1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Der Vorgang läuft isochor, also bei konstantem Volumen, ab.  b) Da V=konst, kann man vereinfacht schreiben:  c) Es gilt die Grundgleichung der Wärmelehre:  cv ist die spezifische Wärme bei konstantem Volumen. | | |
| Antwort: | Die Luft erwärmt sich durch die Wärmezufuhr auf 775°C. Dafür ist je kg Luft eine Energie von 545,7 kJ notwendig. | | |

2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | W |
| Lösung: | Bei gleichbleibendem Druck gilt für die Volumenarbeit  Über die Volumenänderung wurde noch keine Aussage gemacht. Da man Luft als ideales Gas betrachten kann, gilt die Zustandsgleichung:  Damit kann man das Volumen nach der Temperaturerhöhung bestimmen (p bleibt gleich und kürzt sich raus):  Die Volumenänderung beträgt also 0,22 m³. | | |
| Antwort: | Vom System wird eine Arbeit von 22 kJ verrichtet. (deshalb das negative Vorzeichen!) | | |

3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es gilt die Gleichung    Da der Vorgang bei konstantem Druck ablaufen soll, wird daraus    Die Temperatur ist die absolute Temperatur, also muss umgerechnet werden:    Damit kann nun berechnet werden:    Diese Temperatur muss wieder in °C umgewandelt werden: | | |
| Antwort: | Das Gas nimmt bei einer Temperatur von 303,15°C das doppelte Volumen ein. | | |

5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | a) Der Vorgang, der das Gas vom Zustand 3 in den Zustand 1 bringt, läuft bei konstantem Druck ab. Die Temperatur im Zustand 2 entspricht der Temperatur im Zustand 3. Es gilt das Gesetz von Gay-Lussac: | | | |
|  | |  | |
| c) Der Übergang 2-3 ist isotherm, die Änderung der inneren Energie ist Null. | | | |
| Antwort: | a) Das Gas hat im Zustand 1 eine Temperatur von 300 K. c) Das Gas verrichtet eine Arbeit von 1383 J. | | | |

7.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Als erstes muss das Volumen berechnet werden:  2. Für die Ausdehnung eines Gases gilt allgemein die Zustandsgleichung:    Da der Klassenraum nicht vollständig geschlossen ist, bleibt der Druck im Raum konstant, die überschüssige Luft entweicht. Damit vereinfacht sich die Gleichung zum Gesetz von Gay-Lussac:    oder    Der Zustand 1 ist der vor der Erwärmung, der Zustand 2 der danach. Damit kann das Volumen nach der Erwärmung berechnet werden:    Die Temperaturen werden noch in absolute Werte umgerechnet.      Damit steigt das Volumen um 2,3m³. | | |
| Antwort: | Aus dem Klassenraum entweichen 2,3 m³. | | |

8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | d |
| Lösung: | 1. Volumenänderung berechnen  2. Fläche der Kapillare  3. Durchmesser | | |
| Antwort: | Der Durchmesser der Kapillare muss 0,32 mm betragen. | | |

10.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wie groß ist das Volumen der Blase in der Tiefe? Da sie kugelförmig ist, gilt:  An der Oberfläche des Wassers herrscht der Normaldruck von   Bekannt ist weiterhin, dass der Druck im Wasser pro 10 m um 1∙105 Pa steigt.  Damit ergibt sich ein Wasserdruck in 20 m Tiefe:  Über die Zustandsgleichung kommt man zu dem Volumen der Blase an der Oberfläche:  Mit diesem Volumen lässt sich der neue Durchmesser berechnen: | | |
| Antwort: | Die Blase hat an der Wasseroberfläche einen Durchmesser von 1,44 cm. | | |

11.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t |
| Lösung: | Es wird die Zeit berechnet, die zum Schmelzen von einem Quadratmeter Eis notwendig ist. Da auf den Rest des Eises die gleiche Energie pro Quadratmeter fällt, ist die Zeit für alle Stellen gleich.  1. Wie viel Energie ist nutzbar?  2. Masse von einem m² Eis  3. Welche Wärme wird benötigt, um diese Masse zu schmelzen?   4. Zeit zum Schmelzen nutzbare Energie pro Tag: 0,8 kWh d-1  Zeit = benötigte Schmelzwärme / nutzbare Energie | | |
| Antwort: | Die Eisschicht ist nach 10,4 Tagen weg. | | |

13.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | P |
| Lösung: | Die Leistung ist die zugeführte Wärme durch die dazu benötigte Zeit.  Das wäre die notwendige Leistung bei einem Wirkungsgrad von 100%. Da aber nur 80% der Leistung genutzt werden, muss die Leistung des Tauchsieders 522 W betragen. | | |
| Antwort: | Die Leistung des Tauchsieders muss 522 W groß sein. | | |

14.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Volumenausdehnungskoeffizient von Stahl berechnet sich aus dem Längenausdehnungskoeffizienten:  Erwärmt sich Benzin und Kanister, wird sowohl das Benzin als auch der Kanister größer. Beide Änderungen müssen berücksichtigt werden.  Das Endvolumen des Kanisters ergibt sich aus dem Ausgangsvolumen V0 zuzüglich der Differenz der Volumenvergrößerung des Benzins abzüglich der Volumenvergrößerung des Kanisters.  Die Volumenvergrößerung des hohlen Kanisters ist genau so groß wie die Volumenänderung eines massiven Stahlkörpers des gleichen Volumens. | | |
| Antwort: | Das Volumen des Kanisters muss 20,77 l betragen. | | |

15.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Q |
| Lösung: | Die notwendige Wärme berechnet sich mit der Grundgleichung der Wärmelehre:  Die Masse ergibt sich aus dem Volumen, 1 l Wasser hat eine Masse von 1 kg. Die Temperaturdifferenz ist:  Beachte: Temperaturdifferenzen werden immer in K (Kelvin) angegeben.  Damit wird : | | |
| Antwort: | Es sind 26 MJ Wärme notwendig. | | |

16.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die kinetische Energie des Zuges wird in Wärmeenergie umgewandelt, die zur Temperaturerhöhung der Räder führt. 1. Welche Masse haben die Räder?  Das ist die Masse, die die Energie des Zuges aufnehmen muss. 2. kinetische Energie = Wärmeenergie | | |
| Antwort: | Die Bremsteile erhöhen ihre Temperatur um 332 K. | | |

17.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Berechnet man die Geschwindigkeit, mit der ein Körper aus 26 m Höhe auf dem Boden auftrifft und vernachlässigt dabei die Luftreibung, erhält man   (Herleitung der Formel unter Mechanik, beschleunigte Bewegungen oder freier Fall) Da der Stein mit einer kleineren Geschwindigkeit auftrifft, muss unterwegs Energie verlorengegangen sein. Sie wurde durch Reibung in Wärme umgewandelt und hat den Stein erwärmt. (Die Erwärmung der Luft wird vernachlässigt). Wie groß ist dieser "Energieverlust"? In 26 m Höhe hat der Stein potenzielle Energie, beim Auftreffen kinetische Energie. Würde keine Reibung auftreten, wären beide gleich. Da Reibung auftritt, ist die kinetische Energie kleiner als die potenzielle. Die Differenz aus beiden ist die Energie, die den Stein erwärmt:   Damit kann man nun die Erwärmung des Steines berechnen. Die notwendige spezifische Wärmekapazität findet man in Tafelwerken. Um Einheitenkonflikte zu vermeiden, ist die Energie in kJ umzurechnen. | | |
| Antwort: | Der Stein erwärmt sich bei seinem Sturz um 0,1 K. Das ist sehr wenig. Fallen Steine aus größeren Höhen, z.B. aus dem Weltall (Meteorit), reicht die Reibung aus, um die Steine zu verdampfen! | | |

18.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Volumenarbeit ist  Für p\*V kann man sowohl den Endzustand als auch den Anfangszustand verwenden, da gilt:  Damit wird: | | |
| Antwort: | Um diesen Prozess durchzuführen, muss dem System eine Arbeit von 1610 J zugeführt werden. | | |

19.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | 1. isobare Zustandsänderung. Es gilt:  Damit wird: | |  | |
|  | 2. isochore Zustandsänderung. Es gilt:  Damit wird: | |  | |
|  | 3. isotherme Zustandsänderung. Es gilt:  Damit wird:  Da p und V umgekehrt proportional sind, entsteht im p-V-Diagramm keine Gerade. Zum Zeichen müssen Zwischenwerte berechnet werden. Dazu gibt man sich einige Volumenwerte vor und berechnet die Drücke: | |  | |
|  | **- Volumenarbeit:**  isobar:   Die Luft dehnt sich aus, dazu muss am System Arbeit verrichtet werden. Deshalb ist die Arbeit negativ.  isochor:  Da sich das Volumen nicht ändert, wird auch keine Volumenarbeit verrichtet, sie ist Null.  isotherm:    **- Wärme** Bei der Wärmeberechnung muss zwischen der spezifischen Wärme bei konstantem Druck, cp, und bei konstantem Volumen, cv, unterschieden werden.  isobar:    isochor:    isotherm  Hier kann die Grundgleichung nicht verwendet werden, da die Temperaturänderung Null ist. Trotzdem muss Wärme abgegeben werden, damit sich die Temperatur nicht ändert. Wird ein Gas zusammengedrückt, erwärmt es sich. Damit die Temperature gleich bleibt, muss es gekühlt werden. Die Abgegeben Wärme entspricht der verrichteten Volumenarbeit: | | | |
|  | **- Änderung der inneren Energie**  Es gilt der erste Hauptsatz der Wärmelehre  Damit ergeben sich folgende Änderungen: isobar:    isochor:    isotherm: | | | |

20.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Auf den ersten Blick scheint es so, als wenn die Aufgabe nicht lösbar ist. Um eine Längenänderung zu berechnen, müsste wenigstens die Länge des Stabes gegeben sein. Es zeigt sich aber, dass die Längenänderung unabhängig von der Ausgangslänge ist. Die Wärme verteilt sich auf den gesamten Stab. Ein kurzer Stab wird seine Temperatur mehr erhöhen als ein langer Stab. Da die Längenänderung aber von der Länge des Stabes und der Temperaturänderung abhängt, ist am Ende die Länge des Stabes nicht wichtig, sie kürzt sich bei der Berechnung raus.  Allgemein gilt:  Weiterhin:  und:  Das wird eingesetzt:  Masse und Volumen sind unbekannt. Aber es ist die Dichte bekannt:  Damit wird dann:  Damit stehen auf der rechten Seite nur noch gegebene Größen und die Längenänderung kann berechnet werden. | | |
| Antwort: | Die Länge des Stabes ändert sich um 0,258 cm. | | |

