

... μάζα υδρατμών που πρέπει να προστεθεί σε κάθε m³ αέρα στους 20 °C = (7.12 - 1.50) g = 5.6 g

Συμπληρωματικά προβλήματα

- 18.19** Πόσες θερμίδες χρειάζονται για να θερμανθούν καθένα από τα ακόλουθα από τους 15 °C στους 65 °C; (α) 5 g αλουμινίου, (β) 5.0 g γυαλιού πυρέξ, (γ) 20 g πλατίνης. Οι ειδικές θερμότητες, σε cal/g·°C, για το αλουμίνιο, το πυρέξ, και την πλατίνα είναι 0.21, 0.20, και 0.032 αντίστοιχα. *Απάντηση:* (α) 32 cal, (β) 50 cal, (γ) 32 cal
- 18.20** Η καύση 5.0 g ενός συγκεκριμένου είδους κάρβουνου, αυξάνει τη θερμοκρασία 1000 mL νερού από τους 20 °C στους 47 °C. Υπολογίστε τη θερμική ενέργεια που παράγεται ανά γραμμάριο κάρβουνου. Αγνοήστε τη μικρή θερμική χωρητικότητα του κάρβουνου. *Απάντηση:* 7.4 kcal/g
- 18.21** Το πετρέλαιο καύσης έχει θερμότητα καύσης 44 MJ/kg. Αν υποθέσουμε ότι το 70% της θερμότητας είναι φέλιμο, πόσα κιλά πετρελαίου απαιτούνται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 2000 kg νερού από τους 20 °C στους 99 °C; *Απάντηση:* 22 kg
- 18.22** Αν προσθέσουμε 50 g νερού θερμοκρασίας 0 °C ακριβώς σε 250 g νερού θερμοκρασίας 90 °C, ποια θα είναι η τελική θερμοκρασία του νερού; *Απάντηση:* 75 °C
- 18.23** Βυθίζουμε ένα κομμάτι μετάλλου μάζας 50 g και θερμοκρασίας 95 °C σε 250 g νερού θερμοκρασίας 17.0 °C. Αν το νερό θερμαίνεται στους 19.4 °C, ποια είναι η ειδική θερμότητα του μετάλλου; *Απάντηση:* 0.16 cal/g·°C
- 18.24** Πόσο χρόνο χρειάζεται ένας θερμαντήρας ισχύος 2.50 W για να βράσει 400 g υγρού ηλίου στο σημείο βρασμού του (4.2 K); Για το ήλιο $L_v = 5.0$ cal/g. *Απάντηση:* 56 min
- 18.25** Ένα χάλκινο θερμιδόμετρο μάζας 55 g ($c = 0.093$ cal/g·°C) περιέχει 250 g νερού σε θερμοκρασία 18.0 °C. Τοποθέτηση ενός κράματος 75 g θερμοκρασίας 100 °C στο θερμιδόμετρο, έχει ως αποτέλεσμα η τελική θερμοκρασία να φτάσει τους 20.4 °C. Ποια είναι η ειδική θερμότητα του κράματος; *Απάντηση:* 0.10 cal/g·°C
- 18.26** Αν αναμίξουμε 1.0 kg πάγου θερμοκρασίας 0 °C ακριβώς με 9.0 kg νερού θερμοκρασίας 50 °C, ποια θα είναι η τελική θερμοκρασία του συστήματος; *Απάντηση:* 37 °C

- 18.27 Πόση θερμότητα απαιτείται για να μετατραπούν 10 g πάγου θερμοκρασίας 0 °C ακριβώς σε ατμό θερμοκρασίας 100 °C; *Απάντηση:* 7.2 kcal
- 18.28 Δύο κιλά ατμού θερμοκρασίας 100 °C υγροποιούνται σε 500 kg νερού θερμοκρασίας 40 °C. Ποια είναι η τελική θερμοκρασία; *Απάντηση:* 51.8 °C
- 18.29 Η θερμότητα καύσης του αερίου αιθανίου είναι 373 kcal/mole. Αν υποθέσουμε ότι το 60.0% της θερμότητας είναι ωφέλιμο, πόσα λίτρα αιθανίου, σε συνθήκες S.T.P., πρέπει να καούν για να μετατρέγουν 50 kg νερού θερμοκρασίας 10.0 °C σε ατμό στους 100.0 °C; Ένα mole αερίου αιθανίου καταλαμβάνει 22.4 λίτρα σε θερμοκρασία 0 °C ακριβώς και πίεση 1 atm. *Απάντηση:* 3.15×10^3 λίτρα
- 18.30 Υπολογίστε τη θερμότητα τήξης πάγου θερμοκρασίας 0 °C που προστίθεται σε νερό χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα στοιχεία:

