

Datei	Alugefaess.docx
Kapitel	Thermodynamik ; thermische Ausdehnung
Titel	Aluminiumgefäß randvoll gefüllt
Hinweise:	Orear: Kap. 12.4, 12.5, Hering: Kap. 3.3.1 Dobrinski: Kap. 2.3 Alonso Finn: Kap. 13.7-9
Gesp. am	04.09.2018

**Aluminiumgefäß randvoll gefüllt**

Ein mit 10 l Wasser ( $\gamma = 208 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) randvoll gefülltes Aluminiumgefäß

( $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) wird um 30 K erwärmt.

Wieviel Wasser läuft aus?

Ergebnis: 0,041 l

Datei Anzahl.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Avogadro-Konstante  
Titel Teilchenanzahl  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 04.09.2018

**Teilchenanzahl**

Wieviele Gasmoleküle enthält 1 kg Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )?

Angaben:  $A_r(\text{C}) = 12$ ;  $A_r(\text{O}) = 16$

Ergebnis:  $Z = 1.369 \cdot 10^{25}$

Datei Ballon.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Heliumballon  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### Heliumballon

Ein mit Helium gefüllter Ballon soll eine Gipfelhöhe von 6000 m erreichen, wo ein Luftdruck von 0.5 bar und die Temperatur 0°C herrscht. Der Ballon wird am Startplatz nicht voll aufgeblasen und erreicht in 6000 m Höhe gerade Kugelgestalt. Während des Aufstiegs sind ständig Druck und Temperatur im Ballon gleich dem umgebenden Luftdruck und der Umgebungstemperatur. Ballonhülle (ohne Gas!) und Nutzlast wiegen zusammen 1350 kg.

- Welchen Durchmesser erreicht der Ballon in 6000 m Höhe?
- Welche Gasmasse ist zur Füllung erforderlich?
- Welches Volumen nimmt der Ballon beim Startplatz bei 1013 mbar und 30°C ein?
- Wie groß ist der Auftrieb am Boden und in 6000 m Höhe?

Ergebnis: a) 16,8 m; b) 218 kg; c) 1323 m<sup>3</sup> d) Auftrieb ist höhenunabhängig 15380 N

Datei	Bimetallstreifen.docx
Kapitel	Thermodynamik ; thermische Ausdehnung
Titel	Bimetallstreifen
Hinweise:	Orear: Kap. 12.4, 12.5, Hering: Kap. 3.3.1 Dobrinski: Kap. 2.3 Alonso Finn: Kap. 13.7-9
Gesp. am	05.09.2018

### Bimetallstreifen

Ein Bimetallstreifen von 1,6 m Länge besteht aus Stahlblech ( $\alpha_s = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ ) und Zinkblech ( $\alpha_z = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ ). Bei welcher Temperaturerhöhung  $\Delta\vartheta$  ist das Zinkblech um 1,5 mm länger als das Stahlblech?

Ergebnis: 52°C

Datei Dampf.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel HCl-Dampf  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### HCl-Dampf

Man bestimme die Dichte von HCl-Dampf bei 20°C und 2.5 bar nach 2 verschiedenen Methoden.

(HCl = Chlorwasserstoff; Siedetemperatur -85°C)

Angaben:  $A_f(H) = 1,01$ ;  $A_f(Cl) = 35,5$ ;  $\rho_0 = 1,64 \text{ kg/m}^3$  (bei 0°C und 1013 mbar)

Ergebnis:  $\rho = 3,77 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Datei	Dichte.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	Teilchendichte
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	05.09.2018

**Teilchendichte**

Wie groß ist die Teilchendichte von Stickstoff bei 0°C und 1013 mbar?

Ergebnis:  $n_0 = 2.69 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{dm}^3}$

Datei Ethan.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Ethanmolekül  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### Ethanmolekül

Welche Masse hat ein Molekül Ethan ( $C_2H_6$ )?