21.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  | |
| Lösung: | a) Berechnung der Masse: | | | Einheiten: |
| Berechnung der Dichte:  b) Da der Vorgang isotherm abläuft, gilt allgemein p\*V = konst.  Berechnung der neuen Dichte: | | | |
| Antwort: | Der in der Gasflasche eingeschlossene Wasserstoff hat eine Masse von 40 g und eine Dichte von 0,8 kg/m³. Der gefüllte Ballon hat ein Volumen von 460,2 l und der Wasserstoff nun eine Dichte von 0,078 kg/m³. | | | |

22.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t |
| Lösung: | Die Leistung ist die Energieabgabe je Zeit.   Da der Tauchsieder einen Wirkungsgrad von 80% hat, muss dieser bei der Leistung beachtet werden.   Die Energie, die der Tauchsieder abgibt, wird verwendet, um  1. das Eis zu schmelzen 2. das geschmolzene Eis und das bereits vorhandenen Wasser zu erwärmen. Wie groß ist die benötigte Energie? zu 1. Die Schmelzwärme qS gibt an, wie viel Energie notwendig ist, um 1 kg Eis zu schmelzen, ohne dessen Temperatur zu erhöhen.  zu 2. Es muss die gesamte Menge Wasser betrachtet werden.  Damit ergibt sich eine Gesamtenergiemenge:  und eine Zeit: | | |
| Antwort: | Es dauert 262 s = 4 min 22s bis Eis und Wasser auf 20°C erwärmt sind. | | |

24.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Aufgabe ist eine einfache Anwendung der Mischungsregel: | | |
| Antwort: | Die Mischungstemperatur beträgt 36,7°C. | | |

26.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wird der Aluminiumkörper ist Wasser gegeben, gibt er Wärme an das Wasser und an den Behälter ab, bis die Temperatur aller drei Stoffe gleich ist. Diese Endtemperatur ist die gesuchte Mischungstemperatur. Energiebilanz  Einsetzen der Grundgleichung für die Wärme und Ausmultiplizieren.:  Alle Summanden, die die Mischungstemperatur enthalten, kommen auf die linke Seite, der Rest auf die rechte Seite: Die gesamte Gleichung wird mit –1 multipliziert. Damit werden alle Minuszeichen zum Plus:  Auf der linken Seite wird die Mischungstemperatur ausgeklammert:  Es wird durch die Klammer der linken Seite dividiert:  Einsetzen und Ausrechnen: | | |
| Antwort: | Es stellt sich eine Mischungstemperatur von 24,8°C ein. | | |

27.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Q |
| Lösung: | Es müssen zwei Wärmemengen berechnet und verglichen werden: 1. Die Wärme, die das Benzin abgibt 2. Die Wärme, die notwendig ist, um das Wasser zum Sieden zu bringen. zu 1. Der Heizwert gibt an, welche Energie beim Verbrennen von 1 kg des Stoffes frei wird.   Da nur die Hälfte der Energie zum Erwärmen des Wassers genutzt wird, stehen 1100 kJ zur Verfügung. zu 2. Es wird Wärme zu Erwärmen des Wassers und des Gefäßes benötigt. Vom Gefäß ist die Wärmekapazität bekannt. Das ist die Wärme, die notwendig ist, um das Gefäß um ein Kelvin zu erwärmen, also z.B. von 20°C auf 21°C.   Das Benzin liefert deutlich mehr Energie als zum Erwärmen des Wassers benötigt wird. | | |
| Antwort: | Das Wasser kann zum Sieden gebracht werden. | | |

29.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) m  b) Q  c) Q  d) V  e) W |
| Lösung: | a)    b)    c) Die Rechnung erfolgt wie bei b). Anstelle der Wärmekapazität für konstantes Volumen muss jetzt die Wärmekapazität für konstanten Druck verwendet werden.  d)    e)  Es wird Volumenarbeit verrichtet, der Druck bleibt gleich und die Luft dehnt sich aus. | | |
| Antwort: | a) Die Luft hat eine Masse von 1,29 kg.  b) Zum isochoren Erwärmen um 1 K sind 929 J erforderlich.  c) Beim isobaren Erwärmen sind 1302 J erforderlich. Es muss noch Volumenarbeit verrichtet werden. d) Das Volumen wächst um 0,0036 m³, das sind 360 cm³.  e) Beim isobaren Erwärmen verrichtet die Luft 360 J. | | |

34.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1 – 2 isotherm 2 – 3 adiabatisch 3 – 4 isotherm 4 – 1 adiabatisch 1. für adiabatisch gilt:   2. weiterhin:   3. V4 wird wie bei 1. berechnet.   4. Für die untere Isotherme gilt: | | |
| 5. Wärme, da isotherm, ist Q=W, denn   W ist die Volumenarbeit.   und:   6. Der Wirkungsgrad ist: | | |

38.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es ist bekannt:  Durch geschicktes Umformen und Einsetzten erhält man eine Aussage über die Länge einer Schiene:      Damit sind in der Gleichung nur noch bekannte Größen und die Länge kann berechnet werden. | | |
| Da beide Schienen zusammen 8 m lang waren, kann die Länge der zweiten Schiene leicht berechnet werden.   Zur Probe kann man die Längenänderungen der beiden Schienen berechnen. Wenn alles richtig war, muss sich die eine Schiene um 2 mm mehr ausdehnen. | | |
| Antwort: | Die eine Schiene ist 3,38m, die andere 4,62 m lang. | | |

39.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Bei welcher Temperatur schließt sich die Lücke vollständig? Da die Längenänderung proportional zur Temperaturerhöhung ist, ergibt sich die Beziehung:   Bei dieser Temperaturänderung wird der gesuchte anfängliche Abstand überwunden.    Als ursprüngliche Länge werden die 25 m eingetragen. Bei Erwärmung verlängert sich die Schiene nach beiden Seiten, so dass zum Auffüllen der Lücke nur die Hälfte der Ausdehnung benutzt wird. Es sind aber zwei Schienen, die an dem Vorgang beteiligt sind. | | |
| Antwort: | Bei einer Erhöhung um 50K schließt sich die Lücke. Die Lücke war ursprünglich 17,5 mm breit. | | |

40.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | **1.** Wie groß ist das Volumen des Öls bei 12°C?  **2.** Welche Masse hat dieses Öl?  **3.** Wie viel Öl ist nach dem Erwärmen im Behälter? Ausdehnung des Öls:  Damit sind nach der Erwärmung 87,78 m³ im Behälter. **4.** Wie hoch steht das Öl jetzt?  5. Wie groß ist jetzt die Dichte? Da man nichts entnommen oder zugefügt hat, ist die Masse immer noch so wie bei 2. berechnet. | | |
| Antwort: | a) Das Öl steht jetzt 4,12 m hoch, ist also um etwa 20 cm gestiegen. b) Nach dem Erwärmen beträgt die Dichte 0,83 t/m³. | | |

41.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | A |
| Lösung: | Eine Öffnung wird bei Erwärmung größer. Man kann sich den Rand der Öffnung als ein gebogenes, gerades Stück des Materials vorstellen.  Erwärmt sich dieses Material, wird es länger, also der Umfang der Öffnung größer.  Die Düse soll bei 250°C einen Querschnitt von 25 mm² haben. Welchen Umfang hat dann der Rand der Düse?  Die Querschnittsfläche eines Kreises berechnet sich nach    Der Umfang ist    Damit lässt sich der Umfang aus d aus der Fläche berechnen:    Das ist die Länge des Randes bei 350°C. Wie lang muss der Rand bei 18°C sein? Es gilt das Gesetz für die Längenänderung:    Damit lässt sich die Längenänderung berechnen.    Der Umfang muss bei 18°C um diesen Wert kleiner sein als bei 350°C. Wie groß ist damit der gesuchte Querschnitt?  Der neue Umfang beträgt jetzt    Damit kann mit der oben gefunden Gleichung    die gesuchte Fläche zu 24,6 mm² berechnet werden. | | |
| Antwort: | Die Düse muss bei 18°C einen Querschnittsfläche von 24,6 mm² haben. | | |

42.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | A |
| Lösung: | Die Volumenänderung ist die Querschnittsfläche mal die Höhe der Quecksilbersäule. | | |
| Antwort: | Das Kaillarröhrchen des Thermometers muss eine Querschnittsfläche von 8\*10-3 mm² haben. | | |

43.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Das Öl im Trafogehäuse dient der Kühlung. Es leitet keinen Strom und lässt das Eisen nicht rosten. Wird der Trafo betrieben, erwärmt sich die gesamte Anlage und dehnt sich aus. Berücksichtigt werden muss, dass jedes Material einen anderen Ausdehnungskoeffizienten hat, sich also unterschiedlich stark ausdehnt.  Das Öl vergrößert bei Erwärmung sein Volumen und würde überlaufen. Zu dieser Volumenvergrößerung muss die Volumenvergrößerung des Kupfers und des Eisens addiert werden. Da das Stahlgehäuse ebenfalls größer wird, muss dessen Volumenvergrößerung wieder abgezogen werden.  **1.** Wie viel Öl ist im Gehäuse? Wäre das Gehäuse leer, würden sich darin 300 l Öl befinden. Der Trafo aus Eisen und Kupfer nimmt aber ebenfalls Raum ein. Also muss dieses Volumen zuerst berechnet werden. | | |
| Damit befinden sich im Trafogehäuse 300 l – 64,5 l – 56 l = 179,5 l  **2.** Um wie viel dehnt sich das Öl sowie Kupfer und Eisen aus?  Der Inhalt im Trafogehäuse dehnt sich insgesamt 7,09 l aus. **3.** Um wie viel wird das Stahlgehäuse größer? Will man die Volumenvergrößerung eines Hohlkörpers berechnen, kann man annehmen, dass man es mit einem Vollkörper zu tun hat. Bei beiden ist die Volumenänderung gleich. Der Volumenausdehnungskoeffizient ist der 3 fache lineare Ausdehnungskoeffizient.  4. Wie viel läuft nun aus? Die Ausdehnung des Stahlgehäuses muss von dem bei 2. berechneten Volumen abgezogen werden. Damit erhält man einen Überlauf von 6,66 l. | | |
| Antwort: | Bei einer Betriebstemperatur von 60°C laufen 6,66 l Öl in das Ausgleichsgefäß. | | |