Μάζα θερμιδόμετρου	60 g
Μάζα θερμιδόμετρου και νερού	460 g
Μάζα θερμιδόμετρου, νερού και πάγου	618 g
Αρχική θερμοκρασία νερού	38.0 °C
Τελική θερμοκρασία μίγματος	5.0 °C
Ειδική θερμότητα θερμιδόμετρου	0.10cal/g·°C

Απάντηση: 80 cal/g

- 18.31 Προσδιορίστε το αποτέλεσμα όταν 100 g ατμού στους 100 °C ενσωματώνονται σε 200 g νερού και 20 g πάγου θερμοκρασίας 0 °C ακριβώς, σε ένα θερμιδόμετρο το οποίο είναι θερμικά ισοδύναμο με 30 g νερού. *Απάντηση:* Υγροποιήθηκαν 49 g ατμού και η τελική θερμοκρασία είναι 100 °C
- 18.32 Προσδιορίστε το αποτέλεσμα όταν 10 g ατμού στους 100 °C ενσωματώνονται σε 400 g νερού και 100 g πάγου θερμοκρασίας 0 °C ακριβώς, σε ένα θερμιδόμετρο το οποίο είναι θερμικά ισοδύναμο με 50 g νερού. *Απάντηση:* Έλυσαν 80 g πάγου και η τελική θερμοκρασία είναι 0°C.
- 18.33 Υποθέστε ότι ένα άτομο που καταναλώνει καθημερινά τροφή θερμικής αξίας 2500 Cal χάνει ισοδύναμη θερμότητα μέσω της εξάτμισης του νερού από το σώμα. Πόσο νερό εξατμίζεται κάθε μέρα; Στη θερμοκρασία του σώματος, η θερμότητα εξάτμισης του νερού L_v είναι περίπου 600 cal/g. *Απάντηση:* 4.17 kg
- 18.34 Πόσο χρόνο θα χρειαστεί ένας θερμαντήρας ισχύος 500W για να αυξήσει τη θερμοκρασία 400 g νερού από τους 15.0 °C στους 98.0 °C; *Απάντηση:* 278 s
- 18.35 Ένα τρυπάνι υποδύναμης 0.250 hp, αντί να εμβαθύνει μια τρύπα σε ένα κομμάτι σκληρό ξύλο, προκαλεί θέρμανση της ατσάλινης κεφαλής του μάζας 50.0 g. Αν υποθέσουμε ότι το 75.0% της ενέργειας που χάνεται λόγω τριβής προκαλεί τη θέρμανση της κεφαλής, κατά πόσο θα αυξηθεί η θερμοκρασία της μετά από 20.0 s; Για το ατσάλι, $c = 450 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$. *Απάντηση:* 124 °C
- 18.36 Μια συγκεκριμένη ημέρα, η θερμοκρασία είναι 20 °C και το σημείο δρόσου 5.0 °C. Ποια είναι η σχετική υγρασία; Ο κορεσμένος αέρας στους 20 °C και στους 5.0 °C περιέχει 17.12 g/m³ και 6.80 g/m³ νερού αντίστοιχα. *Απάντηση:* 40%
- 18.37 Πόσοι υδρατμοί υπάρχουν σε ένα δωμάτιο 105 m³ μια ημέρα που στο δωμάτιο η σχετική υγρασία είναι 32% και η θερμοκρασία 20 °C; Ο κορεσμένος αέρας στους 20 °C περιέχει 17.12 g/m³ νερού. *Απάντηση:* 0.58 kg
- 18.38 Αέρας θερμοκρασίας 30 °C και σχετικής υγρασίας 90% εισάγεται σε μια μονάδα κλιματιστικού μηχανήματος και ψύχεται στους 20 °C. Ταυτόχρονα, η σχετική υγρασία μειώνεται στο 50%. Πόσα γραμμάρια νερού απομακρύνει από ένα κυβικό μέτρο αέρα στους 30 °C το κλιματιστικό μηχάνημα; Ο κορεσμένος αέρας περιέχει 30.4 g/m³ και 17.1 g/m³ νερού στους 30 °C και τους 20 °C αντίστοιχα. *Απάντηση:* 19 g

18. Ποσότητες Θερμότητας

18.20 Η καύση 5.0 g ενός συγκεκριμένου είδους κάρβουνου, αυξάνει τη θερμοκρασία 1000 mL νερού από τους 10 C⁰ στους 47 C⁰. Υπολογίστε τη θερμική ενέργεια που παράγεται ανά γραμμάριο κάρβουνου. Αγνοήστε τη μικρή θερμοχωρητικότητα του κάρβουνου.