Angaben:  $A_r(C) = 12$ ;  $A_r(H) = 1$

Ergebnis:  $\mu_{C_2H_6} = 5 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

Datei	Explosionsgrenze.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	explosionsfähige Atmosphäre
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	05.09.2018

### explosionsfähige Atmosphäre

Eine Garage hat Abmessungen  $B \times H \times T = 2,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$ . Der unvorsichtige Besitzer hat versehentlich einen offenen Kanister Benzin stehengelassen.

Daten für *n*-Oktan (Hauptbestandteil des Benzins):  $\rho_{\text{Benzin}} = 0.7 \text{ kg/l}$ ,  $MG = 114$ , die Explosionsgrenze liegt bei 0.8 vol% Oktandampf in Luft.

Berechnen Sie das Volumen an ausgelaufenem Benzin, welches bei 20°C zu einer explosionsfähigen Atmosphäre führt!

Ergebnis: 1.34 Liter

Datei Flasche\_1.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Sauerstoffentnahme aus Flasche  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### **Sauerstoffentnahme aus Flasche**

Aus einer 15 Liter fassenden Sauerstoffflasche können bei einer Temperatur von 0°C und einem Atmosphärendruck von 975 mbar genau 2000 Liter Sauerstoff entnommen werden.

- a) Welchen Druck muss das Gas in der Flasche vor der ersten Entnahme besitzen?
- b) Wie groß ist die Masse des Sauerstoffs?

Ergebnis: a) 130 bar; b) 2,77 kg

Datei Flasche\_2.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Sauerstoffflasche  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### Sauerstoffflasche

Aus einer Sauerstoffflasche (Masse des Mantels = 15 kg; Volumen  $V_F = 15 \text{ l}$  können bei  $T = 293 \text{ K}$  und 975 mbar Außendruck genau 2000 l Sauerstoff entnommen werden. Man berechne:

- den Überdruck in der vollen Flasche
- die gesamte Gasmasse, die darin enthalten war und
- das Massenverhältnis von Flaschengewicht zu Gasgewicht.

Ergebnis: a) Der Überdruck in der Flasche beträgt also:  $p_{Ü,FL} = 130 \text{ bar}$       b)  $m_{Gas} = 2.581 \text{ kg}$ ;

$$\text{c) } \frac{m_{FL}}{m_{Gas}} = 5.8 \text{ kg}$$

Datei	Funktion.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	Zustandsfunktion einer Substanz
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	05.09.2018

**Zustandsfunktion einer Substanz**

Für eine bestimmte Substanz findet man experimentell bei drei Mol für die innere Energie  $U$  die Beziehung:  $U = a \cdot p \cdot V^2$  mit  $a = \text{konstant}$

Welche Form hat diese Zustandsfunktion für  $n$  Mol der Substanz?

Ergebnis:  $U(n) = a p (3/n) [V(n)]^2$

Datei Gas\_1.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel unbekanntes Gas  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

**unbekanntes Gas**

In einem Behälter mit einem Volumen von 1.2 l befinden sich bei einem Druck von 975 mbar und 20°C ein Gas mit einer Masse von 0.77 g.

Um welches Gas könnte es sich dabei handeln?

Ergebnis: Molmasse 16 g/mol, also vermutlich Methan

Datei Gasgemisch\_1.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Gasgemisch  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### **Gasgemisch**

Welche Masse hat  $1 \text{ m}^3$  Gasgemisch, das bei  $30^\circ\text{C}$  und 980 mbar folgende Zusammensetzung aufweist: 15 %  $\text{H}_2$ ; 30 %  $\text{CO}$ ; 5 %  $\text{CO}_2$ ; 50 %  $\text{N}_2$

(Zahlenwerte bedeuten Volumen-Konzentrationswerte)?

Ergebnis:  $m = 0.969 \text{ kg}$

Datei Gasgemisch\_2.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Helium-Wasserstoff Gemisch  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### **Helium-Wasserstoff Gemisch**

Berechnen Sie das Volumen, dass ein Gemisch von 10 g Wasserstoff und 5 g Helium bei 20°C und einem Druck von 2 bar einnimmt. Beide Gase verhalten sich unter diesen Bedingungen in guter Näherung wie ein ideales Gas.

Beachten Sie das Helium als He und Wasserstoff als H<sub>2</sub> vorliegt.