44.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Dichte berechnet sich ganz allgemein mit    Davon ist aber weder die masse noch das Volumen bekannt. Zum Glück gibt es die allgemeine Zustandsgleichung der Gase:    Die kann man umstellen nach:    Das kann in die erste Gleichung eingesetzt werden:    Druck und Temperatur sind bekannt und RS ist die spezielle Gaskonstante. Die kann für Wasserstoff aus dem Tafelwerk abgelesen werden.    Vor dem Einsetzten sollte man noch schnell die Celsiustemperatur in Kelvin umrechnen:    Aber jetzt kann eingesetzt werden:    Noch schnell die Einheitenrechnung: | | |
| Antwort: | Das Wasserstoffgas hat eine Dichte von 12,4 km/m³. | | |

45.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | W |
| Lösung: | Über das Anfangsvolumen ist keine Angabe gemacht. Da die Temperatur konstant ist, gilt:  Damit wird: | | |
| Antwort: | An der Luft muss eine Arbeit von 34,4 MJ verrichtet werden. | | |

47.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Für die isotherme Zustandsänderung gilt:    Die verrichtete Arbeit kann aus der Leistung und der Zeit unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades berechnet werden:    Das kann in die erste Gleichung eingesetzt und der damit der gesuchte Druck berechnet werden : | | |
| Antwort: | Es wird ein Enddruck von 0,87 MPa erreicht. | | |

**48.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Luft soll von p1 über p2 zum Enddruck p3 komprimiert werden. Die Arbeit, die für den gesamten Prozess notwendig ist, hängt von dem Zwischendruck nicht ab. Sie wird nur vom Volumen und Anfangs- und Enddruck bestimmt.    Das ist die gesamte Arbeit. Für den ersten Teil der Kompression stehen damit 150 J zur Verfügung. Der Zwischendruck lässt sich nun berechnen: | | |
| Antwort: |  | | |

50.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Die Längenänderungen werden einzeln berechnet und dann addiert.:    2. Die Längenänderung wird in einer Rechnung berechnet: | | |
| Antwort: | Die Länge der Brücke schwankt zwischen Sommer und Winter um 9,1 cm. | | |

69.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | a) Es wird die allgemeine Zustandsgleichung für ideale Gase verwendet:    nach m umgestellt, eingesetzt und ausgerechnet: | | | |
|  |  | | Einheiten: | |
|  |  | | | |
| Antwort: | a) Die Masse des Helium beträgt 0,048 g. | | | |

b)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Zustand | p in MPa | V in cm³ | T in K |
| 1 | 0,20 | 150 | 300 |
| 2 | 0,40 | 150 | 600 |
| 3 | 0,20 | 300 | 600 |
| 4 | 0,10 | 300 | 300 |

Die Übergänge 1->2 und 3->4 sind isochor. Dafür gilt die Gleichung:



Der Übergang 2->3 ist isotherm und es gilt:



Damit lassen sich die fehlenden Drücke berechnen.

c) Bei der Änderung 2->3 wird dem System Wärme zugeführt. Da der Vorgang isotherm verläuft, sich die Temperatur also nicht ändert, ist die Änderung der inneren Energie Null, die gesamte Wärme wird in Volumenarbeit umgewandelt.

Bei der Änderung 4->1 wird dem System Arbeit zugeführt. Die Energie dafür kommt z.B. aus einem Schwungrad. Da die Temperatur wieder konstant bleibt, muss Wärme abgegeben werden.

Die Arbeit, die das System nach außen effektiv abgibt, ist die Differenz aus den beiden Arbeiten. Die im Übergang 2->3 nach außen abgegebene Arbeit wird teilweise im Schwungrad gespeichert und im Übergang 4->1 dem System wieder zugeführt, kann also nicht genutzt werden.

Damit ist die Arbeit



Aus der allgemeinen Gleichung für die Volumenarbeit kann die spezielle Form



hergeleitet werden.

Damit kann die Gleichung für die angegebene Arbeit aufgestellt werden:



d)

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener Arbeit und zugeführter Energie. In den Übergängen 1->2 und 2->3 wird dem System Energie zugeführt.



Die Nutzarbeit wurde in der Aufgabe vorher mit 20,8 J berechnet.

Die Arbeit 2->3 ebenfalls mit 41,6 J.

Und wie sieht es mit dem Übergang 1->2 aus? Der ist isochor, es wird also keine Volumenarbeit verrichtet. Die gesamte zugeführte Energie wird zur Erhöhung der inneren Energie genutzt, die Temperatur steigt.

Es gilt:



Nun kann der Wirkungsgrad berechnet werden:

70.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Als erstes wird die Temperaturänderung berechnet: Die Energie, die der Tauchsieder abgibt, nimmt das Wasser als Wärme auf.  Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades:   Damit lässt sich die Volumenänderung berechnen: | | |
| Antwort: | Das Wasser erwärmt sich um 22,9 K und dehnt sich dabei um 2,1 ml aus. | | |

73.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der gesuchte Fehler ist die Differenz zwischen der Fläche des Bauplatzes bei 18°C und der gemessenen Fläche bei –20°C. Da bei Kälte das Messband kürzer wird, der Abstand zwischen den einzelnen Strichen also kleiner, werden alle Längen zu groß gemessen und der Bauplatz zu groß berechnet.  1. Wie groß ist die zweite Seite des Platzes?   2. Um wie viel wurde jede Seite falsch gemessen? Das sind die Längenänderungen, die durch das Zusammenziehen des Stahlbandes entstanden sind.    Um diese Längenänderungen müssen die ursprünglich gemessenen Längen verkürzt werden:  Mit diesen neuen Längen wird die Fläche berechnet:  Damit lässt sich jetzt die Differenz berechnen:  Das Grundstück wird im Winter also um fast einen halben Quadratmeter zu groß gemessen. | | |
| Antwort: | Durch die Längenänderung entsteht ein Fehler von 0,43 m³. | | |

74.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | V |
| Lösung: | Der Heißwasserbereiter kann in der Zeit von 1 min nur eine bestimmte Energiemenge abgeben. Diese Energie ist:  Das Wasser kann nur mit dieser Energie erwärmt werden:  Da ein Liter Wasser ein Kilogramm Masse hat, sind das 0,24 l oder etwa ein viertel Liter Wasser. Für einen Liter Wasser benötigt der Heißwasserbereiter dann etwa 4 min. | | |
| Antwort: | Der Heißwasserbereiter kann in einer Minute 240 ml Wasser heiß machen. | | |

76.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wird die Kupferkugel ins Wasser gegeben, gibt sie Wärme an das Wasser ab. Das Wasser nimmt genau diese Wärme auf:  Die Grundgleichung der Wärmemenge wird eingesetzt und nach der gesuchten Größe umgestellt..  Während des Vorganges ändert sich die Temperatur der Kugel um 972 K. | | |
| Antwort: | Mit Hilfe der bekannten Endtemperatur von 37°C erhält man eine Ausgangstemperatur von 1009°C. | | |

79.

|  |  |
| --- | --- |
| geg.: |  |
| Lösung: | Die Wärme, die ein Körper aufnimmt oder abgibt, berechnet sich nach der Grundgleichung der Wärmelehre:  Die Temperaturänderung hat die Einheit K (Kelvin) Die Energiebilanz sieht also so aus: Wärmeabgabe warmes Wasser = Wärmeaufnahme Gefäß + Schmelzwärme + Wärmeaufnahme Wasser von der Schmelztemperatur bis zur Endtemperatur |
|  |  |

89.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Q |
| Lösung: | a)  b) Wie viel Wärme kann der Spiritus abgeben?  Da zum Erwärmen des Wassers nur 126 kJ benötigt werden, reicht die Spiritusmenge aus. Dabei wird aber ein Wirkungsgrad von 100% vorausgesetzt. Ist der Wirkungsgrad kleiner als 40%, reicht es nicht mehr. | | |
| Antwort: | Es ist zum Erwärmen des Wassers eine Wärme von 126 kJ notwendig. Die Spiritusmenge reicht aus. | | |

91.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Der Druck im Innern ist der Luftdruck plus dem Druck, der durch das Gewicht des Kolbens hervorgerufen wird. Dieser Druck ist einfach der Auflagedruck des Kolbens:  Damit wird der Gesamtdruck: | | |
| b) Zur Berechnung der Masse verwendet man die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases:  RS ist die spezifische Gaskonstante und beträgt für Luft   Das Ausgangsvolumen kann aus den gegeben Größen berechnet werden:  Wenn man nun noch die Temperatur in Kelvin umrechnet, kann man die Masse berechnen: | | |
| c) Da der Druck konstant bleibt, gilt | | |
| Antwort: | a) In dem Zylinder herrscht ein Druck von 1025,3 hPa. b) Die Masse der Luft im Zylinder beträgt 2,5 g. c) Der Kolben steigt in eine Höhe von 58,4 cm. | | |

103.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da der Druck konstant ist, gilt: | | |
| Antwort: | Die Anfangstemperatur des Gases betrug 68,3 °C. | | |

134.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da der Druck konstant bleibt, gilt:  Weiterhin ist die Gleichung der Dichte bekannt:  Bei konstanter Masse gilt:  Deshalb kann man auch schreiben: | | |
| Antwort: | Wird das Chlorgas auf -20°C abgekühlt, steigt seine Dichte auf 3,47 kg/m³. | | |

136.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis aus genutzter Energie und der dazu aufgebrachten Energiemenge. Berücksichtigt man die gesamte Energie, ist der Wirkungsgrad immer 100%. Die meiste Energie beim Autofahren wird aber in Wärme umgewandelt und ist nicht nutzbar. Das Auto soll ja fahren und nicht heizen.  Das Verbrennen des Benzins liefert die in den Motor hineingesteckte Energie.  Es wird nur etwa ein Fünftel der Energie des Benzins zum Fahren verwendet. Das meiste geht in Form von Wärme an die Umgebung. | | |
| Antwort: | Der Wirkungsgrad beträgt 0,22 oder 22%. | | |

