \frac{1 \text{ ημέρα}}{24 \text{ hr}} \left| \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right| = 4.56 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Να σημειωθεί σε αυτό το παράδειγμα ότι υψώνονται σε δύναμη όχι μόνο οι αριθμοί, αλλά και οι μονάδες.

Παράδειγμα 2.2 Νανοτεχνολογία

Υλικά με διαστάσεις της τάξης του νανο- έχουν αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής μελέτης κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, λόγω της πιθανής τους χρήσης σε ημιαγωγούς, φάρμακα, ανιχνευτές πρωτεϊνών και μεταφορά ηλεκτρονίων. **Νανοτεχνολογία** είναι ο γενικός όρος που αναφέρεται στην σύνθεση και εφαρμογή τέτοιων μικρών σωματιδίων. Παράδειγμα ημιαγωγού αποτελεί ο ZnS με διάμετρο σωματιδίων 1.8 νανόμετρα. Μετατρέψτε την τιμή αυτή σε (α) δεκατόμετρα (dm) και (β) σε ίντσες (in).

Λύση

α.

$$\frac{1.8 \text{ nm}}{1} \left| \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right| \frac{10 \text{ dm}}{1 \text{ m}} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ dm}$$

β.

$$\frac{1.8 \text{ nm}}{1} \left| \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right| \frac{39.37 \text{ in.}}{1 \text{ m}} = 7.1 \times 10^{-8} \text{ in.}$$

Παράδειγμα 2.3. Μετατροπή μονάδων συνδεδεμένων με βιολογικά υλικά

Σε βιολογικά συστήματα, τα ένζυμα χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση των ρυθμών ορισμένων βιολογικών αντιδράσεων. Η γλυκοαμυλάση είναι ένα ένζυμο που βοηθά στη μετατροπή του αμύλου σε γλυκόζη (ένα σάκχαρο που τα κύτταρα χρησιμοποιούν για ενέργεια). Πειράματα δείχνουν ότι 1 μg mole γλυκοαμυλάσης σε ένα διάλυμα 4% αμύλου έχει ως αποτέλεσμα ένα ρυθμό παραγωγής γλυκόζης 0,6 μg mol / (mL) (min). Καθορίστε το ρυθμό παραγωγής της γλυκόζης για το σύστημα αυτό σε lb mol / (ft³) (ημέρα).

Λύση

Ο ρυθμός παραγωγής γλυκόζης αναφέρεται στο πρόβλημα ως $0,6 \mu\text{g mol} / (\text{mL})(\text{min})$. Ως εκ τούτου, για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, πρέπει απλά να μετατρέψετε την ποσότητα αυτή στις ζητούμενες μονάδες:

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

Παράδειγμα 2.4 Μία μετατροπή που περιλαμβάνει τόσο το lb_m όσο και το lb_f

Ποια είναι η δυναμική ενέργεια σε $(\text{ft})(\text{lb}_f)$ ενός δοχείου 100 lb σε ύψος 10 ft από την επιφάνεια της γης με επίπεδο αναφοράς την επιφάνεια της γης.

Λύση

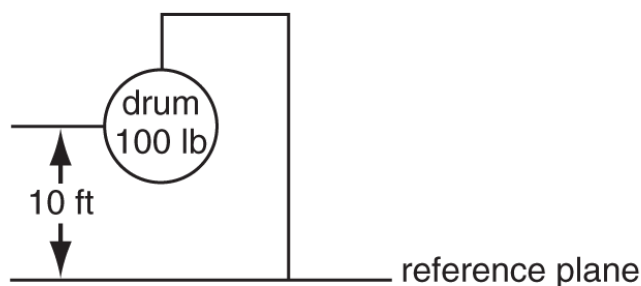
Αρχικά, διαβάζουμε το πρόβλημα με πολλή προσοχή. Ποιες είναι οι άγνωστες ποσότητες; Η δυναμική ενέργεια (PE) είναι άγνωστη. Ποιες είναι οι γνωστές ποσότητες; Η μάζα και το ύψος του δοχείου είναι γνωστά. Πως σχετίζονται μεταξύ τους; Θα πρέπει να αναζητήσετε την σχέση τους εκτός αν τη θυμάστε από τη Φυσική:

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

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

Το Σχήμα E2.4 αποτελεί ένα σκαρίφημα που περιγράφει το σύστημα.

Σχήμα E2.4



Reference plane: επίπεδο αναφοράς

Drum: δοχείο

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

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

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 .

Παράδειγμα 2.5 Διαστασιακή Συνέπεια

Το βιβλίο σας δείχνει ότι η εκλεκτική διάβρωση ενός μικροσίπ για τη δημιουργία κυκλωμάτων δίνεται από την σχέση

$$d = 16.2 - 16.2e^{-0.021t} \quad t < 200$$

Όπου d είναι το βάθος της κοιλότητας σε μικρά (μικρόμετρα, μm) και t είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα. Ποιες είναι οι μονάδες των αριθμών 16.2 και 0.021; Μετατρέψτε την εξίσωση έτσι ώστε το d να εκφράζεται σε ίντσες και το t σε λεπτά.

Λύση

Αφού εξετάσετε την εξίσωση η οποία εκφράζει το d συναρτήσει του t , θα πρέπει να αποφασίσετε σχετικά με τις μονάδες στο δεξιό μέρος της εξίσωσης. Βασίζομενοι στην ιδέα της διαστασιακής συνέπειας, και οι δύο τιμές των 16.2 θα πρέπει να έχουν τις σχετικές μονάδες σε μικρά (μm). Το εκθετικό μέρος θα πρέπει να είναι αδιάστατο έτσι ώστε το 0.021 να έχει μονάδες s^{-1} . Για να εκτελέσετε την μετατροπή αναζητήστε τους κατάλληλους συντελεστές στο μπροστινό εσώφυλλο του βιβλίου (π.χ. μετατρέψτε τα $16.2 \mu\text{m}$ σε ίντσες και τα 0.021 s^{-1} σε min^{-1}).

$$d(\text{in.}) = \frac{16.2 \mu\text{m}}{1} \left| \frac{1 \text{ m}}{10^6 \mu\text{m}} \right| \left| \frac{39.37 \text{ in.}}{1 \text{ m}} \right| \left[1 - \exp \frac{-0.021}{\text{s}} \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| \frac{t (\text{min})}{1} \right]$$

$$d (\text{in.}) = 6.38 \times 10^{-4} (1 - e^{-1.26t(\text{min})})$$

Καθώς προχωράτε στη μελέτη της Χημικής Μηχανικής, θα παρατηρήσετε ότι υπάρχουν αριθμοί που προκύπτουν από πειραματικά δεδομένα ή από τη θεωρητική

μελέτη που δεν φέρουν μονάδες. Τέτοιες ομάδες μεταβλητών ονομάζονται **αδιάστατες** ή **μη διαστατικές ομάδες**. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο αριθμός Reynolds που συναντάται στην Ρευστομηχανική.

$$\text{Αριθμός Reynolds} = \frac{D v \rho}{\mu} = N_{RE}$$

Όπου D είναι η διάμετρος του αγωγού (π.χ. σε cm), v είναι η ταχύτητα του ρευστού, (π.χ. σε cm/s), ρ είναι η πυκνότητα του ρευστού, (π.χ. σε g/cm³), και μ το ιξώδες [συνήθως δίνεται σε centipoise, το οποίο έχει μονάδες g/(cm)(s)]. Εισάγοντας αυτή τη συνεπή ομάδα μονάδων για τα, D , v , και ρ στην εξίσωση $Dv\rho/\mu$, θα δείτε ότι όλες οι μονάδες απαλείφονται δίνοντας ένα αδιάστατο αριθμό για τον αριθμό Reynolds:

$$N_{RE} = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{\text{cm}}{\text{cm}} \left| \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right| \left| \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right| \left| \frac{(\text{cm})(\text{s})}{\text{g}} \right| = \text{μια αδιάστατη ποσότητα}$$

Παράδειγμα 2.6 Διαστατική συνέπεια μιας εξίσωσης

Η ακόλουθη εξίσωση προτείνεται να τον υπολογισμό της πτώση πίεσης (ΔP) κατά μήκος ενός σωλήνα (L), λόγω ροής εντός του σωλήνα. Να προσδιοριστεί η διαστατική συνέπεια της εξίσωσης:

$$\Delta p = 1/2 v^2 \left(\frac{L}{D} \right) f$$

όπου v είναι η μέση ταχύτητα του ρευστού που ρέει στο σωλήνα, D η διάμετρος του σωλήνα, και f είναι ένας αδιάστατος συντελεστής που ονομάζεται συντελεστής τριβής, ο οποίος είναι μια συνάρτηση του αριθμού Reynolds.

