

# CAPÍTULO I

## ESCALAS TERMOMÉTRICAS

- 1 - Um mesmo termômetro é graduado simultaneamente nas escalas Celsius e Fahrenheit. Pede-se determinar:
- a) qual a indicação fornecida por esse termômetro, na escala Fahrenheit, em correspondência a  $20^{\circ}\text{C}$ .
  - b) qual a variação de temperatura, na escala Fahrenheit, correspondente a uma variação de  $20^{\circ}\text{C}$  na escala Celsius.

Resp. a)  $68^{\circ}\text{F}$  b)  $36^{\circ}\text{F}$

- 2 - Cada uma das temperaturas indicadas na tabela abaixo é registrada por um termômetro graduado na escala assinalada na coluna em que se encontra. Determinar os números correspondentes a essas temperaturas nas demais escalas indicadas.

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{R}$	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{K}$
32			
-20			
50			
	-80		
	64		
	212		
		0	
		-32	
		100	
			313
			100
			0

- 3 - Determinar a temperatura que na escala Fahrenheit é expressa por um número 4 vezes maior que o correspondente na escala Celsius.

Resp.  $14,54^{\circ}\text{C}$

- 4 - Dois termômetros, graduados, um na escala Celsius e outro na escala Fahrenheit, postos em contato com o anidrido sulfuroso líquido, registram o mesmo valor numérico para a sua temperatura, Determinar qual é essa temperatura.

Resp.  $-40^{\circ}\text{C}$  ou  $-40^{\circ}\text{F}$

- 5 - Calcular a que temperatura dois termômetros, um graduado na escala Celsius e outro na Fahrenheit registram indicações iguais em valor absoluto e de sinais contrários.

Resp.  $-80/7^{\circ}\text{C}$  ou  $80/7^{\circ}\text{F}$

- 6 - Determinar a que temperatura o termômetro de Reamur e o de Fahrenheit fornecem a mesma indicação: a) em sinal; b) em valor e de sinais opostos.

- 7 - Estabelecer a equação de conversão para a escala Celsius da temperatura dada numa escala E, sabendo-se que nesta escala E as temperaturas do gelo fundente e da água em ebulição, sob pressão normal, são respectivamente  $8^{\circ}\text{E}$  e  $88^{\circ}\text{E}$ .

8 - Um termômetro graduado numa certa escala E, assinala  $-20^{\circ}\text{E}$  e  $60^{\circ}\text{E}$  quando em equilíbrio térmico, respectivamente, com o gelo fundente e a água em ebulição sob pressão normal. Calcular, na escala, E a temperatura média do corpo humano ( $36,5^{\circ}\text{C}$ ).

Resp.  $9,2^{\circ}\text{E}$

9 - Um termômetro graduado numa certa escala X assinala  $-5^{\circ}\text{X}$  no gelo fundente e  $+103^{\circ}\text{X}$  na água em ebulição, sob pressão normal. Determinar qual é a temperatura na escala Celsius de um líquido no qual esse termômetro assinala  $+24^{\circ}\text{X}$ .

Resp.  $26,8^{\circ}\text{C}$

10 - Um termômetro graduado numa escala Y assinala  $26^{\circ}\text{Y}$  e  $74^{\circ}\text{Y}$  quando outros dois indicam respectivamente  $283^{\circ}\text{K}$  e  $194^{\circ}\text{F}$ . Determinar qual é na escala Y a temperatura correspondente a  $50^{\circ}\text{C}$ .

Resp.  $50^{\circ}\text{Y}$

11 - Determinar a equação termométrica de uma escala Z, sabendo-se que um termômetro de gás sob pressão constante acusa  $30^{\circ}\text{Z}$  quando o volume do gás é  $10\text{ cm}^3$  e  $150^{\circ}\text{Z}$  quando o volume do gás é  $20\text{ cm}^3$ .

12 - Um termômetro graduado numa escala E assinala  $10^{\circ}\text{E}$  e  $40^{\circ}\text{E}$  quando um outro graduado na escala marca  $20^{\circ}\text{C}$  e  $60^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Determinar quais são na escala E as temperaturas do gelo fundente e da água em ebulição, sob pressão normal.

Resp.  $-5^{\circ}\text{E}$  e  $70^{\circ}\text{E}$

## CAPÍTULO II

### DILATAÇÃO DOS SÓLIDOS

13 - Uma barra de zinco tem a  $0^{\circ}\text{C}$  um comprimento igual a  $120\text{ cm}$ . Determinar o comprimento dessa barra a  $50^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$  admitindo que o coeficiente de dilatação linear do zinco de  $0^{\circ}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  seja constante e igual a  $2,2 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp. a)  $120,132\text{ cm}$  b)  $120,264\text{ cm}$

14 - Uma barra de coeficiente de dilatação linear  $0,000019^{\circ}\text{C}^{-1}$  tem  $3\text{ m}$  de comprimento a  $250^{\circ}\text{C}$ . Determinar os seus comprimentos a  $0^{\circ}\text{C}$  e  $80^{\circ}\text{C}$ .

Resp. a)  $298,582\text{ cm}$  b)  $299,034\text{ cm}$

15 - Entre dois traços marcados sobre uma barra de coeficiente de dilatação linear  $0,000019^{\circ}\text{C}^{-1}$  a distância é  $90\text{ cm}$  a  $10^{\circ}\text{C}$ . Determinar a distância entre esses traços a  $100^{\circ}\text{C}$ .

Resp.  $90,1539\text{ cm}$

16 - Uma escala métrica tem comprimento  $99,981\text{ cm}$  a  $10^{\circ}\text{C}$  e  $100,015\text{ cm}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ . Calcular o coeficiente de dilatação linear médio do material de que é

constituída a barra e determinar a temperatura em que ela medirá exatamente um metro.

Resp. a)  $0,0000113^{\circ} \text{C}^{-1}$  b)  $26,82^{\circ} \text{C}$

- 17 - Medindo-se uma distância com um paquímetro metálico graduado até 0,1 mm, obteve-se a  $27^{\circ} \text{C}$  o valor aparente 72,5 mm. O coeficiente de dilatação térmica do metal é  $11 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , e o paquímetro havia sido calibrado a  $15^{\circ} \text{C}$ . Determinar o valor correto da distância medida.

Resp. 72,5 mm

- 18 - Uma barra de ferro à temperatura de  $20^{\circ} \text{C}$  é introduzida num forno cuja temperatura se deseja determinar. O alongamento sofrido pela barra é um centésimo do seu comprimento primitivo (a  $20^{\circ} \text{C}$ ). Determinar a temperatura do forno, admitindo constante o coeficiente de dilatação linear do ferro:  $0,0000118^{\circ} \text{C}^{-1}$ .

Resp.  $867,4^{\circ} \text{C}$

- 19 - Um fio delgado de prata de 1,20 m comprimento a  $0^{\circ} \text{C}$  é preso por suas extremidades a dois pontos fixos colocados sobre uma mesma horizontal e a 1 m um do outro. Este fio é mantido tenso por meio de um corpo pesado preso no seu ponto médio. Determinar o coeficiente de dilatação linear da prata, sabendo-se que o deslocamento sofrido pelo corpo suspenso, segundo a vertical, quando a temperatura do fio se eleva de  $0^{\circ} \text{C}$  a  $500^{\circ} \text{C}$ , é 0,62 cm.

- 20 - Uma haste de cobre de comprimento  $l_1$  é presa por uma de suas extremidades a outra de cádmio de comprimento  $l_2$ . A  $0^{\circ} \text{C}$  a soma dos comprimentos  $l_1$  e  $l_2$  é 50 cm. Quando se aquece o conjunto das hastes, constata-se que ele se dilata como se fosse uma haste homogênea de estanho de 50 cm de comprimento á  $0^{\circ} \text{C}$ . Calcular  $l_1$  e  $l_2$ , sendo dados os coeficientes de dilatação linear: do cobre  $16 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ; do cádmio  $42 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ; do estanho  $28 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $l_1 = 26,92 \text{ cm}$   $l_2 = 23,08 \text{ cm}$

- 21 - Sobre um anel de zinco de 10 cm de diâmetro repousa uma esfera de aço de raio 5,005 cm, ambos a  $0^{\circ} \text{C}$ . Determinar a que temperatura é necessário aquecer o conjunto para que a esfera passe pelo anel. Os coeficientes de dilatação linear do zinco e do aço são respectivamente  $0,000022 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e  $0,000012 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $100^{\circ} \text{C}$

- 22 - Uma barra de ferro tem a  $95^{\circ} \text{C}$  um comprimento 0,2 mm maior que o de uma de alumínio à mesma temperatura. Determinar o comprimento da barra de alumínio a  $20^{\circ} \text{C}$  sabendo-se que a essa temperatura a barra de ferro mede 12,21 cm. São dados os coeficientes de dilatação linear do ferro  $1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e do alumínio  $2,6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp. 12,177 cm

- 23 - Uma chapa metálica de forma retangular encontra-se a  $10^{\circ} \text{C}$ . Nesta temperatura os lados dessa chapa medem 20 cm e 10 cm. Determinar a área da superfície de uma das faces dessa chapa a  $90^{\circ} \text{C}$ . O coeficiente de dilatação linear do metal constituinte da chapa é admitido constante e igual a  $0,000023 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

- 24 - Um disco circular de alumínio de 8 cm de diâmetro a  $15^{\circ} \text{C}$  é ajustado exatamente numa cavidade também circular praticada num bloco de aço estando ambos a  $100^{\circ} \text{C}$ . Determinar a área da coroa circular vazia a  $15^{\circ} \text{C}$ . São dados os

coeficientes de dilatação linear: do alumínio  $26 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ; do aço  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $0,119 \text{ cm}^2$

- 25 - Determinar o coeficiente de dilatação linear médio de um metal cujas massas específicas a  $0^\circ \text{ C}$  e  $150^\circ \text{ C}$  são respectivamente  $10,31 \text{ g.cm}^3$  e  $10,22 \text{ g.cm}^3$ .

Resp.  $1,96 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 26 - Um cone de cobre tem altura  $0,25 \text{ m}$  e raio  $0,15 \text{ m}$  à temperatura de  $0^\circ \text{ C}$ . Calcular o volume do cone a  $80^\circ \text{ C}$ , admitindo que o coeficiente de dilatação cúbica do cobre seja constante e igual a  $48 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $5910,108 \text{ cm}^3$

- 27 - A geratriz de um cilindro de ferro quando aquecida de  $0^\circ \text{ C}$  a  $100^\circ \text{ C}$  sofre um alongamento de  $0,24 \text{ mm}$ . Sabendo-se que: a) a massa do cilindro é  $6000 \text{ g}$ ; b) o coeficiente de dilatação linear do ferro é  $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ; c) a massa específica do ferro é  $7,21 \text{ g.cm}^3$  a  $0^\circ \text{ C}$ , determinar o raio da base do cilindro a  $0^\circ \text{ C}$ .

Resp.  $3,64 \text{ cm}$

- 28 - O raio da base de um cone metálico tem a  $0^\circ \text{ C}$  um comprimento  $R$ . Aquecendo-se este cone a uma temperatura  $t^\circ \text{ C}$ , a sua altura experimenta uma variação  $\Delta h$ . A massa do cone é  $m$  e a massa específica do metal de que é constituído, a  $0^\circ \text{ C}$  é  $\rho_0$ . Determinar o coeficiente de dilatação linear médio desse metal, entre as temperaturas  $0^\circ \text{ C}$  e  $t^\circ \text{ C}$ . Fazer a aplicação numérica para  $R_0 = 2 \text{ cm}$ ;  $t = 100^\circ \text{ C}$ ;  $\Delta h = 0,15 \text{ mm}$ ;  $\rho_0 = 10 \text{ g.cm}^3$  e  $m = 100 \text{ gramas}$ .

- 29 - A  $15^\circ \text{ C}$  o comprimento de uma haste de ferro é  $50,2 \text{ cm}$  e supera de  $0,015 \text{ cm}$  o de uma de cobre a mesma temperatura. Determinar a que temperatura os comprimentos das duas barras se igualam. Os coeficientes de dilatação linear do ferro e do cobre, valem respectivamente  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $16 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $89,7^\circ \text{ C}$

- 30 - O comprimento de uma barra metálica A a  $0^\circ\text{C}$  é  $l_0$  e o seu coeficiente de dilatação linear é  $6,5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Ao se aquecer esta barra de  $0^\circ \text{ C}$  a  $t^\circ \text{ C}$  ela sofre um alongamento igual ao sofrido, pela mesma variação de temperatura, por uma outra barra B cujo comprimento a  $0^\circ \text{ C}$  é  $200 \text{ cm}$  e de coeficiente de dilatação linear  $2,5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Calcular  $l_0$ .

Resp.  $l_0 = 76,92 \text{ cm}$

- 31 - Duas barras A e B encontram-se a  $0^\circ \text{ C}$  quando os seus comprimentos diferem de  $10 \text{ cm}$ . Aquecidas as duas a  $200^\circ \text{ C}$ , a diferença entre os seus comprimentos passa a ser  $10,1 \text{ cm}$ . Sendo  $1,7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $2,9 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  os coeficientes de dilatação linear de A e B, determinar os comprimentos das duas barras a  $0^\circ \text{ C}$ .

Resp. a)  $17,5 \text{ cm}$ ; b)  $27,5 \text{ cm}$ .

- 32 - Duas barras, uma de vidro e outra de aço, têm o mesmo comprimento a  $0^\circ \text{ C}$  e a  $100^\circ \text{ C}$  os seus comprimentos diferem de  $1 \text{ mm}$ . Calcular os comprimentos dessas barras a  $0^\circ \text{ C}$ , sendo dados os coeficientes de dilatação linear do vidro  $8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e do aço  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $250 \text{ cm}$

33 - Duas barras delgadas, uma de alumínio e outra de aço, de mesmo comprimento a  $0^{\circ}\text{C}$  são ligadas entre si por meio de pequenos rebites de aço de maneira que os seus eixos sejam paralelos e os seus extremos coincidam. O comprimento de cada rebite é 1 cm. Quando se aquece o conjunto a  $100^{\circ}\text{C}$ , as barras se deformam, tomando a forma de arcos de círculo. Calcular o raio do círculo correspondente ao aço. São dados os coeficientes de dilatação linear do alumínio  $25 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e do aço  $11 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Desprezam-se os esforços exercidos sobre as barras pelos rebites, isto é, admite-se que cada barra se dilata como se fosse livre.

Resp. 716 cm

34 - Quatro barras de ferro, tendo todas o mesmo comprimento  $l$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , formam um losango, articulado e uma das diagonais deste losango é constituída por uma barra de latão cujo comprimento é  $2 l_1$  a  $0^{\circ}\text{C}$ . Calcular qual deve ser a relação  $l_1/l$  para que a distância entre os vértices livres se mantenha constante a qualquer temperatura. É conhecida a relação  $\alpha/\alpha_1$  entre os coeficientes de dilatação linear do ferro e do latão, e são desprezíveis os quadrados desses coeficientes.

35 - Um pêndulo que bate os segundos a  $0^{\circ}\text{C}$  tem coeficiente de dilatação linear  $0,000019^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Calcular quantos segundos atrasará por dia, a  $40^{\circ}\text{C}$ .

36 - O pêndulo de um relógio é feito de bronze, cujo coeficiente de dilatação linear é  $1,9 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Se o relógio anda certo a  $15^{\circ}\text{C}$ , calcular quantos segundos atrasará por dia a  $25^{\circ}\text{C}$ .

37 - Um pêndulo bate exatamente o segundo a  $34,6^{\circ}\text{C}$ . Pergunta-se a que temperatura é necessário levar este pêndulo para que a duração de uma oscilação diminua de  $1/200$  s. O coeficiente de dilatação linear do pêndulo é  $0,00008^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $-90^{\circ}\text{C}$

38 - Um pêndulo de ferro bate o segundo no nível do mar quando a temperatura é  $20^{\circ}\text{C}$ . Calcular quanto atrasará por dia este pêndulo ao oscilar a  $12^{\circ}\text{C}$  a uma altitude de 3000 m. O coeficiente de dilatação linear do ferro é  $12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e o raio da Terra mede 6370 km.