140.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | V |
| Lösung: | Die Gesamtenergie, die auf diese Fläche fällt, ist    Die Masse des Heizöls, das verbrannt werden muss    Das ist ein Volumen von | | |
| Antwort: | Es müssen für die gleiche Energie 2045 l Heizöl verbrannt werden. | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | m |
| Lösung: | Man berechnet die Masse des Wassers, das eine solche Wärme in einer Sekunde aufnimmt und dabei die Temperatur um 5 K erhöht.    Das ist die Masse, die in einer Sekunde durch muss. Um auf die Menge zu kommen, die in einer Stunde benötigt wird, muss diese Masse mit 3600 multipliziert werden. Man erhält dann die beachtliche Menge von 257 Millionen kg. Da 1 kg Wasser auch 1 Liter entspricht, sind das also 257 Millionen Liter. Ein Kubikmeter Wasser enthält 1000 Liter Wasser. Das heißt, durch das Kraftwerk müssen in einer Stunde 257 000 Kubikmeter Wasser gepumpt werden.  Falls dabei was schief läuft, müssen Notkühlsystem eingeschaltet werden, die den Reaktor weiter kühlen. Gehen diese System kaputt, gibt es eine Katastrophe bis hin zur Kernschmelze. | | |
| Antwort: | In einer Stunde müssen 257 000 Kubikmeter Wasser durch das Kraftwerk gepumpt werden. | | |

153.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | | a) m  b) p2  c) W |
| Lösung: | a)  Es gilt die Zustandsgleichung für das ideale Gas:  b) Auch das kann mit der Zustandsgleichung gelöst werden: | | | |
| c) Das p-V-Diagramm stellt eine Isotherme dar, p und V sind umgekehrt proportional zueinander.  Die Volumenarbeit entspricht der Fläche unter der Kurve: | |  | |
| Antwort: | a) Es sind 9,9 g Helium vorhanden.  b) Nach dem Komprimieren herrscht in dem Helium ein Druck von 1 MPa.  c) Beim Komprimieren wird eine Arbeit von 9,7 kJ am System verrichtet. | | | |

154.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es liegt ein isobarer Prozess vor. Damit gilt:  Bevor die Temperaturen eingesetzt werden, müssen sie noch in Kelvin umgewandelt werden.   Mit diesen Werten ergibt sich: | | |
| Antwort: | Das Volumen des Gases wächst auf den 1,44 m³. | | |

158.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) T3  b) |
| Lösung: | a) | | b)  Einheitenrechnung |
| Antwort: | Die maximal zulässige Temperatur, bei der die Flasche gelagert werden darf, beträgt 98°C.  In die Flasche wurden 25,3 kg Stickstoff eingefüllt. | | |

161.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Erklärung des Unterschiedes: Obwohl das Naphthalin in beiden Versuchen die gleiche Temperatur hat, liegt es in verschiedenen Aggregatzuständen vor. Der flüssige Stoff kann beim Eintauchen in das Wasser zusätzlich zur Wärme, die er beim Abkühlen abgibt, noch die Erstarrungswärme = Schmelzwärme abgeben. Damit erwärmt sich das Wasser stärker.  Wird das Naphthalin vom flüssigen Zustand abgekühlt, gibt es bis zum Festwerden die gesuchte Schmelzwärme ab. Danach kühlt es sich noch weiter ab, gibt aber dann nur noch die Wärme ab, die sich aus der spez. Wärmekapazität des festen Naphthalins ergibt.  Diese muss zuerst berechnet werden.  Dazu fragt man, wie viel Wärme das Wasser beim ersten Versuch aufgenommen hat.    Das ist aber genau die Wärme, die das feste Naphthalin abgegeben hat. Dessen Wärmekapazität kann damit berechnet werden: | | |
| Das Wasser nimmt bei 2. Versuch mehr Wärme auf. Die kann wie im ersten Versuch berechnet werden und ergibt 9,22 kJ. Genau diese Wärme wurde vom Naphthalin abgegeben.  Diese setzt sich nun aus der Schmelzwärme und der Wärme beim Abkühlen auf 31°C zusammen:    In dieser Gleichung ist die Schmelzwärme als einzige Größe nicht bekannt und kann berechnet werden: | | |
| Antwort: | Die Schmelzwärme für 1 kg Naphthalin beträgt 141,2 kJ. | | |

162.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | W |
| Lösung: | Es wird bei konstantem Druck Volumenarbeit verrichtet.   Weiterhin gilt die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases:  Damit wird:  Eingesetzt erhält man: | | |
| Antwort: | Die Luft verrichtet eine Arbeit von 559 kJ. | | |

163.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Q |
| Lösung: | Da das Volumen konstant bleibt, wird keine Volumenarbeit verrichtet. Die Wärmemenge wird zur Erhöhung des Druckes verwendet.  Die Masse und die Temperaturänderung sind noch unbekannt und müssen mit den bekannten Größen dargestellt werden. Es gilt die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases:   Eingesetzt:   Es fehlt immer noch die Temperatur.   Damit wird: | | |
| Antwort: | Es ist eine Wärmemenge von 625 kJ notwendig. | | |

166.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Hinweis: Heute werden Schienen ohne Stoß verlegt. Die Festigkeit der Schienen und Schwellen reicht aus, um die Kraft, die durch die Längenänderung entsteht, aufzufangen. | | |
| Antwort: | Die Temperaturdifferenz kann 53 K betragen. | | |

168.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Reifen muss so stark erwärmt werden, dass sein Durchmesser ebenfalls 0,74 m groß ist. Der Reifen kann als ein gebogener Stab betrachtet werden. Die Länge dieses Stabes ist der Umfang des Reifens. 1. Aus dem Durchmesser wird der Durchmesser des Rades und des Reifens berechnet:  Der Umfang des Rades ist um 0,015 m größer als der Umfang des Reifens. Also muss der Reifen so weit erwärmt werden, dass er 0,015 m länger wird. 2. Berechnung der Temperaturänderung: Die Länge l entspricht dem Umfang des Reifens.  Der Reifen muss also um 590 K erwärmt werden. Da seine Anfangstemperatur bereits 15°C betrug, ist die Endtemperatur 605°C groß. | | |
| Antwort: | Der Reifen muss auf 605°C erwärmt werden. | | |

Hinweis: Das Ergebnis kann in Abhängigkeit von den Stellen, mit denen man die Längenänderung berechnet, stark schwanken.

169.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: |  | | |
| Antwort: | Der Niet zieht sich um 0,054 mm zusammen. | | |

171.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die neue Dichte ist die Masse, die sich bei der Abkühlung nicht ändert, durch das neue Volumen, das sich bei der Abkühlung verkleinert. | | |
| Antwort: | Die neue Dichte beträgt 8,12 g/cm³. | | |

173.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) | | b) |
| c) Die verrichtete Arbeit entspricht der Fläche unter der [p-V-Kurve](t173.xls). Dafür bietet sich eine Berechnung des bestimmten Integrals der p(V)-Funktion mit einem grafischen Taschenrechner an.  Die Arbeit beträgt 42 J. | | |
| Antwort: | a) Die Masse des eingeschlossenen Heliums beträgt  b) Nach der Temperaturerhöhung beträgt der Druck im Kolben  c) Der Betrag der verichteten Volumenarbeit beträgt 42 J. | | |

174.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
|  | Da die Expansion sprunghaft erfolgt, liegt eine adiabatische Zustandsänderung vor. Es gilt das Gesetz von Poisson  Mit   erhält man | | |
| Antwort: | Die Luft hat dann eine Temperatur von –51°C. | | |

175.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Welche Energie muss dem Mineralwasser entzogen werden, damit es auf 8°C abkühlt?   2. Wie viel Energie kann ein Eiswürfel aufnehmen, wenn er seine Temperatur von -15°C auf 8°C ändert? \* Wärme, die das Eis von -15°C bis 0°C aufnimmt, ohne zu schmelzen.  \* Wärme, die das Eis beim Schmelzen aufnehmen kann, ohne seine Temperatur zu ändern  \* Wärme, die das daraus entstandene Wasser aufnehmen kann, wenn es seine Temperatur um 8 K ändert.  Damit kann ein Eiswürfel insgesamt eine Wärme von 4 kJ aufnehmen. Um das Mineralwasser abzukühlen, sind insgesamt 10,06 kJ notwendig. Diese Wärme kann von drei Eiswürfeln aufgenommen werden. Damit sinkt die Temperatur aber weiter als 8°C ab. | | |
| Antwort: | Es sind drei Eiswürfel notwendig. | | |

176.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg: |  | ges: |  |
| Lösung: | Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis aus genutzter Energie und den für diesen Nutzen eingesetzte Energie.   Die nutzbare Energie ist die Wärme, die die Temperaturerhöhung der Luft beweirkt, die aufgewandte Energie die, die der Heizer abgibt.  Während der Erwärmung bleibt das Volumen der Luft nicht konstant. Die Luft dehnt sich aus und es wird Volumenarbeit verrichtet.  Das Anfangsvolumen beträgt   Das Endvolumen berechnet sich nach dem Gesetz von Gay-Lussac: (p=konst.)  Die Volumenänderung beträgt 0,78m³. Die Volumenarbeit berechnet sich für p=konst:  Der Druck p ist nicht bekannt, es gilt aber: | | |
| Damit wird:  Die Wärmeenergie ergibt sich aus der Masse der Luft, der Temperaturdifferenz und der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck (die sich ausdehnede Luft entweicht, der Druck bleibt konstant)  Die Masse der Luft:    Damit ist die Wärmeenergie:  Davon muss aber noch die Energie abgezogen werden, die für die Verschiebearbeit genutzt wurde, so dass am Ende 208 kJ übrig bleiben. (Diesen Wert erhält man auch, wenn man gleich mit cv rechnet) Welche Energie wird in der halben Stunde dieser Luft zugeführt?  Die Leistung des Heizers ist die gemessene Gesamtleistung minus der Leistung, die der Motor des Lüfters verbraucht. | | |
| Die aufgewandte Energie ist damit  Mit dieser Angabe lässt sich nun der Wirkungsgrad berechnen. | | |
| Antwort: | Der Wirkungsgrad beträgt 6,7%. Schuld an diesem recht geringen Wirkungsgrad sind die alten Fenster, die den Raum mehr oder weniger offen halten. | | |