Λύση

Ας αντικαταστήσουμε τις μονάδες στο σύστημα SI που είναι κατάλληλες για κάθε όρο της προτεινόμενης εξίσωσης, αναγνωρίζοντας ότι η πίεση είναι δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας (βλέπε πίνακα 2.1). Ποιες είναι οι μονάδες του Δp ; Είναι

$$\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{(\text{kg})(\text{m})}{\text{s}^2} \left| \frac{\text{m}}{\text{m}^2} \right| \rightarrow \frac{\text{kg}}{(\text{s}^2)(\text{m})}$$

Ποιες είναι οι καθαρές μονάδες στο δεξί μέρος της προτεινόμενης εξίσωσης;

$$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \left| \frac{\text{m}}{\text{m}} \right| \rightarrow \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Ως εκ τούτου, επειδή οι μονάδες στο αριστερό μέρος της εξίσωσης δεν ταιριάζουν με τις μονάδες στο δεξί μέρος, η προτεινόμενη εξίσωση δεν είναι διαστασιακά συνεπής. Με κάποια έρευνα ή έλεγχο, διαπιστώθηκε ότι στην προτεινόμενη εξίσωση λείπει ένας όρος πυκνότητας στο δεξί μέρος της εξίσωσης, δηλαδή, η εξίσωση θα πρέπει να είναι

$$\Delta p = \frac{1}{2} v^2 \rho \left(\frac{L}{D} \right) f$$

Με την τροποποίηση αυτή, οι μονάδες στο δεξί μέρος της εξίσωσης γίνονται

$$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \left| \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right| \frac{\text{m}}{\text{m}} \rightarrow \frac{\text{kg}}{(\text{s}^2)(\text{m})}$$

Επομένως, εάν συμπεριληφθεί η πυκνότητα, η εξίσωση αυτή φαίνεται να είναι διαστασιακά συνεπής.

Παράδειγμα 2.7 Διατήρηση Σημαντικών ψηφίων

Αν αφαιρέσουμε την ποσότητα 20,100 kg από 22,400 kg, το αποτέλεσμα 2,300 kg φέρει τέσσερα δεκαδικά ψηφία;

Λύση

Αν παρατηρήσετε ότι τα 22,400, 20,100, και 2,300 δεν έχουν δεκαδικό ψηφίο μετά το μηδέν του δεξιού μέρους, πόσα σημαντικά ψηφία αποδίδονται στο 22,400 και το 21,100; Από την επιστημονική σημειογραφία, μπορείτε να συμπεράνετε ότι ο αριθμός των σημαντικών ψηφίων είναι τρία.

$$\begin{array}{r} 2.24 \times 10^4 \text{ kg} \\ - 2.01 \times 10^4 \text{ kg} \\ \hline 0.23 \times 10^4 \text{ kg} \end{array}$$

Παρόλο που οι δύο πρώτοι αριθμοί έχουν τρία σημαντικά ψηφία, το αποτέλεσμα έχει μόνο δύο.

Από την άλλη, αν ήταν τοποθετημένο ένα δεκαδικό σημείο σε κάθε αριθμό, δηλαδή είχαμε 22,400. και 20,100., υποδεικνύοντας ότι το τελευταίο μηδενικό είναι σημαντικό, τότε η απάντηση 2,300. θα ήταν σωστή για τέσσερα σημαντικά ψηφία.

Παράδειγμα 2.8 Μικρο-τομή του DNA

Η τεχνική επέκτασης-τοποθέτησης πάνω σε μία φέρουσα στοιβάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μικρο-τομή ενός ηλεκτροστατικά τοποθετημένου κλώνου DNA. Η διαδικασία ένα γυάλινο υπόστρωμα στο επάνω μέρος του οποίου υπάρχει η φέρουσα στοιβάδα του DNA και ένα ζεύγος ηλεκτρονίων. Το DNA τεντώνεται ηλεκτροστατικά και ακινητοποιείται επάνω στην φέρουσα στοιβάδα, με το ένα μοριακό άκρο του ευθυγραμμισμένο στην άκρη ενός από τα δύο ηλεκτρόδια. Η τομή μεταξύ των δύο επιφανειών πραγματοποιείται με μία βελόνα, σε μία συγκεκριμένη αλληλουχία του DNA. Με διάλυση της στοιβάδας το κομμάτι του DNA που βρίσκεται πάνω στον φορέα μπορεί να ανακτηθεί σε ένα φίλτρο μεμβράνης. Το τμήμα του φορέα μπορεί στη συνέχεια να τηχθεί ώστε να παραλάβουμε το τμήμα του DNA σε διάλυμα.

Αν το DNA εκταθεί σε μήκος 48 kb, και το πλάτος της τομής είναι 3 μm , πόσα ζεύγη βάσεων (bp) υπάρχουν στο κομμάτι του DNA; Σημείωση: 1 kb αντιστοιχεί σε 1000 ζεύγη βάσεων (bp), και 3 kb = 1 μm .

Λύση

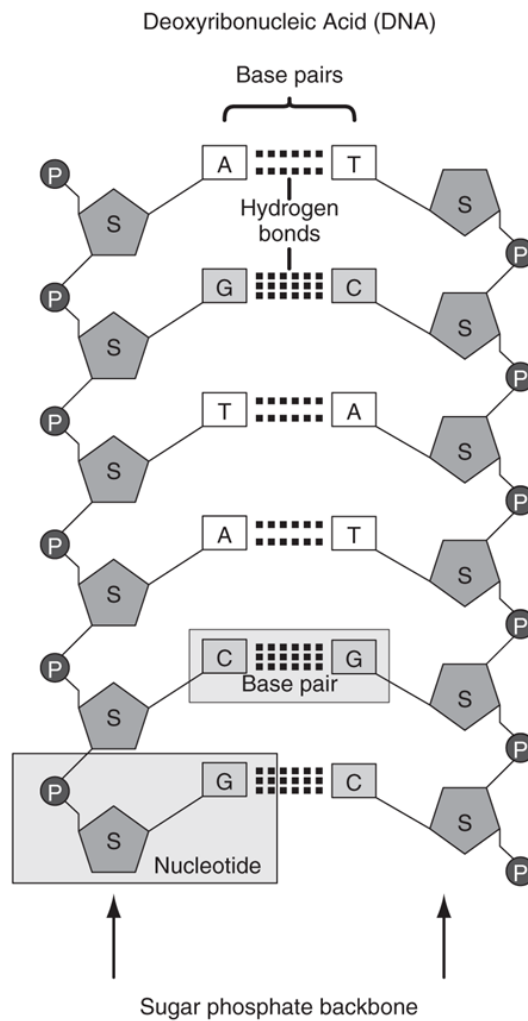
Η μετατροπή είναι η εξής:

$$\frac{3 \mu\text{m}}{1 \mu\text{m}} \left| \frac{3 \text{ kb}}{1 \mu\text{m}} \right| \frac{1000 \text{ bp}}{1 \text{ kb}} = 9000 \text{ bp}$$

Ωστόσο, επειδή η μέτρηση των αριθμών των μορίων σε ένα τμήμα DNA, καθορίζεται με 3 ή 4 σημαντικά ψηφία και τα 3 μm της τομής είναι δυνατό να περιέχουν περισσότερα από 1 σημαντικά ψηφία αν μετρηθούν σωστά, η ακρίβεια στην τιμή 9000 μπορεί στην πραγματικότητα να είναι καλύτερη από ό, τι φαίνεται από τον υπολογισμό.

Σχεδόν όλα τα έμβια όντα περιέχουν DNA (το οποίο αντιπροσωπεύει το δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ), δηλαδή, το μόριο που αποθηκεύει τις **γενετικές πληροφορίες**. Το DNA αποτελείται από μια σειρά νουκλεοτιδίων (δείτε Σχήμα E2.8α). Κάθε νουκλεοτίδιο συμβολίζεται με βάση τη βάση που περιέχει, σε συντομογραφία ως ακολούθως: A (για την αδενίνη), C (για τη κυτοσίνη), G (για τη γουανίνη), ή T (για τη θυμίνη). Το Σχήμα E2.8β δείχνει σε δύο διαστάσεις, τη σύνθεση της κάθε βάσης. Η πιο διάσημη μορφή του DNA σε ένα κύτταρο αποτελείται από δύο πολύ μεγάλους κορμούς από μόρια σακχάρων (S) και φωσφορικό άλας (P) που σχηματίζουν δύο αλληλένδετες αλυσίδες που ονομάζεται διπλή έλικα και είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους με τα ζεύγη βάσεων όπως φαίνεται στο Σχήμα E2.8γ. Το DNA μπορεί επίσης να λάβει και άλλες μορφές οι οποίες δεν παρουσιάζονται εδώ.

