

PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: WÄRME UND ARBEIT, WÄRMEAUSBREITUNG

Hier wird nur aufgeführt, was *neu* hinzukommt. Die Fragen bauen auf dem bereits behandelten Stoff auf. Das heisst: Das «Alte» kurz repetieren!

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in maximal ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Wie funktioniert ein konventionelles Wärmekraftwerk? (Erklärung anhand einer vorgegebenen Skizze)
- b) Skizziere (qualitativ) ein Energieflussdiagramm für eine Wärmearbeitsmaschine.
- c) Carnotscher Wirkungsgrad
- a) Nenne drei Arten der Wärmeausbreitung
- b) Leitung
- c) Strahlung
- d) Konvektion
- e) Emission
- f) Absorption
- g) Reflexion
- h) Was strömt beim Benzinmotor beim Ansaugtakt in den Zylinder ein?
- i) Was strömt beim Dieselmotor beim Ansaugtakt in den Zylinder ein?
- j) Warum hat der Dieselmotor keine Zündkerze? Wie wird beim Dieselmotor die Zündung ausgelöst?

Physikalische Grössen: Diese physikalischen Grössen musst du kennen, mit Symbolen und Einheiten.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Kraft			Masse		
Druck			Dichte		
Temperatur in der Kelvin-Skala			Temperatur in der Celsius-Skala		
Längenausdehnungszahl			Volumenausdehnungszahl		
innere Energie			Wärme		
spezifische Wärmekapazität			Spezifische Schmelzwärme		
Spezifische Verdampfungswärme			Wirkungsgrad		
Fläche			Volumen		
Leistungszahl einer Kältemaschine			Leistungszahl einer Wärmepumpe		
Wärmeleitfähigkeit			Emissionszahl		

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf ga.perihel.ch anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten: Diese Fähigkeiten musst du beherrschen.

- Formeln umformen
- Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen und lösen
- Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und richtig ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise schreiben
- Diagramme zeichnen und interpretieren
- Die Einheit bar in Pascal umrechnen und umgekehrt
- Die Funktionsweisen des Viertakt-Benzinmotor, Viertakt-Dieselmotor, Zweitakt-Benzinmotor sowie Stirling-Motor beschreiben und erklären

Übungsaufgaben: Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.

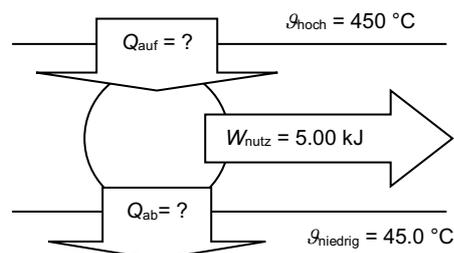
Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.

Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!)

Alle Arbeitsblätter und Aufgabenblätter A44 – A48

Weitere Aufgaben

1. Welche der folgenden Geräte sind Wärmearbeitsmaschinen, welche sind Wärmepumpen?
Kühlschrank, Kohlekraftwerk, Kernkraftwerk, Klimaanlage
2. Bei starker Kälte plustern sich Vögel auf. Was ist der Grund dafür?
3. Warum verwendet man Fenster mit Doppelverglasung?
4. Was ist kälter: Der Hammerkopf oder der Hammerstiel?
5. Warum kühlt es in sternklaren Nächten besonders stark ab und weniger stark, wenn der Himmel bedeckt ist?
6. Wenn eine Heizung in Betrieb ist, erwärmt sich das Zimmer nicht nur an der Stelle, an der geheizt wird (Luft ist ein sehr schlechter Wärmeleiter). Warum?
7. Eine Backsteinwand hat eine Fläche von 24.0 m^2 und ist 43 cm dick. Die Zimmertemperatur beträgt $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ und die Aussentemperatur ist $-5.00 \text{ }^\circ\text{C}$.
Wie viel Wärme geht täglich durch die Wand?
8. Ein Schmelzofen hat eine Temperatur von $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ und strahlt von einer schwarzen Fläche von $20.0 \text{ cm} \cdot 30.0 \text{ cm}$ Wärme ab. Er steht in einem Raum mit einer Temperatur von $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$.
Wie gross ist die Wärmeleistung, die er abstrahlt?
9. Vervollständige das nebenstehende Energieflussdiagramm für eine Wärmearbeitsmaschine.
Wie gross ist der Carnotsche Wirkungsgrad?