177.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Mischungstemperatur berechnet sich nach der Richmannschen Mischungsregel, in der die spezifischen Wärmekapazitäten auf Grund der Gleichheit der Flüssigkeiten nicht berücksichtigt werden.  Damit läßt sich die Aufgabe aber noch nicht lösen, denn in der Gleichung stehen die beiden Massen als unbekannte Größen, ein zweiter Zusammenhang ist notwendig:  Diese Gleichung stellt man nach der Masse des kalten Wassers um und setzt in die erste Gleichung ein. Diese stellt man dann nach der gesuchten Größe um: | | |
| Antwort: | Es sind 72 kg oder 72 l warmes Wasser notwendig. | | |

180.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | | p |
| Lösung: | In der Aufgabenstellung sind folgende Angaben enthalten: Der Druck bleibt konstant, also  und das Volumen verdoppelt sich:  Bekannt ist weiterhin, dass sich Volumen und Temperatur bei konstanten Druck direkt proportional zueinander verhalten. Damit gilt auch:  Es gilt die Gleichung für die Wärmemenge:  Über die Masse kann man aus der Zustandsgleichung eine Aussage machen:  Darin taucht die gesuchte Größe auf. In die Wärmegleichung eingesetzt ergibt das:  und nach p umgestellt:  Die oben hergeleitete Beziehung der beiden Temperaturen wird noch eingesetzt: | | | |
|  | | Einheiten: | |
| Antwort: | Nach der Wärmezufuhr beträgt der Druck 379 kPa. | | | |

181. Das kalte Wasser und das Kalorimetergefäß haben eine bestimmte thermische Energie, das warme Wasser ebenfalls. Wird das warme Wasser in das Kalorimetergefäß gegeben, gibt es Wärme ab, kaltes Wasser und Kalorimetergefäß nehmen diese Wärme auf.   
  
Das negative Vorzeichen bedeutet Abgabe, positives Vorzeichen Aufnahme von thermischer Energie.

Die Wärme, die das Kalorimetergefäß aufnimmt, ist dessen Wärmekapazität mal der Temperaturänderung:  
  
Damit kann man die gesuchte Gleichung herleiten:  


|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | C |
| Lösung: |  | | |
| Antwort: | Das Kalorimetergefäß hat eine Wärmekapazität von 0,12 kJ je K. | | |

182.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | | | ges.: | |  | | |
| Lösung: | a) Da die Luft als ideales Gas betrachtet wird, gilt die Zustandsgleichung: | | | | Einheiten: | | | |
| (B) isotherme Kompression auf den doppelten Druck: | | | | | | | |
| (C) isochore Temperaturerhöhung um 180 K | | | | | | | |
| (D) isotherme Expansion auf den Anfangsdruck | | | | | | | |
| (A) isobar zum Anfangszustand zurück    Abweichung durch Rundungsfehler. **Zusammenfassung:** | | | | | | | |
| Zustand | A | B | | | | C | D |
| Druck | 0,20 MPa | 0,40 MPa | | | | 0,64 MPa | 0,20 MPa |
| Volumen | 5,0 dm³ | 2,5 dm³ | | | | 2,5 dm³ | 8 dm³ |
| Temperatur | 30°C | 30°C | | | | 210°C | 210°C |
|  | | | | | | | |
| c) Volumenarbeit für die isotherme Kompression:  Da der Vorgang isotherm verläuft, ändert sich die innere Energie nicht.  Nach dem ersten Hauptsatz der Wärmelehre muss die zugeführte Wärme so groß sein wie die verrichtete Arbeit. | | | | | | | |
|  | | | | | | | |
| Antwort: |  | | | | | | | |

185.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da der Druck konstant bleibt, gilt:  Weiterhin ist die Gleichung der Dichte bekannt:  Bei konstanter Masse gilt:  Deshalb kann man auch schreiben: | | |
| Antwort: | Die Luft hat in der Tiefkühltruhe eine Dichte von 1,39 kg/m³. | | |

186.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Das Wasser im Bierwärmer kühlt sich von 80°C auf 17°C ab und gibt dabei Wärme ab. Das Bier erwärmt sich von 8°C auf 17°C und nimmt dabei Wärme auf. Bei einem Wirkungsgrad von 100% wäre die aufgenommene und die abgegeben Wärme gleich groß, der Quotient aus beiden Werten also 1. Da aber Wärme an die Umgebung abgegeben wird, ist die vom Bier aufgenommene Wärme immer kleiner als die vom Bierwärmer abgegeben Wärme, der Quotient aus den beiden Wärme also immer kleiner als 1.  Der Wirkungsgrad ist der Quotient aus der von Bier aufgenommenen Wärme und der vom Wasser des Bierwärmers abgegeben Wärme:  Wie groß ist die Masse des Wassers im Bierwärmer? Da zu ist das Volumen zu berechnen und die Masse über die Dichte vom Wasser zu berechnen: Volumen:  Das sind 113 cm³. Masse:  Damit kann nun der Wirkungsgrad berechnet werden. Da Bier zu einem hohen Prozentsatz aus Wasser besteht, wird als Wärmekapazität der wert für Wasser verwendet. Damit kürzt sich diese Größe raus! | | |
| Antwort: | Der Wirkungsgrad des Bierwärmers beträgt 0,63. | | |

187.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) m |
| Lösung: | a) Es wird die Zustandsgleichung des idealen Gases verwendet:  Es wird der Zustand 1 verwendet:  b) Zur Berechnung der Wertepaare nutzt man aus, dass der Quotient  für ein ideales Gas immer konstant ist. Da sich die Temperatur während des Versuches nicht ändert, gilt:   [Zur Excel-Tabelle](t187.xls)  Zur Berechnung der Fläche unter der Kurve kann ein grafischer Taschenrechner verwendet werden. W=13,3 kJ | | |
| Antwort: | Es sind 0,132 kg Argongas vorhanden. Es wird eine Arbeit von 13,3 kJ verrichtet. | | |

188.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
|  | Die Lösung erfolgt über eine Betrachtung der Energie: Das heiße Wasser und das Messinggefäß geben ihre thermische Energie in Form von Wärme an das Eis ab. Ein Teil der Energie wird zum Erwärmen des Eises bis auf 0°C verwendet. Dann schmilzt das Eis und seine Temperatur bleibt dabei konstant. Ist das Eis geschmolzen, steigt die Temperatur des dabei entstandenen Wassers bis zur Mischtemperatur.  Das heiße Wasser gibt während des gesamten Vorgangs Energie ab, so dass seine Temperatur sinkt. Und zwar auch bis zur Mischtemperatur. Das Messinggefäß hat zu Beginn des Vorgangs die Temperatur des heißen Wassers und liefert ebenfalls Energie. Wärme, die das Wasser und das Messinggefäß abgeben= Wärme, die das Eis erwärmt, schmilzt und dieses Wasser erwärmt.    Die gesuchte Größe steht in . Das ist die Änderung der Temperatur des Eises von der gesuchten Ausgangstemperatur auf die Schmelztemperatur von 0°C. Es wird nach der gesuchten Größe umgestellt:  Nun muss eingesetzt und gerechnet werden. Das erspare ich mir hier (aus Platzgründen). | | |
| Antwort | Das Eis hatte eine Anfangstemperatur von -72,2 K. | | |

189.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Eine Kompensation der Ausdehnung des Eisens ist dann erreicht, wenn sich das Zink um den gleichen Wert ausdehnt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich die Länge des Eisens aus der Länge lP zuzüglich der Länge lZn ergibt. | | |
| Antwort: | Die Zinkstäbe müssen 0,7m lang sein. | | |

190.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösungen: | a) Die Zustandsänderungen  (1) -> (2) isotherm  (2) -> (3) isochor  (3) -> (4) isobar  (4) -> (1) isochor  \* Punkt (1)  Punkt (2)  Der Druck im Punkt (2) muss berechnet werden.  \* Punkt (3) | | |
| \* Punkt (4)  Die Kurve verläuft vom Punkt (3) zum Punkt (4) auf einer Geraden, die durch den Ursprung des Koordinatensystems geht. Die beiden Größen Volumen und Temperatur sind zueinander proportional, der Proportionalitätsfaktor ist p und damit für beide Punkte gleich groß.  Damit kann die Temperatur im Punkt (4) berechnet werden: | | |
| Antwort: |  | | |

191.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | V |
| Lösung: | Es wir die Grundgleichung der Wärmelehre angewandt:  Das entspricht 30 Liter Wasser. | | |
| Antwort: | Mit dieser Energie können 30 Liter Wasser von 20°C zum Kochen gebracht werden. | | |

192.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | P |
| Lösung: | Die Leistung ist definiert als die verrichtete Arbeit durch die dazu benötigte Zeit. Die Arbeit, die die Kochplatte verrichten muss, wird in thermische Energie des Wassers umgewandelt. Dieser Arbeitsprozess wird als Wärme bezeichnet.    Das ist die Leistung, die notwendig wäre, wenn die Wärme ohne Verluste übertragen würde. Nun ist aber ein Verlust von 2/3 angegeben. Die Berechnete Leistung muss also verdreifacht werden, um die Verluste auszugleichen. | | |
| Antwort: | Es muss ein Heizplatte mit 1,7 kW verwendet werden. | | |

193.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es kann davon ausgegangen werden, dass die Wärmequelle eine konstante Energieabgabe hat, also in gleichen Zeiten immer die gleiche Energiemenge abgegeben wird. Diese Wärme ist  Zum Erwärmen des Wassers ist dann die Wärme    notwendig.  Die Wärme zum Verdampfen berechnet sich nach:  Diese beiden Gleichungen kann man zusammenführen, indem man die erste durch die zweite dividiert: | | |
| Antwort: | Die Verdampfungswärme von Wasser beträgt 2,3 MJ/kg. | | |