Σχήμα E2.8α. Μια διδιάστατη αναπαράσταση ενός τμήματος του DNA που παρουσιάζεται στο Σχήμα E2.8γ σε τρεις διαστάσεις



Deoxyribonucleic acid: δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ

Base pairs: ζεύγη βάσεων

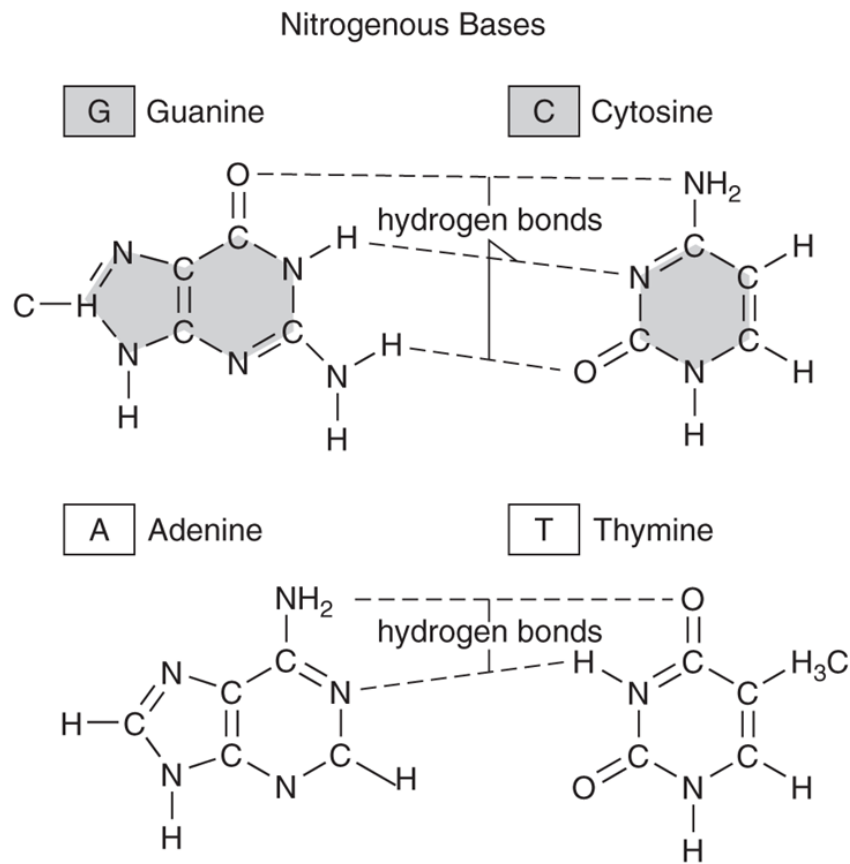
Hydrogen bonds: Δεσμοί υδρογόνου

Base pair: ζεύγος βάσης

Nucleotide: νουκλεοτίδιο

Sugar phosphate backbone: Κορμός φωσφορικού σακχάρου

Σχήμα Ε2.8β. Μια διδιάστατη αναπαράσταση των χημικών ενώσεων των αντίστοιχων βάσεων G, C, A και T



Nitrogenous bases: αζωτούχες βάσεις

Guanine: γουανίνη

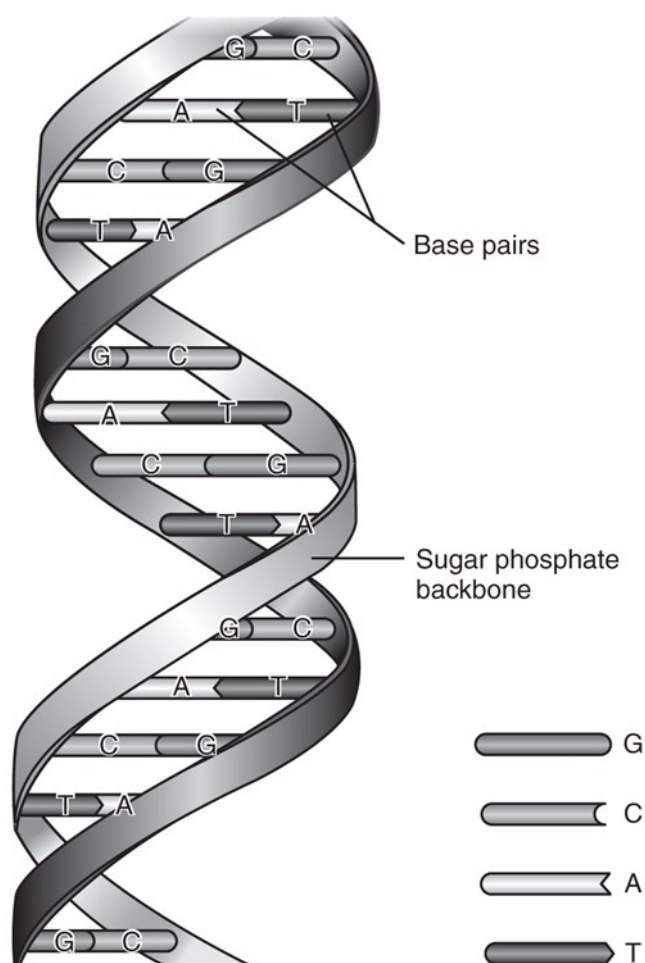
Cytosine: κυτοσίνη

Hydrogen bonds: Δεσμοί υδρογόνου

Adenine: αδενίνη

Thymine: θυμίνη

Σχήμα E2.8γ. Μία τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός αυθαίρετου κομματιού του εξαιρετικά μεγάλου κλώνου του DNA



Base pairs: ζεύγη βάσεων

Sugar phosphate backbone: Κορμός φωσφορικού σακχάρου

Το μήκος ενός τμήματος του DNA μετράται με βάση τον αριθμό των ζευγών βάσης (όπως φαίνεται στα Σχήματα E2.8β και E2.8γ), 1 kb είναι 1000 ζεύγη βάσεων (bp), και 3 kb = 1 μm. Ο κορμός φωσφορικού σακχάρου συνδέεται με διαδοχικούς συνδυασμούς των A, T, G, και C.

Ένα γονιδίωμα είναι ένα τμήμα του DNA σε μια πάρα πολύ μακρά ακολουθία A, C, G και T. Ορισμένα τμήματα του γονιδιώματος αντιστοιχούν σε γονίδια που φέρουν τις πληροφορίες που απαιτούνται για την άμεση σύνθεση πρωτεϊνών και την αντιγραφή του DNA. Για να γίνει ένα τμήμα του γονιδιώματος γονίδιο, η αλληλουχία των βάσεων θα πρέπει να αρχίσει με ATG ή GTG και πρέπει να τελειώνει με TAA, TAG, ή TGA.

Το μήκος της αλληλουχίας πρέπει να είναι ακριβές πολλαπλάσιο του τρία. Η πρωτεϊνική σύνθεση είναι η παραγωγή πρωτεϊνών που χρειάζεται το κύτταρο για τις

δραστηριότητες και την ανάπτυξή του. Η αντιγραφή είναι η διαδικασία με την οποία το DNA αντιγράφει τον εαυτό του για τον απόγονο κάθε κύτταρου, μεταβιβάζοντας τις πληροφορίες που απαιτούνται για την πρωτεϊνική σύνθεση. Στους περισσότερους κυτταρικούς οργανισμούς, το DNA οργανώνεται σε χρωμοσώματα που βρίσκονται στον πυρήνα του κυττάρου.

Παράδειγμα 2.9 Χρήση των Μοριακών Βαρών για τη Μετατροπή της Μάζας σε Moles

Αν σε ένα δοχείο υπάρχουν 2.00 lb NaOH, πόσα

(α) Λίβρα-moles NaOH περιέχονται;

(β) Γραμμο-moles NaOH περιέχονται;

Λύση

Μπορείτε να μετατρέψετε τις 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 40.0). Λάβετε υπόψη ότι το μοριακό βάρος χρησιμοποιείται ως παράγοντας μετατροπής σε αυτόν τον υπολογισμό:

α.

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

β1.

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

Ελέγξτε την απάντησή σας μετατρέποντας τις 2.00 lb του NaOH πρώτα στο σύστημα SI και μετά ολοκληρώστε τη μετατροπή σε γραμμο-moles:

β2.

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

Παράδειγμα 2.10 Χρήση των Μοριακών Βαρών για τη Μετατροπή των Moles σε Μάζα.

Πόσες λίβρες NaOH υπάρχουν σε 7.50 g mol NaOH;

Λύση

Το πρόβλημα αφορά στην μετατροπή g mol σε lb. Από το Παράδειγμα 2.9 το μοριακό βάρος του NaOH είναι 40.0.

$$\frac{7.50 \text{ g mol NaOH}}{1} \left| \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g mol}} \right| \left| \frac{40.0 \text{ lb NaOH}}{1 \text{ lb mol NaOH}} \right| = 0.661 \text{ lb NaOH}$$

Παρατηρήστε ότι η μετατροπή μεταξύ λίβρα-moles και γραμμο-moles ήταν να γίνει από το σύστημα SI στο σύστημα μονάδων ΑΕ. Μπορείτε να μετατρέψετε πρώτα τα 7.50 g mol NaOH σε g NaOH και μετά να κάνετε χρήση της ισότητας 454 g = 1 lb ώστε να υπολογίσετε την ποσότητα του NaOH σε lb;

Οι τιμές των **μοριακών βαρών** (σχετική μοριακή μάζα) υπολογίζονται από τις τιμές των ατομικών βαρών που βασίζονται στην κλίμακα των *σχετικών μαζών των στοιχείων*. Το **ατομικό βάρος** ενός στοιχείου είναι η μάζα ενός ατόμου όπως ορίζεται από μία κλίμακα που ορίζει τη μάζα του ισοτόπου του άνθρακα ^{12}C ίση με 12. Η τιμή 12 επιλέχθηκε σ' αυτή την περίπτωση επειδή ένα άτομο άνθρακα 12 αποτελείται από 6 πρωτόνια και 6 νετρόνια για ένα συνολικό μοριακό βάρος ίσο με 12.