Resp. 18,23 s

39 - Dois pêndulos simples têm a  $0^{\circ}\text{C}$  o mesmo período: 2 s. Um deles é constituído por um fio de aço e o outro de cobre. Determinar de quanto atrasa por dia o pêndulo de cobre em relação ao de aço, a  $20^{\circ}\text{C}$ . São dados os coeficientes de dilatação linear do cobre  $18 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e do aço  $12 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp. 5,18 s

### CAPÍTULO III

#### DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

40 - A massa específica do mercúrio é  $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  e seu coeficiente de dilatação  $1/5550 \text{ } (^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Determinar o valor desta massa específica a  $100^{\circ}\text{C}$ .

Resp.  $13,30 \text{ g.cm}^3$

41 - Sendo a massa específica do mercúrio  $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , determinar o volume interno de um frasco a  $70^{\circ}\text{C}$  que, nesta temperatura, está cheio com 687 g de mercúrio. É dado o coeficiente de dilatação real do mercúrio:  $1/5550^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp. 51,158 cm<sup>3</sup>

- 42 - Determinar a que temperatura máxima 13,5 kg de mercúrio cabem num vaso de cobre cuja capacidade é 1 dm<sup>3</sup> a 0° C. A massa específica do mercúrio é 13,6 g.cm<sup>-3</sup> a 0° C. Os coeficientes de dilatação cúbica do cobre e mercúrio valem respectivamente  $48 \times 10^{-6}$  e  $18 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp. 56,6° C

- 43 - Um recipiente de paredes metálicas encontra-se a 90° C completamente cheio de um líquido cuja massa é 920 g. Determinar a capacidade do recipiente a 0° C sendo dados: a) coeficiente de dilatação linear do metal:  $0,000012^\circ \text{C}^{-1}$ ; b) coeficiente de dilatação cúbica do líquido:  $0,00018^\circ \text{C}^{-1}$ ; c) massa específica do líquido a 0° C  $13,6 \text{ g x cm}^{-3}$ .

Resp. 68,42 cm<sup>3</sup>

- 44 - Um tubo capilar cilíndrico de vidro, aberto nas duas extremidades, contém uma coluna de mercúrio cujo comprimento é de 123,24 mm a 0° C. Determinar o comprimento desta coluna a 10° C. Dados: coeficiente de dilatação cúbica do vidro  $1/38700^\circ \text{C}^{-1}$ ; do mercúrio  $1/5550^\circ \text{C}^{-1}$ .

Resp. 123,44 mm

- 43 - A um recipiente metálico, de capacidade 1000 cm a 0° C, é adaptado um gargalo vertical de vidro, de secção 5 mm<sup>2</sup>. o recipiente estando a 0° C contém um líquido até a base do tubo de vidro. Aquece-se o conjunto a 50° c e verifica-se que o líquido atinge no interior do tubo uma altura de 12,5 cm. Determinar o coeficiente de dilatação do líquido. O coeficiente de dilatação linear do metal é  $0,000019^\circ \text{C}^{-1}$  e o cúbico do vidro vale  $0,000024^\circ \text{C}^{-1}$ .

Resp.  $0,0000695^\circ \text{C}^{-1}$

- 46 - Um tubo capilar de vidro de diâmetro  $d_0 = 1/5 \text{ mm}$  e comprimento  $h_0 = 1 \text{ m}$  (a 0° C) é dividido em 100 partes de mesma altura. Determinar a capacidade do reservatório (a 0° C) que será preciso soldar em sua extremidade inferior, para que funcione como um termômetro de mercúrio no intervalo de 0 a 100°C. Os coeficientes de dilatação cúbica do mercúrio e do vidro valem respectivamente:

$$\gamma_m = \frac{1}{5550} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad \text{e} \quad \gamma_v = \frac{1}{38850} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- 47 - O tubo capilar de um termômetro de mercúrio graduado de 0 °C a 100 °C<sup>-1</sup> tem diâmetro 1/10 mm; seu reservatório é cilíndrico, com 1 cm de comprimento e 2 mm de raio. Determinar o comprimento correspondente a cada grau na haste, sendo os coeficientes de dilatação cúbica do mercúrio e do vidro respectivamente  $1/5550^\circ \text{C}^{-1}$  e  $1/38850^\circ \text{C}^{-1}$ .

Resp. 2,5 mm

- 48 - Dispõe-se de um tubo capilar de 2,4 mm<sup>3</sup> de capacidade a 0° C e com ele deseja-se construir um termômetro de mercúrio que indique temperaturas compreendidas entre 0° C e 200° C. Calcular a 0° C a capacidade do reservatório que deve ser ligado a este tubo e a massa de mercúrio que deve ser utilizado. Dados: massa específica do mercúrio a 0° C:  $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$  coeficiente de dilatação cúbica aparente do mercúrio no vidro  $1/6400^\circ \text{C}^{-1}$ .

Resp. 76,8 mm<sup>3</sup> ; 1,04 g

49 - Têm-se dois termômetros de mercúrio construídos com o mesmo vidro. Um deles possui um reservatório esférico cujo diâmetro interno é 0,75 cm e um capilar de 0,08 cm de diâmetro interno. O outro possui um bulbo esférico de 0,62 cm de diâmetro interno e um capilar cujo diâmetro interno é de 0,05 cm. Determinar a relação entre os comprimentos correspondentes a um grau nos 2 termômetros.

Resp. 0,68

50 - Num barômetro de Torricelli, a altura da coluna de mercúrio no tubo é 76,4 cm a 20° C. Permanecendo constante a pressão atmosférica calcular qual seria a altura dessa coluna se a temperatura caísse a 0° C. É dado o coeficiente de dilatação do mercúrio  $0,00018^{\circ} \text{C}^{-1}$

Resp. 76,1 cm

51 - Um tubo de secção constante, dobrado em U, tem as duas extremidades abertas e contém água. Dispõe-se este tubo num plano vertical e num dos seus ramos verte-se um líquido. Observa-se então que, a altura da coluna de água acima do plano horizontal que passa pela superfície de separação dos dois líquidos é 31 cm, enquanto a altura da coluna do líquido que equilibra a água é 63,4 cm. A temperatura durante a experiência permanecendo constante e igual a 10° C, determinar: a) a densidade do líquido em relação à água, a 10° C ; b) o coeficiente de dilatação cúbica do líquido, sabendo-se que, elevando a sua temperatura a 25° C e mantendo fixa a da água, a altura da coluna desse líquido se torna igual a 63,62 cm.

Resp. a) 0,4889 ; b)  $2,3 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

52 - Num recipiente de vidro, munido de um orifício, cuja capacidade a 0° C é 500 cm<sup>3</sup> são introduzidos a 0° C um bloco de ferro cuja massa é 360 g e mercúrio em quantidade suficiente para encher completamente o recipiente. Calcular a massa de mercúrio que sai do recipiente quando o conjunto é aquecido a 100°C. Dados: a) massa específica do mercúrio a 0° C: 13,6 g.cm<sup>-3</sup>; b) idem do ferro 7,2 g.cm<sup>-3</sup>; c) coeficiente de dilatação linear do vidro  $86 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ; d) coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio  $1/5550^{\circ}\text{C}^{-1}$  e) coeficiente de dilatação linear do ferro  $0,000018^{\circ}\text{C}^{-1}$

Resp. 94,58 g

53 - Determinar a relação entre as massas  $m$  e  $m_1$  de mercúrio e platina respectivamente, que devem ser introduzidas a 0° C num vaso de ferro, de modo a enchê-lo, para que neste vaso a dilatação aparente da mistura seja nula. São dados as massas específicas  $u$  e  $u_1$  do mercúrio e da platina a 0° C e os coeficientes de dilatação cúbica do mercúrio, platina e ferro respectivamente  $\bullet$ ,  $\bullet_1$  e  $\bullet_2$ . Desprezam-se eventuais ações químicas.

54 - Um recipiente de vidro tem capacidade 350 cm<sup>3</sup> a 0° C. Determinar que volume do mercúrio medido a 0° C, deve ser introduzido nesse recipiente, para que o volume vazio permaneça o mesmo em qualquer temperatura. Os coeficientes de dilatação cúbica do vidro e do mercúrio, são supostos iguais respectivamente a  $1/38850 \text{ }^{\circ} \text{C}^{-1}$  e  $1/5550 \text{ }^{\circ} \text{C}^{-1}$ .

Resp. 50 cm<sup>3</sup>

55 - Um recipiente de vidro completamente cheio de mercúrio contém 60 g desse líquido a 0° C e apenas 59 g quando aquecido a 120° C. Determinar o coeficiente de dilatação cúbica do vidro, sendo o do mercúrio  $0,000180^{\circ} \text{C}^{-1}$ .

56 - Para encher um frasco de vidro imerso em gelo fundente foram necessários 809,02 g de mercúrio.

Mergulhando o frasco em água fervente foram expelidas 12,012 g de mercúrio. O coeficiente de dilatação do mercúrio é  $0,0001813^{\circ} \text{C}^{-1}$ ; determinar o coeficiente de dilatação linear do vidro.

Resp.  $0,0000158^{\circ} \text{C}^{-1}$

57 - Um recipiente de vidro contém 1 kg de mercúrio a  $0^{\circ} \text{C}^{-1}$ . Ao elevar-se a temperatura do conjunto a  $100^{\circ} \text{C}$ , transbordam 15,665 g de mercúrio. Elevando a temperatura de  $0$  a  $200^{\circ} \text{C}$  transbordam 51,25 g. Supondo ser constante o coeficiente de dilatação do vidro e adotando:  $0,0001815^{\circ} \text{C}^{-1}$  como valor médio do coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio entre  $0^{\circ}$  e  $120^{\circ} \text{C}$ , determinar: a) o coeficiente de dilatação cúbica do vidro; b) o coeficiente médio de dilatação do mercúrio entre  $100^{\circ} \text{C}$  e  $200^{\circ} \text{C}$ ; c) se o sistema poderia ser usado como termômetro de peso. Justificar o emprego mediante uma equação.

58 - Determinar a massa de mercúrio que deve ser introduzida em um frasco cuja capacidade é 100 cm<sup>3</sup> a  $0^{\circ} \text{C}$  para que o volume não ocupado pelo líquido seja independente da temperatura. Dados: coeficiente de dilatação linear do vidro  $1/45000^{\circ} \text{C}^{-1}$ ; massa específica do mercúrio  $15,6 \text{ g cm}^{-3}$  a  $0^{\circ} \text{C}$ ; coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio  $0,00018^{\circ} \text{C}^{-1}$ .

59 - Um corpo sólido flutua num líquido a  $0^{\circ} \text{C}$  de modo que o volume da parte imersa é 99/100 do volume total. O coeficiente de dilatação cúbica do líquido é:  $0,00018^{\circ} \text{C}^{-1}$  e do sólido  $0,000026^{\circ} \text{C}^{-1}$ . Determinar a que temperatura a imersão do sólido começa a ser total.

Resp.  $65,7^{\circ} \text{C}$

60 - Um líquido possui peso específico  $\gamma$  a  $0^{\circ} \text{C}$  e coeficiente de dilatação cúbica  $\gamma_0$ . Um sólido de peso específico  $\gamma'$  a  $0^{\circ} \text{C}$  possui um coeficiente de dilatação cúbica  $\gamma_0' > \gamma_0$ . Calcular a que temperatura poderá este sólido flutuar no líquido.

61 - Um sólido flutua num líquido a  $0^{\circ} \text{C}$  de maneira que a relação entre o volume da porção imersa e o volume total é k. Sendo  $\gamma_{01}$  e  $\gamma_{02}$ , respectivamente os coeficientes médios de dilatação cúbica do sólido e do líquido nos limites de temperatura da experiência, calcular a que temperatura a imersão do sólido torna-se completa.

62 - Um cilindro sólido flutua verticalmente num líquido, ficando submerso um comprimento de 10 cm, quando a temperatura do sistema é  $15^{\circ} \text{C}$ , e 12,5 cm quando a temperatura é  $40^{\circ} \text{C}$ . Calcular o coeficiente de dilatação do líquido, sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear da substância, de que é feito o cilindro é  $0,0005^{\circ} \text{C}^{-1}$

Resp.  $0,01188^{\circ} \text{C}^{-1}$

63 - Um corpo imerso em um líquido cujo coeficiente de dilatação absoluta é  $\gamma_0$  sofre a  $0^{\circ} \text{C}$  um empuxo  $I_0$  e a  $t^{\circ} \text{C}$  um empuxo I. Calcular o coeficiente de dilatação linear do corpo. Aplicação numérica:  $\gamma_0 = 0,00018^{\circ} \text{C}^{-1}$ .  $I_0 = 50 \text{ g}$ ;  $I = 49,54 \text{ g}$ ;  $t = 60^{\circ} \text{C}$ .

Resp.  $8 \times 10^{-6}^{\circ} \text{C}^{-1}$

64 - Uma barra de vidro tem massa 90 g quando imersa no ar. Mergulhada num líquido X sua massa aparente é 49,6 g a temperatura de  $12^{\circ} \text{C}$ . Aquecendo o conjunto a  $97^{\circ} \text{C}$  a massa aparente passa a ser 51,7 g. Calcular o coeficiente de dilatação do líquido, sabendo-se que o coeficiente de dilatação cúbica do vidro vale  $0,000024^{\circ} \text{C}^{-1}$ .



Resp.  $0,00066 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 65 - Um corpo cuja massa é 40 g, mergulhado num líquido, tem a  $10^\circ \text{C}$  massa aparente igual a 35,2 g, e a  $40^\circ \text{C}$  igual a 35,25 g. Sendo  $2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  o coeficiente de dilatação linear do corpo, determinar o coeficiente de dilatação cúbica do líquido.

Resp.  $0,00041 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 66 - Um fragmento de vidro tem massa 37,5 g. Sua massa aparente na água a  $4^\circ \text{C}$  é 25 g e a  $100^\circ \text{C}$  é 25,486 g. Sabendo que o coeficiente de dilatação cúbica do vidro é  $0,000026 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , determinar o volume ocupado por 1 grama de água a  $100^\circ\text{C}$ .

Resp.  $1,043 \text{ cm}^3$

- 67 - Uma esfera de vidro de dilatação desprezível é suspensa num prato de uma balança hidrostática, estabelecendo-se o equilíbrio da mesma com uma tara. Submerge-se a esfera em água a  $0^\circ \text{C}$  e restabelece-se o equilíbrio colocando um corpo de massa igual a 100 g cobre o prato que sustenta a esfera. Introduzindo a esfera no benzeno a  $20^\circ \text{C}$  são necessárias apenas 88 g para o mesmo fim. Determinar a massa específica do benzeno a  $20^\circ \text{C}$  e o coeficiente de dilatação médio desse líquido entre  $0^\circ \text{C}$  e  $20^\circ \text{C}$ . A massa específica da água a  $0^\circ \text{C}$  é suposta igual a  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Resp.  $0,88 \text{ g.cm}^{-3}$ ;  $0,00113 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 68 - Num tubo de 15 cm de altura há água destilada até a altura de 10 cm a  $4^\circ \text{C}$ . Supõe-se que a variação de volume da água seja dada por

$$V = \frac{V_0}{3} \left( \frac{1}{2}(t-4)^2 + t - 1 \right)$$

- onde  $V_0$  é o volume a  $4^\circ \text{C}$  e  $V$  a  $t^\circ \text{C}$ . Deseja-se saber a que temperatura a água enche completamente o tubo. Despreza-se a dilatação do tubo.