Λύση:

Το ποσό θερμότητας Q από την καύση του κάρβουνου αυξάνει την θερμοκρασία του νερού κατά $\Delta\theta$ σύμφωνα με την σχέση:

$$Q = mc\Delta\theta$$

Για να βρούμε την μάζα m του νερού, χρησιμοποιούμε την πυκνότητά του $\rho = 1 \text{ g}/(\text{cm})^3$. Το λίτρο εξ' ορισμού ισούται με

$$1 \text{ L} = (\text{dm})^3 = (10^{-1}\text{m})^3$$

Επομένως το μιλι-λίτρο ισούται με

$$1 \text{ mL} = 10^{-3}(10^{-1}\text{m})^3 = (10^{-2}\text{m})^3 = (\text{cm})^3$$

Ο δεδομένος όγκος λοιπόν ισούται με

$$1000 \text{ mL} = 1000 (\text{cm})^3$$

και από την πυκνότητα του νερού μπορούμε να το μετατρέψουμε σε μάζα

$$m = 1000 \text{ g}$$

Το ποσό θερμότητας Q που δέχεται το νερό :

$$Q = mc\Delta\theta = 1000 \times 1 \times (47 - 10) = 37 \text{ kcal}$$

Η θερμική ενέργεια που παράγεται ανά γραμμάριο κάρβουνου ισούται με:

$$\frac{37 \text{ kcal}}{5 \text{ g}} = 7.4 \text{ kcal/g}$$

18.21 Το πετρέλαιο καύσης έχει θερμότητα καύσης 44 MJ/kg. Εάν υποθέσουμε ότι το 70% της θερμότητας είναι ωφέλιμο, πόσα κιλά πετρελαίου απαιτούνται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 2000 kg νερού από τους 20 C⁰ στους 99 C⁰;

Λύση:

Όπως στο προηγούμενο πρόβλημα, απαιτείται ποσό θερμότητας Q για την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού κατά $\Delta\theta$ σύμφωνα με την σχέση:

$$Q = mc\Delta\theta = 2 \times 10^6 \text{ g} \times 4.18 \frac{\text{J}}{\text{gC}^0} \times (99 - 20)\text{C}^0 = 660 \text{ MJ}$$

Εάν Q' είναι το ποσό θερμότητας από την καύση του πετρελαίου, μόνο 70% μεταφέρονται στο νερό και έτσι

$$Q = \frac{70}{100} Q' = 0.7Q' \Rightarrow Q' = \frac{Q}{0.7} = \frac{660}{0.7} = 943.5 \text{ MJ}$$

Από την αναλογία 44 MJ/kg έχουμε για την μάζα του πετρελαίου

$$m = \frac{\text{kg}}{44 \text{ MJ}} 943.5 \text{ MJ} = 21.4 \text{ kg}$$

18.25 Ένα χάλκινο θερμιδόμετρο μάζας 55 g ($c = 0.093 \text{ cal/g} \cdot \text{C}^0$) περιέχει 250 g μάζας νερού σε θερμοκρασία 18 C^0 . Η τοποθέτηση ενός κράματος 75 g θερμοκρασίας 100 C^0 στο θερμιδόμετρο, έχει ως αποτέλεσμα η τελική θερμοκρασία να φτάσει στους 20.4 C^0 . Ποια είναι η ειδική θερμότητα του θερμιδόμετρου;

Λύση:

Σε αυτό το πρόβλημα έχουμε τρία σώματα τα οποία ανταλλάσσουν ποσά θερμότητας μέχρι την τελική θερμοκρασία. Επομένως

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_2 c_2 \Delta\theta_2 + m_3 c_3 \Delta\theta_3 = 0$$

όπου οι δείκτες 1, 2 και 3 αναφέρονται στο θερμιδόμετρο, το νερό και το κράμα αντίστοιχα. Αντικαθιστώντας

$$55 \times 0.093 \times (20.4 - 18.0) + 250 \times 1 \times (20.4 - 18.0) + 75 c_3 \times (20.4 - 100) = 0$$