194.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | WV |
| Lösung: | Die Volumenarbeit bei einer isothermen Zustandsänderung berechnet sich nach:    oder, da  auch nach    Für p und V setzt man V1 und p1 ein, da die gegeben sind. Das Produkt aus den beiden Größen ist ja für jeden Zustand immer gleich (bei T=konst.)  Also wird dann    negativ: das Gas verrichtet Arbeit. | | |
| Antwort: | Das Gas verrichtet beim Entspannen eine Arbeit von 2,77 MJ. | | |

195.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | WV |
| Lösung: | Da der Vorgang bei konstantem Druck abläuft (isobar), gilt für die Berechnung der Volumenarbeit:  Über die Volumenänderung wird keine Aussage gemacht, sie kann aber berechnet werden, da T und V direkt zueinander proportional sind. (Gesetz von Gay-Lussac)    Damit ändert sich das Volumen bei diesem Vorgang um 625 Liter. Diese Ausdehnung bewirkt die Arbeitsverrichtung, die nun berechnet werden kann. | | |
| Antwort: | Bei dieser Erwärmung verrichtet die Luft eine Arbeit von 63,3 kJ. | | |

196.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die spezifische Schmelzwärme cs gibt an, wie viel kJ notwendig sind, um 1 kg Eis zu Schmelzen. Bei diesem Vorgang erhöht sich die Temperatur nicht, die gesamte Energie wird verwendet, um die Molekülstruktur des Eises aufzubrechen und es in den flüssigen Zustand zu überführen.    Die spezifische Wärmekapazität c gibt an, wie viel kJ notwendig sind, um 1 kg Wasser um 1 K zu erwärmen, also z.B. von 18°C auf 19°C. Dabei ändert sich der Aggregatzustand des Wassers nicht, die Energie wird wirklich zur Erhöhung der Temperatur genutzt.    Die spezifische Verdampfungswärme cv gibt an, wie viel kJ notwendig sind, um 1 kg Wasser zu Verdampfen. Wie beim Schmelzen ändert sich dabei die Temperatur nicht. Sie braucht also bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden. | | |
| Antwort: | Um das Eis zu Schmelzen, sind 33,4 kJ notwendig. 41,9 kJ reichen dann aus, um es auf 100°C zu erwärmen. Und 226 kJ braucht man, um dieses Wasser in den gasförmigen Zustand zu überführen. | | |

198.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Auf einen Quadratmeter Wasseroberfläche fällt eine Energiemenge von 18 MJ. Diese Energie wird absorbiert (verschluckt) und erwärmt das Wasser. Die Temperaturänderung ist außer von der Menge der Energie auch noch von der Menge des Wassers abhängig, die erwärmt werden soll.  Die Wassermasse kann aus dem Volumen bestimmt werden und das ist Grundfläche mal Höhe:    Da 1 m³ Wasser 1000 kg Masse hat, liegen unter dem Quadratmeter im Schwimmbecken 2500 kg Wasser und im Planschbecken 1000 kg.  Damit kann nun die Temperaturerhöhung berechnet werden: | | |
| Antwort: | Das Schwimmbecken erwärmt sich um 1,7 K und das Planschbecken um 4,3 K. | | |

199.

a)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Das Wasserstoffatom befindet sich im Grundzustand, das heißt, das Elektron bewegt sich auf der innersten Schale, also Schale 1. Um das Atom zu ionisieren, muss das Elektron den Kern verlassen, also auf eine theoretisch unendlich weit entfernte Bahn gebracht werden.  Die dazu notwendige Energie kann mit der Gleichung für die Spektralserien des Wasserstoffatoms berechnet werden:  Zwischen der Energie und der Frequenz der zum Ionisieren notwendigen Strahlung besteht der Zusammenhang:    Damit wird dann    m ist die untere Schale, also 1 und n die obere Schale, also Unendlich. Wie zu erkennen ist, kann die Klammer entfallen, da sie den Wert 1 enthält:    Die Umrechnung in eV erfolgt über die Division durch die Elementarladung und ergibt 13,6 eV. | | |
| Antwort: | Damit das Elektron ionisiert werden kann ist eine Energie von mindestens 13,6 eV notwendig. | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Trifft das Photon auf ein Wasserstoffatom, gibt das Photon seine gesamte Energie ab. Ein Teil davon wird verwendet, um das Elektron aus dem Atom heraus zu lösen. Das ist die in der Aufgabe vorher berechnete Energie. Der Rest wird zum Beschleunigen des Elektrons verwendet.  Die Energiebilanz lautet: | | |
| Antwort: | Das Elektron fliegt mit einer Geschwindigkeit von  weg. | | |

b)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | p |
| Lösung: | Es gilt die Zustandsgleichung für ein ideales Gas:    Das Volumen ist 1 cm³ groß und die darin befindliche Masse beträgt 500 mal die Masse eines Moleküls. Damit kann der Druck in diesem cm³ berechnet werden, der dann aber für die gesamte Wolke gilt. | | |
| Antwort: | Mit der Zustandsgleichung für ideale Gase kann nachgewiesen werden, dass der Druck  beträgt. | | |

c)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die bekannten Werte sind gegeben oder werden aus dem Diagramm abgelesen.  Es gilt die Zustandsgleichung: | | |
| Antwort: | Die Temperatur der Wolke erhöht sich auf 65 K. | | |

200.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | | ges.: | R |
| Lösung: | Wenn sich der Bimetallstreifen krümmt, ist der Krümmungswinkel bei beiden Metallstreifen gleich.  Es werden die unteren Kanten der Streifen betrachtet. Die Radien beim gebogenen Bimetall sind dann für Eisen: |  | | |
|  | und für Messing:    Der Zentriwinkel  ist der Quotient von Bogenlänge und Radius (Definition des Bogenmaßes.  Damit wird:    Die Längen der Mittelstreifen lassen sich aus der ursprünglichen Länge und der Temperaturerhöhung berechnen:    In die obere Gleichung eingesetzt ergibt das:    In dieser Gleichung steht nur noch der Krümmungsradius R als unbekannte Größe, so dass danach umgestellt werden muss: | | | |
|  |  | | | |
| Antwort: | Der Bimetallstreifen hat einen Krümmungsradius von 0,72 m. | | | |

201.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wenn sich die Betonplatten ausdehnen, wird der Zwischenraum zwischen den Platten kleiner. Dadurch quillt Teer heraus.  Aber auch der Teer dehnt sich bei Erwärmung aus, so dass dadurch die Menge des austretenden Teers noch größer wird.  1. Um welches Volumen verkleinert sich der Zwischenraum?  \* Volumen bei 5°C    \* Volumen bei 50°C  Durch die Erwärmung dehnen sich die Platten aus. Dabei wird nur die Längenausdehnung berücksichtigt und die Höhen- und Breitenausdehnung vernachlässigt, da sie so klein sind, dass sie keine Rolle spielen.  Länge der Betonplatte bei 50°C    Die Platte wird um 0,54 cm länger und demnach die Fuge um diesen Wert kleiner. Die neue Fugenbreite beträgt 0,46 cm.  (Hinweis: die Fuge wird von zwei Platten gebildet, die sich beide Ausdehnen. Trotzdem muss nur die Ausdehnung einer Platte berücksichtigt werden, da sich die Platte ja nach beiden Seiten ausdehnt. Die berechnete Verkleinerung kommt eigentlich durch die Ausdehnung von 2 Platten um den halben Betrag zustande)    Durch die Erwärmung der Betonplatten verkleinert sich das Volumen um 108 cm³. | | |
|  | 2. Um welches Volumen dehnt sich der Teer aus?  Das Anfangsvolumen entspricht dem Volumen der Fuge bei 5°C, also 200cm³.    Der Teer dehnt sich um 5 cm³ aus.  Damit ergeben sich insgesamt 113 cm³ Teer, der aus der Fuge austritt.  Bei der Abkühlung geht der Teer dann wieder in die Fuge hinein. | | |
| Antwort: | Es treten 113 cm³ Teer aus. | | |

204.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis aus der nutzbaren Energie und der dazu aufgewandten Energie. Nutzbar ist die Wärmeenergie, die zum Erwärmen des Wassers verwendet wird. Dazu wird elektrische Energie aufgebracht. | | |
| Antwort: | Der Kocher hat einen Wirkungsgrad von 69%. | | |

209.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Das Wasser muss zuerst von 75°C auf 100°C erwärmt werden. Eine weitere Wärmezufuhr wandeln das kochende Wasser in Dampf um, ohne das sich dessen Temperatur ändert.  **1.** Wärme zum Erwärmen    **2.** Wärme zum Verdampfen    **3.** Gesamtwärme    **4.** Leistung    **5. Erdgasmenge**  Da die Anlage einen Wirkungsgrad von 65% hat, sind zur Erzeugung des Dampfes nicht 3547 MW erforderlich, sondern mehr:    Zur Erzeugung dieser Energiemenge sind dann 171m³ Erdgas erforderlich. | | |
| Antwort: | Zur Erzeugung des Dampfes sind ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades 3547 MJ Wärme notwendig. Die Anlage muss eine Leistung von 59,12 MW haben. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades benötigt man dafür 171m³ Erdgas. | | |

218.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Wenn die Luft im Ballon erwärmt wird, dehnt sie sich aus. Da der Ballon unten offen ist, strömt die überschüssige Luft heraus, solange im Ballon der Druck größer ist als der Außendruck. Sind Außen- und Innendruck gleichgroß, entweicht keine Luft mehr.  In der Zustandsgleichung des idealen Gases ist der Druck auf beiden Seiten gleich und kann weggelassen werden:    Das Volumen 2 ist das nach dem Erwärmen. (Temperatur in K umrechnen!)    Die Ausströmende Luftmenge ist die Differenz der beiden Volumina und beträgt 356 m³.  b) Die 356m³ Luft entsprechen 356 000 Liter, da ein Kubikmeter 1000 Liter enthält.  Damit wird der Ballon durch den Verlust der Luft um 356 kg leichter, denn 1000 Liter Luft haben eine Masse von 1 kg.  c) | | |
| Antwort: |  | | |