Resp.  $1^\circ \text{C}$  ou  $5^\circ \text{C}$

- 69 - O tubo capilar de um termômetro de mercúrio tem 625 divisões de igual volume e a massa de mercúrio que encheria a  $0^\circ \text{C}$  essas 625 divisões é 2,5 g. O aparelho contém 129,6 g de mercúrio. Mergulha-se o aparelho em gelo fundente. O mercúrio aflora à divisão 25. Imerso em vapor d'água em ebulição sob pressão normal, o mercúrio aflora à divisão 525. Calcular: a) o coeficiente de dilatação aparente do mercúrio no vidro; b) o coeficiente de dilatação absoluta do vidro sabendo que o coeficiente de dilatação absoluta do mercúrio é  $0,00018 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Resp. a)  $15 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ; b)  $3 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 70 - Um tubo cilíndrico de vidro, de comprimento 1 m, medido a  $0^\circ \text{C}$ , é disposto verticalmente. A sua extremidade inferior é fechada. Verte-se nesse tubo uma coluna de mercúrio de altura  $h$  cm medida a  $0^\circ \text{C}$ . 1) calcular a altura  $x$  atingida por essa coluna à temperatura  $t^\circ \text{C}$ . 2) A expressão encontrada para  $x$  pode ser posta sob forma de uma função linear de  $t$  fazendo sucessivamente as duas aproximações seguintes: a) substituir a expressão  $1/(1 + \alpha)$  por  $1 - \alpha$  o que é permitido uma vez que  $\alpha$  é muito pequeno em confronto com a unidade; b) desprezar o termo que contém o produto dos coeficientes de dilatação do mercúrio e do vidro. Mostrar então que, é possível determinar  $h$  para que a distância da extremidade superior do tubo ao centro de gravidade da coluna de mercúrio seja independente de  $t$ . Dados: coeficiente de dilatação volumétrica

do vidro é  $k = 1/38700 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . O coeficiente de dilatação do mercúrio é  $j = 1/5550 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

- 71 - Num dado lugar, a  $30^\circ \text{ C}$ , mede-se a altura barométrica assinalada por um barômetro de mercúrio com uma régua de latão graduada a  $0^\circ \text{ C}$  em mm. Encontra-se  $H = 758,8 \text{ mm}$ . Expressar a pressão atmosférica em mm de mercúrio a  $0^\circ \text{ C}$ . O coeficiente de dilatação do mercúrio é  $1,8 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e o coeficiente de dilatação linear do latão  $1,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp. 755,1 mm de Hg.

- 72 - Um areômetro destinado aos líquidos mais densos que a água aflora num líquido  $L_1$  cuja densidade em relação a água é 1, no ponto 0, e num outro líquido  $L_2$  de densidade 1,116 aflora no ponto 15. Pedem-se: a) a massa específica de um líquido L no qual aflora no ponto 25. b) Na experiência precedente, o líquido L encontra-se a  $0^\circ \text{ C}$ . Repetindo a experiência com o líquido L a  $50^\circ \text{ C}$ , o areômetro aflora ao nível 19. Calcular a nova massa específica do líquido. c) Desprezando a dilatação do areômetro calcular o coeficiente de dilatação do líquido L.

Resp. a)  $1,209 \text{ g x cm}^{-3}$  b)  $1,151 \text{ g x cm}^{-3}$  c)  $0,001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 73 - Um dilatômetro de vidro é constituído por um reservatório ligado a um tubo cilíndrico graduado em partes de igual volume. Vazio, pesa 12 g; com mercúrio a  $0^\circ \text{ C}$  até a divisão 8 pesa 156 g e com mercúrio a  $0^\circ \text{ C}$  até a divisão 80 pesa 164 g. Pedem-se: a) Calcular as capacidades do reservatório e de uma divisão do tubo a  $0^\circ \text{ C}$ . b) o dilatômetro contém mercúrio que a  $0^\circ \text{ C}$  atinge a divisão 11. Aquece-se o dilatômetro a  $100^\circ \text{ C}$ . O mercúrio chega a divisão 32. Calcular o coeficiente de dilatação cúbica do vidro. c) substitui-se o mercúrio por um líquido que atinge, a  $0^\circ \text{ C}$ , a divisão 9 e a  $50^\circ \text{ C}$  a divisão 89. Calcular o coeficiente de dilatação do líquido. São dados a massa específica do mercúrio a  $0^\circ \text{ C}$ :  $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$  e o coeficiente de dilatação do mercúrio  $0,00018^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp. a)  $10,52 \text{ cm}^3$  e  $8,2 \text{ mm}^3$  b)  $17 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$   
c)  $63 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- 74 - Um cilindro vertical é constituído de duas partes; a inferior de altura 4 cm é de alumínio, cuja massa específica é  $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$  e a parte superior de altura 20 cm, constituída de uma substância de massa específica  $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$ . O cilindro é posto a flutuar num líquido de massa específica  $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$ . Determinar: a) qual é a altura da porção imersa do cilindro; b) qual é a posição do centro de gravidade do cilindro. c) se o equilíbrio do cilindro é estável e porque; d) a temperatura do líquido em que flutua o cilindro é  $80^\circ \text{ C}$ . Deixa-se o conjunto esfriar lentamente. Num dado instante o cilindro se inverte. Calcular, então, a temperatura do líquido. O coeficiente de dilatação do líquido é  $0,001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e os dos sólidos são desprezíveis.

Resp. a) 19,2 cm b) 10,2 cm abaixo da superfície do líquido  
c) sim d)  $13,33^\circ \text{ C}$

## CAPÍTULO IV

### GASES E VAPORES

- 75 - O coeficiente de dilatação dos gases, sob pressão constante, vale  $1/273^\circ\text{C}^{-1}$ . Expressar esse coeficiente nas escalas Fahrenheit e Kelvin.

- 76 - Uma certa massa gasosa encontra-se aprisionada no interior de um vaso de volume constante, a  $-20^\circ \text{ C}$  e sob pressão de 70 cm de mercúrio. Calcular a

pressão exercida por essa massa gasosa sobre as paredes do vaso quando o conjunto é aquecido a  $55^{\circ}\text{C}$ .

Resp. 90,7 cm de mercúrio

77 - Um balão encerra 2 litros de ar a  $10^{\circ}\text{C}$  e sob pressão de 750 mm de mercúrio. Calcular que variação de temperatura será necessária para manter invariável o volume de ar quando a pressão passar para 740,55 mm de mercúrio.

Resp. 3,57  $^{\circ}\text{C}$

78 - No interior de um recipiente cuja capacidade é 6 litros encontra-se uma certa massa gasosa a  $27^{\circ}\text{C}$ , sob pressão de 2 atm. Transfere-se o conteúdo desse recipiente para um outro, de capacidade 2 litros, mantido a  $77^{\circ}\text{C}$ . Determinar a pressão exercida pelo gás em questão sobre as paredes desse segundo recipiente.

Resp. 7 atm.

79 - Um litro de ar a  $200^{\circ}\text{C}$  é levado, sob pressão constante, a uma temperatura cujo valor numérico na escala Fahrenheit é cinco vezes maior que o correspondente na escala Celsius. Calcular o volume gasoso resultante.

Resp. 0,598 litros

80 - Um coletor de gás contém  $500\text{ cm}^3$  de nitrogênio mantido sobre mercúrio. O nível do mercúrio fora do tubo coletor está a 50 mm acima do interno. A temperatura é  $21^{\circ}\text{C}$  e a pressão atmosférica 750 mm de mercúrio. Calcular o volume ocupado por esse gás nas condições normais.

Resp. 488,7  $\text{cm}^3$

81 - A mesma quantidade de ar ocupa primeiro uma esfera cujo raio é 1 cm e depois uma esfera de raio 2 cm. Calcular a pressão na segunda esfera, sabendo-se que na primeira o gás se acha nas condições normais de temperatura e pressão e na segunda a temperatura é  $20^{\circ}\text{C}$ .

Resp. 0,134 atm

82 - Uma certa massa de gás a  $30^{\circ}\text{C}$  e 740 mm de mercúrio ocupa um volume igual a 820 cm. Calcular o volume ocupado por essa massa gasosa nas condições normais de temperatura e pressão.

Resp. 719,3  $\text{cm}^3$

83 - Uma esfera oca de cobre é cheia de nitrogênio a  $0^{\circ}\text{C}$  e 760 mm de mercúrio. Fecha-se hermeticamente essa esfera e eleva-se a sua temperatura a  $500^{\circ}\text{C}$ . Determinar a nova pressão do gás. Coeficiente de dilatação linear do cobre:  $1,9 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Resp. 2,75 atmosferas

84 - Um litro de ar a  $8^{\circ}\text{C}$  encontra-se num cilindro munido de um pistão móvel de peso desprezível, no alto de uma montanha. Quando levado ao pé da montanha o volume se reduz a  $900\text{ cm}^3$ , a temperatura é  $14^{\circ}\text{C}$  e a pressão é uma atmosfera. Achar a pressão no alto da montanha.

Resp. 0,88 atm

85 - Um recipiente de volume constante contendo ar sob pressão de 70 cm de mercúrio e a  $20^{\circ}\text{C}$ , é fechado por uma válvula de  $5\text{ cm}^2$  de secção carregada com um peso de 5 kgf. Pergunta-se a que temperatura é necessário aquecer este recipiente para que escape ar do recipiente. A pressão atmosférica é 726 cm de mercúrio. Aceleração da gravidade é  $9,8\text{ m x s}^{-2}$ . Densidade absoluta do mercúrio é  $13,6\text{ g x cm}^{-3}$ .

Resp.  $567,6^{\circ}\text{C}$

86 - Um balão esférico, cujo envoltório é de borracha bem delgada e elástica, fechado, contém 220 g de hidrogênio. a) Calcular a diferença entre o empuxo devido ao ar e o peso do gás contido no balão. A densidade do hidrogênio em relação ao ar é 0,0695. b) No momento da partida, a pressão no interior do balão é 75 cm de mercúrio e a temperatura  $27^{\circ}\text{C}$ . O balão atinge uma região da atmosfera na qual a temperatura é  $-23^{\circ}\text{C}$ . Nesta região, o diâmetro do balão é duplicado. Calcular a nova pressão no interior do balão.  $g = 980\text{ cm.s}^{-2}$ .

Resp. a) 28,85 newton b) 7,81 cm de Hg

87 - Um recipiente metálico de certa capacidade está cheio de ar a  $27^{\circ}\text{C}$ . Aquece-se o conjunto; a pressão permanece constante em virtude da ação de uma válvula que permite o escapamento do ar. Determinar a que temperatura deve ser levado o conjunto para que escape 10% da massa de ar primitivamente encerrado no recipiente. O coeficiente de dilatação cúbica do metal é  $0,0005^{\circ}\text{C}^{-1}$  e o comportamento do ar é suposto como o de um gás perfeito.

88 - A massa molecular do oxigênio é 32. Pede-se determinar: a) qual o volume ocupado por 10 g de oxigênio a  $-117^{\circ}\text{C}$ , sob pressão de 58 atmosferas; b) qual a pressão exercida por 6,4 g desses gás aprisionados num recipiente de capacidade 4 litros a  $27^{\circ}\text{C}$ .

Resp. a)  $6,9\text{ cm}^3$  b) 1,23 atm

89 - Quatro litros de um gás medidos a  $120^{\circ}\text{C}$  e sob pressão de uma atmosfera tem massa 4,8 g. Calcular: a) o número de moles de gás contido nesse volume; b) a massa molecular do gás; c) a massa específica do gás a  $27^{\circ}\text{C}$ , sob pressão de 1 atm.

Resp. a) 0,171 ; b) 28 ; c)  $1,13\text{ g x l}^{-1}$

90 - Um recipiente contém 200 litros de um gás, de densidade 1,4 em relação ao ar, à temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  e sob pressão de 10 atmosferas. Calcular: a) a constante  $R_1$  da equação característica  $pV = R_1T$  relativa à massa total desse gás, expressa no sistema C.G.S\*; b) a constante  $r$  relativa a 1 g do gás, no mesmo sistema.

Resp.  $R_1 = 6,27 \times 10^9\text{ erg/}^{\circ}\text{K}$   $r = 2 \times 10^6\text{ erg/}^{\circ}\text{K}$

91 - Um balão contendo 10 g de um gás a 400 mm de mercúrio de pressão, e  $-148^{\circ}\text{C}$  é aquecido a  $300^{\circ}\text{C}$ ; a pressão passa a ser de 300 mm de mercúrio. Quinhentos  $\text{cm}^3$  desse gás rarefeito pesam então 1 g. Pede-se calcular: a) o volume inicial do gás; b) a massa específica inicial do gás em  $\text{g x litro}^{-1}$ .

Resp. a)  $818,06\text{ cm}^3$  b)  $12,22\text{ g x l}^{-1}$

92 - Um volume gasoso contido num tubo graduado sobre mercúrio é  $70\text{ cm}^3$  a  $21^{\circ}\text{C}$  e a pressão atmosférica é de 755 mm de mercúrio. O nível de mercúrio dentro do tubo graduado está a 35 mm abaixo do nível externo. Calcular o volume ocupado por esse gás a  $30^{\circ}\text{C}$  e 760 mm de mercúrio de pressão.

Resp.  $68,34 \text{ cm}^3$

- 93 - Certa massa de nitrogênio, mantido num tubo sobre água, ocupa um volume igual a  $500 \text{ cm}^3$  a uma temperatura de  $25^\circ \text{ C}$  e pressão de  $755 \text{ mm}$  de mercúrio. O nível de água dentro do tubo está a  $10,16 \text{ cm}$  abaixo do nível externo. Calcular o volume desse nitrogênio nas condições normais. A massa específica do mercúrio é suposta  $13,6 \text{ g x cm}^3$  e a da água  $1 \text{ g x cm}^{-3}$ .

Resp.  $463 \text{ cm}^3$

- 94 - A massa específica de um gás é de  $3,22 \text{ g x litro}^{-1}$  nas condições normais. Calcular a que pressão um litro desse gás pesará  $1 \text{ g}$ , a temperatura permanecendo constante e igual a  $0^\circ \text{ C}$ .

Resp.  $236 \text{ mm}$  de mercúrio.

- 95 - Uma certa massa gasosa que se encontra nas condições normais, é aquecida a  $25^\circ \text{ C}$ , mantendo-se constante a pressão durante a expansão. Calcular a massa específica do gás após a expansão, sabendo-se que, nas condições normais,  $1 \text{ litro}$  desse gás tem massa  $3,22 \text{ g}$ .

Resp.  $2,94 \text{ g x litro}^{-1}$

- 96 - Duas salas de dimensões iguais, com capacidade de  $100 \text{ m}^3$  cada uma, estão respectivamente, uma a  $25^\circ \text{ C}$  e  $700 \text{ mm}$  de mercúrio, outra a  $20^\circ \text{ C}$  e  $650 \text{ mm}$  de mercúrio. Sabendo-se que um litro de ar pesa  $1,293 \text{ g}$  nas condições normais de temperatura e pressão, pergunta-se qual a diferença entre as massas de ar contidas nas duas salas.

Resp.  $6,2 \text{ kg}$

- 97 - Uma massa gasosa igual a  $2,586 \text{ g}$  encontra-se nas condições normais de temperatura e pressão e seu volume mede  $2000 \text{ cm}^3$ . Calcular sua massa específica quando a temperatura se eleva a  $273^\circ \text{ C}$  e a pressão sob a  $140 \text{ mm}$  de mercúrio.

Resp.  $0,97 \text{ g.l}^{-1}$

- 98 - Um gás a  $0^\circ \text{ C}$  é encerrado num recipiente sob determinada pressão. Eleva-se a temperatura a  $273^\circ \text{ C}$ , deixando que o mesmo se dilate de modo a se manter constante a sua pressão. Determinar a densidade do gás após o aquecimento em relação à sua densidade a  $0^\circ \text{ C}$ .