10. Eine ideale Wärmearbeitsmaschine hat einen Carnotschen Wirkungsgrad von 26.08700 % und wird mit $\vartheta_{\text{hoch}} = 495.00 \text{ }^\circ\text{C}$ betrieben. Der Maschine wird die Wärmemenge $Q_{\text{auf}} = 0.0660 \text{ MJ}$ zugeführt. Die abgegebene Nutzarbeit W_{nutz} soll berechnet werden.
- Wie viele signifikante Ziffern besitzen die benötigten Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - Rechne aus, wie gross die abgegebene Nutzarbeit ist und runde das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.
11. Bei einem Benzinmotor beträgt die Temperatur der Verbrennungsgase $600 \text{ }^\circ\text{C}$, und die Temperatur beim Auspuff beträgt $80 \text{ }^\circ\text{C}$.
Wie gross ist der maximal erreichbare Wirkungsgrad?
12. *schwierig* Vergleiche zwei Systeme A und B um ein Haus zu heizen.
System A: Eine Wärmepumpe ($\varepsilon_k = 3$) wird mit elektrischer Energie betrieben, die aus einem thermischen Kraftwerk mit einem Carnot'schen Wirkungsgrad von 66 % stammt.
System B: Eine Wärmepumpe ($\varepsilon_k = 3$) wird mit einem Dieselmotor mit einem Carnot'schen Wirkungsgrad von 33 % betrieben. Die Abwärme des Dieselmotors wird zusätzlich zur Wärmepumpe ebenfalls zum Heizen des Hauses verwendet.
- Zeichne zu jeder der beiden Möglichkeiten ein Energieflussdiagramm.
 - Berechne den gesamten Wirkungsgrad für jedes der beiden Systeme.

Lösungen

- Wärmearbeitsmaschinen: Kohlekraftwerk, Kernkraftwerk
Wärmepumpen: Kühlschrank, Klimaanlage
- Damit es zwischen den Federn ein Luftpolster gibt. Luft ist ein sehr schlechter Wärmeleiter und isoliert daher gut.
- Zwischen den Fenstern befindet sich Luft (oder ein anderes Gas). Gase sind sehr schlechte Wärmeleiter.
- Beide gleich warm; der Hammerkopf scheint kälter, da er die Wärme der Hand, die ihn berührt, schneller wegleitet.
- In der Nacht wird Wärme abgestrahlt, ohne dass gleichzeitig die Sonne Energie in Form von Strahlung «nachliefert». Wenn der Himmel bedeckt ist, wird diese Wärmestrahlung zum Teil an den Wolken reflektiert und wieder auf die Erde zurückgeworfen. Das ist in sternklaren Nächten nicht der Fall.
- Weil die Luft im Zimmer zirkuliert (Konvektion). Die warme Luft über dem Heizkörper steigt auf, sinkt hinten im Zimmer wieder nach unten, kühlt sich dabei ab, etc.

$$7. \quad Q = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T \cdot t}{\Delta x} = \frac{0.47 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \cdot 24.0 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ K} \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}}{0.43 \text{ m}} = \underline{57 \text{ MJ}}$$

$$8. \quad P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{Körper}}^4 - T_{\text{Umgebung}}^4) =$$

$$1 \cdot 5.670 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \cdot 0.200 \text{ m} \cdot 0.300 \text{ m} \cdot ((1623 \text{ K})^4 - (298 \text{ K})^4) = \underline{23.6 \text{ kW}}$$

$$9. \quad \eta = \frac{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}{T_{\text{hoch}}} = \frac{723 \text{ K} - 318 \text{ K}}{723 \text{ K}} = 0.56 = \underline{56\%} \quad Q_{\text{auf}} = \frac{W_{\text{nutz}}}{\eta} = \frac{5.00 \text{ kJ}}{0.56} = \underline{8.93 \text{ kJ}}$$