Λύνοντας παίρνουμε $c_3 = 0.102 \text{ cal/g} \cdot \text{C}^0$

18.31 Προσδιορίστε το αποτέλεσμα όταν 100 g ατμού στους 100^0 ενσωματώνονται σε 200 g νερού και 20 g πάγου θερμοκρασίας 0^0 C ακριβώς, σε ένα θερμιδόμετρο το οποίο είναι θερμικά ισοδύναμο με 30 g νερού

Λύση:

Έχουμε μια θερμή ουσία και δυο ψυχρές οπότε αναμένουμε οι ψυχρές να λάβουν θερμότητα από την θερμή ουσία. Επειδή όμως είμαστε επάνω σε αλλαγές φάσης, δεν γνωρίζουμε εάν λάβει χώρα εξ' ολοκλήρου όλη η αλλαγή φάσης, π.χ. θα υγροποιηθεί όλος ο ατμός ή θα λιώσει όλος ο πάγος. Αυτό θα μας τα πουν τα νούμερα. Από τις λανθάνουσες θερμότητες του πάγου $L_\pi = 80 \text{ cal/g}$ και ατμού $L_\alpha = 543 \text{ cal/g}$ βλέπουμε ότι $L_\pi \ll L_\alpha$. Επίσης η μάζα του πάγου $m_\pi = 20 \text{ g}$ είναι πολύ μικρότερη από τις άλλες δύο και άρα περιμένουμε ότι ο πάγος θα λιώσει όλος. Για να γίνει αυτό απαιτούνται $Q_\pi = 20 \times 80 = 1600 \text{ cal}$ θερμότητας. Όταν λιώσει ο πάγος, η αρχική μάζα του νερού $m_\nu = 200 \text{ g}$ θα αλλάξει σε

$$m'_\nu = m_\nu + m_\pi = 220 \text{ g}$$

Το νερό μπορεί να θερμανθεί μέχρι και τους 100^0 . Η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι $c = 1 \text{ cal/gC}$ και άρα για να θερμανθεί η παραπάνω μάζα νερού από τους 0^0 στους 100^0 απαιτείται θερμότητα $Q'_\nu = 1 \times 220 \times 100 = 22000 \text{ cal}$. Στη διαδικασία θέρμανσης όμως πρέπει να λάβουμε υπόψη και το θερμιδόμετρο (δηλαδή το δοχείο που περιέχει το νερό) το οποίο σύμφωνα με την εκφώνηση, είναι θερμικά ισοδύναμο με 30 g νερού, δηλαδή παρόλο που αυτό το δοχείο έχει γενικά τη δική του μάζα m_δ και τη δική του θερμοχωρητικότητα, απαιτείται ίσο ποσό ενέργειας σαν να

θερμαίναμε 30 g νερού. Προσθέτοντας και αυτά τα γραμμάρια, είναι σαν να έχουμε συνολική μάζα νερού

$$m''_v = m'_v + 30 = 250 \text{ g}$$

και άρα απαιτείται θερμότητα $Q''_v = 1 \times 250 \times 100 = 25000 \text{ cal}$. Από την άλλη, ο ατμός απελευθερώνει 543 cal/g για να υγροποιηθεί και άρα τα $m_a = 100 \text{ g}$ μπορούν απελευθερώσουν $Q_a = 54300 \text{ cal}$, εάν υποθεθεί ότι μετατρέπονται εξ' ολοκλήρου σε θερμό νερό. Αφού $Q_a > Q''_v$, συμπεραίνουμε ότι ο ατμός υπερισχύει, δηλαδή διαθέτει αρκετή θερμική ενέργεια ώστε να θερμάνει το νερό χωρίς να υγροποιηθεί όλος. Έτσι εάν m είναι η μάζα του ατμού που υγροποιούνται, ένα μέρος θα καταναλωθεί για το λιώσιμο του πάγου και ένα για την θέρμανση του νερού. Έτσι έχουμε

$$mL_a = Q_{\pi} + m''_v c(100^{\circ} - 0^{\circ})$$

ή

$$m = \frac{1600 + 250 \times 1 \times 100}{543} = 49 \text{ g}$$

Άρα υγροποιήθηκαν 49 g πάγου. Αφού στη συνέχεια τόσο το θερμό νερό όσο και ο ατμός είναι στους 100° , καμιά άλλη ανταλλαγή θερμότητας δεν θα λάβει χώρα, αφού το σύστημα είναι σε θερμική ισορροπία.