Παράδειγμα 2.11 Μέσο Μοριακό Βάρος του Αέρα

Υπολογίστε το μέσο μοριακό βάρος του αέρα, υποθέτοντας ότι ο αέρας αποτελείται από 21% O_2 και 79% N_2 .

Λύση

Επειδή η σύνθεση του αέρα δίνεται σε mole τοις εκατό, επιλέγεται μία βάση 1 g mol. Το MB του N_2 δεν είναι στην πραγματικότητα 28,0 αλλά 28,2, επειδή η τιμή του MB του 79% ψευδο- N_2 είναι στην πραγματικότητα ένας συνδυασμός από 78.084% N_2 και 0.934% Ar. Οι μάζες του O_2 και του ψευδο- N_2 είναι:

Βάση: 1 g mol αέρα

$$\text{Μάζα } \text{O}_2 = \frac{1 \text{ g mol αέρα}}{1} \left| \frac{0.21 \text{ g mol } \text{O}_2}{\text{g mol αέρα}} \right| \left| \frac{32.00 \text{ g } \text{O}_2}{\text{g mol } \text{O}_2} \right| = 6.72 \text{ g } \text{O}_2$$

$$\text{Μάζα } \text{N}_2 = \frac{1 \text{ g mol αέρα}}{1} \left| \frac{0.79 \text{ g mol } \text{N}_2}{\text{g mol αέρα}} \right| \left| \frac{28.2 \text{ g } \text{N}_2}{\text{g mol } \text{N}_2} \right| = 22.28 \text{ g } \text{N}_2$$

$$\text{Σύνολο} \qquad \qquad \qquad = 29.0 \text{ g αέρα}$$

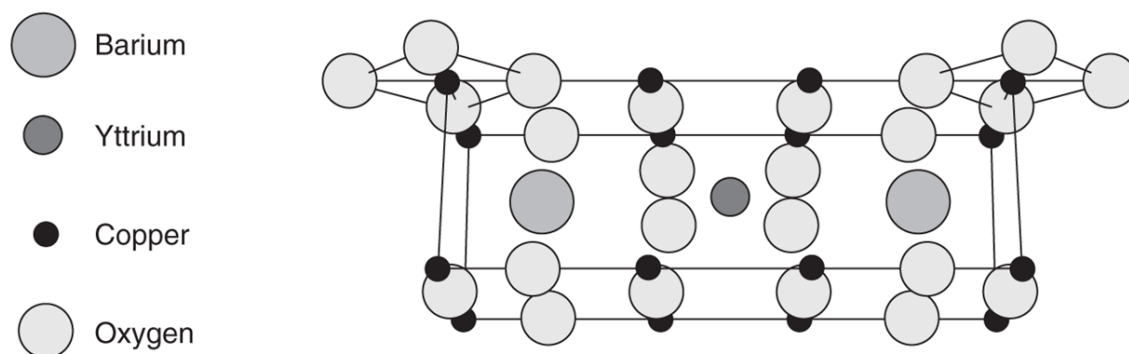
Ως εκ τούτου, η συνολική μάζα 1 g mol αέρα είναι ίση με 29.0 g, η οποία ονομάζεται μέσο μοριακό βάρος του αέρα. (Επειδή επιλέξαμε 1 g mol από αέρα ως βάση, η συνολική μάζα υπολογίστηκε απευθείας παρέχοντας το μέσο μοριακό βάρος 29.0).

Παράδειγμα 2.12 Υπολογισμός Μοριακού Βάρους

Από την ανακάλυψη της υπεραγωγιμότητας πριν από περίπου 100 χρόνια, οι επιστήμονες μελέτησαν το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η έννοια της υπεραγωγιμότητας για την βελτίωση της χρήσης της ενέργειας. Μέχρι πρόσφατα οι περισσότερες εφαρμογές δεν ήταν οικονομικά βιώσιμες γιατί τα κράματα του νιοβίου έπρεπε να τοποθετούνται σε θερμοκρασία μικρότερη των 23 K με υγρό He. Ωστόσο, το 1987 το υλικό Y-Ba-Cu-O εμφάνισε υπεραγωγιμότητα στους 90 K, γεγονός που επέτρεψε την χρήση του φτηνότερου υγρού N₂.

Ποιο είναι το μοριακό βάρος της μονάδας υπεραγωγίου υλικού που παρουσιάζεται στο Σχήμα E2.12; (Στο σχήμα φαίνεται η βασική μονάδα μιας μεγαλύτερης δομής)

Σχήμα E2.12



Barium = βάριο

Yttrium = ύτριο

Copper = χαλκός

Oxygen = οξυγόνο

Λύση

Αρχικά αναζητήσετε τα ατομικά βάρη των στοιχείων από τον πίνακα στο Παράρτημα Β. Υποθέστε ότι η μονάδα αναφέρεται σε ένα μόριο. Με μέτρηση των ατόμων μπορείτε να βρείτε:

Στοιχείο	Αριθμός ατόμων	Ατομικά βάρη (g)	Μάζα (g)
Ba	2	137.34	2(137.34)
Cu	16	63.546	16(63.546)
O	37	16.00	37(16.00)
Y	1	88.905	1(88.905)
		Σύνολο	1972.3

Το μοριακό βάρος της μονάδας είναι ίσο με 1972.3 ατομικές μάζες /1 μόριο, ή 1972.3 g / g mol. Ελέγξτε τους υπολογισμούς σας και την απάντησή σας ώστε να βεβαιωθείτε ότι είναι λογική.

Το **μοριακό κλάσμα** είναι ο αριθμός των moles μιας συγκεκριμένης ουσίας σε ένα μίγμα ή διάλυμα προς τον ολικό αριθμό moles που υπάρχουν στο μίγμα ή το διάλυμα. 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**. Αυτές οι έννοιες μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

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

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

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό σε moles και βάρος είναι το γινόμενο του αντίστοιχου κλάσματος επί εκατό. Βεβαιωθείτε ότι έχετε μάθει πώς να μετατρέψετε το κλάσμα μάζας σε μοριακό κλάσμα και αντίστροφα χωρίς σκέψη, γιατί θα πρέπει να το κάνετε αρκετά συχνά. Όταν δίνεται ένα ποσοστό ή κλάσμα για ένα αέριο, υποτίθεται ότι αναφέρεται σε ένα ποσοστό επί τοις εκατό σε mole ή ένα κλάσμα mole, εκτός και εάν ορίζεται διαφορετικά. Όταν δίδεται ένα ποσοστό ή κλάσματος για ένα υγρό ή ένα στερεό, υποτίθεται ότι αναφέρεται σε ένα ποσοστό επί τοις εκατό βάρους ή ένα κλάσμα βάρους.

Παράδειγμα 2.13 Μετατροπή 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;

Λύση

Είναι εύκολο να υπολογίσετε το κλάσμα μάζας από τις μάζες των ουσιών. Από τις τιμές αυτές μπορείτε στη συνέχεια να υπολογίσετε τα γραμμομοριακά κλάσματα.

Ένας εύκολος τρόπος μετατροπής σε προβλήματα τέτοιου τύπου, είναι η σχεδίαση ενός πίνακα όπως φαίνεται παρακάτω. Η εξοικείωση με τη μέθοδο αυτή είναι σημαντική γιατί τα προβλήματα αυτού του είδους καθώς και τα αντίστροφα, η μετατροπή δηλαδή

γραμμομοριακών κλασμάτων σε κλάσματα μάζας (βάρους), είναι πολύ συχνά. Γράψτε τα συστατικά, τις μάζες και τα μοριακά τους βάρη σε στήλες.

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	5.00	$\frac{5.00}{10.0} = 0.500$	40.0	0.125	$\frac{0.125}{0.403} = 0.31$
Σύνολο	10.00	1.000		0.403	1.00

Παράδειγμα 2.14 Επιλέγοντας Βάση Υπολογισμών

Η αφυδρογόνωση των κατώτερων αλκανίων μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ως καταλύτη οξείδιο 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 1 kg mole (ή 1 g mole ή 1 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 για το γραμμομοριακό κλάσμα και το κλάσμα μάζας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Βάση: 1 kg mol CeO

Συστατικό	kg mol	Γραμμομοριακό κλάσμα	Mol. Wt.	kg	Κλάσμα mole
Ce	1	0.50	140.12	140.12	0.8975
O	1	0.50	16.0	16.0	0.1025
Σύνολο	2	1.00	156.12	156.12	1.0000

Παράδειγμα 2.15 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;

Λύση

Ας επιλέξουμε μία βάση υπολογισμών. Η απάντηση στο πρώτο ερώτημα (ποια είναι τα δεδομένα;), μας οδηγεί στην επιλογή 50 kg αερίου, είναι όμως αυτή η επιλογή σωστή; Αν σκεφτούμε περισσότερο θα καταλάβουμε ότι μία τέτοια βάση δεν θα μας βοηθούσε αρκετά. Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού του ποσοστού επί τοις εκατό των moles του αερίου (θυμηθείτε ότι η σύσταση των αερίων σχεδόν πάντα εκφράζεται σε αναλογία %) με τα kg δεν έχει καμία έννοια. Προσπαθήστε να συμπεριλάβετε τις κατάλληλες μονάδες. Επομένως, το επόμενο βήμα είναι να επιλέξετε την κατάλληλη βάση, η οποία είναι 100 kg mol αερίου, και να προχωρήσετε ως εξής:

Βάση: 100 kg mol ή lb mol αερίου.