219.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Es gilt:    Nach der gesuchten Größe umstellen, einsetzten und ausrechnen.  (Temperaturen müssen in Kelvin umgerechnet werden!)    b) Es gilt:    Zur Berechnung der Masse kann sowohl Zustand 1 als auch Zustand 2 genutzt werden, weil ja gilt:    Also: umstellen, einsetzen und ausrechnen. | | |
| Antwort: | Der Ballon hat in dieser Höhe ein Volumen von 21,8 m³. Im Ballon sind 2,1 kg Helium. | | |

220.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | In der Flasche sind vor der Entnahme 50 Liter Sauerstoff. Wenn Gas entnommen wird, reduziert sich die Menge in der Flasche, die sich jedoch wieder auf die 50 Liter ausdehnen wird.  1. Wie viel Liter Sauerstoff sind unter dem angegeben Überdruck entnommen worden?  Da die Temperatur konstant ist, gilt:    Der Zustand 1 bezeichnet das Gas in der Flasche, Zustand 2 wenn es draußen ist.  In der Flasche steht das Gas unter dem Überdruck plus dem Luftdruck. Ist es draußen wirkt nur noch der Luftdruck.    Um dieses Volumen wird das Gas in der Flasche weniger. Es sind demnach nur noch 33,3 Liter unter dem Überdruck vor der Entnahme vorhanden. Dieses Gas dehnt sich aber auf das gesamte Flaschenvolumen aus und verringert dabei den Druck.  2. Welcher Druck herrscht in dem Restgas der Flasche? | | |
| Antwort: | In der Flasche beträgt der Überdruck nach der Entnahme noch 3,3 MPa. | | |

221.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von genutzter Arbeit und aufgewandter Arbeit. Die Nutzarbeit ist das Hochpumpen des Wassers, die aufgewandte Arbeit die Verbrennungsarbeit des Motors. Es gilt:    Als erstes wird die Nutzarbeit berechnet. Es ist eine Hubarbeit, also    Die Masse des Wassers erhält man aus der Dichte und dem Volumen:    Eingesetzt:    Die Arbeit, die mit dem Diesel möglich wäre ist:    Die Masse des Diesel kann aus dem Volumen und der Dicht bestimmt werden, so dass man erhält:    Beide Zahlen werden in die Gleichung für den Wirkungsgrad eingesetzt: | | |
| Antwort: | Die Anlage hat einen Wirkungsgrad von 34%. Das heißt, von der Energie des Diesel werden nur etwa ein Drittel effektiv genutzt. Der Rest geht in die Erwärmung des Motors und Reibungswärme über und ist für den Nutzer verloren. | | |

222.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Welche Wärme ist notwendig, um den Stahl auf die gewünschte Temperatur zu erhitzen?    2. Da die Ausnutzung nur 4% beträgt, muss die 25 fache Wärmemenge von dem Feuer zugeführt werden. Das sind 11 515 kJ.  Ein kg Kohle liefert 32 500 kJ. Damit sind zum Erhitzen des Stahls 0,35 kg Kohle notwendig. | | |
| Antwort: | Es sind 350 g Kohle notwendig. | | |

234.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es gilt ganz allgemein:    und nach der gesuchten Größe umgestellt:    Die Temperaturänderung ist mit 80 K bekannt. Über die Volumenänderung und das Ausgangsvolumen müssen noch Aussagen gemacht werden.  Die Dichte hängt mit dem Volumen über    zusammen.  Damit ist das Anfangsvolumen    Das bringt uns scheinbar noch nicht weiter, da zwar die Anfangsdichte bekannt, aber die Masse unbekannt sind.  Die Masse kann man aber als konstant betrachten. Wenn eine bestimmte Wassermenge von 20°C auf 100°C erwärmt wird, ändert sich die Dichte im angegebenen Maß, die Masse bleibt dabei konstant.  Die Volumenänderung ist das Endvolumen minus das Anfangsvolumen, also    oder mit Masse und Dichte    Das könnte man nun in die Gleichung zur Berechnung der gesuchten Größe einsetzten, formen es aber vorher noch so um, dass die Masse m alleine steht. Sicher kann man sie dann kürzen.  Also: Erweitern:    und zusammenfassen, da die Brüche jetzt gleichnamig sind:    Den Zähler kann man weiter vereinfachen: | | |
| Das setzt man nun in die Gleichung für den Volumenausdehnungskoeffizienten ein:    Ein Doppelbruch! Man kann den Zähler aber auch mit dem Kehrwert des Nenner multiplizieren und dann sieht es gleich viel freundlicher aus:    Wie man sieht, kürzt sich die Masse raus.    Nun einsetzten und rechnen: | | |
| Antwort: | Der Volumenausdehnungskoeffizient ist . | | |

236.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t |
| Lösung: | Der Kocher hat einen Wirkungsgrad von 70%. Das heißt, dass von den 2000 W nur 1400 W effektiv zum Erwärmen des Wassers genutzt werden.  1400 W bedeuten, dass dem Wasser pro Sekunde 1400 J Wärme zugeführt werden.  Wie viel Energie ist notwendig, um das Wasser auf die geforderte Temperatur zu erwärmen. Dazu benutzt man die Grundgleichung der Wärmelehre:    Die Masse von einem halben Liter Wasser ist 0,5 kg. Damit kann die Wärme berechnet werden:    Dem Wasser werden pro Sekunde 1,4 kJ zugeführt. Für die erforderlichen 157,1 kJ sind demnach:    Sekunden notwendig.  Das sind 1,9 Minuten. | | |
| Antwort: | Der halbe Liter Wasser kocht nach 1,9 Minuten. | | |

240.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Die Vorgänge laufen bei konstanter Temperatur ab. Es gilt also:    und nach der gesuchten Größe umgestellt:    Lässt man den Sauerstoff aus der Flasche, bleiben zum Schluss natürlich noch 25 Liter in der Flasche, die man nicht herausbekommt. Deshalb können nur 1850 Liter entnommen werden.  b)      Wenn die Flasche neu befüllt wird, sind eventuell schon 25 Liter in der Flasche drin. Deshalb können 3725 Liter eingefüllt werden. | | |
| Antwort: | a)Zum Schweißen können 1850 Liter Sauerstoff entnommen werden.  b) Es wurden 3725 Liter in die Flasche gefüllt. | | |

243.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Bei dem Eintauchen des Alukörpers in das Wasser wandert Wärme vom heißen Körper in den Kalten. Die Wärme, die das Aluminium abgibt ist genau so groß wie die Wärme, die das Wasser aufnimmt. Es gilt also:    Das Minus besagt, dass Aluminium Wärme abgibt.  Damit lässt sich die gesuchte spezifische Wärmekapazität von Aluminium berechnen:    Die Temperaturänderungen berechnen sich aus der Differenz der Temperatur nach dem Temperaturausgleich und der Temperatur vor dem Experiment. Dabei wird die Temperaturdifferenz beim Alu negativ. Durch das negative Vorzeichen in der Gleichung wird aber zum Schluss alles wieder positiv. | | |
| Antwort: | Aluminium hat eine spezifische Wärmekapazität von | | |

250.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Durch die Erwärmung der Luft im Reifen steigt der Druck. Da das Volumen konstant bleibt, gilt:    Die gesuchte Druckdifferenz ist    oder nach einem Druck umgestellt:    Das kann man einsetzten:    und nach der gesuchten Größe umstellen    Vor dem Einsetzten müssen die Temperaturen von der Celsiuseinheit in die Kelvineinheit umgerechnet werden:    Der angegebene Druck im Reifen ist der Überdruck über dem außen herrschenden Luftdruck. Damit muss der Luftdruck noch zum Reifendruck addiert werden:    Jetzt kann die Druckänderung berechnet werden: | | |
| Antwort: | Durch die Erwärmung ändert sich der Druck um 107,7 kPa oder 0,1077MPa oder 1077 hPa. | | |

254.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wenn sich ein Kupferdraht von 60 975 mm Länge beim Erwärmen um 1 K um 1 mm ausdehnt, so würde sich ein 1 mm langes Stück um    ausdehnen. Das heißt, jedes Stück Kupferdraht dehnt sich beim Erwärmen um 1 K um den 60 975ten teil seiner Länge aus. Diesen Wert bezeichnet man als linearen Ausdehnungskoeffizient.  Für die Längenänderung gilt allgemein:    Die Längenänderung hängt also für einen Stoff direkt von der Ausgangslänge und der Temperaturänderung ab.   * Je länger der Draht, umso größer ist auch bei gleicher Temperaturänderung die Ausdehnung. * Je größer die Erwärmung, umso größer ist bei gleicher Länge die Ausdehnung.   Die Temperaturänderung ist die gesuchte Größe, aus der sich dann die Drahttemperatur berechnen lassen kann.    Aber um welche Länge wird der Draht länger? Das kann aus der Durchhängung berechnet werden.  Die unbekannte Länge im Bild lässt sich über den Pythagoras berechnen. Die gesuchte Seite ist die Hypotenuse in dem rechtwinkligen Dreieck.    Da das die neue Drahtlänge auf der rechten Seite. Damit ist der Draht insgesamt 101,1 cm lang oder um 1,1 cm länger geworden.  Damit kann nun die Temperaturänderung berechnet werden:    Damit hat der Draht eine Temperatur von 684 °C | | |
| Antwort: | Der Draht hat während des Stromflusses eine Temperatur von 684°C. | | |

255.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es muss gefragt werden, wie groß der Massenunterschied zwischen 24 Liter Luft unter Normaldruck und 24 Liter Luft unter dem Überdruck bestehen. Dieser Unterschied wird zu der gegeben Masse des Kompressors dazugezählt. Da sich die Temperatur des Behälters nicht geändert hat, gilt: T=konstant und es gilt das Gesetz von Boyle-Mariotte:    Auf der linken Seite steht das Volumen der Luft unter Normaldruck, die dann in den Kompressor gepresst wird. Die rechte Seite enthält dann die auf 24 Liter zusammengepresste Luft im Kompressor. Der Druck dieser Luft beträgt 8 bar, da das Manometer den Überdruck anzeigt.    In dem Behälter sind jetzt 192 Liter Luft unter Normaldruck auf 8 bar zusammengedrückt. Da vorher schon 24 Liter Luft drin waren und die auch zur Masse des Kompressors beigetragen haben, zieht man die jetzt wieder ab. Damit sind effektiv nur 168 Liter Luft unter Normaldruck in den Behälter hinein gepumpt worden. Welche Masse haben diese 168 Liter Luft? | | |
| Antwort: | Die Waage zeigt 21,1 kg an. | | |