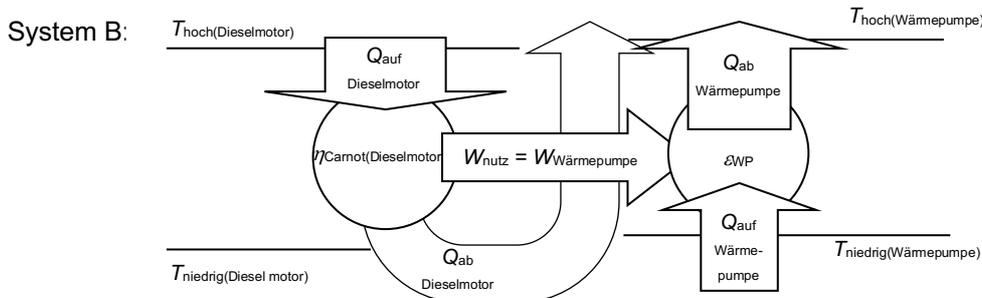
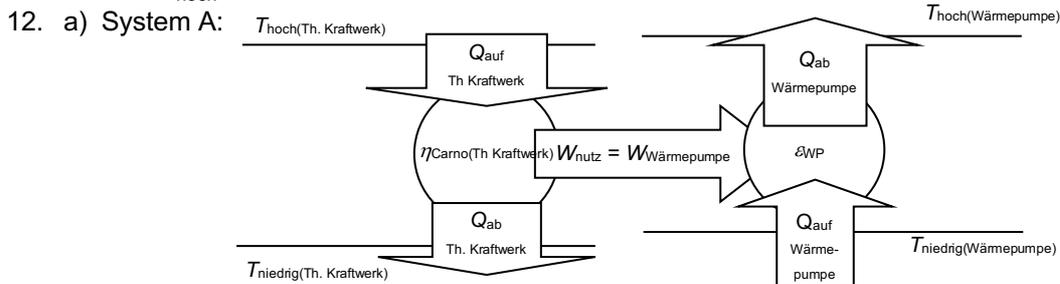
$$Q_{\text{ab}} = Q_{\text{auf}} - W_{\text{nutz}} = 8.93 \text{ kJ} - 5.00 \text{ kJ} = \underline{3.93 \text{ kJ}}$$

10. a) $\mathcal{N}_{\text{hoch}}$: 5 Ziffern (nicht benötigt), $\mathcal{N}_{\text{niedrig}}$: 4 Ziffern (nicht benötigt), η_{Carnot} : 7 Ziffern, Q_{auf} : 3 Ziffern, Resultat: 3 Ziffern

$$b) \quad W_{\text{nutz}} = \eta_{\text{Carnot}} \cdot Q_{\text{auf}} = 0.2608700 \cdot 0.0660 \cdot 10^6 \text{ J} = 17'217.42 \text{ J} = \underline{17.2 \text{ kJ}}$$

$$c) \quad W_{\text{nutz}} = \underline{1.72 \cdot 10^4 \text{ J}}$$

$$11. \quad \eta = \frac{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}{T_{\text{hoch}}} = \frac{873 \text{ K} - 353 \text{ K}}{873 \text{ K}} = 0.596 = \underline{60\%}$$



b) System A

$Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})$ ist die gesamte vom System aufgenommene Energie

$Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe})$ ist die Nutzenergie, die ans Haus abgegeben wird

$$W_{\text{Wärmepumpe}} = W_{\text{nutz}}(\text{Th Kraftwerk}) = \eta_{\text{Carnot}}(\text{Th Kraftwerk}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})$$

$$Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe}) = \varepsilon_{\text{WP}} \cdot W_{\text{Wärmepumpe}} = \varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Th Kraftwerk}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})$$

$$\text{Gesamtwirkungsgrad} = \frac{Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe})}{Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})} = \frac{\varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Th Kraftwerk}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})}{Q_{\text{auf}}(\text{Th Kraftwerk})}$$

$$= \varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Th Kraftwerk}) = 3 \cdot 0.66 = \underline{2}$$

System B

$Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})$ ist die gesamte vom System aufgenommene Energie

$Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe}) + Q_{\text{ab}}(\text{Dieselmotor})$ ist die Nutzenergie, die ans Haus abgegeben wird

$$W_{\text{Wärmepumpe}} = W_{\text{nutz}}(\text{Dieselmotor}) = \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})$$

$$Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe}) = \varepsilon_{\text{WP}} \cdot W_{\text{Wärmepumpe}} = \varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})$$

$$Q_{\text{ab}}(\text{Dieselmotor}) = Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor}) - W_{\text{nutz}}(\text{Dieselmotor}) = Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor}) - \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})$$

$$= Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor}) \cdot (1 - \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}))$$

$$\text{Gesamtwirkungsgrad} = \frac{Q_{\text{ab}}(\text{Wärmepumpe}) + Q_{\text{ab}}(\text{Dieselmotor})}{Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})} =$$

$$= \frac{\varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) \cdot Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor}) + Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor}) \cdot (1 - \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}))}{Q_{\text{auf}}(\text{Dieselmotor})}$$

$$= \varepsilon_{\text{WP}} \cdot \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) + 1 - \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor})$$

$$= 1 + \eta_{\text{Carnot}}(\text{Dieselmotor}) (\varepsilon_{\text{WP}} - 1) = 1 + (0.33 \cdot (3 - 1)) = \underline{1.66}$$