Resp.  $1/2$

- 99 - Um recipiente de capacidade  $2 \text{ litros}$  contendo ar a  $16^\circ \text{ C}$  e  $718 \text{ mm}$  de mercúrio foi pesado; extraiu-se ar do mesmo (em temperatura constante) até que a pressão no seu interior tenha sido reduzida a  $6 \text{ mm}$  de mercúrio e pesou-se novamente. Sabendo-se que a diferença entre os resultados obtidos nas duas pesagens foi  $2,308 \text{ g}$ , calcular a massa específica do ar nas condições normais.

- 100 - Um recipiente aberto, à temperatura de  $10^\circ \text{ C}$ , é aquecido sob pressão constante até  $400^\circ \text{ C}$ . Determinar: a) que fração da massa primitiva de ar contida no recipiente, é expulsa; b) se o recipiente fosse fechado e o ar nele contido se encontrasse à pressão atmosférica normal, qual seria a pressão após o aquecimento.

Resp. a)  $0,5794$       b)  $2,378 \text{ atm}$

101 - Quatro litros de nitrogênio estão contidos num balão sob pressão de 2,5 atmosferas e 6 litros de gás carbônico encontram-se retidos num outro balão sob pressão de 5 atmosferas. Os dois balões estão a 20°C. Os dois gases são transferidos para um terceiro balão de 10 litros de capacidade e durante a transferência são esfriados a 10° C. Calcular: a) a pressão da mistura gasosa nesse terceiro balão; b) as frações molares de cada gás na mistura; c) as pressões parciais dos dois gases na mistura.

Resp. a) 3,86 atm b) 0,25 e 0,75 c) 0,96 atm e 2,90 atm

102 - Na câmara barométrica de um tubo de Torricelli são introduzidos 20 cm<sup>3</sup> de oxigênio medidos a 30° C e 70 cm de mercúrio a 40 cm<sup>3</sup> de nitrogênio medidos a 40 °C e 72 cm de mercúrio. Eleva-se então o tubo permitindo que a mistura gasosa ocupe no seu interior um volume de 50 cm<sup>3</sup> a 20° C. Determinar a altura que passa a ser ocupada pelo mercúrio no tubo quando a pressão atmosférica é 75 cm de mercúrio.

Resp. -6 cm

103 - Um balão A contém 4,8 g de metano e um outro B encerra uma certa massa de acetileno. Ambos são transferidos para um terceiro balão C de 10 litros de capacidade; observa-se que a pressão em C torna-se 5 atm. A temperatura do balão C é 27° C. Pede-se: a) a pressão parcial dos dois gases em C; b) as frações molares dos dois gases na mistura; c) a massa de acetileno contida na mistura.

Resp. a) 0,75 atm e 4,25 atm b) 0,15 e 0,85 c) 45 g.

104 - Num recipiente cujo volume é 1 cm<sup>3</sup> e que se encontra a 0° C são introduzidos 10<sup>23</sup> moléculas de hidrogênio e 10<sup>22</sup> moléculas de amônia. Determinar a pressão da mistura.

Resp. 4,1 atm

105 - Trezentos cm<sup>3</sup> de gás são medidos no estado úmido sobre água a 15°C sob pressão de 765 mm de mercúrio. Calcular: a) que volume ocupará esse gás no estado seco à esta temperatura e pressão; b) qual será o seu volume no estado seco, nas condições normais. A tensão do vapor d'água a 15° C é 12,73 mm de mercúrio.

Resp. 295,01 cm<sup>3</sup> 276,80 cm<sup>3</sup>

106 - Determinar o volume ocupado por uma mistura de 0,88 g de anidrido carbônico e 5,6 g de óxido de carbono a 17° C e pressão total de 1,1 atmosferas, calcular a pressão parcial de cada gás na mistura. As massas atômicas do carbono e oxigênio são respectivamente 12 e 16.

108 - Em um gás seco a 15° C e 753,8 mm de mercúrio é introduzida uma quantidade de água suficiente para torná-lo saturado. Calcular a sua nova pressão se a temperatura permanece constante. A tensão do vapor d'água a 15 ° C é 12,75 mm.

Resp. 766,55 mm de Hg

109 - Um cilindro é munido de um êmbolo de peso desprezível. Estando este cilindro no pé de uma montanha aprisiona-se no mesmo ar à temperatura ambiente e sob pressão igual à atmosférica. Verifica-se então que o êmbolo se encontra em equilíbrio a 20 cm acima do fundo. Transporta-se esse cilindro para o alto da montanha onde as condições reinantes são diferentes das anteriores e constata-se que o êmbolo na posição de equilíbrio se mantém então a 22 cm do fundo. Determinar: a) se fosse extraído o nitrogênio contido nesse cilindro, qual

seria a distância do êmbolo ao fundo do cilindro, no alto da montanha. Admite-se que o ar encerra apenas nitrogênio e oxigênio na proporção de 80% e 20% respectivamente. b) se a temperatura no pé da montanha é 27°C e a pressão 1 atm, qual a pressão no alto, onde a temperatura é 17° C.

Resp. a) 4,4 cm ; b) 0,878 atm.

110 - Uma certa massa de ar é recolhida sobre água a 27°C sob pressão de 750 mm de mercúrio. O ar encerra aproximadamente 20% de oxigênio e 80% de nitrogênio em volume. A tensão máxima do vapor d'água a 27 °C é 26,5 mm de mercúrio. Calcular as pressões parciais de oxigênio e nitrogênio no ar aprisionado.

Resp. 144,7 e 578,8 mm de Hg

111 - a) Determinar que volume tomaria a 200 °C sob pressão de 4 atmosferas uma massa de ar seco que ocupa a 27° c sob pressão de 2 atmosferas um volume igual a 0,5 litros. b) Calcular essa massa de ar. c) Calcular em que proporção volumétrica devem ser misturados o ar e o hidrogênio, tomados nas condições normais para que 1 litro de mistura a 273° C e sob pressão de 2 atmosferas tenha massa 1 g. Sabe-se que 1 litro de ar nas condições normais tem massa 1,293 g e que a densidade de hidrogênio em relação ao ar é 0,06s

Resp. a) 0,394 l b) 1,174 g c) 3,14 : 1

112 - Um tubo fechado numa extremidade e de secção uniforme é colocado em posição vertical, abertura para baixo, em água salgada de densidade 1,03 g/cm<sup>3</sup> e temperatura 27°C a uma profundidade de 30 m, registrando-se então a altura de 50 cm de ar dentro do tubo. Determinar a altura do tubo não ocupada pela água quando o tubo é transportado para uma profundidade de 1.500 m onde a temperatura é -3°C. A pressão atmosférica sobre a superfície da água é 1 kgf x cm<sup>-2</sup> .

Resp. 1,13 cm

113 - Na câmara barométrica de um tubo de Torricelli existe um pouco de ar e observa-se que sob pressão atmosférica e temperatura normais a altura da coluna de mercúrio no tubo é de 75 cm e a câmara barométrica tem 25 cm de comprimento. Transportado o conjunto para uma sala onde a temperatura é de 27°C, a altura da coluna de mercúrio no tubo passa a ser de 75,5 cm. Determinar a pressão atmosférica nesta sala. Despreza-se a variação da massa específica do mercúrio com a temperatura.

Resp. 76,62 cm de Hg

114 - Uma proveta, emborcada em mercúrio, encerra a 27°C e à pressão atmosférica reinante, um volume de 30 cm<sup>3</sup> de oxigênio. Erguendo-se a proveta e reduzindo-se a temperatura a 9°C o volume passa a 60 cm<sup>3</sup> e o nível do mercúrio no interior sobe a 371 mm. Calcular a pressão atmosférica.

Resp. 700 mm de mercúrio

115 - A câmara de um barômetro de secção 1 cm<sup>2</sup> contém um pouco de ar. Num certo dia quando a temperatura é de 10°C e a pressão atmosférica é de 760 mm de mercúrio, o mercúrio deste barômetro se eleva até 730 mm e o comprimento da coluna de ar é de 27 cm. Num outro dia, a temperatura é de 30°C o mercúrio deste barômetro baixa a 680 mm. Pedir-se a altura barométrica que corresponde à verdadeira pressão atmosférica neste segundo caso. (Desprezam-se as dilatações do mercúrio e do vidro).

Resp. 707 mm de mercúrio

116 - Um tubo barométrico cuja secção tem área igual a  $1 \text{ cm}^2$  encontra-se emborcado numa cuba contendo mercúrio na qual o nível é mantido constante. Na câmara e aprisionada uma certa quantidade de ar, de maneira que a altura da coluna de mercúrio no interior do tubo é 25 cm, em relação ao nível exterior e a altura do tubo imersa é 55 cm. A temperatura durante a experiência é  $17^\circ\text{C}$  e a pressão atmosférica 76 cm de mercúrio. a) Ergue-se o tubo de maneira a fazer com que o ar aprisionado ocupe um volume de  $11 \text{ cm}^3$ . Qual é então a altura do tubo imerso do líquido? b) Afunda-se novamente o tubo mercúrio de maneira a reconduzi-lo à posição primitiva. A que temperatura é necessário aquecer o ar aprisionado para que o seu volume se torne  $11 \text{ cm}^3$ ? c) O tubo estando na sua posição inicial e à temperatura de  $17^\circ\text{C}$  introduz-se na câmara éter, gota a gota. Determinar a que altura final atingirá o mercúrio no tubo. Tensão máxima do vapor de éter a  $17^\circ\text{C} = 41 \text{ cm}$  de mercúrio.

Resp. a) 40,63 cm; b)  $52,2^\circ \text{C}$ ; c) 12,41 cm

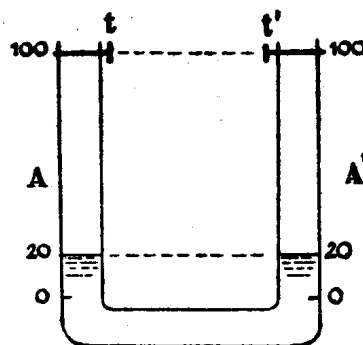
117 - Um balão cuja capacidade é de 250 cm) é ligado a um manômetro de ar livre. Introduce-se no balão um corpo de 195 g de massa, e observa-se que o nível de mercúrio é o mesmo nos dois ramos do manômetro, a pressão atmosférica sendo de 76 cm de mercúrio e a temperatura,  $0^\circ\text{C}$ . Aquece-se o balão a  $27^\circ \text{C}$  e verte-se no manômetro tanto mercúrio quanto o necessário para reduzir a  $200 \text{ cm}^3$  o volume ocupado pelo ar e pelo corpo; a diferença de níveis do mercúrio nos dois ramos passa a ser então de 1 m. Determinar a massa específica do corpo. Desprezam-se as dilatações do corpo e do balão, e a capacidade do tubo manométrico.

Resp.  $1,26 \text{ g x cm}^3$

118 - Dois balões de vidro A e B cheios de ar a  $0^\circ \text{C}$  e 76 cm de mercúrio de pressão estão ligados entre si por um tubo cilíndrico horizontal bastante longo e de secção de área igual a  $10 \text{ mm}^2$ . Um índice líquido encontra-se no meio deste tubo e separa as duas massas de ar. Os volumes destas massas limitados pelo índice são  $125 \text{ cm}^3$  e  $190 \text{ cm}^3$  respectivamente para A e B. Aquecendo-se o balão B a  $80^\circ \text{C}$  e esfriando-se o balão A a  $-20^\circ\text{C}$ , o índice se desloca e atinge uma nova posição de equilíbrio no tubo. Determinar a distância x de que se desloca este índice no tubo a partir da posição primitiva. Despreza-se a dilatação do vidro e admite-se que o ar se comporta como gás perfeito.

Resp.  $x = 240 \text{ cm}$  de B para A

119 - É dado um tubo em forma de U de secção constante igual a  $1 \text{ cm}^2$  cujos dois ramos A e A' são verticais e têm 1 m de altura cada um. Os dois ramos são munidos de torneiras t e t' e graduados em cm de baixo para cima. Estando abertas t e t' verte-se no tubo um pouco de mercúrio de maneira que a sua superfície atinja a divisão 20 em cada ramo. A pressão atmosférica é 75 cm de mercúrio e a temperatura do sistema  $0^\circ \text{C}$ . a) Fecha-se t e Junta-se em A' mercúrio até que o líquido atinja em A a divisão 40. Qual o desnível do mercúrio nos dois ramos?

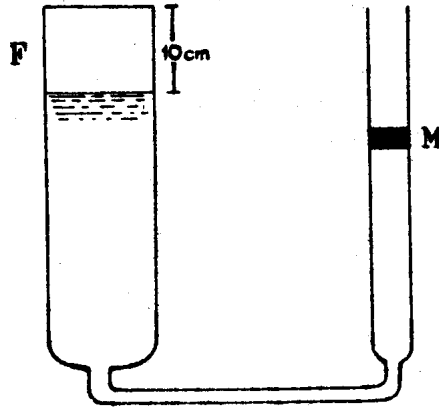


b) Aquece-se A de maneira a reconduzir o mercúrio nesse ramo à divisão 20. Determinar o novo desnível e a temperatura do ar em A. c) Abre-se t. Que divisão atinge o mercúrio? d) Deixa-se voltar a temperatura do conjunto a  $0^\circ\text{C}$ , fecham-se t e t' e aquece-se de novo A até que o mercúrio nesse ramo atinja o



nível 50. Despreza-se a dilatação do mercúrio, bem como a do tubo. Determinar as pressões em A e A' e a temperatura em A.

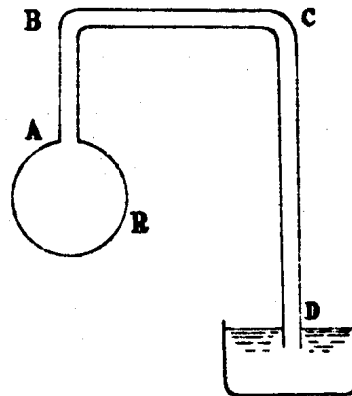
120 - No dispositivo esquematizado ao lado M é um êmbolo de massa igual a 100 g com área de base  $50/136 \text{ cm}^2$  deslizando sem atrito. O outro ramo F é fechado e a área de sua secção reta é de  $2 \text{ cm}^2$ . Numa posição inicial, no ramo fechado, só há vapor de mercúrio e no restante do tubo em U ate o êmbolo, só há mercúrio (líquido). Posteriormente por meio de um dispositivo não esquematizado, introduz-se água no ramo fechado, exatamente suficiente para saturá-lo. Havendo-se mantido o conjunto sempre a  $27^\circ \text{ C}$ , calcular: a) a diferença de nível entre as superfícies livres do mercúrio no ramo fechado F e a base do êmbolo, antes da introdução da água;



b) a nova diferença de nível após a introdução da água, sabendo-se que a altura do ramo fechado, medido a partir da superfície do mercúrio era de 10 cm na posição inicial; c) qual a quantidade de água introduzida? Dados: pressão atmosférica 76 cm de mercúrio; massa específica do mercúrio a  $27^\circ \text{ C}$ .  $13,6 \text{ g x cm}^{-3}$ ; tensão máxima do mercúrio desprezível; tensão máxima do vapor d'água a  $27^\circ \text{ C} = 27 \text{ mm de mercúrio}$ ; constante dos gases perfeitos =  $82 \text{ cm}^3 \times \text{atm} \times (^\circ \text{K} \times \text{mol})^{-1}$ , aceleração da gravidade =  $10 \text{ m x seg}^{-2}$ . Admite-se que os vapores considerados comportam-se como gases ideais.

Resp. a) 96 cm b) 93,3 cm c)  $5,5 \times 10^{-4} \text{ g}$

121 - Um reservatório R de vidro de capacidade V é ligado a um tubo cilíndrico ABCD também de vidro, duas vezes recurvado, cuja secção transversal tem área S e comprimento total L. Este reservatório contém ar a temperatura  $t^\circ \text{ C}$  e sob pressão  $P_1$  (expressa em altura de coluna de mercúrio). Mergulha-se a extremidade D do tubo numa cuba contendo mercúrio. É dada a pressão atmosférica  $P > P_1$ . Pede-se determinar a altura x a que se elevará o mercúrio no tubo Quando o aparelho for esfriado a  $0^\circ \text{ C}$ .