256.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | b) Zustand 1: alle Größen sind gegeben  Zustand 2: Das Volumen im Zustand 2 ist nur 1/5 so groß wie das Volumen im Zustand 1, also    Da der Vorgang isotherm verläuft, bleibt die Temperatur erhalten.  Damit wird der Druck aber auf den 5fachen Wert ansteigen.  Zustand 3: Der Druck bleibt gleich (isobar). Die Temperatur steigt nach den gegebenen Größen auf 1200 K an. Damit dehnt sich aber auch das Volumen auf das 4fache aus.  Zustand 4. Temperatur bleibt gleich (isotherm)  Da die nächste Zustandsänderung isobar zum Anfangszustand verläuft, muss im Zustand 4 schon der Druck vom Zustand 1 erreicht werden. Das heißt, der Druck fällt auf ein Fünftel ab. Damit wird sich das Volumen verfünffachen.   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Zustand | Druck | Volumen | Temperatur | | 1 |  |  |  | | 2 |  |  |  | | 3 |  |  |  | | 4 |  |  |  |   c) Bei der Änderung 3->4 wird dem System Wärme zugeführt. Da der Vorgang isotherm verläuft, sich die Temperatur also nicht ändert, ist die Änderung der inneren Energie Null, die gesamte Wärme wird in Volumenarbeit umgewandelt.  Bei der Änderung 1->2 wird dem System Arbeit zugeführt. Die Energie dafür kommt z.B. aus einem Schwungrad. Da die Temperatur wieder konstant bleibt, muss Wärme abgegeben werden.  Die Arbeit, die das System nach außen effektiv abgibt, ist die Differenz aus den beiden Arbeiten. Die im Übergang 3->4 nach außen abgegebene Arbeit wird teilweise im Schwungrad gespeichert und im Übergang 1->2 dem System wieder zugeführt, kann also nicht genutzt werden. | | |
| Damit ist die Arbeit    Der zweite Summand ist dabei negativ.  Aus der allgemeinen Gleichung für die Volumenarbeit kann die spezielle Form    hergeleitet werden.  Damit kann die Gleichung für die angegebene Arbeit aufgestellt werden:    d) Das ist die Arbeit, die bei einem Umlauf abgegeben wird. Da die Maschine in der Minute 2000 Umläuft macht, liefert sie    Die Leistung ist definiert als Arbeit je Zeit, also | | |
| Antwort: | Die Turbine gibt bei einem Umlauf 253,5 J ab. Sie hat eine Leistung von 8,45 kW. | | |

257.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | mS |
| Lösung: | Aus weiteren Quellen kann man entnehmen:  Heizwert von Spiritus (vergällter Ethanol):  spezifische Wärmekapazität Eis:  spezifische Schmelzwärme von Eis:  spezifische Wärmekapazität von Wasser:  Es muss zuerst die Wärme berechnet werden, die insgesamt notwendig ist. Sie setzt sich aus drei Teilwärmen zusammen:  1. Erwärmen des Eis von -2°C auf 0°C  2. Schmelzen des Eis zu Wasser. Dabei bleibt die Temperatur konstant.  3. Erwärmen des Wasser auf 90°C    Diese Wärme ist notwenig, um das Eis soweit zu erwärmen.  Da der Wirkungsgrad des Brenners 60% beträgt, muss der Spiritus aber mehr Energie abgeben. 40% verschwinden als Verlust.    Diese Wärme muss nun wirklich vom Spirituskocher abgegeben werden. Die dazu notwendige Menge Brennstoff kann berechnet werden: | | |
| Antwort: | Es sind 21 g Brennspiritus notwendig. | | |

258. Ein Schmied taucht zum Härten 4,0 kg glühenden Stahl mit einer Temperatur von 1150°C in einen Eimer mit 4,0 Liter Wasser von 20°C. Wie viel Wasser kann maximal verdampfen?

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | mvW |
| Lösung: | Es muss die Energiebilanz für diesen Vorgang aufgestellt werden:  Die Energie, die der abkühlende Stahl abgibt, erwärmt das Wasser bis zum Siedepunkt und die dann noch übrige Energie wird zum Verdampfen benutzt. Dabei erreicht der Stahl beim Abkühlen nur die Temperatur des siedenden Wassers, also 100°C.  Also:    oder mit der Grundgleichung der Wärmelehre    Vom Stahl sind die Masse und die Temperaturänderung bekannt. Die spezifische Wärmekapazität entnimmt man einem Tafelwerk oder dem Internet:    Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist    und die Verdampfungswärme    Damit kann nun die gesuchte Masse berechnet werden: | | |
| Antwort: | Es können maximal 0,3 kg oder 0,3 Liter Wasser verdampfen. | | |

262.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der gesuchte Zwischenraum s zwischen den beiden Teilen ist die Summe der beiden Änderungen der Radien oder die Hälfte der Differenz der beiden Durchmesser beim Zusammenfügen. Davon wird noch die Hälfte dessen abgezogen, was das Kugellager größer als das Loch ist.    Durch die Erwärmung wird der Durchmesser des Loches größer und durch die Abkühlung der Durchmesser des Kugellagers kleiner. Beide Änderungen der Durchmesser können angegeben werden. Es werden im Folgenden nur die Beträge betrachtet.  1. Ursprünglicher Durchmesser    2. Die Änderungen des Umfanges durch die Temperaturänderung    3. Damit lässt sich die Änderung des Durchmessers angeben. Der Durchmesser vor der Temperaturänderung ist d0, der danach d1:    Die Änderung des Durchmessers ist dann | | |
| Damit lässt sich nun die Breite der Lücke berechnen: | | |
| Antwort: | Rings um das Kugellager sind beim Einsetzen 0,026 mm Luft. | | |

264. Lösungsweg: allgemein gibt die spezifische Wärmekapazität an, welche Energie notwenig ist, um ein Kilogramm eines Stoffes um 1 Kelvin zu erwärmen. Im Experiment kommt die Energie aus der elektrischen Heizung.

Die von der Heizung abgegebene Energie geht aber nicht nur nicht nur in die Flüssigkeit über, sondern erwärmt auch das Gefäß (Kalorimeter).

Die Energiebilanz sieht dann so aus:



E ist die von der Heizung abgegebene Wärme, Q die von der Flüssigkeit aufgenommene Wärme und QK die von Gefäß aufgenommene Wärme.

Die von der Heizung abgegebene Energie ist



Die von der Flüssigkeit aufgenommene Wärme berechnet sich mit



und die von Gefäß aufgenommen Wärme mit



CK ist dabei die Wärmekapazität des Gefäßes, also eine Größe, die für ein bestimmtes Gefäß typisch ist.

Die gesuchte Größe steckt in der Gleichung für die Wärme der Flüssigkeit.

Damit die bestimmt werden kann, muss zuerst die Wärmekapazität des Gefäßes bestimmt werden. Dafür eignet sich der erste Versuch mit dem Wasser, da vom Wasser alle Größen bekannt sind.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | CK |
| Lösung: | Aus der Energiebilanz ergibt sich: | | |
| Antwort: | Je Erwärmung um 1 K gehen von der zugeführten Energie 410 J an das Gefäß ab. | | |

Mit dieser Größe kann nun die gesuchte Wärmekapazität berechnet werden.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | c |
| Lösung: | Es wird wieder die Energiebilanz verwendet    Diesmal ist die Wärmekapazität der Flüssigkeit die gesuchte Größe: | | |
| Antwort: | Die Flüssigkeit hat eine spezifische Wärmekapazität von . Es war Brennspiritus. | | |

266.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Kommt die heiße Suppe auf den Teller, gibt sie an den Teller Wärme ab, die dieser aufnimmt. Durch diesen Austausch an thermischer Energie (Wärme) wird die Suppe kälter und der Teller wärmer.  Das geht so lange, bis die Suppe und der Teller die gleiche Temperatur haben, da ein Wandern von thermischer Energie nur zwischen Körpern unterschiedlicher Temperatur erfolgen kann.  Die Wärme, die ein Körper abgibt oder aufnimmt, berechnet sich mit der Gleichung    Dabei ist m die Masse des Körpers, c die spezifische Wärmekapazität und  die Änderung der Temperatur.  Die spezifische Wärmekapazität gibt an, wie groß das Speichervermögen des Stoffes für thermische Energie ist.  Die Temperaturänderung ist immer die Differenz aus der am Ende erreichten Temperatur minus der Anfangstemperatur.    Kommt die Suppe nun auf den Teller, gibt die Suppe an den Teller die gleiche Wärme ab wie der Teller aufnimmt:    Die Suppe ändert dabei ihre Temperatur von der ursprünglichen Suppentemperatur auf die gemeinsame Mischtemperatur:    Der Teller ändert seine Temperatur in der Form    Damit kann die komplette Gleichung für den Prozess aufgestellt werden: | | |
| und nach der gesuchten Tellertemperatur umgestellt werden:    Durch Einsetzten der gegeben Größen kann die Tellertemperatur berechnet werden: | | |
| Antwort: | Der Teller muss auf 29°C vorgewärmt werden. | | |

267.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) t  b) t |
| Lösung: | **a)** Die Heizplatte hat einen Wirkungsgrad von 70%. Das heißt, von den 1500 W werden nur 70%, also 1050 W genutzt.  Sie gibt also in einer Sekunde 1050 J ab, da 1 W dasselbe ist wie 1 J in einer Sekunde.  Wieviel Energie wird zum Erwärmen des Wassers benötigt?    Damit benötigt man    bis das Wasser kocht.  b) Von dem halben Liter Wasser soll die Hälfte verdampft werden. das sind 0,25 kg Wasser.  Um 1 kg Wasser zu Verdampfen, benötigt man 2 260 kJ. Für ein Viertel sind dann nur 565 kJ notwendig. Das sind  .  Da die Heizplatte in einer Sekunde 1050 j liefert, dauert es    bis die Hälfte weg ist.  Nach weiteren 9 min ist dann alles weg. Was danach passiert, ist nicht mehr lustig. | | |
| Antwort: | Das Wasser kocht nach 2min 48s. Nach etwa 9 min ist die Hälfte verdampft. | | |