Φτιάξτε έναν πίνακα όπως ο παρακάτω όπου θα καταγράψετε τα αποτελέσματά σας. Η κατασκευή του πίνακα δεν είναι απαραίτητη, αλλά κάνοντας χωριστούς υπολογισμούς για κάθε συστατικό η διαδικασία αυτή είναι ανεπαρκής και είναι ευκολότερο να συμβούν λάθη.

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	<u>10.0</u>	2.02	<u>20</u>
Συνολικά	100.0		2382

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

Ελέγξτε τη λύση παρατηρώντας ότι ένα μέσο μοριακό βάρος ίσο με 23.8 είναι λογικό, διότι τα μοριακά βάρη των συστατικών κυμαίνονται από 2 έως 44 και η απάντηση είναι μια τιμή ανάμεσα σ' αυτές τις τιμές.

Εν κατακλείδι, βεβαιωθείτε ότι καθορίσατε την καταλληλότερη βάση των υπολογισμών σας, ώστε να σας είναι ξεκάθαρη η φύση τους, έτσι ώστε οποιοσδήποτε

εξετάζει την λύση του προβλήματος να μπορεί να καταλαβαίνει σε ποια βάση στηρίζατε τους υπολογισμούς σας.

Θα έχετε σίγουρα ακούσει την ιστορία με τον Αλί Μπαμπά και τους 40 κλέφτες. Έχετε ακούσει για τον Αλί Μπαμπά και τις 39 καμήλες; Ο Αλί Μπαμπά μοίρασε στους γιους του 39 καμήλες με αποτέλεσμα ο μεγαλύτερος του γιος να πάρει τις μισές καμήλες. Ο δεύτερος πήρε το ένα τέταρτο, ο τρίτος το ένα όγδοο και ο νεότερος το ένα δέκατο. Οι τέσσερις γιοι δεν μπορούσαν να μοιράσουν την κληρονομιά μέχρι που εμφανίστηκε ένας ξένος πάνω στην καμήλα του. Πρόσθεσε την καμήλα του στις 39 καμήλες και στη συνέχεια μοίρασε τις 40 καμήλες στους τέσσερις γιους. Ο μεγαλύτερος πήρε 20, ο δεύτερος 10, ο τρίτος 5 και ο τέταρτος 4. Μία καμήλα περίσσεψε. Ο ξένος την πήρε (μιας και ήταν δική του) και έφυγε. Έκπληκτα τα τέσσερα αδέρφια τον παρακολουθούσαν καθώς απομακρυνόταν. Ο μεγαλύτερος γιος ήταν ο πρώτος που ξεκίνησε τους υπολογισμούς. Δεν του άφησε πατέρας του τις μισές καμήλες; Είκοσι καμήλες είναι προφανώς περισσότερες από το μισό του 39. Ένας από τους τέσσερις γιους θα πήρε λιγότερες καμήλες από το μερίδιο του. Αλλά μετά από σκέψη βρήκαν ότι ο καθένας είχε περισσότερες καμήλες από το μερίδιο που του αντιστοιχούσε. Καλύψτε τις επόμενες γραμμές του κειμένου. Ποια είναι η απάντηση στο παράδοξο;

Ύστερα από αρκετή σκέψη σχετικά με το πρόβλημα αυτό, θα καταλάβετε ότι το άθροισμα $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ και $\frac{1}{10}$ δεν ισούται με 1 αλλά με 0.975. Με ρύθμιση (κανονικοποίηση) του κλάσματος των καμήλων (!) ώστε συνολικά να ισοδυναμούν με 1, η διαίρεση των καμήλων επιβεβαιώνεται

Κλάσματα καμήλων	Κανονικοποίηση		Διορθωμένα κλάσματα		Μοιρασμένες καμήλες (ακέραιος αριθμός)
0.500	$\left(\frac{0.500}{0.975}\right)$	=	0.5128×39	=	20
0.250	$\left(\frac{0.250}{0.975}\right)$	=	0.2564×39	=	10
0.125	$\left(\frac{0.125}{0.975}\right)$	=	0.1282×39	=	5
0.100	$\left(\frac{0.100}{0.975}\right)$	=	0.1026×39	=	4
-----	-----		-----		-----
0.975	$\left(\frac{0.975}{0.975}\right)$	=	1.000	=	39

Αυτό που κάναμε ήταν να αλλάξουμε την βάση από 0.975 στη νέα βάση 1.000.

Πιο συχνά από ότι θα προτιμούσατε, θα πρέπει να αλλάξετε την βάση που χρησιμοποιείτε για την λύση ενός προβλήματος σε μία ή περισσότερες νέες βάσεις έτσι ώστε να συνδυάσετε τα δεδομένα του προβλήματος. Εξετάστε το ακόλουθο παράδειγμα.

Παράδειγμα 2.16 Αλλαγή Βάσεων Υπολογισμών

Ένα αέριο περιέχει O₂ (20%), N₂ (78%) και SO₂ (2%), υπολογίστε τη σύσταση του αερίου σε μία βάση ανεξάρτητη του SO₂, αυτό σημαίνει το αέριο χωρίς το SO₂.

Λύση

Αρχικά επιλέξτε μια βάση 1 mol του αερίου (ή 100 mol). Γιατί; Η σύσταση για το αέριο είναι σε ποσοστού επί τοις εκατό mole. Στη συνέχεια υπολογίστε τα moles του κάθε συστατικού, αφαιρώντας το SO₂, και προσαρμόζοντας τη βάση για τους υπολογισμούς, έτσι ώστε το αέριο να αποτελείται μόνο από O₂ και N₂ σε σύσταση 100%.

Βάση: 1.0 mol αερίου

Συστατικά	Γραμμομοριακό κλάσμα	Mol	Mol πλην των moles του SO ₂	Γραμμομοριακό κλάσμα ανεξάρτητο του SO ₂
O ₂	0.20	0.20	0.20	0.20
N ₂	0.78	0.78	0.78	0.80
SO ₂	0.02	0.02		
	1.00	1.00	0.98	1.00

Η στρογγυλοποίηση στην τελευταία στήλη έγινε με βάση τις αρχικές τιμές των γραμμομοριακών κλασμάτων.

Παράδειγμα 2.17 Υπολογισμός της Πυκνότητας από το Ειδικό Βάρος

Εάν η πενικιλίνη έχει ειδικό βάρος 1.41, πόση είναι η πυκνότητα σε (α) g/cm³, (β) lbm/ft³ και (γ) kg/m³;

Λύση

Ξεκινήστε με το ειδικό βάρος για τον υπολογισμό της πυκνότητας μέσω μιας ουσίας αναφοράς. Επειδή δεν δίνονται θερμοκρασίες για την πενικιλίνη (P) ή την ουσία αναφοράς (θεωρείται ότι είναι νερό), ως εκ τούτου, για λόγους απλούστευσης υποθέτουμε ότι η πενικιλίνη είναι σε θερμοκρασία δωματίου (22°C) και ότι η ουσία αναφοράς είναι νερό στους 4°C. Ως εκ τούτου, η πυκνότητα αναφοράς είναι 62.4 lb/ft³ ή 1.00 × 10³ kg/m³ (1.00 g/cm³).

α.

$$\frac{1.41 \frac{\text{g P}}{\text{cm}^3}}{1.00 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3}} \left| \frac{1.00 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3}}{1.00 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3}} \right. = 1.41 \frac{\text{g P}}{\text{cm}^3}$$

β.

$$\frac{1.41 \frac{\text{lb}_m \text{ P}}{\text{ft}^3}}{1.00 \frac{\text{lb}_m \text{ H}_2\text{O}}{\text{ft}^3}} \left| \frac{62.4 \frac{\text{lb}_m \text{ H}_2\text{O}}{\text{ft}^3}}{\text{ft}^3} \right. = 88.0 \frac{\text{lb}_m \text{ P}}{\text{ft}^3}$$

γ.

$$\frac{1.41 \text{ g P}}{\text{cm}^3} \left| \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 \right| \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1.41 \times 10^3 \frac{\text{kg P}}{\text{m}^3}$$

Ίσως να γνωρίζετε ότι στην βιομηχανία πετρελαίου το ειδικό βάρος των προϊόντων του πετρελαίου εκφράζεται συχνά σε βαθμούς της πυκνομετρικής κλίμακας °API. Οι εξισώσεις που συνοδεύουν την κλίμακα API με την πυκνότητα και το αντίστροφο είναι

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{ειδ. β.} \frac{60^{\circ}\text{F}}{60^{\circ}\text{F}}} - 131.5 \quad (2.4)$$

ή

$$\text{ειδ. β.} \frac{60^{\circ}}{60^{\circ}} = \frac{141.5}{^{\circ}\text{API} + 131.5} \quad (2.5)$$

Ο όγκος και επομένως η πυκνότητα του πετρελαίου εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, ενώ η βιομηχανία πετρελαίου έχει καθορίσει τους 60°F σαν θερμοκρασία αναφοράς για το ειδικό βάρος και την πυκνότητα API. Το CD που περιλαμβάνεται στο βιβλίο περιέχει στοιχεία σχετικά με τα προϊόντα του πετρελαίου.