Desprezam-se a contração sofrida pelo vidro e o comprimento do tubo imerso no mercúrio. Aplicação numérica:  $V = 500 \text{ cm}^3$ ;  $L = 120 \text{ cm}$ ;  $S = 5 \text{ mm}^2$ ;  $P_1 = 70 \text{ cm de Hg}$ ;  $t = 27^\circ \text{ C}$ ;  $P = 75 \text{ cm de mercúrio}$ .

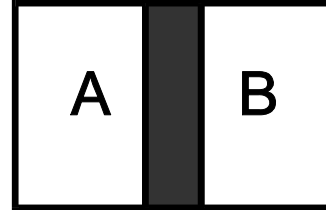
Resp.  $x = 11,3 \text{ cm}$

122 - Um tubo barométrico calibrado mergulha numa tina contendo mercúrio em nível constante. O tubo possui um diâmetro d e comprimento l. Quando a temperatura do sistema é  $T^\circ \text{ K}$ , o mercúrio atinge no seu interior uma altura H. Introduz-se então na câmara barométrica desse tubo um volume V de ar seco, medido a  $0^\circ \text{ K}$  e sob pressão h (expressa em altura de coluna de mercúrio). Mostrar que, admitidas constantes a temperatura do tubo e a pressão atmosférica durante a

experiência, a nova altura da coluna de mercúrio no tubo Y, é dada pela expressão

$$Y = \frac{1}{2} \left( H + l \pm \sqrt{(l - H)^2 + \frac{16V h T}{\pi d^2 \theta}} \right)$$

123 - Um recipiente cilíndrico de secção  $20 \text{ cm}^2$ , fechado, no qual se realiza o vácuo é mantido à temperatura constante de  $100^\circ\text{C}$ . Um êmbolo móvel sem atrito divide o recipiente em dois compartimentos A e B cada um dos quais tem  $50 \text{ cm}$  de comprimento. Pergunta-se:



a) mantendo-se fixo o pistão qual é a massa de água que deve ser introduzida num dos compartimentos para que o vapor formado seja saturado sem excesso de líquido. b) Sendo introduzidos  $1 \text{ g}$  de água em A e  $0,1 \text{ g}$  de água em B, qual é a intensidade da força que vai atuar sobre o pistão? c) Permitindo o deslocamento do pistão qual é no caso anterior o deslocamento por ele sofrido até a posição de equilíbrio?

Resp. a)  $0,6 \text{ g}$       b)  $1044,2 \times 10^4 \text{ dina}$       c)  $30 \text{ cm}$

124 - Um recipiente de capacidade  $10 \text{ litros}$  e de dilatação desprezível é munido de uma torneira T que permite estabelecer a comunicação entre o seu interior e a atmosfera ambiente. a) Estando T fechado o recipiente contém ar a  $0^\circ\text{C}$  sob pressão de  $114 \text{ cm}$  de mercúrio. Qual é a massa de ar contida no recipiente? b) Permanecendo T fechado, aquece-se o recipiente a  $100^\circ\text{C}$ . Qual é a nova pressão no interior do recipiente? c) Abre-se T, o conjunto sendo mantido a  $100^\circ\text{C}$ . Qual é a massa de ar restante no recipiente? d) Fecha-se T e reconduz-se o recipiente a  $0^\circ\text{C}$ . Qual é a nova pressão do ar aprisionado? Massa específica do ar a  $0^\circ\text{C}$  sob pressão normal =  $1,3 \text{ g} \times \text{l}^{-1}$ . Pressão atmosférica externa =  $76 \text{ cm}$  de mercúrio.

Resp.      a)  $17,61 \text{ g}$       b)  $155,7 \text{ cm de Hg}$   
             c)  $9,44 \text{ g}$       d)  $55,6 \text{ cm de Hg}$

125 - No interior de um cilindro cuja secção transversal tem área  $2 \text{ dm}^2$  e no qual é móvel sem atrito um pistão; de peso desprezível, aprisiona-se ar a  $0^\circ\text{C}$  e  $76 \text{ cm}$  de mercúrio de pressão. O pistão encontra-se inicialmente a  $50 \text{ cm}$  acima do fundo do cilindro e sobre a sua face superior age a pressão atmosférica igual a  $76 \text{ cm}$  de mercúrio. a) Qual a intensidade da força normal que deve ser exercida sobre o pistão para mantê-lo a  $30 \text{ cm}$  do fundo, a temperatura permanecendo igual a  $0^\circ\text{C}$ ? b) Idem quando a temperatura do ar aprisionado torna-se igual a  $100^\circ\text{C}$ ? c) A temperatura do ar sendo  $100^\circ\text{C}$  abandona-se o pistão à ação do ar comprimido. A que distância do fundo o pistão entra em equilíbrio? d) O pistão sendo de novo mantido a  $30 \text{ cm}$  do fundo, e a temperatura sendo  $100^\circ\text{C}$ , introduzem-se  $5 \text{ g}$  de água no cilindro. Que esforço suplementar deve ser aplicado sobre o pistão para mante-lo à mesma altura? Dados: massa de  $1 \text{ litro}$  de ar nas condições normais =  $1,3 \text{ g}$ ; densidade do vapor d'água em relação ao ar =  $0,62$ .

Resp.      a)  $1350,6 \text{ newton}$       b)  $2573 \text{ newton}$   
             c)  $68,1 \text{ cm}$       d)  $2856,6 \text{ newton}$

## CAPÍTULO V

### CALORIMETRIA

126 - Calcular a quantidade de calor que deve ser suprida a um bloco de cobre de massa 400 g para elevar a sua temperatura de 10° C a 120 ° C. O calor específico do cobre vale 0,094 cal/g x °C. Calcular o "equivalente em água" desse bloco.

Resp. 4136 cal; 37,6 g

127 - Colocam-se 500 g de cobre a 200°C num recipiente contendo 750 g de água a 20°C. Calcular a temperatura final, depois de estabelecido o equilíbrio térmico. É dado o calor específico do cobre 0,094 cal/g x °C, e despreza-se o calor absorvido pelo recipiente.

Resp. 30,6 °C

128 - Um calorímetro de cobre que pesa 50 g contém 250 g de água a 96° C. Calcular quantas gramas de alumínio a 10 °C devem ser introduzidos, para esfriar a água a 90° C. São dados os calores específicos do alumínio 0,22 cal/g x °C e do cobre 0,094 cal/g x °C.

Resp. 86,8 g

129 - Um pedaço de ferro de 800 g é aquecido a 300 °C e em seguida introduzido num recipiente contém do 1,5 litros de mercúrio a 15° C. Desprezando a quantidade de calor absorvida pelo recipiente e possíveis ações químicas, determinar a temperatura final do mercúrio. Sabe-se que o peso atômico do ferro é 55, 8; o calor específico do mercúrio é 0,0343 cal/g x °C; a densidade absoluta do mercúrio a 0 °C é 13,6 g.cm<sup>-3</sup> e o coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio 1/5550 °C<sup>-1</sup>.

Resp. 47,9 °C

130 - Três líquidos A, B e C encontram-se respectivamente a 10 °C, 24 °C e 40 ° C. Sabe-se que: a) misturando massas iguais de A e B a temperatura resultante é 14 °C; b) a mistura de A e C na proporção ponderal de 2/3 tem temperatura 30°C. Calcular qual será a temperatura de equilíbrio da mistura de B e C na proporção ponderal de 1/2.

Resp. 37,9 °C

131 - Uma fonte calorífica fornece com potência constante, calor a 600 g de água durante 10 minutos e observa-se que a temperatura desta se eleva de 15 °C . Substituindo a água por 300 g de um outro líquido, verifica-se que a temperatura deste se eleva também de 15 °C em 2 minutos. Calcular o calor específico do líquido.

Resp. 0,4 cal/g x °C

132 - São dados dois calorímetros idênticos, cada um com equivalente água igual a 2,21 g. Um deles contém 94,40 g de água enquanto o outro contém 80,34 g de essência de terebintina. Eles encerram resistências de aquecimento iguais, que operam em condições também iguais. Em certo intervalo de tempo os calorímetros sofrem elevações de temperatura iguais a 3,17°C e 8,36°C respectivamente.

Desprezando trocas de calor com o ambiente, determinar o calor específico da essência de terebintina.

Resp. 0,43 cal/g x °C

- 133 - Baseando-se na regra de Dulong e Petit, calcular a quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de 10 cm<sup>3</sup> de cobre, sabendo-se que a massa específica do cobre é 8,9 g . cm<sup>-3</sup> e que o seu peso atômico é 63,6.

Resp. 8,9 cal

- 134 - Um calorímetro contém 70 g de água a 10°C. Derramam-se nele 50 g de água a 50°C e a temperatura de equilíbrio resultante é 20 °C. Calcular a capacidade calorífica do calorímetro.

Resp. 80 cal x °C<sup>-1</sup>

- 135 - Determinar a variação de comprimento que experimenta uma barra cilíndrica de cobre de 50 cm de comprimento e 2 cm<sup>2</sup> de secção a 0°C quando se lhe fornecem 20 kcal. São dados: a massa específica do cobre a 0°C: 8,84 g/c<sup>3</sup> ; o calor específico do cobre 0,095 cal/g x °C e o coeficiente de dilatação linear do cobre 16,6 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>.

Resp. 0,196 cm

- 136 - Uma esfera de platina de 5 cm de raio a 95°C é imersa em 2 litros de água a 4°C. Determinar a temperatura de equilíbrio, sendo dados: o calor específico da platina: 0,0324 cal/g x °C o coeficiente de dilatação linear da platina: 9 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>; a massa específica da platina a 0°C: 21,7 g . cm<sup>-3</sup>.

Resp. 11,37 °C

- 137 - Um balão esférico de 10 cm de raio interno é completamente cheio de mercúrio à temperatura de 70°C. Verte-se este mercúrio na água que a 4°C ocupa pela metade um vaso cilíndrico de 40 cm de altura e 20 cm de diâmetro. Determinar a temperatura de equilíbrio da mistura, desprezando o calor absorvido pelo vaso. São dados: o calor específico do mercúrio: 0,033 cal/g x °C a massa específica do mercúrio a 0 °C: 13,6 g . cm<sup>-3</sup> e o coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio 1/5550 °C<sup>-1</sup>.

Resp. 5,9 °C

- 138 - Uma mistura de óleo e álcool pesa 0,822 kg e é obtida a 30°C por adição de álcool a 50°C ao óleo a 20°C. Determinar a composição da mistura, sabendo-se que os calores específicos do álcool e do óleo são respectivamente 0,602 cal/g x °C e 0,440 cal/g x °C.

Resp. 0,602 kg de óleo ; 0,22 kg de álcool

- 139 - Quando 500 g de mercúrio a 50 °C são introduzidos num calorímetro contendo 90 g de água a 15°C, a temperatura de equilíbrio resultante é 19 °C. Quando 90 g de água a 50°C são vertidos sobre 500 g de mercúrio a 15°C contidos no mesmo calorímetro, a temperatura final é 38°C. Calcular o calor específico do a mercúrio e o equivalente em água do calorímetro.

Resp. 0,031 cal/g x °C e 30,13 g

- 140 - Num pequeno balão de vidro de massa 80 g, são aquecidos 100 g de um certo líquido a 75°C. Mergulha-se imediatamente o balão num calorímetro cujo equivalente em água é 1200 g. A temperatura do calorímetro se elevada de 10°C

a 13,85°C. Retira-se o balão do calorímetro, acrescentam-se-lhe mais 50 g do mesmo líquido e aquece-se novamente o mesmo a 75°C. Torna-se a mergulhar o balão no mesmo calorímetro cuja temperatura se eleva agora de 12°C a 17,13°C. Calcular os calores específicos do vidro e do líquido em questão.

Resp. 0,124 cal/g°C ; 0,116 cal/g°C .

141 - Num vaso de massa  $m_1$  constituído de uma substância de calor específico  $c_1$  e que contém uma massa  $m_2$  de um líquido de calor específico  $c_2$ , mergulha-se um termómetro que passa a indicar a temperatura  $t$ . Esse termómetro cujo equivalente em água é  $E$  quando imerso no ar indica uma temperatura  $\theta$ . Calcular a temperatura  $T$  inicial do líquido supondo desprezíveis as perdas de calor durante o intervalo de tempo em que o termómetro atinge a temperatura  $t$ .

142 - Para determinar o calor específico de um metal foram efetuadas as seguintes experiências:

1º) Num calorímetro de latão contendo 200 g de água a 10°C foram adicionados 150 g de água a 40°C e constatou-se que a temperatura de equilíbrio resultante era 22° C.

2º) No mesmo calorímetro contendo 375 g de água a 15°C foi introduzido um pedaço do metal de massa 100 g aquecido previamente a 100°C e verificou-se que a temperatura atingida após a agitação era 19°C. Calcular o calor específico do metal.

Resp. 0,2 cal/g °C

143 - Dois fragmentos de um mesmo metal de massas  $m_1$  e  $m_2$  são introduzidos num forno e aí mantidos durante um intervalo de tempo suficiente para que adquiram a temperatura aí reinante, e em seguida mergulhados em 2 calorímetros contendo massas  $M_1$  e  $M_2$  de água inicialmente em temperaturas  $t_1$  e  $t_2$  respectivamente. Sabendo que os equivalentes em água dos dois calorímetros são  $E_1$  e  $E_2$  que as temperaturas finais são  $\theta_1$  e  $\theta_2$  mostrar que a temperatura do forno é:

$t =$

$$t = \frac{m_1 \theta_1 (M_2 + E_2) (\theta_2 - t_2) - m_2 \theta_2 (M_1 + E_1) (\theta_1 - t_1)}{m_1 (M_2 + E_2) (\theta_2 - t_2) - m_2 (M_1 + E_1) (\theta_1 - t_1)}$$

144 - Uma garrafa térmica usada como calorímetro tem massa 272 g. Despejam-se, na mesma, 195 g de água quente e observa-se que sua temperatura atinge 36°C. Acrescentando em seguida 238 g de água a 15°C nota-se que a temperatura de equilíbrio torna-se 25°C. Calcular o equivalente em água do calorímetro.

Resp. 21,36 g

145 - Um vaso de cobre tem a forma de um hemisfério e a sua capacidade é 3 litros. Mantendo 0°C enche-se o mesmo com água a 30°C e verifica-se que estabelecido o equilíbrio térmico, a temperatura da água baixou para 27°C. Desprezando as dilatações, calcular a espessura da parede do vaso. São dados: o calor específico do cobre: 0,1 cal/g°C; a massa específica do cobre 8,8 g.cm<sup>3</sup>; a massa específica da água a 30°C: 0,9957 g. cm<sup>3</sup>.

Resp. 6 cm

146 - Uma liga metálica é constituída de cobre e zinco na proporção ponderal de 1 para 3 respectivamente. Um fragmento dessa liga que se encontra a 47°C e imerso num recipiente de platina de massa 235 g que contém 560 g de água a 12,5°C. Observa-se que a temperatura de equilíbrio resulta 13,2°C. Sabendo-se que o equivalente em água do termómetro imerso no recipiente é 3,5 g

determinar a massa do fragmento utilizado. São dados os calores específicos: da platina 0,032 cal/g°C; do cobre 0,092 cal/g°C; do zinco 0,090 cal/g°C.

Resp. 130,4 g

- 147 - Misturam-se 50 g de sulfeto de chumbo com 100 g de ferro num recipiente de latão de massa 25 g e leva-se a temperatura do conjunto a 100°C. Em seguida, mergulha-se este recipiente num outro de paredes adiabáticas também de latão, de massa 50 g e que contém 647,3 g de água. Observa-se então que a temperatura da água passa de 18°C a 20°C. Calcular o calor específico médio do sulfeto de chumbo. São dados os calores específicos médios do ferro, 0,124 cal/g°C e do latão: 0,094 cal/g°C.