Ergebnis: 0,076 m<sup>3</sup>

Datei	Gefaess.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	verschiedene Gase in Gefäß
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	04.09.2018

### verschiedene Gase in Gefäß

In ein Gefäß mit Volumen  $V = 0,2 \text{ m}^3$  werden bei  $T = 300 \text{ K}$  24 mol Wasserstoff (Stickstoff,  $\text{CO}_2$ ) eingefüllt.

Berechnen Sie jeweils Masse, Dichte und Druck des Gases!

Ergebnis:  $p = 300000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 3 \text{ bar}$  (für alle gleich!)  $m_{\text{H}_2} = 48 \text{ g}$ ,  $m_{\text{N}_2} = 672 \text{ g}$ ,  $m_{\text{CO}_2} = 1056 \text{ g}$

$$\rho_{\text{H}_2} = 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{N}_2} = 3,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{CO}_2} = 5,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Datei	Glaskugel.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Thermische Ausdehnung
Titel	Quecksilber in Glaskugel
Hinweise:	Orear: Kap. 12.4, 12.5, Hering: Kap. 3.3.1 Dobrinski: Kap. 2.3 Alonso Finn: Kap. 13.7-9
Gesp. am	05.09.2018

### Quecksilber in Glaskugel

An eine Glaskugel von 5,00 mm Radius ist ein Rohr angeschmolzen mit einem Querschnitt von 1,00 mm<sup>2</sup>. Die Kugel und 2,0 mm des Rohres sind mit Quecksilber gefüllt.

Um wie viel mm steigt das Quecksilber im Rohr bei einer Erwärmung von 0,0°C auf 70°C? (Die Ausdehnung des Rohres kann vernachlässigt werden, die Ausdehnung der Kugel muss berücksichtigt werden!)

$$(\alpha_{\text{Glas}} = 0,79 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}; \gamma_{\text{Hg}} = 1,818 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K})$$

Ergebnis: 5,82 mm

Datei	Lampe.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	Argon in einer Glühlampe
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	05.09.2018

### Argon in einer Glühlampe

Berechnen Sie die Masse  $m_{Ar}$  des Edelgases Argon in einer Glühlampe mit einem Innenvolumen von  $200 \text{ cm}^3$  bei einem Druck von  $250 \text{ Pa}$  (Zimmertemperatur  $20^\circ\text{C}$ ; Lampe ausgeschaltet). Muss der Lampenkolben für Überdruck (im Inneren gegenüber Normalbedingungen außen) nach dem Einschalten der Lampe ausgelegt werden, wenn die Temperatur des Glühfadens etwa  $2200 \text{ K}$  erreicht?

Argon ( ${}^{40}\text{Ar}$ ):  $R = 8,3 \text{ J/mol K}$ ;  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ;  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;

absoluter Nullpunkt:  $= -273,16^\circ\text{C}$

Ergebnis:  $p_{2200\text{K}} = 1876 \text{ Pa} \ll 100 \text{ kPa}$ ;  $m_{Ar} = 0,822 \text{ mg}$

Datei Leuchtgas.docx  
 Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
 Titel Leuchtgas  
 Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
                   Hering: Kap. 3.1, 3.3  
                   Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
                   Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
 Gesp. am 05.09.2018

## Leuchtgas

Leuchtgas habe die Zusammensetzung (in Vol.-%): 51 H<sub>2</sub>; 8 CO; 32 CH<sub>4</sub>; 4 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>; 2 CO<sub>2</sub>; 3 N<sub>2</sub>; bei  $p_0 = 1013$  mbar

Berechnen Sie:

- a) die relative Molekülmasse der Mischung
- b) die Gaskonstante der Mischung
- c) die Massenkonzentrationen der Mischungsanteile
- d) die Partialdrücke
- e) die Dichte der Mischung im phys. Normzustand

Ergebnis: a)  $\bar{M}_{rel} = 11.22$ ; b)  $\bar{R} = 741.0 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

c) und d):

Gas	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
$c_{m,i}$	9.09	19.96	45.64	9.98	7.84	7.49	m % $\Rightarrow \sum = 100\%$
$p_i$	387.6	60.8	243.0	30.4	15.2	22.8	Torr

e)  $\rho = 0.501 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Datei Sauerstoff.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Sauerstoff in einem Gefäß  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

### Sauerstoff in einem Gefäß

Berechnen Sie für Sauerstoff ( $O_2$ ), der bei 6.3 bar und 80°C in einem Gefäß mit 40 dm<sup>3</sup> eingeschlossen ist.