Παράδειγμα 2.18 Χρήση του Ειδικού Βάρους στον υπολογισμό της Μάζας και των Moles

Κατά την παραγωγή ενός φαρμάκου με μοριακό βάρος 192, το ρεύμα εξόδου από τον αντιδραστήρα που περιέχει το φάρμακο και νερό έχει ταχύτητα 10.5 L/min. Η συγκέντρωση του φαρμάκου είναι 41.2% (στο νερό), και το ειδικό βάρος του διαλύματος είναι 1.024. Υπολογίστε τη συγκέντρωση του φαρμάκου στο ρεύμα εξόδου (σε kg/L), και την ταχύτητα ροής του φαρμάκου σε kg mole/min.

Λύση

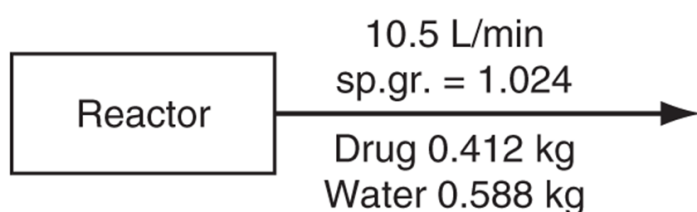
Διαβάστε το πρόβλημα με προσοχή γιατί το παράδειγμα αυτό είναι περισσότερο πολύπλοκο από τα προηγούμενα. Έχετε ένα πρόβλημα με μερικές γνωστές ιδιότητες όπως το ειδικό βάρος. Η στρατηγική για την λύση θα πρέπει να περιλαμβάνει την

χρήση του ειδικού βάρους στον υπολογισμό της πυκνότητας και επομένως στον υπολογισμό των moles ανά μονάδα όγκου.

Στο πρώτο κομμάτι του προβλήματος, θέλετε να μετατρέψετε το κλάσμα μάζας 0.412 σε μάζα ανά λίτρο φαρμάκου. Πάρτε 1.000 kg του διαλύματος. Λαμβάνει 1.000 kg του διαλύματος εξόδου ως βάση, επειδή το κλάσμα μάζας του φαρμάκου στο προϊόν προσδιορίζεται στην εκφώνηση του προβλήματος. Το Σχήμα E2.18 δείχνει την έξοδο.

Βάση: 1.000 kg διαλύματος

Σχήμα E2.18



Reactor: αντιδραστήρας

sp.g: ειδ.β.

drug: φάρμακο

water: νερό

Πως υπολογίζουμε την μάζα ανά όγκο διαλύματος (την πυκνότητα) από τα δεδομένα, τα οποία είναι σε κλάσμα του φαρμάκου (0.412); Χρησιμοποιείστε το ειδικό βάρος του διαλύματος. Υπολογίστε την πυκνότητα του διαλύματος ως εξής

πυκνότητα του διαλύματος = (ειδ.β.). (πυκνότητα αναφοράς)

$$\text{Πυκνότητα του διαλύματος} = \frac{1.024 \frac{\text{g soln}}{\text{cm}^3 \text{ soln}}}{1.000 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3 \text{ H}_2\text{O}}} \left| \frac{1.000 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3 \text{ H}_2\text{O}}}{1.000 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3 \text{ H}_2\text{O}}} \right. = 1.024 \frac{\text{g soln}}{\text{cm}^3 \text{ soln}}$$

Ο λεπτομερής υπολογισμός της πυκνότητας του διαλύματος παρουσία των μονάδων μπορεί να φαίνεται υπερβολικός, αλλά παρουσιάζεται για να γίνουν σαφής οι υπολογισμοί.

Στη συνέχεια δώστε την ποσότητα του φαρμάκου σε 1.000 kg διαλύματος ως μάζα φαρμάκου ανά όγκο διαλύματος χρησιμοποιώντας την πυκνότητα που υπολογίστηκε πριν, αναγνωρίζοντας ότι υπάρχουν 0.412 kg του φαρμάκου για τη βάση των 1.000 kg διαλύματος.

$$\frac{0.412 \text{ kg φαρμάκου}}{1.000 \text{ kg διαλύματος}} \left| \frac{1.0254 \text{ g διαλύματος}}{1 \text{ cm}^3 \text{ διαλύματος}} \right| \left| \frac{1 \text{ kg διαλύματος}}{10^3 \text{ g διαλύματος}} \right| \left| \frac{1000 \text{ cm}^3 \text{ διαλύματος}}{1 \text{ L διαλύματος}} \right|$$

$$= 0.422 \text{ kg φαρμάκου/L διαλύματος}$$

Επισημαίνεται ότι γίνεται διάκριση μεταξύ των ιδιοτήτων του διαλύματος (δηλ. g διαλύματος, L διαλύματος) και της μάζας του φαρμάκου για να αποφεύγεται η σύγχυση στην απαλοιφή των μονάδων.

Για να υπολογίσετε τον ρυθμό ροής, επιλέξτε μια διαφορετική βάση, έστω 1 λεπτό.

$$\text{Βάση: } 1 \text{ λεπτό} = 10.5 \text{ L διαλύματος}$$

Μετατρέψτε τον όγκο σε μάζα και μετά σε moles με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα.

$$\frac{10.5 \text{ L διαλύματος}}{1 \text{ min}} \left| \frac{0.422 \text{ kg φαρμάκου}}{1 \text{ L διαλύματος}} \right| \left| \frac{1 \text{ kg mol φαρμάκου}}{192 \text{ kg φαρμάκου}} \right| = 0.0231 \text{ kg mol/min}$$

Πως θα μπορούσατε να ελέγξετε τα αποτελέσματά σας;

Παράδειγμα 2.19 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 εμπορική καλλιέργεια κυττάρων, όπως π.χ. στις φαρμακοβιομηχανίες, 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

$$\frac{500 \text{ L}}{1} \left| \frac{35 \text{ g κυττάρων}}{\text{L}} \right| \left| \frac{0.09 \text{ g N}}{\text{g κυττάρων}} \right| \left| \frac{\text{g mol}}{14 \text{ g N}} \right| \left| \frac{1 \text{ g mol } (\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4}{2 \text{ g mol N}} \right|$$

$$\frac{132 \text{ g } (\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4}{\text{g mol } (\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4} = 7425 \text{ g } (\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4$$

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 μg 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.

Παρατηρήστε ότι οι συγκεντρώσεις των αερίων εκφράζονται κυρίως σε μάζα/ όγκο εκτός από την περίπτωση του ppm.

Παράδειγμα 2.20 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 αέρα σε θερμοκρασία δωματίου. Πόσα mg HCN/kg αέρα είναι τα 10.0 ppm; Σε ποιο κλάσμα της θανατηφόρας δόσης αντιστοιχούν τα 10.0 ppm;

Λύση

Στο πρόβλημα αυτό θα πρέπει να μετατρέψετε τα ppm ενός αερίου (γραμμομοριακός λόγος) σε λόγο μαζών.

Βάση 1 kg mol μίγματος αέρα / HCN

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα 10.0 ppm αντιστοιχούν σε 10.0 g mol HCN / 10^6 g mole αέρα επειδή η ποσότητα του HCN είναι τόσο μικρή όταν προστίθεται στην αντίστοιχη ποσότητα του αέρα στον παρονομαστή του κλάσματος.

Τα 10.0 ppm είναι

$$\frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 \text{ (αέρα+HCN)g mol}} = \frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 \text{ g mol αέρα}}$$

Στη συνέχεια υπολογίστε το μοριακό βάρος (MB) του HCN ώστε να χρησιμοποιηθεί για την μετατροπή των moles του HCN σε μάζα. MB = 27.03. Επομένως

$$\frac{10.0 \text{ g mol HCN}}{10^6 \text{ g mol αέρα}} \left| \frac{27.03 \text{ g HCN}}{1 \text{ g mol HCN}} \right| \left| \frac{1 \text{ g mol αέρα}}{29 \text{ g αέρα}} \right| \left| \frac{1000 \text{ mg HCN}}{1 \text{ g HCN}} \right| \left| \frac{1000 \text{ g αέρα}}{1 \text{ kg αέρα}} \right|$$

$$= 9.32 \text{ mg HCN/kg αέρα}$$

$$\frac{9.32}{300} = 0.031$$

Σας φαίνεται αυτή η απάντηση λογική; Τουλάχιστον δεν είναι περισσότερο από 1!

Παράδειγμα 2.21 Μετατροπή θερμοκρασίας

Μετατρέψτε 100°C σε (α) K, (β) $^\circ\text{F}$ και (γ) $^\circ\text{R}$.