Resp. 0,051 cal/g°C

- 148 - Num vaso de latão cuja massa é de 30 g são introduzidas duas esferas de um mesmo metal e de mesmo raio e o conjunto é aquecido a 100°C e mergulhado num calorímetro também de latão de massa 50 g que contém 1 kg de água a 18°C. O sistema adquire uma temperatura final de 21°C. Repete-se a experiência com uma só das esferas, mas com a mesma quantidade de água e a mesma temperatura inicial. Determinar a temperatura final no segundo caso, sendo dado o calor específico do latão 0,094 cal/g°C.

Resp. 19,6 °C

- 149 - 750 g de mercúrio quente são adicionados a 100 g de água fria mantida num recipiente de vidro, constatando-se que a água ao se estabelecer o equilíbrio térmico sofre uma variação de temperatura de 2,5°C. Numa outra experiência 100 g de água quente são adicionados a 750 g de mercúrio frio, contido no mesmo recipiente anterior, verificando-se então uma variação de 10°C na temperatura deste. Sabe-se que nas duas experiências as temperaturas primitivas dos dois líquidos quente e frio são as mesmas. Calcular o calor específico do mercúrio.

Resp. 0,033 cal/g°C

- 150 - Um cilindro de "invar" de peso 324 g\* sofre, ao ser imerso num líquido L, um empuxo de 50,28 g\* a 25°C, e 48,48 g\* a 100°C. O mesmo cilindro imerso em água a 4°C recebe um empuxo igual a 40,00 g\*. a) Calcular o peso específico do líquido a 25°C e a 100°C e o seu coeficiente de dilatação médio nesse intervalo de temperatura. É desprezível a dilatação do "invar". b) Uma vez aquecido o cilindro a 100°C mergulha-se o mesmo num vaso cujo equivalente em água é 20 g e que contém 400 cm<sup>3</sup> do líquido L a 25°C. A temperatura final de equilíbrio é 32,7°C. Repete-se a experiência substituindo o cilindro de invar por 200 cm<sup>3</sup> de água a 4°C. A temperatura de equilíbrio é então 16,8°C. Determinar os calores específicos do invar e do líquido L.

Resp. a) 1,257 e 1,212 g\* x c<sup>-3</sup> b) 0,11 e 0,58 cal/g°C

- 151 - Num recipiente de latão mantido a 0°C aprisiona-se uma certa quantidade de nitrogênio (massa molecular 28) sob pressão de 3 atm. O recipiente tem uma capacidade de 1 litro a 0°C e pesa 100 g. Aquece-se o recipiente a 100°C. Calcular a nova pressão de nitrogênio aprisionado. Mergulha-se o recipiente aquecido num vaso calorimétrico igualmente de latão de massa 400 g e contendo 2 kg de água, a 10°C. Pede-se a temperatura final de equilíbrio e a nova pressão do nitrogênio. São dados: o coeficiente de dilatação linear do latão:  $2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e o calor específico do latão: 0,08 cal/g°C. O calor específico do nitrogênio é suposto 0,18 cal/g°C.

Resp. a) 4,07 atm b) 10,3°C e 3,10 atm

## CAPÍTULO VI

### MUDANÇAS DE FASE

152 - O calor específico do estanho sólido é  $0,056 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$  e o do estanho líquido  $0,064 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ . A temperatura de fusão e o calor latente de fusão desse metal são respectivamente  $233^\circ\text{C}$  e  $14,25 \text{ cal.g}^{-1}$ . Determinar a quantidade de calor que deve ser fornecida a um fragmento de estanho de massa 50 g a  $13^\circ\text{C}$  para elevar a sua temperatura a  $250^\circ\text{C}$ .

153 - O enxofre funde a  $115^\circ\text{C}$ . Num calorímetro, cuja capacidade calorífica é  $50 \text{ cal}(\text{C}^\circ)^{-1}$  e que contém 300 g de água a  $20^\circ\text{C}$  são introduzidos 40 g de enxofre fundido, a  $120^\circ\text{C}$ . A temperatura de equilíbrio é  $23,3^\circ\text{C}$ . Determinar o calor latente de fusão do enxofre. São dados os calores específicos do enxofre sólido e líquido, respectivamente:  $0,20 \text{ cal/g}^\circ\text{C}^{-1}$  e  $0,23 \text{ cal/g}^\circ\text{C}^{-1}$ .

Resp.  $9,4 \text{ cal. g}^{-1}$

154 - Um vaso de massa 200 g e calor específico,  $0,04 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$  contém 250 g de um líquido de calor específico  $0,6 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$  que está a  $25^\circ\text{C}$ . Mergulham-se no líquido 50 g de gelo fundente. Calcular a temperatura de equilíbrio. O calor latente de fusão do gelo é  $80 \text{ cal.g}^{-1}$

Resp.  $0^\circ \text{ C}$ .

155 - Calcular em que proporção deve ser dividida certa massa M de água inicialmente a  $20^\circ\text{C}$ , sob pressão normal, admitindo-se que todo o calor retirado da parte que se congela seja utilizado em vaporizar a outra parte. Calor latente de vaporização da água  $557 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor latente de solidificação da água  $80 \text{ cal.g}^{-1}$

Resp.  $0,139 \text{ M}$  e  $0,861 \text{ M}$

156 - Seiscentos gramas de vapor d'água a  $160^\circ\text{C}$ , são adicionados a 2 kg de gelo a  $4^\circ\text{C}$ . Calcular a temperatura final da mistura. Calor específico do vapor igual a  $0,48 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ . Calor de fusão do gelo igual a  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor de condensação do vapor igual a  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp.  $91^\circ\text{C}$

157 - Um fragmento de um certo mineral, com massa igual a 9,70 gramas, é suspenso por um fio no prato de uma balança e situa-se dentro de uma câmara na qual a temperatura é de  $10^\circ\text{C}$ . Na câmara introduz-se vapor de água em ebulição, sob pressão normal, até que a temperatura do sistema (câmara e mineral) seja  $100^\circ\text{C}$ . Certa quantidade de vapor condensa-se no mineral, ficando totalmente aderente a ele e aumentando-lhe a massa para 10,05 gramas. O calor de vaporização da água a  $100^\circ\text{C}$  mede  $557 \text{ k cal/kg}$ . Calcular o calor específico do mineral.

Resp.  $0,22 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

158 - Quatro gramas de gelo a  $-3^\circ\text{C}$  são misturados com 46 g de água a  $2^\circ\text{C}$ . Calcular a temperatura final. Calor específico de gelo  $0,5 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ . Calor latente de fusão do gelo =  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp.  $0^\circ \text{ C}$

- 159 - Calcular que massa de água à temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  deve ser adicionada a 2 kg de vapor d'água à temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  para que uma vez estabelecido o equilíbrio térmico, resulte somente água à temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . O calor latente de vaporização é  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ .
- Resp. 10,8 kg
- 160 - Misturam-se 2 kg de vapor de água a  $100^{\circ}\text{C}$ , com certa quantidade de gelo a  $20^{\circ}\text{C}$ . Resulta uma mistura de gelo e água em partes iguais de massa. Calcular a quantidade inicial de gelo. Calor latente de vaporização da água =  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor latente de solidificação da água =  $89 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor específico do gelo =  $0,5 \text{ cal.g}^{-1} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .
- Resp. 24 kg
- 161 - Quando 10 g de vapor de água a  $200^{\circ}\text{C}$  são condensados num calorímetro de cobre de 400 g de massa que contém 1 kg de água a  $15^{\circ}\text{C}$ , a temperatura sobe até  $21,5^{\circ}\text{C}$ . O calor latente de vaporização da água a  $100^{\circ}\text{C}$  é igual a  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ ; calor específico do cobre é igual a  $0,095 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$ . Determinar o calor específico do vapor nas condições da experiência.
- Resp.  $0,562 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$
- 162 - Na cavidade de um bloco de gelo a  $-10^{\circ}\text{C}$  e pesando 500 g, introduz-se uma esfera de cobre de 200 g a  $300^{\circ}\text{C}$ . Calcular a massa de gelo fundida. Determinar qual deveria ser a massa de cobre para que a temperatura final fosse  $10^{\circ}\text{C}$ . Calor específico do cobre  $0,095 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$ . Calor latente de fusão do gelo:  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor específico do gelo:  $0,5 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$ .
- Resp. a) 43 g ; b) 1600 g
- 163 - Determinar a que temperatura se encontra certa massa de água em superfusão sabendo que uma solidificação brusca de  $1/5$  de sua massa, eleva sua temperatura ao ponto de solidificação. Calor latente de solidificação da água:  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ .
- Resp.  $-16^{\circ}\text{C}$
- 164 - A temperatura de fusão do fósforo é  $44^{\circ}\text{C}$ , o seu calor latente de fusão  $5 \text{ cal.g}^{-1}$  e o seu calor específico no estado líquido é  $0,2 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$ . Uma certa massa de fósforo é mantida em sobrefusão a  $30^{\circ}\text{C}$ . Num certo instante verifica-se uma solidificação brusca. Verificar se a solidificação é completa e em caso negativo que fração total solidifica.
- Resp. Não; 56%
- 165 - Um vaso de cobre de massa 60 g contém 90 g de água, e um bloco de gelo de massa 40 g que flutua na superfície do líquido. a) lança-se no vaso um bloco de alumínio de massa 20 g aquecido previamente a  $100^{\circ}\text{C}$ . Determinar a massa de gelo fundido. b) Injetam-se no vaso 10 g de vapor de água a  $100^{\circ}\text{C}$ . Calcular a temperatura final de equilíbrio. Dados: calor específico do cobre:  $0,10 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$ ; calor específico do alumínio:  $0,23 \text{ cal(g}^{\circ}\text{C)}^{-1}$  calor latente de fusão do gelo:  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ ; calor latente de vaporização da água:  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ . A pressão durante a experiência é suposta constante e igual à pressão normal.
- Resp. a) 57,5 g ; b)  $21,9^{\circ}\text{C}$
- 166 - Calcular quantos gramas de zinco fundido, a  $420^{\circ}\text{C}$ , deverão ser postos em 25 g de álcool a  $0^{\circ}\text{C}$  para vaporizá-los. Ponto de fusão do zinco:  $420^{\circ}\text{C}$ ; calor latente de fusão do zinco:  $28 \text{ cal.g}^{-1}$ ; calor específico do zinco:  $0,094 \text{ cal(g}$



$^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Ponto de ebulição do álcool:  $78,2^{\circ}\text{C}$ . Calor específico do álcool:  $0,58 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ ; calor latente de vaporização do álcool:  $206 \text{ cal. g}^{-1}$ .

Resp. 104,5 g

167 - Um calorímetro de massa 20 g e calor específico  $0,095 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$  contém 500 g de um líquido, cujo calor específico é  $0,05 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ , estando o líquido e o calorímetro à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Adicionam-se ao calorímetro 200 g de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determinar a temperatura final da mistura. O calor latente de fusão do gelo é  $80 \text{ cal x g}^{-1}$ .

Resp.  $0^{\circ}\text{C}$

168 - Calcular que massa d'água a  $20^{\circ}\text{C}$  deve ser adicionada a 100 g de mercúrio sólido a  $-41^{\circ}\text{C}$  para que a temperatura final do mercúrio seja  $10^{\circ}\text{C}$ . Dados: a) Calor específico do mercúrio sólido:  $0,314 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . b) Calor específico do mercúrio líquido:  $0,033 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . c) Temperatura de fusão do mercúrio:  $-39^{\circ}\text{C}$ . d) Calor latente de fusão do mercúrio  $2,83 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp. 50,75 g

169 - Injetou-se 1 kg de vapor de água a  $120^{\circ}\text{C}$  em 15 litros de água a  $10^{\circ}\text{C}$  de modo a condensar o vapor sob pressão constante. A temperatura final da água tornou-se  $50^{\circ}\text{C}$ . Determinar o calor específico do vapor de água à pressão constante, sabendo-se que o calor latente de vaporização da água é  $539 \text{ cal.g}^{-1}$  nas condições da experiência.

Resp.  $0,55 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$

170 - Num mesmo recipiente são introduzidos 2,325 kg de mercúrio a  $60^{\circ}\text{C}$ , 3,835 kg de água a  $50^{\circ}\text{C}$ , e 1,7 kg de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determinar a temperatura final de equilíbrio sabendo-se que: a) Quando se misturam massas iguais de mercúrio a  $100^{\circ}\text{C}$  e água a  $0^{\circ}\text{C}$  a temperatura final é  $3,83^{\circ}\text{C}$ . b) Quando se misturam 100 g de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e 1 kg de água a  $15^{\circ}\text{C}$  a temperatura final é  $6,37^{\circ}\text{C}$ .

Resp.  $10,89^{\circ}\text{C}$

171 - Misturam-se V g de vapor de água a  $100^{\circ}\text{C}$ , A g de água a  $t^{\circ}\text{C}$  e G g do gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determinar: a) a temperatura x da água obtida. b) qual deve ser o valor da relação V/G para que a temperatura final seja  $t^{\circ}\text{C}$ . Dados: V = 30 g; A = 2000 g; G = 130 g; t =  $10^{\circ}\text{C}$ ; calor latente de vaporização da água =  $537 \text{ cal. g}^{-1}$ . Calor latente de fusão do gelo:  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp. x =  $13,29^{\circ}\text{C}$  ; V/G = 0,143

172 - No interior de um vaso de cobre cuja massa é 600 g existem 2,4 kg de mercúrio. A temperatura do conjunto é  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ao sistema adicionam-se 50 g de água a  $70^{\circ}\text{C}$  e 200 g de uma substância S à temperatura  $t_1$ . O calor específico da substância S é x e a temperatura de equilíbrio é  $t_2$ . a) Sendo dados  $t_1 = 70^{\circ}\text{C}$  e  $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$ , calcular x. b) Sendo  $t_1 = -30^{\circ}\text{C}$ , calcular  $t_2$ . O calor específico do mercúrio é  $1/30 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . O calor latente de solidificação da água é  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ . O calor específico do cobre é  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

Resp. a)  $0,019 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$  b)  $3^{\circ}\text{C}$

173 - Uma haste de metal, de secção retangular e com 1,00013 m de comprimento, pesando 480 g é ajustada exatamente num sulco existente numa placa de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e rapidamente coberta com outra placa de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Estabelecido o equilíbrio de temperatura verifica-se a fusão de 30 g de gelo e constata-se que o comprimento da haste passou a ser 1,00000 m. Calcular o coeficiente de

dilatação da haste sabendo que o seu calor específico é  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . O calor latente de fusão do gelo é  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp.  $2,6 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

174 - Uma garrafa de cobre de massa 400 g contém água a  $20^{\circ}\text{C}$  e é mergulhada em anidrido sulfuroso líquido à temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Calcular a massa de água encerrada na garrafa, sabendo-se que foram vaporizados 640 g de anidrido sulfuroso, sem mudança de sua temperatura, até se congelar metade daquela massa de água. Calor específico do cobre  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Calor latente de vaporização do anidrido sulfuroso:  $95 \text{ cal.g}^{-1}$ . Calor latente de solidificação da água:  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ .

175 - Dispõe-se de um calorímetro de latão de massa 200 g e que contém 800 g de água a  $15^{\circ}\text{C}$ . Mergulha-se, bruscamente, nessa água um bloco metálico de massa 1 kg, aquecido previamente a  $100^{\circ}\text{C}$  e constata-se que a temperatura final do sistema torna-se  $24,7^{\circ}\text{C}$ . Repete-se a experiência com a mesma quantidade anterior de água, ainda a  $15^{\circ}\text{C}$ , mas aquecendo previamente o mesmo bloco antes usado, a  $200^{\circ}\text{C}$ . Verifica-se então que imerso esse bloco na água, vaporizam 10 g de água a uma temperatura que se supõe seja igual a  $100^{\circ}\text{C}$ . Determinar qual a temperatura final atingida pela água do calorímetro nessa segunda experiência. Dados: calor específico do latão:  $0,09 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Calor latente de vaporização da água a  $100^{\circ}\text{C}$ , é  $540 \text{ cal.g}^{-1}$ .