- a) die Gasmasse
- b) die relative Teilchenzahl
- c) die Anzahl der Teilchen
- d) die Gasdichte

Ergebnis: a)  $m = 0.275 \text{ kg}$ ; b)  $\nu = 8,6 \text{ mol}$  c)  $Z = 5.17 \cdot 10^{24}$ ; d)  $\rho = 6.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Datei	Stahlwelle.docx
Kapitel	Thermodynamik ; thermische Ausdehnung
Titel	Ausdehnung einer Stahlwelle
Hinweise:	Orear: Kap. 12.4, 12.5, Hering: Kap. 3.3.1 Dobrinski: Kap. 2.3 Alonso Finn: Kap. 13.7-9
Gesp. am	05.09.2018

**Ausdehnung einer Stahlwelle**

Eine Stahlwelle ( $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) mit Durchmesser  $D = 100 \text{ mm}$  soll in ein Lager eingepasst werden, ist aber bei  $20^\circ\text{C}$  um 0.20 mm zu dick um "durchzupassen".

Bis zu welcher Temperatur muss die Welle abgekühlt werden?

Ergebnis:  $-162^\circ\text{C}$  (z.B. mit fl. Stickstoff!)

Datei	Vanderwaals.docx
Kapitel	Thermodynamik ; Zustandsgleichung
Titel	Van-der-Waals-Konstanten
Hinweise:	Orear: Kap. 12, 13, 14 Hering: Kap. 3.1, 3.3 Dobrinski: Kap. 2.1-2.4 Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13
Gesp. am	05.09.2018

### Van-der-Waals-Konstanten

Die Van-der-Waals-Konstanten für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) lauten:  $a = 3.61 \text{ bar}\cdot\text{l}^2$  und  $b = 42.8 \cdot 10^{-3} \text{ l/mol}$ .

Berechnen Sie die kritischen Werte  $V_k$ ,  $T_k$  und  $p_k$  für CO<sub>2</sub>!

Hinweis: Die Isotherme  $T_k$  hat im  $p$ -V-Diagramm im kritischen Punkt einen Wendepunkt mit horizontaler Tangente!

Ergebnis:  $T_k = 306 \text{ K}$ ;  $p_k = 73 \text{ bar}$

Datei Zinkblech.docx  
Kapitel Thermodynamik thermische Ausdehnung  
Titel Zinkblech  
Hinweise: Orear: Kap. 12.4, 12.5,  
Hering: Kap. 3.3.1  
Dobrinski: Kap. 2.3  
Alonso Finn: Kap. 13.7-9  
Gesp. am 05.09.2018

### **Zinkblech**

Auf welche Temperatur  $\vartheta_2$  muss man ein kreisförmiges Zinkblech bringen, das bei  $\vartheta_1 = 15,0^\circ\text{C}$  einen Durchmesser von 200 mm hat, damit seine Fläche um 1% zunimmt?

$(\alpha = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K})$

Ergebnis:  $\vartheta_2 = 182^\circ\text{C}$

Datei Zustand.docx  
Kapitel Thermodynamik ; Zustandsgleichung  
Titel Zustand eines idealen Gases  
Hinweise: Orear: Kap. 12, 13, 14  
Hering: Kap. 3.1, 3.3  
Dobrinski: Kap. 2.1-2.4  
Alonso Finn: Kap. 13.8-10, 13.13  
Gesp. am 05.09.2018

**Zustand eines idealen Gases**

Welches Volumen hat 1.5 kmol eines Gases, dass bei 2 bar und 45°C ideales Verhalten zeigt, bei diesen Zustandswerten?

Ergebnis:  $V = 19,6 \text{ m}^3$