Λύση

(α)

$$(100 + 273)^\circ\text{C} \frac{1 \Delta \text{K}}{1 \Delta ^\circ\text{C}} = 373 \text{ K}$$

Ή με παράλειψη του συμβόλου Δ,

$$(100 + 273)^\circ\text{C} \frac{1 \text{ K}}{1 ^\circ\text{C}} = 373 \text{ K}$$

(β)

$$100^\circ\text{C} \frac{1.8 \Delta ^\circ\text{F}}{1 \Delta ^\circ\text{C}} + 32^\circ\text{F} = 212^\circ\text{F}$$

(γ)

$$(212 + 460)^\circ\text{F} \frac{1 \Delta ^\circ\text{R}}{1 \Delta ^\circ\text{F}} = 672^\circ\text{R}$$

ή

$$(373 \text{ K}) \frac{1.8 \Delta ^\circ\text{R}}{1 \Delta \text{K}} = 672^\circ\text{R}$$

Παράδειγμα 2.22 Μετατροπή θερμοκρασίας

Η θερμοχωρητικότητα του θειικού οξέος σ' αυτό το βιβλίο έχει μονάδες $J/[(g \text{ mol})(^{\circ}C)]$, και δίνεται από την σχέση

$$\text{Θερμοχωρητικότητα} = 139.1 + 1.56 \times 10^{-1}T$$

Όπου το T εκφράζεται σε $^{\circ}C$. Τροποποιήστε τη σχέση έτσι ώστε οι μονάδες που προκύπτουν να είναι $Btu/[(lb)(mol) (^{\circ}R)]$ και το T να είναι σε $^{\circ}R$.

Λύση

Το σύμβολο $^{\circ}C$ στον παρονομαστή της θερμοχωρητικότητας αντιστοιχεί στην θερμοκρασιακή διαφορά $\Delta^{\circ}C$ και όχι στην θερμοκρασία, ενώ οι μονάδες του T στην εξίσωση είναι $^{\circ}C$. Αρχικά, θα πρέπει να αντικαταστήσετε την σωστή εξίσωση στον τύπο για να μετατρέψετε το T από $^{\circ}C$ σε $^{\circ}R$, και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας με τους συντελεστές μετατροπής να μετατρέψετε τις μονάδες στο δεξιό μέρος της εξίσωσης σε $Btu/(lb)(mol) (^{\circ}R)$ όπως απαιτείται.

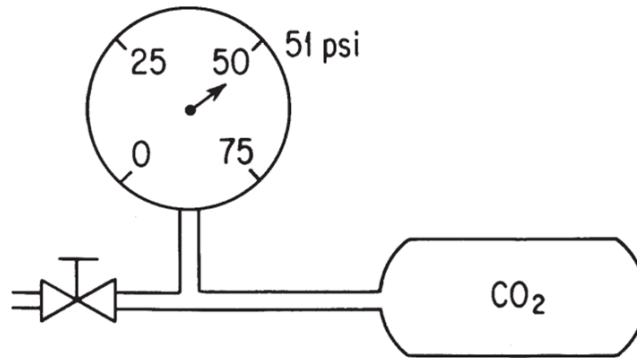
$$\begin{aligned} \text{Θερμοχωρητικότητα} &= \left\{ 139.1 + 1.56 \times 10^{-1} \left[\overbrace{(T_{OR} - 460 - 32)}^{T_{oC}} \frac{1}{1.8} \right] \right\} \\ &\times \underbrace{\frac{1}{(g \text{ mol}) (^{\circ}C)} \left| \frac{1 \text{ Btu}}{1055 \text{ J}} \right| \frac{454 \text{ g mol}}{1 \text{ lb mol}} \left| \frac{1 ^{\circ}C}{1.8 ^{\circ}R} \right|}_{\text{συντελεστές μετατροπής}} = 23.06 + 2.07 \times 10^{-2} T_{OR} \end{aligned}$$

Παρατηρήστε ότι στις αρχικές μονάδες της θερμοχωρητικότητας και κατά την μετατροπή του $\Delta^{\circ}C$ σε $\Delta^{\circ}R$ παραλείψαμε το σύμβολο Δ .

Παράδειγμα 2.23 Μετατροπή Πίεσης

Το μανόμετρο ενός δοχείου που περιέχει CO_2 που χρησιμοποιείται για την πλήρωση φιαλών σόδας, δείχνει 51.0 psi. Την ίδια στιγμή το βαρόμετρο δείχνει ένδειξη 28.0 in. Hg. Ποια είναι η απόλυτη πίεση στο δοχείο σε psia; Βλέπε το Σχήμα E2.23.

Σχήμα E2.23



Λύση

Αρχικά, πρέπει να διαβάσετε το πρόβλημα. Θέλετε να υπολογίσετε την πίεση χρησιμοποιώντας βολικούς συντελεστές μετατροπής. Στη συνέχεια εξετάστε το Σχήμα E2.23. Το σύστημα αποτελείται από το δοχείο και το μανόμετρο. Όλα τα απαραίτητα δεδομένα είναι γνωστά εκτός του εάν το μανόμετρο δείχνει απόλυτη ή μανομετρική πίεση. Το μανόμετρο δείχνει psig και όχι psia. Επειδή η απόλυτη πίεση είναι ίση με το άθροισμα της μανομετρικής και της ατμοσφαιρικής (βαρομετρικής) πίεσης όταν και οι δύο εκφράζονται στις ίδιες μονάδες, θα πρέπει να κάνουμε τις μονάδες ίδιες σε κάθε όρο πριν από την πρόσθεση ή την αφαίρεση. Ας μετατρέψουμε τις μονάδες σε psia. Θα αρχίσουμε τους υπολογισμούς αλλάζοντας την ατμοσφαιρική πίεση σε psia:

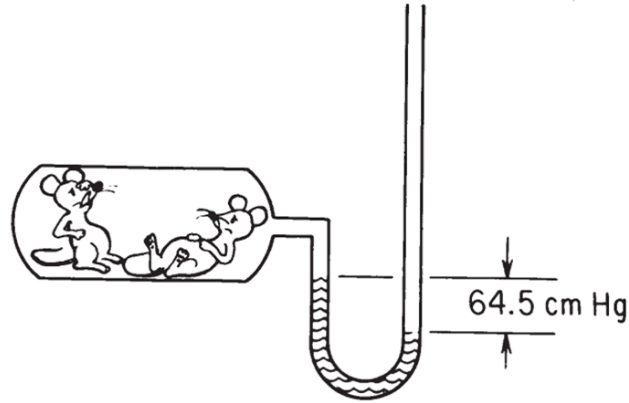
$$\frac{28.0 \text{ in. Hg}}{29.92 \text{ in. Hg}} \left| \frac{14.7 \text{ psia}}{29.92 \text{ in. Hg}} \right. = 13.76 \text{ psia}$$

Η απόλυτη πίεση στο δοχείο είναι $51.0 + 13.76 = 64.8 \text{ psia}$.

Παράδειγμα 2.24 Μέτρηση Πίεσης Κενού

Διάφορα μικρά ζώα, όπως οι ποντικοί, μπορούν να ζήσουν σε συνθήκες ελαττωμένης πίεσης αέρα, μέχρι 20 kPa απόλυτη πίεση (αν και όχι άνετα). Σε ένα πείραμα, ένα μανόμετρο υδραργύρου που συνδέεται με ένα δοχείο, όπως φαίνεται στο Σχήμα E2.24, δείχνει πίεση 64.5 cm Hg και το βαρόμετρο δείχνει 100 kPa. Θα επιζήσουν τα ποντίκια;

Σχήμα E2.24



Λύση

Αρχικά διαβάστε το πρόβλημα. Από το σχήμα μπορείτε να καταλάβετε ότι το δοχείο βρίσκεται κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση αφού το αριστερό μέρος του μανομέτρου βρίσκεται ψηλότερα από το δεξιό το οποίο είναι ανοικτό στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, για να υπολογίσετε την απόλυτη πίεση πρέπει να αφαιρέσετε τα 64.5 cm Hg από την ένδειξη του βαρομέτρου.