Resp.  $29,4^{\circ}\text{C}$

176 - Um cubo de gelo flutua num vaso calorimétrico que contém 1000 cm de água líquida a  $0^{\circ}\text{C}$ . O volume da porção de gelo imerso é  $4,5 \text{ cm}^3$ ; a) qual a intensidade da força que deve ser aplicada sobre a face superior do cubo para torná-lo completamente imerso? b) introduz-se no calorímetro um pedaço de alumínio de massa 100 g retirado de um forno e constata-se que o gelo funde e a temperatura de equilíbrio resulta  $10^{\circ}\text{C}$ . Qual é a temperatura do forno? Dados: calor específico do vaso  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Calor específico do alumínio  $0,23 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Massa do vaso 100 g. Calor latente de fusão do gelo  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ . Massa específica do gelo  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Aceleração da gravidade é  $10 \text{ m x s}^{-2}$ .

Resp. a) 500 dina b)  $468,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

177 - Um calorímetro de latão de massa 500 g contém 500 g de gelo a  $-20^{\circ}\text{C}$ . a) Um filete de água a  $80^{\circ}\text{C}$  e que se escoia com uma vazão constante de  $50 \text{ g/min}$  é dirigido para o interior desse calorímetro. São necessários 11 min 30 seg para que o gelo se transforme inteiramente em água a  $0^{\circ}\text{C}$ . O calor específico do latão é  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$  e o do gelo  $0,5 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Determinar o calor latente de fusão do gelo. b) Se a experiência prosseguir até o fim de quanto tempo a temperatura do calorímetro atinge os  $20^{\circ}\text{C}$ ? Qual é então a massa de água contida no calorímetro? c) Nesse instante, interrompe-se o fluxo de água quente e introduz-se no calorímetro um bloco de alumínio de massa 500 g, retirado de uma estufa a  $100^{\circ}\text{C}$ . A temperatura final torna-se  $25,2^{\circ}\text{C}$ . Qual é o calor específico do alumínio? d) Esse mesmo bloco de alumínio a  $100^{\circ}\text{C}$  é introduzido num recipiente fechado de capacidade de 20 litros, termicamente isolado do meio externo, e que contém um gás perfeito nas condições normais de temperatura e pressão. A temperatura de equilíbrio é então  $95,9^{\circ}\text{C}$ . Calcular o calor específico em volume constante de um mol desse gás. Qual é a nova pressão desse gás? Despreza-se o volume ocupado pelo bloco de alumínio.

Resp. a)  $80 \text{ cal.g}^{-1}$ ; b) 7 min 30 seg; 1450 g  
c)  $0,21 \text{ cal}(\text{g}^{\circ}\text{C})^{-1}$ ; d)  $5,02 \text{ cal}(\text{mol}^{\circ}\text{C})^{-1}$

178- Uma massa de ferro 1400 g é retirada de um forno à temperatura T e mergulhada num calorímetro contendo água a 0°C. Constata-se então que a temperatura final do sistema se torna igual a 15°C. No momento de imersão uma massa de água é vaporizada a uma temperatura que se admite ser igual a 100°C. Se não se levasse em conta essa vaporização o cálculo daria para a temperatura do forno um valor T' errado. Pergunta-se qual deve ser a massa para que o erro assim cometido seja de 5% sobre o valor de T. Dados: calor específico do ferro 0,125 cal(g°C)<sup>-1</sup>; calor latente de vaporização da água a 100°C 537 cal.g<sup>-1</sup>; equivalente em água do conjunto calorimétrico 7534 g.

Resp. 9,3 g

179 - Num calorímetro de cobre de massa 100 g e contendo 200 g de água a 4°C introduzem-se 300 g de cobre a -20°C. a) Qual é a temperatura final de equilíbrio? b) Mostrar que se o cobre introduzido no calorímetro encontra-se a -50°C uma parte de água se congela; c) calcular a massa de água congelada. Calor específico do cobre 0,095 cal(g°C)<sup>-1</sup>. Calor latente de fusão do gelo: 80 cal.g<sup>-1</sup>.

180 - Um bloco de metal de massa 1 kg, e calor específico 0,10 cal(g°C)<sup>-1</sup> apresenta uma cavidade na qual podem ser introduzidos líquidos, sólidos e um termômetro. O calor latente de fusão do gelo é 80 cal.g<sup>-1</sup>. a) O bloco estando a 100°C introduz-se uma mistura previamente preparada, constituída de x gramas de gelo a 0°C e y gramas de água líquida. Pedem-se determinar a temperatura final de equilíbrio nos 5 seguintes casos: a') x = y = 50 g; b') x = 125 g; y arbitrário; c') x = 200 g; y arbitrário. b) O bloco estando a 30°C introduzem-se na cavidade 3 kg de mercúrio a -30°C. A temperatura final é 0°C. Qual é o calor específico do mercúrio?

Resp. a) a') 30 °C b') 0 °C c') 0 °C  
b) 0,035 cal(g°C)<sup>-1</sup>

181 - Um vaso cilíndrico de vidro pesa 200 g e é munido de uma graduação em cm<sup>3</sup> feita a 0°C. Ele contém 1 kg de água pura em superfusão a -5°C. Rompe-se a superfusão. a) Qual é a quantidade de água transformada em gelo, admitindo que todo calor despreendido por solidificação é utilizado para aquecer o conjunto água mais vaso? b) Em que divisão encontra-se o nível da água em parte congelada? c) Faz-se chegar ao vaso uma corrente de vapor de água saturante proveniente de uma caldeira onde a água ferve sob pressão normal. Qual é a massa de vapor necessária para levar o vaso e seu conteúdo a 100°C? d) Que volume de vapor ter-se-á então utilizado? O calor específico do vidro é 0,2 cal(g°C)<sup>-1</sup>. Calor de fusão de gelo: 80 cal.g<sup>-1</sup>. O calor latente de vaporização d'água a 100°C é 540 cal.g<sup>-1</sup>. Densidade do vapor d'água a 100°C relativa ao ar: 0,630. Massa específica do ar a 0°C é 1,3 g/l.

Resp. a) 65 g ; b) 1000 ; c) 202,2 g d) 246,8 litros

182 - Um calorímetro constituído por um vaso, um agitador e um termômetro contém inicialmente 200 g de água a 20°C. a) Despejam-se no mesmo 250 g de água em ebulição (sob pressão normal); e observa-se que a temperatura final é de 60°C. Calcular o equivalente em água do conjunto calorimétrico (vaso e acessórios). b) Para determinar mediante esse calorímetro o calor específico de um metal, juntam-se no vaso 200 g de água, anota-se a temperatura inicial igual a 20°C e em seguida juntam-se 100 g do metal previamente aquecidos a 100°C. A temperatura final é 23°C. Qual é o calor específico do metal? c) No calorímetro, contendo inicialmente 400 g de água a 20°C, introduzem-se 50 g de gelo a 0°C e verifica-se que a temperatura final é de 10°C. Determinar o calor latente de fusão do gelo. d) Qual seria a temperatura final se tivessem sido introduzidos 150 g de gelo a 0°C?

- Resp.      a) 50 g                      b)  $0,097 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$   
              c)  $80 \text{ cal. g}^{-1}$             d)  $0^\circ\text{C}$ .

## CAPÍTULO VII

### PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA ENTRE CALOR E TRABALHO. TERMODINÂMICA

183 - Calcular a quantidade de calor despreendida por atrito quando um corpo de peso 100 kgf desliza livremente sobre um plano inclinado descendo 100 m a partir do repouso. Dados: Coeficiente de atrito 0,2; ângulo de inclinação do plano  $45^\circ$ ;  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

Resp.      3311 cal

184 - Um corpo de peso 100 kgf é arrastado ao longo de um plano inclinado de  $30^\circ$  em relação ao horizonte por uma força paralela a uma reta de maior declive do plano e de intensidade 200 kgf. Admitindo que após um percurso de 20 m medidos sobre a trajetória, a partir do repouso, a velocidade do corpo é  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , calcular a quantidade de calor despreendido.  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

Resp.      6734 cal

185 - Uma esfera de chumbo com temperatura inicial  $20^\circ\text{C}$  cai livremente de uma altura de 100 m sobre um plano resistente. Supondo que toda energia mecânica da esfera seja transformada em calor e absorvida pela mesma, determinar: a) a temperatura da esfera após o choque; b) que velocidade deveria ter a esfera para que a mesma atingisse a temperatura de fusão. Dados: Calor específico do chumbo =  $0,03 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ ; temperatura de fusão do chumbo  $327^\circ\text{C}$ ;  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

Resp.      a)  $28^\circ\text{C}$                       b)  $277,4 \text{ m.s}^{-1}$

186 - Uma bola de chumbo é deixada cair no vácuo e ao chegar ao solo transforma totalmente sua energia cinética em calor. Se o calor é suficiente para fundir o chumbo (supondo não haver perda) e aquecer o chumbo fundido a  $500^\circ\text{C}$ , calcular a altura da queda. Dados: temperatura inicial:  $0^\circ\text{C}$ ; temperatura de fusão  $3,2 \times 10^{-2} \text{ kcal/kg}$ ; calor específico do chumbo líquido:  $3,7 \times 10^{-2} \text{ kcal/kg}$ ; calor de fusão do chumbo:  $5,9 \text{ kcal/kg}$ ; equivalente mecânico da caloria:  $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ joule}$ .

Resp.      9723 m

187 - Uma bala de chumbo a  $15^\circ\text{C}$ , pesando 20 g, encontra uma superfície indeformável e desprovida de condutibilidade, com velocidade de  $600 \text{ m.s}^{-1}$ . Calcular: a) a quantidade de calor dissipada; b) a temperatura atingida pela bala. São dados: temperatura de fusão do chumbo;  $327^\circ\text{C}$ ; calor latente de fusão do chumbo:  $5,8 \text{ cal.g}^{-1}$ ; calor específico do chumbo sólido:  $0,03 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ ; calor específico do chumbo líquido:  $0,04 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ .

Resp.      a) 861,2 cal    b)  $1024,5^\circ\text{C}$

188 - Um bloco de cobre de peso 1 kgf é abandonado de um ponto situado a 200 m acima do solo. Desprezando a resistência do ar, calcular: a) a energia cinética do bloco ao tocar o solo; b) a duração da queda; c) a elevação de temperatura do bloco ao chocar-se contra o solo, admitindo que toda a energia seja transformada em calor. O calor específico do cobre é  $0,1 \text{ cal}(\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ . Admitir  $g = 10 \text{ m x s}^{-2}$ .

Resp.      a) 200 kgm      b) 6,32 s      c)  $2,4^\circ\text{C}$

189 - Calcular de que altura deve cair uma massa de chumbo a 300°C para que, atingindo o solo, funda totalmente pelo calor desenvolvido no choque, supondo que este seja totalmente absorvido pelo chumbo. Dados: calor específico do chumbo: 0,03 cal/g°C, temperatura de fusão do chumbo: 327°C; calor latente de fusão do chumbo: 5,9 cal/g. Admite-se que seja constante a aceleração da gravidade e igual a 10 m x s<sup>-2</sup>.

Resp. 2805 m

190 - Um projétil metálico encontra-se em movimento com velocidade de 500 m.s<sup>-1</sup>. Calcular que elevação de temperatura experimentará esse projétil quando bruscamente freiado, supondo que toda sua energia seja convertida em calor. Calor específico do metal: 0,1 cal/g°C.

Resp. 299,04°C

191 - Um projétil de massa 100 g está animado de uma velocidade de 500 m.s<sup>-1</sup> segundo o horizonte, quando se dá o impacto inelástico com um bloco fixo de gelo a 0°C, onde o projétil fica alojado. Determinar a quantidade de gelo transformada em água a 0°C pelo impacto, sabendo-se que a temperatura do projétil no momento do choque era 30°C e seu calor específico 0,1 cal(g°C)<sup>-1</sup>. Admite-se que toda energia dinâmica seja transformada em calor. Calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g.

Resp. 41,2 g

192 - Um projétil de foguete penetra na atmosfera com velocidade igual a 20000 km/h e, percorrendo ainda 2200 km em linha reta, atinge o solo com velocidade igual a 2000 km/h. Admitindo que o atrito da atmosfera durante esse percurso seja constante e que a massa do projétil é 500 kg, pede-se calcular: a) a velocidade média e o tempo de percurso; b) a desaceleração; c) a energia cinética dissipada pelo atrito com a atmosfera que freia o projétil. Se 70% dessa energia for liberada pelo projétil por radiação térmica, quantas calorias restarão para aquecê-lo? d) qual será a temperatura final do projétil, se a inicial for 30°C, seu calor específico for 0,7 cal/g°C e seu ponto de fusão 2000°C?

Resp. a) 11000 km/h; 12 min b) 125/18 m x s<sup>-2</sup>  
c) 763,8 x 10<sup>7</sup> joule; 54,8 x 10<sup>7</sup> cal d) 1600°C

193 - Sabe-se que 1 dm<sup>2</sup> da superfície terrestre exposta normalmente aos raios solares recebe em média 0,72 kcal por hora. Determinar qual seria em C.V. a potência de um motor que transformasse em trabalho 1/5 da energia recebida por uma superfície de 1 km<sup>2</sup>.

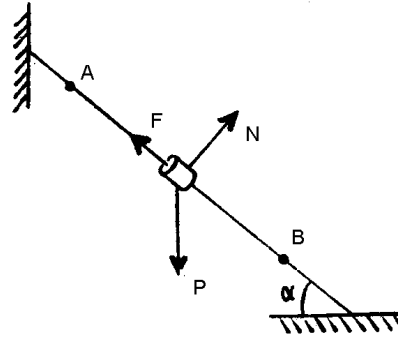
Resp. 1,13 x 10<sup>5</sup> C.V.

194 - Um volante cuja massa igual a 500 kg é suposta distribuída uniformemente sobre a circunferência externa do mesmo, tem raio 0,5 m e gira efetuando 50 r.p.m. a) Freia-se bruscamente o volante. Qual é a quantidade de calor despreendido no freio? b) A velocidade de rotação do volante é diminuída de 1/5 do seu valor. Qual a quantidade de energia fornecida pelo volante?

Resp. a) 4095,5 cal b) 616,23 joule

195 - Um fio de arame preso por uma de suas extremidades a uma parede e pela outra ao solo, é mantido tenso de maneira a formar um ângulo de 60°

com a vertical. Um anel cujo peso é 20 kgf pode deslizar ao longo deste fio. Abandona-se esse anel, num ponto A do fio e verifica-se que ao passar por um ponto B tal que  $AB = 10 \text{ m}$ , a sua velocidade é  $5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . Calcular a quantidade de calor produzida por atrito entre o anel e o fio, no trecho AB. Assumir  $g = 10 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ .



- 196 - Um automóvel de massa 1500 kg é animado, sobre uma via horizontal retilínea, de movimento uniforme com velocidade  $72 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ . Num dado instante, o motor é desligado e constata-se que o veículo se imobiliza em 2 minutos sob ação apenas das resistências passivas, supostas constantes. Se o carro, no instante em que é desligado o motor, fosse freiado e parasse em 30 segundos qual seria a quantidade de calor dissipada nos freios?