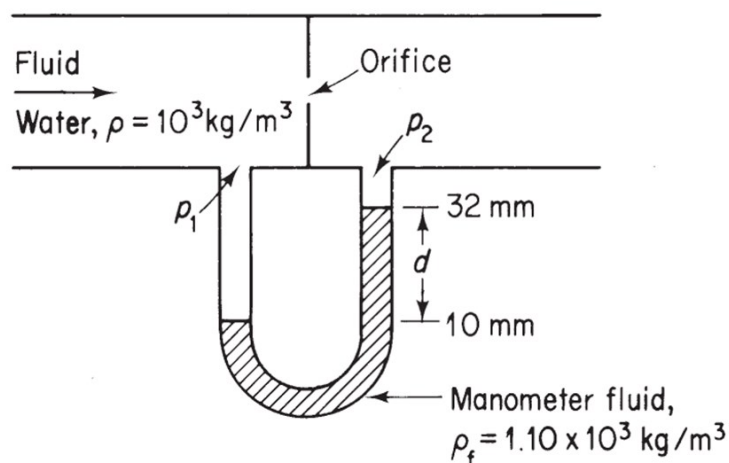
Αγνοούμε τις διορθώσεις της πυκνότητας του υδραργύρου καθώς και την πυκνότητα του αερίου πάνω από το μανομετρικό υγρό αφού αυτή είναι πολύ χαμηλότερη από την πυκνότητα του υδραργύρου. Επειδή η ένδειξη του κενού στο δοχείο είναι 64.5 cm Hg κάτω από την ατμοσφαιρική, η απόλυτη πίεση στο δοχείο είναι

$$\begin{aligned}
 p_{\text{απόλυτη}} &= p_{\text{ατμοσφαιρική}} - p_{\text{κενού}} = 100 \text{ kPa} - \frac{64.5 \text{ cm Hg}}{76.0 \text{ cm Hg}} \left| \frac{101.3 \text{ kPa}}{76.0 \text{ cm Hg}} \right. \\
 &= 100 - 86 = 14 \text{ kPa απόλυτη}
 \end{aligned}$$

Παράδειγμα 2.25 Υπολογισμός Διαφοράς Πίεσης

Κατά την μέτρηση της ροής ενός ρευστού σε έναν σωλήνα διαμέσου ενός διαφράγματος όπως φαίνεται στο Σχήμα E2.25, χρησιμοποιήθηκε ένα διαφορικό μανόμετρο για τη μέτρηση της διαφοράς πίεσης στον δίσκο του διαφράγματος. Ο ρυθμός ροής μπορεί να βαθμονομηθεί με την παρατηρούμενη πτώση (διαφορά) πίεσης. Υπολογίστε την διαφορά πίεσης ($p_1 - p_2$) σε Pa για το μανόμετρο του Σχήματος E2.25.

Σχήμα E2.25



Fluid: ρευστό

Water: νερό

Orifice: διάφραγμα

Manometer fluid: μανομετρικό ρευστό

Λύση

Στο πρόβλημα αυτό δεν μπορείτε να αγνοήσετε την πυκνότητα του νερού πάνω από το μανομετρικό ρευστό. Έτσι, εφαρμόζουμε την εξίσωση (2.11) ή (2.12), επειδή οι πυκνότητες των ρευστών πάνω από το μανομετρικό ρευστό είναι οι ίδιες και στα δύο σκέλη του μανομέτρου. Η βάση για την επίλυση του προβλήματος είναι οι πληροφορίες του Σχήματος E2.25. Εφαρμόστε την Εξίσωση (2.12)

$$p_1 - p_2 = (\rho_f - \rho)gd$$

$$= \frac{(1.10 - 1.00) 10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3} \left| \frac{9.807 \text{ m}}{\text{s}^2} \right| \frac{(22)(10^{-3}) \text{ m}}{\text{m}} \left| \frac{1 \text{ (N)(s}^2\text{)}}{\text{(kg)(m)}} \right| \frac{1 \text{ (Pa)(m}^2\text{)}}{1 \text{ (N)}}$$

$$= 21.6 \text{ Pa}$$

Ελέγξτε την απάντησή σας. Πόσο σφάλμα θα υπήρχε αν αγνοούσατε την πυκνότητα του ρέοντος ρευστού;

Λεξιλόγιο νέων όρων

Celsius (°C) Σχετική κλίμακα θερμοκρασίας με το μηδέν να αντιστοιχεί στο σημείο πήξεως του μίγματος αέρα-νερού.

Fahrenheit (°F) Σχετική κλίμακα θερμοκρασίας, στην οποία το σημείο πήξεως του μίγματος αέρα-νερού αντιστοιχεί στους 32 βαθμούς.

Gram mole 6.022×10^{23} μόρια.

Kelvin (K) Απόλυτη κλίμακα θερμοκρασίας της οποίας το μηδέν είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία που πιστεύουμε ότι μπορεί να υπάρξει.

Mole Ποσότητα ένωσης που περιέχει 6.022×10^{23} οντότητες.

Rankine (°R) Απόλυτη κλίμακα θερμοκρασίας που σχετίζεται με τους βαθμούς Fahrenheit όπου το απόλυτο μηδέν είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει.

SI Le Systeme Internationale d ' Unites (SI σύστημα μονάδων).

Αδιάστατη Ομάδα Μία ομάδα τιμών ή παραμέτρων που δεν έχει καθαρές διαστάσεις (μονάδες).

ΑΕ Το Πρακτικό Αμερικανικό σύστημα μονάδων.

Αλλαγή βάσης Υπολογισμών Η μετατόπιση από την μία τιμή μιας βάσης σε άλλη με σκοπό τη διευκόλυνση των υπολογισμών.

Απόλυτη πίεση Πίεση υπό απόλυτο κενό.

API Κλίμακα που αναφέρεται στο ειδικό βάρος ενώσεων του πετρελαίου.

Ατομικό βάρος Η μάζα ενός ατόμου υπολογισμένη με βάση το γεγονός ότι η μάζα του ^{12}C είναι ακριβώς 12.

Βαρομετρική πίεση Απόλυτη πίεση μετρημένη από βαρόμετρο, ίδια με την απόλυτη πίεση.

Βάρος Δύναμη αντίθετη από εκείνη που απαιτείται για να κρατήσουμε μία μάζα (συνήθως σε βαρυτικό πεδίο).

Βάση Υπολογισμών Το υλικό ή ο χρόνος αναφοράς που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή των υπολογισμών ενός προβλήματος.

Γραμμομοριακή συγκέντρωση Μία μονάδα συγκέντρωσης με βάση τον αριθμό των moles ενός συστατικού.

Γραμμομοριακό κλάσμα Moles μιας ένωσης σε ένα μίγμα ή διάλυμα προς τον ολικό αριθμό των moles.

Δευτερεύουσες Μονάδες Μονάδες προερχόμενες από τις βασικές μονάδες.

Διάλυμα Ομογενές μίγμα δύο ή περισσότερων ουσιών.

Διαστάσεις Οι βασικές έννοιες μονάδων μέτρησης όπως το μήκος ή ο χρόνος.

Διαστασιακή Συνέπεια Κάθε όρος σε μία εξίσωση πρέπει να έχει τις ίδιες καθαρές μονάδες.

Δύναμη Δευτερεύουσα μονάδα του γινομένου της μάζας και της επιτάχυνσης.

Ειδικό βάρος Το πηλίκο της πυκνότητας μιας ένωσης προς την πυκνότητα μιας ένωσης αναφοράς.

Ένωση Μια ποσότητα που αποτελείται από περισσότερα από ένα άτομα.

Θεμελιώδεις Μονάδες Μονάδες που μπορούν να μετρηθούν ανεξάρτητα.

Κενό Μία πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική (αλλά αναφέρεται ως θετικός αριθμός).

Κλάσμα βάρους Ο ιστορικός όρος για το κλάσμα μάζας.

Λίβρα mole $6.022 \times 10^{23} \times 453.6$ μόρια.

Λίβρα Δύναμης Η μονάδα της δύναμης στο σύστημα American Engineering.

Λίβρα Μάζας Η μονάδα της μάζας στο σύστημα American Engineering.

Μάζα Η βασική μονάδα που περιγράφει την ποσότητα ενός υλικού.

Μανομετρική πίεση Πίεση που μετρείται με σημείο αναφοράς την ατμοσφαιρική πίεση

Μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) Συγκέντρωση εκφρασμένη σε μέρη του συστατικού ανά εκατομμύρια μέρη του μίγματος.

Μέσο Μοριακό Βάρος Ψευδο-μοριακό βάρος που δίνεται από το πηλίκο της μάζας σε ένα μίγμα ή διάλυμα με τον αριθμό των moles στο μίγμα ή το διάλυμα.

Μετατροπή Μονάδων Η μετατροπή μονάδων από μία ομάδα σε άλλη.

Μη διαστατική Μονάδα Βλέπε την αδιάστατη μονάδα.

Μονάδες Μέθοδος έκφρασης των διαστάσεων όπως το ft ή η ώρα.

Μοριακό βάρος Η μάζα ενός συστατικού ανά mole.

Πίεση Η κανονική δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που εξασκεί ένα ρευστό σε μία επιφάνεια.

Πρότυπη ατμόσφαιρα Η πίεση σε ένα πρότυπο βαρυτικό πεδίο που ισοδυναμεί με 760 (ακριβώς) mm Hg.

Πυκνότητα Η μάζα μιας ένωσης ανά μονάδα όγκου. Η γραμμομοριακή πυκνότητα είναι ίση με τον αριθμό των moles προς το συνολικό αριθμό των moles.

Ρυθμός ροής Ποσότητα μάζας, moles ή όγκου ενός υλικού που κινείται μέσω ενός αγωγού ή συστήματος ανά μονάδα χρόνου.

Συγκέντρωση Η ποσότητα ενός υλικού ανά μονάδα όγκου, ή ανά ποσότητα ενός συγκεκριμένου συστατικού σε ένα μίγμα.

Συγκέντρωση μάζας Μια μονάδα συγκέντρωσης με βάση τη μάζα ενός συστατικού.

Σχετικό σφάλμα Η επί τοις εκατό αναλογία σφάλματος για έναν αριθμό.