Resp. 53, 82 kcal

- 197 - Um motociclista e a sua máquina têm juntos peso 150 kgf. Sobre uma estrada plana e horizontal, o motociclista atinge em 1 min e 40 seg. uma velocidade de  $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , a partir do repouso. Enquanto a velocidade é crescente, o motor desenvolve uma potência média de 1,5 C.V. 1) Admitindo que na partida, o movimento do motociclista seja uniformemente acelerado, calcular o valor médio da força oposta ao movimento durante o intervalo de tempo em que a aceleração do veículo é constante. 2) Atingida a velocidade constante de  $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a resistência oposta ao movimento torna-se 20% superior à resistência média durante a fase de aceleração. Supondo 20% o rendimento prático do motor, qual é o consumo de gasolina num percurso de 100 km a  $72 \text{ km/h}$ ? Sabe-se que o poder calorífico da gasolina é de 12.000 kcal/litro, e admite-se que  $g = 10 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$

Resp. a) 8,25 kg b) 970 cm

- 198 - A bala de um fuzil tem massa iguala a 12,0 g e sai da arma com uma velocidade de  $720 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Supondo que a) no interior do cano da arma, cujo comprimento é 80 cm, a bala seja animada de um movimento uniformemente acelerado; b) ao sair da arma, a bala encontre um obstáculo indeformável e que toda a sua energia cinética seja transformada em calor empregado unicamente em aquecer a bala, pergunta-se a) qual é a energia cinética da bala no instante em que sai da arma? b) quanto tempo gasta a bala para percorrer o cano? c) qual a elevação da temperatura sofrida pela bala? Dado: calor específico da bala:  $0,1 \text{ cal}(\text{g} \text{ } ^\circ\text{C})^{-1}$ .

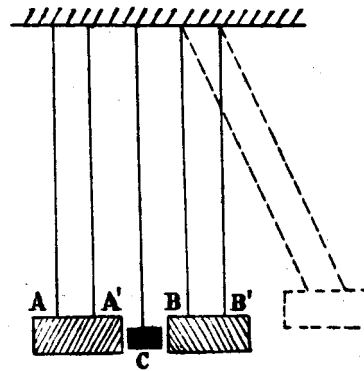
Resp. a) 3317,7 joule b)  $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  c)  $620^\circ\text{C}$

- 199 - Sabe-se que, quando uma esfera de raio R se desloca no ar com movimento retilíneo uniforme com uma velocidade V suficientemente pequenas a resistência oposta pelo atrito do ar a este movimento é dada pelo expressão  $F = 6 \zeta \square RV$  onde  $\zeta$  é um coeficiente que no sistema C.G.S. é igual a 0,00019. Isto posto, considerando um nevoeiro que cai com uma velocidade uniforme de  $1,15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  pede-se calcular: a) o diâmetro das gotas que compõem este nevoeiro. b) a altura de que deve cair este nevoeiro para que cada gota se aqueça de  $0,1^\circ\text{C}$ . A massa específica do nevoeiro é admitida igual a  $1 \text{ g/cm}^3$  e admite-se que todo o calor produzido seja empregado para aquecer a gota. É dado  $g = 980 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$

200 - Uma pequena esfera de cobre de raio 1 cm é abandonada em queda livre de um ponto A situado a uma altura  $h$  acima do solo. Num dado instante a esfera passa por um ponto B situado a 105 m acima do solo e 1 segundo após a sua velocidade é  $30 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . a) Ao tocar o solo a esfera choca-se com um obstáculo no qual se aloja. Admitindo que toda sua energia seja transformada em calor e que 80% do mesmo seja absorvido pela própria esfera, calcular a elevação da temperatura sofrida pela esfera. b) Supondo que ao invés de se alojar no obstáculo a esfera se eleva após o choque a 10 m acima do solo, qual seria nesse caso a variação de temperatura por ela sofrida, absorvendo ainda 80% do calor produzido? c) Lembrando que a resistência oposta pelo ar aos corpos que nele se deslocam obedece a uma expressão do tipo:  $R = KSV^2$ , calcular a velocidade limite com que cairia essa esfera no ar, admitindo que no sistema CGS  $k = 0,0003$ . São dados: a massa específica do cobre:  $8,5 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ ; calor específico do cobre  $0,1 \text{ cal} \times (\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$  e  $B = 10 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ .

Resp. a)  $2,4^\circ \text{C}$ ; b)  $2,2^\circ \text{C}$ ; c)  $61,4 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$

201 - Um bloco de pedra AA' e um cilindro de ferro BB' são suspensos horizontalmente cada um deles por meio de dois fios de mesmo comprimento. As massas do bloco AA' e BB' são respectivamente 1000 kg e 350 kg. Entre AA' e BB' é colocado um cilindro de chumbo C de massa 3 kg, cujo eixo é horizontal, suspenso por um fio (como mostra a figura). A temperatura inicial do sistema é  $15^\circ\text{C}$ . Ergue-se o cilindro BB' a uma altura de 1,2 metros acima da posição de equilíbrio e deixa-se cair. Ele se choca com C e em conseqüência AA' se eleva



de 10 cm e BB' recua subindo a 9 cm de altura. Imediatamente após o choque deixa-se cair C num calorímetro cujo equivalente em água é 800 g e que se encontra a  $15^\circ\text{C}$ ; observa-se então que a temperatura deste se eleva a  $15,76^\circ\text{C}$ . Determinar o equivalente mecânico do calor, sendo dado o calor específico do chumbo:  $0,03 \text{ cal} (\text{g}^\circ\text{C})^{-1}$ .

Resp. 4,18 joule/cal

202 - Um corpo de bomba, cilíndrico, de 10 cm de raio é munido de um pistão móvel, de peso desprezível, colocado a 25 cm do fundo, e encontra-se cheio com ar sob pressão igual à atmosférica e a  $20^\circ\text{C}$ . a) Qual é o deslocamento do pistão quando se abaixa para  $0^\circ\text{C}$  a temperatura do ar contido no corpo da bomba? b) Que massa deve ser colocada sobre o pistão para dobrar a pressão exercida sobre o gás? Qual é então o deslocamento do pistão? 1º) quando a temperatura retoma seu valor inicial:  $20^\circ\text{C}$ ; 2º) quando se abaixa para  $10^\circ\text{C}$  o valor dessa temperatura. c) O corpo de bomba é ligado permanentemente a um reservatório contendo ar comprimido sob pressão de 10 atmosferas. Deixa-se o pistão se deslocar de 20 cm. Qual é o trabalho produzido e qual o seu equivalente térmico? A pressão atmosférica é 76 cm de mercúrio. Massa específica do mercúrio:  $13,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ;  $g = 9,8 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ .

Resp. a) 1,71 cm                      b) 318,08 kg; 12,5 cm      e 13,36 cm  
c)  $6,362 \times 10^{-5} \text{ joule}$ ;  $1,52 \times 10^5 \text{ cal}$ .

203 - Calcular em calorias o trabalho necessário para vencer a pressão atmosférica de uma atmosfera durante a solidificação de 10 kg d'água a  $0^\circ\text{C}$ . A massa específica do gelo é  $0,917 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$  a  $0^\circ\text{C}$  e a da água a  $0^\circ\text{C}$  é suposta praticamente  $1 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ .

Resp. 22,3 cal

204 - Um cilindro munido de um êmbolo encerra 1 g de hidrogênio. O cilindro é aquecido sob pressão constante de 0°C a 100°C. Calcular o trabalho externo da dilatação, e o seu equivalente calorífico. A massa molecular do hidrogênio é 2.

205 - Um recipiente contém 100 litros de um gás perfeito a 0°C sob pressão de 200 kg\* cm<sup>-2</sup>. Submete-se esse gás a uma expansão isotérmica até que a sua pressão se torne igual a 40 kg\* cm<sup>-2</sup>. Calcular: a) O trabalho realizado durante essa expansão. b) A quantidade de calor que deve ser fornecida ao gás durante a expansão para que a temperatura permaneça constante.

Resp. a)  $3,15 \times 10^6$  joule      b) 20756 kcal

206 - Determinar em kcal o trabalho externo realizado para vencer a pressão atmosférica e o trabalho interno correspondente, ao se vaporizarem 5 kg de água a temperatura e pressão constante de 100°C e 1 atmosfera respectivamente. Admite-se que o vapor d'água comporta-se como um gás perfeito. O calor latente de vaporização da água a 100°C é 537 cal.g<sup>-1</sup> e a massa específica da água a 100°C é admitida igual a 1 g.cm<sup>-3</sup>.

Resp. 204,7 kcal; 2480,3 kcal.

207 - Um gás perfeito ocupa no estado inicial de uma transformação, um volume  $V_1$  sob pressão  $P_1$  e à temperatura absoluta  $T_1$ . Submete-se esse gás a uma expansão adiabática no fim da qual o gás ocupa um volume  $V_2$  igual a  $9 V_1$  sob pressão  $P_2$ , à temperatura absoluta  $T_2$ . É dada a relação  $C_p/C_v$  que é igual a 1,5. Pede-se calcular as relações  $P_1/P_2$  e  $T_1/T_2$ .

Resp.  $P_1/P_2 = 27$ ;

208 - Uma certa massa de um gás perfeito cuja temperatura inicial é 27°C sofre uma expansão adiabática. Sua pressão inicial é final é igual a 70 cm de mercúrio. Calcular a temperatura final do gás. Para o gás em questão  $C_p/C_v = 1,4$ .

Resp. 16°C

209 - Um gás para o qual  $C_p/C_v$  é igual a 1,4 realiza um ciclo de Carnot entre as temperaturas 50°C e 300°C. O volume mínimo ocupado pelo gás durante o ciclo é 0,1 m<sup>3</sup> e o máximo 0,5 m<sup>3</sup>. A pressão máxima durante o ciclo é 5 atmosferas. Determinar: o trabalho realizado e as quantidades de calor absorvida e cedida pelo gás durante o ciclo.

Resp. 3900 joule; 2135,5 cal; 1203,8 cal

210 - O calor específico do hidrogênio à pressão constante é 3,4 cal(g°C)<sup>-1</sup>. a) Calcular a relação  $k$  entre os calores específicos à pressão constante e volume constante para esse gás; b) Comprime-se uma certa massa de hidrogênio a 0°C, evitando qualquer troca de calor com o meio externo, até que o volume por ela ocupado seja reduzido à metade do anterior. Qual é a temperatura final do hidrogênio?

Resp. a)  $k = 1,42$ ;      b) 92,3°C

211 - Dez gramas de um gás a 10°C são aquecidos sob pressão constante de 1 atmosfera, até atingirem 20°C. Calcular a variação de energia interna durante essa transformação. Dados: Massa molecular do gás 40; Calor específico do gás à pressão constante 0,175 cal (g°C)<sup>-1</sup>.



Resp. 52,35 joule

- 212 - No interior de um recipiente adequado, 168 g de nitrogênio são mantidos inicialmente sob pressão de 3 atmosferas e a 27°C. Submete-se o gás aprisionado a uma expansão adiabática até que a sua temperatura passe a ser 25 °C e em seguida uma transformação isotérmica no fim da qual seu volume é duplicado, em relação ao primitivo. Calcular, em cada uma dessas transformações: a) o trabalho realizado; b) a quantidade de calor desenvolvida; c) a variação de energia interna. A massa atômica do nitrogênio é 14, e  $C_p/C_v = 1,4$ .

Resp. a) 0,615 joule; 9732,5 joule      b) 0 ; 2328,3 cal  
c) -0,613 joule; 0

- 213 - Mil e oitocentos gramas de água que inicialmente se encontram a 0°C, são aquecidos até que seja conseguida a sua vaporização a 100°C. Sabe-se que o calor latente de vaporização da água sob pressão constante é 540 cal/g. Pedese determinar: a) A quantidade de calor absorvida pela água. b) O trabalho realizado durante a vaporização. c) A variação de energia interna : Supõe-se que o vapor d'água tem o comportamento de um gás perfeito, que a pressão durante a vaporização se mantém constante e igual a 1 kgf/cm<sup>2</sup>. Massa molecular da água: 18. Admitir que a massa específica da água no estado líquido seja constante e igual a 1 g/cm<sup>3</sup>.

Resp. a) 1152 kcal      b) 31 k joule      c) 4784 k joule

- 214 - Dez gramas de um gás perfeito são aquecidos sob pressão constante, de 10°C a 20°C. Sabendo-se que a massa molecular do gás é 40 e que o seu calor específico sob pressão constante é 0,175 cal(g° C)<sup>-1</sup>, calcular a variação de energia interna durante essa transformação.

Resp. 52,35 joule

- 215 - Um grama de água líquida a 100°C é transformado em vapor saturado à mesma temperatura, à pressão permanecendo constante igual à pressão do vapor saturante. Para tal é necessário fornecer ao sistema 539 cal. Calcular a variação de energia interna, admitindo que o vapor d'água se comporta como um gás perfeito.

Resp. 2080 joule

- 216 - Uma certa massa de hidrogênio encontra-se no estado inicial de uma transformação a 27°C, sob pressão de 2 kgf/cm<sup>2</sup>, ocupando um volume de 20 litros. Submete-se esse gás a uma transformação isobárica; até que o seu volume atinja 60 litros e em seguida a uma expansão isobárica até que a pressão seja reduzida a 1 g da primitiva. Pedese determinar: a) A quantidade de Calor absorvida na transformação isotérmica. b) A variação de energia interna sofrida pelo gás após sofrer as duas transformações. Para o hidrogênio  $C_p/C_v = 1,41$ .

Resp. a) 4533,9 cal      b) 19251,6 joule

- 217 - Um mol de um gás perfeito é submetido a uma transformação cíclica, representado no diagrama P.V. pelo retângulo ABCD cujos lados AB e CD são paralelos ao eixo das pressões e os lados BC e AD paralelos ao eixo dos volumes. Em A o gás ocupa um volume de 25 litros sob pressão de 1 kgf/cm<sup>2</sup>. Em C o volume é 50 litros e a pressão 2 kgf/cm<sup>2</sup>. Calcular: a) o trabalho produzido 74 durante o ciclo. b) as temperaturas correspondentes aos estados representados pelos vértices A, B, C e D do retângulo. c) admitindo que o gás,

em questão trabalhasse numa máquina térmica perfeita entre as temperaturas correspondentes aos vértices A e C, qual seria o rendimento desta máquina?

Resp. a) 250 kgm      b) 295°K, 590°K, 1180°K e 590°K      c) 75%

218 - Um motor Diesel aciona uma bomba hidráulica capaz de elevar 300 litros de água por minuto a uma altura de 30 m. O rendimento da bomba é 80% e o do motor Diesel 36%. Funcionando este conjunto durante 5 horas, deseja-se saber: a) a energia total absorvida pelo conjunto em calorías. b) a potência da bomba e do motor expressas em cavalos vapor.

Resp. a)  $22 \times 10^6$  cal      b) 2 C.V.

219 - Um motor térmico perfeito funciona entre uma fonte fria a 50°C e uma fonte quente mantida a 100°C. Calcular o trabalho que teoricamente, este motor pode fornecer quando recebe 10000 quilocalorias da fonte quente.

Resp. 5601,2 kjoule

220 - Um canhão lança um obus com uma velocidade inicial  $v_0 = 1000 \text{ m.s}^{-1}$ . Pergunta-se qual é o rendimento deste canhão considerado como máquina térmica, sabendo-se que: a) o obus tem massa igual a 750 kg; b, a carga de pólvora é de 300 kg; c) 1 g de pólvora queimando desprende 15000 cal.

Resp. 19,9%

221 - Uma máquina a vapor tem uma potência de 100 C.V. Sabe-se que essa máquina consome por cavalo vapor e por hora 1 kg de carvão, cujo poder calorífico é 8000 cal/g. Pergunta-se: a) qual é o rendimento industrial dessa máquina? b) a temperatura da caldeira sendo 200°C e a do condensador 20°C qual é o rendimento teórico máximo?

Resp. a) 8%      b) 30%

222 - O diâmetro do pistão de uma máquina a vapor é igual a 40 cm e o seu curso é de 80 cm. A biela ligada ao cilindro efetua 180 r.p.m. Determinar a potência da máquina em C.V. e kcal/seg. e o consumo horário de água. Dados: a) pressão efetiva do vapor: 12 atmosferas; b) contra pressão 1 atmosfera; c) densidade do vapor d'água em relação ao ar: 0,62; d) massa específica do ar: 1,293 kg/m<sup>3</sup>.

Resp. 910,7 C.V.; 160,3 kcal/s ; 1728 kg.